

経済価値ベースのソルベンシー規制における
割引率および金利リスク等に関する考察
(中間報告)

2012年3月
日本アクチュアリー会

『経済価値ベースのソルベンシー規制における
割引率および金利リスク等に関する考察（中間報告）』
の概要

エグゼクティブサマリー

＜本報告書の調査・分析内容および結論＞

本報告書は、保険会社における経済価値ベースのソルベンシー評価目的での、保険負債の評価に用いる割引率、および、金利リスク（割引率の変化に起因するリスク）に関する、技術的検討・提言を行うことを目的として、以下の4つの観点から検討した内容を取りまとめたものである。

- (1) リスクフリー・レートの選択
- (2) 市場データの補外および補間手法
- (3) 非流動性プレミアムの設定
- (4) 金利リスクの計算方法

(1) リスクフリー・レートの選択

・日本国債金利を用いることについては現状問題ない。スワップレートを用いるには一定の課題あり

本報告書においては、保険負債評価に用いる割引率の検討の出発点として、リスクフリー・レートを基礎とする考え方を取っており、リスクフリー・レートの基礎として用いる金融商品として、日本国債と金利スワップを取り上げ、それらの適切性を考察している。

○リスクフリー・レートの満たすべき特性

－満たすべき概念上の特性

リスクフリー・レートが「ある一定期間後に、確実に得ることができるリターン」と解釈できることから、「信用リスクがない固定金利であること」等と整理している。

－基礎として用いる金融資産が実務的に満たすべき特性

リスクフリー・レートの基礎として用いる金融資産が「摩擦なく自由に取引可能」であることや、分析において参照するデータに信頼性がありデータの分析手法に「頑健性」があることが考えられると整理している。

○リスクフリー・レートの基礎として用いる金融商品

本報告書では、日本円建ての負債評価に用いるリスクフリー・レートの具体的な候補として、日本国債金利と金利スワップを挙げて、上記のような観点からそれぞれ以下のような評価を行っている。なお、これは現状における考察であり、金融市場の状況に応じて適時、検証することが望まれる。

－日本国債金利

格付等から総合的に判断して信用リスクがないとすることに問題がないことや、長期年限まで一定程度の発行量があること等を踏まえれば、リスクフリー・レートの基礎として使用することについては、現状では問題がないと考察している。

－スワップレート

活発に取引が行われている実態からは、リスクフリー・レートの基礎として使用することについて問題があるとはいえないが、客観的なデータに基づく検証が困難であることや、適切に信用リスクを調整する必要があることなどの課題があると考察している。

(2) 市場データの補外および補間手法

- ・補外結果に重要な影響を与える終局金利の設定には課題があり絶対的に優位な手法の特定は困難
- ・具体的な補外手法については、本報告書以外の検討状況も踏まえ、引き続き検討が必要

保険負債評価の際に、終身保険等や個人年金などの極めて長期の商品の将来キャッシュフローを割り引くためには、市場で取引されている金融商品よりも長期の金利が必要となる。そのため、長期の商品の保険負債評価には補外結果がより重要な影響を与えられられる。

一方で、補外結果の水準や変動の幅は、終局金利（期間を無限大に延ばした場合の金利）の設定の与える影響が大きいため、まず終局金利の設定に関する考察を行った上で、具体的な補間および補外手法に関して検討を行っている。

○終局金利の設定方法の考え方

一超長期金利の水準が評価日時点の金利水準に直接的に依存するという考え方

終局金利は、評価日時点の観測市場の全てまたは一部のデータから、モデル関数等から作成したイールドカーブの収束金利として結果的に導かれるため、評価時の観測データに応じて変動する。

この設定方法の考え方の課題としては、例えば、以下のようなものがあげられる。

- ・観測データの延長として導かれた収束金利の意味合いが不明確である
- ・使用する観測データの最終年限により導かれる終局金利の水準が異なるため、超長期年限の利回りを必ずしも適切に見積もっているとはいえない

一超長期金利の水準がマクロ経済の長期均衡的な状態に依存するという考え方

終局金利は超長期の遠い将来の金利水準として解釈し、マクロ経済的な長期均衡金利をもって終局金利を設定するため、長期均衡金利が変化しない限り基本的には終局金利は変動しない

この設定方法の考え方の課題としては、例えば、以下のようなものがあげられる。

- ・終局金利は一世紀単位の分析の上でマクロ経済的な長期均衡金利として設定されるため、評価時ごとのきめ細かな見直しは困難であり、評価時の経済状況との乖離が懸念されること
- ・長期均衡金利を設定するための確立された手法が存在しないこと

一上記の考え方の中間的な手法の考え方

評価時の経済状況を一定程度反映すると同時に、過度な変動が生じないようマクロ的経済状況に応じて穏やかに変動するような手法も考えられる。例えば、一般的に用いられているモデル関数等により観測データを元に導かれた収束金利の過去平均値を用いて、マクロ経済的終局金利を評価するということが考えられる。

この設定方法の考え方の課題としては、例えば、以下のようなものがあげられる。

- ・過去平均により設定することの意味合いが不明瞭で、設定根拠が不十分であること
- ・過去の実績に影響を受け、経済状況の変化が遅れて反映されること

以上より、本報告書では、終局金利の設定方法の考え方にはいずれも課題があると考察している。

○具体的な補外手法について

評価の視点により各手法の優位性は異なり、課題も様々であり、例えば、EU ソルベンシー II の QIS5 のスミス・ウィルソン法は、いくつかの視点で優位な点が見られるが、終局金利の設定に課題がある。従って、一概にどの手法が優位であると断定することはできず、引き続き様々な手法の検討が必要であると考察している。

(3) 非流動性プレミアム

- ・保険負債評価に非流動性プレミアムを「考慮すべき」、「考慮すべきでない」、両方の考え方が存在
- ・景気の状態に応じて考慮するという考え方もありうるものの、導入是非については継続検討要

○資産価格評価の要素における非流動性プレミアムの存在についての実証分析

EU ソルベンシー II における非流動性プレミアムの計測手法を活用し、日本の債券市場における非流動性プレミアムの存在について分析を行った結果、手法によってばらつきがあるものの、資産価格評価の要素として、一般的には非流動性プレミアムが存在するといえたと考察している。

○規制上の保険負債評価に用いる割引率への非流動性プレミアムの考慮についての検討

本報告書では、以下のような観点から、非流動性プレミアムを「考慮すべき」という意見と、「考慮すべきでない」という意見の両方があるとして、それぞれの考え方について整理している。

ー保険資産・保険負債が市場で売却できないという観点

●非流動性プレミアムを考慮すべきという意見

- ・保険契約者の視点で見ると、保険資産は期中で売却ができず解約にもペナルティがあることから非流動的であるため、割引率に非流動性プレミアムを考慮する余地がある

●非流動性プレミアムを考慮すべきではないという意見

- ・保険会社の視点で見ると、保険負債は容易に売却ができないという非流動性は、売却可能な流動性のある負債と比べて魅力が劣るため、負債評価は高くあるべきと考えられ、負債が非流動的であることは割引率が低くなる方向に働く。したがって、保険負債に流動性がないことが、保険負債の評価に非流動性プレミアムを考慮する決定的な根拠とはならない

ー非流動性資産の保有状況・運用可能性を考慮するかどうかという観点

●非流動性資産の保有状況によらず非流動性プレミアムを考慮すべきという意見

- ・保険負債は一定程度は確実に一定期間存在するため非流動性資産で運用可能である

●非流動性資産の保有状況に応じて非流動性プレミアムを考慮すべきという意見

- ・非流動性資産を保有していない場合において非流動性プレミアムを考慮すると、純資産がマイナスであるにもかかわらず、プラスと判定されるケースが発生する可能性がある

●非流動性資産の保有状況等によらず非流動性プレミアムを考慮すべきではないという意見

- ・非流動性資産はその非流動性ゆえに直ちに取引できないため、全ての資産を無リスクの非流動性資産で運用することは困難であり、実際に無リスクな非流動性資産を購入できないと将来純資産がマイナスになる可能性がある
- ・そもそも非流動性資産の市場価格にはばらつきがあり負債評価に適さない

本報告書では、以下のような考え方がありうるとし、今後、欧州の検討など海外動向も見極めつつ、継続して検討が必要であると考察している。

ー景気悪化時の景気循環増幅効果（プロシクリカリティ）を防止するため、景気悪化時にのみ非流動性プレミアムを考慮し、平常時には考慮しないという考え方

ーソルベンシー規制上配慮すべき一時的かつ特別の事情が存在する場合に負債の額の測定基準（適用する割引率）の調整ではなく、ソルベンシー規制の制度全体の中で何らかの個別対応を行う考え方

(4) 金利リスクの計算方法

・一般的に知られる金利リスクの計算手法には、金利変動に伴う金利の期間構造の変化等の反映可否もしくは実務負荷の観点で課題があり、それらを改善した標準的計算手法の継続検討が必要

○金利リスクの標準的な計算手法の評価基準

金利リスクを、資産・負債評価に用いた将来キャッシュフローと評価日時点の金利をベースとして、評価日時点で金利が変動した場合の純資産の変動額として捉えた場合、標準的な計算手法の検討にあたっては、以下のような観点から検討する必要があると整理している。

- ・金利変動に伴う将来キャッシュフローの変動の反映可否
- ・金利変動に伴う金利の期間構造の変化の金利シナリオへの反映可否
- ・金利計測の複雑さ等の実務負荷の程度

○一般的な金利リスク計算手法の評価

本報告書では、以上のような観点から一般的な金利リスクの計算方法の特徴の整理と評価を行った。その結果は以下の通りであり、それぞれメリット・デメリットを整理している。

評価基準		低評価					高評価	
金利リスク計測の複雑さ		モンテカルロ法	ヒストリカル法	分散共分散法 (BPV 利用)	分散共分散法 (DF 利用)	主成分分析を用いたショックシナリオ法	年限別ショック法	
シナリオ設定の複雑さ		主成分分析を用いたショックシナリオ法		モンテカルロ法	分散共分散法	年限別ショック法	ヒストリカル法	
パラレルシフト以外の影響の反映		年限別ショック法						その他
変動キャッシュフローの反映	実行可能性	分散共分散法 (DF 利用)						その他
	計算の正確性	その他(ショックシナリオでは非線型変動は正確に反映できない)					ヒストリカル法	モンテカルロ法
	キャッシュフロー計算個数	モンテカルロ法	ヒストリカル法	分散共分散法 (BPV 利用)		主成分分析を用いたショックシナリオ法	年限別ショック法	

一年限別ショック法・分散共分散法

- ・金利シナリオの設定について簡易であり、実務負荷が相対的に小さい
- ・金利変動に伴う金利の期間構造の変化もしくは将来キャッシュフローの変動を反映できない

モンテカルロ法・ヒストリカル法をベースとする計算方法

- ・金利変動に伴う金利の期間構造の変化もしくは将来キャッシュフローの変動を反映できる
- ・金利シナリオの設定について複雑なものが多く、概して実務負荷が大きい

○金利リスクの標準的計算手法の検討

本報告書では、各手法の問題点を改善すべく、標準的計算手法として主成分分析を用いたショックシナリオ法を提案している。これにより、金利変動に伴う金利の期間構造の変化もしくは将来キャッシュフローの変動を反映しつつ、実務負荷を比較的小さくできるのではないかと考察している。

しかしながら、当該手法が必ずしも絶対的に優位な手法であるとはいえず、どの評価基準をどの程度重視するのかによって、異なる結果が得られることに留意する必要がある。加えて、標準的手法として採用する場合は、フィールドテスト等を通じて、各社における実行可能性や、金額的な影響度の確認が必要と考えている。

< H 2 3 年度の検討結果の概要 >

1. 割引率に関する検討課題について

No.	検討課題	検討結果の概要	継続検討の要否		今年度 報告書 パラグラフ No.	昨年度 報告書 課題 No.
				次の段階の検討の方向性 ／検討が困難な場合の理由		
1	保険負債評価に用いるリスクフリーレート of 満たすべき特性の整理	・ 信用リスクがない固定金利であり、基礎となる金融資産が摩擦なく自由に取引可能等の特性を有していることと整理	・ アクチュアリー会における継続検討の必要性は低いと考えられる	(引き続き、諸外国等の状況フォローすることが考えられる)	76 ～ 83	58
2	日本円建ての保険負債評価に用いるリスクフリーレートの参照対象	・ 日本国債を用いることは現状問題ないが、スワップレートを用いるには一定の課題あり	・ アクチュアリー会における継続検討の必要性があり、今年度の検討の延長線上での検討を行うことが考えられる	・ 日本国債を用いることに問題が生じる条件について明確化することが考えられる	131 ～ 137	58
3	市場データが特異値となる場合の対応	・ データ量が不十分など参照金利の要件を満たさない場合や、金融危機など市場が特異な状況の場合は、補間・補外を行うことや代替となる金融商品等を参照すること等が考えられる	・ アクチュアリー会における継続検討の必要性は低いと考えられる	(市場が特異な状態であるかどうかの判断基準を明確化することが考えられる)	156 ～ 168	59
4	補間・補外方法が満たすべき特性の整理	・ 観測データとの整合性や恣意的要素の排除等の特性を満たす必要があると整理	・ アクチュアリー会における継続検討の必要性は低いと考えられる	(引き続き、諸外国等の状況フォローすることが考えられる)	222	60 61
5	割引期間の補間手法の考え方	・ 補間手法の違いが負債評価に与える影響は比較的小さいため必ずしも重要性は高くない	・ アクチュアリー会における継続検討の必要性は低いと考えられる	(引き続き、諸外国等の状況フォローすることが考えられる)	339 ～ 344	60
6	超長期への補外手法の考え方	・ 絶対的に優れた手法の特定は困難	・ アクチュアリー会における継続検討の必要性があり、今年度とは別の視点での検討を行うことが考えられる	・ 監督上の評価目的等の上位概念等を検討の上、それと整合的な取扱いを検討することが考えられる	336 ～ 344	61
7	非流動性プレミアムの反映要否	・ 負債の特性のみから反映する理論的根拠は見出しにくい が、資産の状況を反映する観点では検討する余地あり	・ アクチュアリー会における継続検討の必要性があり、今年度の検討の延長線上での検討に加え、今年度とは別の視点での検討を行うことが考えられる	・ 監督上の評価目的等の上位概念等の検討を行うことが考えられる(政策的配慮の要否について考慮することも考えられる) ・ 非流動性プレミアムを反映するとした場合の手法の検討を行うことが考えられる	482 ～ 492	62 63
8	リスクフリーレート以外(期待収益率等)を基礎とする割引率の設定方法	・ 十分に検討を行うことができていない	・ 現段階では着手できていないが、今後検討を行うことが考えられる	・ リスクマージンの要否、所要資本に算入すべきリスクの範囲等も含め、上位概念等の検討を行うことが考えられる	744 745	—
9	保証とオプションのコストに用いる金利シナリオの考え方	・ 十分に検討を行うことができていない	・ 現段階では着手できていないが、今後検討を行うことが考えられる	・ 金融工学(金利の期間構造モデル等)に基づく評価等の検討と併せて、それに伴うリスク量の計算方法の検討を行うことが考えられる実行可能性の検証を行うことが考えられる	22	—
10	日本円以外の通貨に対する割引率の取扱い	・ 十分に検討を行うことができていない	・ 現段階では着手できていないが、今後検討を行うことが考えられる	・ 今年度、日本円について整理した考え方に照らし、日本の監督規制の中でのドル・ユーロに関する割引率の取扱いについて整理を行うことが考えられる	25	—
11	有配当契約と無配当契約の割引率に差異を設けることの要否	・ 十分に検討を行うことができていない	・ 現段階では着手できていないが、今後検討を行うことが考えられる	・ 保証とオプションのコストやリスクマージンの評価方法との整合性の観点から検討を行うことが考えられる	25	—

2. 金利リスクに関する検討課題について

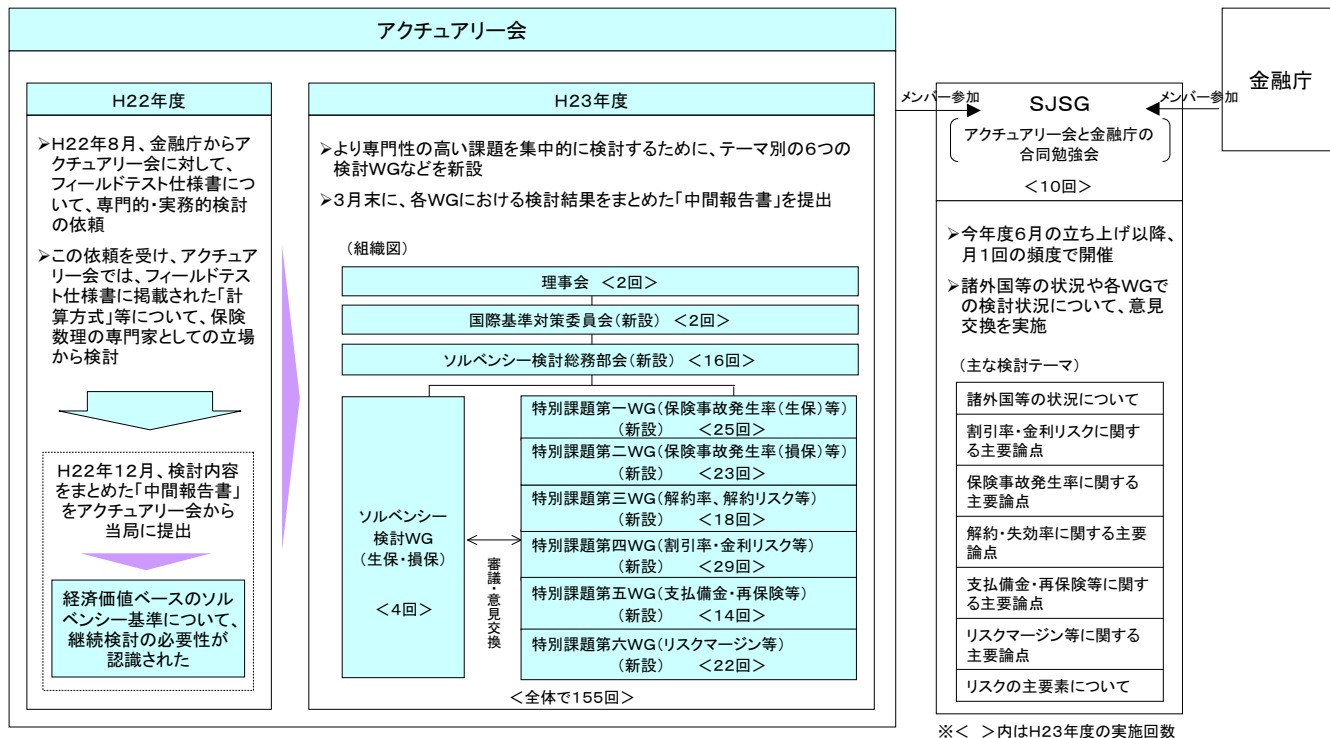
No.	検討課題	検討結果の概要	継続検討の要否		今年度 報告書 パラグラフ No.	昨年度 報告書 課題 No.
				次の段階の検討の方向性 ／検討が困難な場合の理由		
12	金利リスクの標準的計算方法の考え方	<ul style="list-style-type: none"> 金利変動に伴う金利の期間構造の変化等の反映可否や実務負荷等の観点から主成分分析を用いたショックシナリオ法を提案し、一定の有効性があることを確認した 	<ul style="list-style-type: none"> アクチュアリー会における継続検討の必要性は低いと考えられるが、フィールドテスト等、次の段階での検討が必要であると考えられる 	<ul style="list-style-type: none"> 更なる影響度・実行可能性等の確認の観点からより広範な検証を行うことが考えられる 	554 ～ 586	91
13	金利リスクの計算対象	<ul style="list-style-type: none"> 金利変動との関連性や、金利変動に伴う資産負債価値の変動度合い等に応じて対象とすることが考えられるが、明確な基準の特定には各社の実態・実務面を踏まえた検討が必要 	<ul style="list-style-type: none"> アクチュアリー会における継続検討の必要性は低いと考えられる 	(市場リスク全体の中での整理を行うことが考えられる)	587 ～ 630	88
14	割引率変動シナリオの設定について －変化幅か変化率か	<ul style="list-style-type: none"> 変化率と変化幅のショックを結合する枠組み(2つのストレス水準の平均値をとるなど)は一定妥当性がある 	<ul style="list-style-type: none"> アクチュアリー会における継続検討の必要性は低いと考えられる 	(引き続き、諸外国等の状況をフォローすることが考えられる)	632 ～ 648	89 90
15	割引率変動シナリオの設定について －年率への換算方法	<ul style="list-style-type: none"> 割引率変動シナリオの安定性を優先したい場合はルートt倍法、時系列相関の動向を金利リスクに随時反映させたいと考える場合はムービング・ウィンドウ法を活用することが考えられる 	<ul style="list-style-type: none"> アクチュアリー会における継続検討の必要性は低いと考えられる 	(引き続き、諸外国等の状況をフォローすることが考えられる)	653 ～ 656	89
16	割引率変動シナリオの設定について －円・ドル・ユーロ以外の割引率変動シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> シナリオ作成方法の詳細と、対象通貨について使用する金利データが特定されていれば、適宜補間・補外等の手法を用いて作成可能 	<ul style="list-style-type: none"> アクチュアリー会における継続検討の必要性は低いと考えられる 	(No.10 において追加的論点が生じた場合に、検討を行うことが考えられる)	688 ～ 690	89
17	金利リスク計算における通貨間の相関	<ul style="list-style-type: none"> 通貨をまたがるグリッドポイント間の相関係数を設定した計算により、個々の会社のグリッドポイント毎のリスク量の組み合わせを直接反映した計算を行うことができる 	<ul style="list-style-type: none"> アクチュアリー会における継続検討の必要があり、今年度の検討の延長線上での検討を行うことが考えられる 	複数通貨の資産・負債を保有している場合の、主成分分析を用いたショックシナリオ法の適用可能性について検討を深めることが考えられる	682 ～ 687	89
18	補外金利部分の変動の金利リスクの取扱い	<ul style="list-style-type: none"> 参照すべき市場が十分でない場合の評価の不確実性の取扱いについて、所要資本への算入要否や、算入する場合の信頼性・客観性への配慮について、引き続き検討が必要 	<ul style="list-style-type: none"> アクチュアリー会における継続検討の必要があり、今年度とは別の視点での検討を行うことが考えられる 	所要資本に算入すべきリスクの範囲等の上位概念等の検討を行うことが考えられる	672 ～ 681 758 759	－
19	金利リスク計算において各社により異なる取扱いを許容する箇所についての計算方法の明確化	<ul style="list-style-type: none"> 十分に検討を行うことができていない 	<ul style="list-style-type: none"> 現段階では着手できていないが、今後検討を行うことが考えられる 	比較可能性とプリンシプルベースでの監督とのバランスを踏まえた検討を行うことが考えられる	－	92

経済価値ベースのソルベンシー規制に関する
平成23年度の検討の状況について

— WG横断的なまとめ資料 —

今年度の活動経緯

▶ 今年度(H23年度)、アクチュアリー会では、より専門性の高い課題を集中的に検討するために、新たな検討組織を立ち上げ、3月末の「中間報告書」提出に向けて、検討を行った。



H23年度のアクチュアリー会における検討の振り返り①(検討の成果)

▶ 今年度(H23年度)のアクチュアリー会における検討では、昨年度のフィールドテストにおいて当局が定めた仕様書等をもとに、技術的な面からの検討を行った。

▶ 例えば、以下のような点が、検討成果として挙げられる。

①技術的論点の整理

	項目	検討結果の概要
保険事故発生率・保険リスク(生保)	保険事故発生率推計の区分設定	会社一律な設定は困難だが、年齢、性別、商品特性、経過年数の要因は影響が大きいと考察。比較可能性という観点では、リスク特性の同等性やデータ量の確保といった原則が必要。
	使用データ、ガイドライン設定	保険事故発生率推計では、目的適合性の観点から、自社データを使用することが原則と考察。自社データが十分でない場合、公的データ等を用いたり、信頼度に応じた補正をしたりするなど、別途考慮が必要。
保険事故発生率・保険リスク(損保)	将来キャッシュフローの予測に使用する保険事故発生率	損害率やロスコスト法がある。
	解約・失効率の算定方法	自社の経験データ使用が原則。新商品や新設会社などにおいては、類似商品や商品開発時に見込んだ率等を利用することが考えられる。
解約・失効率 解約・失効リスク	保証とオプションの価値の算定対象	解約、契約者配当、変額商品の最低保証、予定利率変動型商品の予定利率最低保証の4つが考慮の必要性が高い。
	動的解約モデルの適用範囲の提案	保障性より貯蓄性、営業職員チャネルよりも銀行窓販チャネル、平準払より一時払の方が必要性が高い。
割引率 金利リスク	リスクフリー・レートが満たすべき特性	信用リスクがない固定金利であり、基礎となる金融資産が摩擦なく自由に取引可能等の特性を有しているべきと整理。
	補間・補外方法が満たすべき特性	観測データとの整合性や恣意的要素の排除等の特性を満たす必要があると整理。
支払備金・再保	支払備金・再保険評価の計算粒度	支払備金については、群団単位での評価が基本。再保険では、元受契約と整合させることが原則。
リスクマージン	リスクマージンの概念、算出方法	リスクマージンの基本的概念、ソルベンシー規制上の位置づけを整理。「資本コスト法」「クオンタイル法」「割引率関連法」「明示的基礎率法」の4つの手法を比較。「資本コスト法」を前提とした場合の諸論点(資本コスト率、将来所要資本等)に関する課題の整理。
	諸外国等の動向の調査	経済価値ベースの導入に関する諸外国等の動向を調査。
その他	諸社の実務対応状況の調査	各社へのアンケートを通じて、経済価値ベース評価への対応状況を調査。

※詳細は、別冊資料参照

H23年度のアクチュアリー会における検討の振り返り①(検討の成果)

②計算手法に関する技術的観点からの提案等

	項目	検討結果の概要
保険事故発生率・ 保険リスク(生保)	契約群団のグルーピング	「同一被保険者」による区分ではなく、契約を主契約・特約に分け、保障内容やリスク特性に応じたグループごとに保険事故発生率を適用する方が、実務的かつ適切と考察。
	現在推計を確率加重平均とする考え方	発生頻度が低く、データに織り込まれていない事象であっても、モデル化できる事象は、その期待値を現在推計に織り込むことが適切と考察。ただし、影響度を踏まえ、反映しないことも可。
保険事故発生率・ 保険リスク(損保)	コンバインド・レシオ法の提案	現在推計の原則法はキャッシュフロー法だが、短期契約の割合が相当程度高い種目などでは、「コンバインド・レシオ法」がその代替計算手法として考えられる。
	保険事故発生率の推計に用いる実績期間のガイドラインの作成等による明確化	過去4～5年間程度の実績値の確保が必要。ただし、自然災害や大口損害の影響により発生率が不安定な商品はより長期(10年単位)の観測が必要。
解約・失効率 解約・失効リスク	標準的な設定区分の提案	長期契約については、影響が大きく実務的にも対応が可能と考えられる「商品特種別・経過年数別」を標準的な設定区分とすることを提案。
	動的解約モデル	海外等で考案されているいくつかの動的解約モデルの特徴をまとめた上で、特に、ACAMモデル(上下限および閾値付きの線形形状モデル)が適していると考察。
割引率 金利リスク	市場データの参照対象(国債かスワップか)	キャッシュフローの割引率としてリスクフリー・レートを用いる場合、参照対象として、日本国債を用いることは、現状の日本では問題ないと考えられるが、スワップレートを用いるには一定の課題がある。
	主成分分析を用いたショックシナリオ法の提案	金利変動に伴う金利の期間構造の変化等の反映可否や実務負荷等の観点から主成分分析を用いたショックシナリオ法を提案し、一定の有効性があることを確認した。
支払備金・ 再保リスク	グロス・トゥ・ネット手法の活用	損保出再保険に関して、グロス・トゥ・ネット手法を用いた実務的に対応可能な再保険回収資産(責任準備金および支払備金)の評価方法について検討。
リスクマージン	資本コスト法を前提とした場合の計算手法、課題解決策の提案	将来所要資本計算の簡便法や検証手法 QIS5の計算方法における配当のリスク軽減効果の過大見積りへの対策 損害保険のリスク・マージン計算の簡便法、等の提案
分散効果	リスク統合アプローチ	順次積み上げアプローチと同時アプローチのそれぞれのメリット・デメリットを整理した上で、順次積み上げアプローチが現実的な方法と整理。

※詳細は、別冊資料参照

H23年度のアクチュアリー会における検討の振り返り②(今後に向けた課題の整理)

- ▶ 今年度アクチュアリー会は精力的に検討を行ったが、更なる前進を遂げるためには、いくつかの根本的な課題が存在していると考えられる。また、フィールドテスト以外の前提については、十分な検討を行っていない論点も多い。
- ▶ 従って、今後も更なる検討が必要と考えられる。(特に、アクチュアリー会においては、技術的・専門的見地から更なる検討を行っていくことが考えられる。)

<今年度の検討により認識した課題>

【具体例】

目的適合性の視点からの 理論的整理	ソルベンシー規制の目的の整理とその目的と整合性のある評価前提に関する検討(特に、フィールドテスト以外を前提とした評価手法に関する検討)	・移転ベースか、継続ベースか － 規制の目的と照らし合わせ、どの評価前提が目的と適合性があるか(類似の論点) 契約の境界線(新契約・転換・更新)、資産の期待収益率の使用
理論的合理性と実行可能性を踏まえた検討	目的適合性に沿った理論的整理と、実行可能性に関わる評価を結論の根拠として峻別した検討	・リスクの区分の考え方 － リスク計測において、実績値の変動とアサンプションの変動のキャリブレーションを分離することの要否(保険事故発生率・解約率等)
経済価値測定に関するデータが入手できない場合の対応	市場が存在しない場合や、経験データがない領域など、経済価値測定に必要なデータが入手できない場合の評価手法に関する検討	・超長期年限のリスクフリーレートの設定(補外方法) － 市場に40年超の国債金利が存在しない ・保険事故発生率のトレンドの反映 － 特に将来の不確実性が高い第三分野保険事故発生率のトレンド推計が課題
その他の制度枠組みに関する課題	ソルベンシー制度全体の枠組みに関わる議論	・ストレステストの位置づけ － 通常の定量的要件とは別枠と整理するかどうか ・内部モデル・簡便法の位置づけ(標準的手法との関係整理) ・経済価値ベース評価の制度上の使い方 － 判断基準や経営改善策に関する考え方の整理 ・必要資本とリスクマージンの役割分担 ・財務会計その他諸制度との関係

なお、リスクの主要素など、用語の定義についても、十分な統一が図られていない

経済価値ベースのソルベンシー規制における
割引率および金利リスク等に関する考察
(中間報告)

目次

1	はじめに	5
1. 1	当報告書作成にあたっての検討経緯	5
1. 2	当報告書作成にあたっての前提	8
1. 2. 1	当報告書の検討対象・検討目的	8
(1)	技術的分析・提言を行うこと	8
(2)	会計との整合性確保を制約条件としないこと	8
1. 2. 2	負債評価に用いる割引率の検討の出発点としてのリスクフリー・レート	8
1. 2. 3	リスク評価の対象とする時点	9
1. 2. 4	他の報告書との関係・役割分担	9
(1)	保証とオプションのコストとの関係	9
(2)	リスクマージン等との関係	10
(3)	その他の個別論点	10
2	割引率に関する検討	11
2. 1	保険負債評価に用いる割引率の特性	11
2. 1. 1	経済価値ベースの保険負債評価に用いる割引率	11
(1)	資産負債の一体的な時価評価	11
(2)	保険監督者国際機構（IAIS）の保険基本原則（ICP）の割引率に関する規定	11
(3)	経済価値ベースの評価に用いる割引率	12
(4)	終局金利の決定要因	14
2. 2	割引率の設定における市場データの参照対象	20
2. 2. 1	ソルベンシーII、MCEVにおける状況	20
(1)	ソルベンシーIIにおける取扱い	20
(2)	MCEVにおける取扱い	22
2. 2. 2	保険負債評価に用いるリスクフリー・レートの特性	23
(1)	リスクフリー・レート規準	23
(2)	リスクフリー・レートが満たすべき特性	25
2. 2. 3	参照対象とする市場データについての考察	26
(1)	国債金利	26
(2)	スワップレート	32
(3)	考察	34
(4)	[参考] OIS (Overnight Index Swap) について	37
2. 2. 4	市場データが特異値となる場合の対応	38
(1)	市場の一部データが参照金利の要件を満たさない場合（補間・補外）	38
(2)	市場が特異な状況にあることが懸念される場合	39
2. 2. 5	実務的課題	39
(1)	ゼロクーポンレートの算出	40
(2)	金利スワップに含まれる信用リスクの調整方法	43
2. 3	市場データの補間・補外	45
2. 3. 1	ソルベンシーII、MCEVにおける状況	45
(1)	ソルベンシーIIにおける取扱い	45
(2)	MCEVにおける取扱い	49

2. 3. 2	補間・補外が満たすべき特性についての考察	50
2. 3. 3	補間・補外手法	53
(1)	補間の具体的手法	53
(2)	補外の具体的手法	68
(3)	終局金利についての考察	77
(4)	具体的な補間および補外手法に関する考察	86
2. 3. 4	補外開始点	89
(1)	補外開始点についての基本的な考え方	89
(2)	国債、スワップにおける考察	90
2. 4	非流動性プレミアムの設定	92
2. 4. 1	ソルベンシーII (QIS5), IFRS, MCEV における状況	92
(1)	Task Force Report on the Liquidity Premium	92
(2)	ソルベンシーII (QIS5)の内容と結果 (非流動性プレミアム)	96
(3)	IFRS 保険契約フェーズII 公開草案	97
(4)	2010年12月EV開示における非流動性プレミアムの取扱	99
2. 4. 2	資産価格評価における非流動性プレミアムの存在	100
(1)	非流動性プレミアムに関する理論研究	100
(2)	債券における実証分析	101
2. 4. 3	保険負債における非流動性プレミアムの検討	113
(1)	保険負債の経済価値評価における非流動性プレミアムの考え方	113
(2)	負債の非流動性度別の分類に関する考察	117
2. 4. 4	ケース・スタディ (モデル保険負債における試行)	118
(1)	資産運用と関連付けるか否かの観点	118
(2)	負債の非流動性度別の分類	121
2. 4. 5	非流動性プレミアム検討のまとめと今後の課題	124
3	金利リスクに関する検討	126
3. 1	金利リスクの計算方法	126
3. 1. 1	基本的な考え方	126
(1)	日本における現状	126
(2)	諸外国の先行事例	126
(3)	検討における前提	127
3. 1. 2	代表的な金利リスク量の計測手法	131
(1)	年限別ショックシナリオ法 (標準ショックシナリオ法)	132
(2)	分散共分散法	133
(3)	モンテカルロ法	135
(4)	ヒストリカル法	140
(5)	まとめ	141
3. 1. 3	標準的な金利リスク計測方法の考察	142
(1)	主成分分析を用いたショックシナリオ法について	142
(2)	試行	144
3. 2	金利リスクの計測における個別論点	159
3. 2. 1	計測対象について	159
(1)	計測対象可否の判断基準	159
(2)	資産の部における対象項目	160
(3)	負債の部における対象項目	164
(4)	その他	166
3. 2. 2	割引率変動シナリオの設定について	167

(1)	金利の変化幅、変化率	167
(2)	観測期間について	175
(3)	年率への換算方法	175
(4)	データの重み付け	178
(5)	超長期年限の割引率変動シナリオ	180
(6)	通貨間の相関	184
(7)	円・ドル・ユーロ以外の割引率変動シナリオ	185
(8)	リスク評価におけるデリバティブのインプライドボラティリティの活用可能性	185
3. 2. 3	計算方法について	186
(1)	信用リスク調整	186
(2)	グリッド・ポイントの活用	189
(3)	具体的なキャッシュフローの設定	189
(4)	各論（その他）	193
4	おわりに	194
4. 1	検討成果	194
4. 2	課題の整理	194
4. 2. 1	経済価値ベースという用語の本質的な意味合い	194
4. 2. 2	参照すべき市場が十分でない場合の考え方	194
4. 2. 3	資産評価に用いられる技法の負債評価への転用可能範囲	195
4. 2. 4	行政当局における政策的配慮（裁量の余地）の必要性の有無	195
4. 2. 5	過大・過小なボラティリティとなる懸念	196
4. 2. 6	測定の不確実性を所要資本に反映することの要否	196
4. 3	今後の検討について	197
4. 3. 1	割引率・金利リスク（および市場リスク）の検討を継続する必要性	197
4. 3. 2	割引率・金利リスク（および市場リスク）について研鑽を深める必要性	197

1 はじめに

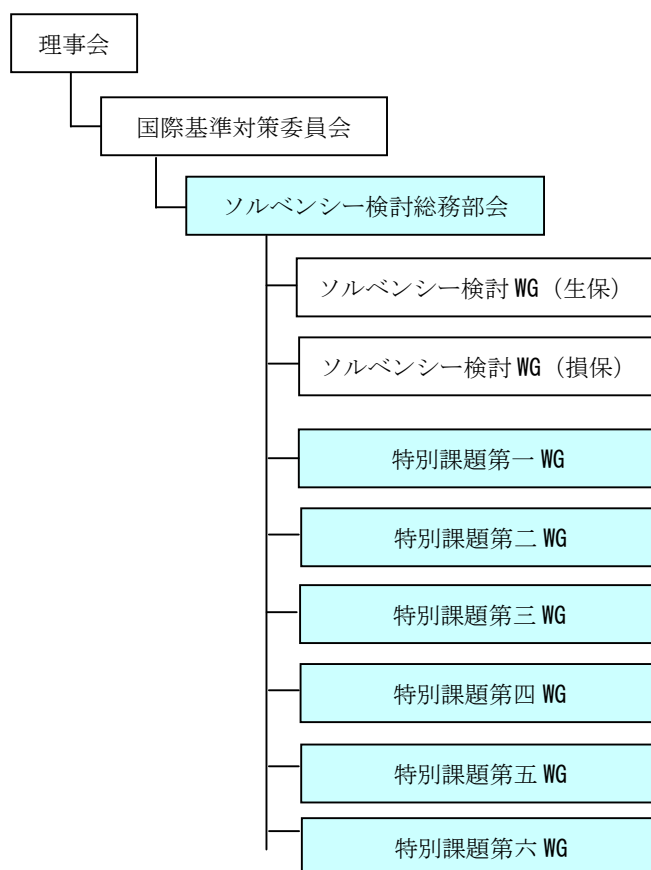
1. 1 当報告書作成にあたっての検討経緯

- 1 「ソルベンシー・マージン基準」は、そもそもは監督基準として導入されたものであるが、一方で、各保険会社は、「ソルベンシー・マージン基準」をリスク管理手法の1つとして、経営に活かしてきている。すなわち、「ソルベンシー・マージン基準」導入以降、わが国の保険会社は、リスク対応力を高めるべく、保有契約や保有資産のリスクの圧縮・コントロール、経営効率化等により生み出された利益の内部留保（危険準備金・異常危険準備金や価格変動準備金等の積立）、資本市場からの資本金や基金の調達等の経営施策を絶え間なく続けてきた結果、今日において、わが国の保険会社のリスク対応力は、「ソルベンシー・マージン基準」導入当時と比べて、明らかに向上していると考えられる。
- 2 また、1996年の「ソルベンシー・マージン基準」導入以降、
 - 2000年 ・ リスク対象価額（時価評価される有価証券）の時価評価
 - ・ リスク係数の見直し
 - ・ 外国証券等の含み損の反映
 - ・ グループ会社間の持ち合い部分の控除及び劣後債の算入限度の厳格化
 - ・ 将来利益の算入の見直し
 - 2005年 ・ 変額年金等の最低保証リスクの「ソルベンシー・マージン基準」への反映
 - ・ 巨大災害リスク（風水災害リスク）の「リスクモデル」による測定
 - 2007年 ・ 第3分野商品の過去のトレンドから予測できないリスクの「ソルベンシー・マージン基準」への反映など、保険会社の経営環境等の変化に合わせて、「ソルベンシー・マージン基準」の見直しが、適宜行われてきた。
- 3 しかしながら、近年では、経済環境の著しい変動、大災害や感染症大流行（パンデミック）発生懸念の高まり、保険商品の高度化・多様化等により、保険会社を取り巻くリスクは、これまでと比較して格段に複雑化すると共に、それぞれのリスクが強く相関しあう状況となった。その結果、これまでのソルベンシー規制だけでは、今日的なリスクを的確に捉えることが難しくなっているため、より高度なソルベンシー規制の必要性が高まっている。
- 4 加えて、経済・金融取引等の国際化が進む中で、各国毎に異なるソルベンシー規制では、全世界規模のリスクを的確に捉えることができないとの見方が広がり、IAIS等において、ソルベンシー規制の国際標準化の議論が加速されつつある。
- 5 日本アクチュアリー会では、こうした経営環境変化や国際化の進行等に対応して、保険数理の専門家団体として、新しいリスク管理手法の調査・研究を進めると共に、ソルベンシー規制等に関する国際的な検討の場でも積極的に意見発信していくことが重要な使命であると考え、2008年9月に、「国際基準対策PT」（のちに、「国際基準対策委員会」に改組）を設置した。
- 6 また、2010年6月に、金融庁から各保険会社に対して発出された「ソルベンシー・マージン基準」の中期的見直しに向けたフィールドテスト仕様書「経済価値ベースの保険負債とリスクの試行について」（以下、「フィールドテスト仕様書」と表記）について、同年8月に、金融庁から日本アクチュアリー会に対して、このフィールドテスト仕様書について、専門的・実務的検討を行ってほしいとの依頼があった。これを受け、日本アクチュアリー会では、2010年8月、フィールドテスト仕様書の検討を進めるための組織として、国際基準対策PTの傘下に「ソルベンシー検討WG（生保）」「ソルベンシー検討WG（損保）」を設置し、約4ヵ月の検討を行い、その検討状況の中間報告として、『フィールドテスト仕様書「経済価値ベースの保険負債とリスクの試行について」に対する考察（中

間報告)』を作成し、2010年12月金融庁に提出した。

- 7 さらに、日本アクチュアリー会では2011年5月、より専門性の高い課題を集中的に検討するために、今年度、「特別課題第一WG」「特別課題第二WG」「特別課題第三WG」「特別課題第四WG」「特別課題第五WG」「特別課題第六WG」を新設し、また、これらのWGをとりまとめると共に、金融庁と連携した検討にも対応するために、「ソルベンシー検討総務部会」を新設し、経済価値ベースのソルベンシー基準の検討体制を大幅に強化した。

【組織図】



- 8 当報告書は、経済価値ベースのソルベンシー規制に関する割引率・金利リスクを担当する特別課題第四WGを中心に検討を取りまとめたものであるが、メンバーおよび担当は以下のとおりである。

座長 渡部 仁

副座長 長舟 貴洋

委員 各社における実務の対応状況、エグゼクティブ・サマリー
森本 祐司

第2章第2節、第2章第3節

近藤 達人☆ 河端 寛 篠原 広和 二見 英徳

第2章第1節、第2章第4節

西村 泰介☆ 浅見 学 古家 潤子 徳中 寛昇

第3章第1節第2項、第3章第1節第3項、第3章第2節第2項

浜田 淳一☆ 青塚 眞秀 加藤 慎治 谷 政信

第3章第1節第1項、第3章第2節第1項、第3章第2節第3項

舘 誠一 ☆ 尾上 大 須田 一之 原 弘章

(☆は担当毎のグループリーダー)

- 9 当報告書は、2012年3月22日の理事会に付議し、その承認を得ている。

1. 2 当報告書作成にあたっての前提

1. 2. 1 当報告書の検討対象・検討目的

(1) 技術的分析・提言を行うこと

- 10 当報告書は、保険会社における経済価値ベースのソルベンシー評価目的での、保険負債の評価に用いる割引率、および、市場リスク（特に金利リスク）に関する標準的手法を中心に、技術的検討・提言を行うことを目的としている。
- 11 当報告書は、規制上の活用方法について提言することを目的とはしていない。例えば、特に長期の保険契約を保有する場合には、短期的な金利変動により経済価値ベースの負債額が大きく変動し、保有資産の状況によっては経済価値ベースの純資産額が大きく変動することが想定されるため、経済価値ベースの考え方をソルベンシー・マージン基準に取り入れることを想定した場合の具体的な活用方法が、関係者の重大な関心事であることは間違いない。また、経済価値ベースの評価を規制に取り入れる場合の様々な影響¹を考慮し、現実的・政策的配慮を当報告書の中で提言していくべきとの意見もあり得る。しかしながら、こういった活用方法についての検討は、必ずしも技術的な問題にとどまるとは限らず、政策的な問題としての側面が強くなるとも考えられる。従って、当報告書においては、規制上の活用方法を直接的に提言することは行なっていない。
- 12 一方で、今後、当局において経済価値ベースの評価を活用するにあたって、どのように規制に取り入れるかといった様々な政策判断が行われる際に、その判断に資する技術的側面からの分析や、様々な技法により導かれる算定結果の意味合いを技術的に整理し報告することは、正に、当報告書の目的だと考えている。

(2) 会計との整合性確保を制約条件としないこと

- 13 当報告書の検討に際して、会計目的での保険負債評価に共通して用いられるかどうかについて意識はしているものの、必ずしも、会計目的とソルベンシー目的の両者を共通化することを制約条件とはしていない。この両者の共通化は実務負担軽減の観点から要望が強い点であるが、異なる目的に対して汎用的に活用可能な割引率が設定可能かどうかは、現時点では明らかではない。従って、多くの部分について、共通の議論が行える可能性が高いものの、全てについて共通した議論が行えないことも考えられ、会計目的での検討を行う際には、また、改めて検討を行う必要があると考えられる。

1. 2. 2 負債評価に用いる割引率の検討の出発点としてのリスクフリー・レート

- 14 当報告書の作成にあたっては、検討の出発点として、リスクフリー・レートを基礎とする考え方を採っている。金融庁検査マニュアル・監督指針においては、経済価値評価とは、「市場価格に整合的な評価、又は、市場に整合的な原則・手法・パラメーターを用いる方法により導かれる将来キャッシュフローの現在価値に基づく評価をいう」とされている。市場価格との整合性の観点（＝保険負債の市場での売買を想定した場合の移転価格との整合性）からは、リスクフリー・レートを基礎とすることは一つの自然な発想だと考えられる。
- 15 また、リスクフリー・レート以外を基礎とする検討を行うのであれば、単純に割引率だけでなく、

¹ 経済価値ベースの規制を導入した場合の影響についての代表的な指摘は、我が国においてニーズの強い長期契約の販売が困難になる可能性や、保険会社の長期資本提供能力の低下による資本市場への影響等が挙げられる。

様々な波及的な問題（リスクマージンの要否、資本要件として対象とするリスクの範囲等）も含めて全体的な枠組みの検討を行わなければならない可能性もあり、限られた期間内で報告書をまとめることが必ずしも現実的ではないとも思われる。

- 16 しかしながら、これは、経済価値ベースでの評価としてリスクフリー・レート以外に採りうる手法がないことを示すものではない。さらに、ソルベンシー目的の評価にあつては、負債評価とは別途、資本要件としてリスクも考慮されるのであり、リスク調整を負債評価の段階で行うことが必須であるかどうかも明確ではない。
- 17 従って、当報告書においては、とりあえず検討の出発点としてリスクフリー・レートを基礎としたが、これは将来リスクフリー・レート以外を基礎とする検討（例えば期待収益率の使用）を行う可能性を否定するものではない。

1. 2. 3 リスク評価の対象とする時点

- 18 当報告書作成にあたって技術的には、信頼水準に基づき1年後²に想定される金利の変化が、評価日時点において一時に生じることを想定し、経済価値ベースの純資産の変動を評価することとしている。（ $t=0$ 時点のショックを評価した）
- 19 当報告書作成にあたっては、この手法は、 $t=1$ （年）時点における純資産の変動を、近似的に求める手法だと考えている。ただし、この方式が適切な近似となるためには、例えば、保有資産・負債が定常状態に近い状態であり、かつ、1年間に資産および負債に関するポジションに大きな変化が生じないこと等を前提とする必要があると考えられる。
- 20 なお、想定する期間が1年でよいか、また、想定する期間の末のみの評価かあるいは想定する期間中の全ての時点を評価対象とすべきかといった点は、規制上の政策判断に関わる部分だととらえ、当報告書においては特段の検討はしていない。従って、当報告書においては期間1年を前提としているが、これはリスク評価の期間を1年とすることに対する選好や推奨を意図するものではない。

1. 2. 4 他の報告書との関係・役割分担

(1) 保証とオプションのコストとの関係

- 21 様々な金利シナリオに基づく、確率論的な計算が必要となる保証とオプションのコストについての検討は、一義的には解約率・解約リスクの報告書の分担範囲としている。更に詳細な分担としては、想定される金利シナリオに基づくキャッシュフローの変動（解約率の変動等）についての検討は解約率・解約リスクの報告書の分担範囲であり、保証とオプションのコストの評価に用いる金利シナリオについての検討は当報告書の分担範囲である。
- 22 しかしながら、保証とオプションのコストに用いる金利シナリオを検討するにあたっては、金利デリバティブの価格評価との整合性確保の要否や、仮に整合性が必要となる場合には、高度な金融工学（金利の期間構造モデル等）の評価や、その実務への適用等を検討する必要があると考えられ、難易度が高く直ちに検討に取り掛かりにくい。従って、現段階では、他の項目より優先順位が高く、検討に取り掛かりやすいと考えられる項目から検討を行うこととしている。

² 1年間ではなく1年後としている

(2) リスクマージン等との関係

- 23 リスクフリー・レートについては、参照対象となる国債や金利スワップについて信用リスクの観点から検証を行い、必要に応じて信用リスクの調整を行うこととしているが、そのような調整を行ったとしても、信用リスクが混入している可能性があり、厳密に真のリスクフリー・レートの水準は必ずしも明確ではない。つまり、国債等の市場価格から算定されるリスクフリー・レートにも、一定の不確実性を含んでいると考えられる。
- 24 このような、保険負債評価に用いるリスクフリー・レートに含まれる不確実性にともなうリスクへの対応として、資本要件に用いるリスクや、負債評価に用いるリスクマージンの算定に含めるべきかどうか、更にはそういったリスクが定量化可能かどうかは必ずしも明確ではない。また、こういった不確実性にともなうリスクへの対応は、割引率特有の問題ではなく、様々な負債評価の前提に共通するものとも考えられ、リスクマージンの検討において横断的に整理を行う必要があると考えられる。したがって、当報告書においては、この点について踏み込んだ検討を行っていない。

(3) その他の個別論点

- 25 優先順位が高く、検討に取り掛かりやすいと考えられる項目から検討する観点で、現時点では、例えば以下の点については、検討に到っていない
- ・日本円以外の他通貨建の負債評価に用いる割引率
 - ・有配当契約と無配当契約の割引率の差異の要否

2 割引率に関する検討

2. 1 保険負債評価に用いる割引率の特性

2. 1. 1 経済価値ベースの保険負債評価に用いる割引率

(1) 資産負債の一体的な時価評価

- 26 平成 23 事務年度 保険会社等向け監督方針 2 (2) ②において、経済価値ベースのソルベンシー規制は、「資産負債の一体的な時価評価を通じ、保険会社の財務状況の的確な把握や、保険会社のリスク管理の高度化に資するもの」とされている。経済価値ベースのソルベンシー規制における保険負債評価に用いる割引率は、「資産と負債の一体的な時価評価」を行うべく、資産の市場価格と整合的な評価を行うことを検討の出発点とすることが考えられる。

(2) 保険監督者国際機構 (IAIS) の保険基本原則 (ICP) の割引率に関する規定

- 27 2011 年 10 月の総会で採択された ICP の改正案のなかに、ICP 14 (評価) がある。ICP 14 において、ソルベンシー評価目的での資産および負債の評価のための要件が定められている。割引率に関する記載は次のとおりである。

14.10 保険契約準備金の評価では、貨幣の時間価値を考慮することが認められる。監督者は、保険契約準備金を割り引く際に用いられる適切な金利を算定する規準を定める。

14.10 The valuation of technical provisions allows for the time value of money. The supervisor establishes criteria for the determination of appropriate rates to be used in the discounting of technical provisions.

14.10.1 ソルベンシー制度は、貨幣の時間価値を保険契約準備金の算定において認識することを認め、保険契約準備金を割り引く際に用いられる適切な金利 (割引率) を算定する規準を定めるべきである。これらの規準を策定する上で、監督者は以下を考慮すべきである。

- ・ 性質、構造および条件を含む、管轄区域における保険債務の経済的価値
- ・ 原資産に依存する給付 (があれば) その範囲

14.10.1 The solvency regime allows for the time value of money to be recognised in the determination of technical provisions and should establish criteria for the determination of appropriate interest rates to be used in the discounting of technical provisions (discount rates). In developing these criteria, the supervisor should consider the following:

- ・ the economics of the insurance obligations in its jurisdiction including their nature, structure and term,
- ・ the extent (if any) to which benefits are dependent on underlying assets

14.10.2 保険契約準備金を割り引く際に用いられる適切な金利を算定する規準は、適切な金利が直接的に必ずしも観察可能とは限らず、必要に応じて、一般的な性質の観察可能な経済データおよび市場データに基づいて調整を適用する可能性があることを認識すべきである。

14.10.2 The criteria for determining appropriate interest rates to be used in the

discounting of technical provisions should recognise that the appropriate interest rates may not be directly observable and apply adjustments based on observable economic and market data of a general nature as appropriate.

14.10.3 リスクが代替手段により貸借対照表のどこかで備えられている限り、割引率に当該リスクに対する対価を含めるべきではない。

14.10.3 To the extent that a risk is provided for elsewhere in the balance sheet by alternative means, there should be no allowance for that risk in the chosen discount rates.

14.10.4 割引率は、保険債務の経済的価値を反映すべきであるため、観測されるイールド・カーブは、観測される金融商品と保険債務の経済的特性に係る差異を反映するように、調整されるべきである。

14.10.4 As the discount rates should reflect the economics of the insurance obligations, any observed yield curve should be adjusted to account for differences between the economics of the observed instrument with those of the insurance obligations.

14.10.5 割引率の規準は、観測が可能でない市場データや満期について、適切な補間と補外を認めるべきである。整合性があり、信頼できる経済的価値を提供するため、割引率の規準は、金利の期間構造全体を利用すべきである。

14.10.5 The criteria should also allow appropriate interpolation and extrapolation for non-observable market data and maturities. To provide for consistent, reliable, economic values, the criteria for discount rates should utilise the entire interest rate term structure.

14.10.6 原則として、投資資産が信頼できる市場価値を有し、保険債務またはリスクの要素を完全に複製またはヘッジする場合、この価値は貨幣の時間価値を反映するものとみなせる。

14.10.6 In principle, if an investment has a reliable market value and fully replicates or hedges an element of the insurance obligations or risks, such a value is presumed to reflect the time value of money.

28 14.10.2～14.10.5 では、市場で観測されるイールドカーブ全体を使わなければいけない一方、市場データに補間・補外・その他必要な調整を行うことを定めている。その他必要な調整とは、信用リスクや流動性リスクに対する調整を意味するものと考えられる。14.10.6 では、もし複製ポートフォリオにより、保険債務を完全に複製もしくはヘッジできれば、その価値を保険契約の価値とみなせることを定めている。

(3) 経済価値ベースの評価に用いる割引率

29 (2) の ICP においては、償却原価評価も含むものであることが明記されており、またリスクに対する対価（マージン）を割引率に含める方法もあるなど、ソルベンシー評価目的での資産および負債の評価のための割引率は、さまざまな割引率が存在するものである。以後ではリスクフリーレートを基準とした経済価値ベースの評価に用いる割引率に絞って議論を行う。

30 リスクフリーレートを基準とした経済価値ベースの評価は、資産・負債の将来キャッシュフローを、市場で取引されている金融商品と整合的に評価する手法である。一般的には、負債の将来キャッシュ

キャッシュフローを、市場で取引されている資産で複製できる部分と、市場では複製できない保険特有の変動部分に分け、前者は、市場で観測される割引金利を用いて評価し、後者については、当該変動リスクに対するリスクマージン・リスク量として評価される。(上記原則の 14. 10. 3 参照)

- 31 特に、負債の将来キャッシュフローのうち、キャッシュフローのタイミング・金額が確定的な部分については、同じくキャッシュフローのタイミング・金額が確定的な資産で複製できる。したがって、負債評価に用いる割引率は、同じキャッシュフローを持つ確定利付資産の割引率（市場金利）と整合的に設定することが考えられる。
- 32 市場で観測される確定利付資産の割引率について、本稿においては以下の要素に分解して考える。（資産特性に応じたその他のリスクとそれに対応するリスクプレミアムは省略して考える。）

割引率 = リスクフリー・レート + 信用コスト・プレミアム + 非流動性プレミアム

- 33 ただし、保険キャッシュフローは、資産のデフォルトや価格変動に関係なく支払う義務であると考えれば、割引金利は、信用リスク等の要素を含まないものと考えられる。また、保険負債の市場価格を求めるという観点からは、保険会社が発行する社債等と同様に、割引率に保険者の信用コスト・プレミアムを反映するという考え方もある。ただし、保険負債は市場で自身の信用コスト・プレミアムを勘案した価格で償却することが出来ない事もあり、ソルベンシー評価目的としては、市場価格と整合的に評価する場合でも、負債の将来キャッシュフローを複製する資産のキャッシュフローのタイミング・金額が確定的であるためには、デフォルトリスクがないことが前提となるため、負債評価の割引率に保険者の信用コスト・プレミアムを反映することは適当ではないと考えられる。すなわち、割引率は、リスクフリーレートか、リスクフリーレートに非流動性プレミアムを上乗せしたものであると考えることができる。（なお、保険負債以外の負債に関しては、市場価格で償却可能、且つ償却のための資金的余裕がある場合には、負債評価に信用コスト・プレミアムを勘案することも検討の余地はあると考える）
- 34 リスクフリーレートを観測される金融商品から導く際、国債やスワップなどの参照対象とする金融商品については、「2. 2 割引率の設定における市場データの参照対象」で考察を行う。また、観測が可能でない満期についての補間と補外については、「2. 3 市場データの補間・補外」で考察を行う。
- 35 欧州ソルベンシーIIの QIS 5 や、IFRS（国際会計基準）保険契約評価 Phase II の保険契約公開草案（2010年7月）においては、割引率としてリスクフリーレートに非流動性プレミアムを上乗せすることとされている。非流動性プレミアムの上乗せについて、「2. 4 非流動性プレミアムの設定」で考察を行う。

(4) 終局金利の決定要因

- 36 金利は市場参加者（購入者と供給者）の実質金利やインフレ率の将来見通しおよび満期ゾーンごとの需要と供給のバランスによって決定される。
- 37 将来の見通しについては、決定的な方法はない。しかし、公的年金財政、内閣府の政策決定、財務省の財政政策等など国の政策決定においては、マクロ経済モデルに基づく将来見通しを策定し利用されている。したがって、経済価値ベースのソルベンシー規制においても、特に市場が存在しない満期ゾーンの終局金利の設定においては、ソルベンシー規制の目的に照らしてマクロ経済的な見通しを踏まえて定めることも考えられる。
- 38 以下(a)～(d)において、マクロ経済的な手法について概観する。

(a) 金利の期間構造の決定要因

- 39 金利の期間構造の決定要因を説明する理論は以下のようなものがある。純粋期待理論とは、長期金利に内包されるフォワード・レートが、将来の短期金利の市場予測に基づいて決定されるというものである。この理論では、長期の債券に投資することに伴う「リスク」が考慮されていないという欠点がある。
- 40 一般に債券の投資家がリスク回避的であるならば、長期債券は短期と比較してリスク・プレミアムを反映して高く設定されなければならないと考えれば、このリスク・プレミアムは、満期が長くなればなるほど大きくなると考えられる。このような要因を純粋期待理論に加味した理論を流動性理論という。
- 41 また、リスク・プレミアムが満期が長くなるほど大きくなるということを仮定しない特定期間選好理論（preferred habitat Theory）がある。全ての投資家が負債の特性に応じた期間で債券の現金化を予定しており、必ずしも債券を短期で売却することを前提としない場合には、流動性理論のリスク・プレミアムに関する仮定は成立しないのではないかと考えられる。特定期間選好理論では、満期の各レンジにおける発行者と投資家の需給関係によりリスク・プレミアムがプラスにもマイナスにもなると仮定する。この理論によると、イールドカーブの形状はいかなる形状にも成りうる。
- 42 さらに、市場分断理論は、上記の特定期間選好理論と同様に、投資家や発行者のそれぞれの満期における需要と供給に応じて金利が決まると考えるが、市場は分断されており、特定の満期の投資家は、リスク・プレミアムの水準により満期を変えることがなく、完全にその満期ゾーンのみを取引することを仮定する点が異なるものである。

(b) 実質金利と名目金利

- 43 将来の期待金利（名目金利）から期待インフレ率を控除したものは実質金利と呼ばれている。日本においても 2004 年より物価連動国債が発行されており、通常の国債価格との比較から市場の期待インフレ率を逆算することができる。実質金利は、経済の潜在成長率と密接に関連していると考えられる。
- 44 ちなみに、インフレ率は経済価値ベースの将来キャッシュフロー予測においては、事業費等の要因に影響を与えることから、割引率と整合的にどのように設定するかは課題であると考えられる。

(c) マクロ経済予測モデルによる金利の予測

- 45 マクロ経済予測モデルにより、理論上は将来の生産、消費、利子率等の予測を計算することができる。これらを用いて超長期金利を設定する一つの考え方としては、将来時点の均衡的な名目ベース短期金利を超長期金利とする考え方がある。実質ベースの、将来利子率を実質ベース短期金利と認

識すれば、期待インフレ率に仮定をおくことで名目ベースの短期金利を設定することができる。

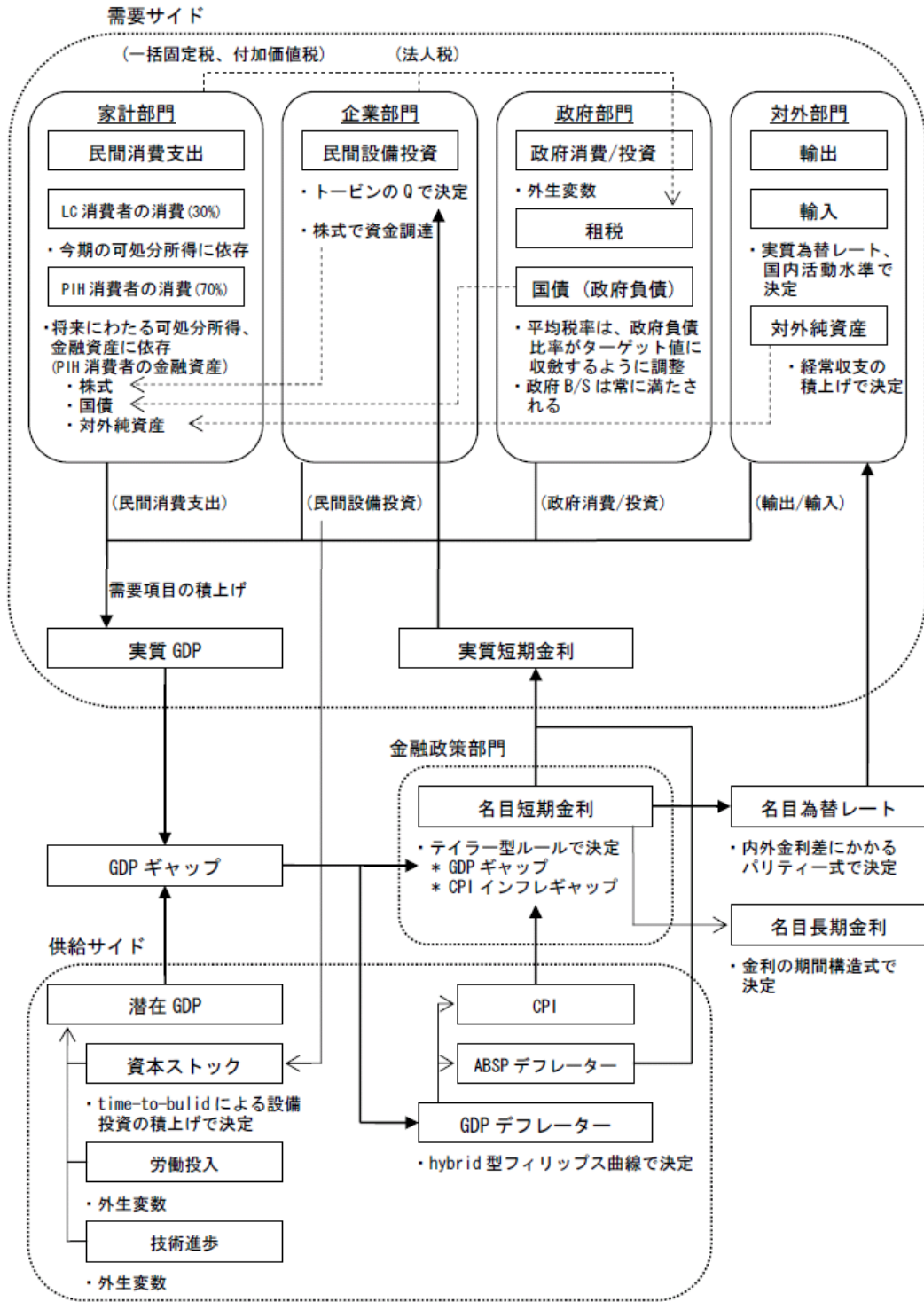
- 46 利子率ではなく、実質経済成長率自体を実質金利と認識する方法もありうる。この場合でも、GDPデフレーター的前提などから期待インフレ率を必要とすることになる。
- 47 厚生年金及び国民年金の財政検証においては、我が国の超長期マクロ経済モデルを構築し利潤率（利子率）シナリオから長期金利シナリオを求めているが、平成16年・平成21年財政検証においては次のようなモデルを用いている。

$$\text{将来の実質長期金利} = \text{過去の実質長期金利} \times \frac{\text{将来の利潤率の見込み}}{\text{過去の利潤率の見込み}}$$

これに期待物価上昇率を加算して名目ベースの長期金利に相当するものを求めている

<参考1> マクロ経済モデルの構造

石川大輔他 (2010) フォワード型マクロ経済モデルの構造とシミュレーション結果より引用



<参考2> Cobb-Douglas 型生産関数を用いたマクロ経済予測モデルの例

Solow による新古典派経済成長モデルの枠組みを出発点し、次のようなマクロ経済予測モデルを構築することは一般的である。

生産を資本と労働の投下量で説明する生産関数を定める。企業の利潤最大化行動を導入することで、資本を調達するために必要なコストと労働賃金をシャドープライスとして関係付けることができる。生産は、消費と貯蓄に回ることになる。貯蓄、即ち投資から前期の資本に対する減耗分を差し引いた分が資本増加分となる。将来の人口推計を用いて労働力投下の将来シナリオを設定。これらから将来の生産、労働供給、資本、資本調達コスト、労働賃金の将来モデルを構築することができる。その際、貯蓄率、資本減耗率など、一部のパラメータについて前提を置いたり、将来シナリオを設定したりする必要はある。

具体例は次のようになる。時点 t において、労働供給 L_t 、資本 K_t を投入して、生産 Y_t を得たとする。

次のような Cobb-Douglas 型生産関数が成立していると考ええる。

$$Y_t = F(K_t, L_t) = A_t \cdot K_t^\alpha \cdot L_t^{1-\alpha},$$

ここで A_t は生産技術、 α は資本配分率、 $1-\alpha$ は労働配分率である。企業は、資本を調達するために支払うコスト r_t と労働力を調達するために必要なコストである労働賃金 w_t を所与として、次の目的関数を最大化するように行動すると考える。

$$\max Y_t - r_t \cdot K_t - w_t \cdot L_t,$$

$$\text{制約条件 } Y_t = F(K_t, L_t).$$

このとき、1 階条件から、 $\frac{\partial Y_t}{\partial K_t} = r_t, \frac{\partial Y_t}{\partial L_t} = w_t$ となる。生産関数の具体的形式を代入すると、労働 1 単

位あたりの資本を $k_t = \frac{K_t}{L_t}$ で定義すると、

$$r_t = \alpha \cdot A_t \cdot K_t^{\alpha-1} \cdot L_t^{1-\alpha} = \alpha \cdot A_t \cdot k_t^{\alpha-1}, \quad w_t = (1-\alpha) \cdot A_t \cdot K_t^\alpha \cdot L_t^{-\alpha} = (1-\alpha) \cdot A_t \cdot k_t^\alpha$$

となる。ここでは簡単のため家計についての最適行動は考慮しない。いずれにせよ均衡において、生産は消費 (C_t) と貯蓄 (S_t) に回る。貯蓄率を s_t とすると、次の関係式が成立する。

$$Y_t = r_t \cdot K_t + w_t \cdot L_t, \quad (\text{企業の最適行動より})$$

$$Y_t = C_t + S_t, \quad C_t = (1-s_t) \cdot Y_t, \quad S_t = s_t \cdot Y_t.$$

投資 (I_t) = 貯蓄から資本減耗を差し引いた分が資本の増加になる。

$$K_{t+1} - K_t = I_t - \delta_t \cdot K_t,$$

但し資本減耗は資本減耗率 δ_t で考慮されている。利子率とは資本調達のコストから資本減耗率を控除した、 $r_t - \delta_t$ である。

労働供給量に対しては、人口将来推計などを用いて、 L_{t+1} のシナリオを設定する。いくつかのパラメータに対して前提をおく必要があるが、以上の枠組みで、初期時点の生産・資本・労働供給・生産技術から、将来の生産・資本・労働供給・利子率・労働賃金の将来予測を得る。

<参考3> バラッサ＝サムエルソン仮説を用いてアメリカのマクロ経済成長モデルから各国のマクロ経済長期予測を行っているの例

参考1のモデルでは日本一国に対するマクロ経済モデルを構築していることになる。我が国経済成長における世界経済の影響、特に欧米やアジア諸国経済成長を考慮に入れた国際マクロ経済モデルに発展させる必要があるかも知れない。実際、「日本21世紀ビジョン」に関する専門調査会の報告書（平成17年4月）の経済財政展望ワーキング・グループ報告書ではバラッサ＝サムエルソン仮説を用いて、アメリカのマクロ経済成長モデルから各国のマクロ経済長期予測を行っている。（法専2009）

バラッサ＝サムエルソン仮説とは次のような内容である。一国経済が発展し、所得が高まるにつれて、貿易財部門の生産性が非貿易財部門より速く上昇し、その結果非貿易財部門の相対価格が上昇することにより、物価水準全体も高くなる（実質為替レートが増価する）と考えられる。つまり、x軸に各国の物価水準（購買力平価／対米為替レート）をとり、y軸に1人当たりGDP（各国の購買力平価換算、但しアメリカを100と基準化）すると、右肩上がりの関係が見られるというものである。将来時点の購買力平価評価の日米GDP比を求めるには、現時点の購買力平価評価の日米GDP比と将来に向けての日米の実質経済成長率の予測値を用いることになる。実質経済成長率については、前述のマクロ経済モデルで予測を行うことが考えられる。何らかの形でアメリカのGDPデフレーター予測が与えられれば、日本の名目ベースマクロ経済予測を計算することができる。

(d) マクロ経済予測を行う場合の留意点

- 48 実際にデータを用いてマクロ経済予測を行う場合、留意しなければならない点が多い。
- 49 例えば、Cobb-Douglas型生産関数を用いて潜在成長率を推計する手法として、一般的には実質GDP成長率から資本ストックの増加率と労働投入の増加率をそれぞれ資本分配率、労働分配率によりウェイト付けしたものを差し引いた残差として全要素生産性を推計する必要がある。
- 50 全要素生産性は技術進歩の代理変数とされるが、上記の導出プロセスからも分かる通り、生産の増加の中で資本と労働の投入により説明できない部分のことであり、技術進歩の他にも労働者の熟練度の向上や経営効率の改善、規模の経済の実現など、多くの要素が含まれる。
- 51 そして、過去の実績値が入手可能な資本ストック、労働投入、資本分配率、労働分配率、これらの情報から推計される全要素生産性を参考に、将来の成長率を推計することになるが、上記の各パラメータをどのように設定するかにより、当然ながら結果は異なる。
- 52 各パラメータは一般的にはある期間の実績値を参考に、想定するシナリオに基づいて設定されるが、参考とする期間をどのように設定するのか、また、どのようなシナリオを想定するのかにより結果は異なる。
- 53 さらに、全要素生産性のような多くの要素を含んだパラメータをどのように想定するのかは困難が大きく、大胆な仮定を置かざるをえない。
- 54 このようなプロセスを考慮すると、超長期に渉る経済成長率の予測においては、数十年後の一国、さらには国際経済環境をどのように想定するかにより結果は大きく左右されることになる。そのため、推計される結果については30年間程度の将来予測ですら、想定した将来の経済環境を踏まえた上で、かなりの幅をもってみる必要があると一般的に言われ、ましてや100年後までの将来予測結果については相当な幅をもってみる必要がある。
- 55 さらには、上述したバラッサ＝サムエルソン仮説を用いた名目経済規模の予測においても、その導出過程においてCobb-Douglas型生産関数を用いて得られた潜在成長率を将来の実質GDP成長率として用いることから、同様の留意が必要となる。
- 56 バラッサ＝サムエルソン仮説により説明される、各国の物価水準（購買力平価と対米為替レートの比）と1人当たりGDP（各国の購買力平価換算、但しアメリカを100と基準化）の比例関係も、対象とする期間によりその変化率が異なるため、どの期間を対象とするのかも、結果に影響を与える。

- 57 さらに、もっとも将来予測において予見可能性の高い人口要因についても、数十年に渉る超長期予測の場合には、出生率や平均余命の伸びをどのように想定するかも結果に大きな影響をもたらすことに留意する必要がある。
- 58 マクロ経済モデルに基づいた利子率の超長期将来シナリオから瞬時的フォワード・レート又は超長期割引債金利を求める場合にも留意が必要である。先に述べたとおり、通常利子率は実質ベースの数値である。これを実質ベースの短期金利と認識した場合、名目ベースの短期金利を求めるためには期待インフレ率のモデルが必要となる。100年を超える期待インフレ率を設定することは極めて難しいことである。
- 59 例えば厚生年金及び国民年金の財政検証における経済前提の設定において、前述のように実質ベースの長期金利シナリオを設定した。これに期待物価上昇率を加算して名目ベースの長期金利に相当するものを求めている。しかし社会保障審議会年金部会年金財政における経済前提と積立金運用のあり方に関する専門委員会においては、物価上昇率の推計を需要側のモデルを組み込むことで内生変数として取り扱う可能性について検討している。
- 60 また、長期金利と利潤率（利子率）を結びつける方法も議論の余地がある。厚生年金・国民年金の財政検証においては上記のような比例方式が用いられているが、より具体的に長短スプレッド又は市場のリスクプレミアムを反映することも考えられる。代表的経済主体の最適消費行動から導かれる資産価格付け理論も一例であるが、前述のとおりモデル化は一意的でなく結果の金利水準も大きく変動するものと考えられる。
- 61 加えて、ソルベンシー規制において必要とする金利期間構造は日本国債ベース又はスワップベースである。仮に日本国債ベースの短期金利を求める場合には、財政プレミアムを考慮しなければならない可能性もある。これは社会保障システムの100年を超える将来モデルを構築しなければならないことを意味する。
- 62 このように超長期マクロ経済モデルに基づく実質金利、期待インフレ率、長短スプレッド（市場のリスクプレミアム）、財政プレミアムの超長期シナリオの算定は、理論的には可能であるものの実際にパラメータ推計・モデル構築・シナリオ策定に関しては様々な論点を解決して行く必要がある。

参照文献：

- ・ 北村行伸(1995)「物価インデックス債と金融政策—実質金利と期待インフレ率を国債流通市場情報から導く方法とその応用」『金融研究』第14巻第3号、pp.121-144
<http://www.ier.hit-u.ac.jp/~kitamura/PDF/A122.pdf>
- ・ 北村行伸(2004)物価連動債の市場価格より得られる情報：米国財務省物価連動債の評価 IMES Discussion Paper Series 2004-J-7
<http://www.imes.boj.or.jp/research/papers/japanese/04-J-07.pdf>
- ・ 石川大輔他(2010)フォワード型マクロ経済モデルの構造とシミュレーション結果、フィナンシャル・レビュー第100号、財務省財務総合政策研究所
http://www.mof.go.jp/pri/publication/financial_review/fr_list5/r100/fr100_210_254.pdf
- ・ 年金財政における経済前提と積立金運用のあり方に関する専門委員会
<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000001w191.html>
- ・ 本多俊毅(2011)マクロ経済と公的年金財政 —公的年金積立運用の視点から— 2012年1月25日、Hitotsubashi ICS-FS Working Paper Series
- ・ 法専充男、バラッサ＝サムエルソン仮説でみた日本のデフレ、PRI Discussion Paper Series (No. 04A-19)、財務省財務総合政策研究所
http://www.mof.go.jp/pri/research/discussion_paper/ron099.pdf
- ・ 『日本21世紀ビジョン 経済財政展望ワーキング・グループ報告書』2005年
http://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/minutes/2005/0419/item11_1.pdf

2. 2 割引率の設定における市場データの参照対象

- 63 保険負債評価に用いる割引率における諸要素のうち、特にリスクフリー・レートについて考察を行う。初めに、保険負債評価に用いるリスクフリー・レートが満たすべき特性について、EUのソルベンシーIIにおける検討結果を踏まえつつ、概念的な整理を行う。次いで、リスクフリー・レートの候補として具体的に考えられる国債金利およびスワップレートについて、保険負債評価に用いる場合に満たすべき特性という観点から、その特徴について考察を行う。
- 64 また、実際にリスクフリー・レートを算出する場面において遭遇することになる実務上の課題として、市場データが特異値となる場合の対応と実務的課題について検討する。

2. 2. 1 ソルベンシーII、MCEVにおける状況

(1) ソルベンシーIIにおける取扱い

- 65 QIS5仕様書の付録Fにおいて、将来キャッシュフローの割引に使用するリスクフリー・レート（非流動性プレミアム含む）が満たすべき性質を述べた以下のリスクフリー規準が示されている。

[リスクフリー・レート規準]

・信用リスクがないこと：

リスクフリー・レートは信用リスクがないものであるべきである。この目的においてスワップレートは出発点として使用可能である（信用リスクがないことを反映し、バイアスを除去するために適切に調整されるべきである）。

- ✓ スワップレートを利用できるが規準を満たさない場合、当該通貨で取引される国債に基づくデータを使用できる。これらのデータはこの規準に関する不備を調整されるべきである（例えば、国債データに基づくレートをリスクフリー規準に適合させること）
- ✓ スワップレート、国債のいずれもが利用可能でない、または、実務的、理論的な理由からリスクフリー・レート規準を満たすように調整できない場合、リスクフリー・レートを得るために他の金融商品を使用できる。このレートは、リスクフリー規準を満たすスワップレートを近似するという観点から、信用リスク、その他、規準からの乖離を調整されるべきである。
- ✓ 金融商品（スワップ、国債、その他）のいくつかの満期についてはリスクフリー・レート規準を満たすものの（または満たすために調整可能なものの）、全ての満期については満たさない場合、当該金融商品については、適切なリスクフリー・レートを得るために規準を満たす満期についてのみ使用すべきである。様々な満期の適切なリスクフリー・レートを得るために様々な金融商品を利用してもよい。

・現実性：

全ての保険会社とそのリスクフリーの収益を実際にリスクフリーの状態で得ることができなければならない。技術的準備金は、多額の含み損をもたらす、ランオフ期間中にそれが実現されるようなレートで割り引かれるべきでない。

・信頼性：

期間構造を決定するために選択するデータおよび手法は頑健であるべきであり、信頼があり正確な見積もりが行われるべきである。この規準は特に市場の危機または混乱のときに適用され

るべきである。

・高い流動性：

リスクフリー・レートは観察可能な金融商品に基づいた信頼性のある市場価格に依るべきである。信頼性のある市場価格は深く、流動性があり、透明な市場から観察可能である。

✓ ほとんどの期間構造では十分な流動性は一定の満期までであり、それを越えると補外が必要となる。

・テクニカルなバイアスがない：

技術的準備金の計算において考慮するキャッシュフローの割引率の決定において需給の歪みを取り除かれる (be filtered) べきである。³

・プロポーショナリティ (比例性)：

リスクフリー期間構造の導出においては簡便的な手法や概算は認められない。

66 Q I S 5では、主要通貨のスワップレートから信用リスク相当分として 10bp を控除したイールドカーブをベースとしたリスクフリー・レートが数表として提供されている。

67 このスワップレートの信用リスク調整 (10bp) は、無担保の銀行間貸出レートと有担保のレポレートの差をスワップレートの信用リスク相当分とみなして、両者の差に基づいて決定された。この算出においては、ユーロ、英ポンド、米ドル、日本円の過去 10 年間の日次データを用いて無担保の銀行間貸出レートと有担保のレポレートの差が分析された (下表参照)。この分析結果を基に QIS5 では全ての通貨のスワップレートの信用リスク調整として、スワップレートから 10bp を控除することとされた。

無担保の銀行間貸出レートと有担保のレポレート (3ヶ月) の差 (単位：bp)

	ユーロ		英ポンド		米ドル		日本円	
	金融危機を含む期間	金融危機前の期間	金融危機を含む期間	金融危機前の期間	金融危機を含む期間	金融危機前の期間	金融危機を含む期間	金融危機前の期間
平均	21	7	31	18	31	15	14	8
中央値	7	6	16	15	16	15	9	8

使用データ

	レポレート	銀行間貸出レート
ユーロ	EURO REPO BENCHMARK 3MTH (EUR:FBE) – MIDDLE RATE	EURO INTERBANK 3 MTH (LDN:BBA) – OFFERED RATE
英ポンド	UK REPO BENCHMARK 3 MTH (LDN:BBA) – MIDDLE RATE	US INTERBANK 3 MTH (LDN:BBA) – OFFERED RATE
米ドル	US BID SIDE REPO 12:00 TERM 3 MTH – MIDDLE RATE	US INTERBANK 3 MTH (LDN:BBA) – OFFERED RATE
日本円	JPY 3M REPO (JYRPC CURRENCY)	JPY 3M TIBOR (TI0003M INDEX)

³ リスクフリー・レートに係る CEIOPS 勧告ではテクニカルなバイアスの例として IAA のリスクマージンワーキンググループが挙げている事例 (国債の保有が有利になる規制上の制約による機関投資家・年金基金の人為的な高い需要や、ベンチマークとなっている国債の利回りが低いことを挙げている) を紹介している。

68 Q I S 5 仕様書のパブリックコメント以前に公表されたリスクフリー・レートに係る CEIOPS 勧告では、AAA格の国債がベースとされていた。Q I S 5 でスワップレートをベースとすることとなった理由は示されていないが、その経緯についてQ I S 5 パブリックコメント時のカバーレター等で、以下のように紹介されている。

- ✓ 2009年12月に、非流動性プレミアムを含む割引率の論点の解決策を検討するために業界参加者を交えたタスクフォース⁴が設置された。このタスクフォースでは、スワップレートからの信用リスクの控除等の論点について、業界参加者からインプットを受けた。
- ✓ 2010年3月にタスクフォースは検討結果をまとめた報告書を公表した（「Task Force Report on the Liquidity Premium」）。この報告書では、タスクフォースの過半数のメンバーは、スワップレートを出発点としてリスクフリー・レートを定義することに同意した旨が記載されている。これを受けてQ I S 5 仕様書案ではスワップレートがベースとなった。

69 なお、Q I S 3 以降のリスクフリー・レートを導出するベースとなった参照金利は以下のとおりである。

		参照金利	備考
2007年4月	Q I S 3 仕様書	国債利回り	
2008年3月	Q I S 4 仕様書	スワップレート	パブリックコメント時の原案では国債利回りがベース
2009年10月	リスクフリー・レートに係る CEIOPS 勧告	国債利回り	
2010年3月	CEIOPS 流動性プレミアムタスクフォースの報告書	スワップレート	
2010年7月	QIS5 仕様書	スワップレート	

(2) MCEV における取扱い

(a) MCEV 原則

70 原則としてスワップレートを使用することとしている。ただし、スワップ金利が存在しない、もしくは強固でない場合には国債等の利回りを代替とすることが可能である。

参考：MCEV原則（抜粋）

原則14：参照利率は、負債のキャッシュフローの通貨、期間および流動性に対して適切なリスクフリー・レートの代替である。

・負債が流動性のある場合、参照利率は、可能な限り、キャッシュフローの通貨に対して適切なスワップイールドカーブでなければならない。

・負債が流動性のない場合、参照利率は、適切な限り、流動性プレミアムを含んだスワップイールドカーブでなければならない。

G14.5：企業が契約を保有する地域や通貨が、スワップ金利が存在しないか、またはスワップ金利が参照利率を構築するための強固な基礎とならない場合には、国債のイールドカーブといった、更なる代替的な金利を使用しても構わない。

出典：会報別冊第248号「MCEV原則」 P19～21

⁴ このタスクフォースのメンバーは、CEIOPS、業界団体（CRO/CFD Forum, CEA等）、アクチュアリー関連団体（GroupeConsultatif）、大学教授（マーストリヒト大学Antoon Pelsser教授）で構成される。

(b) 欧州各社の EV 実務

- 71 2010 年度の欧州各社の EV において、各社の開示資料によれば、各社とも原則に従いスワップレートを参照金利として使用している。

会社名	準拠している原則 (使用している手法)	参照金利
Allianz	MCEV	スワップレート
Zurich	MCEV	スワップレート
AXA	EEV (市場整合的手法)	スワップレート
AVIVA	MCEV	スワップレート
Old Mutual	MCEV	スワップレート

出典：各社 2010 年度 EV 開示資料

2. 2. 2 保険負債評価に用いるリスクフリー・レートの特性

(1) リスクフリー・レート規準

- 72 「2. 2. 1 (1) ソルベンシーⅡにおける取扱い」の一つとして QIS5 仕様書の付録 F に記載のリスクフリー・レート規準を出発点として検討を行う。
- 73 リスクフリー・レート規準は、(a)～(f)までの 6 項目から構成される。なかでも「(a)信用リスクがないこと」が、リスクフリー・レートの定義に係わる本質的な規準であると言える。
- 74 「(c)信頼性」はデータ及び手法が満たすべき一般的な特性である。「(b)現実性」及び「(d)高い流動性」は、(リスクフリー・レートに限らず)データの参照元となる金融資産として一般的に求められる性質であり、大規模な取引も市場にインパクトを与えることなく実際に取引可能であることが望まれる。このうち「(d)高い流動性」が失われた状態等について、具体的な現象面から捉えた表現が「(e)テクニカルなバイアスがない」と言え、流動性が枯渇して需給の歪みが生じる状態が発生してはいけないことを述べている。
- 75 最後の「(f)プロポーショナリティ (比例性)」は、リスクフリー・レート算出方法の使用に関する規定であり、リスクフリー・レートの算出方法自体が満たすべき特性ではない。

<表：EU ソルベンシーⅡ リスクフリー・レート規準（再掲）>

規準	内容
(a) 信用リスクがないこと	<p>リスクフリー・レートは信用リスクがないものであるべきである。この目的においてスワップレートは出発点として使用可能である（信用リスクがないことを反映し、バイアスを除去するために適切に調整されるべきである）。スワップレートを利用できるが規準を満たさない場合、当該通貨で取引される国債に基づくデータを使用できる。これらのデータはこの規準に関する不備を調整されるべきである（例えば、国債データに基づくレートをリスクフリー規準に適合させること）</p> <p>スワップレート、国債のいずれもが利用可能でない、または、実務的、理論的な理由からリスクフリー・レート規準を満たすように調整できない場合、リスクフリー・レートを得るために他の金融商品を使用できる。このレートは、リスクフリー規準を満たすスワップレートを近似するという観点から、信用リスク、その他、規準からの乖離を調整されるべきである。</p> <p>金融商品（スワップ、国債、その他）の幾つかの満期についてはリスクフリー・レート規準を満たすものの（または満たすために調整可能なものの）、全ての満期については満たさない場合、当該金融商品については、適切なリスクフリー・レートを得るために規準を満たす満期についてのみ使用すべきである。様々な満期の適切なリスクフリー・レートを得るために様々な金融商品を利用してもよい。</p>
(b) 現実性	<p>全ての保険会社があるリスクフリーの収益を実際にリスクフリーの状態を得ることができなければならない。技術的準備金は、多額の含み損をもたらす、ランオフ期間中にそれが実現されるようなレートで割り引かれるべきでない。</p>
(c) 信頼性	<p>期間構造を決定するために選択するデータおよび手法は頑健であるべきである。信頼があり正確な見積もりが行われるべきである。この規準は特に市場の危機または混乱のときに適用されるべきである。</p>
(d) 高い流動性	<p>リスクフリー・レートは信頼性のある市場価格を観察可能な金融商品に基づくべきである。信頼性のある市場価格は深く、流動性があり、透明な市場から観察可能である。</p> <p>ほとんどの期間構造では十分な流動性は一定の満期までであり、それを越えると補外が必要となる。</p>
(e) テクニカルなバイアスがない	<p>技術的準備金の計算において考慮するキャッシュ・フローの割引率の決定において需給の歪みを取り除かれるべきである。</p>
(f) プロポーショナルリティ（比例性）	<p>リスクフリー期間構造の導出においては簡便的な手法や概算は認められない。</p>

(出典：Annexes to the QIS5 Technical Specifications, Annex F – Method to derive the relevant risk-free interest rate term structure for currencies where it is not provided)

(2) リスクフリー・レートが満たすべき特性

- 76 リスクフリー・レート規準についての以上の整理をもとに、リスクフリー・レートが満たすべき概念的な特性を考察するにあたり、まずリスクフリー・レートとは何かについて考察し、リスクフリー・レートが一般的に満たすべき特性、更には保険負債評価に用いる場合に追加的に満たすべき特性について検討する。次いで、リスクフリー・レートとして採用する金融資産が実務的に満たすべき特性について検討を行う。
- 77 リスクフリー・レートとは「ある一定期間後に、確実に得ることができるリターン」と解釈される。「確実に」という点がリスクフリーであることに対応するものである。リスクフリー・レート規準では「(a)信用リスクがないこと」に相当する。
- 78 後でリスクフリー・レートの具体的な参照対象として国債金利とスワップレートについて考察するが、国債金利として固定利付国債、スワップレートとして(通常の)金利スワップを取り上げているのは上記を踏まえたものである。変動利付国債や物価連動国債(スワップではベースス・スワップやインフレ・スワップ)の金利は確定的に得られるものではないことから、リスクフリー・レートの規準を満たさないと考えられる。
- 79 なお、リスクフリー・レート規準の「(a)信用リスクがないこと」では金利スワップを国債よりも優先的に用いる旨の記載があるが、信用リスクという観点において、金融資産として国債よりも金利スワップが優先される必然性はなく、具体的な国の国債、金利スワップの比較としてどちらが優先して用いられるべきか(あるいはそのような個々の国の分析を踏まえた全体的な傾向として、国債と金利スワップのどちらが優先的に用いられることが多いか)を検討すべきである。
- 80 リスクフリー・レートの定義として、もう1つのポイントは「ある一定期間後に」という点である。リスクフリー・レートあるいは一般に金利は、期間に依存して決まるものである。この点が保険負債評価に用いる場合にリスクフリー・レートが満たすべき特性として追加的に考えるべきものに係わる。すなわち超長期金利に係わる観点である。保険負債の評価にあたっては、国債や金利スワップが通常取引される30年や40年等の年限⁵よりも大幅に長い100年といった期間までのリスクフリー・レートが必要とされる。これは金融市場では観察されない保険負債の評価に特有のものであり、個別に検討を行う必要がある。この点については「2. 3. 2 補間・補外が満たすべき特性についての考察」において考察を行う。
- 81 以上より、保険負債評価に用いるリスクフリー・レートが満たすべき概念上の特性としては、①リスクフリー・レートとして満たすべき特性として「信用リスクがない固定金利であること」、及び②「金融市場で取引されている年限を越える超長期金利が満たすべき特性」、の2点として整理される。
- 82 次に、リスクフリー・レートとして採用する金融資産が実務的に満たすべき特性については、①金融資産そのものについて、②データについて、③データの分析手法について、という3つの側面が考えられる。具体的には、金融資産特有の特性としてはファイナンス理論等の理論的な分析において想定されるように「摩擦なく自由に取引可能であること」、分析において参照するデータとして一般的に満たすべき特性としては「信頼性があること」、そのデータの分析手法としては「頑健性があること」が考えられる。これらはリスクフリー・レート規準における「(b)現実性」、「(c)信頼性」、「(d)高い流動性」、「(e)テクニカルなバイアスがない」に相当する。
- 83 以上により、保険負債評価に用いるリスクフリー・レートが満たすべき特性としては、EUのソルベ

⁵ 国や企業によっては100年債や永久債を発行している場合もあるが、一般的なものではなく、保険負債の評価にあたって参考とすることは難しい。

ンシーⅡにおけるリスクフリー・レート規準、及び「金融市場で取引されている年限を越える超長期金利が満たすべき特性」にて網羅できていると考えられる。したがって、次節以降では EU のソルベンシーⅡにおけるリスクフリー・レート規準に照らした観点から分析を行う。

2. 2. 3 参照対象とする市場データについての考察

- 84 本節では日本国債および円金利スワップのそれぞれ⁶の特徴について整理し、リスクフリー・レート規準を踏まえて、リスクフリー・レートの基礎として参照する金融資産としての適合性について考察する。具体的には、「(a)信用リスクがないこと」、「(b)現実性」、「(d)高い流動性」、「(e)テクニカルなバイアスがない」の観点について検討を行う。なお、「(c)信頼性」については、結果的に d 及び e についての検証の中に含まれると考えられるため明示的な検討項目から除外する（なお、手法についての信頼性は補間・補外手法の節において検討を行う）。

(1) 国債金利

- 85 QIS5 仕様書では金利スワップを優先的に使用することになっているが、CEIOPS 勧告の Consultation Paper No. 40（以下、CP40）⁷では国債を優先的に用いることとしており、リスクフリー・レートの計算対象とする際の様々な基準について記載がある。以下では、CEIOPS 勧告の CP40 を参考としながら、国債金利のリスクフリー・レート規準への適合性を考察する。
- 86 国債の種類⁸について整理をすると下表のとおりである。CEIOPS 勧告の CP40 では、リスクフリー・レートを計算する対象として固定利付債及びストリップス債のみが示されており、変動利付国債、物価連動国債等は対象外となっている。これは「2. 2. 2 保険負債評価に用いるリスクフリー・レートの特性」においても記載したようにリスクフリー・レートとは「信用リスクのない固定金利」であることによるものである。

<表：日本国債の種類>

国債の種類	説明
固定利付国債	満期までの半年毎に、発行時に予め決められた利率で計算された利息が支払われ、満期時に額面金額で元本が償還される国債。 現在発行されているものとしては、中期国債（2年、5年）、長期国債（10年）、超長期国債（20年、30年、40年）がある。
割引国債	額面金額を下回る価格で発行され、途中での利息は支払われず、満期時に額面金額で償還される国債。 短期国債（6ヶ月、1年）がある。
変動利付国債	一定のルールに基づいて、適用される利率が毎回変動する国債。 適用利率は、半年毎の利率決定時点の直前に発行された10年利付国債の利回りから、予め定められた一定値のスプレッドを差し引いた値となる。 15年のみ発行されている。
物価連動国債	利率は固定されているが、物価の動向に連動して元本が増減し、これに伴い利息も増減する国債。

⁶ 参照する金融資産として IAA の “Measurement of Liabilities for Insurance Contracts: Current Estimates and Risk Margins” では社債についても取り挙げられている。しかしながら、これは頑健な国債市場が存在しない場合における代替案としての位置づけである。本邦では社債市場よりも国債市場の方が流動性が高いことから、今回の検討対象からは社債を外した。

⁷ Consultation Paper No. 40, Draft CEIOPS’ Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II: Technical Provisions – Article 85 b – Risk-free interest rate term structure における 3.1.4 を参照。

⁸ 日本国債としてはこれら以外に個人向け国債（固定3年、固定5年、変動10年）もあるが、法人は購入できないことから対象外とした。

	10年のみ発行されている。
ストリップス ⁹ 債	固定利付国債の元本部分と利息部分を分離してそれぞれ独立して流通させることや、過去に分離された元本部分と利息部分を再度統合して元の固定利付国債を復元することが可能な国債。分離適格振替国債とも呼ばれる。 平成15年1月以降発行される利付国債のうち15年変動利付債、個人向け国債、10年物価連動債を除く全ての国債が分離適格振替国債となっている。

(出典：債務管理レポート2011、財務省)

(a) 信用リスクがないこと

- 87 CEIOPS 勧告の CP40 では、AAA 格である国債は信用リスクのない利回りのベンチマークと考えるべきである、としている。国債の信用リスクを検討する際の観点としては、格付会社による評価である格付のほか、市場の評価としてのクレジット・デフォルト・スワップ (CDS)¹⁰におけるプレミアム等¹¹が考えられる。また日本国債の信用リスクを独自に分析する方向性もある。しかしながら、国債の信用リスクは企業の信用リスクのように客観的な評価を行うことは難しく、いずれも決定的な要因とはならないことから総合的に判断することが重要である。

(i) 格付け

- 88 2012年1月における主要国の格付けは下表の通りであり、日本国債は AA-格となっており、AAA 格を下回っている。ただし、特に国の格付けの場合、格付の違いは絶対的なものではなく、あくまで格付け会社の意見として捉える必要がある。

<表：主要国の格付けの状況>

国名	ムーディーズ	S&P
日本	Aa3	AA-
米国	Aaa	AA+
英国	Aaa	AAA
ドイツ	Aaa	AAA
フランス	Aaa	AA+
イタリア	A3	BBB+
カナダ	Aaa	AAA

(ii) CDS のプレミアム

- 89 以下のグラフは、主要国の CDS のプレミアムの推移である¹²。日本は、時点によって変動はあるものの、AAA の格付けをもつ英国、ドイツやフランス (S&P は AA+) と同レベルの水準にあり、市場の評価としては日本国債の信用リスクについて AAA の格付けを有する国との間に大きな差異があるとは認められない。

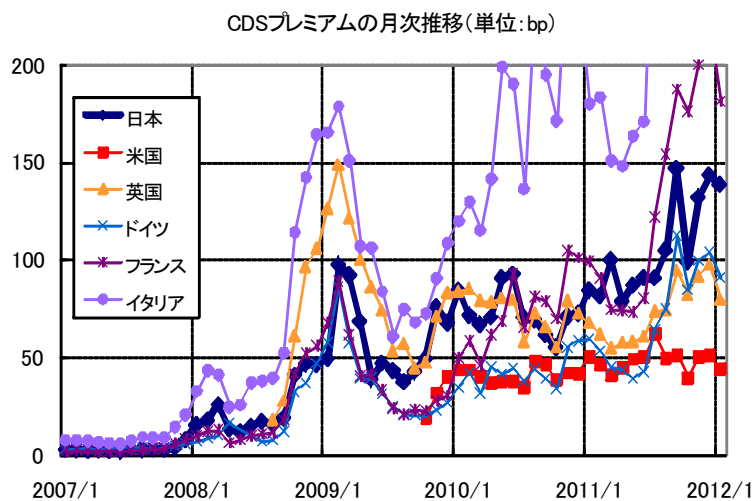
⁹ ストリップス (STRIPS) とは、Separate Trading of Registered Interest and Principal of Securities の略。

¹⁰ クレジット・デフォルト・スワップ (CDS: Credit Default Swap) とは、国や企業 (参照組織) の信用リスクを取引するもの。参照組織に倒産等の信用事由が発生していない限り信用リスクのプロテクションの買い手が想定元本に一定のプレミアムを乗じた値をプロテクションの売り手に支払う一方、信用事由が発生した場合には逆にプロテクションの売り手が参照組織に係わる債権の損失相当額をプロテクションの買い手に支払う。そのため CDS のプレミアムは、信用リスクを表している。

¹¹ 他にも、日本国債の利回りを円とドルの3ヶ月 LIBOR を交換するベシス取引によりドルベースに変換 (アセット・スワップ) し、その利回りと米国債の利回りの格差 (スプレッド) を見る考え方がある。

¹² なお、カナダについては CDS の取引が殆ど行われていない模様で、データが存在しない。

- 90 なお、CDSはその商品特性から日本以外の投資家同士によってドル建てで取引が行われている一方、以下で述べるように日本国債は日本の投資家が大部分を保有している状況にある。したがって、日本のCDS取引は実需に基づいたものではなく、日本国債の信用リスクを正確に反映しているとは必ずしも言い切ることとはできないとの意見もある。



(データ：Bloomberg。日本＝JGB CDS USD SR 5Y Corp、等)

(iii) 上記以外の観点

- 91 日本の国債は国内の投資家等が約95%と大半を保有している状況で（日本銀行「資金循環統計」2010年12月末速報値）、また円建ての債務となっている。そのため、国としては徴税権を行使して税収を大幅に増やしたり、変動為替相場制の下で通貨発行権を行使して紙幣を大量に増刷することにより、原理的には債務の返済を行うことが可能である。ただし、そのような対応は社会的な混乱を招くことになるため、現実的な対応策となりうるのかは判断が難しい。
- 92 以上、3つの観点からの分析はそれぞれ限界があるものの、総合的に日本国債に大きな信用リスクが疑われるような状況にはないと考えられることから、現時点においては日本国債の信用リスクには問題がないと考えられる。

(b) 現実性

- 93 国債には実際に投資できることから、現実性については問題がない。なお、国債の供給と比較して需要が極端に高い場合などは十分な量の投資ができない可能性もあるが、その点については次の「高い流動性」（あるいは「テクニカルなバイアスがないこと」という観点からの検討に含めるものとする。

(c) 高い流動性

- 94 流動性について QIS5 仕様書と CEIOPS 勧告 CP40 は共に、「市場が厚く、流動性があり、透明な市場」であることと定めている。これは技術的準備金に関する CEIOPS 勧告である Consultation Paper No. 41¹³において具体的に以下の通り解説がなされている。

- ✓ 大規模な取引も価格インパクトなく迅速に執行できる。

¹³ Consultation Paper No. 41, Draft CEIOPS' Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II: Technical Provisions - Article 85 c, Circumstances in which technical provisions shall be calculated as a whole

- ✓ 取引および価格情報が公開されている。
- ✓ 上記の特性が今後も維持されること。

95 日本国債の発行情報や入札結果については財務省から随時発表がなされ、流通市場における価格情報についても日本証券業協会より公社債店頭売買参考統計値¹⁴が公表されている。このことから「取引および価格情報が公開されている。」ことについては満たしていると考えられる。

96 次に「大規模な取引も価格インパクトなく迅速に執行できる。」ことについては、定性的な表現であることから判断が難しいが、CEIOPS 勧告の CP40 ではユーロにおけるリスクフリー・レートを計算する手順において、これを次のように具体化している。

- ✓ 発行残高が 50 億ユーロ（1 ユーロ＝110 円換算で 5,500 億円）以上ある国債のみ
- ✓ ビッド・アスク・スプレッド¹⁵が最大 3bp 以内
- ✓ 残存期間が 3 ヶ月から 30 年以内

97 前項に記載の 1 点目は発行残高が少ない場合には流動性もそれに応じて低下すること、2 点目は流動性が低い場合にはビッド・アスク・スプレッドが乖離することに対応したものである。3 点目は、償還間近あるいは超長期の国債については流動性が低いとの定性的な判断から定められたものと考えられる。償還間近の国債については売買そのものが少なくなるという別の理由から計算対象に含めることが適当ではないが、残存期間 30 年超の超長期の国債についてはそのような特別な理由がないことから、残存期間 30 年以内の国債と同様の基準にて検討するのが適当であると考えられる。

98 このことから、以下では発行残高およびビッド・アスク・スプレッドの観点について検討する。

(i) 発行残高

99 日本国債について平成 23 年度の発行額をまとめると下表のとおりである。20 年以下の国債については、十分な発行総額となっている。

<表：平成 23 年度のカレンダーベース市中発行額¹⁶>

	1回の発行額	発行回数	発行総額	
固定利付国債	40年	0.4 兆円	4 回	1.6 兆円
	30年	0.7 兆円	8 回	5.6 兆円
	20年	1.1 兆円	12 回	13.2 兆円
	10年	2.2 兆円	12 回	26.4 兆円
	5年	2.4 兆円	12 回	28.8 兆円
	2年	2.6 兆円	12 回	31.2 兆円
割引短期国債	1年	2.5 兆円	12 回	30.0 兆円
	6ヶ月	-	-	0.9 兆円
変動利付国債	15年	-	-	-
物価連動国債	10年	-	-	-
流動性供給入札	-	0.6 兆円	12 回	7.2 兆円

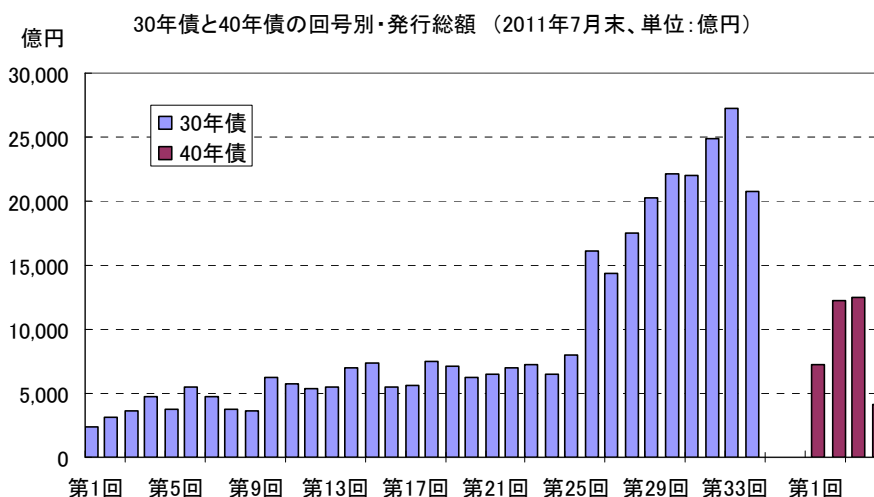
¹⁴ 公社債店頭売買参考統計値とは、公社債店頭売買の参考となる価格として日本証券業協会が集計・公表しているもの。指定報告協会会員である証券会社 21 社から報告された午後 3 時における額面 5 億円程度の売買の参考となる気配（売り気配と買い気配の仲値）から、報告会社数に応じて上下一定割合を除外して算出した平均値、中央値、最高値、最低値の 4 つの値。報告会社が 5 社未満の場合は発表対象外。

¹⁵ ビッド・アスク・スプレッドとは、ビッド（売り値）とアスク（買い値）の差を指す。債券や金利スワップの場合は、価格ではなく利回りで比較を行う。

¹⁶ カレンダーベース市中発行額とは、あらかじめ定期的に額を定めた入札により発行する国債の、4 月から翌年 3 月までの発行予定額の総額。

(出典：債務管理レポート 2011、財務省)

- 100 30年・40年国債については、20年国債と比べると少額となっているが、即時リオープン方式¹⁷で発行されており（30年債は年間2銘柄、40年債は年間1銘柄）、新発債については1銘柄当たりの残高を増加させることで流動性を高める工夫が行われている（30年・40年国債の各回号の残高については下表参照）
- 101 また、発行総額としても「生保・年金などの機関投資家の長期運用ニーズの増大を踏まえ、また超長期債の流動性の向上にも配慮して、30年債（前年度当初比+0.8兆円）及び40年債（+0.4兆円）を増額」（債務管理レポート 2011）する等、機動的な見直しが行われている。



- 102 また、既発債についても需要が高まっている銘柄については流動性供給入札¹⁸が実施される一方、逆に需要が低下している銘柄については買入消却¹⁹が行われている。
- 103 以上の通り、財務省による債務管理政策により新発債・既発債共に流動性の維持・向上が図られている。

(ii) ビッド・アスク・スプレッド

- 104 ビッド・アスク・スプレッドの観点について、発行残高が相対的に少ない超長期の年限の国債は相対的に流動性が低い可能性があることから、ビッド・アスク・スプレッドが広がっていると思われる40年債と30年債を取り上げて検討を行う。
- 105 現時点（2011年7月末）における最新回号に関するビッド・アスク・スプレッドの水準²⁰は、40年

¹⁷ 即時リオープン（即時銘柄統合）方式とは、新たに発行する国債の元利払日と表面利率が、既に発行した国債と同一である場合、原則として当該既発債と同一銘柄の国債として追加発行（リオープン）することとし、この新たに発行する国債を発行した時点から、当該既発債と同一銘柄として取り扱う方式を言う。

¹⁸ 流動性供給入札とは、国債流通市場の流動性の維持・向上を図ることを目的として、構造的に流動性が不足している銘柄や、需要の高まり等により一時的に流動性が不足している銘柄を追加発行するもの。平成18年4月に開始。当初、発行規模が特に小さく構造的に流動性が不足しているゾーンとして残存11～16年の20年債のみが対象であったが、平成20年4月からは残存5～29年の10・20・30年債に対象が拡大されている。

¹⁹ 買入消却とは、国債の発行者である国が、発行済みの国債について、その償還期限の到来前に売却の意思を有する保有者との間で合意した価格でこれを買入れ、償却することで債務を消滅させることをいう。国債の満期償還の平準化等の債務管理上の特別の目的に応じて実施したり、国際市場の流動性が著しく低下した状況において、一部の国債の需給バランスの是正による流動性の下支えを目的として実施される。

²⁰ ビッド・アスク・スプレッドについては日本証券業協会の売買参考統計値の中では公表されていないことから、

債（第4回）は1.6bp、30年債（第34回）は1.3bpとなっており、3bp以内となっている。データの基準時点や国債の回数によっても異なるが、概ね40年債で2bp程度、30年債は1bp強の水準にある。同様の内容は金融機関等へのヒアリングからも確認することができる。

106 以上より、いずれの観点で見ても国債については高い流動性があると考えられる。

(d) テクニカルなバイアスがない

107 CEIOPS 勧告のCP40では、IAA資料²¹を引用して国債で起こりうるバイアスについて説明している。

- ✓ 国債の供給が過剰になる、あるいは金融機関・年金基金による規制対応目的で需要が過剰になる
- ✓ 年度末等の特定の日に、ベンチマークとなっている銘柄のみ利回りが下がる
- ✓ 取引が薄い銘柄の価格は、前日以前の価格の可能性がある

108 1点目について言えば、国債はタイトなビッド・アスク・スプレッドにおいて取引されており、また国債の入札における応札倍率（＝応募額／落札額）についても30年債・40年債は数倍を維持しており、現状においては特段の需給バランスの崩れは見られていない。加えて、前述の通り、財務省により国債の発行総額の増減、流動性供給、買入消却等、柔軟な対応が行われており、一時的なバランスの崩れがあった場合にも、これを改善する方向で対応がなされる見込みである。

109 2点目についても、日本国債においてはそのような状況は発生していない。またそもそもこの点については、銘柄単位で見ればテクニカルなバイアスと考えられるものの、イールドカーブの推定手法を工夫することで解決することが可能である。仮にベンチマークとなる特定の銘柄のみ利回りが下がっていたとしても、リスクフリー・レートを計算する際、グリッドポイント上の銘柄だけでなく、市場に流通している前後の銘柄を幅広く計算対象に含めることが一つの解決策となる。

110 3点目については、公社債店頭売買参考統計値では5社以上の報告があったときのみ公表されることから、上記のような問題は存在しないと言える。

111 なお、リスクフリー・レート規準において「テクニカルなバイアス」は需給の歪みとして説明されているため、正常な取引がなされている現状においては「テクニカルなバイアス」と言えるものではないが、イールドカーブにおける“歪み”が指摘されることがある。

112 フォワードレートに関するイールドカーブは、20年前後において一旦のピークを打った後、30年前後を底に下がった後、40年に向けて再び上昇するという形状となっている。フォワードレートは将来の金利の期待値＋リスクプレミアムから成るが、これらの要素が30年等のある年限において一時的に低下するという事は想定し難く、単調増加に近い方が自然²²ではないかと考えられる²³。

113 ただし、取引が殆ど成立していないような状況であればともかく、市場において正常な取引がなされている状況での現象であることから、“歪み”ではあっても、値の補正等をすべきバイアスではないと考えられる。

Bloomberg から CBBT (Composite Bloomberg Bond Trader) の数値を取得した。

²¹ International Actuarial Association, Measurement of Liabilities for Insurance Contracts: Current Estimates and Risk Margins

²² これによって裁定取引が可能になる訳ではなく、理論的に単調増加でなければならないと言えるものではない。

²³ 過去においては、1998年から2000年にかけてY2K問題を含む様々な市場流動性を巡る問題の影響を受けて歪みが生じていたことも指摘されている（翁・白塚、「コミットメントが期待形成に与える効果：時間軸効果の実証的検討」、日本銀行金融研究所、2003年）。また、15年変動利付国債のようなリスクが複雑な商品についてのヘッジ行動の影響や、国債先物の取引の影響を受けて、イールドカーブに歪みが発生することもある。

(2) スワップレート

- 114 金利スワップとは、基本的には、固定金利と変動金利を定期的に一定期間に渡って交換する取引である。変動金利の指標としては 6 ヶ月の LIBOR²⁴を採用するのが標準的ではあるが、1 ヶ月 LIBOR、3 ヶ月 LIBOR 等の取引もある。また、英国銀行協会が算出する LIBOR ではなく、日本の全国銀行協会が発表する TIBOR²⁵をベースとした TIBOR スワップや、政策金利をベースとした OIS²⁶、消費者物価指数をベースとしたインフレ・スワップ等も存在する。
- 115 また、固定金利と変動金利の交換ではなく、種類の異なる変動金利を交換する金利スワップとして、3 ヶ月 LIBOR と 6 ヶ月 LIBOR を交換するテナースワップや、円 LIBOR とドル LIBOR を交換するベシス・スワップ等もある。

(a) 信用リスクがないこと

- 116 金利スワップは CEIOPS 勧告の CP40 にも記載があるとおり以下の 2 つの信用リスクを抱えている。このため金利スワップをそのままリスクフリー・レートとして扱うことはできず、信用リスクに係わる調整を行う必要がある。
- ✓ スワップの含み益のエクスポージャーに係わるカウンターパーティー・リスク。
： 担保付の取引であれば限定的ではあるが、担保に差し出している有価証券の市場価格は変化すること、特に超長期の契約の場合に金利が変化した場合にエクスポージャーの額も大きく変わること、から留意が必要。
 - ✓ 変動金利の LIBOR に係わる信用リスク（参照銀行の信用リスク）。
- 117 QIS5 における調整の具体的な方法については「2. 2. 1 (1) ソルベンシーⅡにおける取扱い」に既述の通り、QIS5 仕様書²⁷にて解説があり、無担保の銀行間貸出レート（ドル、ユーロ、ポンドは 3 ヶ月 LIBOR、円のみ 3 ヶ月 TIBOR）と有担保の 3 ヶ月レポレート²⁸の差をスワップレートの信用リスク相当分とみなして分析を行った結果、全ての通貨、全ての年限について 10bp としている。
- 118 この分析には日本円の 3 ヶ月 TIBOR も含まれているが、本稿においてスワップレートとして採用する金利スワップは流動性の観点から 6 ヶ月 LIBOR ベースを念頭に置いて考察しているため、上記分析を LIBOR をベースとして再現したものが以下のグラフである。LIBOR とレポレートの差は、金融危機前はほぼゼロに等しい水準にあったが、金融危機時に急上昇しており、大きく変動していることが分かる。現在はこれが沈静化しつつあるが、依然として 6 ヶ月 LIBOR とは 20bp 程度乖離している状況にある。

²⁴ LIBOR (London Inter Bank Offered Rate) とは、銀行間において資金を貸し出す側が提示するレートで、金融機関が資金調達する際の基準金利となっている。数値は、英国銀行協会 (BBA: British Banker's Association) が予め指定した複数の参照銀行からヒアリングしたロンドン時間の午前 11 時時点の対銀行貸出レートについての刈り込み平均。日本円の場合、参照銀行 16 行からヒアリングしたレートを降順に並べ、上下 4 行の数値除き、中央の 8 行の数値を平均している。

2011 年 7 月末時点における参照銀行は、三菱東京 UFJ 銀行等の日本の銀行が 4 行、それ以外はシティバンク等の外国の銀行が 12 行となっている。

²⁵ TIBOR (Tokyo Inter Bank Offered Rate) とは、日本の全国銀行協会が、日本の無担保コール市場の実勢を反映した対銀行貸出レートとして算出しているもの。上記の日本円 TIBOR の他、本邦オフショア市場の実勢を反映したユーロ円 TIBOR もある。LIBOR と同様に、日本時間の午前 11 時時点の参照銀行 18 行の提示レートのうち、上下 2 行の数値を除外した中央の 14 行の数値を平均している。なお、TIBOR の参照銀行は LIBOR と異なり全て日本の銀行となっている。

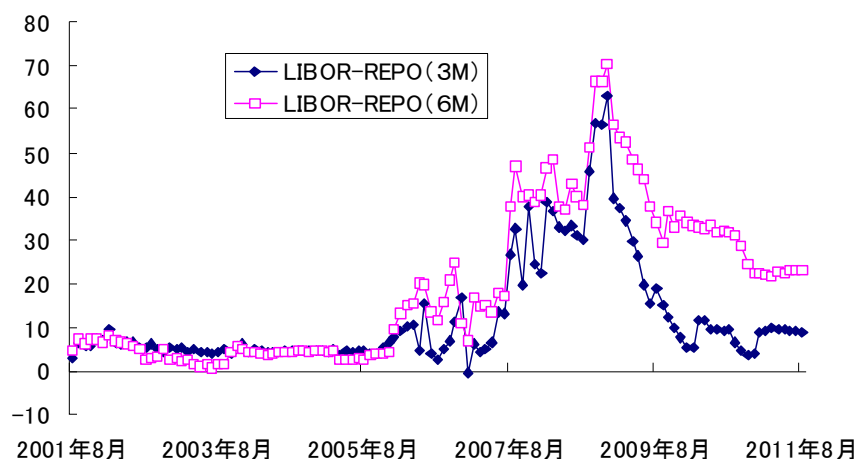
²⁶ OIS (Overnight Index Swap) とは、翌日物金利と固定金利を交換する取引。日本においては無担保コールレートが翌日物金利として採用されている。

²⁷ CFO FORUM & CRO FORUM, QIS 5 Technical Specification Risk-free interest rates

²⁸ レポレートの基礎となっているレポ取引 (repurchase agreement、現金担保付債券貸借取引) とは、現金を担保として、債券を一定期間、貸し出す取引である。債券の貸し手は、貸し出している債券について貸借料を受け取る一方、担保として受け入れている現金についての利息を支払う。このときの「担保金利息－債券貸借料」をレポレートと呼ぶ。

- 119 信用リスクの調整方法については実務的にいくつかの手法が考えられ、詳細については後節にて改めて考察を行うが、金融危機により銀行の信用リスクが顕在化した場合にはLIBORや金利スワップが不安定な動きを示すため、信用リスクを適切に調整することが難しくなる。
- 120 なお、信用リスクの調整幅はLIBORまたはスワップレートを別の異なる金利と比較して決定することになる。そのため、比較対象となる金利について流動性が低かったりテクニカルなバイアスが存在する場合には、調整幅もその影響を受けることになるため、リスクフリー・レート規準への適合状況を判断する際には比較対象となる金利も含めて検討することが必要である。

LIBOR とレポレートの差異（単位：bp）



(b) 現実性

- 121 金利スワップは実際に取引可能であるが、金利スワップの固定受け取引はスワップレートの受け取りとともにLIBORの支払いが必ずセットであるため、スワップレートで直接運用できる訳ではない。
- 122 LIBORの支払い分を稼ぐには金利スワップの想定元本に相当する資金について短資運用を行う必要がある。しかしながら、実際の資産運用においては、銀行間の取引であるLIBORの運用は原則、保険会社は実施することができないものと考えられる²⁹。
- 123 仮にLIBORで運用できたとして議論を進めると、金利スワップと短資のLIBOR運用はトータルとして、金利スワップの取引相手とのカウンターパーティー・リスクとLIBOR運用先の銀行の信用リスクを負う取引となる。
- 124 したがって、信用リスクに係わる調整を実施する必要があるのは前述の通りであるが、調整の方法次第では、投資可能でなくなってしまう可能性がある。例えば、LIBORの信用スプレッドを過去データから算出して調整を行う方法では、信用リスク調整後のスワップレートでは取引することはできない。
- 125 他方、6ヶ月LIBORとOIS³⁰とのベシス・スワップにより調整を行う方法であれば、実際に取引可

²⁹ 短資運用をリスクフリーの資産で実施した場合には、短期金利についてはLIBORとリスクフリー・レートの差分だけ利息交換の度に損することになるが、他方でスワップレートはリスクフリー・レートよりも通常は高いことから長期金利についてはその差分だけ得ることになる。平時であれば長期と短期の差分同士が大きくは異ならないと考えられるが、金融危機等においてLIBORが高止まりした場合には、短期金利の交換による損失が顕著になる。このように上記の運用方法はLIBORの信用リスクに係わる長期と短期のギャップを負うことになるため、リスクフリーな運用方法ではない。

³⁰ OISについては、「(4) [参考] OIS (Overnight Index Swap)について」を参照。

能である（具体的には、6ヶ月 LIBOR をベースとする金利スワップと、6ヶ月 LIBOR と OIS 等とのベシス・スワップを実行しつつ、想定元本相当の資金を OIS の基礎となっている無担保コールレートで短資運用する）。

(c) 高い流動性

- 126 金利スワップも国債と同様に相対取引であるが、国債とは異なり単一の主体が債券を発行しているものではないことから発行総額というデータがなく、また売買参考統計値といった制度も存在しないことから、国債金利の項において議論したような客観的なデータを提示することは難しい。
- 127 ビッド・アスク・スプレッドについて、Bloomberg³¹にて確認した状況では、2011年7月末時点では10年で2.9bp、20年で2.7bp、30年で3.3bp、40年で3.5bpという水準にあった。月次で過去10年間遡った場合には、第1四分位（25%点）から第3四分位（75%点）の範囲で言えば、10年で1～3bp程度、20年で2～6bp程度、30年で3～4bp程度、40年で3～5bp程度であり、30年及び40年は3bpを超えた水準にあった。
- 128 ただし、金融機関等へのヒアリングによれば実際の取引においては30年であっても1bp程度のビッド・アスクで取引を実施することができるとのことであった。金利スワップは国債とは異なり、ちょうど5年、10年等になる期間の金利が常に提示されており、取引が標準化されているため、一般的には国債よりも流動性が高いと言われている。そのため、上記の数値結果については過大に算出されている可能性がある。

(d) テクニカルなバイアスがない

- 129 CEIOPS 勧告の CP40 では、国債金利と同様、スワップレートについてもテクニカルなバイアスが存在する可能性を指摘している。金利スワップは銀行の信用リスクを含んでいることから、一般的には国債金利よりも金利が高い状況が通常であるが、金融危機等においては超長期の年限を中心にこれが逆転する現象が見られた。これは固定受け変動払いの金利スワップへの需要が極端に高まった結果など諸説あるが、スワップと国債のどちらにバイアスがあるかは一概には言えない³²。
- 130 国債では他に、ベンチマークとなる特定の銘柄への需要の集中について懸念されたが、金利スワップは常に一定の年限においてパー³³となるレートが提示されているため、国債のようにクーポンが高い/低いことによる選好を受けた需給への影響が出ることはない。

(3) 考察

- 131 これまでの議論を基に、日本の国債及び金利スワップのリスクフリー・レート規準への適合状況について整理すると次表の通りとなる。
- 132 国債は、30年や40年といった一定程度の長期の年限に亘り高い流動性があることなど、参照対象として使用することは問題がないと考えられる。
- 133 金利スワップについても実際には活発に取引が行われている実態からは、参照金利として用いるこ

³¹ Bloomberg におけるプライスソースは BGN (Bloomberg Generic Price) を使用。

³² 国債金利とスワップ金利が逆転した理由としては、金融市場関係者の間では以下の点が挙げられることが多い。①海外投資家がアセットスワップ（国債の買いと金利スワップの固定払いの組み合わせ）のポジション解消を行ったことで、国債の売りと金利スワップの固定受けがあったこと。②パワーリバース債券等の仕組債について円高・株価下落時に金利スワップの固定受けによるヘッジを行う必要があったこと。③金融危機後に、レラティブ・バリュエーション系のヘッジファンドが急減して、“歪み”を修正する力が市場からなくなったこと。

³³ パーとは、含み損益がない状態であり、債券の場合であれば価格が額面と一致する状態、金利スワップの場合には時価がちょうどゼロとなる状態を指す。

とが排除されるべきとは考えられないが、国債のように取引量等のデータが入手できないことから、流動性等を客観的に検証することが難しい。また、信用リスクの調整等も課題であると言える。

<考察まとめ>

観点	国債	金利スワップ
(a) 信用リスクがないこと	日本国債の格付けは現在 AA-格であるが、CDS は AAA 格の国と遜色ない水準で取引されている。	LIBOR が銀行の信用リスクを含むことから、スワップレートについても信用リスクがあり、適切な方法でこれを調整することが必要。
(b) 現実性	国債は実際に取引可能。	信用リスクに係わる調整幅を LIBOR のスプレッドから算出している場合にはそのリスクフリー・レートの収益を現実には得ることはできない。ベシス・スワップのレートから調整している場合には現実に取引可能。
(c) 高い流動性	全ての年限の固定利付国債について、発行残高、ビッド・アスク・スプレッド、取引・価格情報の透明性、いずれの観点から見ても問題がない。	客観的なデータを持って証明することは難しいが、一般的には国債よりも流動性が高い。 信用リスクの調整を行う金利は金利スワップよりも流動性が低い懸念がある。
(d) テクニカルなバイアスがないこと	需給バランスや流動性の観点からバイアスがかかっている状況にはない。	超長期の年限において国債金利よりも低下する事象が現在も継続している。ただし、国債と金利スワップのどちらにバイアスがあるかは一概には言えない。 信用リスクの調整を行う金利は金利スワップよりもテクニカルなバイアスがかかりやすい懸念がある。

- 134 なお、上記の状況はあくまで本稿執筆時点の状況を整理したものである点に留意が必要である。金融市場は日々変化を遂げていることから、これは将来の状況を保証するものではない。
- 135 実際、国債金利については 2008 年に 40 年国債が発行されたことで、市場金利として参照できる年限が 30 年から 40 年に延長されており、次節で詳しく述べる OIS のような金融商品が誕生・発展し、割引率の新たな参照対象に加わることも考えられる。
- 136 また、2008 年の金融危機において銀行の信用リスクが顕在化したことや、昨今の欧州危機において国の信用リスクが顕在化していることなどを踏まえると、国債や金利スワップの信用リスクも状況に応じて見直しが必要となる可能性もある。例えば、国や銀行の格付けが大きく引き下げられたり、CDS スプレッドが急激に上昇した場合等には、参照金利としての適切性に対して疑義が生じる可能性があると考えられる。
- 137 継続性の観点を踏まえれば割引率の参照対象を安易に変更することがないよう慎重に判断すべきであるが、金融市場の状況変化に適時・適切に対応していくことも必要であり、定期的に検証することが望ましい。
- 138 最後に、リスクフリー・レート規準以外の観点について 2 点触れておく。一つは保証とオプションのコストの計算において使用するインプライド・ボラティリティとの整合性という観点で、もう一つはリスク量評価との整合性である。
- 139 保証とオプションのコストを計算するにあたって使用するモデルのパラメータは、金融市場におい

て取引されるデリバティブ価格との整合性を保つため、デリバティブ価格にキャリブレーションをかけることとなる。金利に依存する保証とオプションの評価に使用する金利モデルの場合、キャリブレーションの対象となるものは、キャップまたはスワップションが一般的である。

- 140 前者は LIBOR に関するオプションであり、後者は金利スワップに関するオプションであるため、金利モデルはスワップレートとキャップまたはスワップションの価格にキャリブレーションさせることになる。そのため、保証とオプションのコストの計算に使用する金利モデルとの整合性という観点では、金利スワップの方が望ましいという意見もある。
- 141 ただし、リスクフリー・レートとして採用するものは、スワップレートそのものではなく、信用リスクを控除したスワップレートである。したがって、国債金利と信用リスク控除後のスワップレートいずれも金利デリバティブの評価に用いられる(単純な)スワップレートとは異なるものである。
- 142 また、わが国の金融商品会計実務では、オプション性のある変動利付国債について、日本国債を割引率として使用しつつ、スワップションのボラティリティを採用してその理論価格を評価することも行われている。
- 143 次にリスク量評価との整合性の観点からは、保険負債の評価に用いた割引率の参照対象と保有資産との間のベシス・リスクに十分留意する必要がある。
- 144 例えば、保険負債の割引率として国債金利を用いている場合、保有資産が国債であれば、ヘッジ手段(国債)とヘッジ対象(保険負債)の間に齟齬はないため、国債金利の変動に係わる金利リスクを算出すればよい。一方、同じ状況でも保有資産が金利スワップであるなら、ヘッジ手段(金利スワップ)とヘッジ対象(保険負債)が同一ではないため、スワップレートと国債金利が完全に同一には変動しないことのリスク、すなわちベシス・リスクが存在する。
- 145 金融市場が平時の状況にあるときはこのようなリスクは小さいと考えられるものの、金利スワップのテクニカルなバイアスの項において説明した金融危機以降観測される国債金利とスワップレートの逆転現象は、このベシス・リスクが発現した状況である。したがって、国債と金利スワップの保有状況に基づく影響度の重要性等に応じてこれを評価するかどうか検討する必要がある。
- 146 保険負債の割引率として信用リスク控除後のスワップレートを採用した場合も同様である。保有資産が国債であれば、信用リスク控除後のスワップレートと国債金利の間のベシス・リスクが存在し、保有資産が金利スワップであれば信用リスク控除に係わるベシス・リスクが存在する。
- 147 なお、このようなベシスリスクが存在することから、保険会社としてはこのリスクを極力排除すべく、リスクフリーレートとして採用された方の資産(国債または金利スワップ)の保有を増やすというインセンティブが働くことも一定程度想定される。
- 148 また、社債に係わる信用リスクを評価するにあたって、発行体企業の債務不履行に係わるデフォルト・リスクに加えて、社債金利のうちリスクフリー・レートからの上乗せ部分である信用スプレッドの変動に係わるリスクを考慮する場合においても、国債金利と信用リスク調整後の金利スワップのいずれをリスクフリー・レートとして捉えるかによって、信用スプレッドの水準や信用スプレッドのリスクに影響があることから、留意が必要である。

(4) [参考] OIS (Overnight Index Swap) について

(a) OIS とは何か

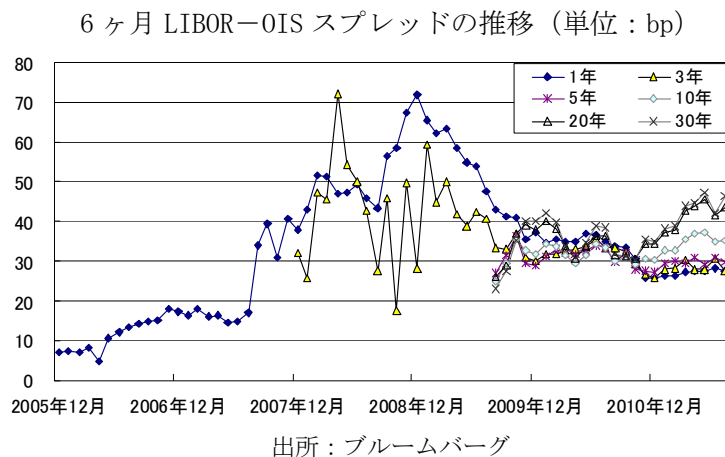
- 149 OIS とは、一定期間の翌日物レート（複利運用）と、固定金利を交換する金利スワップである。わが国では、日本銀行が公表している無担保コールレート（O/N）の加重平均値を取引対象とする OTC（店頭での相対）取引が行われている。米国ではフェデラル・ファンド・レート（FF レート）、欧州では EONIA（Euro Overnight Index Average）と呼ばれる欧州インターバンク市場における翌日物の無担保レートの加重平均値を用いた OIS 取引が存在する。ただし、一般に普及している取引は、OIS と LIBOR を交換するベシス・スワップと呼ばれる取引である。

(b) OIS が注目される背景

- 150 OIS 自体は 90 年代半ば以降から存在していたが、当初はあまり注目を浴びていなかった。しかしながら、デリバティブのカウンターパーティ・リスクを評価・管理するために CVA（Credit Valuation Adjustment）という手法が導入³⁴され、担保付取引に対する重要性が高まったことから、OIS が活用されるようになった。

(c) OIS の推移

- 151 ブルームバーグ等から期間別の OIS と LIBOR のベシススワップスプレッドの推移を見ることができる。下グラフが日本円ベースでの 6 ヶ月 LIBOR との スプレッドである。年限によっても異なるが、30bp から 40bp 程度の差額となっている³⁵。言い換えれば、OIS と固定金利を交換する取引をする場合には、LIBOR ベースの取引に比べて固定金利を 30～40bp 下げたもので取引が成立する、ということになる。



(d) OIS の取引規模

- 152 OIS 取引（一般には LIBOR とのベシス・スワップ）の欧州・米国での取引量については、統計データ等は確認できなかったが、金融機関等へのヒアリングによると、米国であれば超長期であって

³⁴ CVA の台頭によって、昨今では「どのような担保が入っているか」「担保の見直し頻度はどの程度か」という担保の条件（一般に、CSA（Credit Support Annex）で相対で規定されている）によってスワップ等のレートが異なるようになってきている。その意味では、ブルームバーグ等で得られるスワップレートがどのような条件なのか、また、その条件での調整はどの程度なされているか、といったことも本来であれば勘案しなければならない。

³⁵ 「OIS の取引規模」で記しているように、我が国では 2 年を越える OIS スワップの流動性はきわめて低いため、3 年超の数値については、単なるインディケーションであり、取引実績を伴うものとは言いがたい部分もある点に注意が必要である。

も実施が可能なレベルで市場が存在し、欧州では、米国と比べて市場性は低くなるものの、長期的な取引も可能な程度の流動性はある。

- 153 我が国では 1997 年頃から取引が開始されたとされているが、それほど市場が拡大することなく推移していた。同じく金融機関等へのヒアリングによると、金融危機を踏まえて、取引自体は注目されているものの、本稿執筆時点では市場取引が十分にあるといえるのは 1～2 年程度までの短期取引に限られる。

(e) OIS データの指標性について

- 154 リスクフリー・レートが満たす特性と比較した場合、OIS は信用リスクがないという点においては国債並み（仮に国債のデフォルト・リスクを市場が織り込んでいるとすればそれ以上）、テクニカルバイアスが無いという点においては、国債・スワップと同程度か、次に述べる流動性の観点からやや劣ると考えられるが、最大の問題は「流動性が高くないこと」であろう。上述したような取引規模であることから、データは存在するものの実際取引に持ち込むには難しい。
- 155 将来的に、LIBOR に代わってデリバティブの主インデックスとなる可能性はゼロではないが、当面は LIBOR 関連の既存取引が多い（ために、そのヘッジとして LIBOR ベースでの取引を望む機関が多い）ことなどから、LIBOR が指標性を失う可能性はあまり高くない³⁶と考えられる。

2. 2. 4 市場データが特異値となる場合の対応

- 156 原則として評価日における市場データを参照することになるが、何らかの要因によって市場データの一部が参照金利の要件を満たさない、ないしは市場自体が特異な状況にあることなどから、その市場データを参照することが不適切となる懸念がある。

(1) 市場の一部データが参照金利の要件を満たさない場合（補間・補外）

- 157 「IAA リスク・マージン・ワーキング・グループ報告書」は、国債価格について、「国債の保有を推進する規制上の理由から生じる金融機関や年金基金の買い需要、特定期間における政府の国債発行額の急増などにより歪みが生じる。（途中略）また流動性がほとんどない銘柄の債券価格は古いデータであったり、他の関係する特定の状況に左右されたものであったりするかもしれないことに留意すべきである。これらの需給の歪みはその年限で発生するであろうキャッシュ・フローとは目的適合性がないかもしれない。」と記載している。
- 158 このように一時的な需給の要因等から、特定の年限において市場データに歪みが生じる可能性があるが、これは CEIOPS 勧告で挙げられているリスクフリー・レートのベースとなる金融商品の性質で言えば、「テクニカルなバイアスがない」に疑義があるケースと考えられる。この場合には、該当データの前後の年限を参照し補間を行うことや、近い年限のデータや類似の金融商品を参照することなどの対応が考えられる。
- 159 また長期の年限においては、取引が全く存在しない、あるいは取引が存在しても信頼するに十分な規模ではないケースが有る。この場合、参照金利として十分な取引量を有する最長の年限を基準として補外を行うことが考えられる。これは保険負債のキャッシュ・フローが超長期であることを踏

³⁶ 別の観点として、LIBOR の導出プロセス（銀行からの報告データをベースに集計している）そのものを疑問視する声もある。2008 年ごろ、LIBOR は世界的に信用危機が広がる中で正確性が疑問視された。信用収縮が進展した中、不自然な動きが目立ったことが背景にある。市場関係者の一部からは代わりとなる指標金利を求める声上がり、LIBOR を管轄する英国銀行協会(BBA)でも調査を行った。2010 年には一旦「問題なし」として終結したが、2011 年に入り、各国当局が銀行各社に LIBOR の信頼性に関連したヒアリングを行っているといった内容の報道がなされるなど、いまだに市場の疑念を拭えずにいる部分がある。こうした問題が仮に大きく顕在化した場合、別途異なる指標を構築する可能性があり、そうなった場合、OIS が有力候補となることも十分に考えられる。

まえると不可避であるが、適切な補外手法の選択とともに、どの年限を基準（補外開始点）とするかは論点である。

- 160 補外開始点の金利水準によって補外結果が影響を受けることになり、また開始点以降の観測データを排除することになることから、保険負債の裏づけとして保有している資産評価との関係にも留意が必要であると考えられる。

(2) 市場が特異な状況にあることが懸念される場合

- 161 同じく「IAA リスク・マージン・ワーキング・グループ報告書」は、市場入力情報について、「関連市場からの適切かつ信頼できる情報が使用できる場合、測定入力情報は、観察された価格や関連情報を反映する。」と記載している。
- 162 同時に、2008年の金融危機を例に、「そのような（多くの金融市場が著しく非流動的になった）ケースあるいは投げ売り状態のケースで、観察される価格は必ずしも真の市場の見方を表していない可能性がある。従って、そのような場合には、投げ売りの下での取引の価格を全く使わない、あるいは有意な調整の上で使うように注意が必要である。」とし、市場が特異な状況にあり、そこで観察される市場データを参照することが必ずしも適切ではないこととなる可能性を指摘している。
- 163 これは、CEIOPS 勧告で挙げられているリスクフリー・レートのベースとなる金融資産の特性で言えば、「信頼性」、ないしは「高い流動性」に疑義があるケースと言える。このような状況では、代替となる市場、例えば、参照金利として国債利回りを用いている場合に、スワップレートをその代替とすることなどの対応が考えられる。
- 164 一方で以下のような論点もあり、当該市場データを参照しないことについては、慎重に検討すべきであると考えられる。

(a) 資産評価との関係

- 165 保険負債の裏づけとして当該市場における資産を保有している場合、例えば、国債で運用することで負債のキャッシュ・フローとのマッチングが行われている場合に、負債評価においてのみ調整を行うと、金利に対して資産・負債の両者が整合的に変動する実態を表さない可能性がある。

(b) 当該市場の状態の判断

- 166 評価日時点において、投げ売り状態にあるかなど、市場が特異な状態にあるか否かを具体的に判断することは現実的には困難であると考えられる。
- 167 単に評価日前後で価格が大きく変動したことに因って、参照すべき市場データとして使用すべきではないと判断することは適切ではなく、当該市場の取引規模や取引主体の適正性などの要素を考慮する必要があると考えられる。
- 168 さらに、参照する市場がこのような状況においては、代替候補となる市場も同様の状況である可能性がある。

2. 2. 5 実務的課題

- 169 本節ではリスクフリーレートを具体的に計算するにあたっての実務的課題について考察を行うが、以下で述べるように様々な選択肢が存在する。そのため、保険会社間の比較可能性を確保するという観点では、例えば、当局にてリスクフリーレートを直接提供するか、データの取得方法や計算方法（2. 3以降で述べる補間方法・補外方法を含む）を詳細に規定したり、計算ツールを提供する

等の対応をすることが考えられる。

(1) ゼロクーポンレートの算出

- 170 将来の一つ一つのキャッシュ・フローを割り引くための金利は、ゼロクーポンレート³⁷と呼ばれるものである。しかしながら、固定利付国債の金利として発表される各銘柄の複利利回りは、半年複利のパーレート³⁸に相当³⁹し、日本円のスワップレートも半年複利のパーレートである。したがって、何らかの方法でパーレートをゼロクーポンレートに変換する必要がある。
- 171 半年複利のパーレートが半年毎に全て分かれば、ブートストラップ法によりゼロクーポンレートに変換することが可能である。例えば、10年のスポットレートを計測するには、0.5年、1年、1.5年、・・・、10年まで半年刻みで合計20個のデータが必要となる。仮に一部のデータが欠けている場合には、何らかの仮定を置いてデータを補間することとなる。
- 172 国債の場合、大きく分けて3つの選択肢がある^{40 41}。
- A) ストリップス債を用いる方法
： ストリップス債の価格からゼロクーポンレートを算出し、ストリップス債が存在しない年限については補間手法を用いて補間する。
 - B) グリッドポイントにおける固定利付国債のみを用いる方法
： グリッドポイント毎に参照する利付国債の銘柄を特定し、当該銘柄群の複利利回りについて補間手法を用いて補間する⁴²。当該結果が半年複利のパーレートであると看做し⁴³、ブートストラップ法を用いてゼロクーポンレートに変換する。最後にゼロクーポンレートに関して補間を行う。
 - C) 固定利付国債とストリップス債を幅広く用いる方法
： ゼロクーポンレート（スポットまたはフォワード）やディスカウントファクター等について関数形を特定する。この前提の下で算出した国債の理論価格が市場価格と（可能な限り）一致するよう、最適化計算により当該関数からゼロクーポンレートを計算する。
- 173 スワップレートの場合は、手法Aに相当する手法はなく、手法BまたはCに相当する手法のみとなる。すなわち、手法Bはスワップレートそのものを補間した後、ゼロクーポンレートに変換する方

³⁷ ゼロクーポンレートとは、割引債（＝クーポンがゼロ）の金利を指す。

³⁸ パーレートとは、固定利付国債または金利スワップがパーとなるレートのことで、クーポンがあることを前提とした金利となっている。なお、パーとは、段落130における脚注にて既述の通り、含み損益がない状態であり、債券の場合であれば価格が額面と一致する状態、金利スワップの場合には時価がちょうどゼロとなる状態を指す。

³⁹ 複利利回りとパーレートは、価格がパーでない限り、厳密には一致しない。ただし、複利利回りとパーレートの差異は、金利水準が高くなるほど大きくなる傾向にあるが、現在の低金利の環境下においては限定的である。

⁴⁰ なお、この点は補間・補外にあたってのデータ選択に関するものであり、後述の補間・補外手法の選択とは独立に議論されるものである。

⁴¹ 財務省が毎日発表している金利情報は、2つ目の方法に相当するものであり、推定方法の概要は次の通り。グリッド・ポイントを1年ごとに設定し、これに最も近い年限の国債を選定する。次に、選定銘柄の最終利回りを3次スプライン関数で補間し、グリッド・ポイントにおける金利を算出する。詳細については、http://www.mof.go.jp/jgbs/reference/interest_rate/index.htm 参照。

なお、この手法はパーレートに相当する最終利回りから算出しているため、ゼロクーポンレートではないことに留意が必要である。年限が長くなるほど金利も高くなる順イールドの状況にある場合、パーレートはゼロクーポンレートよりも低くなることから、上記手法から計算された金利を割引率として使用する場合には負債価値が過大評価されることとなる（年限が長くなるほど金利が低くなる逆イールドの場合には逆に負債価値が過小評価されることとなる）。

⁴² 補間にあたっては国債の年限はちょうど5年、10年となるものはほとんど存在しないため、留意が必要である。5年以上の固定利付国債の償還月は3、6、9、12月の20日にまとめられている。そのため、発行が毎月されてはいるものの、例えば10年債の場合、実際に残存年数が10年となっているのは4ヶ月に1回程度しかなく、その他の月は残存年数が実際には10年未満の債券となっている。また、残存年数がちょうど10年であるのは発行月と償還月が一致している場合でも発行日の1日のみであり、厳密にはその翌日から残存年数が10年から短くなってしまっている。

⁴³ 複利利回りをパーレートであると看做す近似の誤差については、金利水準が高くなるほど大きくなる傾向にあるが、現在の低金利の環境下においては限定的である。

法、手法Cはゼロクーポンレートについて関数形を定め、そこから算出されるパーレートが観測されるスワップレートと一致するように関数のパラメータを推定する方法、となる。

- 174 ただし、スワップレートの場合、利用可能なデータはそもそもグリッドポイントにおけるものしかないことから、手法BとCの違いはデータの対象範囲という点にはなく、補間方法の違いのみである。そのため、いずれの手法を用いても算出結果に有意な差はでないものと考えられる。

(a) 手法Aについての論点

- 175 ストリップス債については、割引債ということでゼロクーポンレートを算出する目的に直接合致するものである。しかしながら、現時点における残高は全銘柄を合計しても約3,500億円程度（割合としては利付国債全体の約538億円のうち約0.1%）であり、1銘柄当たり残高5,000億円の基準には到底及ばない水準にある。そのため流動性に問題がある可能性があり、そのデータの信頼性については留意が必要である。
- 176 特に、金利リスクを計算するためにボラティリティを計算する等の観点で、過去に遡ってデータが必要な場合、国債のストリップス化が可能となったのは2003年1月以降であるためそれ以降のデータしか取得できず、またデータを取得できたとしてもその信頼性については十分留意する必要がある。

ストリップス債への分離状況(平成23年7月末現在)

(単位:億円)

	国債発行残高	分離元本 振替国債残高	割合
40年債	36,063	203	0.6%
30年債	324,779	1,198	0.4%
20年債	1,221,448	150	0.0%
10年債	1,811,126	1,580	0.1%
5年債	1,366,170	358	0.0%
2年債	623,595	38	0.0%
合計	5,383,181	3,527	0.1%

(出典:財務省、日本銀行)

(b) 手法Bについての論点

- 177 固定利付国債は、新発債の方が既発債よりも流動性があるため、グリッドポイントとしてはまず新発債が候補となる。しかしながら、上述の通り、新規発行があるのは2年、5年、10年、20年、30年、40年に限られており、その他の年限をグリッドポイントに追加設定するのであれば、新発債ではなく既発債を用いることになる。ただし既発債となると多くの銘柄が存在するため、逆にどこまでをグリッドポイントとして設定するかについて検討する必要がある。
- 178 また、グリッドポイントとする年限を決定した場合でも、既発債の場合、同一償還日でクーポンレートの異なる銘柄が存在したり、例えば残存6年でも10年債の短くなったもの以外にも20年債が短くなったものが存在したりする等、複数の銘柄が存在することになる。したがって、どの銘柄を選択するかを定める必要がある。
- 179 加えて、特定の銘柄のみを参照するため、当該銘柄の需給に歪みが生じた場合、手法Cと異なり直ちにその影響を受けることになるため、テクニカルなバイアスがかかりやすい手法と言える。
- 180 なお、過去データが必要となった場合、手法Aについてはゼロクーポンレートの値自体をそのまま利用するため（データが存在する期間であれば）過去に遡って容易にデータが取得可能であるのに

対し、手法Bについてはデータの補間等を過去に遡って作業する必要があるため、補間済みの過去データの蓄積がない場合には本手法を導入する時点において一時的な計算負荷が発生する。

- 181 金利スワップについては、Bloomberg等では1年刻みで30年程度までデータが存在する。このうち、2～10年（1年刻み）、15年、20年、30年、40年といった年限については流動性の点で概ね問題ないと考えられるが、18年、22年等の切りの悪い年限の金利や、データが存在しても国債という実物の裏付けのない50年金利については留意が必要である。これらの年限については、過去に遡った場合に十分な期間のデータが取れなかったり、信頼性に疑義があったりするため、どの年限のデータを採用するかを基準を定める必要がある。

(c) 手法Cについての論点

- 182 イールドカーブを記述する関数を推定して国債の理論価格と市場価格（スワップの場合は理論値と市場値）を比較する場合、比較対象としてどこまでの国債を含めるかの基準を決定する必要がある。
- 183 この手法の思想は、特定の銘柄・年限のみに完全に一致させると、当該銘柄・年限の値に歪みがあった場合、それを引きずってしまうことから、寧ろイールドカーブ全体に最もよくフィットするように推定するというものである。したがって、基本的には計算対象を広く取るべきである。
- 184 ただし、対象を広げれば広げる程、今度は流動性の低いデータが混在してくる可能性も高まることから、そのバランスを取る必要がある。あるいは、データとしては全銘柄を対象としつつも、その流動性の程度（例えば発行残高）に応じてデータに重みをつけることも考えられる。
- 185 過去データが必要な場合に、過去に遡って作業が必要な点は手法Bと同様であるが、手法Cではパラメータ推定のために最適化計算が必要なため、計算負荷が手法Bよりも多くかかる。
- 186 以上の点を整理すると、次表の通りとなる。

<ゼロクーポンレート of 計算方法の比較>

	メリット	デメリット
手法A：ストリップ債の利回りを参照する方法	・算出が容易。	・ストリップス債は流通している残高が極めて限定的であり、流動性に乏しいことから、（特に過去の期間について）データの信頼性に懸念がある。 ・ストリップス化が可能となった2003年1月以降しか過去データが存在しない。
手法B：グリッドポイントにおける固定利付国債のみを採用する方法	・算出が比較的容易。	・特定の銘柄のみに依存してイールドカーブを計算するため、採用銘柄にテクニカルなバイアスがかかっている場合、算出結果に歪みが生じる可能性がある。
手法C：固定利付国債とストリップ債を幅広く用いる方法	・市場で流通している価格情報を幅広く取り込むため、市場価格と最も整合的なイールドカーブを算出することができる。	・最適化計算を行う必要があるため、計算負荷が高い。（特に過去データを算出する必要がある場合）

(2) 金利スワップに含まれる信用リスクの調整方法

- 187 金利スワップには前述の通り信用リスクが含まれており、リスクフリー・レートとして利用するには信用リスクに係わる調整を行う必要がある。その手法としては、変動金利の LIBOR に着目するものと固定金利のスワップレートに着目するものが考えられる。具体的な手法は次の通り。
- I. 無リスクに近い短期金利（レポレート等）と LIBOR の比較から調整幅を決定し、全年限の金利スワップにこれを適用する方法
 - II. 無リスクに近い短期金利（OIS または 3 ヶ月の LIBOR）と 6 ヶ月の LIBOR を交換するベシス・スワップの値から調整幅を決定し、金利スワップに対して年限別または全年限一律にこれを適用する方法
- 188 また別の観点として、上記手法で決定した調整幅を、原則固定させるのか、または每期変動させるのかについても選択肢がある。

(a) 手法 I についての論点

- 189 QIS5 において採用された手法であるが、短期金利における信用スプレッドを計測するため、期間構造の概念がない。そのため基本的には計算された調整幅を全年限一律に適用することになる。
- 190 しかしながら、OIS の節における「図表：テナー・スワップの推移」で示されている通り、実際のイールドカーブを観察すると、金利スワップに含まれる信用リスクは年限によって水準やその動きが異なるため、全年限一律に調整を行うと、適切な調整ではないことが起こりうる。
- 191 また、信用リスクの調整幅の設定方法があくまで想定上の計算に基づいたものであるため、実際にそのようなリスクフリー・レートを得るような運用を行うことは難しい。

(b) 手法 II についての論点

- 192 この手法はスワップレートから信用スプレッドを計測するため、年限毎に算出することが可能である。ただし、6 ヶ月 LIBOR 以外を対象とするベシス・スワップは特殊な取引となるため、特に年限が長期になればなるほど流動性に対する懸念が高くなる。そのため、データの信頼性について十分な検証が必要であり、特定の年限のみ調整幅が大きい/小さい等の歪みが生じた場合には、データの補正が必要な場合も考えられる。
- 193 なお、こちらの手法ではベシス・スワップという実際に取引されているレートから信用リスクの調整幅を計算しているため、計算されたレートで実際に運用することが可能である（具体的には、6 ヶ月 LIBOR をベースとする金利スワップと、6 ヶ月 LIBOR と OIS 等とのベシス・スワップを実行しつつ、想定元本相当の資金を無担保コールレートで短資運用する）。
- 194 金利スワップに係わる信用リスクの調整方法について整理すると次表の通りとなる。双方の手法にデメリットが存在するものの、金利スワップに含まれる信用スプレッドに期間構造が見られることを踏まえると、相対的には手法 II を採用する方が望ましいと考えられる。ただし手法 II についてもベシス・スワップ取引の流動性には懸念があることから留意が必要である。

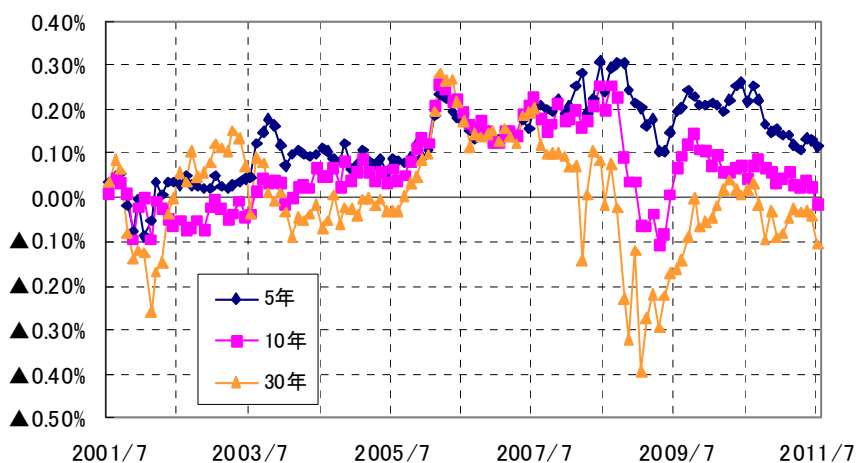
<金利スワップに係わる信用リスクの調整方法の比較>

	メリット	デメリット
手法 I : 短期金利	短期金利はスワップレートと比較すれば流動性がある。	信用リスクに係わる調整幅について期間構造を反映させることができない。計算されたリスクフリー・レートでの運用は現実的には難しい。
手法 II : スワップレート	信用リスクに係わる調整幅について期間構造を反映させることができる。計算されたリスクフリー・レートで運用することが可能。	ベ이스ス・スワップのレートは流動性に欠ける懸念がある。そのため、そのままでは特定の年限のみ調整幅が大きい/小さい等の歪みが生じることから、適切な補正が必要となる場合がある。

(c) 調整幅を固定させるかどうかについての論点

- 195 金利スワップの節における「図表：LIBOR－レポレートの推移」やOISの節における「図表：6ヶ月LIBOR－OIS スプレッドの推移」において示されていた通り、信用リスクの調整幅は年限はもちろん時点によっても大きく異なる。
- 196 また、以下の国債と金利スワップの乖離幅に関するグラフから分かる通り、平時であれば国債と金利スワップの乖離幅は一定水準に落ち着いているものの、金融危機等により銀行の信用リスクに懸念がある場合には乖離幅が急激に拡大する。その状態で期末を迎えた場合に、平時における信用リスクの調整幅を適用すると調整が不十分となり、リスクフリー・レートが高めに算出されてしまう恐れがある。
- 197 逆に、銀行の信用リスクに懸念があった期間のデータから信用リスクの調整幅を推計すると、リスクフリー・レートが低めに算出されてしまう恐れもある。
- 198 したがって、マーケットの状況に応じて、信用リスクに係わる調整幅を算出する必要がある。

信用リスク調整値(スワップレート－国債金利)



(データ：Bloomberg。スワップレート＝JYSW5 Index 等、国債金利＝GJGC5 Index 等)

2. 3 市場データの補間・補外

2. 3. 1 ソルベンシー II、MCEV における状況

(1) ソルベンシー II における取り扱い

(a) 補外原則

199 CEIOPS 流動性プレミアムタスクフォースの報告書「Task Force Report on the Liquidity Premium (2010/3)」において、補外について以下の基本原則が示されている。

〔補外の基本原則〕

- ① 関連する全ての観察された市場データポイントが使用されるべき
- ② 補外された市場データは無裁定であるべき
- ③ 補外は理論的であるべきであり、経済的に妥当であるべき
- ④ リスクフリー・レート of イールドカーブの補外部分は、非補外部分と同様の手続きにしたがって同様の頻度で、透明な手続き・手法に基づいて、EU の中央機関により計算され、公表されるべき
- ⑤ 補外は、観察された流動性のある最長の市場データポイントから、各通貨についてマクロ経済的手法により決定される無条件の究極フォワードレートに収束するフォワードレートに基づくべき。
- ⑥ 究極フォワードレートは、リスクフリー期間構造に係る CEIOPS 助言に記載の「現実性」の規準に準拠すべきであり、マクロ経済長期フォワードレートの決定に使用する原則は明確に伝達されるべき。
- ⑦ イールドカーブの補外開始点となる観察された流動性のある最長の市場データポイントを決定する規準が策定されるべき。また、無条件の究極長期フォワードレートへの収束のペースを決定する規準が策定されるべき。
- ⑧ 補外レートは、補外開始点から無条件の究極フォワードレートまでスムーズな経路に従うべき。
- ⑨ イールドカーブの補外部分に位置する観察された市場データポイントを考慮する技術が策定されるべき。
- ⑩ SCR の計算に使用するリスクフリー期間構造のショックの較正は、無条件の究極フォワードレートの不変性 (invariance) と両立するようにレビューされるべき。

(b) 補外手法

200 QIS5 の仕様書において、主要な通貨（ユーロ、ポンド、米ドル、円等）についてのイールドカーブが示されている。このイールドカーブは、以下の究極フォワードレートを用いた補外方法を採用し、135年まで補外されている⁴⁴

〔概要〕

201 ・究極フォワードレート (UFR)

究極フォワードレート = 期待長期インフレ率 + 期待実質金利 とされている。

期待長期インフレ率は、各国のインフレ目標に基づき 2% に設定 (低インフレ国では 1%、高インフレ国では 3%)、期待実質金利は過去データに基づいて 2.2% に設定されている。 ([究極フォ

⁴⁴ CEIOPS 「QIS 5 Risk-free interest rates - Extrapolation method」

ワードレート (UFR) の算出方法]を参照)

202 ・ 補外手法

スミス・ウィルソン法を使用し、90年のフォワードレートが究極フォワードレートに達するように補外⁴⁵することとされている。主な通貨の補外開始点は、スワップ取引業者に対する取引年限についての調査をベースとして、以下のとおり設定している。

通貨	補外開始点(年)
European Euro	30
UK Pound Sterling	50
US Dollar	30
Japanese Yen	20

QIS5 Technical Specifications Risk-free interest rates
による

[究極フォワードレート (UFR) の算出方法]

203 前述のとおり究極フォワードレートは、期待長期インフレ率と期待実質金利の和である。Q I S 5では期待長期インフレ率、期待実質金利について以下のように算定された。

① 期待長期インフレ率

204 多くの中央銀行はインフレーション目標を2%としていることから標準的な長期インフレ率の期待値は2%に設定された。

さらに、以下の3つのグループ（標準インフレ国、低インフレ国、高インフレ国）に各国をグループ分けし、長期インフレ率の期待値が設定された（1994年から2009年の各国のインフレーションのデータに基づき、グループ分けを実施）

低インフレ国 :	1% (標準-1%)
標準インフレ国 :	2%
高インフレ国 :	3% (標準+1%)

なお、上記各グループに属する国は以下のとおりである。

分類	国
低インフレ国	Japan, Switzerland
標準インフレ国	Euro-zone, UK, Norway, Sweden, Denmark, USA, Poland, Hungary, Iceland, Czech Republic, Bulgaria, Latvia, Lithuania, Estonia, Romania, Canada, Australia, Korea, China, Singapore, Malaysia, Thailand, Hong Kong, Taiwan
高インフレ国	Turkey, Brazil, Mexico, South Africa, India

⁴⁵ 究極フォワードレートから±3bpの範囲内となるように補外

② 期待実質金利

205 100年先の実質金利は各国で大幅に変わらないことを想定し、以下の分析データを基に長期実質金利は2.2%に設定された。

- ・過去110年（1900－2009）の19ヶ国の債券リターン（実質）平均は1.7%⁴⁶
- ・20世紀後半の12ヶ国の債券リターン（実質）の平均は2.3%⁴⁷

[スミス・ウィルソン法]

・概要

206 QIS5では補外方法にスミス・ウィルソン法が採用された。この方法は究極フォワードレートをインプットとし、債券価格の観測値にフィットするイールドカーブを算出する手法である。スミス・ウィルソン法では割引債の価格関数 $P(t)$ は、関数 $W(t, u_j)$ を用いて以下のように表現される。

$$P(t) = e^{-UFR \cdot t} + \sum_{j=1}^N \zeta_j \cdot W(t, u_j), \quad t \geq 0$$

$$W(t, u_j) = e^{-UFR \cdot (t+u_j)} \cdot \left\{ \alpha \cdot \min(t, u_j) - 0.5 \cdot e^{-\alpha \cdot \max(t, u_j)} \cdot (e^{\alpha \cdot \min(t, u_j)} - e^{-\alpha \cdot \min(t, u_j)}) \right\}$$

ここに、

- N : 市場価格が既知の割引債の数
- U_j : 市場価格が既知の割引債の満期
- t : 価格関数における満期までの期間
- UFR : 究極フォワードレート
- α : UFR への収束スピードを定義するパラメータ
- $\zeta_j (j=1, \dots, N)$: 実際のイールドカーブをフィットさせるためのパラメータ
($\Rightarrow N$ 個の観測値に基づく N 個の連立方程式を解くことで求まる)

207 α の値が大きいほど、より早く究極フォワードレートに収束する。この場合、特に補外開始部分などにおいて滑らかなイールドカーブが得られないことになる。一方で、 α の値を小さくすると、収束スピードが遅くなると同時にイールドカーブは滑らかになる。極端に α が小さい場合には、稀にディスカウントファクターが負となることがある⁴⁸。

⁴⁶ Dimson, Marsh and Staunton 「Credit Suisse Global Investment Returns Yearbook」。対象は以下の19ヶ国。Belgium, Italy, Germany, Finland, France, Spain, Ireland, Norway, Japan, Switzerland, Denmark, Netherlands, New Zealand, UK, Canada, US, South Africa, Sweden, Australia

⁴⁷ Elroy Dimson, Paul Marsh and Mike Staunton 「Risk and return in the 20th and 21st, Business Strategy Review」, 2000, Volume 11 issue 2, 上記と同じ著者による。対象は以下の12ヶ国。Italy, Germany, France, Japan, Switzerland, Denmark, Netherlands, UK, Canada, US, Sweden, Australia

⁴⁸ 補外開始点の観測金利が直前の年限の観測金利と比べて大きく上昇している場合等に発生する可能性がある。

・スミス・ウィルソン法の利点と欠点

208 CEIOPS「QIS 5 Risk-free interest rates - Extrapolation method」(2010年8月)では、スミス・ウィルソン法の利点と欠点について以下のように記載されている。

利点	概要
透明性、アクセス可能性	計算式と計算ツールの両方が CEIOPS ホームページで公表されており、いつでもアクセス可能である。
実施が容易	リスクフリーの期間構造は 1 つの単純なエクセルシートを用いて算定できる。
機械的	(UFR、 α を決めた後は判断を必要とせず) 機械的に利用可能。しかしながら、インプットデータにバイアスがある場合、または線形従属である場合、専門的判断が必要かもしれない。
完全なフィット	流動性のある市場データに完全にフィットする。流動性市場からの全てのデータをインプットとして使用し、スムージングは行われぬ。
連立一次方程式を解析的に解く	連立一次方程式を解くことをベースとする。これは例えば最小二乗偏差の和の最小化をベースとする手法等に優る利点である。
生のデータを直接適用	金融市場の生のデータを直接に適用できる。例えば、市場のスワップレートをゼロクーポンレートに変換する必要はない。
統一のアプローチ	流動性のある市場データの補間と最終データポイントを超える補外の両方が行われる統一のアプローチである。他の多くの手法では補間と補外はさまざまな原則に基づいて別個に行われる。
究極フォワードレート (UFR) に漸近的に到達	究極フォワードレート (UFR) に漸近的に到達する。補外フォワードレートが UFR に収束する速さは、期間構造の流動性部分の挙動や外部パラメータ α に依存する。

欠点	概要
パラメータ α をモデルの外部で決定	各通貨、各時点において個別にインプットパラメーターを評価するために専門的判断が必要となる。
割引関数に係る制約	割引関数 $P(t)$ が減少関数となる制約がない
割引関数はマイナスになり得る	割引関数 $P(t)$ はマイナスになり得ることは、他の手法と比較した欠点である。

(2) MCEVにおける取扱い

(a) MCEV 原則

209 補外について、参照金利の設定に使用する利用可能な金融市場のデータが、負債 CF の予測期間より短い場合には、適切な手法で補外を行うことが記載されている。適切な手法としては、以下が例示されている。

- ・スポットレートもしくはフォワードレート一定
- ・補外対象の年限の国債が存在する場合、その年限の国債利回り＋一定のマージン⁴⁹

なお、補間については、特に記載がない。

参考：MCEV原則（抜粋）

原則14

G14.2：参照利率を設定する際に使われる利用可能な金融市場のデータが、予測される負債のキャッシュフローより短い場合は、そのデータは適切な手法を用いて延長されるべきである。例えば、以下の方法が考えられる。

- ・スポットレートもしくはフォワードレートのどちらかが、可能な最長のスワップ金利と同水準であるとするとする。
- ・参照利率を設定する際に使われる金融市場のデータよりも長い妥当な国債のイールドカーブがある場合には、利用可能なデータの最後から一定のマージンを保ち、その後も同水準であると仮定することによって、当該データを延長するために国債のイールドカーブを利用することができる。

出典：会報別冊第248号「MCEV原則」 P19～20

(b) 欧州各社のEV実務

210 2010年度の欧州各社のEVにおける取り扱いを、各社の開示資料を基に整理すると以下のとおりである。

1. 補間方法については特段の記載はされていない。
2. 補外方法は、2社がスミス・ウィルソン法を使用、ソルベンシーIIと整合した手法としている。その他の会社については、特定の手法については明示していない。

会社名	準拠している原則 (使用している手法)	補間方法	補外方法
Allianz	MCEV	記載なし	スミス・ウィルソン法 (究極金利を設定し、30年超を補外)
Zurich	MCEV	記載なし	記載なし
AXA	EEV (市場整合的手法)	記載なし	スミス・ウィルソン法 (究極金利(年限90年)を設定し、補外)
AVIVA	MCEV	記載なし	必要に応じて補外
Old Mutual	MCEV	適切に補間	適切に補外

出典：各社2010年度EV開示資料

⁴⁹ MCEVにおける参照金利はスワップレートが原則であるため、国債利回りとスワップレートの差に相当するスプレッドをマージンとして加算する趣旨であると考えられる。

2. 3. 2 補間・補外が満たすべき特性についての考察

- 211 各年限のリスクフリー・レートを得るためには、市場で観測可能な限られた年限の参照データから超長期までの期間構造を推定することになる。
参照データの間を年限を推定する方法を補間、市場データポイントが得られた年限を越えた年限を推定する方法を補外（もしくは外挿）という。推定手法によっては補間と補外を同時に行えるものもあるが、必ずしも両者が同じ方法をとる必要はない。
- 212 補間は参照金利と滑らかにフィットしていることによってその適切さを評価することができるが、補外においては、市場で観測できない長期の期間構造のため妥当性を検証するためのフィットさせるデータがあるわけではなく、補外の適切さを評価することは難しい。
- 213 MCEV 原則では補外は適切な手法を用いて延長されるべきとしており、記載されている例としてはスポットレートもしくはフォワードレート一定とされている。欧州の各社が発表している MCEV、EEV において 2009 年度末までは補外方法は、ほとんど開示はされていないが一部の開示されている例ではスポットレートもしくはフォワードレートを一定として補外しているケースが多かった。しかし、2010 年度末ではいくつかの会社は QIS 5 の手法で補外を行っている。ソルベンシー II との整合性をはかるためであろうが、補外部分の変動に対しての財務的な安定性を向上させる目的で導入されている可能性もある。
- 214 QIS 5 ではマクロ経済に基づく補外（終局金利を設定する方法）を採用し、補外方法の原則として以下が示されている。（2. 3. 1（1）(a)より再掲）

原則 1	関連する全ての観察された市場データポイントが使用されるべき。
原則 2	補外された市場データは無裁定であるべき。
原則 3	補外は理論的であるべきであり、経済的に妥当であるべき。
原則 4	リスクフリー・レートのイールドカーブの補外部分は非補外部分と同様の手続きに従って同様の頻度で、透明な手続き・手法に基づいて EU の中央機関により計算され公表されるべき。
原則 5	補外は、観察された流動性のある最長の市場データポイントから、各通貨についてマクロ経済的手法により決定される究極フォワードレート（UFR）に収束するフォワードレートに基づくべき。
原則 6	UFR はリスクフリー・レート規準の「現実性」の規準に準拠すべきであり、マクロ経済長期フォワードレートの決定に使用する原則は明確に公表されるべき。
原則 7	補外開始点となる最長期の市場データポイントを決する規準が策定されるべき。 また、UFR への収束のペースを決する規準が策定されるべき。
原則 8	補外は補外開始点から UFR のレベルまで滑らかな経路に従うべき。
原則 9	補外部分に位置する市場データポイントを考慮する技術が策定されるべき。
原則 10	SCR の計算に使用するリスクフリー・レートの期間構造のショックの較正は、UFR の不変性（invariance）と両立するように見直す必要がある。

- 215 一部の原則はマクロ経済的な補外を前提としたものとなっており全てが一般的な補外の満たすべき性質というわけではない。一般的に補外が満たすべき性質を取り上げると次のように考えられる。
- 216 原則 1 は、市場データポイントを用いることで、補外の結果が客観的となる。市場整合的なリスクフリー・レートを得るために必要な要件と考えられる。ただし、市場データポイントからリスクフリー・レートを算出する場合には、直接市場から得られるわけではなく近似的にゼロ・クーポンレートの金利として算出する必要があるため、近似計算の前提等により結果に差が生じる。また、金融商品の金利は一意的に定まるわけではなくビッド・アスク・スプレッドの範囲で定まると考えら

れる。そのため補間・補外は市場データポイントの近傍を通過すれば良いと考えられる。

- 217 原則 2 は、リスクフリー・レートには裁定機会がない。裁定機会がないためには補外したリスクフリー・レートは連続かつその瞬間フォワードレートも連続となるような滑らかな曲線とする必要がある。もしも金利に不連続な点があるとそこには裁定の機会が生じてしまうためである。また、市場で見られるデータ間のスプレッドや相関性は、補外部分でも一貫性を持つように補外を行う必要がある。
- 218 原則 3 は、補外結果が一般的な経済理論や明らかに観測される歴史的なパターンに反さないことが望まれる。例えばスポットレートやフォワードレートが負値になることは適切ではないと考えられる。金利の特性をうまくとらえたモデルという意味では、ファイナンスでよく用いられている金利モデル等を用いることが望ましい。
- 219 原則 4 は、経済価値ベースのソルベンシーの計算結果が会社間の一貫性を保つために必要である。補外に恣意性が入らないように詳細な補外手法が策定されることが望まれる。規制として導入されるので会社間での一貫性は重要な要件となる。
- 220 原則 9 は流動性が低く参照金利として採用されなかったデータポイントは補外結果の妥当性を検証するために利用可能と考えられる。検証の方法としては考慮すべきであるが、補外手法の満たすべき特性ではない。
- 221 その他の原則はマクロ経済に基づく補外を前提とした原則となっており、原則 4 と同様に一貫性を保つため、補外方法の詳細が明確に策定されることを要件としている。
- 222 以上を踏まえて、補間・補外の満たすべき特性は以下のように取りまとめられる。

特性	内容
観測データとの整合性	補間においては、全ての参照データを通過することがより望ましい。ただし、通過しなくてもその近傍を通過すれば市場整合的と考えられる。補外においては、その形状が一部の参照データだけではなくすべての参照データをもとに決定することが望ましい。
リスクフリー・レートが滑らか	裁定機会がないようにリスクフリー・レートの形状は滑らかであるべき。
瞬間フォワードレートが滑らか	裁定機会がないようにフォワードレートの形状は滑らかであるべき。
マイナスの金利	スポットレート、フォワードレートにマイナスの金利が発生しない。
恣意的要素	会社間の一貫性を保つために恣意的要素は排除することが望ましい。
補間と補外の整合性	補間部分と補外部分を滑らかにつなげるために補間と補外は統一された手法を用いることがより望ましい。
扱いやすさ	提供された期間構造の検証が可能であればその透明性は増す。期間構造が提供されないような通貨については、リスクフリー・レートの補外・補間を保険会社が各社で計算することになるため取り扱いやすいモデルであることが望まれる。
一般性	一般的に広く用いられているモデルを使用することでモデルの信頼性が高まる。

この中では「観測データとの整合性」から「恣意的要素」までの 5 項目が特に重要と考えられる。

- 223 また別の視点として補外に係る安定性がある。終身保険や個人年金などの商品のキャッシュフローは、市場で取引されている金融商品と比べて非

常に長期となっている。そのような長期の商品の保険負債の評価においては補外部分の影響は大きい。例えば補外方法として、最長期のフォワードレートを一定として補外を行った場合、保険負債の評価が補外開始時点のフォワードレートの変動の影響を直接受けることになる。

- 224 CEIOPS 勧告では補外の安定性に関して以下の記述がある。「手法の中に補外の結果に安定性を与えて、カーブの長期部分に誤った変動を回避する仕組みを認めることにも広い支持がある。これは流動性のある参照利率が短い年限でのみ利用可能で、短期の金利を単純に補外するとボラティリティが過大となってしまう通貨において、特に重要である。」そして QIS5 では補外に安定性を与えるために評価時点の市場データを用いずに決定した水準へフォワードレートを収束させるマクロ経済的手法を採用している。
- 225 一方で、補外を安定的にすることによる問題点にも留意する必要がある。補外に安定性を与えることの是非は補外手法を決定する上での大きな論点といえる。本論点については、「2. 3. 3 (3) 終局金利についての考察」で詳しく考察する。

2. 3. 3 補間・補外手法

226 EU ソルベンシー II の QIS5 で使用されたスミス・ウィルソン法を含め、一般的な実務に用いられていると考えられるいくつかの補間および補外手法について考察を行う。

(1) 補間の具体的手法

227 代表的な補間手法についてその考察を行う。なお、特に断りが無い限り、ある特定のゼロクーポンレートが観測されている前提とする。ゼロクーポンレートを取得する際は、一定の前提（例えばフォワードレートを直近観測値と同じにする等）を与えながら、利付債券の観測価格からブートストラップ法を用いて求める等が考えられる。この一定の前提も補間手法のひとつであり、前提の置き方により補間結果に影響を及ぼすものとなる。

(a) 単純な補間

【概要】

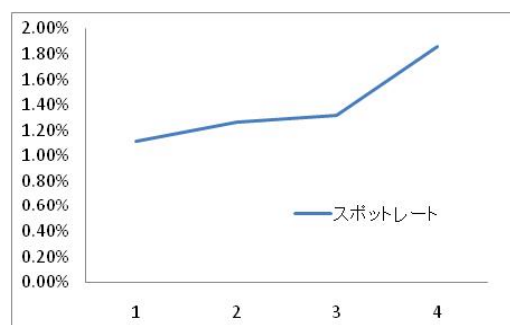
228 直線補間や補間期間のフォワードレートを一定にするなどの前提を置いて補間する方法。

(例)

観測データ

年限	スポットレート
1年	1.11%
2年	1.26%
4年	1.85%

年限	スポットレート	フォワードレート
1年	1.11%	-
2年	1.26%	1.42%
3年(補間)	1.32%	1.42%
4年	1.85%	3.48%



上の例では3年目のフォワードレートの2年目と同じという前提で補間した。

【特徴】

229 簡単な手法であり扱い易いのが特徴である。しかしながら、補間すべき区間が長期の場合、前提の置き方により歪んだ補間結果を得る可能性がある。

(b) スプライン法

【概要】

230 スプライン関数を用い、補間区間の全ての観測データを通過し、かつ滑らかに結ぶ方法をスプライン補間と呼び、一般的にはスプライン関数として3次多項式が用いられる。

一般的な3次スプライン関数

補間すべき時点の区間を $[x_0, x_n]$ とし、観測されたデータに対応する小区間 $[x_0, x_1]$, $[x_1, x_2]$, \dots , $[x_{n-1}, x_n]$ に区分する。

時点	観測データ
X_0	y_0
X_1	y_1
X_2	y_2
\dots	
X_n	y_n

この時、小区間 $[x_{i-1}, x_i]$ にあてはめる3次スプライン関数 $f_i(x)$ は以下の特性を持つ。

- (1) 3次多項式で表現される
- (2) 全ての観測点を通過する
- (3) 各小区間のつなぎ目で滑らかである
- (4) 補間区間の両端の条件が与えられることにより関数の係数が定まる

一般的に、小区間 $[x_{i-1}, x_i]$ に対し3次スプライン関数は次の形で与えられる。

$$f_i(x) = a_i + b_i(x - x_i) + c_i(x - x_i)^2 + d_i(x - x_i)^3$$

また、この関数は区間 $[x_0, x_n]$ の全ての観測点で滑らかなため、以下の条件を満たす。

$$\left. \begin{array}{l} f_i'(x_i) = f_{i+1}'(x_i) \\ f_i''(x_i) = f_{i+1}''(x_i) \end{array} \right\} \dots \textcircled{1}$$

さらに、補間区間の両端の条件として以下を与える。

$$\left. \begin{array}{l} f_1''(x_0) = f_n''(x_n) = 0 \\ \text{または、} \\ f_1'(x_0) = y_0 \text{ かつ } f_n'(x_n) = y_n \end{array} \right\} \dots \textcircled{2}$$

観測されたデータおよび①、②より a_i, b_i, c_i, d_i ($i=1, \dots, n$) の連立方程式が定まり、これを解析的に解くことで関数を定めることができ、これを3次スプライン関数と呼ぶ。

231 スプライン法を用いてイールドカーブを補間する場合、補間すべき全区間 $[x_0, x_n]$ に対し、金利を以下のような関数で表現することが一般的である。

$$f(x) = a_0 + a_1x + b_0(x - x_0)_+^3 + b_1(x - x_1)_+^3 + b_2(x - x_2)_+^3 + \dots + b_n(x - x_n)_+^3$$

ただし、

$$(x-x_i)_+^3 = \begin{cases} (x-x_i)^3 & \text{if } x > x_i \\ 0 & x \leq x_i \end{cases}$$

また、補間区間の両端の特性として、 $f(x)$ は x が x_0 以下、および x_n 以上で直線という条件を加える。

この関数は3次スプライン関数の特性(1)～(4)を満たすものとなり、連立方程式を解くことにより各係数を決定することができる。

232 具体的に以下の観測データについて考える。

時点	観測データ
X_0	y_0
X_1	y_1
X_2	y_2

スプライン関数は以下のように与えられる。

$$f(x) = a_0 + a_1x + b_0(x-x_0)_+^3 + b_1(x-x_1)_+^3 + b_2(x-x_2)_+^3$$

観測データから、

$$y_0 = a_0 + a_1x_0$$

$$y_1 = a_0 + a_1x_1 + b_0(x_1 - x_0)^3$$

$$y_2 = a_0 + a_1x_2 + b_0(x_2 - x_0)^3 + b_1(x_2 - x_1)^3$$

補間の両端の特性より、

$$f''(x) = 6b_0(x-x_0) + 6b_1(x-x_1) + 6b_2(x-x_2) = 0 \quad x > x_2$$

$$f'''(x) = 6b_0 + 6b_1 + 6b_2 = 0 \quad x > x_2$$

整理すると以下の連立方程式が与えられる。

$$y_0 = a_0 + a_1x_0$$

$$y_1 = a_0 + a_1x_1 + b_0(x_1 - x_0)^3$$

$$y_2 = a_0 + a_1x_2 + b_0(x_2 - x_0)^3 + b_1(x_2 - x_1)^3$$

$$0 = b_0x_0 + b_1x_1 + b_2x_2$$

$$0 = b_0 + b_1 + b_2$$

上記の連立方程式を以下の行列式で記載し、これを解くことで係数が決定され、スプライン関数の形を定めることができる。

$$\begin{pmatrix} y_0 \\ y_1 \\ y_2 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x_0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & x_1 & (x_1 - x_0)^3 & 0 & 0 \\ 1 & x_2 & (x_2 - x_0)^3 & (x_2 - x_1)^3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & x_0 & x_1 & x_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix}$$

(例)
観測データ

満期年限	スポットレート
1年	1.11%
2年	1.26%
4年	1.85%

連立方程式を行列式で表すと、

$$\begin{pmatrix} 1.11\% \\ 1.26\% \\ 1.85\% \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 4 & 27 & 8 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix}$$

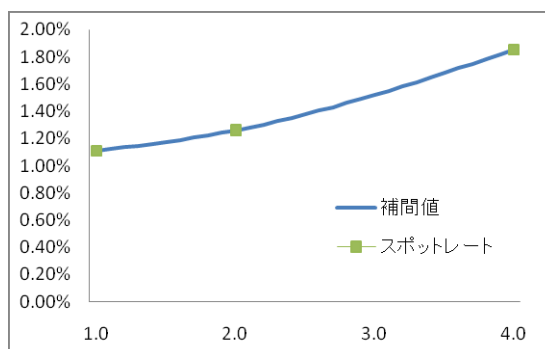
$$\begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 4 & 27 & 8 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 4 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 1.11\% \\ 1.26\% \\ 1.85\% \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

この行列式を解くと以下の係数を得られる。

$$\begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.00984 \\ 0.00126 \\ 0.00024 \\ -0.00036 \\ 0.00012 \end{pmatrix}$$

この係数によるスプライン関数を使用すると以下の結果を得ることができる。

満期年限	スポットレート
1年	1.11%
2年	1.26%
3年(補間)	1.52%
4年	1.85%



【特徴】

- 233 3次関数からなるスプライン関数を用いて観測データを結ぶことで、補間されたイールドカーブは全ての観測データを通り、かつ全ての点で滑らかになることが大きな特徴である。滑らかであるためイールドカーブとして受け入れやすいものとなる。
- 234 一方で、観測されたデータによってはまれに補間値が負の金利となり得ることに注意が必要である。なお、補外開始点で直線という条件があることから、補外時点から連続な1次関数で補外することも可能だが、一般的には直前のフォワードレートを一定にするなど、他の補外手法と合わせて用いられる。

(c) ネルソン・シーゲル法

【概要】

235 フォワードレートを下記のモデル式で表し、このモデルをもって補間（および補外）する手法をネルソン・シーゲル法と呼ぶ。これは、1987年にイールドカーブのフィッティングを目的として、Charles R. NelsonとAndrew F. Siegelにより考案されたモデルである。

236 年限 m 年の瞬間フォワードレート $r(m)$ は以下のモデル式で与えられる。

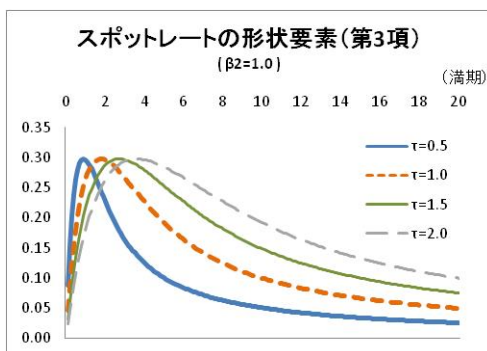
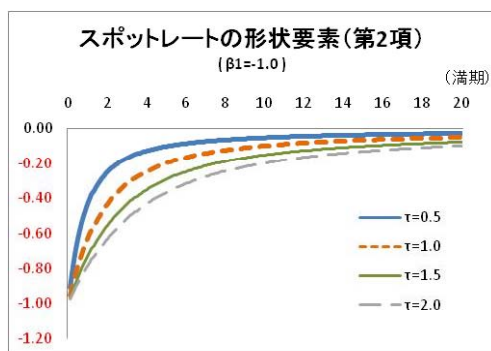
$$r(m) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \exp\left(-\frac{m}{\tau}\right) + \beta_2 \cdot \left[\frac{m}{\tau} \cdot \exp\left(-\frac{m}{\tau}\right)\right]$$

ここで、第一項は長期のイールドカーブの水準、第二項はカーブの傾斜を、最後の項はカーブの凹凸を表し、 τ はカーブの変化スピードを調整する役割を持っている。

237 なお、年限 m 年のスポットレート $R(m)$ はスポットレートとフォワードレートの関係式から以下の様に記載することができる。

$$R(m) = \frac{1}{m} \int_0^m r(x) dx \quad \text{より}$$

$$R(m) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{\tau}{m}\right) \cdot \left\langle 1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau}\right) \right\rangle + \beta_2 \cdot \left[\left(\frac{\tau}{m}\right) \cdot \left\langle 1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau}\right) \right\rangle - \exp\left(-\frac{m}{\tau}\right)\right]$$



238 上図で分かる通り、このスポットレートのモデル式の第二項はイールドカーブの中期的なカーブの傾斜を表し、第三項でひとつのこぶ（もしくはへこみ）を表現することができ、 τ を調整することでカーブの曲率やこぶ（へこみ）の頂点を調整することができる。

239 また、 $r(m)$ に第四項として、第三項と同じ形の項を追加した拡張ネルソン・シーゲル法が用いられることもあり、項を追加することによりイールドカーブのこぶ（もしくはへこみ）をもうひとつ表現できるモデルとなっている。これはスペンソン法と呼ばれ、欧州中央銀行公表のイールドカーブの補間および補外に用いられている手法である。

240 なお、パラメータ $(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \tau)$ は、観測データとモデル・データとの乖離が最小になる様に最小二乗法により決定されるのが一般的である。一般的に τ に対して最小二乗法で $(\beta_0, \beta_1, \beta_2)$ を定め、その後 τ を変動させ二乗誤差が最小になるようにパラメータが設定される。モデル式が決まれば、時点を変化させることで補間および補外データを求めることができる。

(例)

観測データ

満期年限	スポットレート
1年	1.11%
2年	1.26%
4年	1.85%
6年	1.90%
8年	2.00%
10年	2.20%

パラメータ $(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \tau)$ の初期値が以下の時、ネルソン・シーゲルの関数によるスポットレート $R(m)$ は以下の様に計算される。

パラメータ	初期値
β_0	3.00%
β_1	-2.00%
β_2	3.00%
τ	1.00

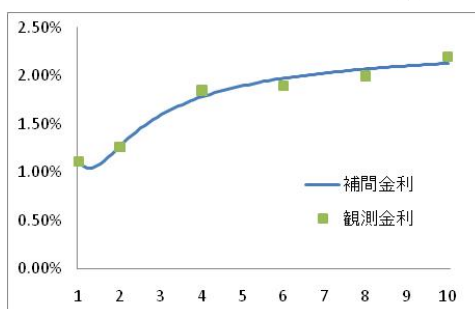
t	スポットレート	ネルソン	二乗誤差
1	1.11%	2.53%	0.0002012
2	1.26%	3.03%	0.0003120
3		3.17%	
4	1.85%	3.19%	0.0001797
5		3.18%	
6	1.90%	3.16%	0.0001585
7		3.14%	
8	2.00%	3.12%	0.0001263
9		3.11%	
10	2.20%	3.10%	0.0000810
合計			0.0010587

次に、二乗誤差の合計値が最小になるように $(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \tau)$ を定め、ネルソン・シーゲルのモデル式を決定することにより下記の様に補間結果を得ることができる。

この例ではエクセルのソルバー機能で二乗誤差の合計値が最小になるように $(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \tau)$ を定めた。

パラメータ	値
β_0	2.35%
β_1	6.36%
β_2	-12.42%
τ	0.38

t	スポットレート	ネルソン	二乗誤差
1	1.11%	1.10%	0.0000000
2	1.26%	1.27%	0.0000000
3		1.59%	
4	1.85%	1.78%	0.0000005
5		1.89%	
6	1.90%	1.97%	0.0000005
7		2.02%	
8	2.00%	2.06%	0.0000004
9		2.10%	
10	2.20%	2.12%	0.0000006
合計			0.0000020



【特徴】

- 241 本モデルは以下の特徴を持ち、説明し易さ、扱いやすさの点で受け入れられている。
- ・シンプルである
 - ・フレキシブルで様々なイールドカーブの形状を表現できる
 - ・少ないパラメータで構成されているため扱い易い
- 242 また、 m が無限大になるとスポットレート $R(m)$ は β_0 に収束するため超長期の補外をする際はスポットレートが β_0 に収束する特性を有する。
- 243 なお、本モデルにより導かれたイールドカーブは、観測データを必ずしも通過しないことから、両者の乖離状況の把握が必要である。グリッドポイントを短期で多く、長期で少なめに取っている場合、単純な最小二乗法を用いると、数の多い短期金利のフィット率が高まり、長期金利が乖離する可能性がある。
- 244 従って、パラメータの設定は二乗誤差に期間に関する重みをつけ、長期金利のカーブのフィットを優先的に向上させるなどの工夫も状況によっては必要である。また、観測データによってはマイナス金利になり得ることに注意が必要である。
- 245 実務的な問題として、前ページで用いたソルバーなど特定のアルゴリズムに対しては、パラメータの決定に際し初期値の設定が必要となるが、初期値によって決定されるパラメータが異なる状況が生じる。このため、パラメータの組み合わせが複数存在し恣意性につながる可能性がある。標準的手法に用いる場合には、パラメータの初期値や設定順序を定める等の制約が必要であるかもしれない。

前ページの例について、複数の初期値でモデル式を最適化した場合のパラメータ

パラメータ	初期値			決定値		
	①	②	③	①	②	③
β_0	3%	3%	3%	2.386%	2.514%	1.811%
β_1	3%	3%	3%	-0.937%	-1.837%	-1.063%
β_2	3%	3%	3%	-2.780%	0.026%	2.680%
τ	1.00	2.00	5.00	0.69	2.00	5.00
	二乗誤差			0.00000274	0.00000347	0.00000360
	スポットレート (10年)			2.1297%	2.1538%	2.1475%

単純な例で極端な差は見られていないが、多くの観測データを用いる場合は影響があると考えられる。

(d) スミス・ウィルソン法

【概要】

- 246 スミス・ウィルソン法は、究極フォワードレートの水準：UFR(ultimate forward rate)とUFRへの収束速度を表す α をパラメータとして与えることにより、債券価格の観測値にフィットするイールドカーブを算出する手法であり、QIS5で用いられた手法である。
- 247 スミス・ウィルソン法でスポットレートの補間を行う場合、観測データとしてスポットレートを必ずしも参照する必要はなく、スワップレートや債券価格を直接参照することで補間値を得ることができる。以下では一般的な金融商品を参照するとし、手法の概要を説明する。
- 248 この手法において年限 t のゼロクーポン債の価格式 $P(t)$ は以下の様に定義される。

$$P(t) = e^{-UFRt} + \sum_{i=1}^N \zeta_i \cdot \left(\sum_{j=1}^J c_{i,j} \cdot W(t, u_j) \right) \quad (t \geq 0)$$

ただし、

$$W(t, u_j) = e^{-UFR(t+u_j)} \cdot \left\{ \alpha \cdot \min(t, u_j) - 0.5 \cdot e^{-\alpha \max(t, u_j)} \cdot (e^{\alpha \min(t, u_j)} - e^{-\alpha \min(t, u_j)}) \right\}$$

N	観測された金融商品の個数
J	観測された金融商品の満期時点の最大値
u_j	金融商品のキャッシュフローの発生時点 ($j=1, 2, \dots, J$)
$c_{i,j}$	i 番目の金融商品の時点 u_j で発生するキャッシュフロー ($i=1, 2, \dots, N$)
t	満期までの期間
UFR	究極フォワードレート
α	UFR への収束スピード
ζ_i	イールドカーブをフィットさせるためのパラメータ ($i=1, 2, \dots, N$)

ただし、ここでの金融商品とは債券やスワップレート等を指す。

- 249 i 番目の金融商品の観測価格を m_i とすると、 $P(t)$ は割引率であるため以下の様になる。

$$m_i = \sum_{j=1}^J c_{i,j} \cdot P(u_j) = \sum_{j=1}^J c_{i,j} \cdot \left(e^{-UFRu_j} + \sum_{k=1}^N \zeta_k \cdot \sum_{l=1}^J c_{k,l} \cdot W(u_j, u_l) \right)$$

従って、以下の連立方程式が成立する。

$$m_1 = \sum_{j=1}^J c_{1,j} \cdot P(u_j) = \sum_{j=1}^J c_{1,j} \cdot \left(e^{-UFRu_j} + \sum_{k=1}^N \zeta_k \cdot \sum_{l=1}^J c_{k,l} \cdot W(u_j, u_l) \right)$$

$$m_2 = \sum_{j=1}^J c_{2,j} \cdot P(u_j) = \sum_{j=1}^J c_{2,j} \cdot \left(e^{-UFRu_j} + \sum_{k=1}^N \zeta_k \cdot \sum_{l=1}^J c_{k,l} \cdot W(u_j, u_l) \right)$$

.....

$$m_N = \sum_{j=1}^J c_{N,j} \cdot P(u_j) = \sum_{j=1}^J c_{N,j} \cdot \left(e^{-UFRu_j} + \sum_{k=1}^N \zeta_k \cdot \sum_{l=1}^J c_{k,l} \cdot W(u_j, u_l) \right)$$

さらに、連立方程式は以下の様に変形することができる。

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^J c_{1,j} \cdot P(u_j) &= \sum_{j=1}^J c_{1,j} \cdot e^{-UFRu_j} + \sum_{k=1}^N \left(\sum_{j=1}^J \left(\sum_{l=1}^J c_{1,j} \cdot W(u_j, u_l) \right) \cdot c_{k,l} \right) \cdot \zeta_k \\ \sum_{j=1}^J c_{2,j} \cdot P(u_j) &= \sum_{j=1}^J c_{2,j} \cdot e^{-UFRu_j} + \sum_{k=1}^N \left(\sum_{j=1}^J \left(\sum_{l=1}^J c_{2,j} \cdot W(u_j, u_l) \right) \cdot c_{k,l} \right) \cdot \zeta_k \\ &\dots\dots\dots \\ \sum_{j=1}^J c_{N,j} \cdot P(u_j) &= \sum_{j=1}^J c_{N,j} \cdot e^{-UFRu_j} + \sum_{k=1}^N \left(\sum_{j=1}^J \left(\sum_{l=1}^J c_{N,j} \cdot W(u_j, u_l) \right) \cdot c_{k,l} \right) \cdot \zeta_k \end{aligned}$$

前頁および上記の連立方程式から、この連立方程式は下記の行列式で表すことができる。

$$m = C\mu + (CWC^T)\zeta$$

従って、

$$\zeta = (CWC^T)^{-1}(m - C\mu)$$

250 *UFR*および α を別途マクロ経済的観点から与え、この連立方程式を解くことによりパラメータ： $(\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_N)$ が定まりゼロクーポン債の価格 $P(t)$ の関数が決定される。期間 t のスポットレート $R(t)$ と $P(t)$ の関係から $R(t)$ を求めることができる。

$$R(t) = \left(\frac{1}{P(t)} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

なお、 α および UFR の設定に関しては、「2. 3. 3 (2) 補外の具体的手法」、「2. 3. 3 (3) 終局金利についての考察」を参照のこと。

なお、各行列は以下の通り。

$$m = (m_1, m_2, \dots, m_N)^T$$

$$C = \begin{bmatrix} c_{1,1} & c_{1,2} & c_{1,3} & \dots & \dots & c_{1,j} & \dots & c_{1,J} \\ c_{2,1} & c_{2,2} & c_{2,3} & \dots & \dots & c_{2,j} & \dots & c_{2,J} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{i,1} & c_{i,2} & c_{i,3} & \dots & \dots & c_{i,j} & \dots & c_{i,J} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{N,1} & c_{N,2} & c_{N,3} & \dots & \dots & c_{N,j} & \dots & c_{N,J} \end{bmatrix}$$

$$\mu = (e^{-UFRu_1}, e^{-UFRu_2}, \dots, e^{-UFRu_N})^T$$

$$\zeta = (\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_N)^T$$

$$W = \begin{bmatrix} W(u_1, u_1) & W(u_1, u_2) & W(u_1, u_3) & \dots & \dots & W(u_1, u_i) & \dots & W(u_1, u_j) \\ W(u_2, u_1) & W(u_2, u_2) & W(u_2, u_3) & \dots & \dots & W(u_2, u_i) & \dots & W(u_2, u_j) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ W(u_i, u_1) & W(u_i, u_2) & W(u_i, u_3) & \dots & \dots & W(u_i, u_i) & \dots & W(u_i, u_j) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ W(u_j, u_1) & W(u_j, u_2) & W(u_j, u_3) & \dots & \dots & W(u_j, u_i) & \dots & W(u_j, u_j) \end{bmatrix}$$

(例)

観測データ

満期年限	スワップレート	市場価格
1年	1.11%	1
2年	1.26%	1
4年	1.85%	1
6年	1.90%	1

UFRは3.20%、 α は0.1とする。

各行列は以下の様に与えられる。

$$m = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$C = \begin{pmatrix} 101.11\% & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.26\% & 101.26\% & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.85\% & 1.85\% & 1.85\% & 101.85\% & 0 & 0 \\ 1.90\% & 1.90\% & 1.90\% & 1.90\% & 1.90\% & 101.90\% \end{pmatrix}$$

$$\mu = \begin{pmatrix} 0.9685 \\ 0.9380 \\ 0.9085 \\ 0.8799 \\ 0.8521 \\ 0.8253 \end{pmatrix}$$

$$W = \begin{pmatrix} 0.0088 & 0.0163 & 0.0227 & 0.0280 & 0.0324 & 0.0360 \\ 0.0163 & 0.0309 & 0.0433 & 0.0537 & 0.0623 & 0.0693 \\ 0.0227 & 0.0433 & 0.0614 & 0.0766 & 0.0893 & 0.0996 \\ 0.0280 & 0.0537 & 0.0766 & 0.0965 & 0.1131 & 0.1268 \\ 0.0324 & 0.0623 & 0.0893 & 0.1131 & 0.1336 & 0.1505 \\ 0.0360 & 0.0693 & 0.0996 & 0.1268 & 0.1505 & 0.1707 \end{pmatrix}$$

従って、以下の結果を得ることができ、パラメータが決定される。

$$(CWC^T)^{-1} = \begin{pmatrix} 9,107.5 & -6,801.4 & 1,492.1 & -270.1 \\ -6,801.4 & 6,477.1 & -2,404.8 & 599.1 \\ 1,492.1 & -2,404.8 & 1,851.7 & -713.4 \\ -270.1 & 599.1 & -713.4 & 345.8 \end{pmatrix}$$

$$m - C\mu = \begin{pmatrix} 0.0207 \\ 0.0380 \\ 0.0518 \\ 0.0726 \end{pmatrix}$$

$$\zeta = \begin{pmatrix} -11.6907 \\ 23.8325 \\ -16.2694 \\ 5.3093 \end{pmatrix}$$

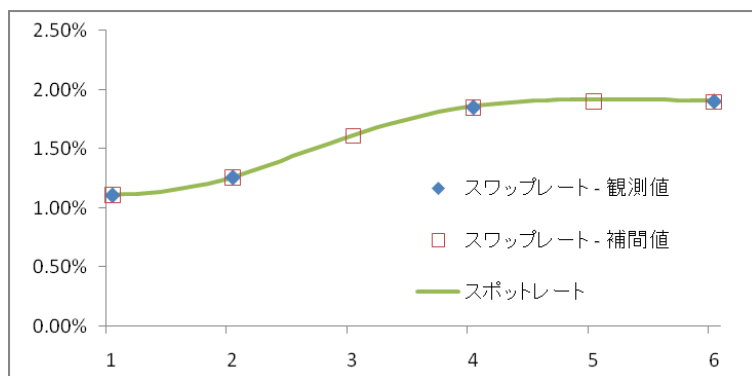
また、割引率 $P(t)$ は行列を用い、以下の様に表すことができる。

$$P(t) = e^{-UFRt} + W(t)^T \cdot C^T \cdot \zeta$$

$$W(t) = \begin{bmatrix} W(t, u_1) \\ W(t, u_2) \\ \dots \\ W(t, u_j) \\ \dots \\ W(t, u_j) \end{bmatrix}$$

以上より、算出結果は以下の通りとなる。

T	P(t) 割引率	R(t) スポットレート
1	0.98902	1.110%
2	0.97525	1.261%
3	0.95303	1.617%
4	0.92885	1.862%
5	0.90942	1.917%
6	0.89268	1.910%



【特徴】

251 以下4つの特徴が挙げられる。

- ① 全ての参照金利を必ず通過する
- ② 補間期間を通して（補外期間も）滑らかなカーブを描く
- ③ フォワードレートがUFRへ漸近的に収束する（補外の特徴）
- ④ 補間および補外を統合的な手法で行うことができる

252 全参照データを通して補間期間を通して滑らかなカーブを描くという点でスプライン法と同様の
特徴を有し、補間と補外を統合的な手法で行っているという点も特徴のひとつと言える。

253 なお、CEIOPS「QIS5 Risk-free interest rates – Extrapolation method」では、この手法のメリ
ットおよびデメリットを整理した上で、評価時点の市場状況を反映し安定的で強固な補外を一体的
に行うことができるこの手法をQIS5では選択されたと考えられる。

254 メリットおよびデメリットについては「2. 3. 1 (1) ソルベンシーIIにおける取り扱い」中の
スミス・ウィルソン法の利点と欠点を参照。

(e) バシチェック・モデル

【概要】

- 255 1ファクターの金利モデルの一種であるバシチェック・モデルを用いた補間および補外方法である。バシチェック・モデルは瞬間スポットレート $r(t)$ を以下のような確率微分方程式で表現される。

$$dr = a(b - r)dt + \alpha dz$$

短期金利 r は、平均回帰率 a で水準 b へ引っ張られ、この引っ張る働きに正規分布に従う確率項 αdz が加わる。

- 256 また、満期 T に 1 を支払う債券の時点 t での価格式 $P(t, T)$ は以下の様に表現できる。

$$P(t, T) = A(t, T) \cdot e^{-B(t, T)r(t)}$$

$$A(t, T) = \exp \left[\frac{(B(t, T) - T + t) \left(a^2 b - \frac{\sigma^2}{2} \right) - \frac{\sigma^2 B(t, T)^2}{4a}}{a^2} \right]$$

$$B(t, T) = \frac{1 - e^{-a(T-t)}}{a}$$

- 257 さらに、満期 T のスポットレートの時点 t での水準 $R(t, T)$ は以下の様に表現できる。

$$R(t, T) = -\frac{1}{T-t} \ln A(t, T) + \frac{1}{T-t} B(t, T) \cdot r(t)$$

- 258 従って、パラメータ a 、 b 、ボラティリティ σ および短期金利の水準 $r(t)$ を与えればスポットレートを関数の形で表すことができ、ネルソン・シーゲル法と同様に、時点 T に数値を与えることでイールドカーブを得ることができる。

なお、 T を無限大とした場合 $R(t, \infty)$ は以下の形となり、スポットレートは超長期で定数に収束することとなる。

$$R(t, \infty) = b - \frac{\sigma^2}{2a^2}$$

- 259 評価時点のイールドカーブは $R(0, T)$ を求めることで期間構造を決定することができる。パラメータ σ 、 $r(0)$ に関する前提を与え、残りのパラメータ a, b は観測データと二乗誤差を最小化することにより定められる。

(例)

観測データ

満期年限	スポットレート
1年	1.11%
2年	1.26%
4年	1.85%
6年	1.90%
8年	2.00%
10年	2.20%

短期金利の水準およびボラティリティを以下の様に与えるとする。

パラメータ	値
$r(0)$	1.00%
σ	0.1

パラメータ a, b に適当な初期値を与えると以下の通りとなる。

パラメータ	初期値
a	0.1
b	1.00%

パラメータ	値
σ	0.02%
r	1.25%

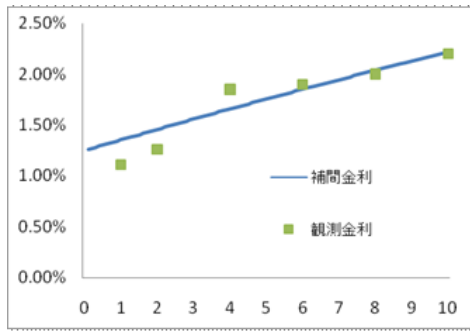
t	観測データ: スポットレート	補間金利: R(0,T)	二乗誤差
1	1.11%	1.24%	0.0000016
2	1.26%	1.23%	0.0000001
3		1.22%	
4	1.85%	1.21%	0.0000415
5		1.20%	
6	1.90%	1.19%	0.0000507
7		1.18%	
8	2.00%	1.17%	0.0000685
9		1.16%	
10	2.20%	1.16%	0.0001086
合計			0.0002710

次に、二乗誤差の合計が最小となるようにパラメータ a, b を定め、モデル式を決定することで以下の補間結果を得ることができる。(ここでは、エクセルのソルバー機能を用いて定めた。)

パラメータ	値
a	0.02778
b	8.84%

パラメータ	値
σ	0.02%
r	1.25%

t	観測データ: スポットレート	補間金利: R(0,T)	二乗誤差
1	1.11%	1.35%	0.0000060
2	1.26%	1.46%	0.0000039
3		1.56%	
4	1.85%	1.66%	0.0000037
5		1.75%	
6	1.90%	1.85%	0.0000003
7		1.94%	
8	2.00%	2.03%	0.0000001
9		2.12%	
10	2.20%	2.21%	0.0000000
合計			0.0000140

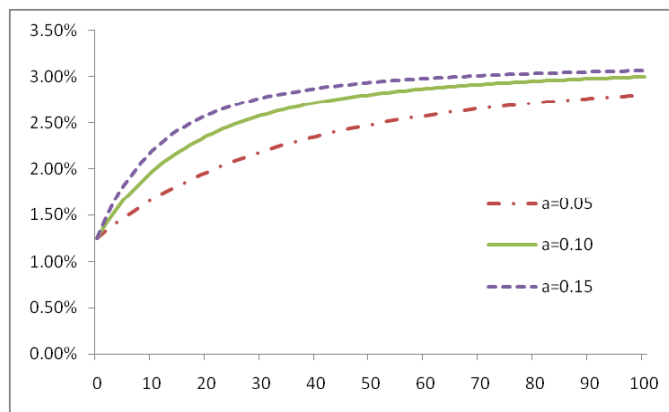


【特徴】

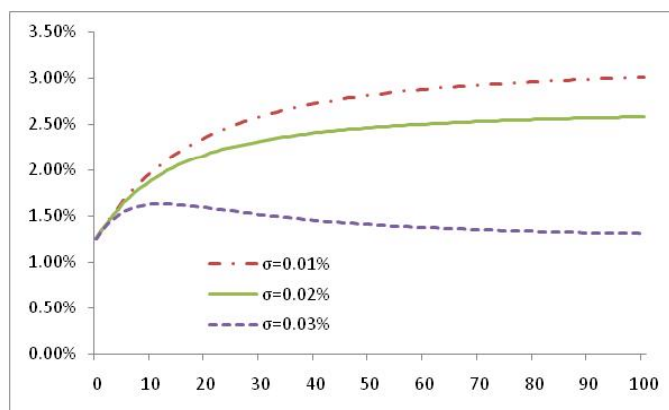
260 割引債の価格式が簡単な形で表現されるため、金利モデルの中では比較的に取扱が簡易である。また、パラメータ設定に関しては、ボラティリティや短期金利の水準を与え、割引債の価格式と観測価格の二乗誤差を最小にするなどの方法が考えられる。しかしながら、短期金利の水準をネルソン・シーゲル法の瞬間フォワードレートを用いて推定することも考えられ、パラメータの設定には様々な方法が存在する。

261 以下はパラメータの違いによるイールドの形状変化を表したグラフである。

b	3.20%
σ	0.02%
$r(0)$	1.25%



b	3.20%
a	0.10
$r(0)$	1.25%



262 なお、マイナス金利が発生し得るという点でネルソン・シーゲル法と同じデメリットを有し、低金利下ではマイナス金利の発生する可能性が高くなるため、日本の低金利状況を考慮した場合、このような特性を十分に理解する必要がある。

(f) 比較

263 (a)～(e)の手法を補間の観点で比較すると以下のとおり。

- ・各手法とも、観測データと完全に一致した点を通過するか、またはその近傍⁵⁰を通過するもので、観測データと整合的であるといえる。
- ・スプライン法以外においては、パラメータの設定等において、恣意的な要素が入る余地がある。補間と補外を同一の手法で行えるという点では、ネルソン・シーゲル法、スミス・ウィルソン法、バチェック・モデルにメリットがある。

264 なお、十分な観測データがあり、補間値が観測データと整合していれば、手法の違いが補間結果に大きな影響を及ぼすことは考え難い。ただし、補間すべき区間が長い場合は、補間結果に差異が生じる可能性があることには留意が必要である。

項目	単純な補間	スプライン法	ネルソン・シーゲル法	スミス・ウィルソン法	バチェック・モデル
概要	フォワードレート等に一定の前提を与える	・ スポットレートを3次曲線で接続 ・ 全観測データを通過	・ モデル式:瞬間フォワードレート ・ 全観測データにフィッティング	・ モデル式:割引債の価格式 ・ 全観測データを通過 ・ フォワードレートがマクロ経済的UFRに漸近的収束	・ モデル式:瞬間スポットレート ・ 全観測データにフィッティング ・ 短期金利/ボラティリティの前提が必要
観測データとの整合性	○ 全ての観測データを通過	○ 全ての観測データを通過	△ 低金利下においては必ずしも近傍を通過しないとの指摘がある	○ 全ての観測データを通過	△ 低金利下においては必ずしも近傍を通過しないとの指摘がある
形状の滑らかさ	× 滑らかではない	△ スポット:滑らか フォワード:状況による	○ 滑らか	○ 滑らか	○ 滑らか
マイナスの金利	○ 発生しない	× 発生する	× 発生する	× 発生する	× 発生する
恣意的要素	△ 何等かの前提を与える必要あり	○ なし	△ 前提の決め方に恣意性が入る余地あり	△ UFR および α の設定に恣意性が入る余地あり	× 短期金利水準/ボラティリティ/パラメータの設定に恣意性
補間と補外の整合性	× 一般的に別の補外手法と併用される	× 一般的に別の補外手法と併用される	○ 同じ手法	○ 同じ手法	○ 同じ手法
扱いやすさ	○ 簡易	○ 簡易	△ 最小二乗法でパラメータを設定する	△ 参照データによらずスポットレートが連立方程式の解となる	× 様々なパラメータの設定方法がある
一般性	○ 多くの場面で使用されている	○ ファイナンスの分野では一般的	○ ファイナンスの分野では一般的	○ QIS5で採用	△ ファイナンスの分野では各種確率金利モデルの使用も見られる

⁵⁰ 観測データの状況によっては、必ずしもその近傍を通過しない可能性については留意が必要。

(2) 補外の具体的手法

265 保険キャッシュフローは、市場で観測できる金融資産の年限を大きく超えた超長期性を持つものが多く、補外結果は保険負債評価および金利リスク評価にも影響を及ぼす。なお補外手法により補外結果は異なるが、金融資産が存在しない年限のため、補外結果のバックテストは困難であり、慎重な検討が必要である。

266 始めに補外の分類について CEIOPS 勧告をもとに整理を行う。

Technical Provisions – Article 86 b –
Risk-free interest rate term structure

超長期年限の補外に関する記載

補外には以下 4 つの方法があるが、全ての CEIOPS メンバーが適切または安定的と考えるものはない。

- 単純補外 (Simple extrapolation techniques)
金利を最後の市場データ以降一定とみなす。
- マクロ経済に基づく補外 (Macroeconomic extrapolation techniques)
例えば、経済分析に基づく長期均衡金利と利用可能なデータポイントと均衡金利を補間する。
- パラメータ化 (Parameterisation techniques)
金融市場で最も用いられている方法で様々なものがある。少し例をあげるだけでも、フォワードレートを一定にする方法 (QIS4 で用いられた)、スベンソン法 (欧州中央銀行公表の国債イールドカーブで用いられている)、1-ファクターのバシチェックを使用する方法がある。
- 固定スプレッドまたは変動スプレッド (Constant or variable spread)
例えば、ユーロの補外を適切な手法で行った後、ユーロと当該通貨の金利のスプレッドを用いて補外を行う。

補外方法	具体的手法
(a) 単純補外	• 一定年限以降のスポットレートを一定にする手法
(b) マクロ経済的補外	• スミス・ウィルソン法
(c) 観測データを用いた予測	• フォワードレートを一定にする方法 (QIS4 で使用) • ネルソン・シーゲル法 • スベンソン法 (拡張ネルソン・シーゲル法) ⁵¹ • 1-ファクターであるバシチェックのモデルを用いる手法
(d) スプレッド調整	• 補外されたイールドカーブにスプレッド調整を行う手法

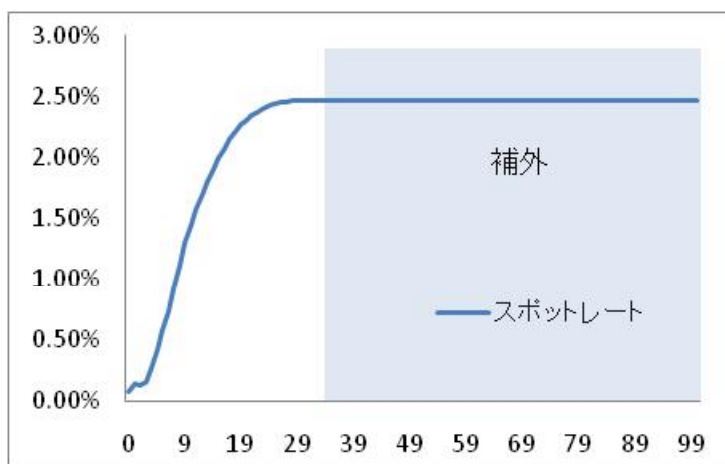
⁵¹ ネルソン・シーゲル法の瞬間フォワードレートのモデル式に第 4 項目として第 3 項目と同じ形の項を追加したものであり、特徴はネルソン・シーゲル法に準じるため説明は省く。

(a) 単純補外

【概要】

- 267 一定年限以降のスポットレートを以降も一定と見なし補外する手法。平成 22 年 6 月「経済価値ベースのソルベンシー規制の導入に係るフィールドテスト」の仕様書において、現在推計に適用する割引率に関し、試算内容の 1 つに「35 年を超える期間に対しては 35 年の割引率を適用」というパターンがあるが、これが単純補外に該当する手法である。

期間 (年)	スポットレート 円建
1	0.13%
5	0.56%
10	1.44%
15	1.98%
20	2.30%
25	2.43%
30	2.45%
35	2.45%
40	2.45%
50	2.45%
60	2.45%
70	2.45%
80	2.45%
90	2.45%



【特徴】

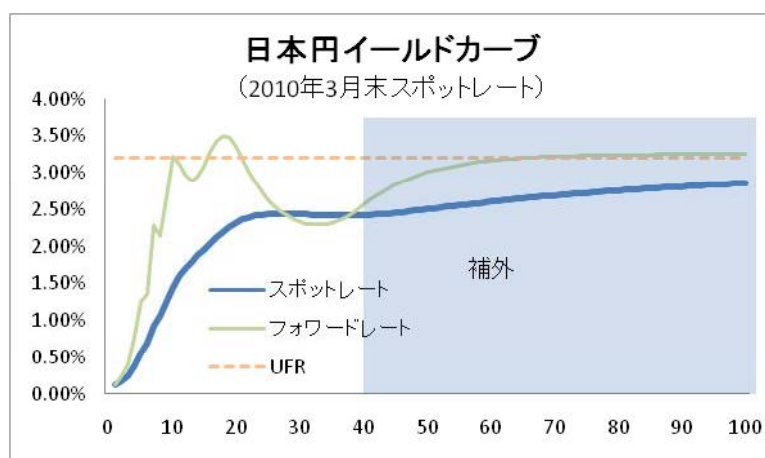
- 268 市場データが存在しない範囲は調整を加えないという非常に簡単な手法であり、調整を加えないために恣意性が入る余地も無い。ただし、イールドの形状が途中から一定となるため滑らかでないイールドカーブとなる恐れがある。この方法は補外開始時点の金利水準に大きく依存するため、当該データの変動に大きく左右される。

(b) マクロ経済的補外

- 269 超長期の予測金利をマクロ経済的な分析（必ずしも経済分析によるとは限らない）から与え、この超長期予測金利と最終データを補間して補外結果を得る手法である。QIS5 で用いられたスミス・ウィルソン法がこの手法である。
- 270 スミス・ウィルソン法による補外の具体的手法は以下のとおりである。

【概要】

- 271 スミス・ウィルソン法については補間手法でも記載したが、パラメータとして究極フォワードレート：UFR (ultimate forward rate)と UFR への収束速度を表す α を与えることにより、債券価格の観測値にフィットするイールドカーブを導出する手法である。
- 272 下記の割引率 $P(t)$ の係数が定まれば、補外時点 t を与えることで補外値を得る。
- $$P(t) = e^{-UFRt} + \sum_{i=1}^N \zeta_i \cdot \left(\sum_{j=1}^J c_{i,j} \cdot W(t, u_j) \right) \quad (t \geq 0)$$
- 273 ある時点でフォワードレートが UFR に漸近的に到達するモデルとなっており、収束スピードを表す α が大きければ早めの時点で UFR の水準に漸近的に到達する。
- 274 なお、QIS5 では、円通貨に対して UFR を 3.2%と定め、UFR 到達時点を 90 年とし、90 年の時点でフォワードレートと UFR の乖離が ± 3 ベーシスポイントの範囲内になるように α が調整される。



UFR: 3.2%、 α : 0.1

【特徴】

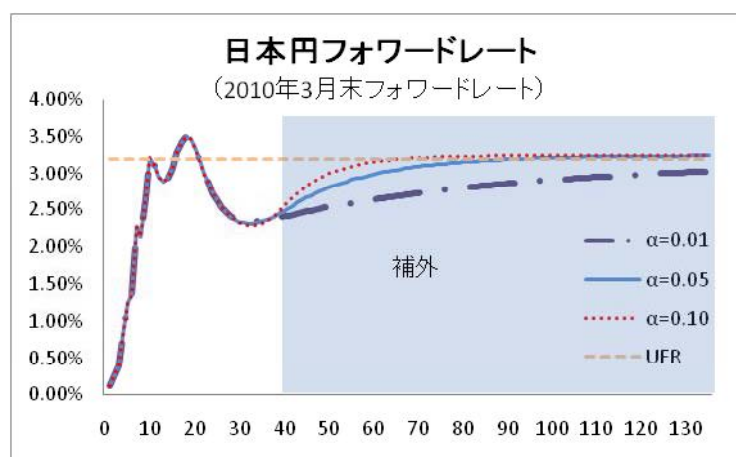
275 大きな特徴は以下 2 点が挙げられる。

- ① フォワードレートが究極フォワードレート（UFR）へ漸近的に収束する
- ② 補間および補外を統合的な手法で行うことができる

276 特徴②を有するため、補間と補外のつなぎ目も滑らかなイールドカーブを描くことが可能であり、特徴①により、UFR の水準に変更がなければ中短期の市場データに左右されず比較的安定的なイールドカーブを描くことができる。

277 ただし、UFR の設定および変更に関しては、マクロ経済的なアプローチが必要であり、十分な検討が必要である。なお、 α は UFR への収束スピードを調整する役割を持ち、 α の値を大きくすることでより早い時点でフォワードレートを UFR に収束させることができる。（下図参照）この α を調整する事で補外期間のイールドカーブの滑らかさの程度を調整することが可能である。

278 QIS5 では UFR 到達時点（漸近的に）を 90 年と固定した上で α が調整されたが、補外期間のイールドカーブが滑らかであるかという点を考慮しながらパラメータを決定する必要があると考えられる。



279 また、” QIS5 Risk-free interest rates - Extrapolation method ” には、マクロ経済的手法のスミス・ウィルソン法が採用された背景として以下の記載がある

“保険会社や再保険会社の技術的準備金の評価額やソルベンシーのポジションの評価は、短期金利の強いフラクチュエーションにより、激しく歪むようなことは起こるべきではない。参照レートが短期金利に限定されていて、これらの短期金利を単純に補外すると過大なボラティリティをもたらすような通貨にとっては特に重要なことである。マクロ経済的なモデルは、長期に亘り比較的安定的な結果が求まるモデルという要請を満たすこととなる。”

280 従って、保険会社や再保険会社にとって、参照データのボラティリティが補外期間に過剰な影響を及ぼす事態は財務的およびソルベンシー的に好ましくなく、市場整合的であり同時に安定的であるという要件を満たす補外手法が望ましいと考えられている。

281 この点でスミス・ウィルソン法は補間期間の全ての参照データを通過し、補外期間へのつなぎも滑らかであるため、市場整合性を持ち、さらには、マクロ経済的補外がもたらす安定性という 2 つの要件を満たしていると判断されたと考えられる。

282 なお、UFR の設定に関しては「2. 3. 3 (3) 終局金利についての考察」を参照。

(c) 観測データを用いた予測

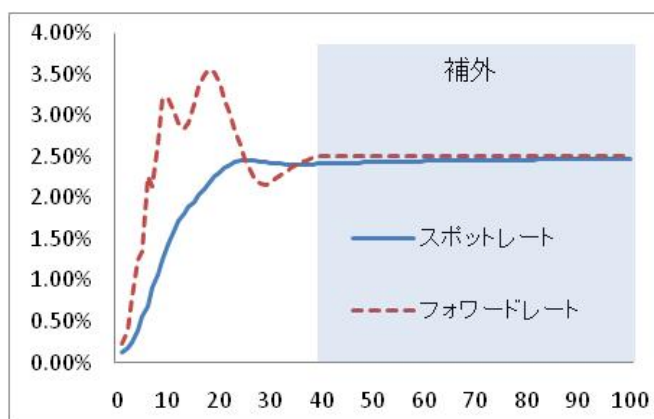
283 観測データから補外結果を予測することによりイールドカーブを算出する方法である。これは、一般的な実務で多く見られる補外手法であり、様々な種類が存在する。その中でフォワードレートを一定にする方法、ネルソン・シーゲル法およびバシチェック・モデルについて記載する。

(iii) フォワードレートを一定にする方法

【概要】

284 補外期間のフォワードレートを何らかの前提で一定と見なす方法。補外開始時点の直前年度のフォワードレートを以降も一定とする前提が一般的と考えられる。

期間 (年)	スポットレート	フォワード レート
1	0.12%	0.24%
5	0.56%	1.35%
10	1.44%	3.21%
15	1.96%	3.14%
20	2.32%	3.38%
25	2.46%	2.48%
30	2.43%	2.20%
35	2.41%	2.41%
40	2.41%	2.51%
50	2.43%	2.51%
60	2.45%	2.51%
70	2.46%	2.51%
80	2.46%	2.51%
90	2.47%	2.51%



【特徴】

285 簡単な手法であるため一般的に多くの場面で使用される補外手法のひとつである。フォワードレートのみに一定の前提を置き、スポットレートは比較的に滑らかなイールドカーブを描く。しかしながら、補外期間のフォワードレートの水準が補外開始時点の直前年度のフォワードレートに依存するため、単純補外と同様に当該データの変動に応じて、補外結果が大きく変動する。また、フォワードレートを一定とするのではなく、何らかのドライバーで変化させる等、様々な前提⁵²が考えられる。

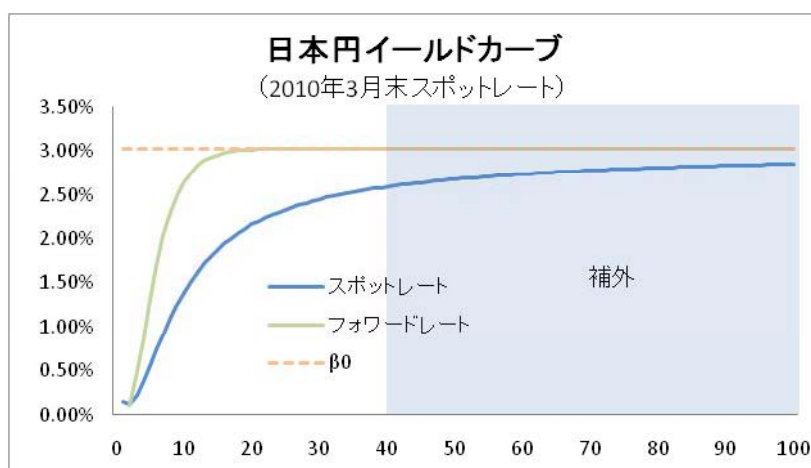
⁵² 補外開始時点の直前の2つの観測値により測定されるフォワードレートを補外期間に亘り一定とする前提もひとつの例である。これは、2010年度のフィールドテストにおいて配布された「質問9 3に係るワークシート.xls」の中で用いられている前提の置き方である。

(iv) ネルソン・シーゲル法

【概要】

286 補間手法で触れたネルソン・シーゲル法を用い、スポットレート関数 $R(m)$ を補間期間にフィッティングするようにパラメータを決定した後、その関数の時点を進めることで補外期間のイールドカーブを得る補外手法である。

$$R(m) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{\tau}{m}\right) \cdot \left\langle 1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau}\right) \right\rangle + \beta_2 \cdot \left[\left(\frac{\tau}{m}\right) \cdot \left\langle 1 - \exp\left(-\frac{m}{\tau}\right) \right\rangle - \exp\left(-\frac{m}{\tau}\right) \right]$$



【特徴】

287 以下2点が特徴として挙げられる。

- ① 補外開始時点でも滑らかなカーブを描く
補間と補外に対して統一的な関数を用いるため、補間および補外期間を通して滑らかなイールドカーブを描くことができる。
- ② フォワードレートが β_0 に収束し、 β_0 と収束の速さが補外結果を決定する
ネルソン・シーゲル法はフォワードレートがパラメータ β_0 に収束する特徴を持っており、 β_0 の水準と β_0 への収束するスピードにより補外期間のイールドカーブが決定される。
従って、補外期間のイールドカーブは β_0 の水準に大きく左右され、パラメータの設定に恣意性が入る可能性がある場合は注意が必要である。

288 また、補間の際にも触れたが、中短期に多くのグリッドポイントを取り、期間等に関する重みを付けず、このグリッドポイントで観測値との最小二乗誤差を取った場合、前半のイールドカーブに強くフィットするパラメータが選択される可能性がある。結果的に長期以降のイールドカーブの構成要素は β_0 の影響を大きく受ける可能性がある。

289 なお、「2. 3. 3 (1) (c)ネルソン・シーゲル法」でも触れたように、参照データの状況によってはパラメータ設定時の初期値が結果に影響を及ぼす可能性がある。

(v) バシチェック・モデル

【概要】

290 補間手法で触れたバシチェック・モデルの評価時点のスポットレート関数 $R(0, T)$ を補間期間にフィッティングした後、その関数を補外期間にも延長して適用する補外手法である。

$$R(0, T) = -\frac{1}{T} \ln A(0, T) + \frac{1}{T} B(0, T) \cdot r(0)$$

ただし、

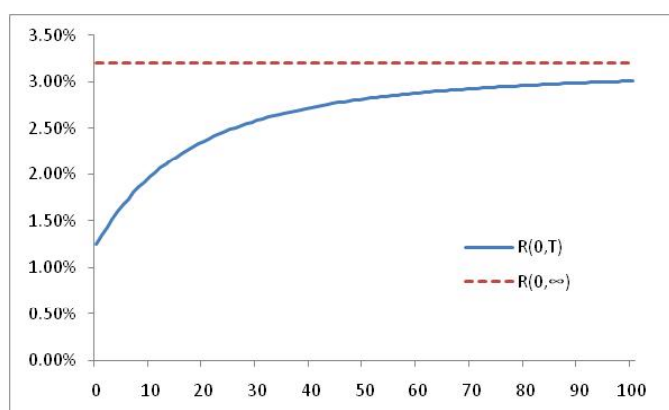
$$A(0, T) = \exp \left[\frac{(B(0, T) - T) \left(a^2 b - \frac{\sigma^2}{2} \right)}{a^2} - \frac{\sigma^2 B(0, T)^2}{4a} \right]$$

$$B(0, T) = \frac{1 - e^{-aT}}{a}$$

なお、補間手法の説明でも触れたように T を無限大とした場合 $R(0, \infty)$ は以下の形となり、スポットレートは超長期で定数に収束することとなる。

$$R(0, \infty) = b - \frac{\sigma^2}{2a^2}$$

a	0.1
b	3.20%
σ	0.02%
$r(0)$	1.25%



【特徴】

291 金利を関数の形で表すネルソン・シーゲル法と同様の特徴を有する。

- ① 補外開始時点でも滑らかなカーブを描く
補間と補外に統一的な関数を用いるため、補間および補外期間を通して滑らかなイールドカーブとなる。
- ② スポットレートが $R(0, \infty)$ に収束し、 $R(0, \infty)$ の水準と収束の早さが補外結果を決定する
この方法は $R(0, \infty)$ にスポットレートが収束するため、 $R(0, \infty)$ の水準と収束スピードで補外期間にイールドカーブが特徴付けられ、 $R(0, \infty)$ の水準に補外結果が大きく左右されるものとなる。

292 バシチェック・モデルはあくまでも期間構造モデルの一例として、その中でも扱いやすいワン・ファクター・モデルを例示した。本報告書においてはこれ以上の考察は行わないが、より観測データにフィッティングするマルチ・ファクター・モデルの金利モデルを使用する方法も検討に値すると考えられる。

(d) スプレッド調整

【概要】

- 293 この手法は本質的な補外手法とは異なる。既に適正に補外されたイールドカーブ（もしくは参照データによるイールドカーブ）があり、そのイールドカーブのスプレッドを調整することで他のイールドカーブを補外する手法である。
- 294 例えば、CEIOPS の割引率に関する提言の中に、ユーロ以外の通貨のイールドカーブを補外する際に、適正に補外されたユーロ通貨のイールドカーブをもとに、ユーロに対する他通貨のスプレッドを調整することで補外結果とする手法が例として紹介されている。

(例)	20 年金利	22 年金利	24 年金利
通貨 x	観測値 4.25%	観測値：なし 補外値：4.20% = 3.45 + 0.75	観測値：なし 補外値：4.10% = 3.35 + 0.75
ユーロ	3.50%	3.45%	3.35%
スプレッド (・/x)	+75bp (4.25 - 3.50)	+75bp (一定とする)	+75bp (一定とする)

【特徴】

- 295 この手法は、観測データが少ない等の理由で、観測データのみから補外値を算出するのが困難な場合に代替的手法として用いられるものと考えられる。スプレッドに対する前提の取り方にもよるが、イールドカーブの構造が参照先のイールドの構造に左右され（例えばユーロに）、必ずしも市場整合的でない可能性がある。また、長期の国債等に十分な流動性がない場合、その期間について十分に流動性のある他の金融商品のイールドカーブのスプレッドを調整することで補外する手法もこれに該当すると思われる。

(e) 比較

296 (a)～(c)の手法について、(一部の手法は補間でも用いられるが、)補外という観点で比較すると以下のとおり。なお、(d)については本質的な補外方法とは異なるため比較対象から除いている。

- ・各手法とも、何らかの観測データに依拠しているという意味で、観測データと整合的であると考えられるが、依拠の程度に違いが見られる。
- ・単純補外法以外においては、パラメータの設定等において、恣意的な要素が入る余地がある。
- ・補間と補外を同一の手法で行えるという点では、ネルソン・シーゲル法、スミス・ウィルソン法、バチェック・モデルにメリットがある。
- ・補外開始点の金利変動に対して補外結果が安定的であることを求める場合には、スミス・ウィルソン法の安定性が高い。

項目	単純補外法	スミス・ウィルソン法	フォワードレート一定法	ネルソン・シーゲル法	バチェック・モデル
概要	最終観測スポットレートを以降一定	・モデル式：割引際の価値格式 ・全参照データ通過 ・フォワードレートがマクロ経済的UFRに漸近的収束	最終観測フォワードレート等を以降一定	・モデル式：瞬間フォワードレート ・全参照データにフィッティング	・モデル式：瞬間スポットレート ・全参照データにフィッティング ・短期金利/ボラティリティ前提が必要
観測データとの整合性	△ 最終観測データのみ に依拠	○ 全ての観測データ に依拠	△ 最終観測データ のみ に依拠	○ 全ての観測データ に依拠	○ 全ての観測データ に依拠
形状の滑らかさ	× スポット：フラット フォワード：フラット	○ 滑らか	△ スポット：前提による フォワード：フラット	○ 滑らか	○ 滑らか
マイナスの金利	○ 発生しない	× 発生する	△ 前提により発生	× 発生する	× 発生する
恣意的要素	○ なし	△ UFRおよびαの設定 に恣意性 の入る余地あり	○ なし	△ パラメータの設定 に恣意性 の入る余地あり	× 短期金利水準/ ボラティリティ/ パラメータの 設定に恣意性
補間と補外の整合性	×	○ 同じ手法	×	○ 同じ手法	○ 同じ手法
扱いやすさ	○ 簡易	△ 参照データによらず スポットレートが連立 方程式の解となる	○ 簡易	△ 最小二乗法でパラメ ータを設定する	× 様々なパラメータ の設定方法がある
一般性	○ 多くの場面で使用	○ QIS5での標準的 手法	○ 多くの場面で使用 されている	○ ファイナンスの分 野では一般的に 使用されている	× 補外の手法とし ては一般的でない
安定性	×	○ フォワードレートが UFRに漸近的に収束	×	×	×

(3) 終局金利についての考察

(a) 終局金利の特徴と論点

(i) 終局金利の特徴

- 297 スミス・ウィルソン法による補外手法の大きな特徴のひとつとして、マクロ経済的視点にもとづく終局金利である究極フォワードレート：UFR(ultimate forward rate)の存在が挙げられる。また、「(2) 補外の具体的手法」で挙げた分類の各補外手法のいずれも、ある種の終局金利の前提が置かれていると考えることができる。

分類	手法	終局金利（水準）	終局金利の変動性	終局金利の設定方法
単純補外	一定年限以降のスポットレートを一定にする手法	補間最終年度のスポットレート	大	補間最終年度のスポットレート
マクロ経済的補外	スミス・ウィルソン法	UFR	小	マクロ経済的
観測データを用いた予測	<ul style="list-style-type: none"> ・ フォワードレートを一定にする手法 ・ ネルソン・シーゲル法 ・ その他金利モデル (バシチェック) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一定の前提を置いたフォワードレート ・ β_0 ・ $b - \frac{\sigma^2}{2a^2}$ 	大	<ul style="list-style-type: none"> ・ 補間最終年度のフォワードレート等の前提を参照 ・ 観測データへの関数のフィッティング
スプレッド調整法	スプレッド調整対象金利に依存する			

- 298 上記で整理した通り、変動性の大小がそれぞれの終局金利の特徴的な違いとなっている。この変動性の大小は終局金利に対する考え方の違いにもとづくものである。

考え方 1) 超長期金利の水準は、評価日時点の金利水準に直接的に依存する
終局金利は、評価日時点の観測市場の全てもしくは一部の情報を用いて見積もられた超長期年限の金利水準と解釈することができる。すなわち評価時の観測データに応じて、終局金利は変動する。

考え方 2) 超長期金利の水準は、評価日時点の金利水準ではなく、マクロ経済の状態に依存する
終局金利は超長期の遠い将来の金利水準として解釈できる。従って、マクロ経済的な長期均衡金利をもって終局金利は評価されるものである。すなわち長期均衡金利が変化しない限り、(従って基本的には) 終局金利は変動しない。

- 299 将来の金利見通しがイールドカーブに反映されているという考えに立てば、この両者にもとづく終局金利は同じ水準になるとも考えられるが、現実には一致しない。実際に、観測データを用いた予測により求められる終局金利は、補外手法により様々な水準が与えられる。例えば、ネルソン・シーゲル法であれば観測市場に関数がフィッティングされた結果、パラメータの 1 つ β_0 で終局金利が与えられる。

300 考え方2のアプローチとして QIS5 で用いられたマクロ経済的な終局金利の設定方法を再掲する。

UFR はマクロ経済的視点に基づき以下 4 つの要素で構成されることが検討され、「期間プレミアム」、「コンベクシティ調整」については根拠数値が乏しい等の理由で QIS5 では採用されなかった。

- ① 期待長期インフレ率
- ② 期待長期実質金利
- ③ 期間プレミアム
- ④ コンベクシティ調整

① 期待長期インフレ率

- ・ 多くの中央銀行はインフレーション目標を 2.0%としていることから、標準的な長期インフレ率の期待値を 2.0%に設定
- ・ 1994 年から 2009 年のインフレーションのデータに基づいて、OECD 諸国等を以下の 3 つのグループに分類し、長期インフレ率の期待値を設定

低インフレ国	1.0% (標準-1.0%)
標準インフレ国	2.0%
高インフレ国	3.0% (標準+1.0%)

- ・ 日本は低インフレ国に分類

② 期待長期実質金利

- ・ 100 年後の実質金利は各国で大幅に変わらないと想定
- ・ 19 カ国の過去の 110 年 (1900-2009) の実質債券リターンの平均は 1.7%
- ・ 12 カ国の 20 世紀後半の債券リターンの平均は 2.3%
- ・ これらのデータを基に長期実質金利を 2.2%に設定

円通貨に対する UFR は 3.2% (= 1.0% + 2.2%) と設定された。

(ii) 考察

① 設定方法について

301 考え方 1 において、観測データに基づいて超長期年限の金利水準を適切に見積もる必要があるが、各種手法が超長期年限の金利水準を必ずしも適切に見積もっているとは言い難い。

302 下図はネルソン・シーゲル法による終局金利の水準 (β_0) であり、最終年限の年数は使用した観測データの最終年限を示している。

観測データの最終年限と終局金利の水準の関係(ネルソン・シーゲル法)
(2010年3月31日 日本国債パーレート参照)

最終年限	10年	20年	30年	40年
β_0	4.93%	3.51%	3.21%	3.05%
スポットレート	1.43%	2.33%	2.56%	2.61%

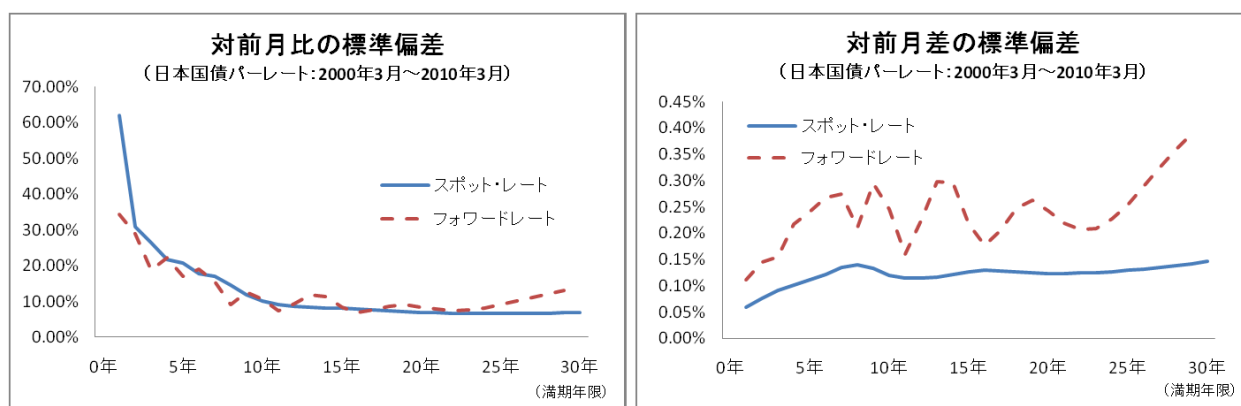
※フィッティングについては最小二乗法を用いた。

303 使用観測データの最終年限により終局金利の水準が異なることが分かる。従って、40 年までの観測データにより与えられた終局金利が、超長期年限の利回りを適切に見積もっているとは必ずしも言えない。例えば、50 年債が存在すれば終局金利の水準が変わることが予想される。

- 304 次に、考え方2においては、用いるべきマクロ経済的手法が確立されているとは言えず、また設定の過程で多くの判断を伴うという課題がある。例えば、期待長期インフレ率の設定において、QIS5では中央銀行の目標インフレ率や過去の経験値分析にもとづき設定され、経験値の観測期間も含め多くの恣意的要素が含まれることになる。
- 305 従って、このような分析を経て与えられた終局金利の水準は必ずしも適切であるとも言い切れない。また経済の将来見通しの前提は時間の経過とともに変化していると考えられ、多少なりとも終局金利の水準は変動すると考えるのが自然である。

② 過去の経験実績について

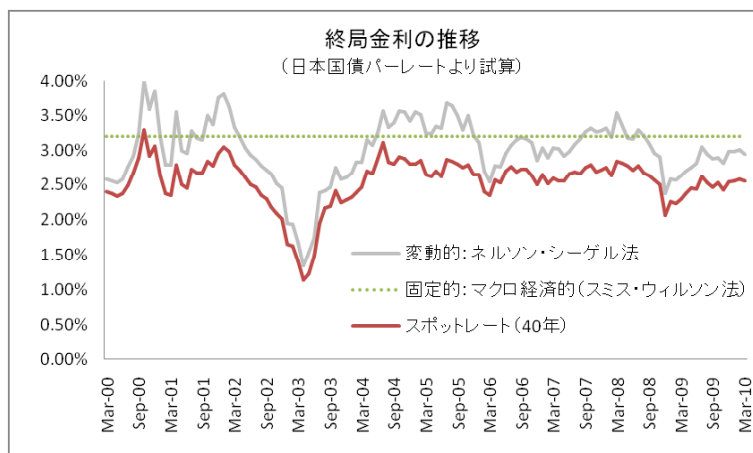
- 306 下図は2000年3月～2010年3月の121カ月分の日本国債パーレートをスプライン補間し、各年限のスポットレートおよびフォワードレートの対前月比および差の標準偏差を示したものである。



- 307 対前月比に関しては満期年限が長期になるほど標準偏差が低くなる傾向が見られる。一方で、対前月差では同様な傾向を見ることはできない。この結果を見た限りでは固定的に終局金利を設定することを肯定することも否定することもできない。

③ 経済状況との乖離について

- 308 終局金利を変動させない場合は、評価時の経済状況と乖離している懸念がある。次図は2000年3月から2010年3月までの121ヶ月間の終局金利の推移状況である。



- 309 2003年3月は市場金利が大きく低下している。マクロ経済的(スミス・ウィルソン法)に基づく固定的な終局金利は一定であるため、長期金利水準に比べて高い水準となり、逆にネルソン・シーゲル法にもとづく変動的な終局金利は長期金利水準と同水準まで低下している。

✓ 変動終局金利について

2003年3月における終局金利の状況は、超長期の債券利回りが長期債と同水準と見積もられていると考えられるが、例えば100年債の利回りを40年債と同水準と見積もることが適切であるかを判断することは難しい。このような状況においては終局金利が過少に評価されている可能性がある。

✓ 固定終局金利について

終局金利を市場金利によらず固定させた場合には、評価時の経済状況との乖離が懸念される。2003年3月のような低金利の状況では、将来の経済見通しに変化し、マクロ経済的に設定される終局金利も見直されるべきとも考えられる。

しかしながら、マクロ経済的な手法は一世紀単位の分析の上で設定されており、きめ細かな見直しは困難である。終局金利を見直さない場合、2003年3月のような状況のもとではマクロ経済的な終局金利の評価は過大であると言えるかもしれない一方で、その後の市場金利の回復が見られたことから、結果として変更しない水準で適切であったともいえるかもしれない。

310 上記のグラフで示した2000年代は市場金利の変動が比較的一定の範囲内に収まっていた時期であるが、過去には金利が上昇傾向あるいは低下傾向にあり極端な高金利あるいは低金利となった時期もあり、どの様な時期においても固定的あるいは変動終局金利のいずれか一方が適切であるとは判断し難い。場合によっては、いずれも適切であるとは言えないのかもしれない。

④ 保守性について

311 経済価値にもとづく保険負債評価ではあるが、保守性の観点から低めの終局金利が望ましいというのも一つの考え方ともいえる。

312 しかしながら、金利が高い局面では相対的に変動しない終局金利は低く、逆に金利が低い局面では相対的に高くなる。従って、どちらが保守的かという点については金利の局面によるため一概に判断することはできない。

(終局金利の変動性に関する論点のまとめ)

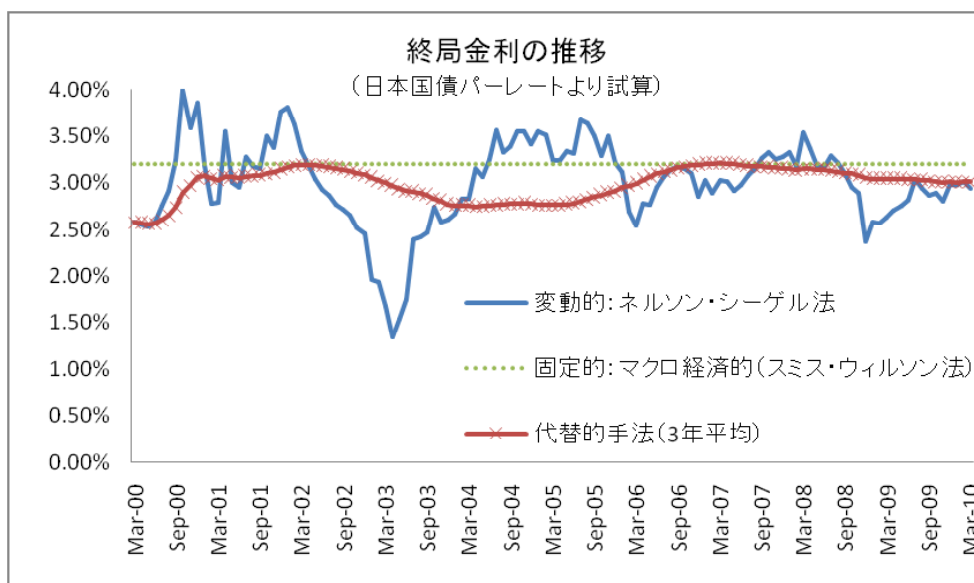
視点	評価日時点の金利に応じて変動	評価日時点の金利によらず固定
① 設定方法について	超長期の金利水準の見積もりとしては必ずしも適切ではない	必ずしも設定方法が確立されていない 経済見通し前提の変動に伴い多少なりとも変動するのが自然
② 過去の経験実績について	観測データは変動しているため終局金利も変動する	終局金利の存在を肯定することも否定することも困難
③ 経済状況との乖離について	評価時の経済状況によっては必ずしも適切ではない	経済状況と乖離する懸念がある
④ 保守性について	変動しない終局金利と比較して相対的な保守性は評価できない	変動する終局金利と比較して相対的な保守性は評価できない

(iii) 代替的な案について

313 上記のように、変動する・しない終局金利のどちらが適切であるかを判断することは極めて困難である。評価時の経済状況によっては硬直的で変動しない終局金利は適切ではない一方、過去の経験値から比較的安定した超長期の金利水準の存在も否定できない。また、マクロ経済的以外の手法による変動性のある終局金利は、超長期の金利水準を適切に見積もっているとも断言できない。

314 このことから、マクロ経済的手法にもとづく固定的な終局金利ではあるが、経済状況の変動をある

程度反映し、穏やかに変動させることが考えられる。しかしながら、一定の頻度でマクロ経済的手法にもとづく終局金利を見直すことは困難であり、手法自体も引き続き検討が必要な状況の中、別の中間的な手法をもって終局金利を見積もることも考えられる。



315 例えば、ネルソン・シーゲル法による収束値 (β_0) の数年間の平均を終局金利として用いることも考えられる。(上図：3年平均とし、平均値の計算は2000年3月から開始)

(メリット)

- ✓ 終局金利の水準が客観的に定められる
- ✓ 経済状況の変化が穏やかに終局金利に反映される
- ✓ 各会社においてある程度の予測がつき事前に対応策を取ることが可能である

(デメリット)

- ✓ 設定根拠が必ずしも強固ではない
ネルソン・シーゲル法による終局金利が超長期金利の適切な見積もりとは言えない
- ✓ 急激な市場環境の変化が遅れて反映される⁵³
単純に金利を平均することで、適切ではない結果を導くことがある
- ✓ リスク管理における実務負荷が増加する⁵⁴
ALM等によるリスク管理を行う中で、将来の金利をシミュレーションする際にも終局金利の平均値を計算して、これを補間するという作業を行う必要が生じるため、実務負荷の増加につながる

⁵³ 終局金利が過去の経験値に依存するため、例えば、評価時の観測データが同じであるとしても、過去の経験値の推移の違いにより異なる補外結果を生成する可能性がある。

⁵⁴ 適切な金利リスク量を評価するうえでも同様な実務負荷の増加が考えられる。すなわち、単純に過去の平均値により定められる終局金利のボラティリティでは適切なリスク評価ができない。平均値を取る複数のデータのうち、過去の経験値としての既知のデータを除いた、平均値のひとつの要素となるべく数値のボラティリティをまず評価し、これを終局金利のボラティリティに変換したうえでリスク評価を行うなどの対応が必要となる。

(b) 終局金利が補外結果に与える影響

- 316 補外期間のイールドカーブの滑らかさ、補間開始時点からのスムーズなつながり、および終局金利への収束スピードは補外手法に依存するものとなる。一方で、補外結果の水準や安定性は終局金利によるところが大きい。また、終局金利の水準によっては補外結果を歪める要因となることに注意を要する。

①補外結果の水準に与える影響

- 317 終局金利の水準が補外結果のイールドの水準の目安となる。参照データ等の諸条件によるが、「(2)補外の具体的手法」で用いた分類に当てはめると終局金利の水準は概ね以下の傾向があると考えられる。

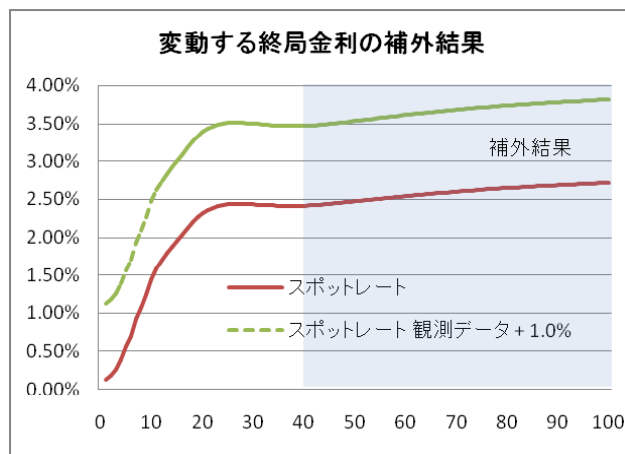
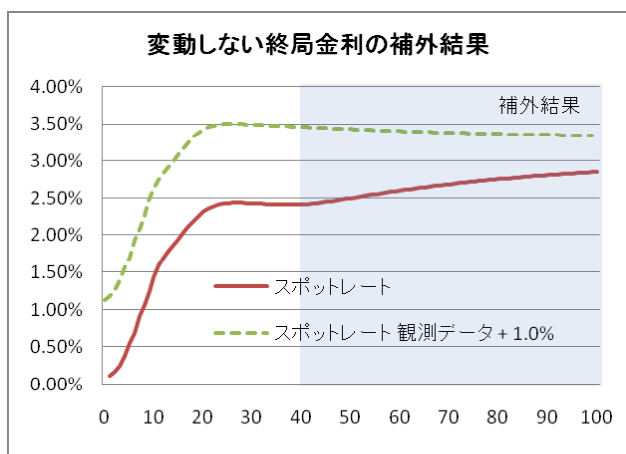
評価時の経済状況	高金利下	低金利下
単純補外	低め	低め
観測データを用いた予測	高め	低め
マクロ経済的	低め	高め

※逆イールドの状況下や、マクロ経済的に設定された終局金利が極端な水準の場合は必ずしもこの通りではない。

- 318 単純補外による終局金利は、順イールドの場合は低めとなり、保守的な補外結果となると考えられる。一方、マクロ経済的に設定される終局金利は、変動しないゆえに高金利の経済状況では相対的に低めに、低金利の状況では高めの補外結果になる傾向があると考えられる。

②補外結果の安定性に与える影響

- 319 「2. 3. 2 補間・補外が満たすべき特性についての考察」の中で補外結果の安定性に触れた。補外結果の安定性は、終局金利の変動性に対応して与えられる補外結果の特性である。
- 320 マクロ経済的に設定される終局金利は、評価時点の経済状況に左右されず、補外結果が終局金利に収束もしくは漸近的に近づくことにより、これが一種のアンカーの役目を果たし、評価時点の経済状況に過剰に左右されない比較的安定した補外結果を得ることになる。
- 321 下の2つの図はスミス・ウィルソン法を用いた例である。ある時点の観測データおよび、これを一律+1.0%の調整を施した各々をスミス・ウィルソン法で補間・補外した結果である。上段の図は終局金利を3.2%で固定し、下段の図はネルソン・シーゲル法を用いて終局金利を変動させた。



※ α はともに1.0とした。

322 終局金利が変動しないことでアンカーの役目を果たし、上段の図では長期間になるほど2つのイーールドカーブの差が縮まる。一方で、下段の図では観測データの変動を受け終局金利も変動するため、補外期間でも差異は維持し続ける形となる。この様に終局金利の変動性に対応して、補外結果の安定性が異なることとなる。

③補外結果の歪みに与える影響

✓ 変動する終局金利による歪み

323 変動する終局金利は観測データの一部もしくは全ての情報により設定されるため、特異的なデータが混在すれば、終局金利も特異的となり補外結果に歪みをもたらす可能性に留意する必要がある。

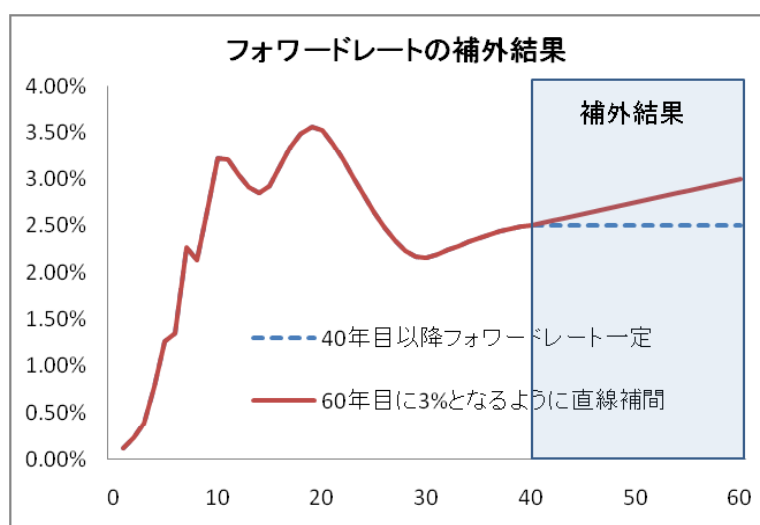
✓ 変動しない終局金利による歪み

324 変動しない終局金利の水準が評価時の経済状況と大きく乖離している場合、補間結果からのつながりに無理が生じ、歪んだ補外結果が導出される可能性がある。このような状況では終局金利の水準を見直すなどの手当てが必要になると考えられる。

④その他

✓ 保険負債評価に及ぼす影響

325 特に生命保険において、保険キャッシュフローが超長期にわたることを前提とすると、補外結果が負債評価に大きな影響を及ぼすことになる。また、終局金利の水準が補外結果に大きく影響するため、終局金利の水準が保険負債の評価に大きく影響を与える可能性がある点に留意が必要である。



326 例えば、上図のような2つの補外結果が与えられたとする。

(1) 40年目以降フォワードレート一定

補間最終データである40年目のフォワードレートを補外期間についても一律適用して補外

(2) 60年目に3%となるように直線補間

60年目のフォワードレートを3%として与え、補間最終データから直線補間

327 各々の補外結果のもとで、60年後のみに100のキャッシュアウトがある単純な保険負債の評価額は

以下の様に評価される。

保険負債評価額	終局金利	評価時	1年後	10年後	20年後	40年後	60年後
(1) 40年目以降フォワードレート一定	2.51%	23.4	24.0	30.0	38.5	63.2	100.0
(2) 60年目に3%となるように直線補間	3.00%	22.3	23.0	29.7	38.5	63.2	100.0
(1)/(2)	83.7%	105.1%	104.6%	101.3%	100.0%	100.0%	100.0%

328 当初 20 年間は補外期間の影響を受け、終局金利の高い(2)の手法は(1)よりも保険負債が小さく評価される。

329 また、2年目以降の市場金利が一律下降もしくは上昇した場合の保険負債評価は以下の様になる。
(2年目から金利が一律下降した場合)

保険負債評価額	終局金利	評価時	1年後	10年後	20年後	40年後	60年後
(1) 40年目以降フォワードレート一定	1.51%	23.4	42.9	49.1	57.0	77.0	100.0
(2) 60年目に3%となるように直線補間	3.00%	22.3	37.3	47.1	57.0	77.0	100.0
金利下降後 / 下降前 (1)	60.2%	100.0%	178.4%	163.3%	148.1%	121.7%	100.0%
(2)	100.0%	100.0%	162.5%	158.9%	148.1%	121.7%	100.0%

(2年目から金利が一律上昇した場合)

保険負債評価額	終局金利	評価時	1年後	10年後	20年後	40年後	60年後
(1) 40年目以降フォワードレート一定	3.51%	23.4	13.5	18.5	26.1	52.1	100.0
(2) 60年目に3%となるように直線補間	3.00%	22.3	14.2	18.7	26.1	52.1	100.0
金利上昇後 / 上昇前 (1)	139.9%	100.0%	56.4%	61.5%	67.8%	82.3%	100.0%
(2)	100.0%	100.0%	61.8%	63.2%	67.8%	82.3%	100.0%

330 (2)の手法は終局金利を変動させないため、(1)と比較して補外結果の変動が小さくなる。2年目から金利が一律下降した場合は、手法(2)の1年後の保険負債は62.5%の増加を示し、手法(1)の78.4%より小さい変動率を示す。金利が上昇した場合も同様な傾向となる。なお、保険キャッシュフローの形状により必ずしもこのような傾向とならない点に注意が必要である。

331 なお、マクロ経済的に設定された固定的な終局金利が、市場と大きく乖離したことに伴い変更が求められる場合、変更時の保険負債評価に大きな影響を与える可能性がある。

✓ 金利リスクに及ぼす影響

332 終局金利の変動性の違いにより、補外期間の割引率のボラティリティーに差異が生じ、補外手法の特性と相まって金利リスク量に影響を及ぼすこととなる。また、その影響は会社の保有資産やキャッシュフローの状況により異なるものとなる。例えば、補外手法としてA,Bという2つの手法があり、補外手法Aによる補外期間の割引率のボラティリティーが補外手法Bよりも大きかったとする。この時、一般的には補外手法Aの方が大きな金利リスク量になると考えられる。しかしながら、補外手法Aによる金利リスク量が小さくなるようにALMを行っている会社にとっては、補外手法Bで計測した金利リスク量の方が補外手法Aによる金利リスク量よりも大きくなる状況も考えられる。

333 上記のような状況が起こるのは、補外期間においては負債のキャッシュフローに資産のキャッシュフローを直接的にマッチングさせることができないため、負債の金利リスクをそれ以前の期間の資産でコントロールすることになり、補外期間とそれ以前の期間の割引率のボラティリティーの相対的水準感が重要となるためである。

334 例えば、補外以前の期間であれば、10年の負債キャッシュフロー100億円の金利リスクをヘッジするには、同じ10年の資産キャッシュフロー100億円を充てれば基本的に金利リスクはゼロ

となり、これは補外手法に依存しない。他方、補外期間である60年の負債キャッシュフロー100億円の金利リスクをヘッジする場合には、補外以前の期間にある、例えば40年の資産キャッシュフローを用いることになるが、この場合に金利リスクを最小化するための必要資産額は補外手法にも依存し、補外期間の割引率のボラティリティーが大きい手法であるほど、必要資産額も増加することになる。そのため、ある補外手法を前提として金利リスクが最も小さくなるようにALMを実施した場合には、当該補外手法よりも補外期間のボラティリティーが小さくなる補外手法であったとしても、金利リスク量は増加することとなる。逆に、ボラティリティーが大きくなる補外手法であれば資産の保有量が過小となってしまうため、やはり金利リスク量は増加することになる。従って、標準的な補外手法を検討する際には、各社のキャッシュフロー等の状況を踏まえ、金利リスク量への影響を検証するという側面も必要であると考えられる。

335 次の2つの図は終局金利の変動度合が異なる3つの手法において2000年3月から2010年3月までの121ヶ月間の補間・補外結果を用い、各々の手法についてボラティリティー等を評価し、2010年度のフィールドテストにおける(方法2)の金利リスク評価手法を用いて金利リスク量を試算したものである。なお、キャッシュフローは各々次のグラフのような前提をおいた。これらのキャッシュフローの前提においては、終局金利の変動性は下記のような影響を金利リスク量に与える。⁵⁵

試算1：(方法2)による金利リスク量の比較

補外手法	終局金利の変動程度	金利リスク量の比較 スミス・ウィルソン法を100とした場合
ネルソン・シーゲル法 ※1	大	119.2
(参考) 代替的手法 ※2	中	105.3
スミス・ウィルソン法 ※3	変動なし	100.0

※1 金利モデル関数と観測データのフィッティングは単純な最小二乗法で行った。

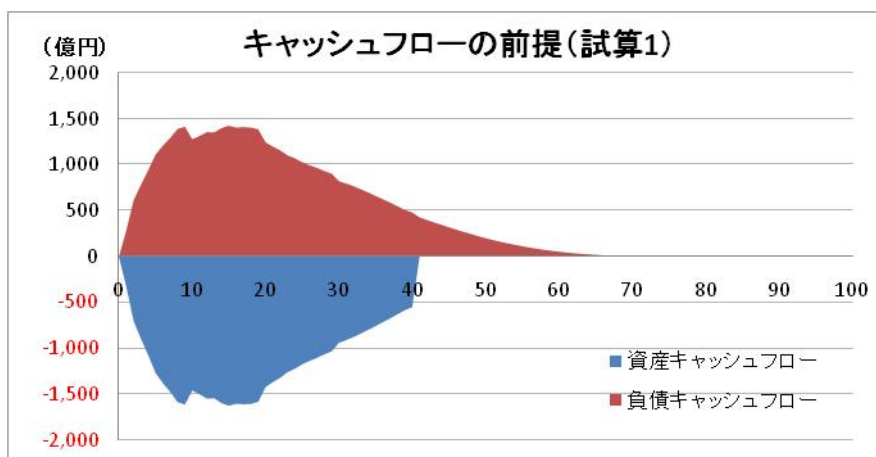
※2 ネルソン・シーゲル法の金利モデル関数のパラメータ β_0 の3年平均でUFRを定め、 α は0.1で固定。

※3 UFRは3.2%、 α は0.1とした。

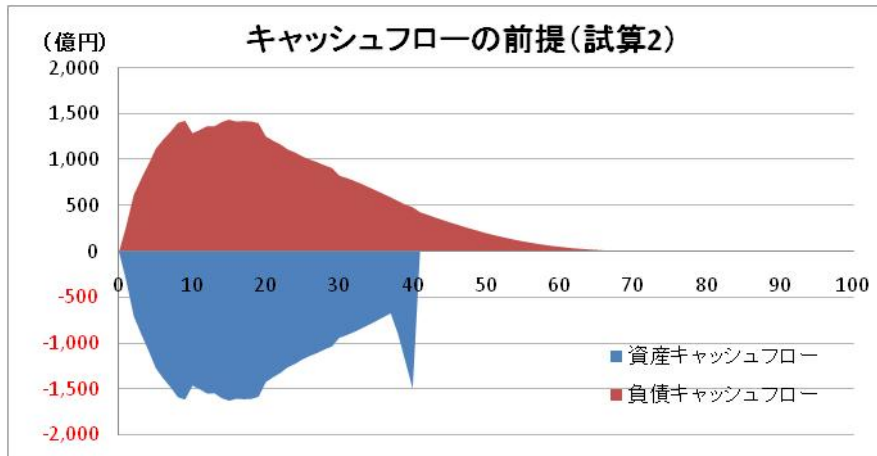
試算2：(方法2)による金利リスク量の比較

補外手法	終局金利の変動程度	金利リスク量の比較 スミス・ウィルソン法を100とした場合
ネルソン・シーゲル法	大	99.4
(参考) 代替的手法	中	99.3
スミス・ウィルソン法	変動なし	100.0

試算1と同条件



⁵⁵ 各社のキャッシュフローの状況等により影響が異なる点に留意が必要。



(4) 具体的な補間および補外手法に関する考察

336 金融商品の年限を大きく超えた超長期性を有する保険キャッシュフローを想定した場合、保険負債評価においては補外結果がより重要なものとなる。また、補外結果の水準や安定性は終局金利によるところが大きい。

(a) 終局金利について

337 これまでの考察を踏まえると、終局金利の設定におけるいずれの考え方が絶対的に正しく、あるいは、否定されるべきとは一概に断言できない。終局金利は、評価日時点の経済状況を一定程度反映することが望ましいと考えられると同時に、マクロ的経済状況に応じて穏やかに変動すべきとも考えられ、過度な変動が生じることは望ましくない。

- ・ 金利モデルのどの補外手法による終局金利の設定が適切なのか判断することは困難
- ・ 何等かの安定した超長期の金利水準の存在を肯定も否定もできない
- ・ マクロ経済的手法でも将来の経済見通し変化に伴い終局金利も変化するのが自然であると考えられる一方で、一定の頻度でマクロ経済的手法にもとづく終局金利を見直すのは困難

338 なお、変動性のある終局金利が必ずしも超長期の金利水準を適正に見積もっているとは言えないが、これらは補外手法として一般的に用いられており、そのような意味において、これらの手法による過去平均値によりマクロ経済的終局金利を評価するのほひとつの方法であると考えられる。一方で、マクロ経済的手法の確立（終局金利の設定方法や見直しのタイミングなど）も含め、様々な手法を引き続き検討する必要がある。

(b) 具体的な補間および補外手法について

339 補間手法については、極端に長期の期間を補間するという状況を除き、手法の違いによる補間結果の差は大きくないと考えられる。一方で、補外手法については、一般的に補外期間が超長期に亘るため、その影響は大きいものと考えられる。

340 また、補間および補外結果に整合性をもたらすという意味で、補間と補外を統一的行う手法がより望ましいとも考えられるが、補外手法の違いが与える影響に比べれば、必ずしも統一的手法を優先的に評価すべきとは考え難い。

341 さらに、終局金利を別途与えることで、補間最終データと終局金利を補間し、これにより補外結果を得る手法も考えられる。このような意味において、補間手法も補外手法の一つとなり得る。

342 以上を踏まえ、「(1) 補間の具体的手法」および「(2) 補外の具体的手法」で例示した補外手法を再度整理すると以下の通りとなる。なお、バンチェック・モデルを用いる手法はネルソン・シーゲ

ル法と似た特性を有するため、これを比較対照から除いた。

○ 終局金利が補外手法に依存して設定される補外手法

項目	単純補外法	フォワード レート一定法	ネルソン ・シーゲル法
概要	最終観測スポットレートを以降一定	最終観測フォワードレートを以降一定	・モデル式：瞬間フォワードレート ・全参照データにフィッティング
観測データとの整合性	△ 最終観測データのみ に 依拠	△ 最終観測データのみ に 依拠	○ 全ての観測データに依拠
形状の滑らかさ	× スポット：フラット フォワード：フラット	△ スポット：前提による フォワード：フラット	○ 滑らか
マイナスの金利	○ 発生しない	△ 発生する可能性あり	× 発生する
恣意的要素	○ なし	○ なし	△ パラメータの設定に恣意性 の 入る 余地あり
補間と補外の整合性	×	×	○ 同じ手法
扱いやすさ	○ 簡易	○ 簡易	△ 最小二乗法でパラメータを設定する
一般性	○ 多くの場面で使用されている	○ 多くの場面で使用されている	○ ファイナンスの分野では一般的に使用されている
安定性	×	×	×

○ 終局金利を別途定める補外手法

項目	スミス・ウィルソン法	単純な補間 (補間手法より)	スプライン法 (補間手法より)	ネルソン・シーゲル法
概要	<ul style="list-style-type: none"> モデル式：割引債の価格式 全参照データ通過 フォワードレートがマクロ経済的UFRに漸近的収束 	フォワードレート等に一定の前提を与え、与えられた終局金利と最終補間データを補間	観測データおよび与えられた終局金利をスプライン関数で補間する	金利モデル関数のパラメータ β_0 を与えられた終局金利で予め定め、残りのパラメータは全観測データにフィッティングさせることで決定する
観測データとの整合性	○ 全ての観測データに依拠	△ 補間最終データのみ依拠	○ 全ての観測データに依拠	○ 全ての観測データに依拠
形状の滑らかさ	○ 滑らか	× 滑らかではない	○ 滑らか	○ 滑らか
マイナスの金利	× 発生する	○ 発生しない	× 発生する	× 発生する
恣意的要素	△ ・終局金利の設定 ・パラメータ α の設定	△ ・終局金利の設定	△ ・終局金利の設定	△ ・終局金利の設定 ・パラメータ α の設定
補間と補外の整合性	○ 同じ手法	△ 補間と補外で異なる前提	○ 同じ手法	○ 同じ手法
扱いやすさ	△ 参照データによらずスポットレートが連立方程式の解となる	○ 簡易	○ 簡易	× パラメータ β_0 が終局金利で与えられ、観測データと乖離可能性が高い
一般性	○ QIS5での標準的手法	× 終局金利を別途与えることは一般的ではない	× 終局金利を別途与えることは一般的ではない	× 終局金利を別途与えることは一般的ではない
安定性	○ フォワードレートがUFRに漸的に収束	○ 終局金利が安定的であれば安定性がある	○ 終局金利が安定的であれば安定性がある	○ 終局金利が安定的であれば安定性がある

※恣意的要素については、終局金利の設定等に関し、予め何らかの基準を設ければ抑制できるという意味で△と表記

343 特に重要と考えられる「観測データとの整合性」、「形状の滑らかさ」、「マイナスの金利」、「恣意的要素」について、以下に記載する。

・ 観測データとの整合性について

いずれの手法も何等かの観測データに依拠しているものの、ネルソン・シーゲル法（終局金利の設定方法によらず）、スミス・ウィルソン法およびスプライン法が、他の手法と比較して、より多くの観測データに依拠するという点で優ると言える。

しかしながら、ネルソン・シーゲル法（終局金利を別途定める補外手法）に関しては、観測データとの乖離可能性が高まるという点で注意を要する。

・ 形状の滑らかさについて

同様に、ネルソン・シーゲル法（終局金利の設定方法によらず）、スミス・ウィルソン法およびスプライン法が、他の手法と比較して優るが、フォワードレート一定法については、スポットレートが比較的滑らかであるという点において評価することができる。

・ マイナスの金利について

単純補外法や単純な補間による補外手法は、マイナス金利が発生しないという点で他の手法に優るものの、特異な観測データでなければ、補外結果にマイナス金利が発生する可能性は低いと考えられ、この点において大きな優劣は付きにくいとも考えられる。

・ 恣意的要素について

恣意的要素の排除という点においては、単純補外やフォワードレート一定法が、他の手法に優ると考えられる。

- 344 なお、終局金利を別途定める手法は総じて安定性に優るものの、既述のとおり、終局金利の是非については十分な検討が必要である。

2. 3. 4 補外開始点

(1) 補外開始点についての基本的な考え方

- 345 補外を行うためには観測できる市場データのうち参照可能と考えられる最長の年限を設定することになる。補外開始点においても他の参照金利と同様に、リスクフリー・レートとしての特性を満たす必要がある。

(a) 補外開始点の特徴

- 346 補外開始点は以降の年限の起点となることから、他の参照金利に比べて期間構造に与える影響が大きい。その他の参照金利であれば前後の参照金利との間の限定的な補間部分への影響に留まるが、補外開始点は補外開始点以降のより広範な範囲へ影響を与える。
- 347 また長期の年限ほど取引量が少なくなることも考えられる。補外開始点においても、できるだけ多くの取引量があることが望ましいが、そのことによって参照金利として使用する年限を限定すると、市場との整合性が低下する懸念がある。

(b) 補外開始点の選定について

- 348 補外開始点の選定にあたっては、参照金利としての適正性と、市場整合性の2つの視点に留意する必要がある。
- 349 長期部分の市場データにおいてテクニカルなバイアスが観測される、あるいは流動性が低下しているなどの場合には、参照金利から排除することが考えられる。一方で、存在する市場データを用いない場合には、上記にも記載したように、資産評価との整合性が失われることにもなるため、その使用の是非は慎重に検討される必要がある。
- 350 例えば、保険会社が国債で負債のキャッシュフローをマッチングしている場合に、資産は市場価格で評価する一方で、保険負債評価においては異なる金利で評価すると、資産・負債の両者が整合的に変動する実態を表さないことになる。このためそのような市場データを排除せずにそのまま使用すべきとも考えられる。

(2) 国債、スワップにおける考察

(a) 日本国債

- 351 20年までの年限は発行額が極めて大きく、流動性が高いといえる。30年、40年については、20年国債と比べると少額となっているが、即時リオープン方式⁵⁶で発行されており、新発債については1銘柄当たりの残高を増加させることで流動性を高める工夫が行われている。
- 352 財務省は平成23年度の主な施策として超長期債市場の育成をあげ、「生保・年金等の機関投資家の長期運用ニーズの増大を踏まえ、超長期債の流動性の向上に配慮して、30年債・40年債の発行総額を増加」としている。発行当局にとっても国債の平均残存年限の長期化によって将来の借換リスクの軽減を図るメリットがあるため、今後も超長期国債が安定して発行されることが予想される。
- 353 その結果、流動性が高まることによって、30年、40年といった超長期の期間までの参照金利として利用することが期待される。実際に平成23年度は30年債、40年債といった超長期の年限の発行予定額が増加している。
- 354 さらに30年の国債については流動性供給入札の対象になっており流動性の維持・向上が図られている。40年の年限においてもビッド・アスク・スプレッドも3bpを下回る水準にあり、現状では市場において高い流動性が見られる。

<カレンダーベース市中発行額>

区分	22年度		23年度	
40年債	0.3兆円×4回	1.2兆円	0.4兆円×4回	1.6兆円
30年債	0.6兆円×8回	4.8兆円	0.7兆円×8回	5.6兆円
20年債	1.1兆円×12回	13.2兆円	1.1兆円×12回	13.2兆円

- 355 発行残高も各回号においてQIS5の50億ユーロ（5,500億円）を概ね超える水準となっている。

30年・40年国債の発行残高（2011年7月末、単位：億円）

30年国債の発行残高（1）

回号	償還日	発行額
1	2029年9月	2,329
2	2030年2月	3,141
3	2030年5月	3,577
4	2030年11月	4,770
5	2031年5月	3,788
6	2031年11月	5,511
7	2032年5月	4,763
8	2032年11月	3,754
9	2032年12月	3,652
10	2033年3月	6,302
11	2033年6月	5,741
12	2033年9月	5,341
13	2033年12月	5,456
14	2034年3月	6,992
15	2034年6月	7,365
16	2034年9月	5,508
17	2034年12月	5,583
18	2035年3月	7,482
19	2035年6月	7,087
20	2035年9月	6,207

30年国債の発行残高（2）

回号	償還日	発行額
21	2035年12月	6,446
22	2036年3月	6,962
23	2036年6月	7,214
24	2036年9月	6,514
25	2036年12月	8,040
26	2037年3月	16,157
27	2037年9月	14,381
28	2038年3月	17,473
29	2038年9月	20,281
30	2039年3月	22,180
31	2039年9月	21,949
32	2040年3月	24,862
33	2040年9月	27,263
34	2041年3月	20,708

40年国債の発行残高

回号	償還日	発行額
1	2048年3月	7,277
2	2049年3月	12,266
3	2050年3月	12,455
4	2051年3月	4,065

⁵⁶ 即時リオープン（即時銘柄統合）方式とは、新たに発行する国債の元利払日と表面利率が、既に発行した国債と同一である場合、原則として当該既発債と同一銘柄の国債として追加発行（リオープン）することとし、この新たに発行する国債を発行した時点から、当該既発債と同一銘柄として取り扱う方式を言う。

356 また、国債にテクニカルなバイアスががかかっているとされるのは以下の状況とされる。

- ①国債の供給が過剰になる、あるいは金融機関・年金基金による規制対応目的で需要が過剰になる
- ②年度末等の特定の日に、ベンチマークとなっている銘柄のみ利回りが下がる
- ③取引が薄い銘柄の価格は、前日以前の価格の可能性はある

357 それぞれについては

- ①は、現状はそのような兆候はない。(ただしスワップと国債の利回りが逆転している要因のひとつに、国債が供給過剰である可能性がある)
- ②は、個別銘柄についてはイールドカーブの推定方法を工夫することで対応可能。過去データにおいては超長期の国債利回りにおいてそのような傾向は見られない
- ③は、公社債店頭売買参考統計値が発表されている限り5社以上の価格であり問題はない

358 以上のように国債については、40年程度までは高い流動性を持つといえ、テクニカルなバイアスの観点からも特段の問題がないと考えられる。

(b) 金利スワップ

359 CRO FORUM QIS5: Technical Specification Risk-Free interest rates ではスワップの流動性は市場から定量的なデータを取得することが難しいとして代替的にブルーンバーグに対するデータ提供者 (Contributor) の絶対数に対する各年限の見積りの提示数の割合でもって測っており、その判断基準は75%を基準としている。日本では2009年12月の時点で20年までは高い流動性、40年まではある程度の流動性がみられると判定された。

360 国債よりも長期の50年等の金利をマーケットで観察することができる。しかし30年などの長期の年限では市場参加者が限られており流動性が低い。流動性が高く参照金利として利用可能な年限は30年程度と考えられる。30年の金利スワップは日本経済新聞に指標として掲載されている。

2. 4 非流動性プレミアムの設定

2. 4. 1 ソルベンシー II (QIS5), IFRS, MCEV における状況

(1) Task Force Report on the Liquidity Premium

361 欧州ソルベンシー II の検討状況について、QIS5 実施前に CEIOPS メンバーである監督官に加え、業界関係団体・学者等がメンバーで構成されるタスクフォースが、以下の課題に回答すべくレポートを発表している。

- ・ どのような商品に適用可能か
- ・ 契約者・財務安定性・資産運用方針にあたる影響
- ・ 非流動性プレミアムの客観的・信頼可能・整合的な測定方法
- ・ 非流動性プレミアムの見直し頻度

362 以下にその内容について簡単にまとめる。

(a) 目次

- 363 Part I – 非流動性プレミアム
- I-1 保険負債の流動性の定義
 - I-2 業界の実例
 - I-3 リスクと課題
 - I-4 非流動性プレミアムの使用に関する原則
 - I-5 資産の非流動性プレミアムの計算方法
 - I-6 負債の非流動性プレミアムの計算方法
 - I-7 SCR とリスクマージンについて
 - I-8 適用範囲
 - I-9 基準参照金利の選択や外挿方法との相互関係

(b) 保険負債の流動性の定義

364 資産（例えば社債）が流動的であるとは、リスクフリーレートによる将来 CF の割引現在価値から信用リスクへの対価を控除した価格でいつでも売却可能であることとされている。資産（例えば社債）の価格（スプレッド）には非流動性プレミアムが反映されているが、その他の要因との分離は容易ではない。

365 保険を売買する市場はなく、また解約が制限されている場合がある（例：年金開始後）ことや、解約時にいわゆる解約控除が発生することから、保険契約者が保険資産をいつでも時価で売却することはできないので、保険に非流動性が存在することは明らかである。しかし、直接的に非流動性プレミアムを観測することはできない。（複製ポートフォリオにより観測可能であると、多くのメンバーは考えている。）

366 そこで、キャッシュフローの金額的・タイミング的な確かさに応じて、非流動性プレミアムを考慮することとした。CF の確かさは、0% もしくは 100% ではなく、50% など連続的なものである。多くの保険負債は、少なくとも部分的に非流動的であると考えられるが、自動的に非流動性プレミアムを適用できるものではなく、非流動性の程度を定める、客観的で信頼可能な手法の存在が必要である。

(c) 業界の実例

- 367 社債のспレッドから、期待デフォルト分を控除したプレミアムを、信用リスクの不確実性に対するプレミアムと非流動性プレミアムに分解して考える人は2008年前には少なかった。2008年に事情が変化した。リーマン破綻前からспレッドが広がり、9月・10月に大きく拡大し、年末にピークを迎え、その後縮小した。
- 368 流動性がなく予測可能な保険負債を、同じく流動性がない資産によりカバーすることは一般的に行われている実務である。負債評価に非流動性プレミアムを考慮しなければミスマッチが生じる懸念がある。また、プロシクリカリティーの除去にも副次的に繋がるものである。負債は非流動的であるが、対応する資産の非流動性プレミアムに応じて考慮されることが望ましいと業界は考えている。

(d) リスクと課題、他のアプローチ

- 369 資産時価が異常なストレスを受けた状況においては、資産価格を市場価格によらず、Mark-to-modelで評価するというアプローチも考えられる。このアプローチを支持するメンバーもいたが、タスクフォースはこのアプローチについて更なる検討を行わなかった。非流動的な負債を非流動的な資産でカバーする保険者のミスマッチを解消する一方、非流動的な負債を流動的な資産でカバーする保険者のミスマッチを引き起こしてしまうことも課題である。

(e) 非流動性プレミアムの使用に関する原則

- 370 非流動性プレミアムを使用する場合には、以下の9つの原則が適用されるべき。一方で、非流動性プレミアムの使用が決まったわけではなく、CEIOPSの大半のメンバーではあるが、タスクフォース(TF)内では少数のメンバーは、理論的に強固で、信頼でき、適度にバックテストを行った手法というものはないと考えている。
- ・ 負債評価に適用する参照利回りは、ベースのリスクフリーレートに、負債の特性に応じた非流動性プレミアムを加えたものとなるべき
 - ・ 会社の資産運用戦略と独立でなければならない
 - ・ 負債評価に適用される非流動性プレミアムは、市場に存在し負債のキャッシュフローにマッチする流動性も信用リスクもない資産の超過収益率を超えてはならない
 - ・ 非流動性プレミアムは、負債の特性（通貨、キャッシュフローの予測可能性、売却時の耐性（非流動性プレミアムに関する損失を契約者へ転嫁できるかどうか））に応じたものであるべき
 - ・ 非流動性プレミアムは、EUの中央機関が、リスクフリーレートと同様の頻度・同様の手続きで決定すべき
 - ・ 非流動性プレミアムは、客観的な市場データに基づき、ソルベンシー評価と統合的に定量化されるべき
 - ・ 資産評価において非流動性プレミアムが観測されないときに、非流動性プレミアムを負債評価に適用すべきではない
 - ・ SCRと整合的であるべき（標準的方式、内部モデルとも）
 - ・ 非流動性プレミアム・流動性リスクの適用に起因するリスク管理体系と資産運用方針をもっていなければならない

(f) 資産の非流動性プレミアムの計算方法

371 業界で適用されている3つの方法は以下のとおりである。

(i) CDS ベーシスをを用いた方法

372 CDS によってプロテクトされた比較的流動性が低い社債ポートフォリオと流動性が高く信用リスクのない債券を比較する方法。

非流動性プレミアム = 社債スプレッド - CDS スプレッド

ただし、CDS スプレッドはカウンターパーティーリスクも含むなどの問題がある。

(ii) カバードボンドスプレッドを用いた手法

373 信用リスクはないが流動性が低いカバードボンドを用いて推計する方法。

非流動性プレミアム = カバードボンドインデックスのイールド - スワップ金利

カバードボンドは、一般的な社債ポートの代表とならないかもしれないことが課題である。

(iii) 構造型モデル（信用リスクモデルの一つ）を用いた手法

374 非流動性プレミアム = 社債スプレッド

- 構造型モデルから算出されるスプレッド（期待損失+信用リスクプレミアム）

モデルには、多くの仮定が必要となることが課題である。

(iv) 業界より提案された代用案

375 結果的に QIS 5 の手法となった代用案は以下のとおり。

非流動性プレミアム = 50% × (社債スプレッド - 40 b p)

ただしゼロが下限、40 b p は長期の期待損失に対応

376 資産の非流動性プレミアムの測定方法として、業界から提案された3つの手法について民間のタスクフォースのメンバーは、どの手法もメリット・デメリットがあり、一つの手法で正しいというものはないが、組み合わせれば、非流動性プレミアムの水準や変化については一貫性のある結果となっていると考えている。

377 CEIOPS のメンバーは、これらの手法は十分には信頼できず、金融危機の場合に適用すると結果がそれぞれの手法で異なる上に、またデータの期間が 2005-2009 と短すぎると考えている。

全ての T F のメンバーが手法について Central EU 機関で定期的に見直されるべきと考えている。

(g) 負債の非流動性プレミアムの計算方法

378
$$\text{RFIRate}_{\text{forward, total, T, curr, i}} = \text{RFIRate}_{\text{forward, basic, T, curr}} + \text{LP}_{\text{liab, T, curr, i}}$$

$\text{RFIRate}_{\text{forward, basic, T, curr}}$: 満期 T、通貨 curr のリスクフリーフォワードレート

$\text{LP}_{\text{liab, T, curr, i}}$: 満期 T、通貨 curr、バケット i の流動性プレミアム

バケット 1 → 非流動性プレミアムが 100%

バケット n → 非流動性プレミアムが 0%

$\text{LP}_{\text{liab, T, curr, i}} = F(T, \text{curr}) \times G(i) \times \text{LP}_{\text{assets}}$

F(T, curr) は、 T が最長期間-5年未満のとき 1、

T が最長期間のとき 0

その間は線形補間

G(i) は、バケット i の非流動性プレミアムを考慮する割合

<負債の非流動性プレミアムを最大どこまで入れるかについての議論>

- 379 多数のメンバーが全く非流動的な負債については、資産の非流動性プレミアムの100%を適用することでよいと考えている。少数のメンバーは、不確実性に対するマージンを控除すべき（100%ではない）と考えている。ここでいうマージンとは、全く非流動的な負債（例えば年金開始後）とは言いつつも、少しはキャッシュフローの不確実性が存在し（死亡率の不確実性など）、その影響で将来に資産のリバランスが必要となった際には取引コストがかかるためである。

<負債の非流動性プレミアムを適用する粒度(Granularity)>

- 380 CEIOPS のメンバーは全員一致で非流動性プレミアムを考慮するかしないかの二択が良いと主張している。（CEIOPS の観点からは、非流動性プレミアムを適用する性格を有するものは、年金の保有契約のみ。）民間のメンバーはより細かく設定、更には連続な設定までを主張している。保険業界は、簡単な定性的なアプローチと洗練された定量的アプローチの融合の可能性について更なる調査を行ってはどうかと提案している。

(h) SCRとリスクマージンについて

- 381 保険会社のソルベンシーポジションは、非流動性プレミアムの導入により改善されるであろうといわれている。ただし、SCR への反映が必要。また、標準的方式は見直しが必要である。スプレッドリスク要素と、金利リスク要素、相関前提に関連する。リスクマージンのカリブレーションと計算へも影響を与えるものであり、リスクマージンへの反映については、更なる技術的考察が必要である。

(i) 適用の範囲

- 382 非流動性プレミアムを適用する範囲について、保険業界は永久に、既存契約および将来の契約についても非流動性プレミアムを適用することを要望している。CEIOPS の何人かのメンバーは、非流動性プレミアムの適用をソルベンシー II の施行時点における既存契約のみに制限することを提案している。（ソルベンシー II 施行時点以降の契約には適用しない。）

(2) ソルベンシー II (QIS5)の内容と結果 (非流動性プレミアム)

(a) QIS5における非流動性プレミアム

383 Q I S 5ではじめて登場したものであり、各国通貨に対し、非流動性プレミアム100%、75%、50%、0%のイールドカーブが設定された。

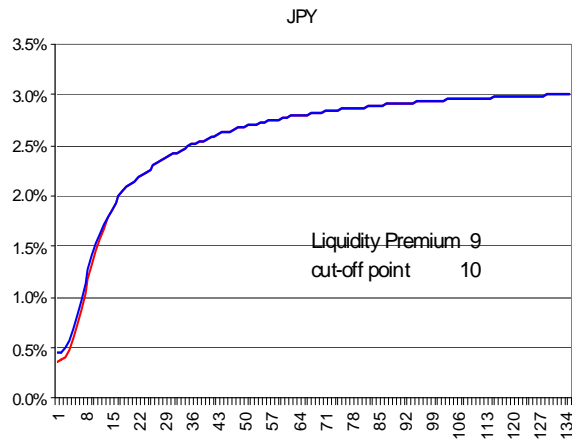
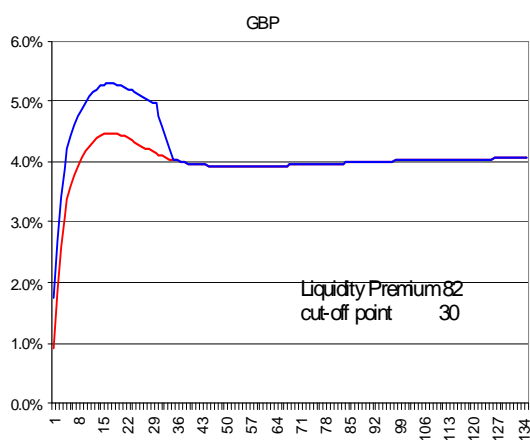
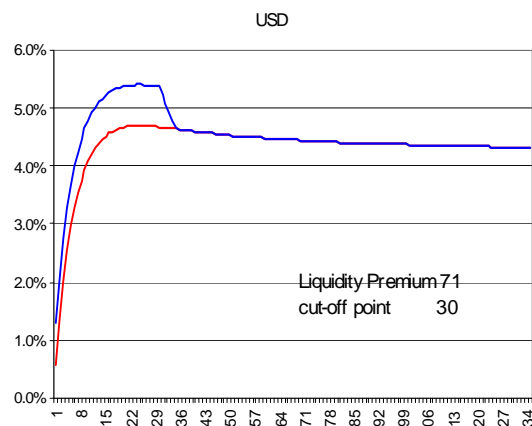
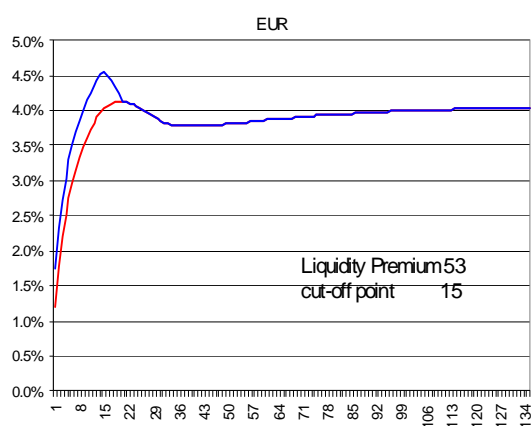
日本円では9ベーシス、適用期間10年(その後5年で0)とされた。

<負債の分類>

100%	<ul style="list-style-type: none"> ・長寿リスクと経費リスクのみをリスクとする商品 ・解約が発生しても全くリスクをこうむらない ・保険料払い済みであり将来の保険料収入なし
75%	<ul style="list-style-type: none"> ・有配当生命保険で上記100%の対象でないもの
50%	<ul style="list-style-type: none"> ・その他すべて

マーケットリスクにも非流動性リスクが加えられた (非流動性プレミアム65%減)

<100%の場合のイールドカーブ>



(b) Q I S 5 (非流動性プレミアム) 結果

384 (E I O P A R e p o r t o n t h e f i f t h Q u a n t i t a t i v e I m p a c t S t u d y (Q I S 5) f o r S o l v e n c y I I
より)

- ・ 非流動性プレミアムの導入の技術的準備金への影響は約1% (SCRの約15%) となった。
- ・ スポットレートに非流動性プレミアムを適用したため負のフォワードレートが発生した。
- ・ もっとも多く使用されたバケットは75% (約6割)、次が50% (約3割)、100%は1割未満
- ・ 100%を適用された商品
年金、退職給付、ユニットリンク、非生命保険、non-SLT 健康保険
- ・ 75%を適用された商品
有配当生命保険全般、純粋貯蓄商品、保証付きのユニット及びインデックスリンク商品、年金。
いくつかの会社では、S L T (Similar to Life Techniques) 健康保険、非生命保険、non-SLT
健康保険、生保再保険、非生保の年金、無配当生命保険に使用された。
- ・ 50%を適用された商品
非生保全般、ユニット及びインデックスリンク商品、無配当生命保険、S L T (Similar to Life
Techniques) ヘルス、non-SLT ヘルス、及び再保険 (生保非生保とも) である。いくつかの会社
では有配当生命保険、純粋貯蓄商品、longevity(長寿) swap に使用された。
- ・ いくつかの国は非流動性プレミアムには実務的困難があるとした。例えば割引率を変化させるた
めのエコノミックシナリオジェネレーターのカリブレーションなどについてであり、より詳しい
ガイダンスが必要と考えている。
- ・ 負のフォワードレートは技術的アノマリーであり深刻な計算上の問題を引き起こすので、この問
題についてはソルベンシーIIが実施される前に本気で取り組む必要がある。
- ・ 多くの監督者が非流動性プレミアムバケットの会社間での非統一な適用について報告している。
どの商品にどれだけ非流動性プレミアムを付加できるかについて詳細なガイダンスが必要と指
摘された。
- ・ 幾人かの監督者はさまざまなバケットへの非流動性プレミアムの適用することの実務的困難に
ついて指摘した。
- ・ いくつかの国はQ I S 5 で試されたアプローチの修正を提案した。
- ・ ある国は明確に非流動性プレミアムの適用に反対し、かなりの国は負債全体への非流動性プレミ
アムの適用に疑問を呈した。
- ・ さらなる検討やガイダンスが特に非流動性プレミアムがユニットリンク商品に適切かどうか、ま
た、ハイブリッド商品はどのようにアンバンドルされるかについて要請されている。
- ・ バケットの数については、いくつかの国は0か100の2バケットを支持し、多数の国はノーコ
メントだった。
- ・ 一人の監督者は非流動性プレミアムは特定の保険契約について移行期特例として適用し、その他
のケースはストレス状態のときのみ制限したいとした。
- ・ 一つの国から、一時点のテストであるQ I S の性質からカウンターシクリシティについての分
析は限られたものにならざるをえない、また、市場で利用可能な非流動性プレミアムの正確な
計算にはさらに検討が必要であるとの意見があった。

(3) IFRS 保険契約フェーズII公開草案

385 2010年7月に発表された、IFRS 保険契約フェーズII公開草案においては、割引率はリスクフリー
レートに非流動性プレミアムに関する調整を加えたものとするとしている。しかし、IFRS として
も、非流動性プレミアムについて確定した手法を示すような状況ではない。

貨幣の時間価値

- 30 保険者は、次の割引率を使用して、将来キャッシュ・フローを貨幣の時間価値について調整しなければならない。
- (a) 例えば、時期、通貨及び流動性に関し、当該保険契約負債の特性を反映するキャッシュ・フローの特性を有する商品の、観察可能な現在の市場価格と整合的である。
- (b) 観察される率に影響を与えるが当該保険契約負債と関連性がない要因（例えば、保険負債に存在しないが、市場価格が観察される商品には存在するリスク）を除外する。
- 31 第30項の原則の結果、保険契約のキャッシュ・フローが特定の資産の運用成績に依存していない場合、割引率は、保有者にとって信用リスクがないか無視できるような商品に関する適切な通貨のイールド・カーブを反映しなければならない。ただし、非流動性に関する調整は行う（第34項参照）。
- 32 保険契約から生じるキャッシュ・フローの金額、時期及び不確実性が、完全に又は部分的に、特定の資産の運用成績に依存している場合、保険契約の測定は、その依存関係を反映しなければならない。状況によっては、その関連を反映する最も適切な方法は、複製ポートフォリオ技法を使用することかもしれない（B45項からB47項参照）。
- 33 重複や漏れを避けるために、キャッシュ・フローと割引率の見積りは内部的に整合していなければならない。例えば、名目キャッシュ・フロー（すなわち、インフレーションの影響を含むもの）は、インフレーションの影響を含む率で割り引かなければならない。実質のキャッシュ・フロー（すなわち、インフレーションの影響を除外したもの）は、インフレーションの影響を除外した率で割り引かなければならない。
- 34 多くの保険負債は、金融市場において取引されている資産と同じような流動性の特性を有していない。例えば、国債は、厚みと流動性のある市場で取引されており、国債の保有者は、一般的に、重要なコストを掛けることなく、いつでも容易に売却することができる。対照的に、保険契約者は、重要なコストを掛けることなくして、一部の保険契約負債への投資を流動化することはできない。そして、場合によっては、保険契約者が保有分を流動化する契約上の権利を有しない。このように、保険契約の割引率の見積りにおいて、保険者は、市場で観察される率の基礎となる商品の流動性特性と、保険契約の流動性特性との違いを考慮しなければならない。

流動性

- BC98 貨幣の時間価値に関する議論では、流動性の高い国債の観察可能な市場レートとして一般には表現されるリスクフリー金利の概念が使用される場合が多い。しかし、そのような債券と多くの保険負債の間には重要な違いがある。国債は流動性の高い市場で取引される場合が多く、債券保有者は、重要なコストを負担したり市場価格へ影響を与えたりすることなく、直前の通知で国債を市場で売却することができる。逆に、多くの保険契約では、保険契約者はその契約を第三者に売却することができず、保険者に返却することもできず、またおそらく、できたとしても多大なペナルティを支払う場合のみにおいてである。
- BC99 別の言い方をすれば、通常为国債の保有者は、取引可能でない基礎となる投資（取引されている債券の観察されるリターンよりも高いリターンを支払う）と、その投資を売却するという組込オプション（それについて、全体のリターンから減じるという非明示的なプレミアムを債券保有者が支払うのであるが）を持つということの、2つを獲得するということである。したがって、保有者が売却又は返却できない（又は、重要なコストを支払う場合のみできる）負債については、割引率は、組込プット・オプションのプレミアムを控除する前の取引可能でない基礎となる投資のリターンと等しくなるべきである。なぜならば、そのようなプット・オプションは負債の中には存在しないためである。
- BC100 当審議会は、原則として、割引率は測定項目の流動性特性を反映すべきであると結論付け

た。その後、当審議会は、そのような非流動性プレミアムはどうやって測定できるかについて、財務諸表作成者、学識経験者及び規制当局からのインプットを検討した。インプットには、例えば流動性の影響を信用度の影響からどのように分離するかなど、流動性の影響をどのように測定することが最善かについて、意見の一致は未だ得られていないことが示されている。そのような問題点についての懸念は、最近の金融危機の期間に拡大した。スプレッドが劇的に広がったためである。

- BC101 当審議会は、原則主義のアプローチとしては、以下は適切ではないと考えている。
- (a) どのように流動性の調整を見積るかについての詳細なガイダンスを提供すること
 - (b) 測定項目の流動性特性を無視するような割引率や、測定項目の特定の流動性特性を測定するための、実務的な代替法を開発することを意図して恣意的なベンチマーク（例えば、優良社債）を使用するような割引率を、規定すること
- BC102 本基準案を開発するにあたり、当審議会はあるコメント提出者から示された割引率、特に長期の無配当保険契約に対する割引率についての懸念を考慮した。この懸念は、BC95 項で述べられている以下の項目を含む。
- (a) 一部の契約についての契約開始時の重要な損失の可能性
 - (b) 保険契約の割引率が市場の信用スプレッドの変動に応じて変動しない場合に起こり得る、会計上のミスマッチ
- BC103 当審議会は、保険負債の測定に保険者の不履行リスクの変動を反映させるべきではないという以前の決定事項を再検討した場合、これらの懸念が解消されるかどうかを議論した。議論の結果、当審議会はその決定事項を変更しなかったが、この論点に関する意見があれば歓迎する。
- BC104 上記のとおり、保険契約の割引率に関しては、いくつかの概念的及び実務的に困難な問題がある。当審議会は、本公開草案のコメント募集期間中に、これらの問題の調査を継続するつもりである。とりわけ、当審議会は、フィールド・テストに参加した保険者からさらなるインプットを求めるつもりである。

< IFRS 財団スタッフペーパー、フィールドテストの結果速報（2011年3月） >

- 17(g) 非流動性プレミアムの調整は、一般的なガイダンスが存在しないことから、代替的な手法が用いられた。例えば、参加者のうち2社は、リスクフリーレートとプライシングにもちいた割引率の差を、有配当・無配当保険両方の割引率に用いる非流動性プレミアムとした。非流動性プレミアムの水準を定めることができないことから、ゼロとした参加者もいた。その他の会社は、QIS5のような規制上のガイダンスを用いるか、CEIOPSのタスクフォースレポートの手法を用いていた。

(4) 2010年12月EV開示における非流動性プレミアムの取扱

386 - Towers Watson Insights, 2010年末EEV/MCEV開示より-
2010年12月末において、MCEV原則および市場整合的アプローチによるEEVを開示した会社は34社、そのうち、非流動性プレミアムを取り入れた会社は13社であった。
QIS 5 Technical Specification Risk-free interest rates における手法（以下の算式）を取り入れた会社が多い。

$$\text{MAX}(0; 50 \% * (\text{corporate spread} - 40\text{bps})),$$

387 商品別ないし事業別に非流動性プレミアムの適用割合を変えている。また、感応度分析に非流動性プレミアムの項目を追加したケースが多い。

会社名	原則	非流動性プレミアム
アリアンツ	MCEV	ユーロ圏+59bp、米国+64bp、スイス+7bp (ただし、参照金利はスワップ-10bp) ユニットリンク・変額年金には適用なし。 その他は75%のバケットを適用。(100%は適用なし)
アビバ	MCEV	即時年金は英国+109bp、フランス・スペイン+36bp 米国事業は即時年金+66bp、その他+56bp
アクサ	EEV	QIS5のアプローチに沿って加算。 ユーロ圏+36bp、英国+79bp、米国+56bp、スイス+8bp ユニットリンク・変額年金には適用なし。 その他の事業は、100%/75%/50%のバケットを適用。
ジェネラリ	EEV	QIS5のアプローチに沿って加算。 ユーロ圏+36bp、英国+79bp、米国+56bp、スイス+8bp
CNP	MCEV	一部の契約について非流動性プレミアムを使用。 QIS5の算式を用いて75%/50%/0%のバケットを適用。

2. 4. 2 資産価格評価における非流動性プレミアムの存在

(1) 非流動性プレミアムに関する理論研究

388 資産価格の標準的モデルでは、市場の摩擦が存在せず、投資家は価格を左右することができず提示された価格で購入・売却することしかできないという条件を仮定して、リスク中立測度を用いた価格付けを行っている。実務上、標準的モデルに基づき多くの金融派生商品価格が計算されており、リスク管理や投資戦略の立案においても、標準的モデルを出発点とすることが多い。

389 一方、市場の摩擦が資産価格に与える影響に関する理論研究・実証研究もある。このような研究の代表例が「非流動性プレミアム」である。非流動性プレミアムとは、資産が流動性を失っていることが原因で生じた「リスク」に対して、投資家が対価としてより高い収益率を求めることから発生する超過リターンのことである。研究の一部を紹介すると以下のとおりである。

(理論研究)

- ・ Brunnermeier-Pedersen(2009)の流動性の分類の研究
- ・ BIS Committee on the Global Financial System 報告書(1999)の市場の流動性の研究
- ・ Amihud-Mendelson(1986)の外因的な非流動性コストと証券を売買する頻度の市場均衡を与える証券価格の研究
- ・ Duffie-Garleanu-Pedersen(2007)の非流動性コストを内因的に導入する理論研究
- ・ Brunnermeier-Pedersen(2009)のファンディングの流動性と市場流動性を結びつけた研究
- ・ Duffie(2010)の資本構成の変更が阻害された場合の資産価格に与える影響を分析

(実証研究)

- ・ Bao-Pan-Wang(2011)の新しい非流動性指標を提案する研究
- ・ 王(2011)の日本の債券市場の流動性の計測研究
- ・ Hibbert-Kirchner-Kretschmar-Li-McNeil(2009)の株式、国債、カバードボンドなどにおける非流動性プレミアムの実証研究

390 ここに、日本市場の実証研究である王(2011)の内容を一部引用する。日本の債券市場の流動性の計測を試み、流動性が社債価格に影響を与えていることを実証した。ここで用いられている流動性指標は「最大値」と「最小値」の開き、HLG(High-Low Gap)である。社債スプレッドを信用等级別に流動性リスクスプレッドと信用リスクスプレッドに分解して見せ、このような分解が概念的なものにとどまらず定量的にも可能であることを示した。

格付	AAA・AA 格	A 格	BBB 格
社債スプレッド	0.225	0.550	0.857
HLG	0.059	0.124	0.167
流動性リスクスプレッド	0.047	0.239	0.445
信用リスクスプレッド	0.178	0.311	0.412

2005年1月～2010年8月の社債スプレッド。残存2年以上、7年以下の社債。(QUICK)。格付はR&Iを使用。

- 391 このように資産価格における非流動性プレミアムの存在は、様々な研究が行われている状況にあると考えられる。

(2) 債券における実証分析

- 392 非流動性プレミアムの計測について、Task Force Report on the Liquidity Premiumにおいて取り上げられている3つの手法(CDS ネガティブベースス法、カバードボンド法、構造モデル法)とQ I S 5で採用された代替手法について、日本市場のデータを用いた分析を以下のとおり行った。

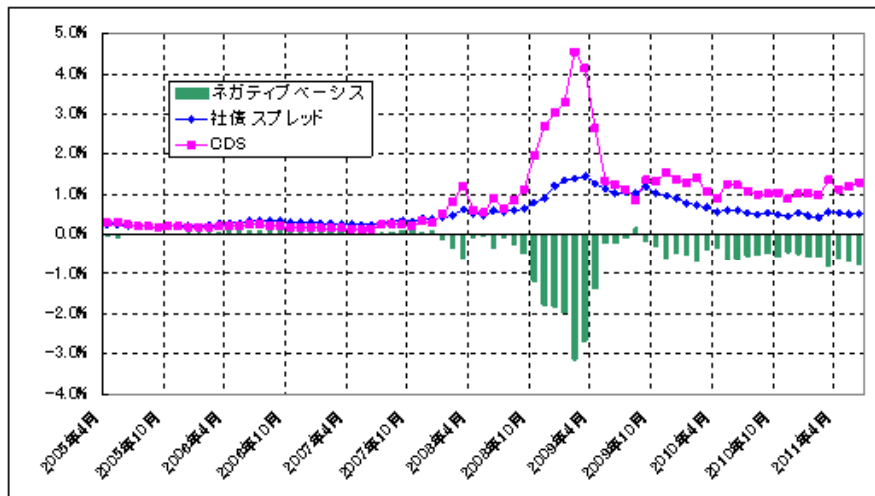
(a) CDS ネガティブベースス法 (ダイレクトアプローチ)

- 393 リスク・フリーで流動性が高い債券と、流動性が低く・同満期・同クーポンの社債にクレジット・デフォルト・スワップ(CDS)を組み合わせることで信用リスクをフルヘッジした合成ポジションの間で、利回り格差を計算することにより非流動性プレミアムを計測する方法である。非流動性以外はリスク特性が同一と考えられることから、この利回り格差は非流動性を表しているとみなすことができる。
- 394 CDS は金融派生商品の一つで、ローンや債券のデフォルトに対する保険と考えられる。CDS の買い手には、信用イベントが起きたときに、決められた金額が支払われる。債券の額面とその市場価値の差が支払われるのがもっとも一般的である。見返りとして、買い手は売り手に、決められた利率で定額のキャッシュフローを支払う。この利率をCDS スプレッド(またはCDS プレミアム)という。社債スプレッドからCDS スプレッドを差し引いた値をCDS ネガティブベーススと呼ぶ。ここで、非流動性プレミアムは、CDS ネガティブベーススにより計測することができる。

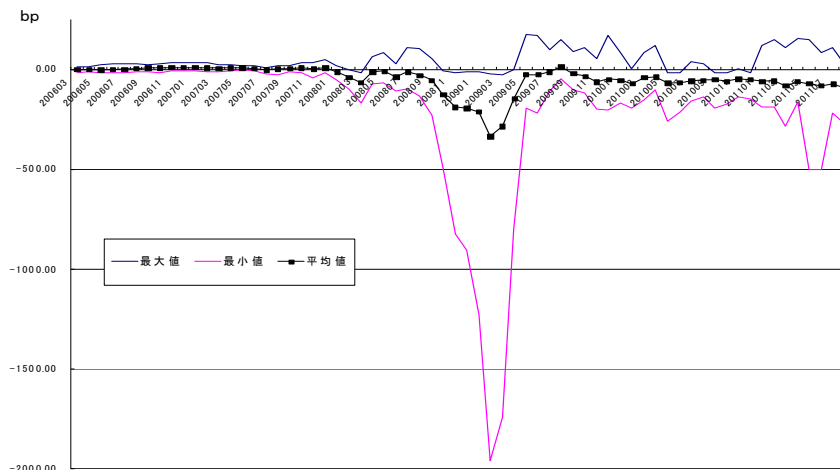
$$\text{非流動性プレミアム} = \text{社債スプレッド} - \text{CDS スプレッド} = \text{CDS ネガティブベースス}$$

- 395 iTraxx Japan Series 15 に採用されている50企業に対し、CDS ネガティブベーススを計算した。
- ・ 計測期間：2005年4月～2011年6月(月次)
 - ・ CDS のデータ：iTraxx Japan Series 15 に採用されている50企業に対しBloombergからデータを取得
 - ・ 社債データ：上記50企業が発行し、NIKKO-BPIに含まれている銘柄の社債スプレッドを取得

396 結果は次のとおりである。



ネガティブ・ベース推移



ネガティブベースの平均値・最大値・最小値推移

【計算結果の考察】

- ・ 2008年1月から2011年6月の期間において、ほぼ一貫してCDSスプレッドが社債スプレッドを上回る、つまりネガティブベースが負（CDSベーススが正）との結果が得られた。具体的には、2009年2月に最小値(-3.15%)を記録した後、2009年8月に一時的に正の値を記録するものの、その後から現在にかけて-1%~0%の水準で推移している。但し、最大値、最小値を見ると全ての銘柄でネガティブベースが負となっているわけではないことが分かる。
- ・ ネガティブベースが負となる銘柄が多数あるのは、(1) CDSと社債の信用事由の違いにより、社債の場合よりもCDSの方が高いデフォルト確率が算定されていること、(2) CDSにおいてはカウンターパーティ・リスクが内在するため原資産企業の信用リスク以外のリスクも価格に反映されている可能性があること、が原因であると考えられる。
- ・ このため、日本においては、CDSネガティブベース法だけで非流動性プレミアムを推計することは難しいと考えられる。

(b) カバード・ボンド法

397 カバード・ボンドとは、「欧州の金融機関を中心に広く発行されている債権担保付社債の一種である。信用力の高い債権で構成されるカバープールを担保として発行され、発行体やオリジネーター(担保資産の当初保有者)が破綻した場合、カバープールが発行体等の倒産手続と分離され、カバード・ボンド投資家が発行体とカバープールに二重にリコース(償還請求)をすることができる点が大きな特徴となっている。」(「カバード・ボンド研究会 とりまとめ(わが国へのカバード・ボンド導入へ向けた実務者の認識の整理と課題の抽出)」2011年7月)

398 Hibbert et. al. (2009)によると、実務家においてはカバード・ボンドは実質リスク・フリーの債券であると捉えられている。このため、非流動性プレミアムの計算方法として次を提案している。

$$\text{非流動性プレミアム} = \text{カバード・ボンド・インデックスのイールド} - \text{スワップ金利}$$

399 但し、非流動性プレミアムの期間構造まで含めてデータ分析を行う必要があるため、Hibbert et. al. (2009) ではカバード・ボンド・ユニバースの近似として格付AAAを取得している債券に対して上記の非流動性プレミアムを計算している。日本では、法制度に基づくカバード・ボンドの発行実績はないことから、Hibbert et. al. (2009)を参考に以下のように分析を行うこととした。

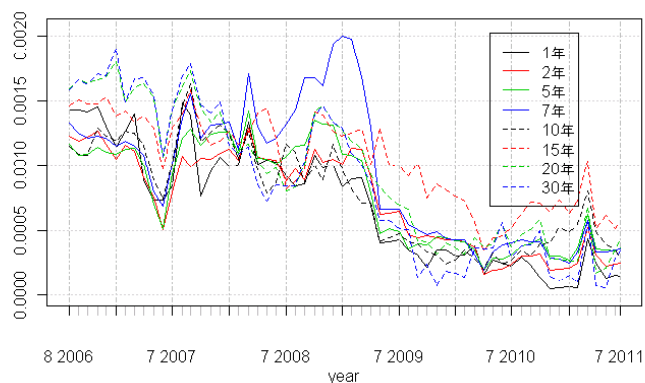
- ・ 欧州においては、ベース金利にスワップ金利を用いているが、日本の市場動向を踏まえ、ベース金利として国債金利を用いることとした。
- ・ 計測期間：2006年8月31日～2011年6月30日 (月次データ)
- ・ 対象：NIKKO-BPIに採用されている政府保証債、東京都債、地方債(東京都債を含む)、AAA格社債。また控除するリスク・フリー・レートを算出するため、NIKKO-BPIに採用されている日本国債。
- ・ 金利計算：クーポンの影響を排除するため、各金利データから、スポットレートを計算。これらから国債のスポットレートを控除し非流動性プレミアムを算出。

【計算結果】

政府保証債：対国債

	1年	2年	5年	7年	10年	15年	20年	30年
最小値	0.0043%	0.0162%	0.0195%	0.0197%	0.0202%	0.0339%	0.0168%	0.0052%
第1四分位	0.0302%	0.0389%	0.0390%	0.0428%	0.0398%	0.0726%	0.0414%	0.0362%
中央値	0.0759%	0.0879%	0.0932%	0.1075%	0.0803%	0.1035%	0.0930%	0.0843%
平均値	0.0705%	0.0737%	0.0785%	0.0938%	0.0774%	0.1038%	0.0939%	0.0875%
第3四分位	0.1018%	0.1058%	0.1128%	0.1315%	0.1155%	0.1317%	0.1421%	0.1445%
最大値	0.1482%	0.1290%	0.1419%	0.2001%	0.1628%	0.1585%	0.1798%	0.1907%
2011-06-30	0.0154%	0.0241%	0.0338%	0.0347%	0.0347%	0.0511%	0.0360%	0.0291%

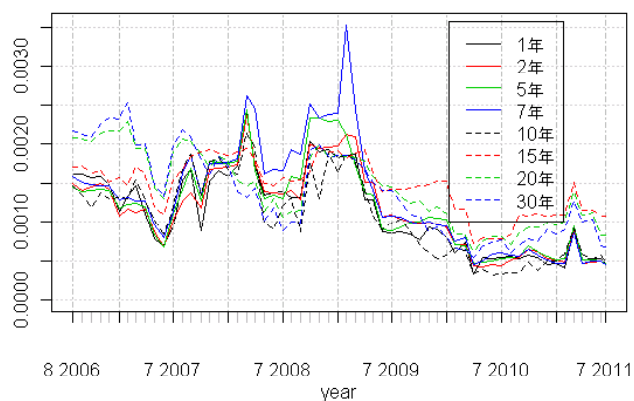
政府保証債スプレッド



東京都債：対国債

	1年	2年	5年	7年	10年	15年	20年	30年
最小値	0.0324%	0.0414%	0.0458%	0.0449%	0.0319%	0.0718%	0.0619%	0.0535%
第1四分位	0.0650%	0.0687%	0.0694%	0.0767%	0.0585%	0.1160%	0.1077%	0.0885%
中央値	0.1113%	0.1126%	0.1193%	0.1278%	0.1030%	0.1520%	0.1432%	0.1323%
平均値	0.1131%	0.1158%	0.1196%	0.1317%	0.1077%	0.1470%	0.1444%	0.1386%
第3四分位	0.1573%	0.1493%	0.1503%	0.1707%	0.1438%	0.1720%	0.1851%	0.1856%
最大値	0.2411%	0.2357%	0.2430%	0.3528%	0.2134%	0.1960%	0.2284%	0.2519%
2011-06-30	0.0517%	0.0492%	0.0497%	0.0491%	0.0570%	0.1078%	0.0828%	0.0690%

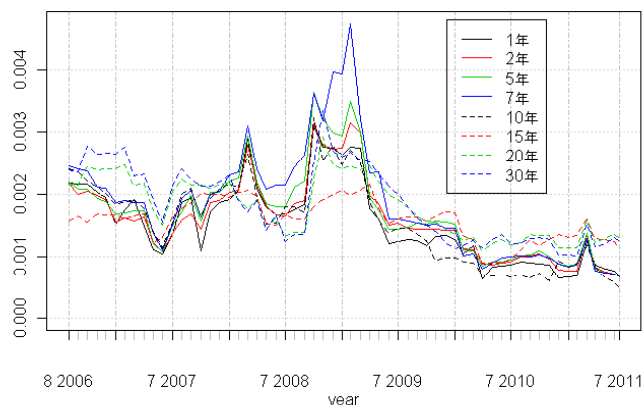
東京都債スプレッド



地方債：対国債

	1年	2年	5年	7年	10年	15年	20年	30年
最小値	0.0632%	0.0726%	0.0714%	0.0716%	0.0590%	0.0888%	0.1096%	0.1020%
第1四分位	0.1045%	0.1093%	0.1096%	0.1038%	0.0920%	0.1323%	0.1348%	0.1285%
中央値	0.1492%	0.1558%	0.1691%	0.1855%	0.1559%	0.1630%	0.1758%	0.1789%
平均値	0.1554%	0.1616%	0.1706%	0.1858%	0.1563%	0.1588%	0.1795%	0.1850%
第3四分位	0.1926%	0.1945%	0.2046%	0.2345%	0.2037%	0.1787%	0.2182%	0.2339%
最大値	0.3103%	0.3155%	0.3649%	0.4759%	0.3238%	0.2154%	0.2919%	0.3359%
2011-06-30	0.0765%	0.0726%	0.0714%	0.0716%	0.0590%	0.1237%	0.1359%	0.1304%

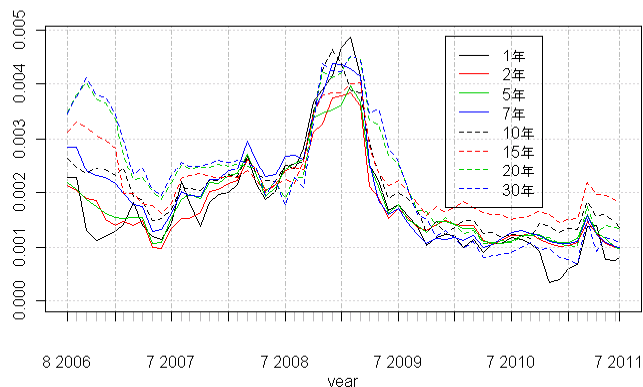
地方債スプレッド



AAA 格：対国債

	1年	2年	5年	7年	10年	15年	20年	30年
最小値	0.0339%	0.0965%	0.0988%	0.0997%	0.1150%	0.1459%	0.1004%	0.0707%
第1四分位	0.1133%	0.1244%	0.1251%	0.1210%	0.1459%	0.1727%	0.1376%	0.1147%
中央値	0.1393%	0.1513%	0.1604%	0.1774%	0.2004%	0.2134%	0.2248%	0.2277%
平均値	0.1774%	0.1782%	0.1848%	0.1986%	0.2101%	0.2254%	0.2297%	0.2247%
第3四分位	0.2177%	0.2113%	0.2186%	0.2427%	0.2435%	0.2386%	0.2694%	0.2894%
最大値	0.4866%	0.3841%	0.3961%	0.4369%	0.4649%	0.4013%	0.4503%	0.4521%
2011-06-30	0.0755%	0.0992%	0.0988%	0.1007%	0.1449%	0.1850%	0.1355%	0.1129%

AAA格スプレッド



【計算結果の考察】

- 400 政府保証債の信用リスクについては発行体の信用力は明示的な政府保証によりカバーされている。その点で、対国債のスプレッドは流動性を表していると考えられる。政府保証債の流動性については、リーマンショック時および東日本大震災時に拡大して、その後低下する傾向が見られる。10年満期に対しては平均7bp程度の非流動性プレミアムが見られる。直近水準は3bp強の水準である。
- 401 東京都債・地方債の信用リスクは発行体の信用力に依存する。ただし、暗黙の政府保証があるという見解も存在する。東京都債の場合、10年満期に対して、平均値は10bp程度の非流動性プレミアムが見られる。直近水準は6bp弱の水準である。地方債の場合、10年満期で平均15bp程度、直近水準では6bp弱である。
- 402 AAA格社債の対国債スプレッドは、10年満期の平均で21bp程度、直近でも15bp弱の水準である。
- 403 対国債スプレッドでは、総じて、プラスの傾向が見て取れる。但し、市場環境によりスプレッドが大きく変化していることがわかる。また、期間構造については、10年満期までのブロックと、15年～30年のブロックに分かれる傾向も見取れる。

(c) 構造モデル法

404 社債の理論信用スプレッドを構造モデルに基づき算出し、これと市場で観測される社債スプレッドを比較することで非流動性プレミアムを推計するというアプローチである。ここでは Merton モデルに基づき計算を行う。(詳細は Duffie-Singleton(2003)、楠岡・青沼・中川(2001) 参照)57

405 A(T) を、時点 T における各企業の総資産額、D は各企業の負債(元本)とする。デフォルトを、総資産額が負債を下回る事象とモデル化する。総資産額は次の確率微分方程式でモデル化されているとする。

$$dA(t) = \mu_A A(t) dt + \sigma_A A(t) dB(t)$$

ここで A(t) と σ_A は観測されていないとする。そのため、株式総額 S(t) を総資産額 A(t) に対するコールオプションと考える。つまり、S(t) は行使価格 D、満期は適当に長い時点 T' をとって、A(t) に対するコールオプションと考える。ここでは T' として、各債券の満期 T と一致させて考えることにする。

406 このとき、Black-Scholes の公式から、

$$S(t) = A(t)N(d_1) - De^{-r(T-t)}N(d_2), \quad \dots (1)$$

$$\text{但し、} d_1 = \frac{\log(A(t)/D) + \left(r + \frac{\sigma_A^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma_A \sqrt{T-t}}, d_2 = d_1 - \sigma_A \sqrt{T-t}$$

また N() は標準正規分布の分布関数である。

407 上の S(t) に伊藤の公式を適用して、S(t) のボラティリティ σ_S は、

$$\sigma_S S(t) = N(d_1) \sigma_A A(t) \quad \dots (2)$$

となる。ここで S(t) と σ_S は観測されるので、(1) と (2) の連立方程式を解いて、A(t) と σ_A を求める。

⁵⁷一般に、信用リスクのモデル化に関する数理的アプローチとしては、大きく分けて、構造型アプローチと誘導型アプローチがある。構造型アプローチとは、企業の財務構造をモデル化して、デフォルトの発生を財務構造に関する或る事象として明示的に定義し、その事象の発生する確率をデフォルト確率として捉えるものである。一方誘導型アプローチとは、デフォルト時点の分布を外性的に与えてしまう立場であり、デフォルトのメカニズムを想定しないものである。信用リスクに関する金融派生商品のプライシングにおいて、誘導型アプローチは実務でよく用いられている一方、構造型アプローチは、KMV モデルなどの標準的な商用モデルを除くと、実務で用いられている例は少ないとされている。これは、企業価値の特徴付けが困難であることや、モデルにおけるデフォルトの定義と実際のデフォルト発生事由が異なるという理由等から、市場で観測される実際のデフォルト事象をモデルがうまく説明できないことが理由であるとされている。

Merton モデルにおいては、企業の総資産を Black-Scholes 型拡散過程でモデル化し、負債総額を下回ったときにデフォルトと考える。このデフォルトは、デットの返済期日にしか起こらないと定式化している。数式の展開が簡易であるという強みもあるが、企業価値が観測されるという前提や、デフォルトが決定論的な時点でしか発生しないというのは制約が強すぎるとも言える。前者については、総資産をオプション理論から逆算する手法で回避する方法がある。(構造型アプローチの商業的スタンダードとなっている KMV モデルで用いられている。) 後者については、確率過程でモデル化された企業価値が、前もって定められた境界を下回った時点デフォルト時点とする初到達時刻モデルがあり多数のモデルが提案されている。上記 2 点の批判に加えて、「企業価値が常に観測できるということは、いわばインサイダーの視点であり、一般の市場参加者からすればデフォルトの発生が予測可能であるという状況は自然であるとは言えない。」というものがある。デフォルト時点が、フィルトレーションに関して可予測な停止時刻となることを回避するため、企業価値あるいはデフォルト境界が直接観測できない設定を考えた、不完全情報に基づく構造型アプローチも研究されている。

本稿においては、Merton モデルの弱点は認識しつつも、資産評価における非流動性プレミアムの存在を示すという目的を考慮すると、結論が変わるほどの弱点ではないと考えられることから、欧州ソルベンシー II QIS5 での検討にならって、構造型アプローチのうち Merton モデルを用いて定量分析を実施した。

(参考文献) 中川秀敏、信用リスク定量化のための数理モデル、数学、第 58 巻第 4 号、2006

408 以上の準備のもと、債券は満期 T において、 $\min(D, A(T))$ をペイオフとする派生商品と考えることができる。従って、理論信用スプレッドは次式で与えられる。

$$\text{理論信用スプレッド} = -\frac{1}{(T-t)} \log\left(N(h_2) + \frac{1}{d} N(h_1)\right)$$

$$h_1 = -\frac{\frac{1}{2}\sigma_A^2(T-t) - \log(d)}{\sigma_A\sqrt{T-t}}, h_2 = -\frac{\frac{1}{2}\sigma_A^2(T-t) + \log(d)}{\sigma_A\sqrt{T-t}}, d = \frac{De^{-r(T-t)}}{A(t)}$$

409 また、ここでは負債の金額は自己資本比率を株式の時価総額に適用して計算することとした。

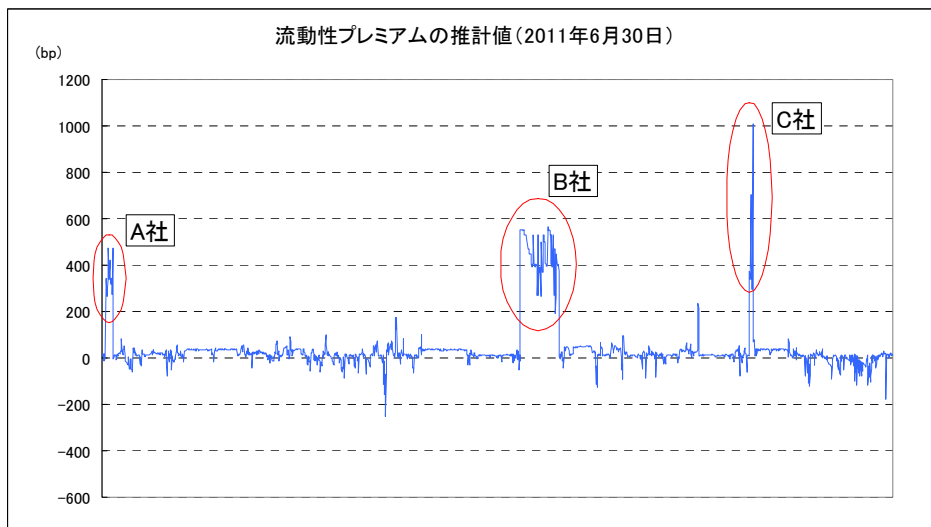
使用データは以下のとおりである：

計算基準日：2011年6月30日

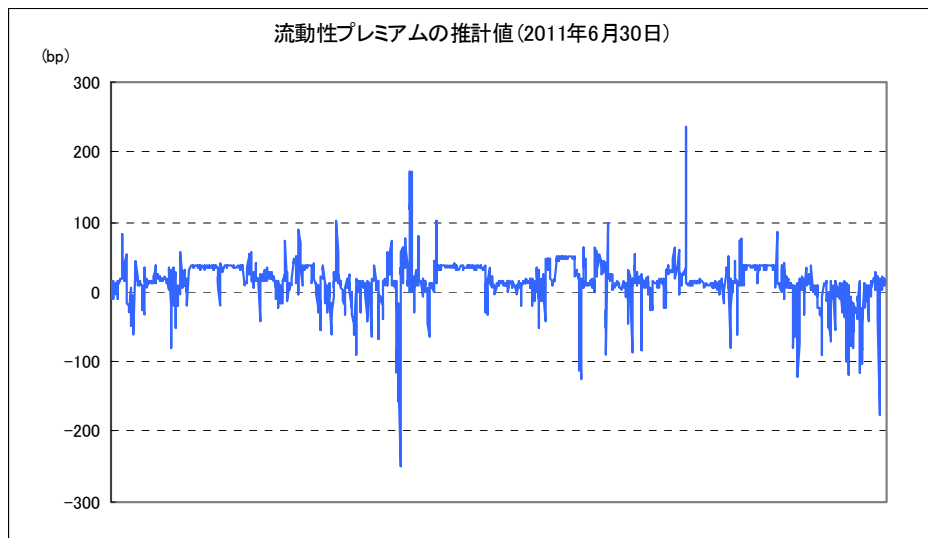
社債データ：NIKKO-BPI のうち、利付金融債、電力債、一般企業債。

株価、株価純資産倍率、自己資本比率データ：Bloomberg を使用。

以下が結果である。

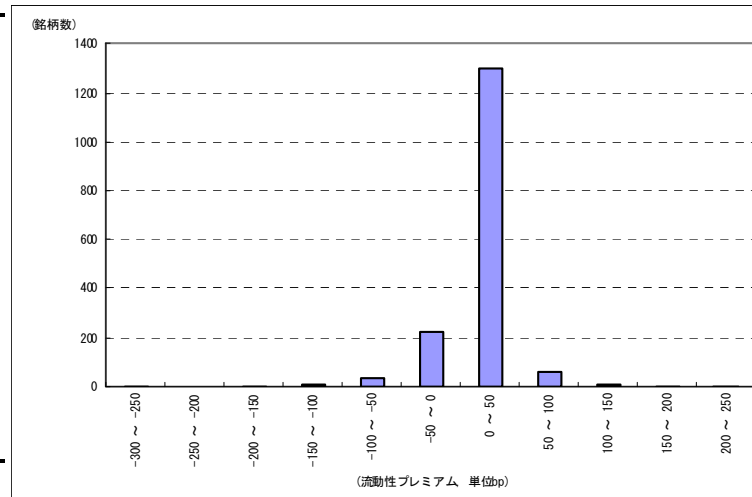


410 Merton モデルにおいて必ずしも十分説明しきれない 3 銘柄を除いて計算した結果は次の通りである。



平均値	15.32
最大値	235.97
最小値	-250.30
上位1%	74.02
上位5%	49.30
上位10%	37.90
中央値	15.05
下位10%	-13.40
下位5%	-32.69
下位1%	-86.26

(単位bp)



3 銘柄を除き、発行時価総額で加重平均を取ると、16.8bp となる。

(d) QIS5 における代替式

411 Q I S 5 においては、次の式により非流動性プレミアムの基準値を求めている。

$$\text{非流動性プレミアム} = 50\% * (\text{社債スプレッド} - 40 \text{ b p})$$

ただしゼロが下限、40 b p は長期の期待損失に対応

上記の式は、社債スプレッドを信用コスト（長期の期待損失）、信用コストの不確実性に対するプレミアムおよび非流動性プレミアムに分解して考え、信用コストをヒストリカルデータより 40 b p と算出したのち、信用コストの不確実性に対するプレミアムと非流動性プレミアムを半分半分に分解するという考え方に基づくものである。

412 この考え方を日本社債市場に適用する場合、長期の期待損失を算出しない必要がある。また、社債スプレッドから長期期待損失を除いた部分を、信用リスクの市場プレミアムと非流動性プレミアムに分解しなければならない。分解については QIS5 と同様に 50%とする。

413 長期の期待損失については、格付会社が開示している長期デフォルト率、デフォルト時損失率(LGD)、分析対象とする社債ベンチマークの属性(平均格付、個別銘柄の発行量など)により決定される。

414 そこで、次のような分析を行った。

- ・ 分析対象： NIKKO-BPI のうち、利付金融債、電力債、一般企業債(以下、ユニバース)。
- ・ 基準日：2011 年 6 月末
- ・ 格付機関：S&P、Moody's、R&I、JCR
- ・ 長期期待損失： 格付会社別の、対応する満期における、累積デフォルト率を取る。同一銘柄に対して、格付機関別累積デフォルト率の最大値をとる。これに基づき次式で計算する。

$$\text{銘柄 } i \text{ の長期期待損失} = \frac{\log(1 - LGD \cdot \text{銘柄 } i \text{ の累積デフォルト率})}{\text{残存期間}}$$

LGD (デフォルト時損失率) としては、BISII の基礎的内部格付手法で設定されている 45%を用いた。

これらの時価加重平均を求めて、分析対象の長期期待損失とする。結果は次のとおりである。

長期期待損失

銘柄数	1,666
加重平均	0.23%
最大値	3.07%
最小値	0.00%
単純平均	0.14%

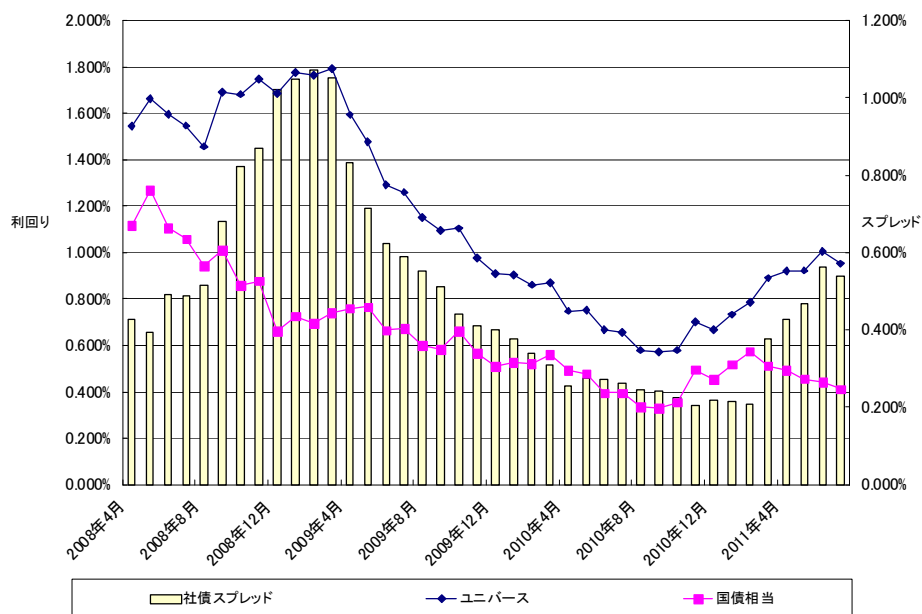
415 上記の結果を踏まえ、以降の分析では、時価加重平均の 23bp と比較分析のため長期期待損失として QIS5 ベースの 40bp とを用いることにする。

416 次のデータに対して社債スプレッドを算出した。

- ・ 分析対象： 上記ユニバース
- ・ 分析期間： 2008 年 4 月～2011 年 7 月末(月次データ)
- ・ 社債利回り、国債相当利回り：NIKKO-BPI データの社債利回り(複利)を取得。同じく国債データから、各時点のスポットレートを算出。その後、社債の残存期間、クーポンレートに応じた、リスクフリーベースの複利を計算し、国債相当利回りとする。
- ・ 社債スプレッド：銘柄ごとに、社債利回りから国債相当利回りを控除した値を社債スプレッド

と呼ぶ。

	ユニバース	国債相当	社債スプレッド
最小値	0.572%	0.329%	0.205%
中央値	0.991%	0.570%	0.435%
平均	1.139%	0.640%	0.500%
最大値	1.793%	1.270%	1.071%

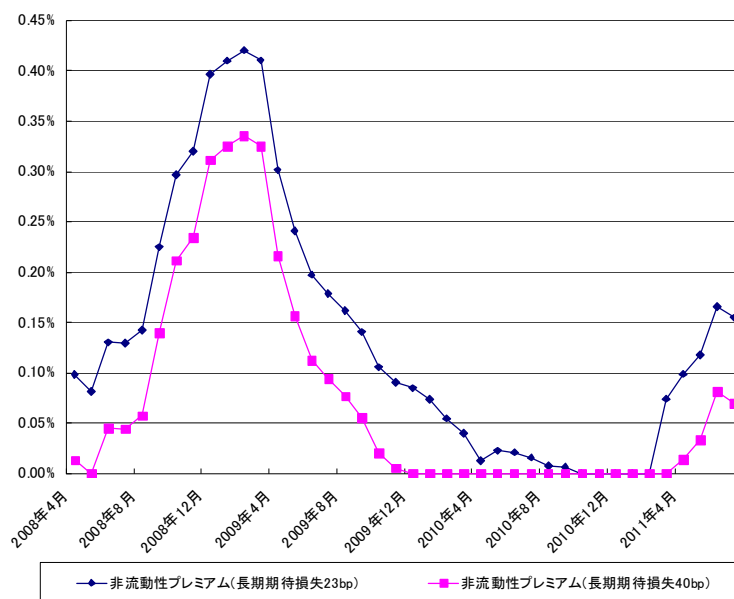


417 社債スプレッドに対して次の式で非流動性プレミアムを算出する。

$$\text{非流動性プレミアム} = 0.5 \times \text{Max}(0, \text{社債スプレッド} - \text{長期期待損失})$$

長期期待損失として上で分析した 23bp の場合と、QIS5 における 40bp の場合で、2008 年 4 月～2011 年 7 月までの数値を算出

	期待損失23bp	期待損失40bp
最小値	0.00%	0.00%
中央値	0.10%	0.02%
平均	0.14%	0.07%
最大値	0.42%	0.34%
標準偏差	0.13%	0.11%



長期期待損失率を 23bp とした場合、非流動性プレミアムの平均値は 14bp となっており、(a)～(c) で計算した、理論的な非流動性プレミアムと近い水準となっている。

【参考文献】

- Amihud, Y. and H. Mendelson (1986). Asset Pricing and the Bid-Ask Spread. *Journal of Financial Economics* 17, 223-249.
- Amihud, Y., H. Mendelson, and L. Pedersen (2005). Liquidity and Asset Prices. *Foundation and Trends in Finance*, 1, 269-364, now Publishers Inc., Hanover, USA.
- Bao, J., J. Pan, and J. Wang (2011). The Illiquidity of Corporate Bonds. *Journal of Finance*, Volume 66: 911-946.
- Duffie, D., N. Garleanu, and L. Pedersen (2007) Valuation in over-the-counter markets, *Review of Financial Studies*, 20, 1865-1900.
- Duffie, D. (2010), Asset Price Dynamics with Slow-Moving Capital (American Finance Association Presidential Address), *Journal of Finance*, Volume 65: 1238-1268.
- Hibbert, J., A. Kirchner, G. Kretzschmar, R. Li, and A. McNeil (2009). Liquidity Premium Literature review of theoretical and empirical evidence, Barrie-Hibbert.
- 王京穗 (2011). 債券の市場流動性の把握と金融機関のリスク管理への応用、日銀ワーキングペーパーシリーズ、No.11-J-2.
- Hibbert, J., A. Kirchner, G. Kretzschmar, R. Li, and A. McNeil (2009). Liquidity Premium Literature review of theoretical and empirical evidence, Barrie-Hibbert.
- Duffie, D. and K. Singleton (2003). *Credit Risk: Pricing, Measurement, and Management*, Princeton University Press.
- 楠岡成雄・青沼君明・中川秀敏 (2001). 『クレジット・リスク・モデル』金融財政事情研究会

2. 4. 3 保険負債における非流動性プレミアムの検討

(1) 保険負債の経済価値評価における非流動性プレミアムの考え方

418 これまでの海外等における議論等を参考にすると、保険負債は主に以下の2つの観点で非流動的であると考えられている。

- ① 保険負債は、売却等で流動化することが難しいため非流動的である。
- ② 保険負債は、解約に制限がある等の理由から、一定程度は確実に一定期間存在するという意味で非流動的である。

419 以下、この2つの観点から、負債の非流動性プレミアムについて考える。

<非流動性プレミアムを設定する根拠>

①保険負債が売却等で流動化出来ないこと

420 海外等における議論では、保険負債の割引率に非流動性プレミアムを反映させる場合の理由の1つとして、保険契約者の立場からみて、「保険資産は市場でいつでも売買することができない流動性がない資産である」ことから、「保険契約の流動性特性を割引率に反映させるべき」という考え方がある。保険契約を保険契約者からみた資産としてとらえた場合、その価値評価に非流動性プレミアムを織り込むことにより、割引率が高くなる方向に働く。

421 一方、保険負債は、「期中で売却できない」、若しくは、「返済できない（買入償却等）」という性質を持つため流動性が低いと考えた場合に、この保険負債と全く同一のキャッシュフローであるが、「第三者に容易に売却可能」、若しくは、「償還前に自由に買入償却できる」という自由度がある負債（流動性の高い負債）と比べてみると、債務者にとって保険負債は流動性が低い分魅力が劣る（他の条件が全て同じで自由度のみが低いものは魅力が低い）。その為、債務者は流動性の高い資金調達よりも条件が良くないと、敢えて流動性の低い負債では調達を行わない。つまりこの場合、負債が非流動的であることは、割引率が低くなる方向に働く。

422 この様に考えた場合、保険契約者から見た保険契約の資産としての価値と、保険者からみた保険契約の負債としての価値が一致しない。つまり、キャッシュフローをリスクフリーレートで割引いた値から、資産の保有者にとっては低い価格、保険者にとっては高い価格となる。このような状況は、市場に摩擦がない標準的モデルでは違和感があるが、非流動的な市場では、流動性が低いゆえ一物一価が成り立たないために生じる現象である。

423 なお、日本においては、保険資産は「精算価格ではないものの契約時に約定された金額によれば、いつでも保険会社に対して、解約返戻金で売却することが可能」であることから、必ずしも非流動的とは言えないという考え方もある。

424 以上から、保険負債に流動性がないことが、保険負債の評価に非流動性プレミアムを反映する決定的な根拠とはならないと考えられる。

②保険負債は一定程度は確実に一定期間存在すること

425 保険負債の割引率に非流動性プレミアムを反映させる理由の2つ目としては、「保険キャッシュフローは突然全件が流出することはほとんど想定されず、少なくとも一定程度は一定期間存在することが確実なキャッシュフローである。そのため、保険会社は資産に流動性の低い資産を組み入れることができる。その非流動性プレミアムを割引率に反映させる」という考え方である。

426 ここでは、負債が一定期間存在するという非流動性により、満期まで非流動性資産を保有することが出来るという事がポイントとなっている（期中で負債キャッシュフローが変化し、非流動性資産を売却する可能性がある場合には、「2. 4. 4 ケース・スタディ（モデル保険負債における試行）」の（2）（b）（iv）のように非流動性プレミアムを享受できず、また非流動性プレミアム拡大時は追加的な損失が生じるため、非流動性プレミアムを適用できない。ただし、流動的な負債を契約群団でみて、確実なキャッシュフローがある場合の考え方については、「（2）負債の非流動性度別の分類に関する考察」で述べる）

427 一方、上記の考え方と異なり、非流動性プレミアムを反映すべきでないという考え方もある。非流動性資産は流動性が低い場合必ずしも購入可能とはかぎらず、購入できなかった場合は将来インソルベントな状況(*)となるからである。（(*) 2. 4. 4（1）（b）（i）のケースで、当初は資産と負債が同額であるが、時間が経過すると、資産の利回りに非流動性プレミアムが乗らないため、資産時価が負債時価より小さくなり、満期においても負債キャッシュフローを賄えないこととなる）。なお、既に非流動性資産を複製ポートフォリオに保有している場合の考え方は②-1にて後述する。また、非流動的な資産は、そもそも市場価格にばらつきがあり、負債の適切な評価に適さないとの考え方もある。

428 以上①、②のケースでは、負債の非流動性という観点のみから、非流動性プレミアムについて考えてきた。次に、②の意味で負債が非流動的な場合で、非流動的な資産を保有している場合に、負債評価に非流動性プレミアムを考慮しないとソルベンシーの判定の際にどのような影響があるか考察を行う。

②-1 ソルベンシーの判定（資産に非流動性資産を保有している場合）

429 資産に非流動性資産を保有している場合に、負債に非流動性プレミアムを考慮しなければ、経済価値ベースのソルベンシー規制において、インソルベントでないにも関わらずインソルベントであると誤って判断してしまう状況があるか考えてみる。

430 「Task Force Report on the Liquidity Premium」では「信用リスクの無い資産のキャッシュフローが、保険のキャッシュフローと一致している場合に、保険のキャッシュフローが確実に支払えるのにも関わらず、債務超過と判断されるケースがある」と記述されている。

431 ここでは、「2. 4. 4 ケース・スタディ（モデル保険負債における試行）」での検討を元に考察を行う。（ここでも、負債のキャッシュフローは時点が完全に確定的であるとの前提で、資産を途中売却する必要性が無い場合を想定している。負債のキャッシュフローの時点がぶれる場合については(2)予測できるキャッシュフロー参照）。

432 2. 4. 4の（1）（a）（i）や（1）（a）（ii）では、資産は非流動性資産で運用し、負債の評価は非流動性プレミアムを考慮しないケースである。どちらのケースも保険契約の満期時点では負債のキャッシュフローを賄っているにも関わらず、期初時点や期中の非流動性資産の時価変動によりインソルベントとなっている（非流動性資産は信用リスクが無い場合デフォルト等はなく必ず満期での負債キャッシュフローは賄える）。このような状況は、市場ストレス時に非流動性プレミアムが増加して非流動性資産のみ価格が下落したケースなどで生じる。

433 このようにインソルベントでない状態をインソルベントと判定してしまう状況を避けるためには、負債の割引率に非流動性プレミアムを考慮することが効果的であると考える。

②-2 ソルベンシーの判定（資産に非流動性資産を保有していない場合）

434 ところが、非流動性プレミアムを一律に保険負債全体に導入してしまうと、実際の運用を非流動性資産で行わない場合には、インソルベントであるにも関わらず、インソルベントと判定されないケースが起り得る。

- 435 具体例は、2. 4. 4の(1)(b)(i)のケースで、当初は資産と負債が同額であるが、時間が経過すると、資産の利回りに非流動性プレミアムが乗らないため、負債時価が資産時価を上回り、満期においても負債キャッシュフローを賄えない。
- 436 流動的な資産と負債の満期におけるキャッシュフローが一致するようにし、実際に負債を賄えるようにしたケースが2. 4. 4の(1)(b)(ii)であるが、この場合、評価時点では資産86、負債84と資産が2超過してはならない。非流動性資産を保有していない場合に負債の割引率に非流動性プレミアムを考慮すると、評価時点で資産価値が負債価値をいくらか超過していないと将来インソルベントになるが、「どの程度超過してはならないか」を計測するためには、負債を「流動性プレミアムを考慮しない」割引率で評価しておく事が必要となる。
- 437 また、このケースで金利リスクを測定すると、どのような金利変動が生じても満期では負債キャッシュフローが賄えるにもかかわらず、金利リスクがあるように測定されるといった点もあり、流動性資産を中心としたALM管理を行う場合の促進阻害となりうるという問題点もある(例えば金利が1%上昇した場合には、資産が86.2から78.1へ、負債が83.7から75.9へ、純資産は2.5から2.2へ変化し、金利上昇時に純資産が0.3減少となり金利リスクが生じている)。
- 438 以上、負債に非流動性プレミアムを考慮しないと、無リスクの流動性の低い資産で運用出来ているケースでは、インソルベントでは無い状態をインソルベントと判断してしまう場合があった。これを回避するためには、負債の割引率に非流動性プレミアムを考慮することも考えられる。
- 439 ただし、非流動性資産を保有していない場合に、直ちに無リスクの非流動資産を獲得出来ると仮定することは困難であるため(流動性が低いため)、非流動性プレミアムは、実際に保有している非流動的な資産と対応している負債に止めるべきとの考えもある(②における複製ポートフォリオに既に非流動性資産を保有している場合はその部分のみ構成銘柄として認めてもよいという考え方)。

<非流動性資産の範囲>

- 440 前述の②における非流動性資産は、どのような資産が対象として適切か検討を行う。
- 441 ②では、「一定期間存在することが確実な負債のキャッシュフロー」に対応して「一定期間、非流動性資産で運用することが可能」という事を根拠とし、負債に非流動性プレミアムを適用するというものであった。
- 442 そのため、デフォルトしたり、または、信用力が低下してリスク管理の一環として売却することがあり得るリスク性資産(社債や融資等)は非流動性資産の対象とならない。すなわち、非流動性資産の範囲は、リスクフリーでキャッシュフローが固定されている資産に限定する必要があるという考え方がある。
- 443 一方、満期まで保有する蓋然性が高いと客観的に判断可能な資産、例えば満期保有目的債券に分類されている資産までは、非流動性資産の範囲に含めても良いという考え方もある。

<非流動性プレミアムを適用しても良い負債の範囲>

- 444 ①の「保険負債は売却等で流動化することが難しいため非流動的」という立場から、非流動性プレミアムを適用する場合には、保険負債以外の流動化が難しい負債についても同様に非流動性プレミアムは適用可能という結論が導かれる。
- 445 ②の、「非流動性資産を保有していない場合でも、運用が可能である」という「可能性」に基づき非流動性プレミアム適用する場合は、保険以外の負債についても非流動性資産による運用が不可能で無い限り、同様に非流動性プレミアムを適用してはならない合理的な理由はない(更に、自己資本として保有している現預金等についても、非流動性資産で運用できる可能性に鑑み、評価額を増加させることも帰結される可能性がある)。

- 446 一方、「非流動性資産を保有している範囲のみに非流動性プレミアムを適用する」立場では、保有資産と対応している年限、及び、残高までの負債にのみ適用することが帰結される
- 447 上記の帰結に関する違和感を考えると、逆説的な論証ではあるが、非流動性資産を保有していない場合に非流動性プレミアムを負債に適用することは避けるべきという考えもある。
- 448 なお、②の前提においては、収入と支払をネットした保険キャッシュフローが当面マイナス（保険料収入が支払より多い）場合については、その根拠から非流動性プレミアムを適用することには留意が必要と考えられる。

<実務上の観点>

- 449 ②-1について、現実的に負債の非流動性プレミアムを考慮する際には、負債の割引率は、資産評価に用いる金利と整合的に設定する必要があるが、その際には負債の割引率に適用する非流動性プレミアムを非流動性資産の時価変動と整合的にタイムリーに把握する必要がある。
- 450 ただし、現在の手法では適切な算出方法が確立されていないこともあり、結局、資産と負債の割引金利が整合しない可能性があることにも留意しておく必要がある。
- 451 すなわち、非流動性プレミアムの現状の算出方法のうち、カバード・ボンド法、構造モデル法、Q I S 5における代替式は、過去の平均等をとって算出すると市場環境にセンシティブに連動せず、当該手法を使用した場合には、評価時点において資産と負債の割引率が整合的とならない可能性がある。
- 452 また、CDS ネガティブベース法、カバード・ボンド法はある程度タイムリーに資産の非流動性プレミアムを把握する事が可能であるが、資産と負債の整合性を保つために、「各保有資産の銘柄毎、残存期間毎に非流動性プレミアムを把握し、残存期間毎に保有資産キャッシュフローと負債キャッシュフローの残高の比を勘案する」等、細心の注意を払い非流動性プレミアムを設定する事が求められる。
- 453 なお、当該ケースは、資産の流動性を必要としない購入者にとっては、資産キャッシュフローの価値が非流動性プレミアムの分だけ資産時価より高いとみなせることに起因すると考えられる。そのため Task Force Report on the Liquidity Premium でも一旦検討にあがった「資産の時価を調整する」等の方法も考えられる。
- 454 例えば、満期保有債券であったり、責任準備金対応債券や業種別監査法人報告 26 号のように負債にマッチしており売却しない非流動性資産については、資産キャッシュフローをリスクフリーレートで割引く等の調整をすることが考えられる。この手法を採用する場合、負債の割引率に関する上記の実務的困難さはある程度軽減されるとも考えられる。

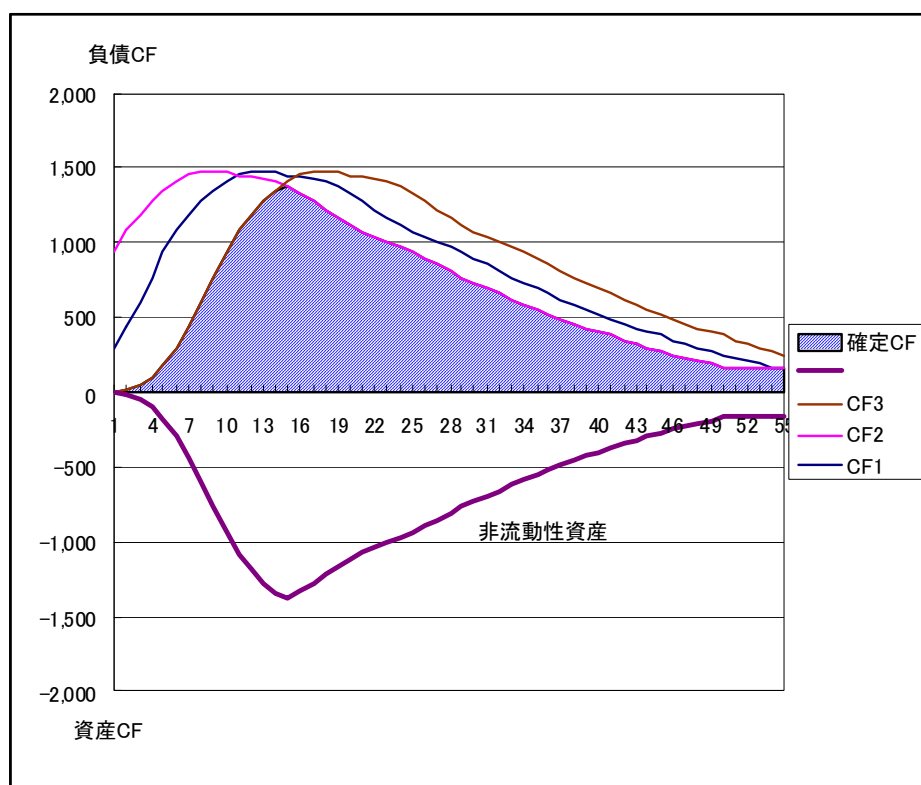
<保険会社の投資行動への影響>

- 455 規制上の割引率が保険市場へ与える影響、すなわち、負債の割引率に非流動性プレミアムを導入しない場合には非流動性資産への投資が行いにくくなるという観点から、流動性プレミアムを考慮すべきという考え方もある。これは、②-1にて考察を行った非流動性資産が対応している場合には負債に非流動性プレミアムを考慮しなければ、経済価値ベースのソルベンシー規制において、インソルベントでないにも関わらずインソルベントであると誤って判断してしまう状況があるためである。
- 456 一方、規制上の負債の割引率に非流動性プレミアムが導入された場合には、保険料設定等において非流動性資産で運用できるという前提で保険料設定を行っても、少なくとも保険販売時点ではソルベンシー規制上の問題は生じない。このような状況下では、非流動性プレミアムを考慮した割引率による低廉な保険料設定を行なわないと価格競争力が無くなることも考えられる。ただし、実際に

そのような保険料で保険販売した場合には、非流動性資産で運用しないと翌年以降インソルベントになる可能性があるが（②-2参照）、現実には全ての資産を無リスクの非流動性資産で運用することは難しいため、非流動性プレミアムは考慮しないとの考え方もある。

（２） 負債の非流動性度別の分類に関する考察

- 457 負債のキャッシュフローが確定的（例：年金開始後の年金支払キャッシュフロー）であれば、非流動性プレミアムを考慮する余地がある。キャッシュフローが確定的でなく、途中で非流動性資産を売却する必要がある場合には負債の評価に非流動性プレミアムを適用するのは適切ではない。詳細は「2. 4. 4 ケース・スタディ（モデル保険負債における試行）」にて考察する。
- 458 しかし非流動性プレミアムの適用にあたっては1件単位でCFが確定している必要はなく、ポートフォリオ全体で非流動性資産を売却する必要がなければ問題ないと考えられる。以下にそのイメージを図示する。



- 459 負債CF1を中心としてCFが前倒しとなったCF2, 後ろ倒しとなったCF3が負債評価において考慮すべきCFの範囲とすると、そのどの場合についても斜線部（確定CF）の負債CFは固定されており、それに対応する非流動性資産は非流動性リスクを実現させないため、（非流動性資産に対応する）負債に非流動性プレミアムを適用することが可能と考えられる。
- 460 この場合、CF2やCF3のキャッシュフローを作成する際は、各保険リスク等を計測する際に使用するストレスシナリオ水準を用いることが考えられる。

2. 4. 4 ケース・スタディ（モデル保険負債における試行）

（1） 資産運用と関連付けるか否かの観点

461 負債の割引率に非流動性プレミアムを適用した場合、非流動性のある資産でマッチング運用した場合と資産を非流動性プレミアムのない国債でマッチング運用した場合について、単純なモデルにより資産・負債の動きについてシミュレーションを行った。

<シミュレーションの前提>

10年後に負債は100のキャッシュアウト

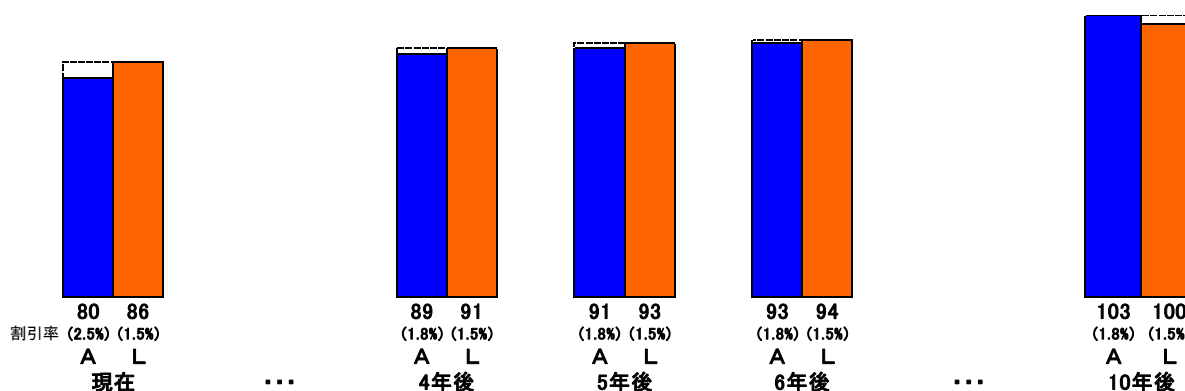
- ・ リスクフリーレート：1.5%（全年限で同一）
- ・ リスクフリーレート+非流動性プレミアム：1.8%（全年限で同一）
- ・ 【市場ストレス時】リスクフリーレート：1.5%
- ・ 【市場ストレス時】リスクフリーレート+非流動性プレミアム：2.5%
- ・ 国債の利回りはリスクフリーレートとし、リスクフリーレートで評価される。
- ・ 非流動性資産の利回りはリスクフリーレート+非流動性プレミアムとし、同じ利率で評価される。

（a） 非流動性資産で運用する場合

（i） 【非流動性プレミアム不適用で、契約開始直後に市場にストレスがかかり非流動性プレミアムが上昇する場合（現在の資産と負債を同額とした場合）】

462 現在保有する非流動性資産をCF発生時点まで保有することで将来の支払いが賄える（ソルベントである）にもかかわらず、現在時点においてインソルベントと判定されてしまうケース。

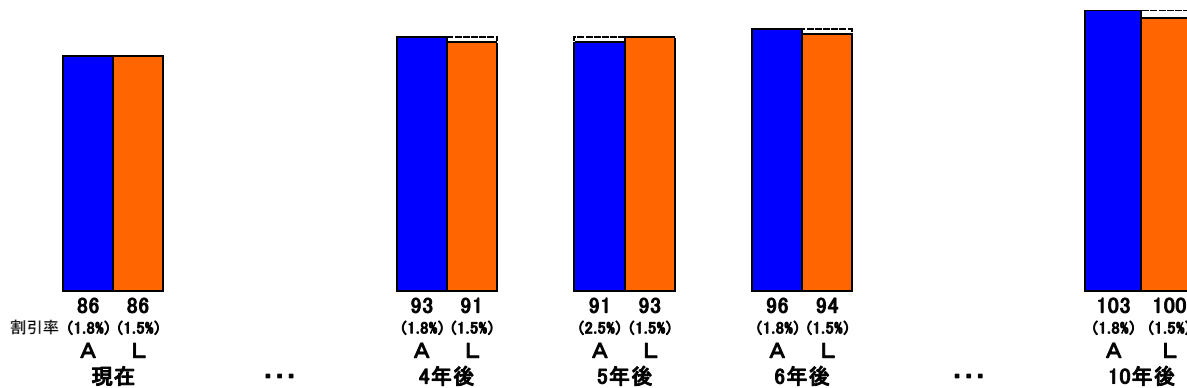
463 CF発生時にはソルベント（サープラス（資産時価－負債時価）が正值）となる非流動性資産を保有している場合において、将来の支払いには問題がないにもかかわらず、負債評価として非流動性プレミアムを反映していないリスクフリーレートで割り引くことにより、現在時点ではインソルベント（サープラスが負値）と判定されるケースが想定され得る。



464 負債評価において、対応する資産として非流動性資産で運用するケースで、非流動性プレミアムを導入しない場合は、将来の支払に問題がない場合でもある時点においてはインソルベントと評価される可能性がある。また、次の例のように非流動性プレミアムが一時的に増大した場合、資産時価の変動に伴いサープラスが変動する。負債評価に非流動性プレミアムを反映させることにより、サープラス変動が一定程度抑制されることが見込まれる。

(ii) 【非流動性プレミアム不適用で 5 年後に市場にストレスがかかり、翌年に正常に戻る場合
(現在の資産と負債を同額とした場合)】

465 将来のCF発生時にソルベントであるにもかかわらず、5年後の非流動性プレミアムの上昇により、一時的に資産時価は下落し、その時点においてインソルベントと判定される。負債評価に非流動性プレミアムを反映させることにより、そのような事態を回避できるとともに、サープラス変動を一定程度抑制するという副次的効果も想定される。ただし、そのための前提条件として、市場環境にセンシティブに対応するような非流動性プレミアムの算出方法が確立されていることが必要となる。

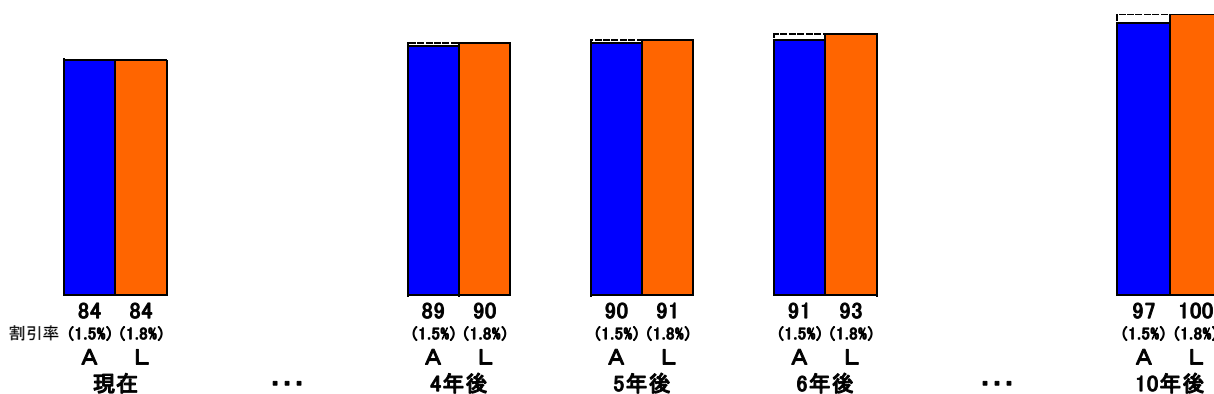


(b) 国債で運用する場合

(i) 【非流動性プレミアム適用 (現在の資産と負債を同額とした場合)】

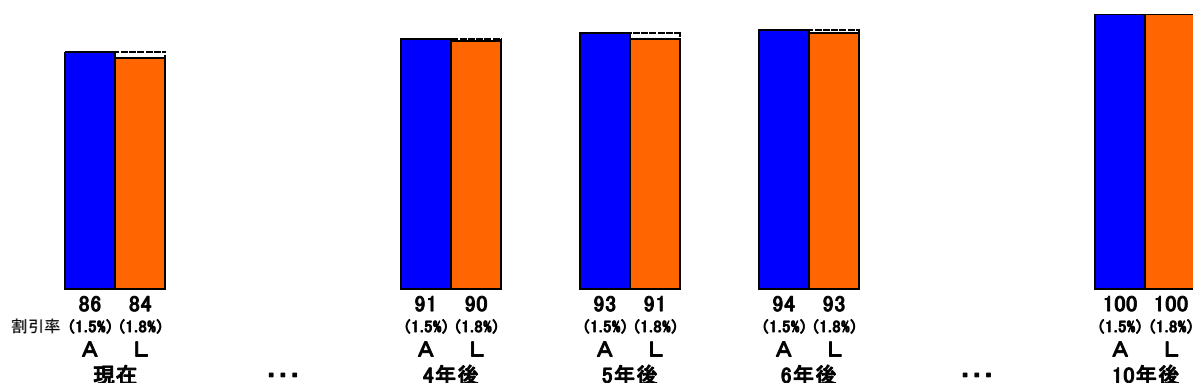
466 CF発生時点においてインソルベントとなる国債を保有しているにもかかわらず、現時点ではソルベントと判定されるケース。

467 負債評価における割引率に非流動性プレミアムを適用すると、負債と同額の国債を保有する場合、資産利回りには非流動性プレミアムが乗らないためCF発生時には負債キャッシュフローを賄えずインソルベントとなるにもかかわらず、現時点ではソルベントと判定されるケースが想定される。



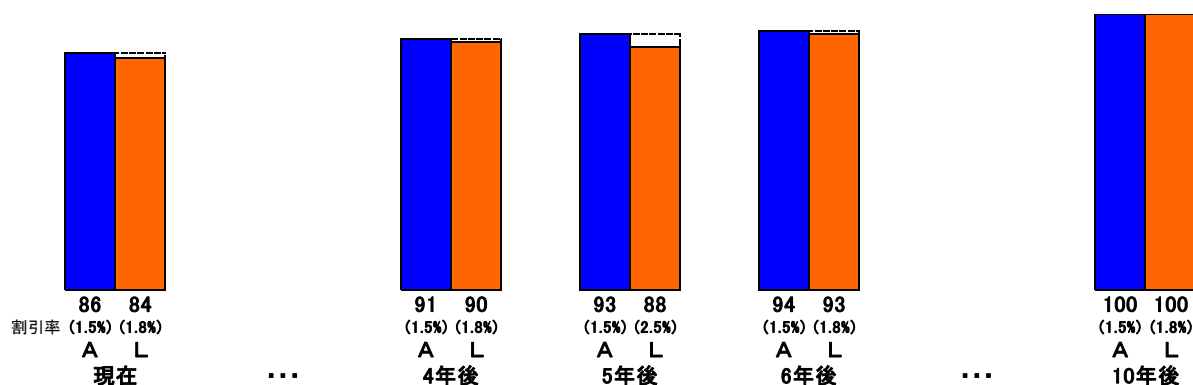
(ii) 非流動性プレミアム適用（満期時の資産と負債を同額とした場合）

468 国債で運用している場合にあつては、将来のCF発生時にソルベントとなるために、現時点において一定程度サープラスを確保しておく必要がある。どの程度のサープラスを確保しておけば問題ないのかについては、別途把握しておく必要があるのかもしれない。



(iii) 非流動性プレミアム適用で5年後に市場にストレスがかかり、翌年に正常に戻る場合（満期時の資産と負債を同額とした場合）

469 国債で運用している場合にあつては、負債評価に非流動性プレミアムを反映させることにより、非流動性プレミアムの変動に伴いサープラスが変動することとなる。非流動性プレミアムが拡大する4年後から5年後にかけてサープラスは+1→+5と+4だけ増加する一方、非流動性プレミアムが縮小する5年後から6年後にかけてサープラスは+5→+1と▲4だけ減少することとなる。つまり、現状において資産と負債のマッチングがなされていて、金利リスクがほとんど計測されない状態にあつても、非流動性プレミアムの導入に伴い、サープラスの変動要因が新たに生じる可能性があることに留意しておく必要がある。



470 負債評価に非流動性プレミアムを導入すると、対応する資産が非流動性資産でない場合、負債と同額の資産を保有するのでは将来の負債CFが賄えない。特に、非流動性プレミアムが拡大している時点において負債と同額の国債等で対応すると、将来の不足はより大きくなる。

(2) 負債の非流動性度別の分類

471 「2. 4. 3 (2) 負債の非流動性度別の分類に関する考察」に関連し、どのような負債について非流動性プレミアムを適用可能かについての簡単なシミュレーションを行った。

<シミュレーションの前提>

10年後に負債は100のキャッシュアウト

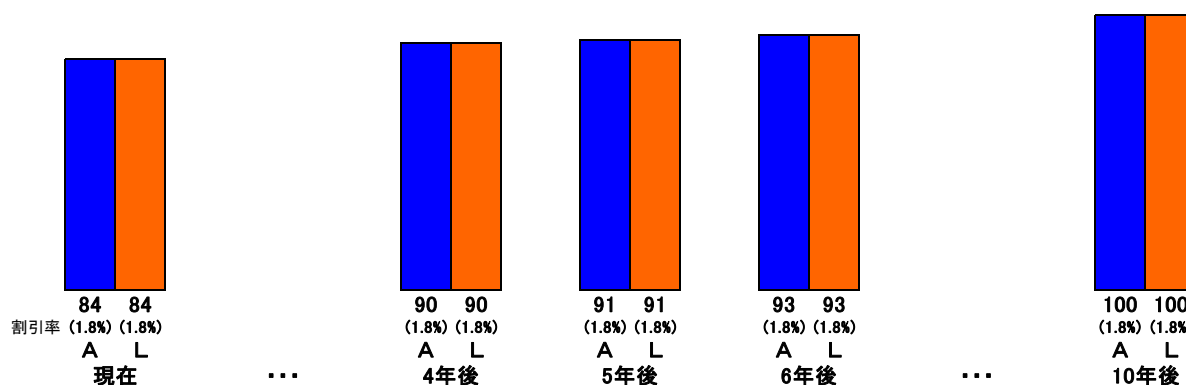
- ・ リスクフリーレート：1.5%（全年限で同一）
- ・ リスクフリーレート+非流動性プレミアム：1.8%（全年限で同一）
- ・ 【市場ストレス時】リスクフリーレート：1.5%
- ・ 【市場ストレス時】リスクフリーレート+非流動性プレミアム：2.5%
- ・ 国債の利回りはリスクフリーレートとし、リスクフリーレートで評価される。
- ・ 非流動性資産の利回りはリスクフリーレート+非流動性プレミアムとし、同じ利率で評価される。
- ・ 解約返戻金は10年後の100を予定利率（ここではリスクフリーレートと同じとする）で割り引いたものとする。

(a) 平常時に予期しないキャッシュフローが発生した場合

472 まず、キャッシュフローが確定（この場合は10年後に100）している負債の評価に非流動性プレミアムを適用し、非流動性資産により運用した場合、資産と負債の動きは同じとなることを以下の例で示す。

(i) 非流動性プレミアム適用（現時点の資産と負債を同額とした場合）

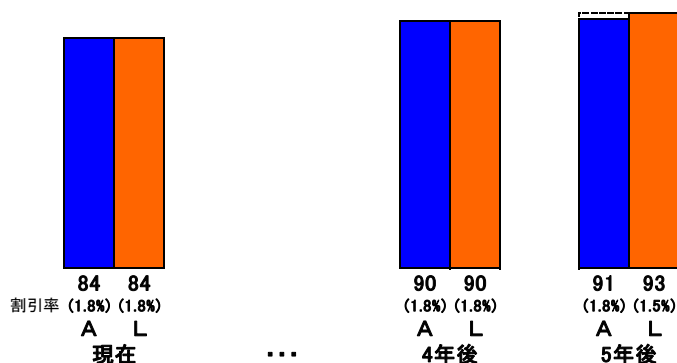
473 負債に対して非流動性資産でマッチングすることにより、資産と負債は同じ動きをする。満期時の資産負債も同額となる。しかし、途中で予期しないキャッシュアウトが発生した場合、インソルベントとなる。



(ii) 非流動性プレミアム適用（満期時の資産と負債を同額とした場合）：5年後解約返戻金支払

474 (i)と同様満期時のキャッシュフローのために資産を非流動性資産で運用し、負債に非流動性プレミアムを適用したものの、5年後に予期しないキャッシュアウト（解約返戻金：10年後の100を予定利率（ここではリスクフリーレート）で割り引いたもの）が発生したと考えると、4年後までは資産と負債は(i)と同様同額で推移するが、5年後に負債が解約返戻金にかわり、金額が大きくなる。そして5年後の時点でサンプラスが負債となる。これは解約返戻金の設定に用いられる予定利率（ここではリスクフリーレート）と負債・資産の評価に用いられる割引率（ここでは非流動性プレミアムつきリスクフリーレート）が異なることから起こるものである。非流動性プレミアムを

適用（加算）していなくても二つの利率が異なれば発生するものであるが、非流動性プレミアムを適用（加算）している場合、サープラスのマイナスがその分大きくなる。



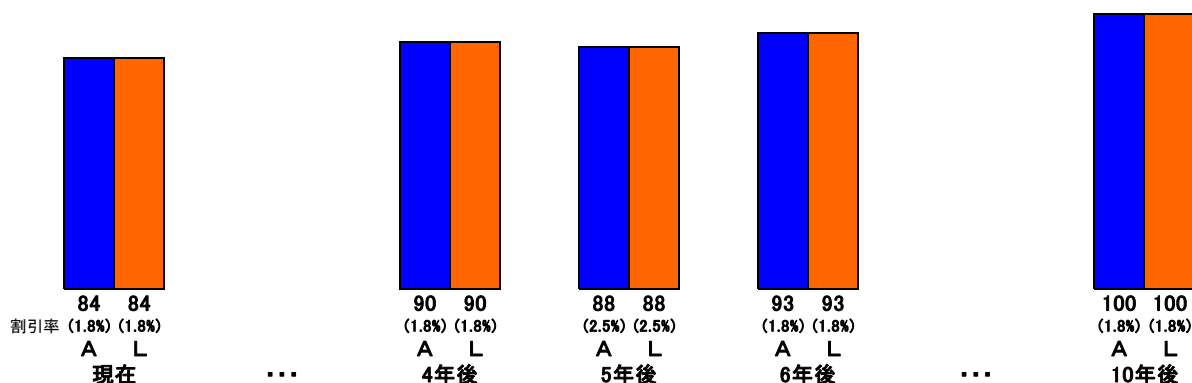
(b) 市場ストレス時に予期しないキャッシュフローが発生した場合

475 次に途中で市場ストレス時となり、非流動性プレミアムが上昇した場合を考える。

476 まず、予期しない負債キャッシュフローが発生しない場合は以下のとおり問題ない結果となる。

(iii) 非流動性プレミアム適用：5年後に市場にストレスがかかり、翌年に正常に戻る場合

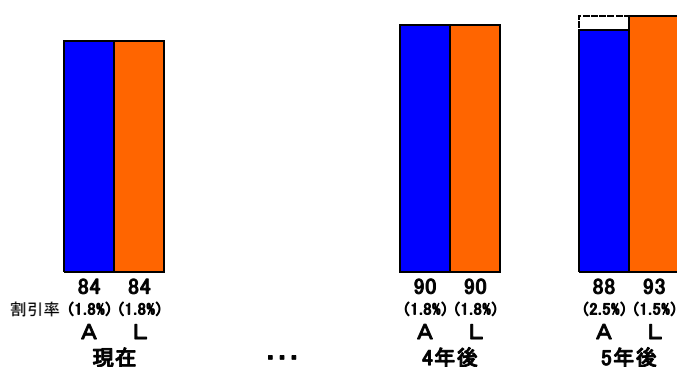
477 非流動性プレミアムの上昇により、資産時価は下落するものの、負債時価も同様に下落するため、資産と負債は同じ動きをする。



478 次に途中で予期しないキャッシュアウトが発生した場合を考える。

(iv) 非流動性プレミアム適用（満期時の資産と負債を同額とした場合）：5年後解約返戻金支払

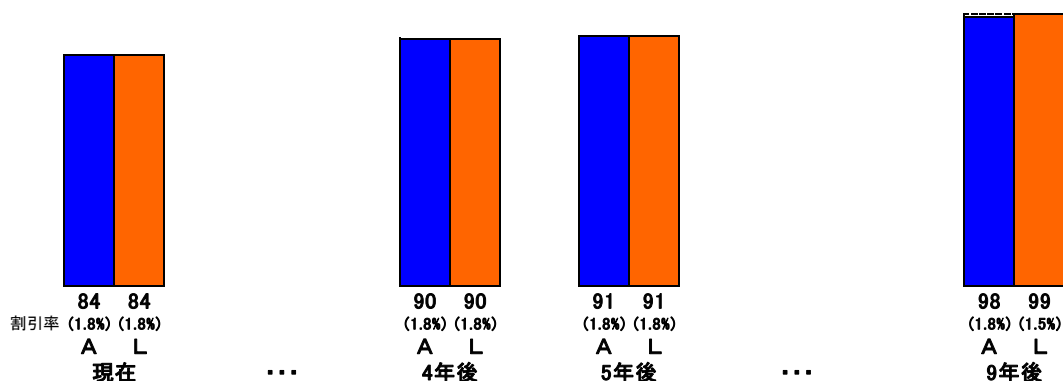
479 (iii)と同様満期時のキャッシュフローのために資産を非流動性資産で運用し、負債に非流動性プレミアムを適用したものの、5年後に予期しないキャッシュアウト（解約返戻金：10年後の100を予定利率（ここではリスクフリーレート）で割り引いたもの）が発生したと考える。4年後までは資産と負債は同額となっているが、5年後の時点で負債はこれまでの評価額から解約返戻金にかわり、金額が大きくなる。そして5年後の時点で資産が負債に足りない分は損失となる。0に比べ非流動性プレミアムが大きくなっている時点での予期しないキャッシュアウトはより大きなサープラスのマイナスが発生する。



480 負債のキャッシュフローの確実性が高ければ予期しないキャッシュフローによる影響は小さくなる。たとえば普通養老保険であれば0, (iv)の例のように10年後の予定のキャッシュフローが解約により5年後に発生するというものも考える必要があるが、保険料払込済終身年金のようにキャッシュフローの確実性の高いものであれば10年後に予定されたキャッシュフローはたとえば9年後程度までしか変動しないと考えると、予期しないキャッシュフローの影響は小さくなる。

(v) 非流動性プレミアム適用（満期時の資産と負債を同額とした場合）：9年後に支払

481 (i)と同様満期時のキャッシュフローのために資産を非流動性資産で運用し、負債に非流動性プレミアムを適用したものの、9年後に予期しないキャッシュアウト（10年後の100をリスクフリーレートで割り引いたもの）が発生したと考える。0では5年後に資産91負債93で差が2となっていたが、このケースでは9年後で資産98負債99で差は1となり、0に比べ小さくなっている。



2. 4. 5 非流動性プレミアム検討のまとめと今後の課題

- 482 一般的に、資産価格評価の要素として、非流動性プレミアムが実証的に存在することは上述のとおりである。計測方法によりバラツキはあるが、平常時においては10bp程度、リーマンショック時には、日本においても40bp程度の非流動性プレミアムが観測された。
- 483 一方で、保険負債評価に非流動性プレミアムを考慮すべきかどうかについては、考慮する・しないの2つの観点からそれぞれ考え方を下表のとおり整理した。

	非流動性プレミアムを考慮する観点	非流動性プレミアムを考慮しない観点
保険負債が非流動的であること	保険契約者の視点でみると、保険契約は、期中で売却ができず、解約もペナルティがある事から非流動的である。そのため保険負債の割引率には非流動性プレミアムを反映させる余地がある。	左記の議論は、保険契約者から見た資産価値としての議論であり、流動性が低い状況では、一物一価がなりたたないため、必ずしも資産時価＝負債時価とならない。負債の債務者として、売却が出来ないという非流動性は、流動性のある負債と比べて魅力が劣るため、負債価格を上昇させる。また、非流動性資産は、非流動性ゆえに実際に直ちに取引できない、そもそも市場価格にばらつきがあるなど、ソルベンシー規制上の負債評価に用いるには適さない。
ソルベンシーの判定	非流動性資産で運用している場合、非流動性プレミアムを考慮しないと、ソルベントであるにもかかわらず、インソルベントと判定されるケースが発生する。(特にリーマンショック時のような流動性が枯渇した場合。)	国債等の流動性資産で運用している場合、インソルベントであるにもかかわらず、ソルベントと判定されるケースが発生する。
保険会社の投資行動への影響	非流動性プレミアムが導入されない場合には、非流動性資産への投資は行いにくくなる。	非流動性プレミアムが導入されると、負債の価格設定において非流動性資産を購入することが前提の価格設定を誘発する可能性がある。その際、実際に無リスクな非流動性資産を購入できないと将来インソルベントとなる可能性がある。

- 484 また、非流動性プレミアムを導入する場合には、ソルベンシー規制に使用するという観点を踏まえると、比較可能性、恣意性排除を考慮し全社一律の水準を適用することも、検討する必要がある(①保険負債が売却できないため非流動的である、若しくは②の非流動性資産を保有していない場合でも非流動性資産による運用が可能性である事を根拠とする場合。なお、②の場合、適用可能な負債の残高については、「(2) 負債の非流動性度別の分類に関する考察」の考察に従い、各社が設定することとなるが、この際に例えばパラグラフ460の様に統一の基準を定めれば、比較可能性、恣意性排除は保たれるとも考えられる)。
- 485 流動性のある資産を中心にALMを行っている会社にとっては、非流動性プレミアムの導入がALM促進の阻害要因になりうることに留意すべきという意見があった。
- 486 本報告書においては、非流動性プレミアムが一般的に存在することは議論しているが、その水準の頑強な計測手法や期間構造については議論しておらず、日本の債券市場は店頭取引であり取引価格のデータ入手が難しいことや、信用スプレッドと流動性プレミアムの区分が難しく評価が恣意的となるおそれがあるなど、ソルベンシー規制に用いるにおいては課題も多い。

- 487 保険負債以外の負債（退職給付債務・借入・債券・基金等）の割引率に非流動性プレミアムを反映するかどうかについては、今回未検討であり、今後の検討課題の一つであると考えられる。また、ソルベンシー規制が契約者保護を目的とするのであれば、保険負債よりも返済順位が劣後する負債について、保険会社の信用リスクを反映するかどうか、また信用プレミアムが市場で観測されない場合の計測方法についても、今後の検討課題である。
- 488 非流動性プレミアムを割引率に考慮した場合、リスクマージンの取扱をどうするかについても、今後の検討課題である。
- 489 欧州においても、非流動性プレミアムの導入についてQ I S 5においては導入されたものの、全ての検討が終わっているという段階ではない。欧州においても、プロシクリカリティ防止のために、非流動性プレミアムを見込むべきという議論もあり、「非流動性プレミアム」にかえて「カウンターシクリカルプレミアム」という概念も検討されているようである。
- 490 プロシクリカリティ防止のための方法として、景気悪化時にのみ負債をより大きな割引率で割引くための「カウンターシクリカルプレミアム」を導入し、金融システム安定化を図りつつ、平常時には、保険負債全体に流動性プレミアムを考慮することのデメリット等も考え、適用しないという考え方もありうる。
- 491 また、ソルベンシー規制上配慮すべき一時的かつ特別の事情が存在する場合には、負債の額の測定基準（適用する割引率）を調整するのではなく、ソルベンシー規制の制度全体の中で何らかの個別対応を行うという考え方もありうる（カウンターシクリカルプレミアムの導入では、3月末が終了してから平常時であるか否かを判断し、適用するプレミアム水準の決定を行い各社へ通知した後に、各社が計測を行うというタイトなスケジュールとなるのに対し、計測はリスクフリーレートで行い計測値に対して個別対応を行うことで、時間的な制約を回避できるという観点もある）。
- 492 今後、海外動向も見極めつつ、プロシクリカリティの防止の観点、保険会社の健全性確保の保守性の観点などを踏まえ、継続して検討を行う必要がある。

3 金利リスクに関する検討

3. 1 金利リスクの計算方法

3. 1. 1 基本的な考え方

(1) 日本における現状

493 現行の我が国のソルベンシー規制においては、保険業法施行規則に定めるところによりリスク量が算出される。

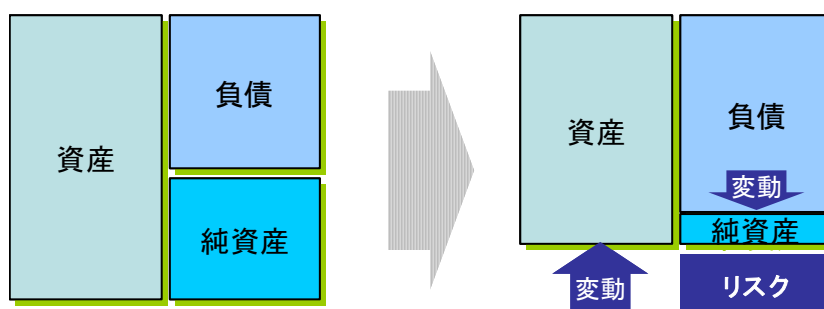
494 「金利リスク」をどのように定義するかにもよるが、現行の我が国のソルベンシー規制においては、施行規則第87条第2項において、責任準備金の算出の基礎となる予定利率を確保できなくなる危険として「予定利率リスク」を、また、同第3項において、資産の運用等に関する危険であって、保有する有価証券その他の資産の通常の予測を超える価格その他の理由により発生し得る危険として「資産運用リスク」が定められている。

495 このうち予定利率リスクに関する考え方は、「ソルベンシー・マージン比率の算出基準等に関する検討チーム」によれば、保険会社の一般的な資産ポートフォリオによる収益率が予定利率を下回り、逆ざやとなる金額の期待値を予定利率リスク相当額として計測しているとされている。すなわち、ロックイン方式の責任準備金を前提として、単年度の逆ざやの期待値を計測しているとされている。

496 このように、厳密な言い方ではないが、予定利率リスクと資産運用リスクの合計リスク量で、資産およびロックイン方式の責任準備金に基づく資産負債差額（純資産）の変動を捉えていることとなる。なお、米国においても我が国と同様の考え方がとられている。

(2) 諸外国の先行事例

497 一方、現在、EUにおいて検討されているソルベンシー規制においては、責任準備金を経済価値ベースで評価した上で、金利変動によって生じる資産負債差額（純資産）の変動として金利リスクを捉えることが試行されている。

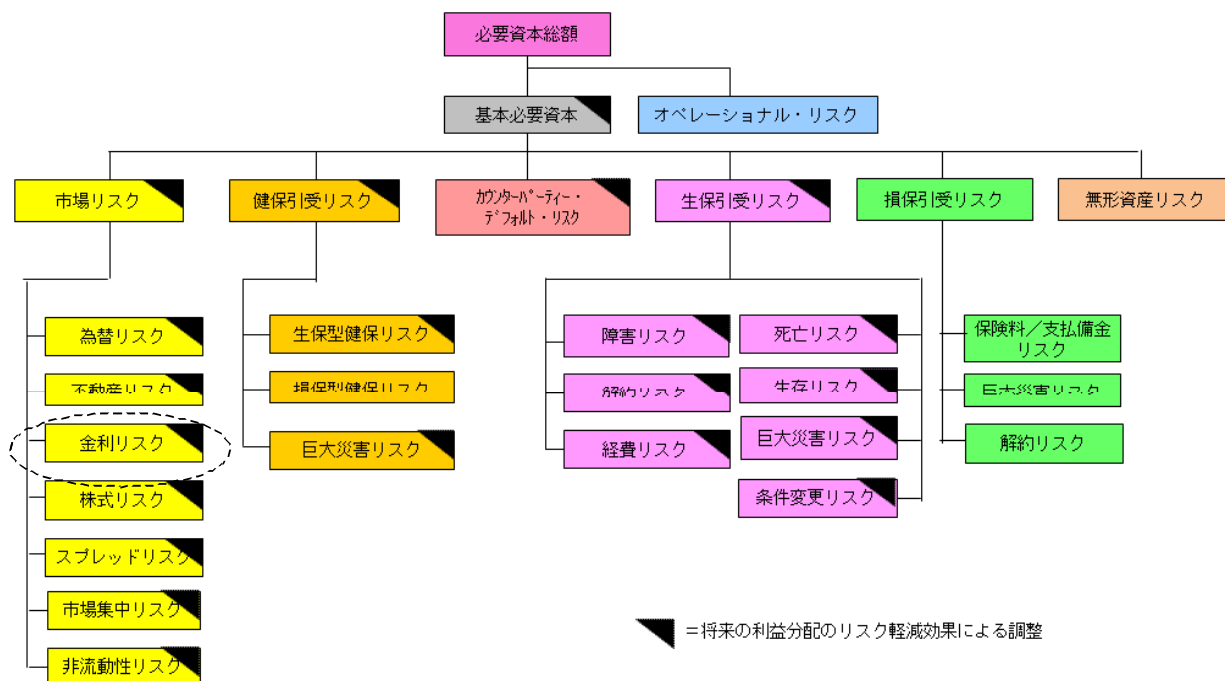


498 これにより、現行反映されていない、資産・負債のデュレーションギャップ等がリスクとして把握されることとなる。

499 ソルベンシーII (QIS5) においては、金利リスクとは、「期間構造の変化もしくは金利のボラティリティの変動が生じることで生じる純資産のマイナス方向への変化額」と定義され、市場リスクの一要素として位置付けられている。

500 QIS5にて、計算方法の設定根拠を記載している『Calibration Paper』では、金利リスクには金利の上昇・下降という変動以外に、金利のボラティリティの変動による純資産の変動も金利リスクと整理されている。これはオプション商品等については金利のボラティリティが変動すると、評価額が変化し純資産を減少させることがあるため、このようなリスクも金利リスクの中で計測されることとなっている。

501 ただし、QIS5にて計算方法を指定している仕様書『Technical Specifications』では、ボラティリティの変動は考慮せず、金利の上昇・下降による純資産の変動のみで金利リスクの算出を行う仕様となっている。



502 金利リスクの対象資産・負債については、QIS5『Technical Specifications』においては、「金利の期間構造の変化もしくは金利のボラティリティに対してセンシティブに反応する全ての資産および負債に金利リスクは存在している」とされており、金利リスク量は以下の Mkt_{int}^{up} と。

Mkt_{int}^{down} のいずれか大きい方とされている。

$$Mkt_{int}^{up} = \Delta NAV \Big|_{up}$$

$\Delta NAV \Big|_{up}$: 評価時点と金利上昇ショックシナリオ時の「資産－負債」の減少額

$$Mkt_{int}^{down} = \Delta NAV \Big|_{down}$$

$\Delta NAV \Big|_{down}$: 評価時点と金利下降ショックシナリオ時の「資産－負債」の減少額

503 具体的には、金利変動にセンシティブな資産として、確定利付き投資、貸付金等の金融商品、契約者貸付、金利デリバティブ、その他保険資産が挙げられている。

504 また、負債においては、技術的準備金などの将来キャッシュフローの割引現在価値は、その割引に用いた金利の変動にセンシティブに反応するため、金利リスク計測の対象となるとされている。

(3) 検討における前提

505 上記のように、金利リスクの計測に関しては、我が国と EU では、計測手法が異なっているが、以下では、EU の検討事例を踏まえて、金利リスクを「期間構造の変化もしくは金利のボラティリティ

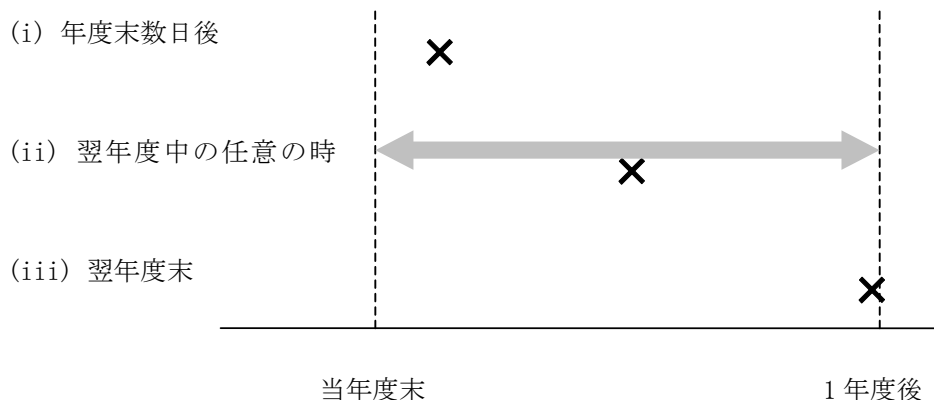
の変動が生じることで生じる純資産のマイナス方向への変価額」として、検討することとしたい。

- 506 なお、後述するが、例えば、為替予約等のように為替リスクと金利リスクを必ずしも明確に切り出せないような資産・負債が存在する。従って、金利リスクの検討に際しては、こうした他のリスクの取り扱いとの関係に留意する必要があるが、ここでは、検討の対象外とする。

(a) リスク事象の顕在化時点

- 507 リスクの計測に際しては、タイムホライズンをどう設定するか、また、この場合にリスク係数をどう設定するかが重要な論点となる。これは、金利リスクだけの論点ではないが、保険会社が相当程度の有価証券等の資産を保有していること、及び今回検討しているリスク計測の手法は、将来キャッシュフローに基づきリスク量を求めることが基本とされていることもあり、金利リスク計測に際しては特に重要である。
- 508 ここでいう、タイムホライズンとは、リスク評価の計測期間、つまり、リスク事象の顕在化が当年度末を起点としてどの時点で発生するかということである。
- 509 タイムホライズンをどのように設定するかによっては、以下で考察するように、リスク量・実務負荷が異なることになるため、今後検討が必要となる。なお、ここでは、EUのソルベンシーⅡを踏まえて、タイムホライズンが1年であると考えていることとする。
- 510 以下、3つの時点でリスクが顕在化したと考えて、それぞれのケースについて考察する。

【リスク事象の顕在化時点】



(i) 年度末数日後にリスク顕在化

- 511 先ず、EUのソルベンシーⅡにて採用されているように、年度末時点の資産・負債を前提に、1年後の不確実性を反映したリスク係数を用いてリスク計測を行うことが考えられる。
- 512 これは、年度末の資産・負債を前提に計算しているため、年度末の数日後（厳密には翌日も考えられる）にリスクが顕在化したと仮定しているとも考えられるため、リスク係数の設定に際しては、タイムホライズンは数日間とすることが整合的であると考えられる。
- 513 この手法は、簡便な手法ではあるが、EUのソルベンシーⅡのようにリスク係数のタイムホライズンを1年とするのであれば、過大な不確実性を反映したリスク係数になっている可能性があることに加え、期中の保険会社の活動（新契約引受、資産売買等）に伴う資産・負債の変化を見ていないことによる不整合が内在されていることに留意が必要となる。

(ii) 翌年度の任意の時点にリスク顕在化

- 514 年度1年間における任意の時点のうち、純資産の減少が最大となる時点のリスク計測を行うことが考えられる。この考え方は、スイスのソルベンシー基準（スイス・ソルベンシー・テスト：SST）にて採用されている。
- 515 この場合、将来の資産・負債を、複数のシナリオを用いてシミュレーションする必要性、それぞれのシナリオにおいて新契約引受、資産売買などの保険会社の活動を反映するためのシナリオ等の必要性、さらに、リスク係数の設定に際してタイムホライズン設定が複雑になるといった高度かつ実務負荷の高い計測手法が必要となることに留意が必要になる。

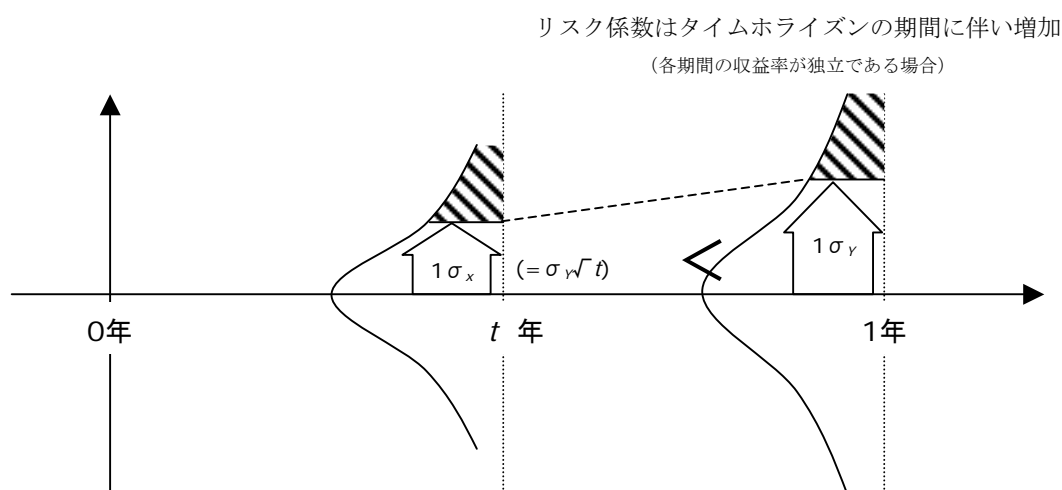
(iii) 翌年度末にリスク顕在化

- 516 翌年度末時点でリスク事象が顕在化したと仮定してリスク計測を行うことが考えられる。
- 517 この場合、リスク係数の設定は、翌年度末にリスク事象が顕在化することから、タイムホライズンを1年とすることと整合的となる。
- 518 しかし、この計測に際しては、上記と同様、翌年度末の資産・負債を予測する必要があるため、この間の新契約引受、資産売買などの保険会社の活動のシナリオをどのように設定するのか検討が必要である。

(b) タイムホライズン

- 519 タイムホライズンを長い期間に設定すると、不確実性が高まることが考えられるため、同一の信頼水準であった場合も、タイムホライズンの期間の設定によりリスク量が変わりうる。よって、リスク事象が顕在化した状態を表現するためのリスク係数について、タイムホライズンを踏まえた設定が必要である。

【リスク係数とタイムホライズン】



(c) 金利リスクの計算

- 520 金利リスクの計算に際しては、金利リスクの計算対象と考えられる資産・負債の価格を、将来ネット・キャッシュフローの割引現価から算出するとした場合、まず、変動前の金利シナリオ*i*における将来ネット・キャッシュフローと、ディスカウントファクターから、資産・負債差額を

$$Value = \sum_i \left[p_i \times \left(\sum_t CF_{t,i} \times DF_{t,i} \right) \right]$$

p_i : シナリオ i の出現確率

$CF_{t,i}$: 将来ネット・キャッシュフロー (期間 t 、シナリオ i)

$DF_{t,i} = 1/(1+r_{t,i})^t$: ディスカウントファクター (期間 t 、シナリオ i)

$r_{t,i}$: 割引率 (期間 t 、シナリオ i)

のように算出する。次に、変動後の金利シナリオ j の出現確率 p_j' 、将来ネット・キャッシュフロー $CF_{t,j}'$ 、およびディスカウントファクター $DF_{t,j}'$ から、金利変動後の資産・負債差額を

$$Value' = \sum_j \left[p_j' \times \left(\sum_t CF_{t,j}' \times DF_{t,j}' \right) \right]$$

のように算出する。これにより、金利変動前後の資産・負債差額の変動額は

$$\Delta Value = Value - Value'$$

と計算することができる。

(参考：グリッド・ポイント・センシビティを使用する手法)

- 521 なお、上記のように直接的に金利変動前後の計算を行うことは実務上の負荷が高いことから、簡便な方法として、現時点の資産・負債の将来キャッシュフローから各グリッド・ポイントのセンシビティを計測し、この計測されたセンシビティを基に金利変化による価値変動を計算することも考えられる。ここで、資産・負債の価格が多変数関数 $V_m(r^1, r^2, \dots, r^n)$ (n :グリッド数、 r^i :第 i 番目のグリッドの金利の値、 m :資産・負債の各項目に対応するラベル) で与えられているとし、これを現時点のイールド $(r_0^1, r_0^2, \dots, r_0^n)$ の回りでテーラー展開すると、

$$\begin{aligned} V_m(r^1, r^2, \dots, r^n) &= V_m(r_0^1, r_0^2, \dots, r_0^n) + \frac{\partial V_m}{\partial r^1}(r_0^1, r_0^2, \dots, r_0^n) \times (r^1 - r_0^1) \\ &+ \frac{\partial V_m}{\partial r^2}(r_0^1, r_0^2, \dots, r_0^n) \times (r^2 - r_0^2) \\ &+ \dots \\ &+ \frac{\partial V_m}{\partial r^n}(r_0^1, r_0^2, \dots, r_0^n) \times (r^n - r_0^n) \\ &+ R \end{aligned}$$

となる (ただし、 R は剰余項)。この第 i グリッドに対応する偏微分係数 $\frac{\partial V_m}{\partial r^i}(r_0^1, r_0^2, \dots, r_0^n)$ がグリッド・ポイント・センシビティ (GPS_i) となる。これにより、各グリッド・ポイントの金利変化 $(\Delta r^1, \Delta r^2, \dots, \Delta r^n)$ 後の資産・負債差額の価格変動は

$$\Delta Value = \sum_{m,i} GPS_{m,i} \times \Delta r^i + R$$

と表せる。

- 522 ただし、グリッド・ポイント・センシビティは現時点の将来キャッシュフローと金利に依存するため、金利水準の変化や、それに伴う将来キャッシュフローの変動がある場合は、当然グリッド・ポイント・センシビティも変化することとなる。よって、金利変動前後の資産・負債差額の変動を求

める手法と「グリッド・ポイント・センシビティを使用する手法」では差が発生することには留意が必要であると考え。

3. 1. 2 代表的な金利リスク量の計測手法

- 523 以下では、代表的な金利リスク量の計測方法について概観し、監督上の標準的手法として採用する場合のポイントを、以下の観点で評価した。
- 524 標準的手法は、全ての保険会社に標準的に適用可能なものである必要があるという観点で、「金利リスク計測の複雑さ」というポイントを設けた。複雑度の高い手法を採用する場合には、全ての保険会社に標準的に適用可能であるかが確認されることが望ましい。
- 525 標準的手法では、原則的には金融庁が金利シナリオを設定して保険会社に適用を指示することを想定した。「金利シナリオ設定の複雑さ」は以下3つの観点で標準的手法として採用する場合のポイントと考えた。
- ①金利シナリオ設定が複雑な手法は、シナリオ設定を行う金融庁の対応負担を大きくする。
 - ②金利シナリオ設定が複雑な手法は、期中で期末シナリオの水準を予測したい保険会社にとって、予測を困難にさせる。
 - ③金利シナリオは、金融庁が設定して保険会社に適用を指示することが原則と考えたが、一般的でない通貨などでは保険会社が設定するケースも考えられる。保険会社が設定する部分では複雑な手法ほど、手法を統一させることが困難になり、会社間の比較可能性が損なわれやすい。
- 526 長期の負債キャッシュフローを持ち、資産キャッシュフローとのミスマッチを残している保険会社も少なくない。その様な会社では金利の平行シフト以外にもフラットニング（短期金利の上昇、長期金利の低下）が、純資産に大きな影響を与えるケースもあると思われる。その様な観点で、「平行シフト以外の影響の反映」を評価ポイントにした。
- 527 保険負債には、金利上昇に伴う解約率の増加によるキャッシュフロー変動の様に、固定的でないキャッシュフローが存在すると考えられる。そこで以下3つの観点を評価のポイントとした。
- ①変動キャッシュフロー反映計算の実行可能性：仕組みとして変動キャッシュフローを反映した計算が可能か
 - ②変動キャッシュフロー反映計算の正確性：計算が可能な手法について計算結果の正確性
 - ③変動キャッシュフロー計算回数：計算が可能な手法について計算負荷を推し量る目安として

(1) 年限別ショックシナリオ法（標準ショックシナリオ法）

528 過去データから年限毎の VaR 相当の金利変動を把握することによりショックシナリオを定め、リスクを計測する手法である。2010 年度フィールドテストの「方法 1」が該当する。特に、代表的なグリッドポイントを特定し、過去データからグリッドポイント毎の VaR 相当の金利変動を把握することによりショックシナリオを定め、リスクを計測する手法を区別して「標準ショックシナリオ法」と呼称する。なお、ここでは、すべてのグリッドポイントの金利が上昇する金利上昇シナリオと、すべてのグリッドポイントの金利が下降する金利下降シナリオの 2 つの金利シナリオを用いてリスク量を計測することを想定している。

529 具体的な計算手順の一例を挙げると以下のとおり⁵⁸。

<金利シナリオの設定>

- ①代表的なグリッドポイントの特定。
- ②グリッドポイント毎の金利の時系列データの収集。
- ③時系列グリッドポイント別金利データのゼロイールド化。（詳細は 2. 2. 5 (1) 参照）
- ④時系列グリッドポイント別金利の変動幅（率）から VaR 相当の金利変動を把握し、金利シナリオを設定する。

<金利リスク量の計測>

- ①時系列の年限別ディスカウントファクター（以下 D_t と記す）、及び設定した金利シナリオに基づく、上昇後及び下降後の時系列の年限別ディスカウントファクター（以下、それぞれ D_t, up 、 $D_t, down$ と記す）を計算。

$$D_t = (1 + \text{スポットレート})^{-\text{年限}}$$

$$D_t, up = (1 + \text{上昇後金利})^{-\text{年限}}$$

$$D_t, down = (1 + \text{下降後金利})^{-\text{年限}}$$

- ②年限ごとのキャッシュフロー C_t （負債 - 資産）に D_t 、 D_t, up 、 $D_t, down$ を掛けて、年限別エクスポージャー E_t 、 E_t, up 、 $E_t, down$ を算出し、 E_t 、 E_t, up 、 $E_t, down$ それぞれについて、全期間分合計した E 、 E_{up} 、 E_{down} を算出する。なお、 D_t, up 、 $D_t, down$ に乗じる C_t は、金利シナリオに応じて変動させる場合もある。

- ③リスク量 R を以下で計算。

$$R = \max (E_{up} - E, E_{down} - E)$$

530 年限別ショックシナリオ法の特徴は以下の様に整理できる。計算が単純である点がメリットであるが、パラレルシフト以外の影響の反映が出来ない、および変動キャッシュフロー反映計算が正確でない点が難点である。

方式	金利リスク計測の複雑さ	シナリオ設定の複雑さ	パラレルシフト以外の影響の反映	変動キャッシュフローの反映		
				実行可能性	計算の正確性	キャッシュフロー計算個数
年限別ショックシナリオ法	単純	単純	不可能	実行可能	非線形変動は正確に反映できない ⁵⁹	上昇・低下の 2 個

⁵⁸ さらに簡便な手法として、各社のポートフォリオのデュレーションを用いる等、何らかの方法で特定した代表的な年限を唯一のグリッドポイントとして、当該年限における金利の変動幅（率）から算出した VaR 相当の金利変動を全ての年限におけるショックシナリオとして採用する手法もあるが、すべての年限で同一幅（率）の金利変動を考慮することになり、標準的手法としては好ましくないものと考えられる。

⁵⁹ 非線形変動とは、例えば、金利上昇に伴う解約率上昇の様に、金利変動と価値変動が比例関係にならないもの。単純な変動金利資産の利息などは線形変動。

(2) 分散共分散法

531 分散共分散法は、代表的なグリッドポイントを特定し、グリッドポイントごとに金利リスク量を計測し、それらを、相関行列を使った行列計算で合成し、総金利リスク量を計測する手法である。2010年度フィールドテストの「方法2」が該当する。

532 具体的な計算手順の一例を挙げると以下のとおり。

<標準偏差と相関係数の設定>

①年限別金利の時系列データの収集。

②時系列の年限別金利データのゼロイールド化。

③時系列の年限別ディスカウントファクター（以下 D_t と記す）を計算。

$$D_t = (1 + \text{スポットレート})^{-\text{年限}}$$

④ D_t のうち各グリッドポイントに対応する年限のもの（以下 D_i と記す）について、各時系列の D_i の対数変動率から D_i 対数変動率の標準偏差（以下 σ_i と記す）、各年限間の相関係数（以下 ρ_{ij} と記す）を算出。

<グリッドポイントごとの金利リスク量計測>

①年限ごとのキャッシュフロー C_t に D_t を掛けて、年限別エクスポージャー（以下 E_t と記す）を算出。

$$E_t = C_t \cdot D_t$$

② E_t を各グリッドポイントに集約（マッピング）する。（以下、集約後のエクスポージャーを E_i と記す）

③ E_i と D_i 対数変動率の標準偏差から、グリッドポイントごとの金利リスク量（以下金利の上昇方向、下降方向のリスク量をそれぞれ f_i^{\uparrow} 、 f_i^{\downarrow} と記す）の計算

$$f_i^{\uparrow} = E_i \cdot \{\exp(-1.64 \cdot \sqrt{12} \cdot \sigma_i) - 1\}^{60}$$

$$f_i^{\downarrow} = E_i \cdot \{\exp(1.64 \cdot \sqrt{12} \cdot \sigma_i) - 1\}$$

<総金利リスク量の計測>

①金利の上昇方向、下降方向の総金利リスク量 R^{\uparrow} 、 R^{\downarrow} を以下のとおり計算。

$$R^{\uparrow} = \sqrt{(\sum f_i^{\uparrow} \cdot f_j^{\uparrow} \cdot \rho_{ij})}$$

$$R^{\downarrow} = \sqrt{(\sum f_i^{\downarrow} \cdot f_j^{\downarrow} \cdot \rho_{ij})}$$

②最終的なリスク量 R を以下で計算。

$$R = \max(R^{\uparrow}, R^{\downarrow})$$

533 上記例は、「エクスポージャー、ディスカウントファクター変動の標準偏差・相関係数」を使って金利リスクを求める方法（以下「方法A」と記載）を記載したが、「BPV（ベースポイントバリュー）⁶¹、金利変動の標準偏差・相関係数」を使って同様に計算する方法（以下「方法B」と記載）も一般的である。⁶²

⁶⁰ 1.64 は信頼水準 95% のリスク量を計測する場合、 $\sqrt{12}$ は、月次の標準偏差 σ_i から年次のリスク量を \sqrt{t} 倍法で求める場合の例。

⁶¹ 各グリッドの金利 1 ベースポイントあたりの価値変動額。

⁶² 分散共分散法は、1) 「変動キャッシュフローを反映するか」、2) 「リスクファクターがディスカウントファクターか金利か」、3) 「グリッド別リスクファクターに対して、パーセント点のショックを与えるか、それとも BPV を計算してからパーセント点に換算するか」、の組み合わせにより分類できる。方法 A は、1) は変動キャッシュフローを考慮しない、2) はディスカウントファクター、3) はパーセント点のショックを与える、という組み合わせであり、方法 B は、1) は変動キャッシュフローを考慮する、2) は金利、3) は BPV を計算してからパーセント点に換算、という組み合わせである。このほかに、例えば 2) ではリスクファクターを金利でなくディスカウントファクターとしたうえで 1) で変動キャッシュフローを考慮することや、2) でリスクファクターをディスカウントファクターではなく金利としたうえで 3) で BPV ではなくパーセント点のショックを与えること、3) で BPV ではなくパーセント点のショックを与えた

534 方法Aと方法Bは、変動キャッシュフロー反映計算の可否について違いがある。

535 分散共分散法の特徴は以下の様に整理できる。計算が単純である点がメリットであるが、変動キャッシュフロー反映計算が出来ない、または正確でない点が難点である。

方式	金利リスク計測の複雑さ	シリオ設定の複雑さ	パラレルフト以外の影響の反映	変動キャッシュフローの反映		
				実行可能性	計算の正確性	キャッシュフロー計算個数
分散共分散法 (方法A ⁶³)	単純	単純	可能	計算不能	—	—
分散共分散法 (方法B)				実行可能	非線形変動は正確に反映できない ⁶⁴	グリッド ⁶ 数×上昇・低下の2個 (15グリッド ⁶ で30個)

うえて1)で変動キャッシュフローを反映する、といった組み合わせも可能であるが、方法Aと方法Bを代表として評価した。

なお、1)から3)のうち、分類において本質的に意味を成すのは1)と3)である2)は、金利とディスカウントファクターは互いに換算可能であるので、本質的な違いではない(何のファクターに対して正規分布や対数正規分布を仮定するかで結果に違いは生じるが)。また、3)は、分散共分散法を選んでいる以上は、BPVをパーセント点に換算することとパーセント点のショックを与えることは同じという見なしを置くケースもある。

⁶³ 「方法A」「方法B」は分散共分散法による金利リスク計測のバリエーション。「方法A」が「エクスポージャー、ディスカウントファクター変動の標準偏差・相関係数」を、「方法B」が「BPV(ベースポイントバリュー)、金利変動の標準偏差・相関係数」を使って金利リスクを計算する方法。

⁶⁴ 非線形変動とは、例えば、金利上昇に伴う解約率上昇の様に、金利変動と価値変動が比例関係にならないもの。単純な変動金利資産の利息などは線形変動。

(3) モンテカルロ法

(a) 多変量正規分布を仮定した方法

536 モンテカルロ法のうち多変量正規分布を仮定した方法は、代表的なグリッドポイントの金利について確率論的な多数のシナリオを生成し、各金利シナリオから計算される多数の純資産価格の分布から金利リスク量を特定する手法である。2010年度フィールドテストの「方法3」が該当する。

537 具体的な計算手順の一例を挙げると以下のとおり。

<標準偏差と相関係数の設定>

(④をグリッドポイントに対応する年限に限定していない点を除き、前掲分散共分散法と同じ)

- ①年限別金利の時系列データの収集。
- ②時系列の年限別金利データのゼロイールド化。
- ③時系列の年限別ディスカウントファクター（以下 D_t と記す）を計算。
$$D_t = (1 + \text{スポットレート})^{-\text{年限}}$$
- ④各時系列の D_t の対数変動率から D_t 対数変動率の標準偏差（以下 σ_t 記す）、各年限間の相関係数（以下 ρ_{st} ）を算出。

<確率論的シナリオの生成>

- ①メルセンヌ・ツイスタ⁶⁵等のツールを使い、区間(0, 1)上の一様乱数ベクトルを設定
- ②標準正規分布 $N(0, 1)$ の分布関数 (Φ) の逆関数 Φ^{-1} 等を用いて標準正規乱数ベクトルに変換
- ③コレスキー分解⁶⁶などの手法を使い、相関を反映した標準正規乱数ベクトルに変換
- ④ D_t 、 D_t 対数変動率の標準偏差、相関を反映した標準正規乱数ベクトルを使って、「変換後 $D_t = D_t \cdot \exp(\sqrt{12} \cdot \sigma_t \cdot \text{乱数})$ 」を計算し、ディスカウントファクターシナリオを作成。
- ⑤変換後 D_t から「 $R_t = 1 \div \{D_t \cdot \exp(\sqrt{12} \cdot \sigma_t \cdot \text{乱数})\}^{t-1}$ 」により、新しい金利 R_t を計算し、ディスカウントファクターシナリオを金利シナリオに変換。

<グリッドポイントごとのエクスポージャー計算>

(現時点の金利および各金利シナリオに対応した組数だけ計算する点を除いて、前掲分散共分散法と同じ)

- ①現時点の金利および各金利シナリオに対応した年限ごとのキャッシュフロー C_t に、対応する D_t を掛けて、年限別エクスポージャー（以下 E_t と記す）を算出。
$$E_t = C_t \cdot D_t$$
- ② E_t を各グリッドポイントに集約（マッピング）する。（以下、集約後のエクスポージャーを E_i と記す）

<金利リスク量の計測>

- ①現時点の金利および各金利シナリオに対応したグリッドポイントごとのエクスポージャー E_i を、対応する D_t のうち各グリッドポイントに対応する年限のもの（以下 D_i と記す）で割って、グリッドポイントごとのキャッシュフロー C_i に再変換。
$$C_i = E_i \div D_i$$
- ②変換前後 D_i とグリッドポイントごとのキャッシュフロー C_i を使って、各シナリオの価値変化額 ΔE を計算。
$$\Delta E = \sum (\text{各シナリオ } C_i \cdot \text{変換後 } D_i - \text{現時点の金利に基づく } C_i \cdot \text{現時点の金利に基づく } D_i)$$
- ③ ΔE の分布より、VaR を特定。

⁶⁵ 擬似乱数生成アルゴリズムの1つ。

⁶⁶ 相関係数行列 $A = \{\rho_{ij}\}$ について、 $A = MM^T$ を満たす下三角行列 M 。 M を用いて標準正規乱数ベクトルを相関を反映した標準正規乱数ベクトルに変換することができる。

538 モンテカルロ法のうち多変量正規分布を仮定した方法の特徴は以下の様に整理できる。パラレルシフト以外の影響の反映が可能、変動キャッシュフロー反映計算が正確など、正確性では最善の手法だが、計算の複雑さや変動キャッシュフロー反映計算の負荷が大きい点が難点である。

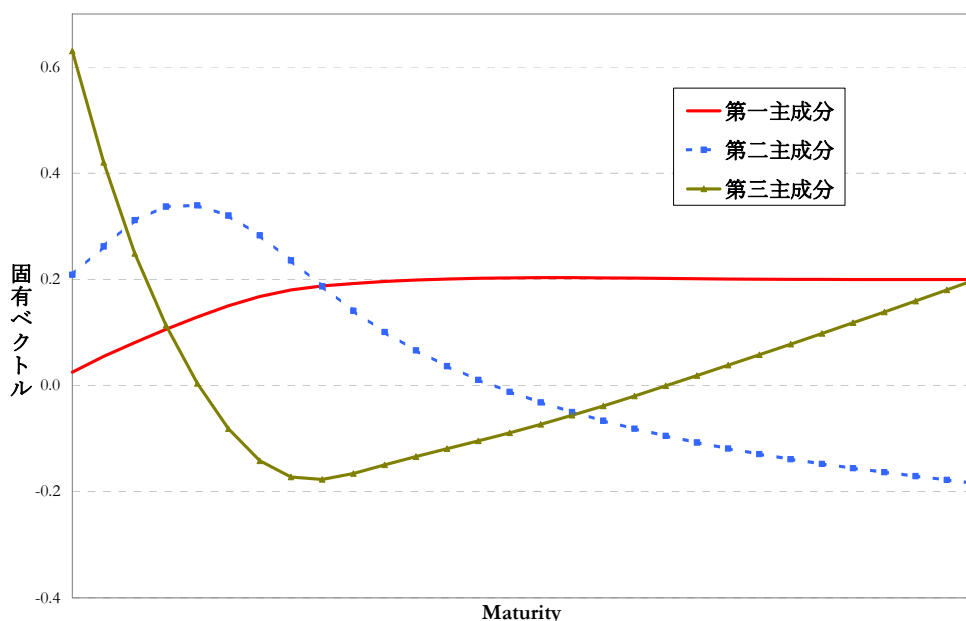
方式	金利リスク計測の複雑さ	シフト設定の複雑さ	パラレルシフト以外の影響の反映	変動キャッシュフローの反映		
				実行可能性	計算の正確性	キャッシュフロー計算個数
多変量正規分布を仮定したモンテカルロ法	複雑	複雑	可能	実行可能	正確	シフト数と同じ(10,000シフトで10,000個)

(b) 主成分分析を利用した方法

539 主成分分析とは、互いに強い相関のあるリスクファクターのデータセットを、それらを説明する成分もしくは要因を集約・特定して捉えようとする分析手法である。リスクファクターを説明する成分もしくは要因は、リスクファクターについての過去データから得られる分散共分散行列（または相関行列）の固有値問題の解（すなわち、成分ごとの固有値、固有ベクトル）として得ることができる。固有値は、成分毎の合計が、分散共分散行列を用いた場合はリスクファクターの分散を表し、相関行列を用いた場合はリスクファクターの個数を表すので、各成分がリスクファクターの変動にどれだけ貢献しているかを示す“寄与率（固有値合計に対する各成分の固有値の割合）”を算出するために用いられる。一方、固有ベクトルの形状は各成分の特徴を表す。また得られた成分は互いに無相関となる。

540 リスクファクターとしてイールドカーブの各グリッド（代表年限）に対応する金利変動を採用し、主成分分析を施した場合、寄与率の大きい順に、次の特徴を示す主成分が得られることが知られている。（グラフを参照：主要な3成分のみ表示）

- 第一主成分：イールドカーブのパラレルシフト（トレンド、レベルとも呼称される）
- 第二主成分：イールドカーブの“ねじれ”あるいは“勾配の緩急”（ティルト、ツイストとも呼称される。）⇒ある時点を境に前後のレートで反対の動きをする。
- 第三主成分：イールドカーブの“曲がり”（コンベクシティ、カーベチャーとも呼称される。）⇒短期と長期レートがある一方向に動き、中期レートが反対の方向に動く。



541 主成分分析を用いたモンテカルロ法による金利リスク量計測方法の一例

- ① 最長グリッドポイントの選定基準に基づき、グリッドポイントを設定する。(以下、 n : グリッドポイント数とする。)
- ② 金利変動に関する過去データ (参照金利) を収集する。(以下、 T : 観察データ数とする。)
- ③ 市場データの補間・補外方針に基づき、 T 個のイールドカーブを生成する。
- ④ ③の結果を用いて、①の各グリッドポイントにおけるリスクファクターを算出し、Maturity (各グリッドの年限) におけるリスクファクターに関する分散共分散行列 ($n \times n$ 行列) を作成する。
- ⑤ ④の分散共分散行列に主成分分析を実施し、 n 個の主成分に関する固有値、固有ベクトルを導出する。
- ⑥ ⑤の n 個の主成分のうち採用する主成分の個数 k を決定する。
- ⑦ k 個の多次元標準正規乱数を用いて、各主成分の固有値、固有ベクトルから各 Maturity における金利の変動量を導出し、1 本の変動シナリオを作成する、その変動シナリオに基づき、(1 年後の) 価値変動を計算する。ただし、価値変動が純資産を増加される結果となる場合は 0 とする。
- ⑧ 乱数を複数回発生させ、⑦を繰り返し、得られた価値変動を昇順に並べ替え、VaR に相当する分位点を推定し、符号の値を逆にした値を金利リスク量とする。
- ⑨ 採用する主成分の個数により、金利リスク量が矮小化されないための調整を行う。

542 モンテカルロ法のうち主成分分析を利用する方法の特徴は以下の様に整理できる。パラレルシフト以外の影響の反映が可能、変動キャッシュフロー反映計算が正確など、正確性では最善の手法のひとつだが、計算の複雑さやシナリオ設定の複雑さに加え、変動キャッシュフロー反映計算の負荷が大きい点が難点である。

方式	金利リスク計測の複雑さ	シナリオ設定の複雑さ	パラレルシフト以外の影響の反映	変動キャッシュフローの反映		
				実行可能性	計算の正確性	キャッシュフロー計算個数
主成分分析を用いたモンテカルロ法	複雑	非常に複雑	可能	実行可能	正確	シナリオ数と同じ (10,000 シナリオで 10,000 個)

(c) 金利期間構造モデルを活用する方法

543 金利期間構造モデルとは、例えば、瞬間的なスポットレート $r(t)$ が従う確率微分方程式を、
 $dr(t) = a(b - r(t)) + \sigma dz(t)$ (バシチェックモデルの場合)

の様に設定して、スポットレートの変動をモデル化するものである。

ここで、 a 、 b 、 σ 、 $z(t)$ は以下を示す。

b : スポットレート $r(t)$ の長期的な平均水準を表す正の定数。

a : スポットレート $r(t)$ が b に近づく速度を表す正の定数。

σ : スポットレート $r(t)$ の瞬間的ボラティリティを表す正の定数。

$z(t)$: リスク中立確率 Q の下での標準ブラウン運動。

なお、実確率 P の下では以下の通りとなる。

$$dr(t) = a(b + \sigma \lambda / a - r(t)) + \sigma d\bar{z}(t)$$

λ : リスクの市場価格 (定数)。

$\bar{z}(t)$: 実確率 P の下での標準ブラウン運動。 $z(t) = \lambda t + \bar{z}(t)$ 。

544 このとき満期 T (残存年数 $T-t$) のスポットレート (連続複利) の時点 t での水準 $R(t, T)$ は以下の様に表現できる。

$$R(t, T) = -\frac{1}{T-t} \ln A(t, T) + \frac{1}{T-t} B(t, T) \cdot r(t)$$

$$A(t, T) = \exp \left[\frac{(B(t, T) - T + t) \left(a^2 b - \frac{\sigma^2}{2} \right)}{a^2} - \frac{\sigma^2 B(t, T)^2}{4a} \right]$$

$$B(t, T) = \frac{1 - e^{-a(T-t)}}{a}$$

545 金利リスクの計測方法は以下のように整理できる。

- ・金利期間構造モデルに従って瞬間的なスポットレート $r(t)$ に係わるシミュレーションを実確率 P の下で行い、10年金利 ($T-t=10$) 等の各年限のスポットレート $R(t, T)$ の確率論的シナリオを生成する。
- ・確率論的シナリオを使ってモンテカルロ法で金利リスクを計測する。
 (作成した確率論的シナリオから、ショックシナリオを作成してショックシナリオ法で、標準偏差・相関係数を作成して分散共分散法で金利リスク計測をすることも出来るが、あまり一般的でない。)

546 割引率変動シナリオの作成方法は以下のように整理できる。

- ①金利期間構造モデルの選定。
 - ②ヒストリカルデータ等の収集。
 - ③モデルパラメータ（上記例では a 、 b 、 σ 、 λ ）の推計。
 - ④推計したパラメータに基づく金利シナリオの生成。
- ※③④は「経済シナリオジェネレータ」と呼ばれるツールを用いる事が一般的。

547 金利期間構造モデルを活用したモンテカルロ法のメリットは以下のように整理できる。

- ・金利には一般に平均回帰性があると考えられえ、上記バシチェックモデルの様な平均回帰性を備えた金利期間構造モデルを選べば、金利リスク量に平均回帰性を反映させられる。
- ・「金利の平均回帰性」とはターゲット金利（上記例では b ）に比べ高金利の状態ではターゲットに向けて金利が低下し、低金利の状態では上昇する傾向のこと。監督に用いる1年の金利リスク計測に関しては、月次（日次）の変化幅（率）を年次の変化幅（率）に換算する過程で、平均回帰性の有無によって換算結果が変わる。
- ・ただし、平均回帰性は数十年といった長期の金利予測では重要な影響を持つことが予想されるが1年という期間における影響は限定的な場合もある。
- ・金利期間構造モデル活用に固有のメリットではないが、モンテカルロ法なので変動キャッシュフローの反映が可能。

548 金利期間構造モデルを活用したモンテカルロ法のデメリットは以下のように整理できる。

- ・モンテカルロ法の金利リスク計測は、ショックシナリオ法、分散共分散法に比べ複雑度が高く、各社の負荷が高い。
- ・金利期間構造モデルに基づくシナリオ作成は、一般的なモンテカルロ法におけるシナリオ作成より複雑。シナリオ作成を各社に委ねた場合、各社の負荷増加はより大きく、会社間の比較可能性の低下度合いも大きい。
- ・金利期間構造モデルのパラメータ推計は、一般的なモンテカルロ法におけるシナリオ作成にはない作業工程。パラメータ推計を各社に委ねた場合、各社の負荷増加は更に大きく、会社間の比較可能性の低下度合いも更に大きくなる。
- ・実務的に良く用いられるファクター数が1～2個のモデルでは、多様なイールドカーブの形状変化を表現することが難しい。ファクター数を増やすことで問題をある程度回避できるが、実務的な負荷増加が大きくなる。
- ・一般に最適化手法は、アルゴリズムやインプットデータによっては、最適解が見つからないケース、最適解が複数見つかるケースがある。監督制度への適用にあたってはそうした場合の対処方法を予め決めておく必要がある。

549 メリットに比べデメリットが大きく、監督上の標準手法への適用には向いていないと考えられる。

方式	金利リスク計測の複雑さ	シナリオ設定の複雑さ	パラレル以外の影響の反映	変動キャッシュフローの反映		
				実行可能性	計算の正確性	キャッシュフロー計算個数
金利期間構造モデルを活用するモンテカルロ法	複雑	非常に複雑	可能	実行可能	正確	シナリオ数と同じ(10,000シナリオで10,000個)

(4) ヒストリカル法

550 分散共分散法やモンテカルロ法では、リスクファクターが正規分布やある種の確率過程に従うという前提を置いており、もしその前提が実際の金利変動に適合しない場合には、結果的に正しいリスク計測ができない危険性をはらんでいる。このようなパラメトリックなモデル化のリスクを排除するため、リスクファクターにパラメトリックな仮定を置かず、過去に生じたリスクファクターの実現値をそのまま使用し、金利リスク量を計測する手法をヒストリカル法と呼ぶ。

551 ヒストリカル法を用いた金利リスク量の計測方法の一例

- ① 基準日から遡り、過去の観察日における金利の変動量のデータセットを算出する。
- ② 過去の各観察日における金利変動が基準日に発生したと仮定した場合の（1年後の）価値変動を計測する。
- ③ 上記で得られた価値変動を昇順に並べ替え、V a Rに相当する分位点を推定し、符号の値を逆にした値を金利リスク量とする。
- ④ 金利の直近の変動を考慮させる場合は、Boudoukh, Richardson and Whitelaw [1998]が提案した手法等に基づき、価値変動に指数型加重移動平均と類似の重み付けを行った後、得られた価値変動を昇順に並べ替え、V a Rに相当する分位点を推定し、符号の値を逆にした値を金利リスク量とする。

552 ヒストリカル法の特徴は以下の様に整理できる。シナリオ設定が単純な上、パラレルシフト以外の影響の反映が可能、変動キャッシュフロー反映計算が正確など、正確性では最善の手法のひとつだが、信頼水準の設定によっては、相当なシナリオ数（＝観察データ数）が必要となるため、計算の複雑さや変動キャッシュフロー反映計算の負荷が大きい点が難点である。

方式	金利リスク計測の複雑さ	シナリオ設定の複雑さ	パラレルシフト以外の影響の反映	変動キャッシュフローの反映		
				実行可能性	計算の正確性	キャッシュフロー計算回数
ヒストリカル法	複雑	単純	可能	実行可能	正確	シナリオ数と同じ（10年日次の場合 2,500 個）

(5) まとめ

553 上記の代表的な金利リスク量の計測手法につき、監督上の標準的手法として採用する場合の評価を、以下にまとめて再掲する。これにより、“年限別ショックシナリオ法”は、「パラレルシフト以外の影響の反映」の点で、“分散共分散法”のうちディスカウントファクターを利用する方法は、「変動キャッシュフロー反映の実現可能性」の点で、“ヒストリカル法”、“モンテカルロ法”は「金利リスク計測の複雑さ」の点でデメリットが大きく、課題を抱えていると考える。“分散共分散法”のうちBPV（ベースポイントバリュー）を利用する方法は、「変動キャッシュフロー反映の計算の正確性」に難点があるものの、他の手法が抱える問題点を一定程度解消できる手法といえる。

方式	金利リスク計測の複雑さ	シリオ設定の複雑さ	パラレルシフト以外の影響の反映	変動キャッシュフローの反映		
				実行可能性	計算の正確性	キャッシュフロー計算個数
年限別ショックシナリオ法	単純		不可能	実行可能	非線形変動は正確に反映できない ⁶⁷	上昇・低下の2個
分散共分散法 (方法A ⁶⁸)	単純	単純	可能	計算不能	—	—
分散共分散法 (方法B)				実行可能	非線形変動は正確に反映できない	グリッド数×上昇・低下の2個（15グリッド ⁶⁷ で30個）
多変量正規分布を仮定したモンテカルロ法	複雑	複雑	可能	実行可能	正確	シリオ数と同じ（10,000シリオで10,000個）
主成分分析を用いたモンテカルロ法	複雑		可能	実行可能	正確	シリオ数と同じ（10,000シリオで10,000個）
金利期間構造モデルを活用するモンテカルロ法	複雑	非常に複雑	可能	実行可能	正確	シリオ数と同じ（10,000シリオで10,000個）
ヒストリカル法	単純		可能	実行可能	正確	シリオ数と同じ（10年日次の場合2500個）

⁶⁷ 非線形変動とは、例えば、金利上昇に伴う解約率上昇の様に、金利変動と価値変動が比例関係にならないもの。単純な変動金利資産の利息などは線形変動。

⁶⁸ 「方法A」「方法B」は分散共分散法による金利リスク計測のバリエーション。「方法A」が「エクスポージャー、ディスカウントファクター変動の標準偏差・相関係数」を、「方法B」が「BPV（ベースポイントバリュー）、金利変動の標準偏差・相関係数」を使って金利リスクを計算する方法。

3. 1. 3 標準的な金利リスク計測方法の考察

(1) 主成分分析を用いたショックシナリオ法について

554 「3. 1. 2 (5) まとめ」で考察したように、従来の代表的な金利リスク量の計測手法である“年限別ショックシナリオ法”は、「パラレルシフト以外の影響の反映」の点で、“分散共分散法”のうちディスカウントファクターを利用する方法は、「変動キャッシュフロー反映の実現可能性」の点で、“分散共分散法”のうちB P V（ベースポイントバリュー）を利用する方法は、「変動キャッシュフロー反映の計算の正確性」に難点があるものの、他の手法が抱える問題点を一定程度解消できる手法といえる。

555 一方、2010年度のフィールドテストにおいて試行が求められた方法1～方法3の金利リスクの計測手法に対しては、より適切なリスク計測に向けて、中間報告書では以下の具体的な修正案が提示された。

方法2及び方法3はイールドカーブのパラレルシフト以外の形状変化の影響を検証することを目的としていると思われるが、現在は金利の変動によらず固定しているキャッシュフローを金利の変動に伴って変化させてその影響を金利リスクに反映させようとした場合、計算負荷が膨大になり実務上耐えられない可能性がある。この実務負担を考慮すると、方法1のシナリオの中に、パラレルシフト以外のシナリオを加えることも考えられる。(パラグラフ 257)

556 この提案は、方法1（年限別ショックシナリオ法）のもつ実務上の簡便性を残しつつ、方法2（分散共分散法）及び方法3（モンテカルロ法）のもつイールドカーブのパラレルシフト以外の形状変化の影響を反映させた上で、キャッシュフローを金利の変動に伴い変化させてその影響を金利リスクに反映させることを意図している。そこで、以下では、ひとつの分析ツールとして主成分分析を用いたショックシナリオ法による割引率変動シナリオの設定ならびに金利リスクの計測方法について考察を行うこととする。併せて分散共分散法のうちB P V（ベースポイントバリュー）を利用する方法との対比を行う。⁶⁹

557 主成分分析を用いたショックシナリオ法による金利リスク量の計測方法の一案

- ①から⑥は、主成分分析を用いたモンテカルロ法による金利リスク量の計測方法に同じ。
- ⑦ それぞれの主成分スコアは正規分布に従うと仮定し、採用したk個の主成分それぞれに対し、主成分の形状を維持しつつ、信頼水準を加味した最大の変動量から上昇・下降のシナリオ（合計2×kシナリオ）を作成する。
- ⑧ 第i主成分の上昇・下降のシナリオが基準日に発生した場合の（1年後の）価値変動をそれぞれ計測し、 ΔR_i^{up} 、 ΔR_i^{down} とする。
- ⑨ 各主成分における上昇・下降のシナリオは独立に発生すること、それぞれの主成分スコアは互いに無相関であることを利用し、金利リスク量を以下のとおり統合する。この算式の有効性については、「3. 1. 3 (2) 試行」において検証する。

$$\text{金利リスク量} = \sqrt{\sum_{i=1}^k [\text{Min}(0, \Delta R_i^{up}, \Delta R_i^{down})]^2}$$

- ⑩ 採用する主成分の個数により、金利リスク量が矮小化されないための調整を行う。

⁶⁹主成分を考慮したショックシナリオの設定については、ソルベンシーIIのQIS5のカリブレーションペーパーでも言及されている。ユーロおよびポンド（それぞれ国債/スワップ）の年次変化率に対して、主成分分析を実施し、4成分を用いることでほとんど全ての変動を説明できるという結果を示している。ただし、この結果を用いてどのように標準的手法における金利シナリオを導出したかは明らかではない。

558 主成分分析を用いたショックシナリオ法の特徴は以下の様に整理できる。計算が単純、パラレルシフト以外の影響の反映が可能、変動キャッシュフロー反映のためのキャッシュフロー計算個数が現実的である点がメリットであるが、シナリオ設定の複雑さと変動キャッシュフロー反映計算が正確でない点が難点である。

方式	金利リスク計測の複雑さ	シナリオ設定の複雑さ	パラレルシフト以外の影響の反映	変動キャッシュフローの反映		
				実行可能性	計算の正確性	キャッシュフロー計算個数
主成分分析を用いたショックシナリオ法	単純	非常に複雑	可能	実行可能	非線形変動は正確に反映できない	採用主成分数×上昇・低下の2個(3成分で6個)

559 主成分分析を用いたショックシナリオ法を加えて、標準シナリオとして採用する際の評価を以下にまとめて再掲する。

方式	金利リスク計測の複雑さ	シナリオ設定の複雑さ	パラレルシフト以外の影響の反映	変動キャッシュフローの反映		
				実行可能性	計算の正確性	キャッシュフロー計算個数
年限別ショックシナリオ法	単純	単純	不可能	実行可能	非線形変動は正確に反映できない	上昇・低下の2個
分散共分散法 (デイスカウト・ファクターを利用)	単純	単純	可能	計算不能	—	—
分散共分散法 (ベースポイント・バリュ(BPV)を利用))				実行可能	非線形変動は正確に反映できない	グリッド数×上昇・低下の2個(15グリッドで30個)
多変量正規分布を仮定したモンテカルロ法	複雑	複雑	可能	実行可能	正確	シナリオ数と同じ(10,000シナリオで10,000個)
主成分分析を用いたショックシナリオ法	単純	非常に複雑	可能	実行可能	非線形変動は正確に反映できない	採用主成分数×上昇・低下の2個(3成分で6個)
主成分分析を用いたモンテカルロ法	複雑	非常に複雑	可能	実行可能	正確	シナリオ数と同じ(10,000シナリオで10,000個)
金利期間構造モデルを活用するモンテカルロ法	複雑	非常に複雑	可能	実行可能	正確	シナリオ数と同じ(10,000シナリオで10,000個)
ヒストリカル法	複雑	単純	可能	実行可能	正確	シナリオ数と同じ(10年日次の場合2,500個)

560 主成分分析を用いたショックシナリオ法と分散共分散法のうちBPV(ベースポイントバリュ)を利用する方法との対比を行うため、標準シナリオとして採用する際の評価を軸として、各手法の相関図を以下に作成した。なお、モンテカルロ法は多変量正規分布を仮定したモンテカルロ法で代用した。

評価基準		重要性	低評価				高評価	
金利リスク計測の複雑さ	特に重要	モンテカルロ法	ヒストリカル法	分散共分散法 (BPV利用)	分散共分散法 (DF利用)	主成分分析を用いたショックシナリオ法	年限別ショック法	
シナリオ設定の複雑さ	重要	主成分分析を用いたショックシナリオ法		モンテカルロ法	分散共分散法	年限別ショック法	ヒストリカル法	
パラレルシフト以外の影響の反映	特に重要	年限別ショック法					その他	
変動キャッシュフローの反映	実行可能性	特に重要	分散共分散法 (DF利用)					その他
	計算の正確性	重要	その他(ショックシナリオでは非線型変動は正確に反映できない)			ヒストリカル法	モンテカルロ法	
	キャッシュフロー計算個数	特に重要	モンテカルロ法	ヒストリカル法	分散共分散法 (BPV利用)	主成分分析を用いたショックシナリオ法	年限別ショック法	

561 上記の図表より、主成分分析を用いたショックシナリオ法は、分散共分散法のうちBPV（ベースポイントバリュー）を利用する方法と比較して、シナリオ設定の複雑さで見劣りするものの、計算がより単純であること、変動キャッシュフロー反映のためのキャッシュフロー計算個数の点で優位であることが判る。いずれの手法も変動キャッシュフローの計算個数としては現実的ではあると考えられるが、金利リスク計測の実務的な負荷を特に重視する場合は、より少ないシナリオで対応可能という点で、主成分分析を用いたショックシナリオ法が上位になる。

562 上記では、「金利リスク計測の複雑さ」、「パラレルシフト以外の影響の反映」、「変動キャッシュフロー反映の実現可能性」、「変動キャッシュフロー反映のキャッシュフロー計算個数」を特に重視して、一定の評価を行った。一方、ショックシナリオを用いた計測手法では、変動キャッシュフロー反映計算が正確でない点が難点であり、どのようなケースで金利リスクの矮小化が起こるのかを十二分に理解・把握することが肝要である。このように、各手法にはメリット、デメリットがあるため、標準的手法として採用する場合は、どの評価基準をどの程度重視するかによって、異なる結果が得られることに留意する必要がある。加えて、標準的手法として採用する場合は、フィールドテスト等を通じて、各社における実行可能性や、金額的な影響度の確認が必要と考える。

(2) 試行

563 以下では、主成分分析を用いたショックシナリオ法の金利リスク量計測に係る下記算式の有効性を検証する。すなわち、主成分分析を用いたショックシナリオ法とモンテカルロ法による金利リスク量をそれぞれ採用する主成分の個数別に計測・対比することにより、妥当性を確認する。併せて、採用する主成分の個数により金利リスク量が矮小化されないための調整について考察を行う。

$$\text{金利リスク量} = \sqrt{\sum_{i=1}^k [\text{Min}(0, \Delta R_i^{\text{up}}, \Delta R_i^{\text{down}})]^2}$$

ここに

k：採用する主成分の個数（以下同じ）

ΔR_i^{up} 、 ΔR_i^{down} ：それぞれ、第 i 主成分の上昇・下降のシナリオが基準日に発生した場合の（1年後の）価値変動。

(a) 主成分分析を用いたショックシナリオ法の妥当性の検証

564 試行にあたっての前提

- ・ 基準金利：2010年フィールドテストにおける期間別割引率（平成22年3月）円建とする。
- ・ リスクファクター：以下のスポットレートを使用し、2パターンを採用する。
 - スポットレート：2010年フィールドテスト時の“質問93に係るワークシート”のシート“円(LN)(2000.3~2010.3)”における“スポットレート(調整後スワップレート)”を使用。但し、フォワードレート算式の修正を行った。
 - リスクファクターA：スポットレートの対前月差
 - リスクファクターB：スポットレートの対前月対数変化率
- ・ グリッドポイント GPt

観測データであること、かつ同一ソースであることを基準に以下の10個のグリッドポイントを設定する。

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GPt (yr)	1	2	3	4	5	7	10	15	20	30

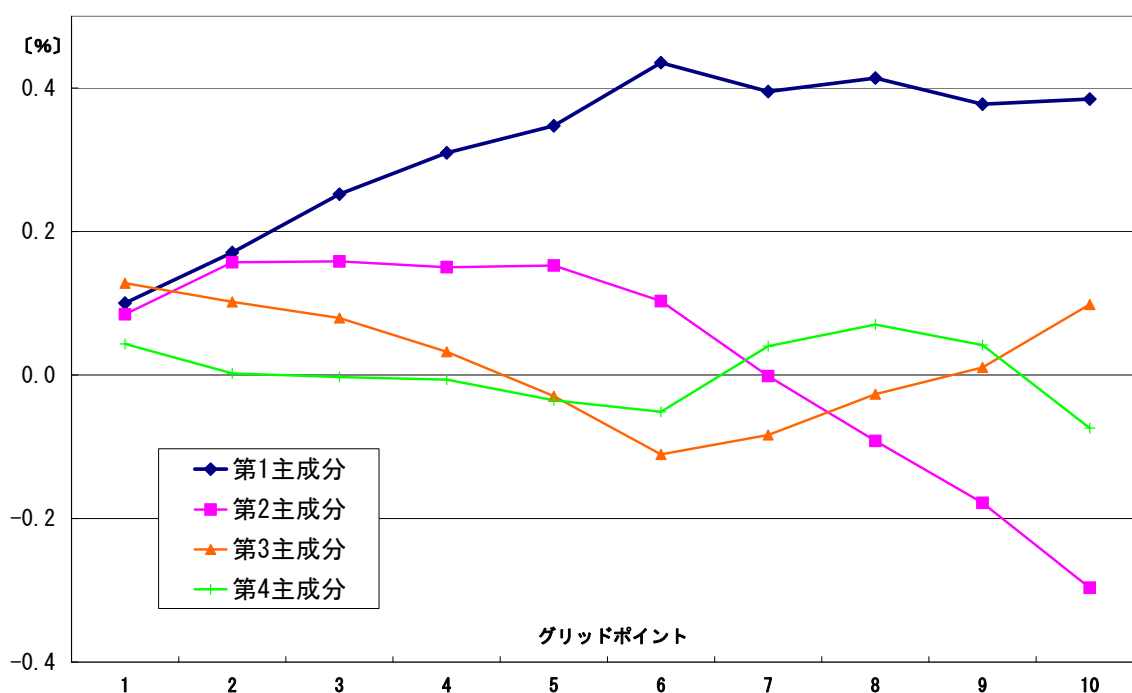
- ・ グリッドポイント間のリスクファクターの分散共分散行列に主成分分析を実施する。
分散共分散行列を用いた理由は以下のとおり
 - － 相関行列を用いた場合に比して、一般的に、主要成分の累積寄与率が高いこと
 - － 得られる固有値が主成分スコアの分散を表すため、リスク量計測の算式が簡明となること

主成分分析の結果

- リスクファクターAのケース
 - － 固有値と累積寄与率

主成分 i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
固有値 λ_i	0.0939	0.0201	0.0054	0.0016	0.0009	0.0009	0.0004	0.0003	0.0003	0.0001
寄与率	75.80%	16.24%	4.36%	1.32%	0.73%	0.69%	0.31%	0.27%	0.23%	0.06%
累積寄与率	75.80%	92.04%	96.39%	97.71%	98.44%	99.13%	99.44%	99.71%	99.94%	100.00%

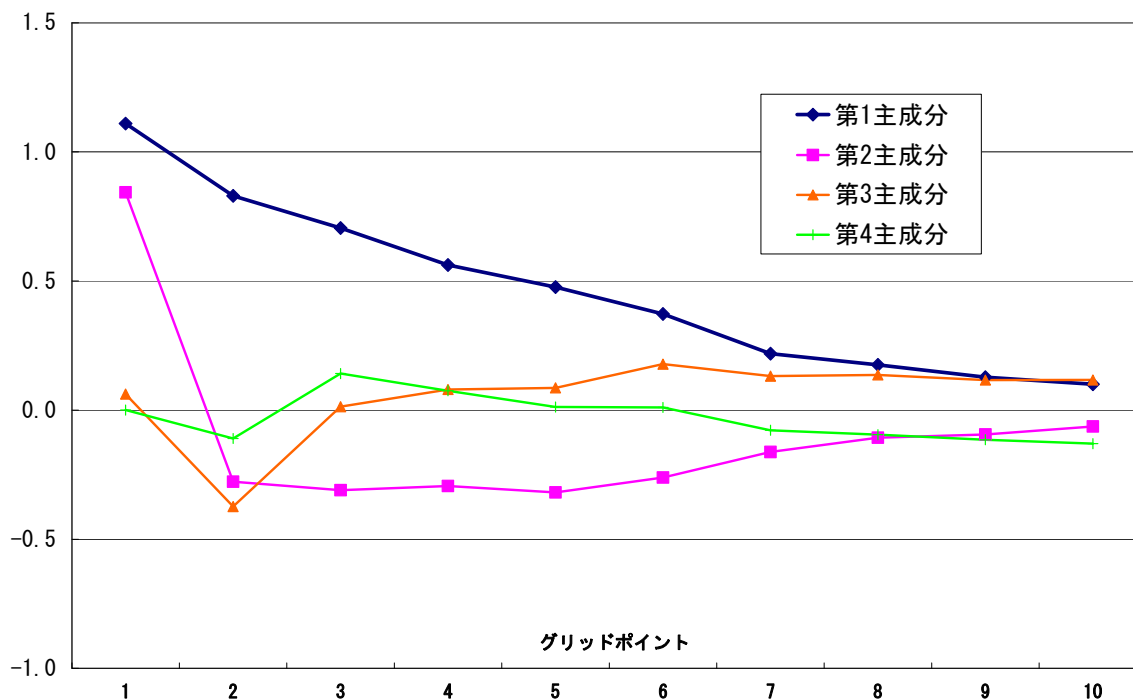
－ 各成分の1σ当たりの影響額（主要な4成分までを表示）



➤ リスクファクターBのケース
 ー固有値と累積寄与率

主成分 i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
固有値 λ_i	0.2671	0.0992	0.0210	0.0069	0.0039	0.0009	0.0005	0.0004	0.0002	0.0001
寄与率	66.73%	24.80%	5.25%	1.73%	0.97%	0.22%	0.14%	0.10%	0.04%	0.02%
累積寄与率	66.73%	91.53%	96.78%	98.51%	99.48%	99.70%	99.84%	99.94%	99.98%	100.00%

ー各成分の1σ当たりの影響額（主要な4成分までを表示）



・ショックシナリオ法による変動後割引率の生成

➤ リスクファクターAのケース

G P tにおける基準金利に以下の上昇（下降）幅を加算する。
 ただし、変動後の金利が負値となる場合は、0（ゼロ）とする。

ー上昇幅(t) = $1.645 \times \sqrt{12} \times \sqrt{\lambda_i} \times \omega_i(t)$

ー下降幅(t) = $-1.645 \times \sqrt{12} \times \sqrt{\lambda_i} \times \omega_i(t)$

ここに、 λ_i 、 ω_i は、第i主成分に対する固有値、固有ベクトルとする。（以下同じ）

➤ リスクファクターBのケース

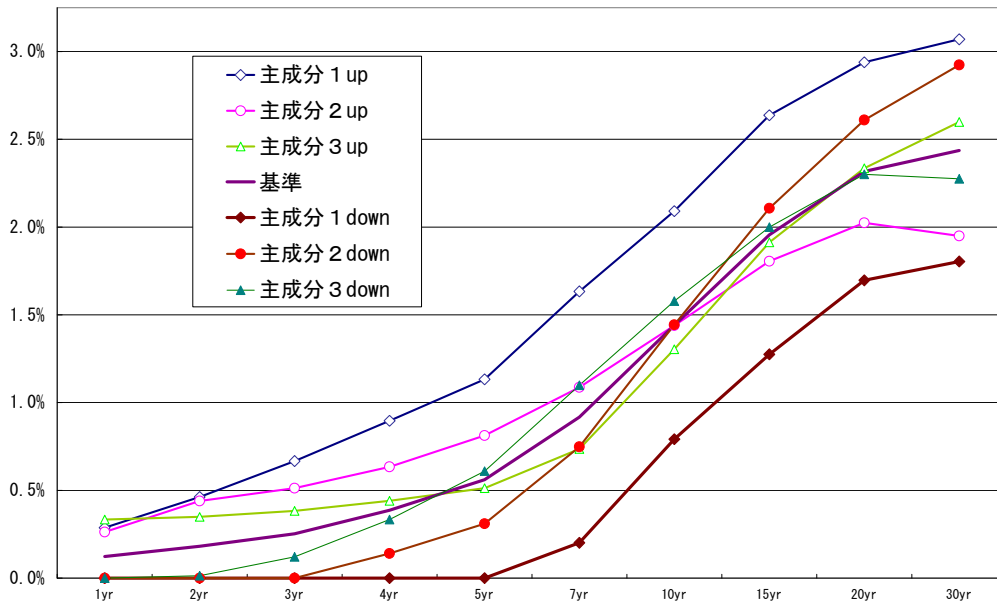
G P tにおける基準金利に以下の上昇（下降）率を乗じる。

ー上昇率(t) = $\exp(+1.645 \times \sqrt{12} \times \sqrt{\lambda_i} \times \omega_i(t))$

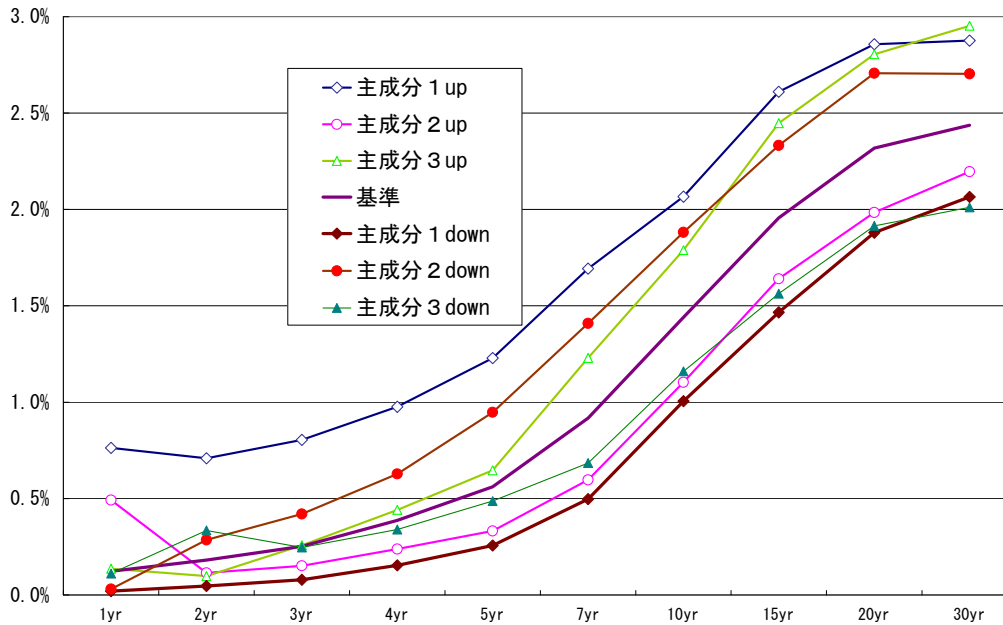
ー下降率(t) = $\exp(-1.645 \times \sqrt{12} \times \sqrt{\lambda_i} \times \omega_i(t))$

・ショックシナリオ法による変動後割引率の結果（主要な3成分までを表示）

➤ リスクファクターAのケース



➤ リスクファクターBのケース



・モンテカルロ法による変動後割引率の生成

➤ リスクファクターAのケース

GP tにおける基準金利に以下の変動幅を加算する。

ただし、変動後の金利が負値となる場合は、0（ゼロ）とする。

$$\text{変動幅}(t) = \sum_{i=1}^k \sqrt{12 \times \lambda_i} \times \delta_i \times \omega_i(t)$$

ここに、 δ_i ：第 i 主成分に対する標準正規乱数とする。（以下同じ）

➤ リスクファクターBのケース

GP tにおける基準金利に以下の変動率を乗じる。

ただし、変動後の金利が負値となる場合は、0（ゼロ）とする。

$$\text{変動率}(t) = 1 + \sum_{i=1}^k \left(\exp\left(\sqrt{12} \times \lambda_i \times \delta_i \times \omega_i(t)\right) - 1 \right)$$

- ・モンテカルロ法による金利リスク量の計測
 - －10,000回の試行を行い、VaR(95%)点を1ユニットの金利リスク量とする。
 - －上記の試行を10ユニットに対して行い、平均値を主成分分析を用いたモンテカルロ法による金利リスク量とする。
- ・試行に用いる将来キャッシュフロー
 - －以下の8ケースについて試行を行うこととする。ただし、金利による変動は無視する。

グリッド ポイント 年	リスクファクターA				リスクファクターB			
	将来CF							
	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6	Case7	Case8
1	100	100	100	-100	100	100	100	-100
2	100	100	100	-100	100	100	100	-100
3	100	100	100	-100	100	100	100	-100
4	100	100	100	-100	100	100	100	-100
5	100	100	100	-100	100	100	100	-100
7	100	100	100	300	100	100	100	300
10	100	100	100	1,000	100	100	100	1,000
15	100	0	-100	600	100	0	-100	600
20	100	0	-100	100	100	0	-100	100
30	100	0	-100	-600	100	0	-100	-600
CF現価	862	675	488	874	862	675	488	874

【試行結果】

565 下表は、主成分分析を用いたモンテカルロ法による金利リスク量に対するショックシナリオ法による金利リスク量の比率を、採用した主成分の個数別に比較したサマリーである。これにより、Case7を除き、概ねショックシナリオ法による計測は有効であると考えられる。Case7については、(d) 主成分分析を用いたショックシナリオ法の課題で別途考察する。

採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Case1	100%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%
Case2	100%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%
Case3	101%	98%	98%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%
Case4	100%	102%	103%	103%	103%	103%	103%	103%	102%	102%
Case5	100%	101%	102%	103%	102%	102%	102%	102%	102%	102%
Case6	101%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Case7	97%	95%	93%	92%	91%	91%	91%	91%	91%	91%
Case8	100%	101%	101%	100%	101%	101%	102%	101%	101%	101%

566 Case3 でもリスク量の矮小化が見られるため、念のため信頼水準を 97.5%、99.0%、99.5%について同様の試算を行ったところ、上記の結論を裏付ける結果となっている。

信頼水準 97.5%

採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Case1	100%	101%	102%	102%	102%	102%	102%	102%	102%	102%
Case2	100%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%
Case3	100%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	98%	98%
Case4	100%	104%	104%	104%	104%	104%	104%	104%	104%	104%
Case5	101%	103%	104%	105%	105%	105%	105%	105%	105%	105%
Case6	101%	102%	102%	102%	102%	102%	102%	102%	102%	102%
Case7	97%	96%	93%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
Case8	101%	103%	103%	103%	103%	103%	104%	104%	104%	104%

信頼水準 99.0%

採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Case1	100%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%
Case2	100%	100%	101%	100%	101%	101%	101%	100%	101%	101%
Case3	101%	102%	102%	102%	101%	101%	101%	101%	101%	101%
Case4	100%	105%	106%	105%	105%	105%	105%	105%	105%	105%
Case5	100%	104%	107%	108%	108%	108%	108%	108%	108%	108%
Case6	100%	104%	104%	105%	104%	104%	104%	104%	104%	104%
Case7	97%	95%	93%	90%	88%	89%	89%	89%	88%	89%
Case8	100%	104%	106%	105%	106%	106%	106%	106%	107%	107%

信頼水準 99.5%

採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Case1	100%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%
Case2	100%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%
Case3	100%	104%	102%	102%	102%	102%	102%	102%	102%	102%
Case4	100%	106%	107%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%
Case5	100%	104%	109%	110%	110%	110%	110%	110%	110%	110%
Case6	100%	103%	105%	105%	105%	105%	105%	105%	105%	105%
Case7	95%	94%	92%	89%	87%	88%	87%	87%	87%	87%
Case8	100%	105%	107%	106%	108%	108%	109%	108%	108%	108%

(b) リスクファクターによる金利リスク計測結果の比較

567 (c)の考察に移る前に、リスクファクターの違いにより金利リスク量の計測結果にどのような違いがあるかを、簡単にサマリーする。各ケース毎の主成分分析を用いたショックシナリオ法によるリスク量は、採用する主成分の個数別に3. 2. 1末に掲載している。また、下表は、これらのリスク量について、リスクファクターA(変化幅)に対するリスクファクターB(対数変化率)の割合を示したものである。これらからリスクファクターの違いによるリスク量計測結果の特徴として、以下の点が挙げられる。

- ✓ 総じて、対数変化率で計測する方がリスク量は大きくなった。
- ✓ 変化幅では、2～4個の成分を採用すれば、ほぼすべての成分を採用した場合のリスク量と同等の水準となったが、対数変化率では、4～7個の成分を採用しないと、すべての成分を採用した場合のリスク量と同等の水準とならなかった。

採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Case5/Case1	97%	111%	125%	133%	134%	134%	135%	135%	135%	135%
Case6/Case2	114%	125%	128%	128%	129%	129%	129%	129%	129%	129%
Case7/Case3	70%	41%	71%	100%	112%	112%	112%	112%	112%	112%
Case8/Case4	114%	125%	120%	115%	120%	121%	127%	127%	127%	127%

(c) 金利リスク量が矮小化されないための考察

568 (a)の検証結果により、主成分分析を用いたショックシナリオ法による金利リスク量計測の算式は、主成分分析を用いたモンテカルロ法と概ね同等であると認められたので、以下では、採用する主成分の個数により金利リスク量が矮小化されないための調整についての考察を、ショックシナリオ法に対して行う。

569 下表は、主成分を k 個採用した場合の金利リスク量について、すべての主成分を採用した場合の金利リスク量に対する割合を示したものである。

採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Case1	98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Case2	96%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Case3	48%	98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Case4	77%	86%	96%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Case5	71%	82%	93%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Case6	85%	96%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Case7	30%	36%	63%	89%	99%	99%	100%	100%	100%	100%
Case8	69%	85%	90%	90%	94%	95%	100%	100%	100%	100%

570 この結果から、採用する主成分の個数により明らかに金利リスク量が矮小化されていることが示されている(特に Case 3 から Case 8 では 90%未満となっている箇所が存在している)ので、何らかの調整が必要と考える。(Case 5 から Case 8 については、対数変化率の特徴として (b) でも触れた。)

571 そこで、採用する主成分の個数により金利リスク量が矮小化されないための調整について、以下の 3 通りの方法について考察を行う。

- ・主成分を k 個採用する替わりに調整項 C_k を乗じてリスク量を調整する方法

ここに、 C_k : 主成分を k 個採用した場合の累積寄与率の逆数の平方根

- ・標準ショックシナリオ法を併用する方法
(標準ショックシナリオ法については、3. 1. 2 (1) を参照)
- ・採用する主成分の最低個数を定めるルールを設定する方法

①主成分を k 個採用する替わりに調整項 C_k を乗じてリスク量を調整する方法

572 リスクファクター別の C_k は次の通り。なお、 C_k の意味合いであるが、累積寄与率の平方根は、全体の標準偏差に対する k 個採用の場合の標準偏差の割合を示しているので、逆数を取ることでのリスクの割増係数候補として算出したものである。

C_k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
リスクファクターA	1.15	1.04	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
リスクファクターB	1.22	1.05	1.02	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

573 下表は、主成分をk個採用する代わりに C_k を乗じてリスク量を調整した金利リスク量について、すべての主成分を採用した場合の金利リスク量に対する割合を示したものである。

採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Case1	113%	104%	102%	101%	101%	100%	100%	100%	100%	100%
Case2	110%	104%	102%	101%	101%	100%	100%	100%	100%	100%
Case3	56%	102%	102%	101%	101%	100%	100%	100%	100%	100%
Case4	89%	90%	97%	101%	101%	100%	100%	100%	100%	100%
Case5	87%	86%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Case6	104%	101%	101%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Case7	37%	38%	64%	89%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Case8	85%	89%	92%	91%	94%	95%	100%	100%	100%	100%

574 この結果から、調整項として C_k を採用する方法は、リスクファクターAに対しては概ね有効にリスク量を評価できると考えるが、すべてのリスクファクターに対しては、当て嵌まらないことが判る。

②標準ショックシナリオ法を併用する方法

575 下表は、標準ショックシナリオ法と大小比較を行い大きい方を金利リスク量として採用した場合の金利リスクについて、併用する前のすべての主成分を用いた場合の金利リスク量に対する割合を示したものである。

採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Case1	112%	112%	112%	112%	112%	112%	112%	112%	112%	112%
Case2	107%	107%	107%	107%	107%	107%	107%	107%	107%	107%
Case3	70%	98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Case4	77%	86%	96%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Case5	79%	82%	93%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Case6	123%	123%	123%	123%	123%	123%	123%	123%	123%	123%
Case7	56%	56%	63%	89%	99%	99%	100%	100%	100%	100%
Case8	69%	85%	90%	90%	94%	95%	100%	100%	100%	100%

576 この結果から、標準ショックシナリオ法を併用する方法は、①と同様、リスクファクターAに対しては概ね有効にリスク量を評価できると考えるが、すべてのリスクファクターに対しては、当て嵌まらないことが判る。一方、Case 1 や Case 6 では、過度に保守的にリスク量を評価(10%以上割り増し)する結果となっている点、留意が必要である。

③採用する主成分の最低個数を定めるルールを設定する方法

577 主成分を選択する個数kを決定する方法としては、以下が考えられる。

- (イ) 予め選択する個数を決めておく方法 (例: k=3 or k=4)
- (ロ) 一定値以上の寄与率を持つ主成分のみ採用する方法
- (ハ) 予め定めた累積寄与率の最低水準を越える主成分までを選択する方法 (例: 累積寄与率の最低水準を99.5%とした場合、以下を満たす最小のkを求める方法)

$$\sum_{i=1}^k \lambda_i \times \left(\sum_{i=1}^n \lambda_i \right)^{-1} \geq 99.5\% \quad (\lambda_i : i \text{ 番目の主成分の固有値})$$

- (ニ) (イ)から(ハ)を組み合わせる方法

578 以下では(イ)から(ハ)の案について考察を行う。

- (イ) 今回のケースでは主成分を7個以上採用すれば、概ねリスク量の矮小化を防げる結果となっているが、理論的根拠の整理と作業負荷への影響について整理が必要と考える。
- (ロ) 固有値を固有値合計で除した率を当該主成分における“寄与率”と呼ぶが、これはリスクファクターの変動に対する説明力を表している。何をもって一定値以上であると定義するかは困難な面もあるが、主成分分析を用いた分析を行う場合は、リスクファクターの選定について、少なくとも一定以上（例えば1%以上）の寄与率を持つものを採用するのが望ましいと考える。
- (ハ) 第1主成分からの寄与率の合計を“累積寄与率”と呼ぶ。今回の試行ですべてのCaseに適合させるためには、主成分が7個となる累積寄与率の最低水準99.84%を定めることとなるが、その場合、リスクファクターAでは主成分を10個中9個採用しなくてはならず、主成分分析を用いた意味が失われる。また、リスクファクターBでは第3成分の累積寄与率は96.78%であるにも係らず、4ケース中3ケースでリスク量を矮小化する結果となっているため、この案を単独で採用することは難しいと考える。

【金利リスク量が矮小化されないための考察のまとめ】

579 採用する主成分の個数により金利リスク量が矮小化されないための調整について、①～③の方法について考察を加えたが纏めると次のとおりである。

- ✓ ①と②の結果から、リスクファクターAに限定すれば、いずれの手法も有効に機能していると考えられる。従って、まずリスクファクターの選定が重要である。
- ✓ 次に、採用する主成分の個数を決定するルールを設定する必要がある。ルールの設定にあたっては、寄与率や累積寄与率に最低基準を設けることと併用することが望ましい。
- ✓ その上で、主成分をk個採用した場合の累積寄与率の逆数の平方根を乗じる調整は有効に機能すると考える。

(参考) <再掲> Ckによる調整後のすべての主成分を採用した場合の金利リスク量に対する割合

採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Case1	113%	104%	102%	101%	101%	100%	100%	100%	100%	100%
Case2	110%	104%	102%	101%	101%	100%	100%	100%	100%	100%
Case3	56%	102%	102%	101%	101%	100%	100%	100%	100%	100%
Case4	89%	90%	97%	101%	101%	100%	100%	100%	100%	100%
Case5	87%	86%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Case6	104%	101%	101%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Case7	37%	38%	64%	89%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Case8	85%	89%	92%	91%	94%	95%	100%	100%	100%	100%

(d) 主成分分析を用いたショックシナリオ法の課題

580 まず、Case 7 のリスクの矮小化に関する考察を加える。下表は Case7 について、主成分分析を用いたモンテカルロ法による金利リスク量に対するショックシナリオ法による金利リスク量の比率を、採用した主成分の個数別に比較したサマリーである。明らかに Case7 はリスク量を矮小化しているといえる。

採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
95.0%	97%	95%	93%	92%	91%	91%	91%	91%	91%	91%
97.5%	97%	96%	93%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
99.0%	97%	95%	93%	90%	88%	89%	89%	89%	88%	89%
99.5%	95%	94%	92%	89%	87%	88%	87%	87%	87%	87%

581 Case 7 のショックシナリオ法では、第一主成分のみ用いた場合、下降シナリオをリスク量としている。

主成分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
上昇シナリオ	0.20	-4.56	12.33	-14.46	-10.28	1.26	2.08	-0.73	-1.08	0.36
下降シナリオ	-6.97	2.07	-11.89	15.51	10.35	-1.36	-2.04	0.71	1.09	-0.32
比較後	-6.97	-4.56	-11.89	-14.46	-10.28	-1.36	-2.04	-0.73	-1.08	-0.32

582 また、モンテカルロ法では、10 試行中 9 試行において、95%相当のショックシナリオのリスク量 (= -6.97) を超過していることになる。平均値では、95.44%程度のショックシナリオのリスク量に相当する。

試行No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
95%VaR	-7.21	-6.91	-7.41	-7.16	-7.23	-7.20	-7.25	-7.25	-7.02	-7.14	-7.17

583 簡単にいうと、シナリオを 10,000 個作成しているとすれば、本来ならば下降シナリオの方から下側 500 個目のシナリオが選ばれるはずなのに、95%VaR を超過するシナリオをこのケースでは、下側 450~460 個目のデータが選ばれていることになる。下表で、モンテカルロ法において、95%VaR を超過するシナリオを、上昇シナリオの割合と下降シナリオの割合に区分した。これにより、「全体の 0.44%程度の上昇シナリオ」と「全体の 4.56%程度の下降シナリオ」が「95%VaR を超過するシナリオ」として選ばれていることが判る。その結果として、ショックシナリオのリスク量（下側 5% の下降シナリオ）は過小評価されていることになる。

試行No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
上昇	0.45%	0.38%	0.45%	0.35%	0.51%	0.43%	0.46%	0.46%	0.50%	0.48%	0.44%
下降	4.55%	4.62%	4.55%	4.65%	4.49%	4.57%	4.54%	4.54%	4.50%	4.52%	4.56%

584 次に、今回の試行では、将来キャッシュフローを固定したが、将来キャッシュフローを固定したケースでも、ショックシナリオ法の計測結果が、モンテカルロ法に比してリスクを過小評価するケースを紹介しておく。一般にショックシナリオ法の場合、上昇、下降の何れかのシナリオが純資産を減少させるが、この例では、第 1 成分において、いずれのシナリオも純資産を減少させている。（リスクファクター A を用いて上昇シナリオによるリスク量と下降シナリオによるリスク量が等しくなるように将来 CF を作成した。使用した将来 CF を表の右側に記載した。）

■ショックシナリオによる採用成分個数別のリスク量

採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	グリッド ポイント 年	将来 CF
①リスク量	0	18	21	21	22	22	22	22	22	22		
(12値を100とした割合)	2%	80%	94%	97%	99%	99%	100%	100%	100%	100%		
第1主成分	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	1	-53
第2主成分	-	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	2	-100
第3主成分	-	-	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-11	3	-100
第4主成分	-	-	-	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	4	-100
第5主成分	-	-	-	-	-5	-5	-5	-5	-5	-5	5	-100
第6主成分	-	-	-	-	-	-2	-2	-2	-2	-2	7	769
第7主成分	-	-	-	-	-	-	-2	-2	-2	-2	10	-100
第8主成分	-	-	-	-	-	-	-	-1	-1	-1	15	-100
第9主成分	-	-	-	-	-	-	-	-	-2	-2	20	-100
第10主成分	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0	30	-100
(参考)ショックシナリオ発生時の各主成分におけるリスク量												
主成分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	CF現価	0
上昇シナリオ	-0.4	-18	11	5	-5	-2	2	-1	2	0		
下降シナリオ	-0.4	17	-11	-5	5	2	-2	1	-2	-0		
比較後	-0	-18	-11	-5	-5	-2	-2	-1	-2	-0		

585 下表は、上記の例において、主成分分析を用いたモンテカルロ法による金利リスク量に対するショックシナリオ法による金利リスク量の比率を、採用した主成分の個数別に比較したサマリーである。念のため、信頼水準を97.5%、99.0%、99.5%についても同様の試算を行った。これにより、2個以上の主成分を最小した場合、本ケースではショックシナリオ法によるリスク量はやや過小評価されることが判る。

採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
95.0%	51%	97%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%
97.5%	65%	96%	97%	97%	98%	98%	98%	98%	98%	98%
99.0%	103%	96%	96%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%
99.5%	101%	100%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

586 複数の成分を考慮すると組合せが多数発生し事象が複雑になるため、第1成分のみを用いたケースに単純化して説明を行う。パラレルシフトのみを考慮すれば良いので、金利の上昇・下降により、価値変動が丁度、左右対称となる将来キャッシュフローが見つかったとする。ここで、信頼水準95%のリスク量をモンテカルロ法で計測する場合、「左右対称」の損益形状になっていることから、理論的に導出すると、95%点の損失は、上側（上昇方向）2.5%点＝下側（下落方向）2.5%点となる。一方、ショックシナリオの場合は、上側5%点の損失と下側5%点の損失を比較して大きい方を取るため、リスク量は5%点、つまり、本来のリスク量よりも小さい値をとることになる。これが「過小評価する」ということが発生する事例である。従って、各社のキャッシュフローの状況を考慮したうえで検討することが求められる。

試行結果 Case 1		■ショックシナリオによる採用成分個別のリスク量											グリッド ポイント 年		将来 CF			
		採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
①リスク量		39	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40					
(12値を100とした割合)		98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%					
第1主成分		-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39					
第2主成分		-	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7					
第3主成分		-	-	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1					
第4主成分		-	-	-	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0					
第5主成分		-	-	-	-	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0					
第6主成分		-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0					
第7主成分		-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0					
第8主成分		-	-	-	-	-	-	-	-0	-0	-0	-0	-0					
第9主成分		-	-	-	-	-	-	-	-	-0	-0	-0	-0					
第10主成分		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0					
(参考)ショックシナリオ発生時の各主成分におけるリスク量													CF現価		862			
主成分		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
上昇シナリオ		-39	8	-1	-0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
下降シナリオ		42	-7	1	0	-0	0	0	0	0	0	-0	-0	-0	-0			
比較後		-39	-7	-1	-0	-0	0	0	-0	-0	-0	-0	-0	-0				
試行結果 Case 2		■ショックシナリオによる採用成分個別のリスク量											グリッド ポイント 年		将来 CF			
		採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
①リスク量		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17					
(12値を100とした割合)		96%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%					
第1主成分		-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17					
第2主成分		-	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5					
第3主成分		-	-	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2					
第4主成分		-	-	-	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0					
第5主成分		-	-	-	-	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0					
第6主成分		-	-	-	-	-	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1					
第7主成分		-	-	-	-	-	-	-0	-0	-0	-0	-0	-0					
第8主成分		-	-	-	-	-	-	-	-0	-0	-0	-0	-0					
第9主成分		-	-	-	-	-	-	-	-	-0	-0	-0	-0					
第10主成分		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0					
(参考)ショックシナリオ発生時の各主成分におけるリスク量													CF現価		675			
主成分		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
上昇シナリオ		-17	-5	1	0	0	-1	-0	0	-0	-0	0	0	0	0			
下降シナリオ		16	5	-2	-0	-0	1	0	-0	0	0	0	0	0	0			
比較後		-17	-5	-2	-0	-0	-1	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0				
試行結果 Case 2		■モンテカルロ法による採用成分個別のリスク量											グリッド ポイント 年		将来 CF			
		採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
②リスク量平均		16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17					
(12値を100とした割合)		96%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%					
第1回試行		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17					
第2回試行		16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17					
第3回試行		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17					
第4回試行		16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17					
第5回試行		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17					
第6回試行		16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17					
第7回試行		16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17					
第8回試行		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17					
第9回試行		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17					
第10回試行		16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17					
(参考)ショックシナリオ法の有効性の検証													CF現価		18			
①/②		100%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%	101%					
試行結果 Case 2		■採用する個数による調整											グリッド ポイント 年		将来 CF			
		③累積寄与率の逆数の√		1.15	1.04	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00					1.00	
①×③		45	41	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40					
(12値を100とした割合)		113%	104%	102%	101%	101%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%					
(参考)標準ショックシナリオ法													CF現価		862			
上昇													-44					
下降													48					
採用													44					
試行結果 Case 2		■採用する個数による調整											グリッド ポイント 年		将来 CF			
		③累積寄与率の逆数の√		1.15	1.04	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00					1.00	
①×③		19	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17					
(12値を100とした割合)		110%	104%	102%	101%	101%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%					
(参考)標準ショックシナリオ法													CF現価		675			
上昇													-18					
下降													17					
採用													18					

試行結果 Case3	■ショックシナリオによる採用成分個数別のリスク量											グリッド* 将来 ホイット CF 年 1 100 2 100 3 100 4 100 5 100 7 100 10 100 15 -100 20 -100 30 -100 CF現価 488
	採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	①リスク量	10	20	20	20	20	21	21	21	21	21	
	(12値を100とした割合)	48%	98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	第1主成分	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	
	第2主成分	-	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	
	第3主成分	-	-	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	
	第4主成分	-	-	-	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
	第5主成分	-	-	-	-	-0	-0	-0	-0	-0	-0	
	第6主成分	-	-	-	-	-	-1	-1	-1	-1	-1	
	第7主成分	-	-	-	-	-	-	-0	-0	-0	-0	
	第8主成分	-	-	-	-	-	-	-	-1	-1	-1	
	第9主成分	-	-	-	-	-	-	-	-	-0	-0	
	第10主成分	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0	
	(参考)ショックシナリオ発生時の各主成分におけるリスク量											
主成分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
上昇シナリオ	6	-18	3	1	0	-1	-0	1	-0	-0		
下降シナリオ	-10	16	-4	-1	-0	1	0	-1	0	0		
比較後	-10	-18	-4	-1	-0	-1	-0	-1	-0	-0		
■モンテカルロ法による採用成分個数別のリスク量												
採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
②リスク量平均	10	21	21	21	21	21	21	21	21	21		
(12値を100とした割合)	47%	97%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
第1回試行	10	21	21	21	21	21	21	21	21	21		
第2回試行	9	20	21	21	21	21	21	21	21	21		
第3回試行	10	20	21	21	21	21	21	21	21	21		
第4回試行	10	21	21	21	21	21	21	21	21	21		
第5回試行	10	21	21	21	21	21	21	21	21	21		
第6回試行	10	21	21	21	21	21	21	21	21	21		
第7回試行	10	20	21	21	21	21	21	21	21	21		
第8回試行	10	21	21	21	21	21	21	21	21	21		
第9回試行	10	20	21	21	21	21	21	21	21	21		
第10回試行	10	20	21	21	21	21	21	21	21	21		
■ショックシナリオ法の有効性の検証												
①/②	101%	98%	98%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%		
■採用する個数による調整												
③累積寄与率の逆数の√	1.15	1.04	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
①×③	11	21	21	21	21	21	21	21	21	21		
(12値を100とした割合)	56%	102%	102%	101%	101%	100%	100%	100%	100%	100%		
(参考)標準ショックシナリオ法												
上昇	8											
下降	-14											
採用	14											
試行結果 Case4	■ショックシナリオによる採用成分個数別のリスク量											グリッド* 将来 ホイット CF 年 1 -100 2 -100 3 -100 4 -100 5 -100 7 300 10 1,000 15 600 20 100 30 -600 CF現価 874
	採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	①リスク量	61	68	76	79	79	79	79	79	79	79	
	(12値を100とした割合)	77%	86%	96%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	第1主成分	-61	-61	-61	-61	-61	-61	-61	-61	-61	-61	
	第2主成分	-	-31	-31	-31	-31	-31	-31	-31	-31	-31	
	第3主成分	-	-	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	
	第4主成分	-	-	-	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-23	
	第5主成分	-	-	-	-	-0	-0	-0	-0	-0	-0	
	第6主成分	-	-	-	-	-	-1	-1	-1	-1	-1	
	第7主成分	-	-	-	-	-	-	-2	-2	-2	-2	
	第8主成分	-	-	-	-	-	-	-	-2	-2	-2	
	第9主成分	-	-	-	-	-	-	-	-	-2	-2	
	第10主成分	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0	
	(参考)ショックシナリオ発生時の各主成分におけるリスク量											
主成分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
上昇シナリオ	-61	-31	32	-23	0	-1	-2	2	2	0		
下降シナリオ	62	25	-33	23	-0	2	2	-2	-2	-0		
比較後	-61	-31	-33	-23	-0	-1	-2	-2	-2	-0		
■モンテカルロ法による採用成分個数別のリスク量												
採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
②リスク量平均	61	67	74	77	77	77	77	77	78	78		
(12値を100とした割合)	79%	86%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
第1回試行	62	68	75	78	78	78	78	78	78	79		
第2回試行	59	66	73	75	76	75	75	75	75	75		
第3回試行	62	67	74	77	77	77	77	77	77	77		
第4回試行	61	65	73	77	77	77	77	77	77	77		
第5回試行	61	67	74	78	78	78	78	78	79	79		
第6回試行	61	67	74	79	79	78	78	78	79	79		
第7回試行	60	66	73	78	78	78	78	78	78	78		
第8回試行	61	67	76	78	78	78	78	78	78	78		
第9回試行	62	68	75	78	78	78	78	78	78	78		
第10回試行	61	67	73	76	76	76	76	76	76	76		
■ショックシナリオ法の有効性の検証												
①/②	100%	102%	103%	103%	103%	103%	103%	103%	102%	102%		
■採用する個数による調整												
③累積寄与率の逆数の√	1.15	1.04	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
①×③	70	71	77	80	80	80	80	80	79	79		
(12値を100とした割合)	89%	90%	97%	101%	101%	100%	100%	100%	100%	100%		
(参考)標準ショックシナリオ法												
上昇	-53											
下降	49											
採用	53											

試行結果 Case5	■ショックシナリオによる採用成分個数別のリスク量											グリッド* 将来 ホイット CF 年 1 100 2 100 3 100 4 100 5 100 7 100 10 100 15 100 20 100 30 100 CF現価 862	
	採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	①リスク量	38	44	50	53	53	53	53	53	53	53		
	(12値を100とした割合)	71%	82%	93%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
	第1主成分	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-38		
	第2主成分	-	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-23		
	第3主成分	-	-	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-23		
	第4主成分	-	-	-	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18		
	第5主成分	-	-	-	-	-7	-7	-7	-7	-7	-7		
	第6主成分	-	-	-	-	-	-0	-0	-0	-0	-0		
	第7主成分	-	-	-	-	-	-	-1	-1	-1	-1		
	第8主成分	-	-	-	-	-	-	-	-0	-0	-0		
	第9主成分	-	-	-	-	-	-	-	-	-0	-0		
	第10主成分	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0		
	(参考)ショックシナリオ発生時の各主成分におけるリスク量												
	主成分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	上昇シナリオ	-38	18	-23	16	6	-0	-1	-0	0	-0		
	下降シナリオ	27	-23	20	-18	-7	0	1	-0	-0	0		
	比較後	-38	-23	-23	-18	-7	-0	-1	-0	-0	-0		
	■モンテカルロ法による採用成分個数別のリスク量												
	採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	②リスク量平均	38	43	49	52	52	52	52	52	52	52		
	(12値を100とした割合)	72%	83%	93%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
	第1回試行	38	44	49	52	52	52	52	52	52	52		
	第2回試行	36	42	48	51	51	51	51	51	51	51		
第3回試行	38	44	49	52	52	52	52	52	52	52			
第4回試行	37	45	50	52	52	52	52	52	52	52			
第5回試行	38	44	49	52	53	53	53	53	53	53			
第6回試行	38	43	49	52	52	52	52	52	52	52			
第7回試行	37	43	48	51	52	52	52	52	52	52			
第8回試行	38	44	50	52	52	52	52	52	52	52			
第9回試行	38	43	48	51	52	52	52	52	52	52			
第10回試行	38	43	49	52	52	52	52	52	52	52			
■ショックシナリオ法の有効性の検証													
①/②	100%	101%	102%	103%	102%	102%	102%	102%	102%	102%			
■採用する個数による調整													
③累積寄与率の逆数の√	1.22	1.05	1.02	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
①×③	46	46	51	53	53	53	53	53	53	53			
(12値を100とした割合)	87%	86%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
(参考)標準ショックシナリオ法													
上昇	-42												
下降	32												
採用	42												
試行結果 Case6													
■ショックシナリオによる採用成分個数別のリスク量												グリッド* 将来 ホイット CF 年 1 100 2 100 3 100 4 100 5 100 7 100 10 100 15 - 20 - 30 - CF現価 675	
採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
①リスク量	19	21	22	22	22	22	22	22	22	22			
(12値を100とした割合)	85%	96%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
第1主成分	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19			
第2主成分	-	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10			
第3主成分	-	-	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5			
第4主成分	-	-	-	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1			
第5主成分	-	-	-	-	-2	-2	-2	-2	-2	-2			
第6主成分	-	-	-	-	-	-1	-1	-1	-1	-1			
第7主成分	-	-	-	-	-	-	-1	-1	-1	-1			
第8主成分	-	-	-	-	-	-	-	-0	-0	-0			
第9主成分	-	-	-	-	-	-	-	-	-1	-1			
第10主成分	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0			
(参考)ショックシナリオ発生時の各主成分におけるリスク量													
主成分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
上昇シナリオ	-19	7	-5	1	-2	0	1	-0	-1	0			
下降シナリオ	10	-10	4	-1	2	-1	-1	0	0	-0			
比較後	-19	-10	-5	-1	-2	-1	-1	-0	-1	-0			
■モンテカルロ法による採用成分個数別のリスク量													
採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
②リスク量平均	19	21	22	22	22	22	22	22	22	22			
(12値を100とした割合)	84%	96%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
第1回試行	19	21	22	22	23	23	23	23	23	23			
第2回試行	18	21	21	21	22	21	22	22	22	22			
第3回試行	19	22	22	22	22	23	23	23	22	22			
第4回試行	19	22	22	22	23	23	23	23	23	23			
第5回試行	19	22	22	23	23	23	23	23	23	23			
第6回試行	19	21	22	22	22	22	22	22	22	22			
第7回試行	18	21	22	21	22	22	22	22	22	22			
第8回試行	19	22	22	22	22	22	22	22	22	22			
第9回試行	19	21	22	22	22	22	22	22	22	22			
第10回試行	19	21	22	22	22	22	22	22	22	22			
■ショックシナリオ法の有効性の検証													
①/②	101%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
■採用する個数による調整													
③累積寄与率の逆数の√	1.22	1.05	1.02	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
①×③	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22			
(12値を100とした割合)	104%	101%	101%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
(参考)標準ショックシナリオ法													
上昇	-27												
下降	16												
採用	27												

試行結果 Case7	■ショックシナリオによる採用成分個数別のリスク量											グリッド* 将来 ホイット CF 年 1 100 2 100 3 100 4 100 5 100 7 100 10 100 15 -100 20 -100 30 -100 CF現価 488
	採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	①リスク量	7	8	15	20	23	23	23	23	23	23	
	(12値を100とした割合)	30%	36%	63%	89%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	
	第1主成分	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	
	第2主成分	-	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	
	第3主成分	-	-	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	
	第4主成分	-	-	-	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-14	
	第5主成分	-	-	-	-	-10	-10	-10	-10	-10	-10	
	第6主成分	-	-	-	-	-	-1	-1	-1	-1	-1	
	第7主成分	-	-	-	-	-	-	-2	-2	-2	-2	
	第8主成分	-	-	-	-	-	-	-	-1	-1	-1	
	第9主成分	-	-	-	-	-	-	-	-	-1	-1	
	第10主成分	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0	
	(参考)ショックシナリオ発生時の各主成分におけるリスク量											
主成分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
上昇シナリオ	0	-5	12	-14	-10	1	2	-1	-1	0		
下降シナリオ	-7	2	-12	16	10	-1	-2	1	1	-0		
比較後	-7	-5	-12	-14	-10	-1	-2	-1	-1	-0		
■モンテカルロ法による採用成分個数別のリスク量												
採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
②リスク量平均	7	9	16	22	25	25	25	25	25	25		
(12値を100とした割合)	28%	35%	62%	88%	99%	99%	100%	100%	100%	100%		
第1回試行	7	9	16	23	25	25	25	25	25	25		
第2回試行	7	8	16	22	25	25	25	25	25	25		
第3回試行	7	9	16	23	26	26	26	26	26	26		
第4回試行	7	9	16	22	24	25	25	25	25	25		
第5回試行	7	9	16	23	26	26	26	26	26	26		
第6回試行	7	9	15	22	25	25	26	25	26	25		
第7回試行	7	9	15	23	25	25	25	25	25	25		
第8回試行	7	9	16	23	26	26	26	26	26	26		
第9回試行	7	9	15	22	25	25	25	25	25	25		
第10回試行	7	8	15	22	25	25	25	25	25	25		
■ショックシナリオ法の有効性の検証												
①/②	97%	95%	93%	92%	91%	91%	91%	91%	91%	91%		
■採用する個数による調整												
③累積寄与率の逆数の√	1.22	1.05	1.02	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
①×③	9	9	15	21	23	23	23	23	23	23		
(12値を100とした割合)	37%	38%	64%	89%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
(参考)標準ショックシナリオ法												
上昇	-13											
下降	-0											
採用	13											
試行結果 Case8	■ショックシナリオによる採用成分個数別のリスク量											グリッド* 将来 ホイット CF 年 1 -100 2 -100 3 -100 4 -100 5 -100 7 300 10 1,000 15 600 20 100 30 -600 CF現価 874
	採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	①リスク量	70	86	91	91	95	96	101	101	101	101	
	(12値を100とした割合)	69%	85%	90%	90%	94%	95%	100%	100%	100%	100%	
	第1主成分	-70	-70	-70	-70	-70	-70	-70	-70	-70	-70	
	第2主成分	-	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	
	第3主成分	-	-	-31	-31	-31	-31	-31	-31	-31	-31	
	第4主成分	-	-	-	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	
	第5主成分	-	-	-	-	-28	-28	-28	-28	-28	-28	
	第6主成分	-	-	-	-	-	-9	-9	-9	-9	-9	
	第7主成分	-	-	-	-	-	-	-32	-32	-32	-32	
	第8主成分	-	-	-	-	-	-	-	-7	-7	-7	
	第9主成分	-	-	-	-	-	-	-	-	-5	-5	
	第10主成分	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-2	
	(参考)ショックシナリオ発生時の各主成分におけるリスク量											
主成分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
上昇シナリオ	-70	38	-31	-4	-28	8	31	-7	4	-2		
下降シナリオ	49	-50	22	2	28	-9	-32	7	-5	2		
比較後	-70	-50	-31	-4	-28	-9	-32	-7	-5	-2		
■モンテカルロ法による採用成分個数別のリスク量												
採用成分数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
②リスク量平均	70	85	91	91	94	94	99	100	100	100		
(12値を100とした割合)	70%	85%	91%	91%	94%	95%	99%	100%	100%	100%		
第1回試行	71	86	92	92	93	94	99	99	99	99		
第2回試行	67	83	90	90	94	93	99	100	100	100		
第3回試行	70	86	91	92	94	95	99	100	100	100		
第4回試行	69	87	92	93	96	97	101	101	101	102		
第5回試行	70	85	91	92	94	95	99	99	99	99		
第6回試行	70	84	90	91	94	95	99	100	100	100		
第7回試行	68	83	89	89	95	95	100	100	100	100		
第8回試行	70	85	92	92	94	94	99	100	100	100		
第9回試行	71	83	89	90	93	93	99	99	99	99		
第10回試行	69	84	91	91	93	94	98	99	99	99		
■ショックシナリオ法の有効性の検証												
①/②	100%	101%	101%	100%	101%	101%	102%	101%	101%	101%		
■採用する個数による調整												
③累積寄与率の逆数の√	1.22	1.05	1.02	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
①×③	86	90	93	92	96	96	101	101	101	101		
(12値を100とした割合)	85%	89%	92%	91%	94%	95%	100%	100%	100%	100%		
(参考)標準ショックシナリオ法												
上昇	-44											
下降	58											
採用	44											

3. 2 金利リスクの計測における個別論点

3. 2. 1 計測対象について

(1) 計測対象可否の判断基準

587 金利リスクの計算対象範囲は、概念上、金利変動が生じた場合に純資産に影響を及ぼす可能性がある資産・負債の全てが対象となるが、具体的な金利リスク対象についてはQISにおいても列挙されておらず、実務を行う際は、資産・負債ごとに金利変動に対して純資産に影響を及ぼすかどうかという視点で、金利リスクの対象を特定していく必要がある。

588 対象の特定について考察するにあたっては、以下、(a)金利変動にセンシティブに反応するか否か、(b)他のリスクとの関係の2つの考慮すべき点があると思われるため、まずはこれらの視点について整理したい。

(a) 金利変動にセンシティブに反応するか否か

589 QIS5『Technical Specifications』においては、「金利の期間構造の変化もしくは金利のボラティリティに対して『センシティブに反応する』全ての資産および負債に金利リスクは存在している」となっており、この考え方を踏まえると、金利の影響は受けるものの、センシティブに反応しない資産・負債は計算対象外とすることが考えられる。

590 ここで、『センシティブに反応する』とはどういう意味合いか、そして、どのような資産・負債が対象となるのかが問題となるが、今回の検討においては、『センシティブに反応する』か否かについて、さらに、(i)価値変動の関連性、(ii)価値変動の度合からの視点から整理したい。

(i) 金利変動と資産・負債の価値変動の関連性

591 金利変動と資産・負債の価値変動が密接に関わっていると考えられるもの、例えば、ファイナンス理論における価格モデルにおいて、金利が価格決定の要素となっているもの等に関しては、『センシティブに反応する』資産・負債であると考えられる。

592 その他の資産・負債については、『センシティブに反応する』か否かの理論的な基準を明確化することは困難であり、金利リスクの対象とすることも対象外とすることも考えられるが、対象とする場合は、当該資産・負債と金利との関係性の整理、金利リスクの具体的な計算方法・実行可能性の検討が必要となる。

593 なお、対象外とする場合でも、金利変動以外の要因で純資産が変動する場合には、我が国の現行規制やEUでの検討においても考慮されているように、別のリスクカテゴリで評価することが考えられる。

(例) 株式、不動産

(ii) 金利変動に対する資産・負債の価値変動の度合い

594 金利が変動したと仮定した際に、価値がある程度変動すると考えられるものに関しては、『センシティブに反応する』資産・負債であり、変動度合いが微小なものについては、『センシティブに反応する』資産・負債ではないと考えることも可能である。よって、実務負荷等を勘案し、変動度合いが微小な資産・負債については金利リスクの計算対象外とすることも考えられる。

(例) 短期資金、変動金利資産の一部、支払備金（金利を割り引いて現在推計を算出していない場合）

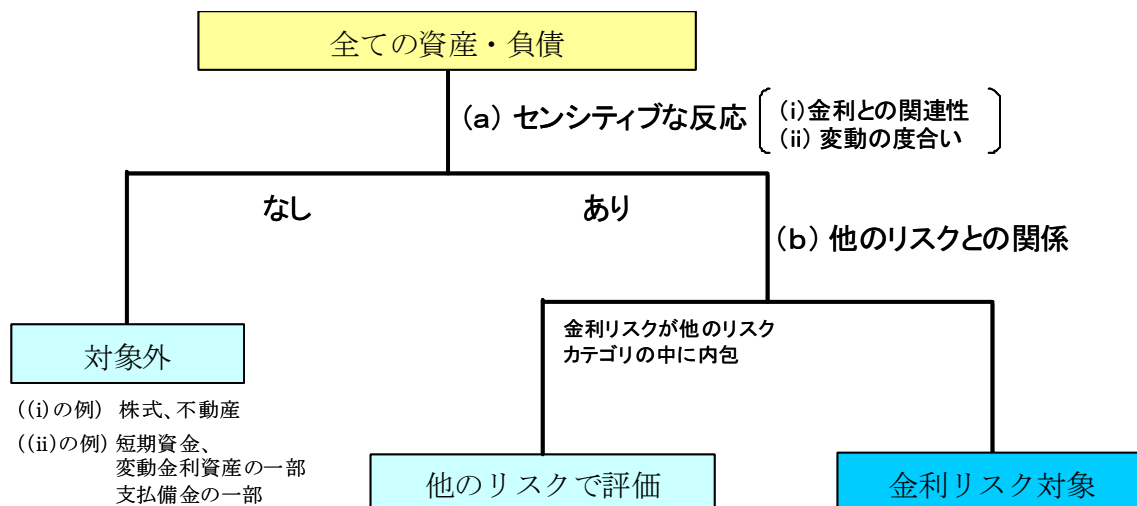
595 なお、ここで対象外の資産・負債を設けるということは、すなわちリスクを捉えないこととなるため、ここでいう「変動度合いが微小なもの」に関する考え方の整理が必要であると思われる。整理にあたっては、基準を変動額とするのか変動率とするのか、また、どの程度をもって微小というのか、といったような曖昧な面が残るため、各社の実態面や実務面を踏まえた検討が必要である。

(b) 他のリスクとの関係

596 上記のように、金利の期間構造の変化によりセンシティブに価値が変動する資産については、金利リスクの計算対象と考えられるが、後述のように、リスクをどのリスクカテゴリに含めて計算するかについて、検討が必要である。

(例) 為替予約、為替オプション、株式オプションなどのデリバティブ

(計測対象可否の判断基準のイメージ)



(2) 資産の部における対象項目

(a) 債券

597 債券は、金利の期間構造の変化によりセンシティブに価値が変動するため、原則として金利リスクの計算対象となる。ただし、例えば、変動利付債のうち、適用する利息を利息計算期間に対応する市場金利を基準として決定する債券の価値は、金利の期間構造の変化にセンシティブではないことから、金利リスクの計算対象外とすることも考えられる。

■金利の期間構造の変化に対する変動利付債の価値の変動

- ・ 利息決定時の市場金利(1年と3年)を次回の利息とする年1回利払いの変動利付債券を仮定し、金利の期間構造の変化に対する現在価値の変動(感応度)を評価した。
※ 「1年ごと3年金利」債券についてのコンベクシティ調整(利息計算期間と参照する市場金利の期間が異なる場合の価格の補正)は行っていない。

1. 基準日の現在価値

		年限 n	1	2	3	4	5	6	7
基準日の 評価金利	スポットレート		1.00%	1.50%	2.00%	2.50%	3.00%	3.50%	4.00%
	ディスカウントファクター		0.9901	0.9707	0.9423	0.9060	0.8626	0.8135	0.7599
	フォワード レート	n年後1年	2.00%	3.01%	4.01%	5.02%	6.04%	7.05%	-
		n年後3年	3.00%	4.01%	5.02%	6.03%	-	-	-
変動利付債の キャッシュフロー と現在価値	1年ごと 1年金利	利息	1.00	2.00	3.01	4.01	5.02		
		元本	-	-	-	-	100.00	計	
		現在価値	0.99	1.94	2.83	3.64	90.60	100.00	
	1年ごと 3年金利	利息	2.00	3.00	4.01	5.02	6.03		
		元本	-	-	-	-	100.00	計	
		現在価値	1.98	2.92	3.78	4.55	91.47	104.69	

2. 金利の期間構造変動後

(1) 平行移動

① 全年限0.5%金利低下

		年限 n	1	2	3	4	5	6	7
基準日の 評価金利	スポットレート		0.50%	1.00%	1.50%	2.00%	2.50%	3.00%	3.50%
	ディスカウントファクター		0.9950	0.9803	0.9563	0.9238	0.8839	0.8375	0.7860
	フォワード レート	n年後1年	1.50%	2.51%	3.51%	4.52%	5.54%	6.55%	-
		n年後3年	2.50%	3.51%	4.52%	5.53%	-	-	-
変動利付債の キャッシュフロー と現在価値	1年ごと 1年金利	利息	0.50	1.50	2.51	3.51	4.52		
		元本	-	-	-	-	100.00	計	
		現在価値	0.50	1.47	2.40	3.25	92.38	100.00	
	1年ごと 3年金利	利息	1.50	2.50	3.51	4.52	5.53		
		元本	-	-	-	-	100.00	計	
		現在価値	1.49	2.46	3.36	4.18	93.28	104.76	

② 全年限0.5%金利上昇

		年限 n	1	2	3	4	5	6	7
基準日の 評価金利	スポットレート		1.75%	2.25%	2.75%	3.25%	3.75%	4.25%	4.75%
	ディスカウントファクター		0.9828	0.9565	0.9218	0.8799	0.8319	0.7790	0.7226
	フォワード レート	n年後1年	2.75%	3.76%	4.76%	5.77%	6.79%	7.80%	-
		n年後3年	3.75%	4.76%	5.77%	6.78%	-	-	-
変動利付債の キャッシュフロー と現在価値	1年ごと 1年金利	利息	1.75	2.75	3.76	4.76	5.77		
		元本	-	-	-	-	100.00	計	
		現在価値	1.72	2.63	3.46	4.19	87.99	100.00	
	1年ごと 3年金利	利息	2.75	3.75	4.76	5.77	6.78		
		元本	-	-	-	-	100.00	計	
		現在価値	2.70	3.59	4.39	5.08	88.83	104.59	

(2) 傾きの変化

① スティーピング(傾き拡大)

		1・2年目	0.50%	低下	4年目以降	0.50%	上昇		
		年限 n	1	2	3	4	5	6	7
基準日の 評価金利	スポットレート		0.50%	1.00%	2.00%	3.00%	3.50%	4.00%	4.50%
	ディスカウントファクター		0.9950	0.9803	0.9423	0.8885	0.8420	0.7903	0.7348
	フォワード レート	n年後1年	1.50%	4.03%	6.06%	5.52%	6.54%	7.55%	-
		n年後3年	3.85%	5.20%	6.04%	6.53%	-	-	-
変動利付債の キャッシュフロー と現在価値	1年ごと 1年金利	利息	0.50	1.50	4.03	6.06	5.52		
		元本	-	-	-	-	100.00	計	
		現在価値	0.50	1.47	3.80	5.38	88.85	100.00	
	1年ごと 3年金利	利息	1.00	3.85	5.20	6.04	6.53		
		元本	-	-	-	-	100.00	計	
		現在価値	1.00	3.77	4.90	5.37	89.70	104.73	

② フラットニング(傾き縮小)		1・2年目	0.50%	上昇	4年目以降	0.50%	低下		
年限 n		1	2	3	4	5	6	7	
基準日の 評価金利	スポットレート	1.50%	2.00%	2.00%	2.00%	2.50%	3.00%	3.50%	
	ディスカウントファクター	0.9852	0.9612	0.9423	0.9238	0.8839	0.8375	0.7860	
	フォワード レート	n年後1年	2.50%	2.00%	2.00%	4.52%	5.54%	6.55%	-
		n年後3年	2.17%	2.83%	4.01%	5.53%	-	-	-
変動利付債の キャッシュフロー と現在価値	1年ごと 1年金利	利息	1.50	2.50	2.00	2.00	4.52		
		元本	-	-	-	-	100.00	計	
		現在価値	1.48	2.41	1.88	1.85	92.38	100.00	
	1年ごと 3年金利	利息	2.00	2.17	2.83	4.01	5.53		
		元本	-	-	-	-	100.00	計	
		現在価値	1.97	2.08	2.67	3.70	93.28	103.71	

- 適用する利息を利息計算期間に対応する市場金利を参照して決定する債券(上表の「1年ごと1年金利」)は、金利の期間構造の変動による将来の利息の変動とディスカウントファクターの変動が完全に相殺される関係にあるため、現在価値に影響を与えない。(厳密には、次回利息決定後は、次回利息までの期間の短期金利の影響を受ける。)
- 一方で、利息計算期間以外の市場金利を参照して決定する債券(上表の「1年ごと3年金利」)は、将来の利息の変動とディスカウントファクターの変動の関係性が一定ではないため、金利の期間構造の変動により現在価値が変化する。

(b) 貸付金

598 貸付金は、金利の期間構造の変化によりセンシティブに価値が変動するため、原則として金利リスクの計算対象となる。ただし、例えば、変動金利貸付のうち、適用する利息を利息計算期間に対応する市場金利を基準として決定する貸付金の価値は、金利の期間構造の変化にセンシティブではないことから、金利リスクの計算対象外とすることも考えられる(変動利付債に同じ)。

(c) 株式

599 株式は、金利の期間構造の変化によりセンシティブに価値が変動しないこと、また、株式の価格変動リスクは、株式リスクとして別途リスク量に反映する方向であることから、金利リスクの計算対象外と考えられる。

600 株式評価モデルの中には、「配当割引モデル： $V = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{D_n}{(1+k)^n}$ (Dn：n年目の配当、k：割引率)」

のように、将来キャッシュフローを一定の割引率で現在価値化することにより評価するものがあるが、この割引率は、基準日時点の金利の期間構造より導かれたものではなく、当該企業(発行体)がリスクを取って事業を行うことに対して投資家が要求する収益率である。収益率は、大きな意味で金利の期間構造の変動の影響を受ける可能性はあるが、この場合、株価の過去の価格変動は金利水準の変化による収益率の変化を反映していることになり、その要素は株式リスクの中に含まれていると考えられる。

(d) 不動産

601 不動産は、金利の期間構造の変化によりセンシティブに価値が変動しないこと、また、不動産の価格変動リスクは、不動産リスクとして別途リスク量に反映する方向であることから、金利リスクの計算対象外と考えられる。

602 前記（3）株式の議論と同様、不動産の評価手法の中には、「収益還元法： $V = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{D_n}{(1+k)^n}$ （ D_n ：

n 年目の純収益、 k ：還元利回り）」のように、将来キャッシュフローを一定の還元利回りで現在価値化することにより評価するものがあるが、この還元利回りは、基準日時点の金利の期間構造より導かれたものではなく、不動産投資に対して投資家が要求する利回りである。還元利回りは、大きな意味で金利の期間構造の変動の影響を受ける可能性はあるが、この場合、不動産の過去の価格変動は金利水準の変化による還元利回りの変化を反映していることになり、その要素は不動産リスクの中に包含されていると考えられる。

(e) デリバティブ

603 金利スワップ取引や債券先物取引等、金利や債券を原資産とするデリバティブは、金利の期間構造の変化によりセンシティブに価値が変動するため、金利リスクの計算対象と考えられる。

604 通貨関連や株式関連等のデリバティブについては、その評価額が金利の期間構造の変化の影響を受けるときがあるが、金利リスクが僅少な場合は、金利リスクの計算対象外とすることが考えられる。ただし、金利系のデリバティブで、保険負債の金利リスクのヘッジ目的で使用しているものについては、資産と負債の金利リスクを相殺させるために計算対象となるものと考えられる。

(f) その他の資産

605 短期資金のうち、現金、普通預金等の価値は金利の期間構造の影響を受けないが、CP や定期預金等は金利の期間構造の影響を受けると考えられる。ただし、金利変動による影響額が小さくセンシティブでないと考えられるため、金利リスクの計算対象外と整理することも考えられる。

606 投資信託やファンド内の各資産について、経済的実体を調べ、金利変動にセンシティブな部分は、金利リスクの計算対象とすることが考えられる。

607 QIS5 においても、「投資目的の各資産について、原資産の経済実体を調べ、可能な限り原資産に対応した区分で個別に金利リスクの対象となるかどうか、あるいは他のどのリスクとして認識するか判断する必要がある」という記載がある。

<QIS5 Technical Specifications SCR. 5. 4. Look-through approach>

SCR. 5. 9.

In order to properly assess the market risk inherent in collective investment funds, it will be necessary to examine their economic substance. Wherever possible, this should be achieved by applying a look-through approach in order to assess the risks applying to the assets underlying the investment vehicle. Each of the underlying assets would then be subjected to the relevant sub-modules.

608 例えば、金銭の信託（特金）は、現行のソルベンシー基準においても組み入れられた資産ごとに区分する取り扱いとなっていることから、特金の中で債券を保有している場合は、直接保有分の債券と同様の取り扱いとすることが考えられる。買入金銭債権のうち、金利の期間構造の変化にセンシティブに価値が変動するものについては、金利リスクの計算対象とし、債券と同じ取り扱いとすることも考えられる。

(3) 負債の部における対象項目

(a) 保険負債

- 609 現在、日本で行われている責任準備金評価は契約時に設定した評価基礎率をその後契約消滅まで使用し続けるというロックイン方式を基本としているが、毎期計算時点における経済価値評価を行う場合には、計算時点における割引率で評価する必要があるものと考えられる。
- 610 将来キャッシュフローを予定利率で割り引いて評価する保険負債においては、経済価値ベースで評価される場合、割引率の変動により評価額がセンシティブに変動することから、金利リスクを有するものと考えられる。
- 611 将来キャッシュフローが経済環境（金利水準）により変動する場合も経済価値ベースの評価額に影響することから、金利変動に起因した解約率の変動（動的解約率）に伴う返戻金等の将来キャッシュフローの変動は金利リスクと整理される。従って、金利リスクの計算にあたっては、実際に技術的準備金の最良推計計算で使用した動的解約率モデルを、金利変化前提で再度使用して、技術的準備金を再計算し、差額を求めることになる。
- 612 QIS5 においても以下の記載があり、技術的準備金^(※1)は金利リスクの対象となる旨が記載されている。
(※1)QIS5 では、技術的準備金=現在推計+リスクマージンと定義している。

(現在推計には保証とオプションのコストを含む)

<QIS5 Technical Specifications>

SCR. 5. 16

(略).

The discounted value of future cash-flows, in particular in the valuation of technical provisions, will be sensitive to a change in the rate at which those cash-flows are discounted.

(i) 現在推計（保証とオプションのコストを除く）

- 613 金利の期間構造の変化に対して負債価値が変動するため、原則として金利リスクの計算対象となると考えられる。
- 614 ただし、将来キャッシュフローについて、金利変動シナリオに応じて変動するものについては、これを反映する必要があるが、その場合、以下の点を考慮する必要がある。
- ・ 裁量権の有無（金利に連動するルールの有無）
裁量権がある場合、配当は金利の変動に対して、必ずしも連動しない。そのため、金利変動シナリオに応じてキャッシュフローを変動させることは必ずしも必要ではない。
 - ・ 金利変動に伴うキャッシュフローが変動する要素（金利の何にどのように連動するか）
金利に連動ルールが有る場合、キャッシュフローが変動する要素を特定する必要があるため。
- 615 金利変動シナリオに応じて変動する対象としては、契約者の動的な行動による解約率（動的な解約）や、金利変動により返戻金額が変動する予定利率変動型保険（財形等）、保険金据置、配当準備金（積

立配当)、前納残高、契約者配当金、MVA 商品(解約返戻金)、変額商品(最低保証)等が挙げられる。

- 616 なお、変額商品等の特別勘定のように資産残高を負債とする場合は、当該負債は経済環境の変化により変動するものの、資産・負債両方が同額変動し、純資産への影響はないため金利リスクの計算対象外とすることが考えられる。ただし、特別勘定の残高に応じて変動する一般勘定のキャッシュフロー(残高比例の付加保険料等)については、その部分に金利リスクが存在することに留意する必要がある。
- 617 また、金利の期間構造の変化に対しセンシティブに反応しないと認められる場合には、金利リスクの対象外とすることが考えられる。
- 618 期末時点において保険金の支払事由が発生しているもので、将来キャッシュフローを見積もり、金利で割り引いて現在推計を算出している場合は、金利リスクの計算対象とすることが考えられる。例えば、支払備金の評価・算出において割引率の使用の有無により、金利リスクとしての取り扱いが異なることも考えられる。

(ii) 保証とオプションのコスト

- 619 金利の期間構造の変化およびボラティリティの変化に対して当該コストが変動するため、金利リスクの計算対象となることが考えられる。
- 620 一般的に変額保険・年金の最低保証オプションや配当(あるいは利率変動型商品)オプションの金利感応度は重要性が高いと考えられる。その一方で予定利率の高い契約等は金利変動が動的解約率に与える影響が限定的であり重要性は低いため、商品特性や保証とオプションのコストのリスクについては実務的計算負荷に伴う実行可能性、および金額的な影響度を踏まえ、具体的な計算には検討が必要である。
- 621 QIS5 では、金利のボラティリティの変化に対するリスクは考慮されていない(※3)。また、金利の期間構造の変化に対するリスクについても具体的な計算手法は明示されていない。

(※3) 金利のボラティリティの変化に対するリスクはドラフト段階では考慮する記載がされていたが、最終版で削除された。なお、我が国における取扱いについては、今後検討が必要と考えられる。

(iii) リスクマージン

- 622 リスクマージンは、保険引受リスク等のヘッジ不能リスクに対する将来の不確実性を考慮した保険負債の一部であるが、計測する際にはいくつかの手法があり、その手法ごとに金利リスクが存在するかどうか検討する必要がある。例えば、平成 22 年 6 月のフィールドテストや QIS5 で用いられた「資本コスト法」においては、将来各年度の SCR に対し、資本コスト率を乗じた額を現在価値に割り引いた金額としており、貨幣の時間価値が考慮されていることから、現在推計と同様に金利リスクが存在すると考えられる。

(b) 社債・借入金

- 623 発行社債・借入金は、資産側の債券・貸付金と同様に、金利の期間構造の変化によりセンシティブに価値が変動することから、金利リスクの計算対象とすることが考えられる。なお、負債としての劣後債や劣後ローン、優先株式については、純資産(資産－負債)を評価する際の取り扱いに応じて判断が必要と思われる。

(c) 退職給付引当金

- 624 退職給付債務の金利リスクを考察する際には、監督規制におけるソルベンシー規制において、現行会計の退職給付引当金を負債とするか、経済価値ベースで再評価を行うかを考慮する必要があるが、ここでは現行会計における退職給付引当金を負債とした場合について考察する。
- 625 なお、QIS5 の退職給付債務の評価については、会計基準と別の評価をする実務負荷を考慮し IFRS 基準を適用することを推奨している。

(QIS5 Technical Specifications, V.1.4)

Balance sheet Item	Applicable IFRS	Current approach under IFRS		Recommended Treatment and solvency adjustments for QIS5
		Definition	Treatment	
Employee Benefits + Termination Benefits	IAS 19	As defined in IAS 19	As defined in IAS 19	Considering the complex task of preparing separate valuation rules on pension liabilities and from a cost benefit perspective, the application of the applicable IFRS on post-employment benefits is recommended. (略)

- 626 現行会計での退職給付引当金については、(退職給付債務) - (年金資産) - (未認識債務)として計算されるが、一定程度は市場金利水準に追随するように割引率が設定されるようになっているため、これらを考慮すると金利リスクが存在すると考えられる。しかし、必ずしも評価日時点の市場金利の期間構造を反映した割引率の設定は行われておらず、金利の期間構造の変化に対しセンシティブに価値変動がない場合においては金利リスクの対象外とすることが考えられる。
- 627 また、退職給付債務には脱退率、昇給率の変動によるリスクも存在することや、年金資産には金利リスクに加えて株式リスク等、他の市場リスクも含まれていることに留意する必要がある。
- 628 したがって、金利リスク以外の要素についても検討が必要であると考えられる。

(4) その他

- 629 今回の検討に際しては、金利の変動によって生じる純資産(ソルベンシー規制上の資産-負債)の変動を金利リスクとして捉えることとしている。
- 630 この場合、劣後負債や基金について、ソルベンシー規制上の負債として評価する場合においては、金利リスクを有するものと考えられる。一方、負債として評価しない場合においては、金利の変動に応じて純資産の変動がないことから金利リスクの対象にしないことが考えられる。

3. 2. 2 割引率変動シナリオの設定について

631 以下では、割引率変動シナリオを取り扱う際に論点となる主要な項目につき、考察を行った。

(1) 金利の変化幅、変化率

632 割引率変動シナリオを設定する際に、金利の変動として変化幅と変化率のどちらを採用するかという論点がある。

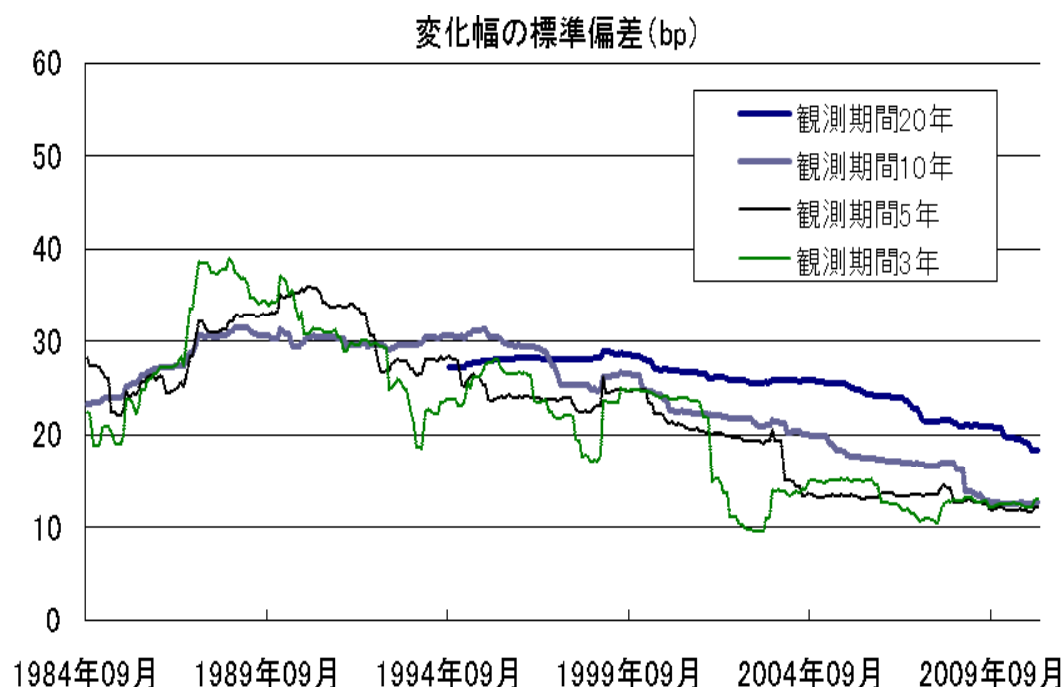
633 どちらを採用するかによって、現在の金利水準と過去データ観察期間の金利水準の相対的な高低関係により、リスク量に影響が出る。すなわち、

- ① 過去データの観測期間の金利水準に比べ、現在の金利水準が低い状況（以下、低金利状況）においては、「変化幅で測るリスク量 $>$ 変化率で測るリスク量」となり、
- ② 過去データの観測期間の金利水準に比べ、現在の金利水準が高い状況（以下、高金利状況）においては、「変化幅で測るリスク量 $<$ 変化率で測るリスク量」となる。
- ③ 過去データの観測期間の金利水準と現在の金利水準が同等の場合、「変化幅で測るリスク量 \approx 変化率で測るリスク量」となる。

また、変化幅を採用した場合、金利下降シナリオにおいては、マイナス金利が発生しうる。

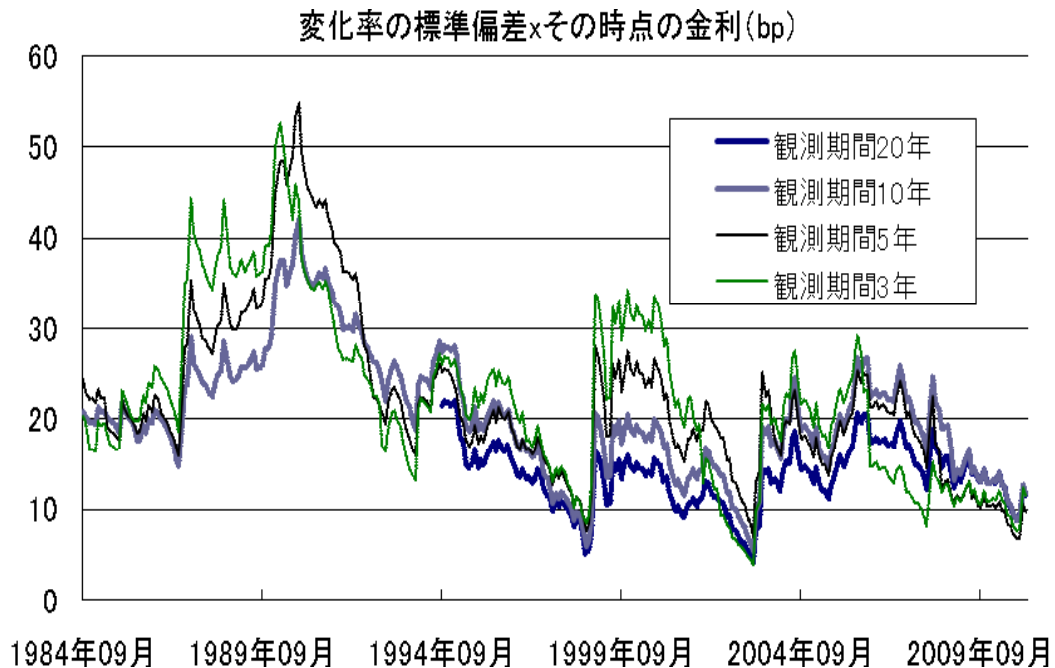
634 財務省「金利情報」データから国債利回り⁷⁰を取得し、月次データの変化幅もしくは変化率を用いて、標準偏差を推定した結果を以下に示す。（グラフ1、2）

【グラフ1】



⁷⁰ ここでは、長期間の金利データが取得可能な国債9年利回りを採用した。

【グラフ2】



635 変化率を用いた場合、ショックが不安定になる（金利水準が短期的に跳ねあがるとリスク量が大きく上昇する）ことがわかる。

636 また、変化幅を用いた場合でも、観測期間が短ければ大きな変動を示す時期があることがわかる。

637 金利の変動として、変化幅、(対数)変化率を用いた時のそれぞれのストレス水準を比較するために、以下の手法でショックシナリオを試算した結果を比較した。使用するデータは、前述の財務省「金利情報」データより取得した国債利回り（1974年9月末～2011年3月末）とし、観測期間は10年、信頼水準は95%および99.5%とした。

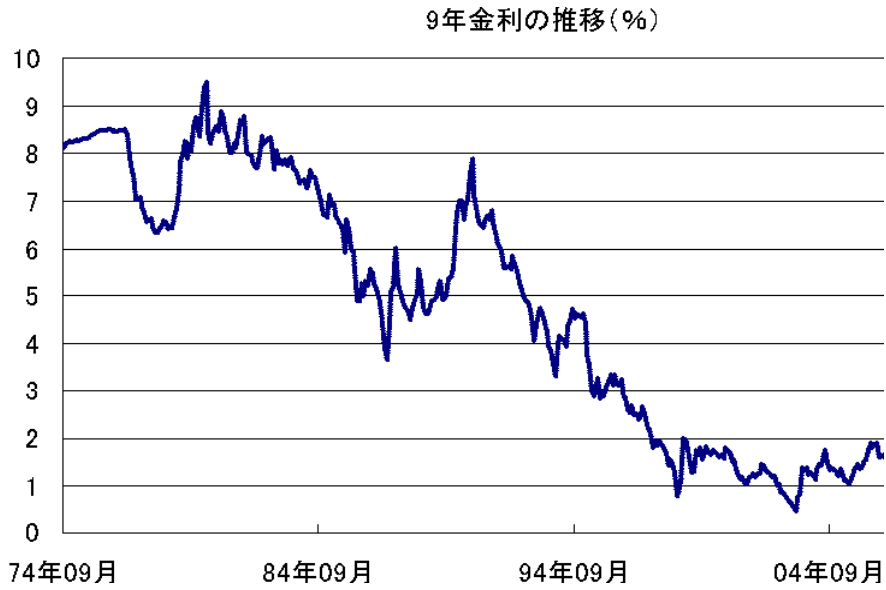
- ① 国債利回りの対数変化率の標準偏差 σ を計測した後に、対数変化率が正規分布に従うと仮定し、上昇変化倍率、下降変化倍率を算出し、ショックシナリオを定める。
- ② 国債利回りの変化幅の標準偏差 σ を計測した後に、変化幅が正規分布に従うと仮定し、上昇変化幅、下降変化幅を算出し、ショックシナリオを定める。

638 なお、QIS5においては、金利低下ショック幅に1%の下限⁷¹が導入されており、この妥当性について検討するため、信頼水準99.5%の低金利状況においては、①に金利低下幅下限1%を導入した場合のショックシナリオも算出した。

639 なお、グラフ3の通り、現在の国債利回りが低水準にあることを鑑みて、使用データの時間軸を反転させ、仮想的に高金利状況を再現したデータに対しても、同様の分析を行った。

⁷¹ 当該下限の導入については、CEIOPS(現EIOPA)によると、変化率によりショックシナリオを設定した場合、低金利状況においてストレス水準が小さくなることによる、リスクの過小評価の可能性に対処するためとしている。しかし、1%という水準の妥当性、および金利下降シナリオの下限のみを設定した根拠については不明確であり、欧州の関連団体からも、根拠が不明確であるため削除すべき、といったコメントが出されている。

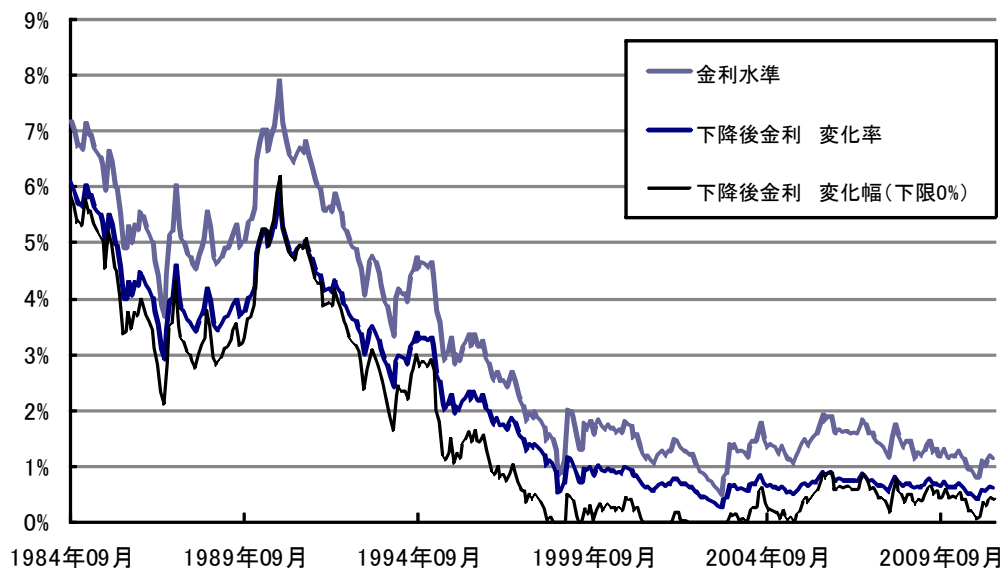
【グラフ3】



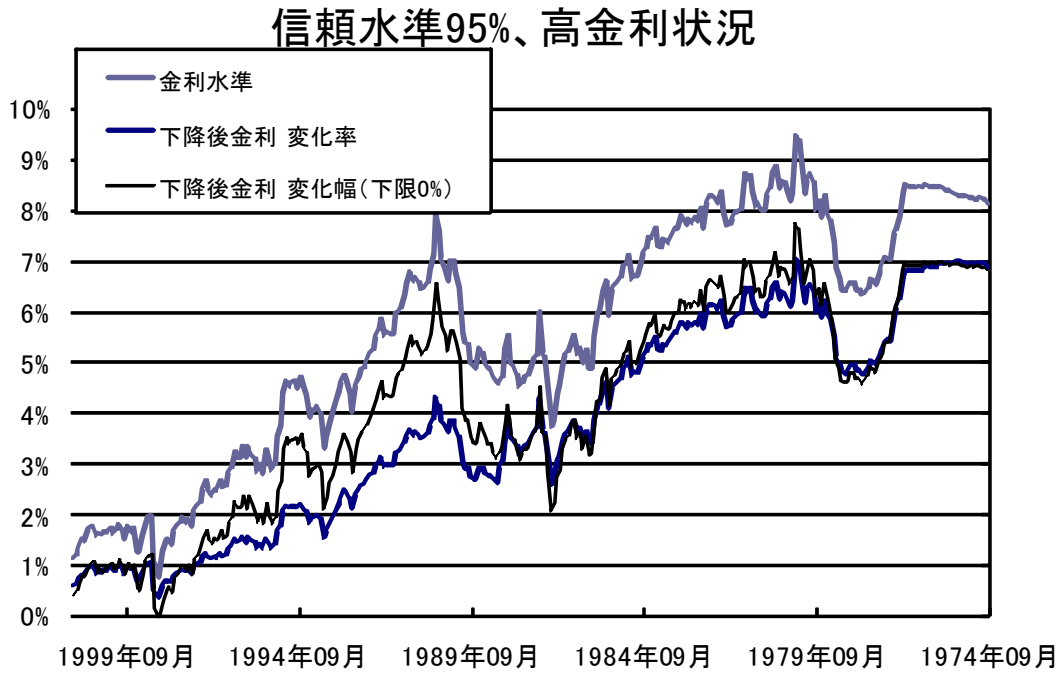
【手法による下降後金利水準の違い (信頼水準・金利状況別)】

【グラフ4】

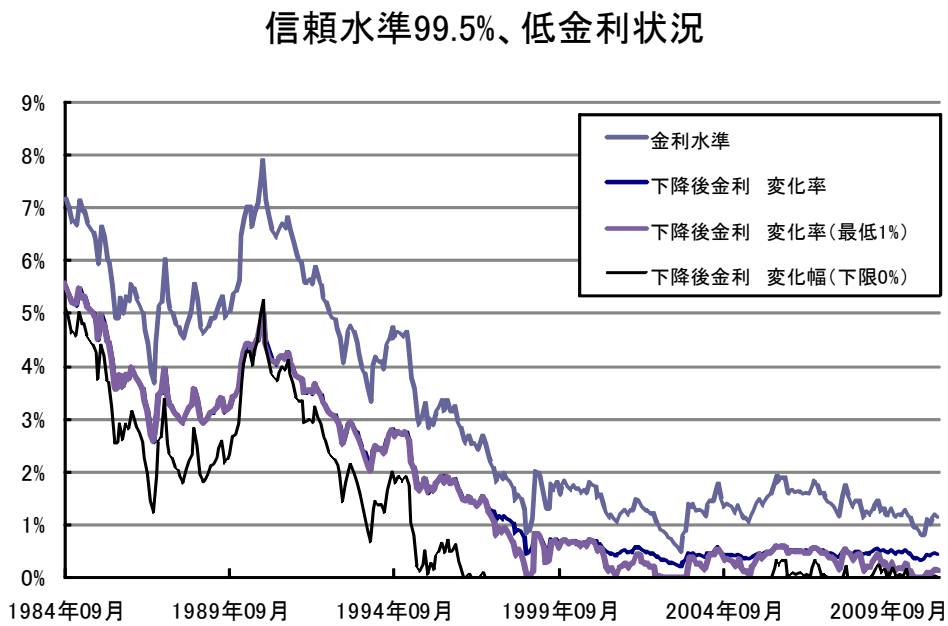
信頼水準95%、低金利状況



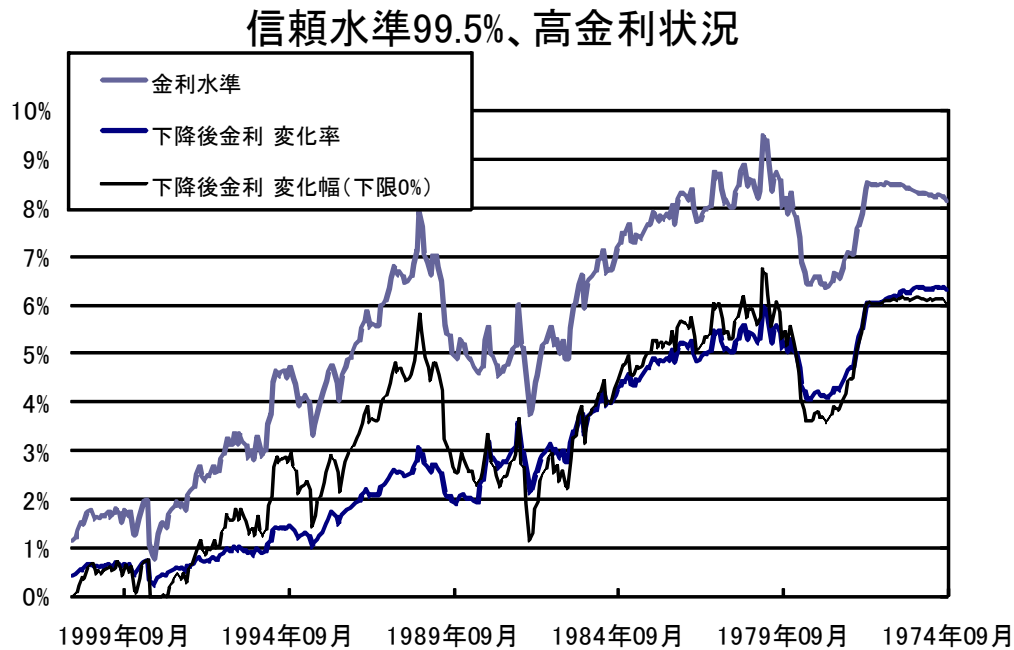
【グラフ 5】



【グラフ 6】



【グラフ7】

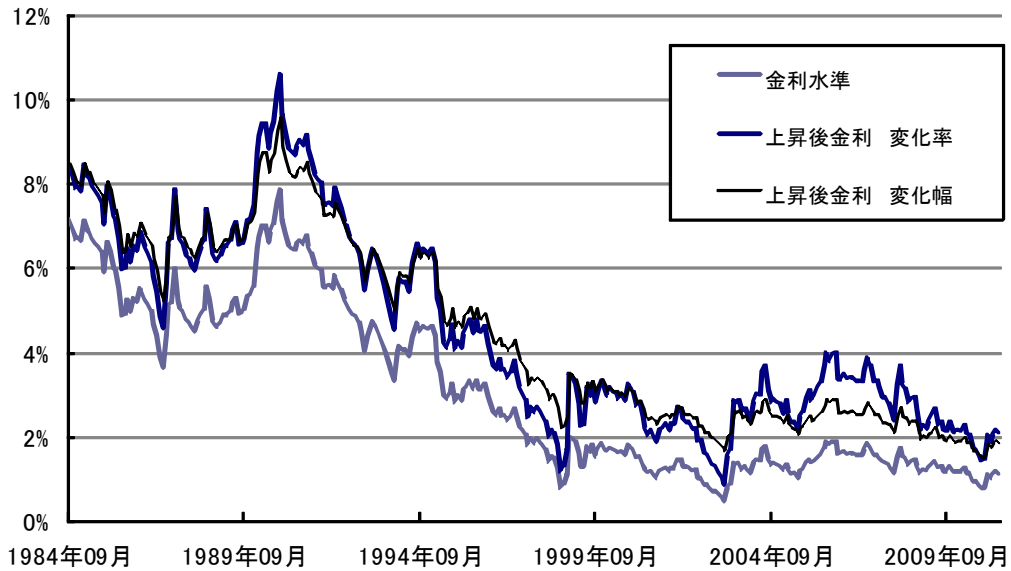


- 640 信頼水準によらず低金利状況（グラフ4、6）では、変化幅のショック幅が変化率のショック幅に比べて大きくなる傾向があることがわかる。また、近年の金利が低い局面で、変化幅でマイナス金利が発生している。当然のことながら、信頼水準 99.5%の方が 95.0%よりその発生回数は多くなっている。
- 641 また、信頼水準 99.5%（グラフ6、7）においては、変化率に金利低下幅下限1%を導入した場合のストレス水準は、1997年以降において、変化率と変化幅のおよそ中間の値を取る局面が見られるが、導入の実効性が十分にあると言えるほどストレス水準に大きな差異をもたらすものであるかについては疑問が残る。
- 642 信頼水準によらず金利が急激に上昇する局面においては、変化率と変化幅で下降ショック幅に乖離が見受けられる。低金利状況で見られた結果とは逆に、変化幅のショック幅が変化率のショック幅より小さくなる傾向がある。

【手法による上昇後金利水準の違い（信頼水準・金利状況別）】

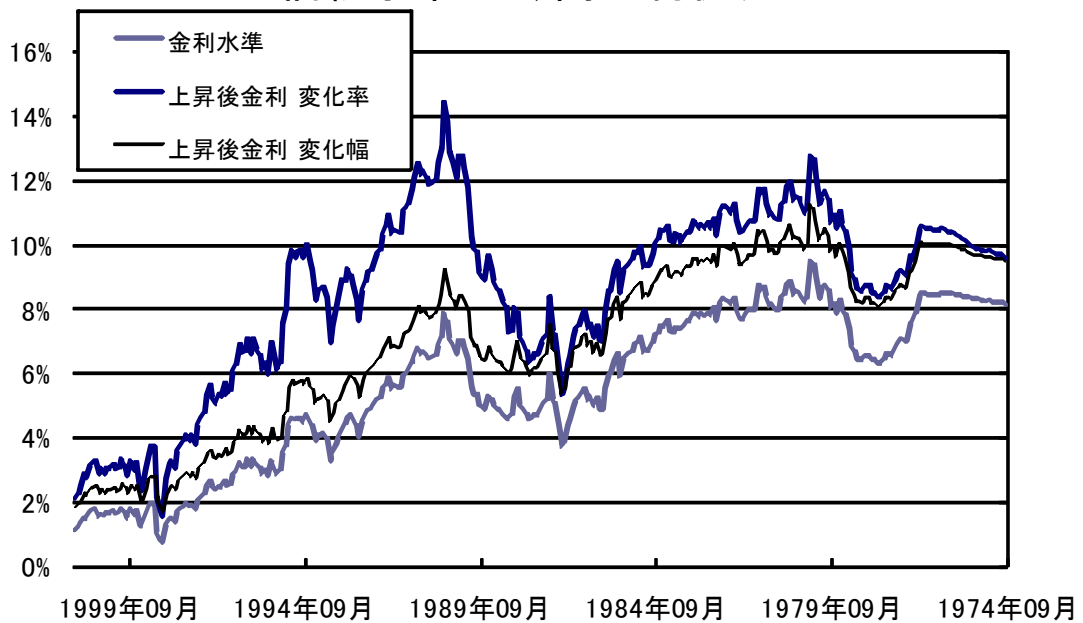
【グラフ 8】

信頼水準95%、低金利状況



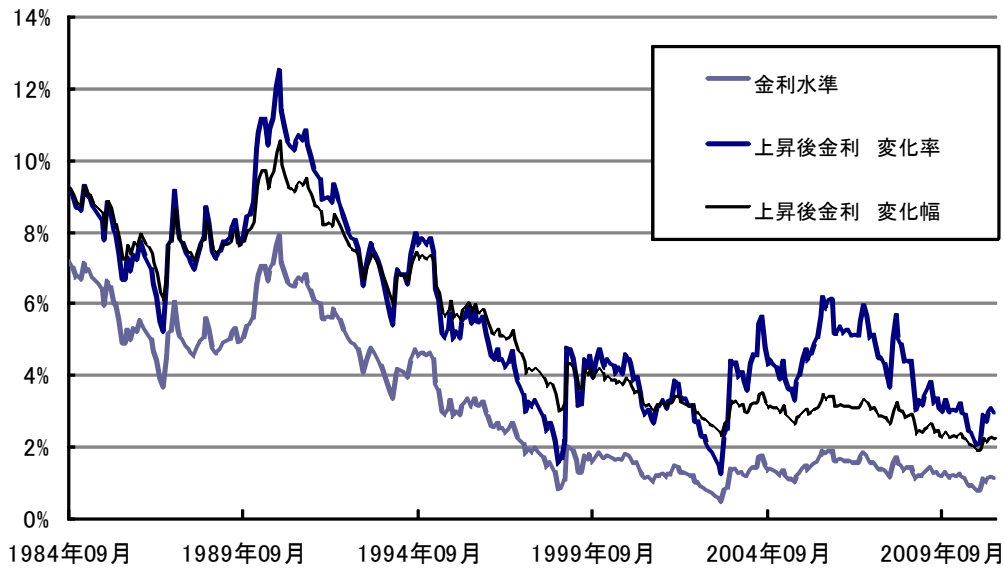
【グラフ 9】

信頼水準95%、高金利状況



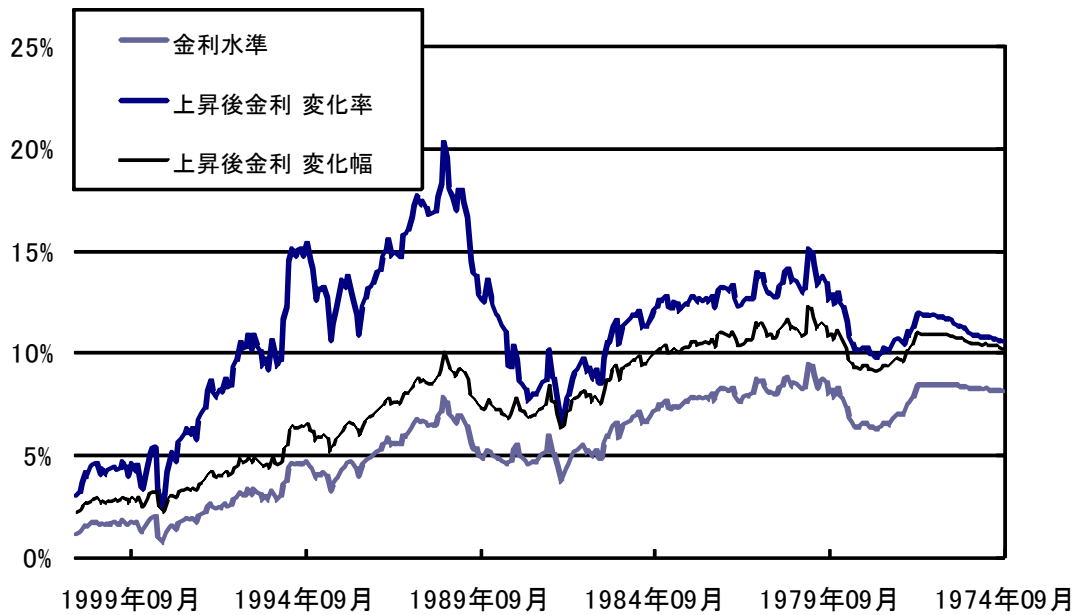
【グラフ10】

信頼水準99.5%、低金利状況



【グラフ11】

信頼水準99.5%、高金利状況



643 低金利状況（グラフ8、10）では、変化幅と変化率のショック幅の大小関係が逆転している箇所もあるが、観測期間が10年であることを鑑みて、過去10年間ほぼ金利が減少し続けている1998年近辺に注目すれば、低金利状況においては、変化率のショック幅は変化幅のショック幅より小さくなることわかる。

644 一方、高金利状況（グラフ9、11）では、特に金利が急上昇する局面で、変化率のショック幅が変化幅のショック幅に比べて非常に大きな値となっていることわかる。

645 最後に、設定したショックシナリオが妥当な水準であったかどうか、統計的検定によるバックテス

トを行った。ここでは、変化率、変化率（下限1%）、変化幅に加え、変化率および変化幅のストレス水準の平均値を取る方法の計4つの手法を対象とした。手順および結果は以下の通り。

- ① 設定したショックシナリオの範囲内に、1年後の金利が収まらなかった回数（VaR超過回数）を、月次ベースでカウントする。
- ② 2項分布を前提として、①でカウントしたVaR超過回数が起こる確率を基に、信頼水準を1%として両側検定を行う。（下降シナリオ、上昇シナリオを個別に検証。）

信頼水準 95%

	低金利状況下			高金利状況下		
	変化率	変化幅	率・幅 平均	変化率	変化幅	率・幅 平均
①1年後金利が下降シナリオ水準を超えて下降した回数(307回中)	40	7	15	3	21	8
②1年後金利が上昇シナリオ水準を超えて上昇した回数(307回中)	16	7	10	2	26	6
超過回数が①以下である確率	100.0%	1.3%	53.1%	0.0%	94.1%	2.8%
下降シナリオの評価	楽観的			悲観的		
超過回数が②以下である確率	63.2%	1.3%	9.7%	0.0%	99.6%	0.5%
上昇シナリオの評価				悲観的	楽観的	

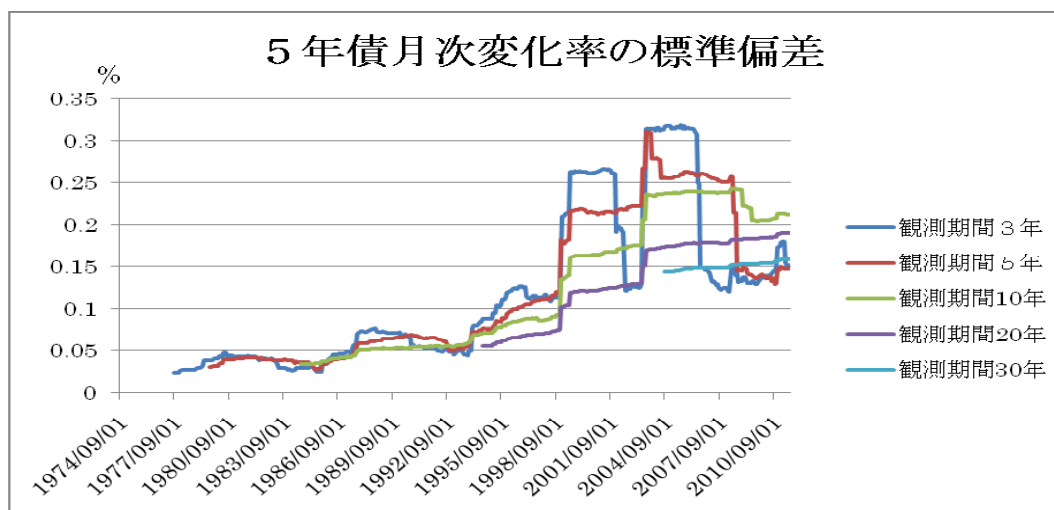
信頼水準 99.5%

	低金利状況下				高金利状況下		
	変化率	変化率 (下限1%)	変化幅	率・幅 平均	変化率	変化幅	率・幅 平均
①1年後金利が下降シナリオ水準を超えて下降した回数(307回中)	9	6	0	2	0	2	0
②1年後金利が上昇シナリオ水準を超えて上昇した回数(307回中)	4	4	1	1	0	3	0
超過回数が①以下である確率	100.0%	99.9%	21.5%	80.0%	21.5%	80.0%	21.5%
下降シナリオの評価	楽観的	楽観的					
超過回数が②以下である確率	98.0%	98.0%	54.6%	54.6%	21.5%	93.0%	21.5%
上昇シナリオの評価							

- 646 データの重なりを認めているということ、高金利状況は仮想的に作り出したものであること等により参考数値としての扱いではあるが、低金利状況下においては変化率および変化率（下限1%）による下降シナリオは、リスクを過小に評価していることがわかる。また、高金利状況下においては、信頼水準 95%において、変化率によるシナリオによるリスクは過大となる可能性があり、変化幅による上昇シナリオはリスクを過小に評価していることが示唆される。
- 647 また、金利低下幅の下限1%の導入については、上記検定結果からはストレス水準が改善されるというような効果はないとすることができる。
- 648 高金利状況・信頼水準 95%において、上昇シナリオが楽観的である可能性があるものの、上表からは、変化率よりは変化幅をとってリスク量を計測した方が信頼のおける結果であるということがわかる。また、監督規制における標準的な手法として利用するという観点からは、低金利状況および高金利状況両者において、相応のストレス水準を満たすことができると考えられる、変化率と変化幅のショックを結合した枠組みを検討することは、一定の妥当性があると考えられる。

(2) 観測期間について

- 649 観測期間の決定にあたっては、過去1年、2年、あるいは10年など一定の指定された期間を用いる方法や入手可能なすべてのデータを用いる方法などが考えられる。前者は分析の目的を踏まえた期間を採用する場合などに用いられ、後者は分析に使用するデータの量は多ければ多いほどいいという考え方に基づく。
- 650 一般に観測期間を長くすることは、データが多くなるためパラメータが安定するという長所がある一方、直近の価値変動特性をつかみににくくなる、扱うデータが多量になるという欠点が見受けられる。
- 651 逆に観測期間を短くした場合には、直近の市場の状況を反映させることができる反面、毎回のリスク計量結果が大きく変わってしまう懸念がある。
- 652 財務省「金利情報」データで5年債の月次データから利回りの変化率の標準偏差を観測期間を変えて比較してみた。観測期間が長くなるほど変動が小さくなっていることがわかる。



(3) 年率への換算方法

- 653 1年間の割引率変動シナリオを設定するために、データが重ならない様に過去の年間金利変動を用いる方法（Box-Car法）が理論的には正しい手法であるが、例えば120個のデータを用意するために121年前までの金利データが必要になり、現実的でない。

654 そのため、以下の様な工夫が考えられる。2010年度のフィールドテストで使われたのは「ルート t 倍法」である。

①ルート t 倍法 (Box-Car 法との組合せ)

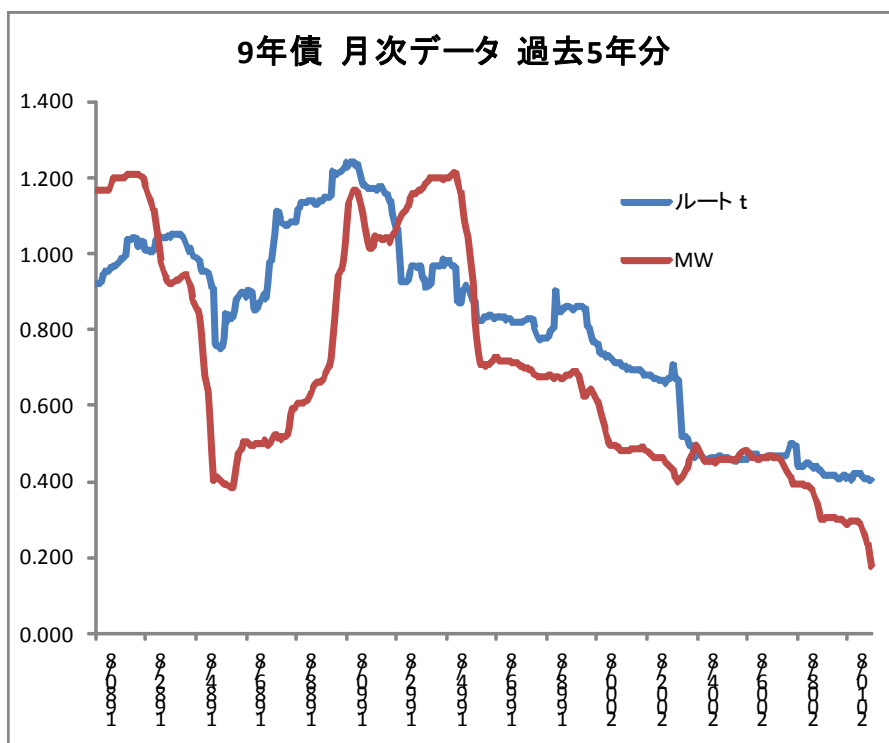
- ・ 年間金利変動に代えて、例えば月間金利変動を用いて算出した標準偏差をルート 12 倍する。この場合、120 個のデータを用意するために必要な金利データは 10 年 1 ヶ月前までで足りる。
- ・ 各月の月間金利変動が互いに独立の場合、年間金利変動の標準偏差は月間金利変動標準偏差のルート 12 倍となることを利用した方法。
- ・ 各月の月間金利変動間に正の相関がある場合、ルート t 倍法で計算した標準偏差は過小に、負の相関がある場合過大になる。

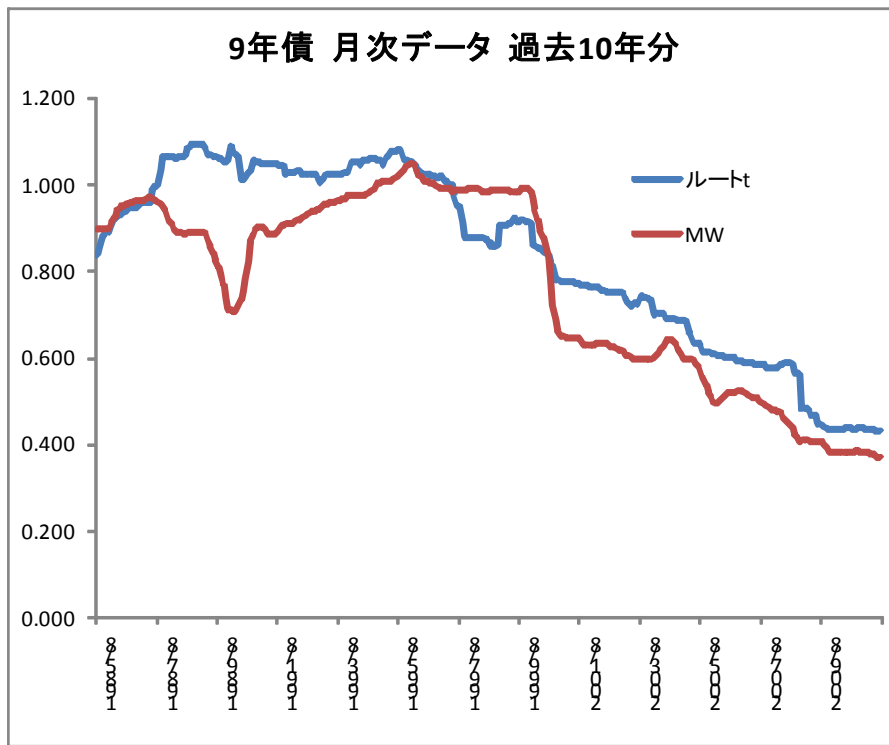
②ムービング・ウィンドウ法 (MW法)

- ・ データの重なりを許す。例えば、各月末金利の前年差 (比) を使えば、120 個のデータを用意するために必要な金利データは 10 年 1 ヶ月前までで足りる。
- ・ 理論的には、各月の変動が独立である場合、MW法は変動を過小評価する傾向があることが知られている。
- ・ なお、ムービング・ウィンドウ法とルート t 倍法を組み合わせる方法も考えられる。

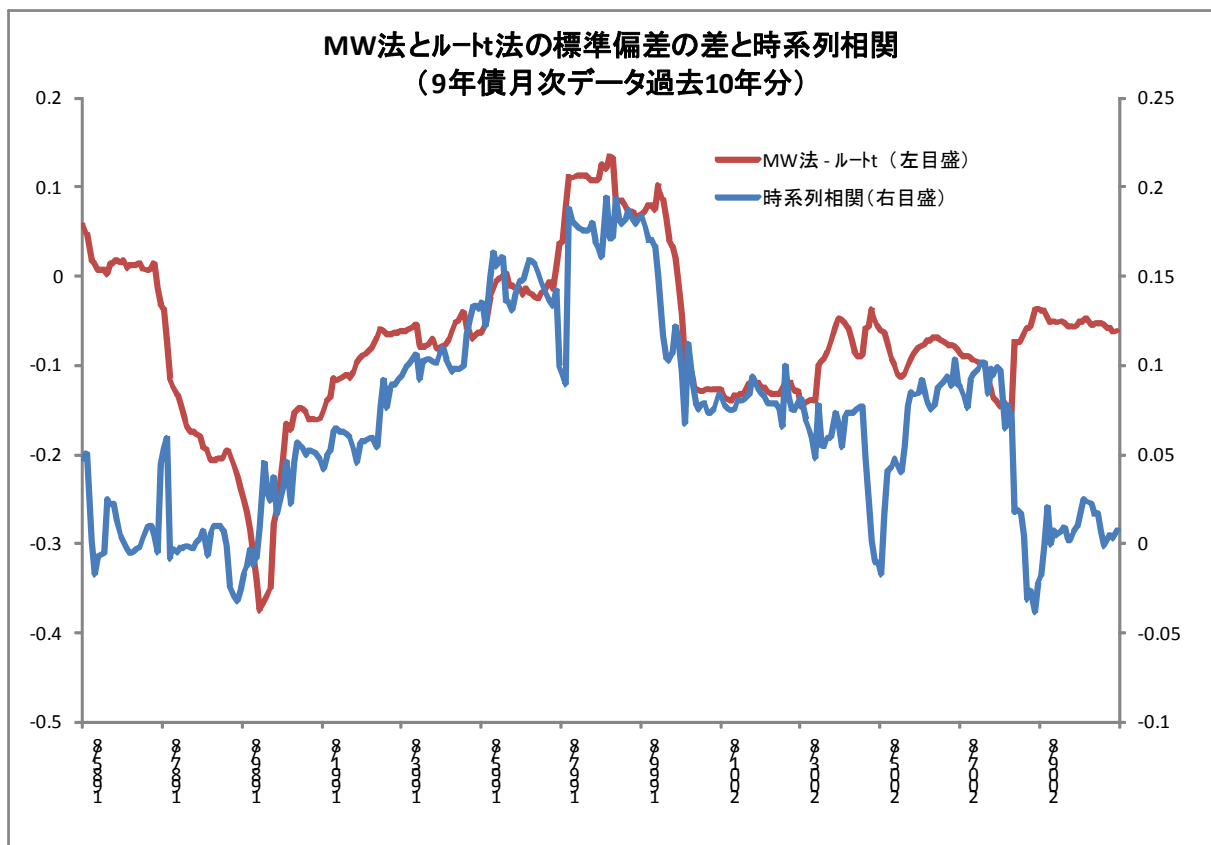
655 両者による金利変動の標準偏差の過去の推移を比べると、以下のような傾向が確認できる。

- ・ 時期によって、両者の大小は逆転するが、観察期間 10 年では 1999 年以降、観察期間 5 年では 1994 年以降で、概ねルート t 倍法の方が大きくなっている。
- ・ MW法の方が、ルート t 倍法よりも変動が大きい。その傾向は観察期間が短い場合により顕著になる。観察期間 5 年では時期によって、MW法がルート t 倍法の半分程度まで減少する時期もある。(1985 年頃、2011 年頃)





- MW法はルート t 倍法と違い、各月の月間金利変動の独立性を仮定していない。そのため、正の時系列相関が観察される期間は「MW法>ルート t 倍法」、負の時系列相関が観察される期間は「MW法<ルート t 倍法」となり易いと考えられる。
- 実際に観察してみても、時系列相関の正負とMW法・ルート t 倍法の大小が完全に対応している訳ではないが、両者にはある程度の対応が伺える。



656 監督制度上で、割引率変動シナリオの安定性を優先したい場合はルート t 倍法、時系列相関の変化など市場の動向を金利リスクに随時反映させたいと考える場合はMW法を採用するのが良いと考えられる。ただし、5年の様に短い観察期間でMW法を採用すると、割引率変動シナリオが不安定になり監督指標が不安定になることには注意が必要である。

(4) データの重み付け

657 過去データの取り扱いにあたっては、過去データをデータの新鮮さにかかわらずすべて平等に扱うかといった点も論点となる。

658 古いデータは直近に起こった市場の変動を反映しないため、基準日時点のあるべき分布から乖離する可能性がある。こうした理由から、データはより新しいものを使用した方がよいという考えもある。

659 新しいデータを重視する1つの方法として、データの新鮮さによって重みづけを行うことが考えられる。その代表的な方法として指数加重移動平均法が挙げられる。

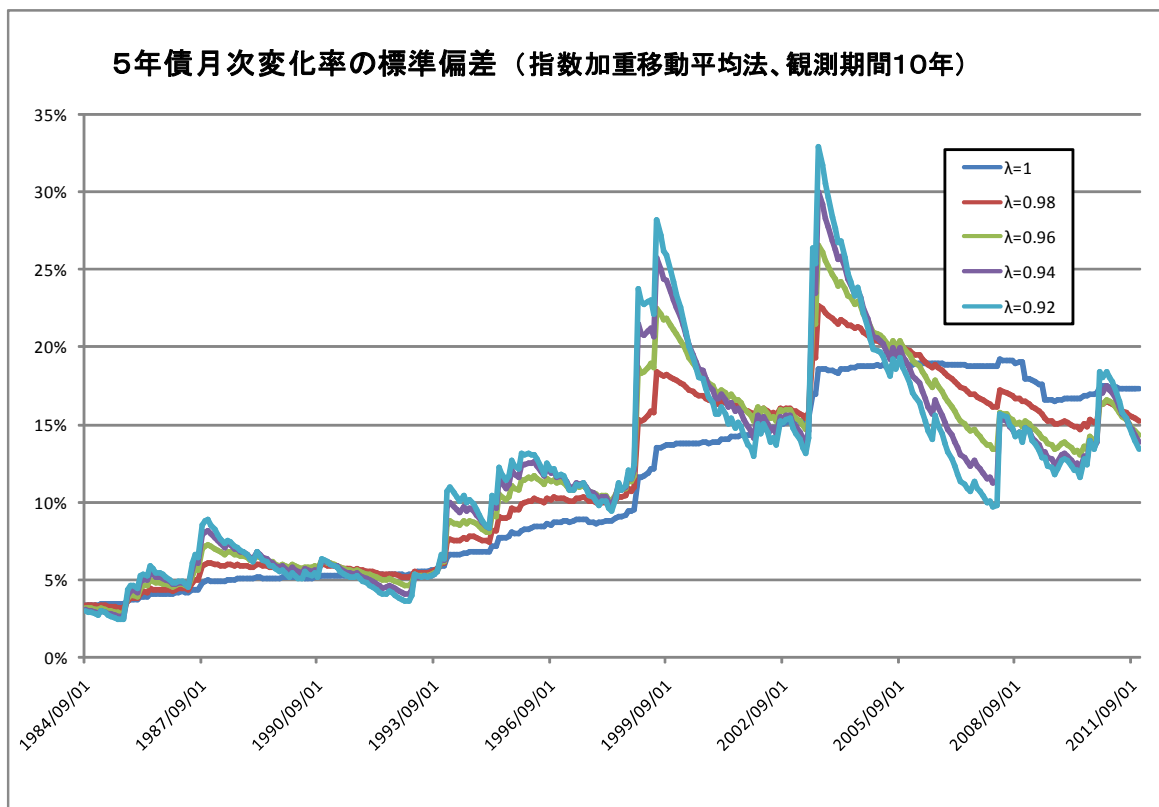
660 指数加重移動平均法では、N個の過去データがあり、古い方から順に*i*番目のデータとする場合、*i*番目のデータの重みを次のように置く。

$$w_i(\lambda) = \frac{1-\lambda}{1-\lambda^N} \lambda^{N-i}$$

ここで λ (< 1) を減衰ファクターと呼ぶ。減衰ファクターにより、以下の特徴がみられる：

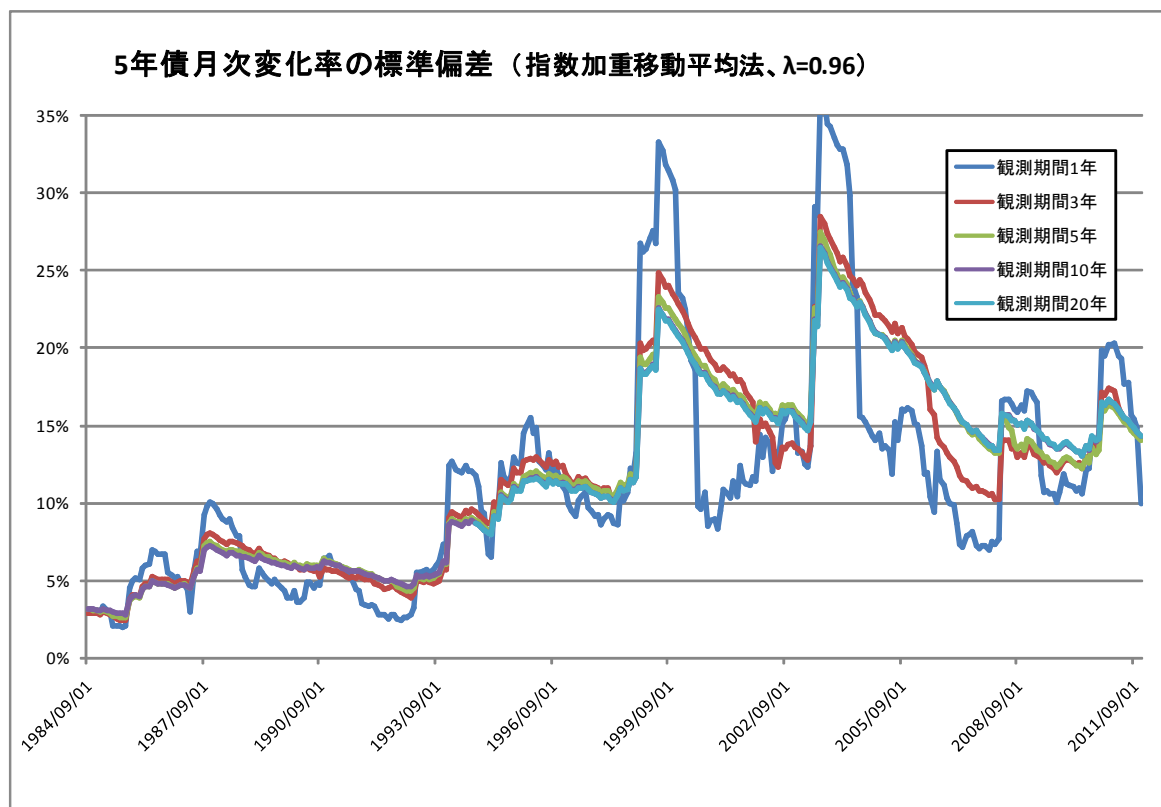
- ・減衰ファクターが新しいデータの重みが増え小さいほど「最近の動き」が重視される
- ・減衰ファクターが1に近いほど、単純平均に近くなる

661 直近のデータに重みづけを行うことで、より直近の変動特性が反映できるが、結果が不安定になる点に留意が必要である。



662 5年債の月次データを用いて、利回りの月次変化率の標準偏差を指数加重平均法により計算し、減衰ファクターによる違いを比較した。

- 663 重み付けを行うことで、観測期間を短くする場合よりもさらに直近の市場の状況が把握された結果となる。特に、市場の大きな変動が起きる場合において、重み付けによる影響が強く表れる。(グラフでは1998年と2003年における、1%を下回る超低利回り状態からの急激な増加部分)
- 664 減衰ファクターが小さいほど直近の市場の状況をより反映することができるが、一方でパラメータの変動は大きくなり安定しなくなる。



- 665 データの重み付けをする場合にどの程度の観測期間を設定すべきかという観点から、同一データを用いて減衰ファクターを一定とした場合の観測期間による違いを比較した。
- 666 観測期間が短期の場合、変動幅が大きくなり安定しない。結果を安定させるのに必要な観測期間の長さは減衰ファクターに依存し、減衰ファクターが小さいほど長期の観測期間を用いなければ安定しない。グラフでは5年以上の観測期間を用いた場合に、結果の形状はほぼ同じとなる。
- 667 指数加重移動平均法による重み付けを行う場合、計算結果を安定させるために一定程度の観測期間が必要であるが、あまり長く設定しても効果は逡減するため、適度な水準で設定することが望ましいと考えられる。
- 668 「市場リスクの計量化とV a R」(山下智志、朝倉書店)によると、指数加重移動平均法は使用する過去データの重心をより最近の過去データに近付けることで予測精度の向上を試みるものであるが、同じ重心を持つ単純移動平均法と指数加重移動平均法とで、予測精度に差があるという報告はまだないとされている。
- 669 発生確率を $1/N$ ではなく加重確率とすることで、ヒストリカル法においてもデータの重みづけができる。
- 670 ヒストリカル法の重みづけの場合、V a Rの価値変動幅を求めるために、損失の大きな結果から重みの付いた確率を順に足上げていき、信頼水準に到達したときの価値変動幅がV a Rの推定値になる。しかしながら、発生確率の累積が正確に信頼水準に一致しないケースが一般的であり、その

ような場合には線形按分などにより「推定値」を求めることになる。

671 この際の考え方として、例えば以下が挙げられる

- ・ 単純にそこまでの確率の累積値を取る方法
- ・ その値に $N/(N+1)$ を乗じる方法
- ・ それより下の累積関数に自分自身の加重確率の半分を加える方法

(5) 超長期年限の割引率変動シナリオ

(a) 超長期年限の割引率変動シナリオについて

672 超長期年限の割引率変動シナリオを考えるにあたっては、補外の考え方（手法、終局金利）との整合性や、金利変動シナリオの策定方法との関係も踏まえる必要がある。

673 まず、終局金利の影響と、金利変動シナリオと補外の順序関係について検討する。

(i) 終局金利の影響

- ・ 終局金利の考慮有無による金利リスクへの影響を考えるため、以下の手順で補外開始点以降も含めた各年限の割引債の対数変動率（月次）の標準偏差を計測した。
- ・ まず、終局金利を考慮するスミス・ウィルソン法と、終局金利を考慮しないフォワードレート一定法により、過去の各月末のイールドカーブを各々の方法で補外した。
- ・ データは、2010年フィールドテストにおける期間別割引率（平成22年度3月）円建の”質問93に係るワークシート”における1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 30年のスポットレート（2000.3-2010.3）を使用。
- ・ スミス・ウィルソン法は収束スピード α を0.1、補外開始点は30年とした。
- ・ フォワードレート一定法は各時点の20年と30年のスポットから計算される（10年）フォワードレートが30年以降の年限においても一定であるとした。
- ・ 結果は下表のとおり。

<各年限の割引債(ディスカウントファクター)の対数変動率(月次)の標準偏差>

	終局金利	10年	20年	30年	40年	50年	60年
スミス・ウィルソン法	3.20%	1.17%	2.40%	4.30%	5.53%	6.00%	6.17%
フォワードレート一定法		1.17%	2.40%	4.30%	6.46%	8.70%	10.97%

(ii) 金利変動シナリオと補外の順序関係

- ・ 金利変動シナリオと補外の順序関係について、すなわち、
 手順A. 補外開始点までの金利変動シナリオを決定してから、それ以降のカーブを所定の方法で補外する方法、
 手順B. 補外開始点以降の年限についても事前に変動パラメータを設定する方法
 の比較について考えるため、手順Aと手順Bの金利シナリオで、補外部分がどのように違うか検証する
- ・ 手順Bとして、(i)で計測された標準偏差と相関係数を用いて、補外開始点以降もふくめた金利シナリオをモンテカルロ法で発生させた。このモンテカルロ法は、割引率の対数変動率が(i)で求めた標準偏差、相関係数の正規分布に従うと仮定した。（下表の金利はルートT倍法による年率換算後の数値）。
- ・ モンテカルロ法のシナリオは10,000本とし、30年のスポットレートでならびかえ、上位から所定順位のイールドカーブを抽出して、補外開始点以降について、手順Aによる金利と比較した。

<スミス・ウィルソン法によるシナリオの比較>

	①手順Bのシナリオ						②手順Aによる補外金利			①-②		
	10年	20年	30年	40年	50年	60年	40年	50年	60年	40年	50年	60年
上位10番目	2.61%	3.79%	4.04%	4.00%	3.89%	3.79%	4.02%	3.92%	3.82%	-0.02%	-0.03%	-0.03%
上位50番目	2.29%	3.48%	3.80%	3.81%	3.74%	3.67%	3.81%	3.73%	3.66%	0.01%	0.01%	0.01%
上位100番目	2.27%	3.25%	3.67%	3.75%	3.70%	3.64%	3.75%	3.70%	3.64%	0.00%	0.00%	0.00%
上位500番目	2.77%	3.46%	3.30%	3.18%	3.16%	3.15%	3.19%	3.17%	3.17%	-0.01%	-0.01%	-0.01%
上位9500番目	1.32%	1.96%	1.63%	1.65%	1.85%	2.04%	1.70%	1.92%	2.11%	-0.06%	-0.07%	-0.07%
上位9900番目	0.50%	1.36%	1.26%	1.44%	1.70%	1.92%	1.47%	1.74%	1.96%	-0.03%	-0.04%	-0.04%
上位9950番目	0.63%	1.25%	1.14%	1.30%	1.57%	1.81%	1.36%	1.65%	1.88%	-0.06%	-0.07%	-0.07%
上位9990番目	0.80%	1.18%	0.92%	1.08%	1.39%	1.65%	1.15%	1.47%	1.73%	-0.06%	-0.08%	-0.08%

(注) 上位順位は、各シナリオの30年金利を基準

<フォワードレート一定法によるシナリオの比較>

	①手順Bのシナリオ						②手順Aによる補外金利			①-②		
	10年	20年	30年	40年	50年	60年	40年	50年	60年	40年	50年	60年
上位10番目	2.15%	3.48%	4.01%	4.28%	4.44%	4.55%	4.28%	4.44%	4.55%	0.00%	0.00%	0.00%
上位50番目	1.94%	3.40%	3.82%	4.04%	4.16%	4.25%	4.04%	4.16%	4.25%	0.00%	0.00%	0.00%
上位100番目	1.88%	3.16%	3.67%	3.92%	4.07%	4.17%	3.92%	4.07%	4.17%	0.00%	0.00%	0.00%
上位500番目	2.13%	3.06%	3.30%	3.42%	3.50%	3.54%	3.42%	3.50%	3.54%	0.00%	0.00%	0.00%
上位9500番目	0.70%	1.48%	1.63%	1.70%	1.75%	1.78%	1.70%	1.75%	1.78%	0.00%	0.00%	0.00%
上位9900番目	0.38%	1.02%	1.27%	1.40%	1.47%	1.52%	1.40%	1.47%	1.52%	0.00%	0.00%	0.00%
上位9950番目	0.72%	1.30%	1.12%	1.04%	0.98%	0.95%	1.04%	0.98%	0.95%	0.00%	0.00%	0.00%
上位9990番目	0.92%	1.24%	0.95%	0.81%	0.72%	0.66%	0.81%	0.72%	0.66%	0.00%	0.00%	0.00%

(注) 上位順位は、各シナリオの30年金利を基準

また、手順Aによる標準偏差は以下のとおりとなった。

(なお、手順Bは(i)の表の標準偏差を使用してモンテカルロ法を実施しており、その結果、手順Bの標準偏差は必然的に(i)の表のとおりとなる)

<各年限の割引債(ディスカウントファクター)の対数変動率(月次)の標準偏差>

	終局金利	10年	20年	30年	40年	50年	60年
スミス・ウィルソン法	3.20%	1.17%	2.40%	4.30%	5.40%	5.80%	5.94%
フォワードレート一定法		1.17%	2.40%	4.30%	6.47%	8.70%	10.97%

(iii) (i) (ii) の結果

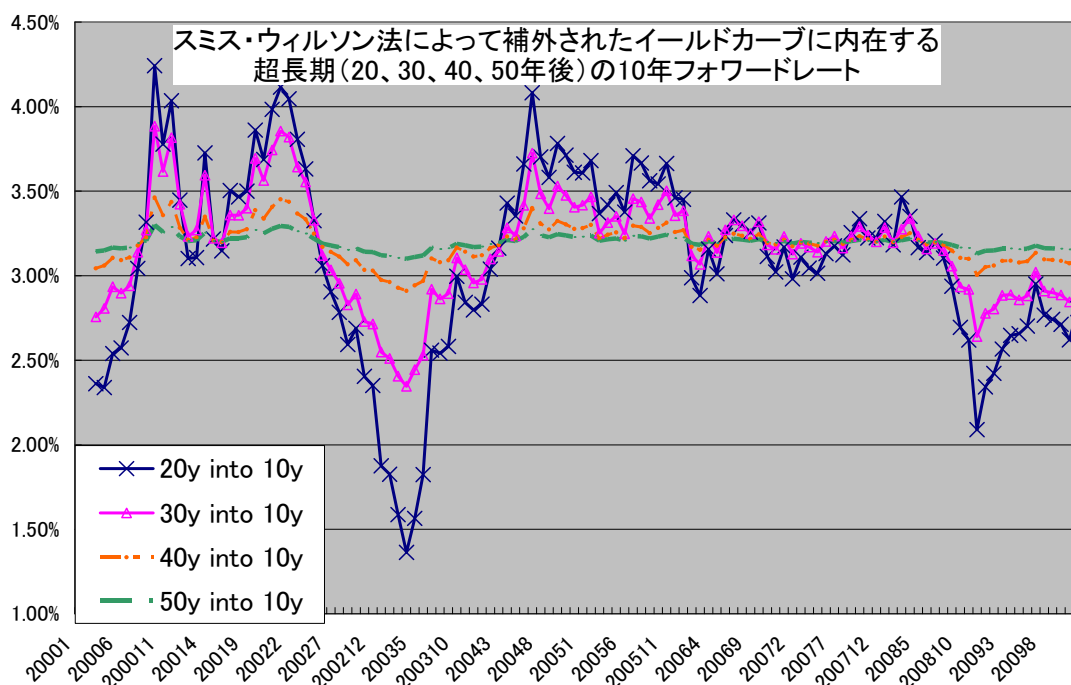
- スミス・ウィルソン法で補外した場合は、補外開始点以降の年限の標準偏差が比較的抑制されていた。また、手順Bで発生させた各シナリオの補外部分は、そのシナリオの補外開始点までのデータから再度スミス・ウィルソン法での補外された金利と大きな差異はなかった。
- フォワードレート一定法で補外した場合は、補外部分の標準偏差が大きくなった。手順Bで発生させた各シナリオの補外部分の金利は、手順Aで発生させた金利と殆ど差異はなかった。(手順Bのシナリオにおいてもほぼフォワードレートは一定であった。) これは手順Bにおける補外開始点以降の金利変動の相関係数が限りなく1に近く、各年限の標準偏差の差もほぼ等間隔(40年割引債の標準偏差(6.46%)と30年割引債の標準偏差(4.30%)の差と、50年割引債の標準偏差(8.70%)と40年割引債の標準偏差(6.46%)の差は、ともに2.2%程度)であるためである。

(iv) その他の方法

- パラメータ化による補外(バシチェック・モデル法やネルソン・シーゲル法など)の場合は、通常は終局金利を固定的に設定しないため、フォワードレート一定法のように補外部分の標準偏差が大きくなる。これらの方法で終局金利を固定的にする場合は、パラメータの自由度が1つ失われることになるため、イールドカーブの表現力が低下すると考えられる。そもそも、今の日本のイールドカーブは、時間軸効果(中央銀行がデフレ解消など一定の条件が達成されるまで金融緩和政策を継続すると約束することにより中長期の金利が低下すること)のため、これらのモデルがフィットしない現状となっている。
- 終局金利を、過去平均などにより緩やかに動くように設定する場合は、補外部分の標準偏差が大きくなるという問題は緩和されると思われる。

674 超長期ゾーンのマッピングと最終グリッドポイントの設定の仕方についても、場合によってはリスク評価のうえでの論点となる。

- ・ 分散共分散法やモンテカルロ法も含め金利リスク評価においては、補外開始点以降のエクスポージャーは、補外開始点、または補外開始点以降のいくつかのグリッドポイントにマッピングした上で計測されることが多い。
- ・ 一般的にマッピングは、その金利感応度資産・負債のバリュー（価値）とリスク（標準偏差）がマッピング前後で変化しないように近隣する前後のグリッドポイント年限に分解されるが、最終グリッドポイント以降は最終グリッドポイントにバリュー（価値）が同額となるように設定されることがある。
- ・ この場合は、最終グリッドポイント以降のフォワードレート変動は金利リスク評価しないことになるため、最終グリッドポイントをどこに選定するかは金利リスクに大きく影響する可能性がある。
- ・ 終局金利を設定するスミス・ウィルソン法の場合、補外された超長期のフォワード水準をヒストリカルに検証（前出のデータを用いて算出された20、30、40、50年後の10年フォワード）すると、年限が遠いフォワードレートの変動性はかなり小さくなっていくため、最終グリッドポイントを長い年限に設定する必要度はより低下するとも考えられる。

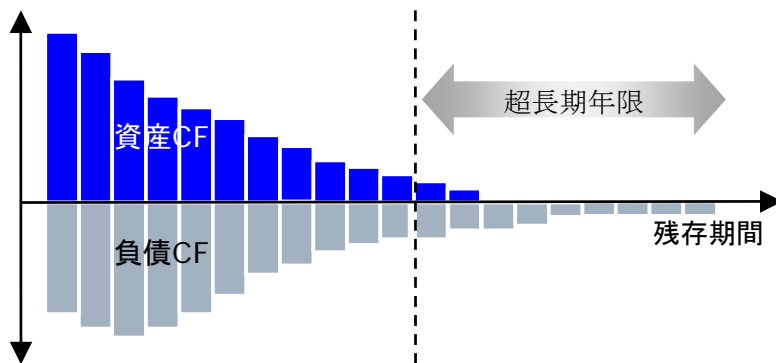


- ・ 一方、終局金利を設定しない場合（例えばフォワードレート一定法）では、フォワードレートの変動性は年限が長くなっても継続するため、最終グリッドポイントの選定はリスク評価に大きく影響する可能性がある。

(b) 超長期年限の割引率変動シナリオの適用について

675 「2 割引率に関する検討」で述べたように、超長期年限の割引率変動シナリオの算出に際して、UFRの取り扱い、補外開始点の捉え方及び補外の手法等の数々の考慮すべき点が存在するが、こうした点が生じる背景を改めて認識する必要があると思われる。

676 上記における検討において、資産・負債をリスクフリーレートを基準とした経済価値ベースで評価するに際して、この評価に用いる割引率として、市場で観測される金利、または市場において用いられている方法と整合的な方法による金利を用いることが考えられる中、補外開始点を越える超長期年限の割引率をどのように設定するかを課題をあげている。



677 よって、割引率の変動シナリオについても同様に、どのように適切に設定するかという課題がある。

678 超長期年限の割引率に用いる金利に関しては、市場で観測されない、あるいは参照するには十分な規模がない状況であるが、これを市場において用いられている方法と統合的な方法により期待値を評価した場合においては、ベストエフォートで評価したとしても、この値に不確実性が残ると考えられる。従って、例えばリスクマージンを加味して評価することにより、資産負債差額、要求資本等を計測し、この不確実性に対応することも考えられる。

679 一方で、この方法で評価された割引率は、どのような方法を用いたとしても、この年限の金利が観測されないことを踏まえると、実際に存在するであろう金利と整合的とは必ずしも言い切れないとも考えられる。

680 ここで、保険会社の健全性指標という観点では、不確実性への対応に加えて、信頼性・客観性の確保も重要な要素であるが、とりわけ、経済価値ベースの評価に際しては、評価方法がデータ・手法の点から多くの課題があることを踏まえると、これらの要素への対応の重要性は高くなる。こうした対応が適切になされなければ、緩やかであったり、または保守的過ぎる評価になっていた場合、いずれにしても保険契約者等の保護に支障を生じる可能性がある。

681 従って、超長期年限の割引率に関する課題は、その評価が不確実であるため、より確実性が高い要素と同列に扱ってよいかという点から、単なる技術的な課題ではないと考えられる。すなわち、保険会社の健全性指標という観点から、監督上、このような幅のある資産負債差額、要求資本等の評価値を、どのように位置付け、活用するかということも大きな課題なのではないかと考えられる。

(6) 通貨間の相関

682 通貨間の相関についての考察

複数通貨の資産・負債を保有している場合の異なる通貨間の相関について、以下の考察を行った。

- ① 2010年度のフィールドテストでは、通貨別に金利リスク量を計測した後に、これを相関係数“1”で合成する方法が指定された。
- ② しかしながら、この方法では円金利低下とドル金利上昇のリスクを単純合計するといった過大なリスク量となる場合があると考えられ、2010年12月の中間報告書（パラグラフ255）でも指摘されていた。
- ③ 検討の結果、通貨別に金利リスク量を計測した後にそれらを合成する方法（下記(a)）を採らず、通貨をまたがるグリッドポイント間の相関係数を設定することで各通貨合成の金利リスク量を一度に計算する方法（下記(b)）で、この問題を解消出来ることが分かった。

(a) 通貨別金利リスク量を合成する相関係数

683 2010年度のフィールドテストにおいて、通貨別の金利リスク量を統合する相関係数に1が採用されたのは、「通貨別に金利リスク量を計測した後にそれらを合成する方法」を前提にした場合、以下理由から、保守的に“1”と設定する以外に、合理的で公正な設定が困難なことが理由になっているものと考えられる。

684 通貨別の金利リスク量を統合する相関係数は、概念的には、通貨をまたがるグリッドポイント間の金利変動の相関係数の加重平均的なものと考えられる。円とドルのケースで、それぞれ15個のグリッドポイントを設定する場合は、225個（15×15）の相関係数を、グリッドポイント毎のリスク量の組み合わせで加重平均することになるが、グリッドポイント毎のリスク量は会社によって異なるため、全会社に一律に適用する合理的で公正な加重平均が行えないことである。

(b) 各通貨の金利変動の相関係数

685 各通貨間の金利変動の相関は1ではないと考えられる。実際、2011年8月5日付でソルベンシー検討総務部会が実施したアンケート結果から、複数通貨の資産・負債を保有している会社においては、85%の会社が異なる通貨間の相関について100%以外の相関を設定していた。また金利変動の相関の設定方法についても、通貨別の年限単位で設定していると推測される結果となった。

686 通貨をまたがるグリッドポイント間の相関係数を設定し各通貨合成の金利リスク量を一度に計算する方法を採れば、上記(a)の合理的で公正な加重平均が行えない問題が解消できる。個々の会社のグリッドポイント毎のリスク量の組み合わせを直接に反映した計算を個々の会社が行う事になるためである。例えば1通貨あたり15個のグリッドポイントを設定し、円、米国ドル、ユーロの3通貨を扱う場合は、45×45の相関行列を指定することになる。⁷²

687 なお、金利リスク量の統合にあたり相関を考慮する必要のないケースも考えられる。例えば、ヒストリカル法において、同時に取得した通貨をまたがるすべての年限のスポットレートの変動量を用いる場合、すでに各通貨が有するイールドカーブの期間構造間の相関を反映しているため、新たに相関係数を設定する必要はない。仕組みは簡単であるが、各社におけるリスク量計算負荷は相当大きいと予想され、現実的ではないと考える。

⁷² 同一通貨での金利年限間の相関は相応に高いことを勘案し、代表的な年限を各通貨で選んで、通貨間の相関を設定することが考えられるが、これは実質的に3×3の相関行列を作成することと同じである。

(7) 円・ドル・ユーロ以外の割引率変動シナリオ

- 688 一般には、割引率変動シナリオの作成方法の詳細が公開され、対象通貨について使用する金利データが特定されていれば、各社で割引率変動シナリオを作成することが可能。比較可能性や予測可能性も円・ドル・ユーロと違いは無い。
- 689 通貨によって必要な金利データが取得できない場合は補間・補外が必要であるが、その方法は「**2. 3 市場データの補間・補外**」で整理したとおり。
- 690 ○年債が発行された△年以前は○年のデータがないなど、観察期間中の各時点で取得できる金利データに違いがある場合も、各時点で補間・補外したデータを元に割引率変動シナリオを作成することは可能。

(8) リスク評価におけるデリバティブのインプライドボラティリティの活用可能性

- 691 リスクの計算方法に関する異なる論点として、過去データから導かれるリスク量を用いるのではなく、市場で流通しているデリバティブの価格から導かれるインプライドボラティリティを活用することはできないか、という点がある。
- 692 インプライドボラティリティの予測可能性については、従来から様々な分析が行われている。例えば、小田・吉羽（1998）はデリバティブに内包される情報が、市場の価格分布や市場において将来実現するボラティリティについて、どの程度の予測力があるかといったことを検証している。また、最近では、インプライドボラティリティの推定に対してモデルの前提を置かない手法（モデルフリー・インプライドボラティリティ）を用い、その予測力などが検証されるケースもある⁷³。例えば、杉原（2010）を参照されたい。
- 693 ただし、現状、金融機関に関するリスク管理実務を見る限り、欧米なども含め、リスク計測においてインプライドボラティリティを活用しているという事例は殆ど見られない。理由についてははっきりしないものの、
- 保有期間一年というような長さにおいて、予測精度が保たれるか
 - 99.5%等のテール部分の予測という観点で、予測精度が保たれるか
 - 他資産との依存関係をどのように導出すべきか

といった課題があることから、活用にはいたっていないものと思われる。したがって、今後とも、こうした可能性についての研究成果や実務での活用事例などを注視しておくことの必要性については言及しておくものの、現時点ではリスク評価におけるインプライドボラティリティの活用可能性については、検討の対象外とする。

（参考文献）

小田信之、吉羽要直、「デリバティブ商品価格から導出可能な市場情報を利用したマーケット分析方法」、『金融研究』第17巻第2号、日本銀行金融研究所、1998年5月

杉原慶彦、「わが国株式市場のモデルフリー・インプライド・ボラティリティ」、『金融研究』第29巻第2号、日本銀行金融研究所、2010年4月

⁷³ 「恐怖指数」として知られるCBOE（シカゴ・オプション取引所）が公表するVIX指数も、同手法を用いている。

3. 2. 3 計算方法について

(1) 信用リスク調整

(a) 信用リスク調整を行う場合の考え方

- 694 一般に、不確実性（リスク）のある将来キャッシュフローの経済価値を評価する方法として、キャッシュフローに対してリスク調整（資産の場合は減算、負債の場合は加算）を行い、その結果をリスクフリーレートで割引く方法（キャッシュフロー調整法）と、割引率に対してリスク調整を行う方法（割引率調整法）がある。
- 695 信用リスク調整の観点では、将来キャッシュフローに対してデフォルトリスクを反映した調整を行い、その結果をリスクフリーレートで割引く（キャッシュフロー調整法）か、将来キャッシュフローを、信用リスクを反映したリスク調整後割引率で割引く（割引率調整法）かの選択となる。割引率調整法の場合、信用リスクのある発行体別にリスク調整を行った割引率が必要となり、資産・負債のネットの扱いが困難となる。このため、各社で共通の手法により金利リスクを評価するという規制上の目的においては、共通の割引率（またはグリッドごとの金利感応度）を用いることができるキャッシュフロー調整法が適当と考えられる。
- 696 キャッシュフロー調整法では、債券の発行条件から作成した将来キャッシュフローに対して、信用リスク取得の対価に相当する部分を控除することとなる。具体的には、発行体ごとに信用度別の調整率（「1－期待デフォルト率×（1－期待回収率）」）を設定して、時点ごとの残高に対して当該調整率を乗じることにより、リスク調整後のキャッシュフローに修正することが考えられる。このような操作を行うことにより、当該キャッシュフローについてリスクフリーレートで評価することが可能となる。
- 697 発行体ごとの調整率は、発行体ごとの信用度に応じて定めるべきものではあるが、同程度の信用リスクの債券については、実務的な観点で何らかの集約化を行うことも考えられる。また、市場時価のある債券については、リスクフリーの現在価値と市場時価との比率を調整率とする方法も考えられる。
- 698 集約の方法としては、債券の格付を使用することが考えられるが、複数の格付機関から異なる格付が付与されている場合や、外部格付がない与信先が大量にある貸付金との整合を踏まえると、格付のみを基準として規制としての統一的な集約方法を設定することは困難と思われる。このため、例えば、現行のソルベンシー基準の中で別に計算する「信用リスク」の評価に用いている、「ランク1～4」を準用することが考えられる。

■平成8年大蔵省告示第50号 信用リスク相当額

別表第8

リスク対象資産		貸付金、債券 及び預貯金	証券化商品	再証券化商品	短資取引
リスク係数	ランク1	0%	0%	0%	0.1%
	ランク2	1%	1%	2%	
	ランク3	4%	14%	28%	
	ランク4	30%	30%	30%	30%

別表第9

	リスク対象資産	
	貸付金、債券及び預貯金並びに短資取引	証券化商品及び再証券化商品
ランク1	(a) 最上級格付を有する国の中央政府、中央銀行及び国際機関 (b) OECD諸国の中央政府及び中央銀行 (c) 我が国の政府関係機関、地方公共団体及び公企業 (d) (a)から(c)までのいずれかに掲げる者の保証するもの (e) 保険約款貸付け	左欄の(a)から(e)までのいずれかに該当するもの
ランク2	(a) ランク1の(a)及び(b)に該当しない国の中央政府、中央銀行並びにランク1の(a)に該当しない国際機関 (b) 外国の政府関係機関、地方公共団体及び公企業 (c) 我が国及び外国の金融機関 (d) BBB格相当以上の格付を有する者 (e) (a)から(d)までのいずれかに掲げる者の保証するもの (f) 抵当権付住宅ローン (g) 有価証券、不動産等を担保とする与信 (h) 信用保証協会の保証する与信	ランク1に該当せず、BBB格相当以上の格付を有するもの
ランク3	ランク1又はランク2に該当せず、ランク4に掲げる事由が発生していない先への与信等	ランク1又はランク2に該当せず、BB格相当以上の格付を有するもの
ランク4	破綻先債権 延滞債権 3カ月以上延滞債権 貸付条件緩和債権	ランク1からランク3までのいずれにも該当しないもの

699 なお、信用リスク調整をソルベンシー基準のランク別に行う場合、その調整率については、今後検討が必要であると思われる。

(b) 信用リスク調整を行わない場合の考え方

700 信用リスク調整を行う場合と行わない場合の金利リスク評価上の差異は、信用リスク調整として将来キャッシュフローから控除した額の現在価値の変動額となるが、金利リスク全体と比べるとその影響は限定的であることから、実務的な効率性の観点から、信用リスク調整を行わないことも考えられる。

■信用リスク調整の有無による変動額評価への影響

- 信用リスクがある債券の将来キャッシュフローに対して、信用リスク調整を行う場合と行わない場合について、金利の変化に対する現在価値の変動額（リスク量）への影響について試算した。

1. 基準日の現在価値

基準日の 評価金利	年限 n	1	2	3	4	5
	スポットレート	0.10%	0.20%	0.30%	0.40%	0.50%
	ディスカウントファクター	0.9990	0.9960	0.9911	0.9842	0.9754

(1)ダブルA格

		元 本	100	100	100	100	100	
信用リスク 調整なし	キャッシュフロー		1.000	1.000	1.000	1.000	101.000	計
	現在価値		0.999	0.996	0.991	0.984	98.512	102.483
信用リスク 調整あり	デフォルト率		0.022%	0.059%	0.091%	0.159%	0.234%	
	信用リスク調整額		0.022	0.059	0.091	0.159	0.234	
	調整後キャッシュフロー		0.978	0.941	0.909	0.841	100.766	計
	現在価値		0.977	0.937	0.901	0.828	98.284	101.927

(2)シングルA格

		元 本	100	100	100	100	100	
信用リスク 調整なし	キャッシュフロー		1.000	1.000	1.000	1.000	101.000	計
	現在価値		0.999	0.996	0.991	0.984	98.512	102.483
信用リスク 調整あり	デフォルト率		0.051%	0.165%	0.341%	0.520%	0.717%	
	信用リスク調整額		0.051	0.165	0.341	0.520	0.717	
	調整後キャッシュフロー		0.949	0.835	0.659	0.480	100.283	計
	現在価値		0.948	0.832	0.653	0.472	97.813	100.718

2. 金利変動(全年限1%上昇)後

基準日の 評価金利	年限 n	1	2	3	4	5
	スポットレート	1.10%	1.20%	1.30%	1.40%	1.50%
	ディスカウントファクター	0.9891	0.9764	0.9620	0.9459	0.9283

(1)ダブルA格

		元 本	100	100	100	100	100		
信用リスク 調整なし	キャッシュフロー		1.000	1.000	1.000	1.000	101.000	計	変動額
	現在価値		0.989	0.976	0.962	0.946	93.754	97.628	4.855
信用リスク 調整あり	デフォルト率		0.022%	0.059%	0.091%	0.159%	0.234%		
	信用リスク調整額		0.022	0.059	0.091	0.159	0.234		
	調整後キャッシュフロー		0.978	0.941	0.909	0.841	100.766	計	変動額
	現在価値		0.967	0.919	0.874	0.796	93.537	97.093	4.834
								差額	0.021
								乖離率	0.44%

(2)シングルA格

		元 本	100	100	100	100	100		
信用リスク 調整なし	キャッシュフロー		1.000	1.000	1.000	1.000	101.000	計	変動額
	現在価値		0.989	0.976	0.962	0.946	93.754	97.628	4.855
信用リスク 調整あり	デフォルト率		0.051%	0.165%	0.341%	0.520%	0.717%		
	信用リスク調整額		0.051	0.165	0.341	0.520	0.717		
	調整後キャッシュフロー		0.949	0.835	0.659	0.480	100.283	計	変動額
	現在価値		0.939	0.815	0.634	0.454	93.089	95.931	4.788
								差額	0.067
								乖離率	1.41%

- 上表では、期間5年、クーポン1%の社債について、金利変動幅を1%とした場合の、信用リスク調整有無別の現在価値の変動額（リスク量）を評価した。
- ダブルA格とシングルA格の期待デフォルト率（格付会社が公表しているデフォルトスタディを使用。ここでは、ダブルA格5年：0.234%、シングルA格5年：0.717%、期待回収率は0%）を用いて信用リスク調整を行った場合、調整前後の変動額の乖離率はダブルA格で0.44%、シングルA格で1.41%の水準となった。

- ・ 実際には、基準となる金利水準と想定する金利変動幅、各社の金利リスクの計算対象資産に対する信用リスク調整対象資産のウェイト、平均格付・平均年限、適用するデフォルト率・回収率、負債キャッシュフローの状況などにより増減すると思われる。

(2) グリッド・ポイントの活用

- 701 将来キャッシュフローは厳密には連続的に発生するが、それらについて直接的に計算を行うことは実務上の負荷が高いことから、実務的には、幾つかの期間ごとにグリッド・ポイントを設けて、キャッシュフローをグルーピングすることになると考えられる。
- 702 グルーピングの方法は、実務面と計算精度を考慮の上検討する必要があるが、例えば、基本的には1年ごとにグルーピングを行い、ある時点以降のキャッシュフローは金額が僅少となっていることも考えられることから、それらを一つにまとめて計算するという考えられる。また、例えば、ある時点のキャッシュフローが多い場合には、その期間のキャッシュフローを1年よりも短い月次単位でのグルーピングを行うことも考えられる。
- 703 イールドカーブを作成する際に補間処理を行っているような年限については、その時点で既に見なしが入っているため、キャッシュフローをグルーピングすることによる精度低下は、大きな問題ではないと考えられるが、どの程度影響しているかを把握しておく必要があると考えられる。
- 704 また、同一のディスカウントファクターが適用される、資産・負債のキャッシュフローについては、ネットしてディスカウントファクターを乗じても結果は同じであるが、例えば、ディスカウントファクターに信用調整を行っている場合等、ディスカウントファクターが異なる場合には、分けて計算する必要がある。

(3) 具体的なキャッシュフローの設定

- 705 CF_t について、予め約定されている固定利付債券のようなキャッシュフローではなく、住宅ローンのように金利変動に伴い繰り上げ返済が発生し将来キャッシュフロー自体が変化すると考えられる資産の場合には、市場での取引価格は将来のキャッシュフローの変動を織り込んで評価されていると考えられる。よって、市場整合的な評価を行うのであれば、金利リスクについてもキャッシュフロー自体の変動を考慮して評価することが考えられる。
- 706 また同様に、負債においても予定利率変動型商品やMVA商品などで、金利変動に伴い解約返戻金が変わることでキャッシュフローが変化することや、金利変動に伴い解約が増加してキャッシュフローが変化することも考えられる。
- 707 ただし、金利変動によるキャッシュフローへの影響が僅少である場合には、実務面の簡明性を考慮してキャッシュフローの変動を省略するという考えられる。
- 708 DF_t についても、市場整合的に評価を行うのであれば、例えば、国債は国債金利、金利スワップはスワップレート等、それぞれが参照しているディスカウントファクターで評価するという考え方が考えられる。また、クレジット資産について、割引率をそのまま使うのではなく、信用リスクを加味したリスク調整後の割引率を使用して金利リスクを算出するという考えられる。

(a) 各論（資産）

(i) 債券

- 709 債券のうち、発行時に定められた利息が償還まで変わらない固定利付債については、銘柄ごとの条件通りに利払いおよび償還が発生するとして将来キャッシュフローを作成する。
- 710 将来の利息が将来の金利水準等により決定される変動利付債は、基準日時点では将来キャッシュフローが確定しないが、基準日時点のイールドカーブと整合的にフォワードレートが実現するという前提を置くことにより、将来キャッシュフローを展開することができる。

(ii) 貸付金

- 711 貸付金のうち、固定金利貸付については、取引条件通りに利払いおよび元本返済が発生するとして将来キャッシュフローを作成する。ただし、住宅ローンの将来キャッシュフローを作成する際は、約定弁済に加えて繰上げ返済を考慮することが考えられる。
- 712 住宅ローンの繰上げ返済については、将来の金利水準によって繰上げ返済額が変動する可能性がある点を考慮し、金利水準と繰上げ返済率との関係について何らかのモデルを置いた上で、将来キャッシュフローを作成することも考えられる。
- 713 将来の貸付金利が将来の金利水準等により決定される変動金利貸付は、基準日時点では将来キャッシュフローが確定しないが、基準日時点のイールドカーブと整合的にフォワードレートが実現するという前提を置くことにより、将来キャッシュフローを展開することができる。
- 714 保険約款貸付（契約者貸付、自動振替貸付）は、通常、返済スケジュールが定められていないことから、経済価値ベース評価を行う際の将来キャッシュフローの作成については、各社が合理的に定めた方法により行うことが考えられる。

(iii) デリバティブ

- 715 金利スワップ取引およびスワップション取引については、スワップ金利（必要に応じてスワップション・ボラティリティ）の変動シナリオによる再評価を行い、基準日の時価額からの変動額を評価することにより、金利リスクを計算することが考えられる。
- 716 債券先物取引については、当該取引を期限まで保有した場合に適用される国債の受渡し銘柄のキャッシュフローに変換（売り持ちの場合はマイナス値）し、他の資産キャッシュフローと合算して計算することが考えられる。

(iv) その他資産

- 717 CPや住宅ローン債権信託受益権等、通常の債券と同水準の精度で将来キャッシュフローを作成できるものについては、債券と同様にキャッシュフローを取り扱う。
- 718 公社債投資信託の中で保有している銘柄について、直接保有と同質の精度でキャッシュフロー等の情報が入手できる場合は、債券と同様にキャッシュフローを取り扱い、そうでないものは債券のインデックス等を用いた代替的手法を考案することができる。
- 719 住宅ローン信託受益権等の繰上げ弁済の取り扱いについてのキャッシュフロー作成については検討が必要であると思われる。

(b) 各論（負債）

(i) 保険負債

- 720 保険負債の経済価値評価（技術的準備金）は、現在推計とリスクマーシンの2つに大別される。現在推計には保証とオプションのコストが含まれるが、以下の議論では便宜上分けて表現し、保険負債の経済価値評価を「現在推計」「保証とオプションのコスト」「リスクマーシンの3つに分けて考察する。
- 721 保険負債の金利リスクは、現在推計と保証とオプションのコスト及びリスクマーシンを同じ金利シナリオに基づき一体的に計算したものにより評価することが必要であるが、以下の論議においては個別に計算する方法を記載する。
- 722 保険負債の金利リスクを計算する上で、以下の様に金利に連動した保険負債をモデル化することによって、保険負債の金利変動を具体的な算式で表記できる。
- 723 保険負債の経済価値評価（技術的準備金）は、割引率（金利）に依存する関数として、次のように表すことができる。

$$TP(r) = BE(r, q(r)) + TVOG(r, q(r)) + RM(r, q(r))$$

TP: 技術的準備金、*BE*: 現在推計、*TVOG*: 保証とオプションのコスト、*RM*: リスクマーシンの割引率、*q(r)*: 解約率（割引率に依存する関数、キャッシュフロー計算に影響）
 $TVOG(r, q(r)) = \text{現在推計の平均値 } E[BE(R, q(R))] - \text{現在推計 } BE(r, q(r))$
(*R*は確率変数（金利シナリオ）を意味する)

- 724 このとき保険負債の金利変動は、次式のように表記できる。

$$\begin{aligned} & \text{金利変動}(TP(r') - TP(r)) \\ &= BE(r', q(r')) - BE(r, q(r)) + TVOG(r', q(r')) - TVOG(r, q(r)) \\ & \quad + RM(r', q(r')) - RM(r, q(r)) \end{aligned}$$

r: 基準の割引率、*r'*: 金利変動後の割引率

■ 現在推計（保証とオプションのコストを除く）

- 725 現在推計計算で生成した将来キャッシュフローと金利変動シナリオに基づき現在推計の金額を再計算させ、当初の現在推計からの増加額をリスク対象額とする。
- 726 現在推計の金利リスクは、前述の式のように金利変動に伴う解約等（解約率、解約返戻金、契約者配当等）への影響による「キャッシュフロー変動」と「割引率の変動」が含まれる。

(※) 割引率における非流動性プレミアムの取扱い

- 727 割引率については、非流動性プレミアムの取扱いを考慮する必要があるが、当初の現在推計に非流動性プレミアムが反映されている場合は、非流動性プレミアムを同じものとして、リスクフリー金利のみを変動させた割引率を用いて金利変動後の現在推計を算出し、その差額をリスク対象額とすることが考えられる。

■保証とオプションのコスト

- 728 前述の式の $TVOG(r, q(r))$ は、金利上昇・下降によるキャッシュフロー変動が非対称であることから、ある金利条件下 (r) における現在推計変動の平均値を修正するものである。すなわち、現在推計を確率加重平均としてとらえることを意味している。
- 729 保証とオプションのコストの金利リスクを算出するには、各金利シナリオ r_i の条件下における $TVOG(r_i, q(r_i))$ を算出することになる。
- 730 金利リスクの対象とする場合は、金利の期間構造の変化およびボラティリティの変化に基づいて、保証とオプションのコストを再計算し、保険負債の増加額をリスク対象額とすることが原則であると考えられる。
- 731 計算の手順は次の通り
- ① 金利リスク計測用の確率論的金利シナリオ r_i (リアルワールドシナリオを 10,000 回等) を発生させ、現在推計 $BE(r_i, q(r_i))$ を求める。…(A)
 - ② r_i のそれぞれに対し、市場整合的な確率論的金利シナリオ(リスク中立シナリオを 1,000 回等：確率変数 R_i) を発生させ、現在推計の平均値 $E[BE(R_i, q(R_i))]$ を求める。…(B)
 - ③ 金利シナリオ r_i に対応する保証とオプションのコストの金利変動額は、 $((B) - (A)) - TVOG(r, q(r)) = TVOG(r_i, q(r_i)) - TVOG(r, q(r))$ となる。
 - ④ 各 r_i に関する③の分布から、保証とオプションのコストの金利リスク(③の VaR99.5%など) を求める。
- 732 実際には以下のような課題があり、計算は容易ではない。
- i 手順②に使用する、現在とは異なる金利に基づく市場整合的な確率論的金利シナリオの作成が必要となる。現在の金利に基づく市場整合的な確率論的金利シナリオの設定は、市場で観察される金利デリバティブの現在の価格を再現するようにシナリオを作成できるが、現在とは異なる金利に基づく市場整合的な確率論的金利シナリオの作成については明確な方法がない。
 - ii 上記例でも、 $10,000 \times 1,000 = 1,000$ 万回の将来キャッシュフロー計算が必要であり、計算回数非常に多く、理論的な手順そのままの計算は現実的ではない。

- 733 このような膨大な計算量となるネストしたモンテカルロシミュレーション(ネステッド・ストキヤスティック手法)について、欧州の大手保険会社においてはソルベンシーⅡの内部モデルとして代替的手法⁷²を構築する取り組みが行われている模様である。

■リスクマージン

- 734 リスクマージンを金利リスクの対象とする場合は、金利変動シナリオに基づきリスクマージンの金額を再計算させ、当初のリスクマージンからの増加額をリスク対象額とすることが考えられる。

⁷²例えば、リスク中立シナリオのもとでの保証とオプションコストを複数のリアルワールドシナリオに対してあらかじめ求めておき、得られた保証とオプションのコストを近似関数(2次近似：デルタ・ガンマ等)で表し、この近似関数を用いて算出する方法

(※) 資本コスト法による場合

735 リスクマージンは、将来各年度のSCRに対し、資本コスト率を乗じた額を現在価値に割り引いた金額である。金利変動シナリオに基づいて、リスクマージンを再計算させる場合には、厳密には将来のSCRも変動すると考えられるが、計算の循環等の要因で将来のSCRを再計算させることが困難な場合においては、将来のSCRは変動させず、金利変動シナリオにおける割引率のみを変化させて増加する額をリスク対象額とすることが考えられる。

736 また、現在推計(保証とオプションを除く)とリスクマージンが比例関係にあると判断できる場合には、より簡便的な方法として、現在推計(保証とオプションを除く)とリスクマージンの比率を用いて、現在推計(保証とオプションを除く)の金利リスクに係数倍する方法も考えられるが、現在推計が負値となる場合などもあり、注意して対応する必要がある。

(ii) 社債・借入金

737 資産側の債券・貸付金と同様の取り扱いとする。

(4) 各論(その他)

(a) 各金利リスクのシナリオ間の相関の取扱い

738 複数の通貨で金利リスクを計測する場合、QIS5では各通貨ごとの相関を加味した変動シナリオを生成する旨、書かれている。

<QIS5 Technical Specifications>

SCR. 5.20

Where an undertaking is exposed to interest rate movements in more than one currency, the capital requirement for interest rate risk should be calculated based on the combined relative change on all relevant yield curves.

(b) 非流動性プレミアムの取扱い

739 金利リスクではなく非流動性プレミアムリスクとする場合、割引率は(リスクフリー+非流動性プレミアム)で表わされるため、リスクフリー部分は固定して非流動性プレミアムを変動させた割引率に基づいて保険負債を再計算させ、増加額をリスク対象額とすることが考えられる。

(c) 配当によるリスク減算効果の取扱い

740 リスク量算出の際には、裁量権のある配当を抑制(保険負債を減少)することで、一定のリスク吸収効果があると考えられる。

4 おわりに

4. 1 検討成果

741 2011年6月以降、特別課題第四WGを中心に、経済価値ベースのソルベンシー規制に関する割引率・金利リスクについての専門的・実務的な検討を行ってきた。具体的には、以下のとおり。

特別課題第四WGでの審議を29回
ソルベンシー検討WG（生保・損保）での審議を4回
ソルベンシー検討総務部会での審議を16回
各社への実務対応状況アンケートを1回
報告書レジュメに対する意見照会を1回
報告書ドラフトに対する意見照会を2回
国際基準対策委員会での審議を2回
理事会での審議を2回

742 今回の報告書は「中間報告」との位置付けになる。今年度の検討事項およびその検討結果については、エグゼクティブサマリーに記載しているとおりで、加えて、検討を行う中で様々な課題を発見し、関係者間でそういった課題を再認識できたことには大きな意味合いがあるものとする。

4. 2 課題の整理

743 上記のとおり、相当程度に時間を投入し熱心な検討を行ったが、更なる前進を遂げるためにはいくつかの根本的な課題が存在していると考えられる。そういった課題の中には、今年度時間的な制約から検討を見送った課題や、検討の中で我々が直面した課題がある。具体的には、以下のようなものがあげられる。今後の欧米のソルベンシー制度の検討動向に留意し、グローバルな規制の枠組みの整合性の観点を踏まえつつ、必要に応じて検討を行うことが考えられる。

4. 2. 1 経済価値ベースという用語の本質的な意味合い

・代表的課題：リスクフリー・レートか、それ以外（期待収益率等）か

744 当報告書の作成にあたっては、とりあえずリスクフリー・レートを基礎とする考え方を採っている。ただし、経済価値ベースの評価という考え方に合致する手法がこれ以外にあることを否定するものではなく、例えば、期待収益率を基礎とする方法についても検討しようとの意見があった。

745 このように考え方に幅が生じるのは、経済価値ベースという概念に幅がありうるものが、原因となっている可能性がある。今後は、監督目的に照らし目的適合性のある経済価値ベースとはどのような評価かといった点を検討することが考えられる。

4. 2. 2 参照すべき市場が十分でない場合の考え方

・代表的課題：超長期への補外方法（終局金利の設定）

746 金融庁検査マニュアル・監督指針においては、経済価値ベース評価とは、「市場価格に整合的な評価、又は、市場に整合的な原則・手法・パラメーターを用いる方法により導かれる将来キャッシュフローの現在価値に基づく評価をいう」とされているが、市場価格のない超長期への金利の補外方法については結論に到らなかった。

- 747 例えば、終局金利をマクロ経済モデルに基づく見通しを用いて設定し、市場価格に基づく割引率を終局金利に接続する方法が考えられる。しかしながら、マクロ経済モデルに基づく合理的見通しには相当程度に幅があることや、市場価格が存在する期間に対する割引率との整合性の要否など、難易度の高い課題が多い。
- 748 従って、この点については、単純に技術的な問題として解決を図ることは困難だと考えられるため、監督上の活用目的から合理的な範囲を狭める、もしくは、合理的に想定される評価額には無視し得ない幅があることに留意して、監督上、経済価値ベース評価を活用する場面で配慮することも考えられる。
- 749 このように、市場整合的という考え方を演繹的に適用することを越えたアイデアとして、どのように将来の検討を行っていくことができるかという視点で考える必要があると考えられる。

4. 2. 3 資産評価に用いられる技法の負債評価への転用可能範囲

- ・代表的課題：非流動性プレミアムの算入可否

- 750 資産と負債では、想定されるキャッシュフローの向き（符号）が単純に異なるだけであり、全く同じ評価技法が使えるとの前提には疑義が多かった（契約当事者間のそれぞれの評価額がミラーイメージになるとの前提は疑わしい）。
- 751 例えば、移転価格を前提とすれば、特定の契約を約定することによって、権利を得ている側がその権利を移転する場合と、義務を負っている側がその義務を移転する場合とでは、それぞれの評価額の絶対値は異なっている可能性がある。例えば、義務を負っている側に信用リスクがある場合、義務を負う側に変更がない状態で、権利を得ている側がその権利の売買を行うことを想定すれば、権利の評価に信用リスクによるディスカウントがあるが、義務を負う側が義務の移転を想定する場合には、移転先には信用リスクがないとすれば、その信用リスクによるディスカウントを想定することはできない可能性がある。また、流動性に制限がある状態では、移転を意向する側がプレミアムを負担する必要が生じ、これがビッド・オファースプレッドとなるが、この調整を行うと、資産と負債の絶対値が異なることとなる。
- 752 この点から、信用リスクプレミアムも非流動性プレミアムも、契約者側が保険契約を評価する場合には織り込むとしても、保険者側が織り込むことの合理性は疑わしいとの意見が多かった。従って、非流動性プレミアムの適用可否については、ソルベンシー評価としての考え方の整理に加え、欧州等の海外動向の継続的なフォローが必要だと考えられる。

4. 2. 4 行政当局における政策的配慮（裁量の余地）の必要性の有無

- ・代表的課題：非流動性プレミアムの算入可否

- 753 上記のように、理論的に非流動性プレミアムの算入可否については疑義が多かったものの、経済価値ベースの評価により、様々な測定額の不確実性が拡大することへの配慮（必要のない介入の発動、あるいは必要な介入の不発動への配慮）や、プロシクリカリティへの配慮等から、割引率の設定に非流動性プレミアムと同様な取扱いを求める声が見られた。従って、上記の趣旨から、政策的配慮の必要性を提言することが考えられる。
- 754 なお、割引率の設定に非流動性プレミアムと同様な扱いを求める声に配慮した場合、ALM等の金利リスク管理において障害となるとの声もあり、この点にも留意する必要がある。

4. 2. 5 過大・過小なボラティリティとなる懸念

－（例）価格の変動に依拠するべきか、統計に基づく見通しの変動に依拠するべきか－

・代表的課題：過度なボラティリティとなる懸念

- 755 市場リスクについては売買によって生じる市場価格の小刻みな変動が観測可能であり、かつ、将来の見通しに影響がある事象が生じた場合は、大きく先取りして価格が変動するが、保険リスク等については、将来の見通しを行うにあたって過去の実績統計によらざるを得ず、緩慢にしか変動が生じない傾向があり、かつその傾向は生命保険領域においてより大きいと思われる。従ってボラティリティを、価格の変動に依拠する場合と、統計に基づく見通しの変動に依拠する場合で、その特性や程度が大きく異なる可能性がある。
- 756 つまり、保険リスクと市場リスクでは、依拠する根拠データのベースが異なっていることにより、リスクのとらえ方・考え方が大きく相違している可能性があり、リスク評価上バランスを欠いているとも考えられる。
- 757 一方で、金融市場における一時的なボラティリティも市場リスクの特性の一つであり、そのような現実を忠実に反映するリスク計測こそが市場統合的な評価であるとする考え方もある。他方、そもそも過大・過小という評価を行う上での前提となっている適切なボラティリティの水準についての認識を共有化することが必要であるとの意見もある。また、その解決策についても、測定上の課題であるため測定上の解決策を検討すべきとする考え方と、測定上の課題を踏まえて健全性指標の活用方法等、制度全体の中で解決策が検討されるべきとする考え方がある。更には、リスク評価は各社統一的な測定手法に基づくべきという考え方と、各社における合理的判断やリスク管理との整合性を尊重すべきとの考え方もある。いずれにせよ、今後の当局における制度設計に資する検討を継続することが考えられる。

4. 2. 6 測定の不確実性を所要資本に反映することの要否

・代表的課題：補外金利部分の変動をリスクに算入することの要否

- 758 参照すべき市場が十分でない場合の評価の不確実性（特に補外領域の金利変動）については、仮にそれをリスクとして測定の対象とするとしても、実際の制度上の活用の場面では、その評価が不確実であることから、より確実性が高い要素と同列に扱ってよいかどうかという点について課題がありうる。一方で、確実性が相対的に低いといえども、そのリスクが存在していることも一方で事実であり、全く無視することも合理的だとは考えられない。
- 759 従って、技術的課題だけでなく、所要資本に算入すべきリスクとは何か、あるいは、仮に所要資本に含めないリスクがあった場合には、どのような配慮を行うことが考えられるかといった点について、今後、検討することが考えられる。

4. 3 今後の検討について

760 今回の検討において挙げられた上記課題は、全体的に、経済価値ベースという概念そのものに起因する問題だとも考えられるが、今後こうした課題について考え方を整理し、関係者において理解が進むよう日本アクチュアリー会において検討を深めていくことが考えられる

4. 3. 1 割引率・金利リスク（および市場リスク）の検討を継続する必要性

761 今般の経済価値ベース評価の導入検討を通じて、アクチュアリーが割引率・金利リスク（および市場リスク）の重要性や評価の難しさを再認識できたことの意味合いは大きい。また、今後、日本円以外の他の通貨建の負債評価に用いる割引率についても同様に検討してほしい、有配当契約と無配当契約の割引率の差異について早期に検討すべき等、検討範囲の拡充を求める意見もあった。

762 今後、保険商品や運用手段が更に高度化・多様化していく可能性がある中で、意味のあるソルベンシー規制を円滑に導入していくためには、残された課題の解決に向けた検討を進めていく必要がある。こうした検討においては、単に資産運用に関する領域だけではなく、保険商品や会計制度も踏まえた深い考察を含めていくことが、本質的な解決につながるものと考えられる。従って、日本アクチュアリー会として検討範囲を拡充しつつ、継続的に検討していくことが考えられる。

4. 3. 2 割引率・金利リスク（および市場リスク）について研鑽を深める必要性

763 一方で、従来のリスク管理や監督規制では、保険リスクを保険会社の代表的なリスクとして重点的に検討を重ねてきたが、割引率や金利リスクについてアクチュアリーがより多くの知見を備えることが必要な時代となってきている。

764 日本アクチュアリー会としては、引き続き、諸外国のソルベンシー規制の見直しの動向を注視しつつ、我が国のソルベンシー・マージン基準について専門的研究・検討を進めていきたい。こうした研究・検討を通じて、研鑽を積み重ね、アクチュアリーが割引率・金利リスクに関する知見を高め、健全な保険監督制度の構築や長期的な安心を提供する保険本来の役割の向上につながるものと考えられる。