

AFIR 関連研究会「ブラウン運動の橋を使用した死亡率モデル  
による限界寿命の不確実性リスクの評価について

明治安田生命保険 横尾典昭

【司会】 次は、「ブラウン運動の橋を使用した死亡率モデルによる限界寿命の不確実性リスクの評価について」というタイトルで、AFIR 関連研究会の横尾さんから発表いただきます。それでは、横尾さん、お願いいたします。



【横尾】 会場の皆様、おはようございます。私は、AFIR 関連研究会に所属しております、明治安田生命の横尾と申します。

本日は、朝早い中、会場にお集まりいただきまして、誠にありがとうございます。当プレゼンテーションにつきましては、1時間と長丁場なプレゼンテーションになりますので、できるだけ皆様が退屈しないように、複数のトピックスを用意いたしました。最後までこのプレゼンにおつきあいいただければと考えておりますので、どうぞ1時間よろしく願いいたします。

## アジェンダ

1. AFIR 関連研究会の概要
2. AFIR/ERM 国際会議における死亡率の議論
3. 発表論文「Evaluation of Uncertainty Risk of The Limit Life by Brownian-Bridge Mortality Model」の紹介

さて、今回のプレゼンテーションでございますが、3部構成となっております。

最初に、AFIR関連研究会の概要について、ご説明させていただきたいと思っております。私が自己紹介をする際に、AFIR関連研究会に所属しているということを申し上げますと、決まって、「AFIRとは何の略か」、「どのような活動をしているのか」との質問を受ける機会が非常に多くございます。AFIR関連研究会の活動につきましては、アクチュアリー会のホームページ等に概要については記載させてはいるのですが、まだまだ宣伝を行なう必要があると考えることもありますので、この機会に、改めてAFIR関連研究会の宣伝をさせていただきたいと考えております。

その後、AFIR関連研究会にとって重要な情報交換の場となりますAFIR/ERM国際大会での動向について、AFIR/ERM国際会議における死亡率の議論のセッションで紹介をいたします。

最後に、今年6月にフランスのリヨンで行われましたAFIR/ERM国際大会で私が発表いたしました「ブラウン運動の橋を使用した死亡率モデルによる限界寿命の不確実性リスクの評価」について、説明をいたします。ちょっとタイトルは長くなってしまっているのですが、ブラウン運動の橋を使用して、長寿リスクを評価する内容の論文となります。

#### AFIR関連研究会の概要①

##### AFIRとは

AFIR(アフィアまたはアフエアと発音)は、Actuarial Approach for Financial Risksの略であり、投資理論・ALMに関する考え方や手法を応用することにより、保険数理、リスク管理等のアクチュアリアルな分野における課題点の検討を行う(姿勢?)

##### 主な活動内容

関連する内外の諸論文(資料)を読みメンバーの調査研究発表会・相互の情報交換を通じて、活動成果を上げ、メンバー各自の知識・技能のレベルアップを図るとともに日本アクチュアリー会の会員にも成果を広報すること

3

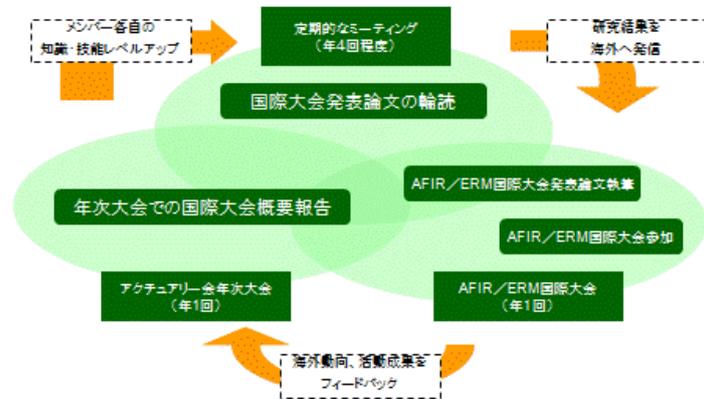
まず、AFIR関連研究会の概要についてご説明をいたします。AFIRとは Actuarial Approach for Financial Risks の略でありまして、読み方としては、「アフィア」もしくは「アフエア」と発音をいたします。

スライドに記載いたしましたとおり、投資理論・ALMに関する考え方や手法を応用することによって、保険数理やリスク管理などのアクチュアリアルな分野における課題点の検討を行うことが、研究会の活動の目的となります。投資理論・ALMに関する手法の応用の一例といたしましては、確率過程や金融工学などを使用した数理モデル、リスク計測用の内部モデルの開発、もしくはそれらを利用した種々のリスク評価などが挙げられます。

主な活動内容といたしましては、年4回程度、定期的にミーティングを開催しており、そのミーティングの場で、関連する論文の輪読や、年次大会での発表、後述する国際大会での参加・発表が、活動のメインとなっております。

## AFIR関連研究会の概要②

### 年間の活動概要



4

このスライドでは、年間スケジュールの概要についてご説明いたします。研究会の活動は、年4回程度のミーティング、アクチュアリー年次大会での発表、そして年に1回行われる国際大会への参加・発表が中心となります。主にこの三つが、年間の活動の中身となります。

最初に、定期的なミーティングについてご説明差し上げます。先ほど概要で冒頭に触れたとおり、過去に行われたAFIR/ERM国際会議の大会の発表論文を輪読するということを行っております。各委員に1、2稿程度論文が割り当てられまして、1、2枚程度のA4判の要約ペーパーを作成のうえ、解説を行ないません。作成したペーパーにつきましては、後日『アクチュアリー・ジャーナル』に「AFIR国際会議概要」として掲載され、皆様にフィードバックされます。

続きましては、国際大会での参加についてご説明差し上げます。毎年、研究会メンバーの1人が論文の執筆し、それを年に1回開催されるAFIR/ERM国際会議の場で発表いたします。論文執筆にあたっては、他の委員の方々の手厚いフォローはあるものの、論文の構想を練り、計算し、完成した論文を英文に落とし込み、そして締め切り間際に論文を提出して、ひとまず安心。しかし、その後もその論文が大会に受理されるか、心配しながら本番を迎えるという流れで本番を迎えました。

論文執筆中の期間は、精神的にも肉体的にも相当厳しいものではありましたが、自分の考えを世界で表明するチャンスは、そうめぐってくるものではありませんし、他人がなかなか体験できない経験をさせていただいたという意味では、自分自身の成長につながったと考えております。自分の成長だけということでは、もうそれで終わってしまうのですけれども、それ以上に、多くの論文の中から私の論文が国際大会という場で選ばれ、そこで発表する機会が与えられたことは、日本アクチュアリー会のプレゼンスの向上にも、多少ではあると思うのですけれども、貢献したことを意味するのではないかと自負しております。

続きまして、国際大会発表論文と国際会議での情報交換の成果を皆様に報告する場が、アクチュアリー年次大会であります。私のプレゼンテーションは国際会議での情報交換の成果となります。このように、国際大会発表論文の執筆やアクチュアリー年次大会での発表を経験することによって、知識・理論のレベルアップが図られます。

研究会での軸となる三つの活動が、研究成果の海外への発信、活動成果のフィードバック、メンバー各自の知識・技能のレベルアップという循環を生み出し、それにより、3ページのスライドにあるような、活動内容の目的が果たされていきます。

### AFIR関連研究会の概要③

#### 研究会の具体的な活動内容(定期的なミーティング)

- ✓ 研究会は年4回程度開催され、直近に開催されたAFIR/ERM国際大会発表論文の輪読、および論文要約を実施
- ✓ 研究会で行なった論文要約を、年1回、「AFIR国際会議概要」としてアクチュアリージャーナルに投稿(2013年8月に、2011年度国際会議(マドリッド大会)で発表された論文要約を投稿)



5

こちらは、先ほど説明をいたしました、論文要約を束ねましたAFIR国際会議の概要になっております。今スライドでお見せしたペーパーについては、2013年8月に、AFIR国際会議概要として、2011年度にスペインのマドリッドで開かれた国際大会の場で発表された論文の要約を、投稿したものでございます。

### AFIR関連研究会の概要④

#### 研究会の具体的な活動内容(国際会議での論文発表)

- 2013年度のAFIR/ERM Colloquiumは、2013年6月24日～26日にフランスのリヨンで、PBSS、LIFE Colloquiumと合同で開催
- 大会の参加者は385名(PBSS、LIFE Colloquiumを含む名簿ベース)。うち、日本人の参加者は13名(前回のメキシコ大会の2名)
- AFIR関連研究会代表として、プレゼンターが「Evaluation of Uncertainty Risk of The Limit Life by Brownian-Bridge Mortality Model(邦題:ブラウン運動の橋を使用した死亡率モデルによる限界寿命の不確実性リスクの評価について)」を発表



6

こちらのスライドは、今年の6月にフランスのリヨンで行われました、AFIR/ERM国際大会の様子になります。リヨン大会は、PBSS、ライフコロキウムと合同で3日間開催されました。大会は、基調講演と論文発表がメインとなりますが、1日目はミシュランの一つ星シェフによるフルコースディナーというものを楽しみ、2日目の午後にはワイナリー見学で昼日中からワインをいただくなどの、大会出席者同士で親交を深めるためのアクティビティーというものも、多数用意されておりました。基調講演とセッション漬けになるというのも、なかなか精神的にも肉体的にもつらいものがあるかと思いますが、ところどころにアクティビティーを挟んでいただいたおかげで、大会自体は、オンとオフのメリハリが利いた、有意義な3日間を過ごすことができました。

すみません、ちょっと話が脱線してしまったのですが、上の写真は、欧州保険・企業年金監督の議長であります、ガブリエル・ベルナルディーノ氏の基調講演の写真となっております。ヨーロッパという土地柄もあるのですが、欧州保険・企業年金監督局の議長というビッグネームの方が大会に登場して下さったというところは、国際大会に行くうえでの一つの意義かなと考えております。

講演内容についてのフィードバックは、機会があれば、後ほど『アクチュアリー・ジャーナル』をとおし  
て紹介させていただければと考えております。

右下の写真は、私の発表の一場面となっております。上の写真にあるような数百人は優に入りそうな大会  
場ではなくて、20人～30人入れば満杯となるような小会場での発表でございました。そのため、非常にアッ  
トホームな雰囲気、ある程度リラックスした状態で発表することができました。正直申し上げますと、こ  
のような広い会場で講演する方が、数倍精神的にも緊張しますし、疲れます。

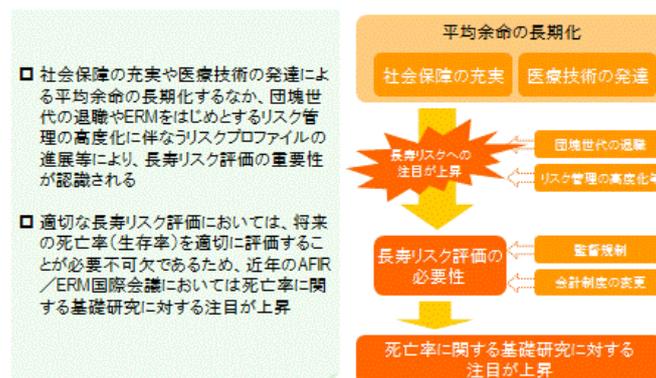
ここで国際会議の概要をご説明申し上げた理由といたしましては、国際大会には、大体400人弱ぐらい、  
各国から参加者が集まっているのですが、日本の参加者は、近年多少増えたといっても6人や7人程度と10  
名にも満たない水準になっております。国際的なアクチュアリー会としても、日本、ひいてはアジアの参加  
者というものを多く求めている状況でございます。ぜひ皆様にも積極的に国際会議に参加していただき、情  
報交換や、論文等の執筆をとおして、海外へ向けて自己の考えを発信していただければと考えております。

#### アジェンダ

1. AFIR関連研究会の概要
2. AFIR/ERM国際会議における死亡率の議論
3. 発表論文「Evaluation of Uncertainty Risk of The Limit Life by Brownian-Bridge Mortality Model」の紹介

7

#### AFIR/ERM国際会議における死亡率トピックの議論①



8

続きまして、AFIR/ERM国際会議における死亡率の議論について、説明をいたします。

ここ数年、AFIR/ERM国際大会において、死亡率に関する論文の投稿が増えてきております。リヨン大会においては、全42稿の論文が出ておりますが、そのうち5稿が死亡率に関する論文となっております。IAAにLIFEセクションがあるなか、あえてAFIR/ERMのフィールドで発表されているということは、長寿リスク評価の重要性が高まっていることが理由の一つに挙げられます。

今から、長寿リスクの評価の重要性の高まりについて、もう少し説明を差し上げたいと思います。皆様が



在価値の変化が等しくなるようにヘッジする、いわゆるイミュナイゼーションについて述べたものであります。

こちらの以下の二つについても、ナチュラルヘッジについての論文となっております。

こちらは、年金制度において長寿リスクヘッジを考えるときに、インデックスのヘッジとカスタマイズされたヘッジがあって、ヘッジ効果の程度は、ヘッジの値と年金債務との相関関係に密接に関連しており、相関関係を特徴的なリスクファクターに分解し、どの効果が重要であるかを検証したものとなっております。

### AFIR/ERM国際会議における死亡率トピックの議論③

#### AFIR/ERMリヨン会議(2013年)での死亡率関連の発表論文例

□死亡率そのものに関するリサーチ

<b>Modelling</b> Oliver-S Olivier and くはデュー 来死亡率 distribution り、死亡率 寿リスク管	<b>Coherent</b> popula data 近年スイ あり、それ デル構築 死亡率モ	<b>Evaluation</b> by Brown (発表者Norik 限界寿命を 変化による長	<b>Modelling and Management of Longevity Risk</b> (発表者Andrew Cairns) 長寿リスク計測や管理を目的とした確率モデル使用の現状を批評する。リスク管理戦略を策定する際に重要となる様々なインプットに対してこれらのモデルがどれくらい強固であるかに議論の焦点を当てたうえで、モデリングとリスク管理両方の立場にむけて、いろいろな確率モデル使用方法を提案する。
--	--	---	--

□リスクファクターとしての死亡率のリサーチ

**Hedging mortality risk in order to decrease the regulatory capital requirement under the new Australian prudential standards in effect since 1 January 2013**  
(発表者Philip Clark)  
オーストラリアにおいて、2013年1月1日からソルベンシーIIをモデルにした必要資本確保の新規制がスタートした。当ペーパーでは新規制の概要を説明の上、死亡リスクをヘッジするためのデリバティブ活用方法について説明したうえで、死亡率スワップシヨンの価格付けの手法を提案する。

10

次のスライドは、今年のフランスリヨン大会での死亡率に関する論文を簡単に紹介したものでございます。死亡率そのものに関するリサーチといたしましては、まずこちらの論文については、単変量の Tweedie Distribution への拡張によって、死亡率改善の予測精度向上や、年金基金や、保険会社がどの長寿リスク管理強化を持たされるかといった内容のものでございます。

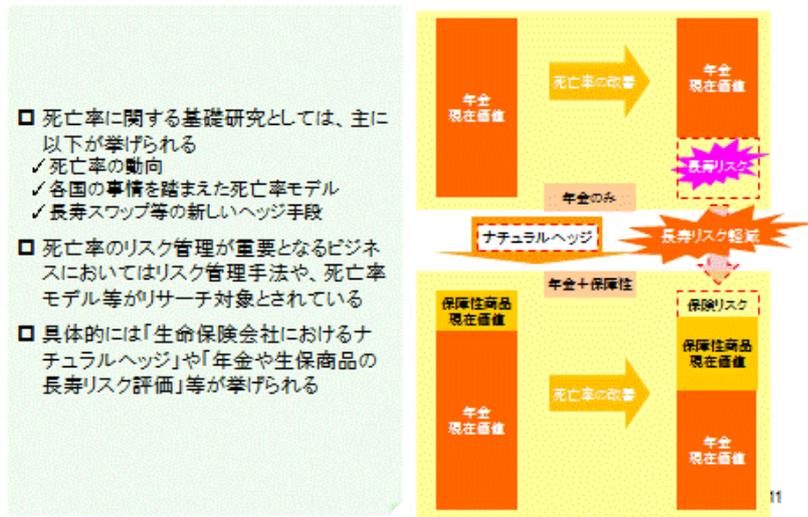
こちらは、スイスのように人口の少ない国にフィットする死亡率のモデルの構築というものを、人口の多い地域における死亡率のモデルの構築に関連して行うものとなっております。

そして、こちらが私の論文となっておりますが、この私の論文については後ほど詳しく説明させていただきたいと思っております。

こちらは、長寿リスク計測や管理を目的とした、確率モデル使用の現状を表したうえで、これらのモデルがどのくらい強固であるかを議論し、モデリングとリスク管理の両方の立場に向けて、いろいろな確率モデルの使用方法を提案するといった内容の論文でございました。

リスクファクターとしての死亡率のリサーチの論文といたしましては、こちらについては、オーストラリアにおいて、2013年1月から、ソルベンシーIIをモデルにした新規制がスタートしておりまして、それを踏まえて、死亡率のスワップシヨンの価格づけの手法を提案した論文でございました。

やや長くなってしまいましたが、2011年のスペイン大会から今年のリヨン大会までの間に発表された、死亡率に係る論文について、概要をご説明差し上げましたが、最終的には、死亡率の動向、各国の事情を踏まえた死亡率モデルの構築、長寿スワップなどの保険リスク——主に長寿リスクのヘッジ手段——の三つに分けられます。今から三つめに紹介した、長寿スワップなどの保険リスク——主に長寿リスクヘッジの手段——の概要について、ご説明差し上げます。



死亡率の動向、死亡率モデルの構築につきましては、時間が限られておりますので、今回説明を割愛させていただきます。興味のある方がいらっしゃいましたら、国際大会のホームページに、論文およびプレゼンテーションの資料が掲載されておりますし、それでもちょっと時間がないということであれば、先ほど申し上げました、『アクチュアリー・ジャーナル』に論文要約を掲載する予定にしておりますので、そちらをご覧くださいと思います。

長寿リスクのヘッジ手段といたしまして、年金では「年金バイアウト」「年金バイイン」「長寿スワップ」、生保ではそれに加えて「ナチュラルヘッジ」がございます。

まず、年金バイアウトから説明いたしますが、年金債務を切り離し、対応する資産とともに第三者に引き受けてもらうというものです。年金受給者に対する給付金支払いは、年金債務の引き受け先から行われます。年金バイアウトのメリットといたしましては、完全に長寿リスクから解放されるということです。しかし、その分、リスク移転にかかるコストは高くなりまして、年金基金の規模によっては、長寿リスクの引受手がいないといった状況も想定されます。

次に年金バイインですが、これは保険会社から終身年金保険を購入することによって、リスクヘッジをする手法になっております。この手法は、金利リスクをヘッジするメリットがありますが、バランスシート上から年金債務が消えないというデメリットも、併せ持つ手法でございます。

最後の長寿スワップですが、スワップ契約を締結し、カウンター・パーティーに長寿リスクのみを移転する手法でございます。特定の企業の長寿リスクに対応する形でリスク移転を行うカスタム型と、人口全体に関する長寿リスクデータに基づいてリスク移転を行う指数型の、2種類がございます。長寿スワップは、長寿リスクのみのヘッジとなりますので、絶対的なコストといった面では決して低くはないのですが、年金バイアウト、年金バイインに比べると、相対的にコストは低くなります。

最後にナチュラルヘッジでございますが、一言で申し上げますと、反対給付となる貯蓄性商品と保障性商品を適切な割合で保有して、死亡リスクと長寿リスクを相殺させることによって、保険リスクを軽減させる手法となっております。生命保険会社にいらっしゃる方にとっては、何となく当たり前という感覚を持たれる方が多いと思いますが、生命保険会社以外に勤めていらっしゃる方もおりますし、ちょっとそこは紹介しやすいトピックでありますので、簡単にご説明差し上げたいと思います。

まず、年金のみを保有している場合、スライドに記載された年金の現在価値があるといたします。現在価値という表現は、ちょっとこれはある程度イメージで作成しているところもありますが、法定部位と時価部位の差額というようなニュアンスのイメージを持っていただければと思います。死亡率の改善により、現在価値が減少し、その現在価値の変動をリスクと捉えますと、その変動の減少分は、長寿リスクという形で顕在化します。それに年金と、その年金の反対給付となる保障性商品を保有することによりまして、保障性商品と年金の現在価値はスライドに記載された量があるとしたとき、死亡率の改善によって、年金の現在価値は減るのですが、その分保障性商品の現在価値は増加するため、現在価値の変動は一定程度に抑えられます。これによって長寿リスク、広義的には保険リスクになるのですが、リスクの軽減もなされますが、この一連の考えがナチュラルヘッジです。

このように、死亡率は、近年のAFIR/ERM国際大会において、非常にホットなトピックになっております。昨今、保険業界では、国際会計基準の導入や経済価値ベースのソルベンシー規制など、さまざまな場面において、資産や負債を経済価値ベースで評価することが求められつつあります。負債の評価に大きな影響を与える死亡率についても、経済価値ベースでの評価が求められておりまして、将来死亡率を推定するモデルの必要性が高まっておりますので、研究会では、引き続き死亡率関連トピックスをウオッチしていきたいと考えております。

#### 発表論文の紹介



Noriaki Yokoo  
AFIR/ERM Colloquium 2013  
Lyon | June 2013

### *Evaluation of Uncertainty Risk of The Limit Life by Brownian-Bridge Mortality Model*

Noriaki Yokoo

13

続きまして、今年フランスのリヨンで行われましたAFIR/ERM国際会議で私が発表した論文、「ブラウン運動の橋を使用した死亡率モデルによる限界寿命の不確実性リスクの評価」について、説明をいたします。こちらが今回のプレゼンの題名となっております論文の内容となっております。ここからは、国際大会の発表に使用したスライドを、そっくりそのまま転用します。前半と後半ではスライドのテイストがちょっと異なってきますので、戸惑われる方がいらっしゃるかと思いますが、引き続きよろしくお願いいたします。

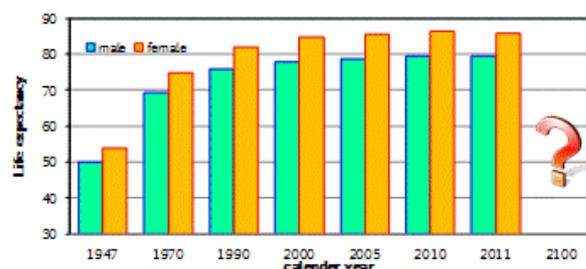
## Agenda

1. 限界寿命
2. ブラウン運動の橋
3. The Brownian bridge Mortality Model
4. Lee-Carter Brownian Bridge Model
5. 日本の死亡率への応用
6. 長寿リスク評価
7. 結び

14

さて、プレゼンテーションの流れでございますが、最初に「限界寿命」についてご説明をいたします。次の「ブラウン運動の橋」で、ブラウン運動の橋と呼ばれる確率過程の定義について紹介を行い、この論文の本丸となります「The Brownian Bridge Mortality Model」、すなわちブラウン運動の橋を使用した死亡率モデルを紹介します。次に、ブラウン運動の橋を使用した死亡率モデルの一部である「Lee-Carter Brownian Bridge Model」の定義を行い、日本の死亡率への応用で、日本の死亡率にモデルをフィッティングさせたのち、死亡率リスクの評価を行います。そして最後に「結び」という流れを考えております。

## 限界寿命 ①



- ・日本の平均余命は増加している
- ・平均余命の予測にはさまざまな手法がある

15

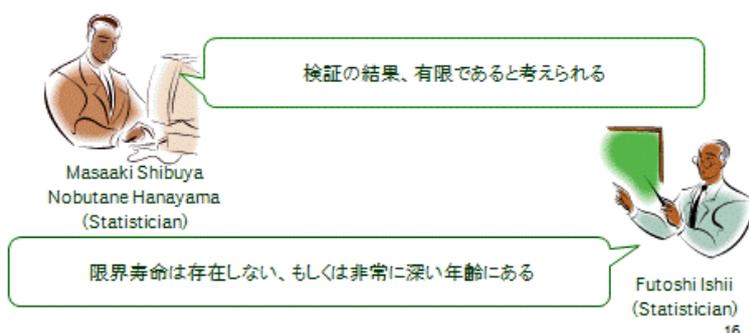
まず、限界寿命についての定義でございますが、このプレゼンテーションでは、限界寿命を、最小の条件下において実現する寿命、いわゆる生理学的な寿命の上限と定義をさせていただきたいと思います。一言で言えば、どれほど環境が整って、医療技術等が発達したとしても、これ以上の寿命の伸びは見込めないというような上限というように考えていただければいいかと思えます。

スライドのグラフは、1947年から2011年までの、男性・女性の平均余命の推移を記したものになります。皆様ご存じかと思われませんが、医療技術の発展、社会保障制度の充実により、この2、3年はほぼ同水準で

推移してきているものの、平均余命は増加傾向にあります。また、Lee-Carter モデルやCMI のプロトタイプなど、将来死亡率を推定するモデルについて、多く研究がなされております。そのうえで、限界寿命をどのように評価するかが、長寿リスク評価を行ううえで一つのポイントになります。

## 限界寿命 ②

日本では限界寿命については様々な意見がある



日本では、限界寿命についてはさまざまな意見がございます。このスライドでは、限界寿命に対する対局的な二つの見解について、紹介を差し上げます。

2004 年に発表されました、渋谷政昭氏・華山宣胤氏の共著の論文、「年齢時代区分データによる超高齢者寿命分布の推測」では、極値理論を利用して、「日本人男性寿命分布の有限な上限値が得られた」と主張をされております。なお、このスライドでは「日本人男性の限界寿命では有限である」と記載しておりますが、すみません、ちょっとここは申し訳ないと思っているのですが、有限であるということを断定しているというわけではございませんので、「検証の結果、有限であると考えられる」程度のニュアンスで捉えていただきますよう、よろしくお願いいたします。

その一方では、石井太氏が 2008 年に発表いたしました論文、「近年のわが国の死亡動向に適合した将来生命表推計モデルの研究」の中で、「近年のわが国の平均寿命の伸長は生存数曲線の矩形化ではなく、生存数曲線自体のシフト、すなわち、死亡の遅延によってもたらされていることを示している。これは、寿命に限界があるという見方に対立する現象であり、寿命の限界を考えることができないとする見方や、存在したとしても非常に高い年齢であると考えられる見方に寄与するものといえる」と述べられております。

このように、限界寿命は有限という考え方と、限界寿命に上限はない、もしくは上限があったとしても非常に高い年齢で存在するという少なくとも 2 つの考え方がございます。

## 限界寿命 ③

私の頭の中では……



17

このスライドは、私の頭の中を記したものでございます。会場の皆様のほとんどは、現時点では、限界寿命の有無と、ブラウン運動の橋を使用した死亡率モデルの構築との間に、どのような関係があるのかと疑問を持たれていると思いますので、限界寿命の有無から、ブラウン運動の橋を使用した死亡率モデルの構築に行き着くまでの一連の流れについて、ご説明差し上げたいと思います。

まず、限界寿命の有無が、長寿リスク評価にどのような影響を与えているのか。「限界寿命の上限はある」との前提のうえで、限界寿命を実際より過小に評価した場合、長寿リスクについても過小に評価することとなりますが、それはどの程度過小に評価しているのか。それを知るためには、限界寿命の変化による長寿リスクの変化量を把握するというのが、一番近道ではないかと考えた次第です。そのためには、限界寿命をパラメータとした死亡率モデルを構築する必要があるございまして、それには、ほぼ1の確率で特定のポイントに到達するブラウン運動の橋と呼ばれる確率過程を利用した死亡率モデルを構築することがよいとの結論に至りました。先ほど申し上げたブラウン運動の橋について、次のスライドでご紹介を差し上げます。

## Agenda

1. 限界寿命
2. ブラウン運動の橋
3. The Brownian bridge Mortality Model
4. Lee-Carter Brownian Bridge Model
5. 日本の死亡率への応用
6. 長寿リスクの評価
7. 結び

18

## ブラウン運動の橋①

ブラウン運動の橋とは …

時点  $T (> 0)$  において、ほぼ1の確率で特定のポイントに到達する確率過程

The Brownian bridge from 0 to 0 on  $[0, T]$  is defined by

$$X(t) = W(t) - \frac{t}{T} \cdot W(T)$$

$W(t)$  : 確率空間  $(\Omega, F, P)$  上のウィナー過程

19

ブラウン運動の橋とは、時点  $T$ ——この  $T$  というものは非負になるのですが——において、ほぼ1の確率で特定のポイントに到達する確率過程というように定義をされております。具体的な算式については、スライドに記載したとおりとなっております。

## ブラウン運動の橋②

しかし……  $X(t)$  はフィルトレーション  $F(t)$  に適合しない



確率過程  $Y(t)$  を以下のように定義:

$$Y(t) = \begin{cases} (T-t) \int_0^t \frac{1}{T-u} dW(u) & (0 \leq t \leq T) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

- ・  $Y(t)$  は  $X(t)$  と同分布
- ・  $Y(t)$  はフィルトレーション  $F(t)$  に適合

20

しかし、確率過程  $X(t)$  は、フィルトレーション  $F(t)$  に適合する必要があります。ちょっとかみ砕いて申し上げますと、時点  $T$  までの情報系では  $X(t)$  の確率分布を構築できない。さらにかみ砕きますと、時点  $T$  より未来の情報、もしくは過去にも未来にもない得体のしれない何かの情報というものを持ってして、初めて、 $X(t)$  の確率分布の構築が可能ということになります。そのような状況でありますので、過去実績などから構築する死亡率モデルには、この  $X(t)$  という確率過程はちょっと使えないという状況にあります。そのため、 $X(t)$  と同一分布を持ち、かつフィルトレーション  $F(t)$  に適合する確率過程  $Y(t)$  を、定義いたしまして、 $X(t)$  の代わりに使用することによって、 $X(t)$  のフィルトレーション  $F(t)$  に適合しないという弱点を解消することができます。

確率過程に慣れていない方にとっては、このスライドは数学的説明に特化したものであり、この説明を含める意義というものが見えにくい。これはさらっと1枚もしくは半ページ、もしくは口で紹介してもいいのではないかと考えていただいている方がいらっしゃると思うのですが、ちょっとこのスライドをあえて挟ませた理由について、ご説明したいと思います。

ちょっと脱線するのですが、先日金融庁から、平成25年度事業年度の金融モニタリングの基本方針が示されております。保険会社に対する金融モニタリングの中で、リスクとソルベンシーの自己評価、いわゆるO R S Aについての記載もありまして、その中で内部モデル整備の状況および内部モデルの検証の妥当性が、モニタリング項目の一つとなっております。死亡率モデルをはじめとして、内部モデルと称されるものには、確率過程などの高度な数学が使用されたものが多々存在します。それらは正しい前提条件のもとで適切に使用されれば、リスク計測の精緻化、ひいてはE R Mの高度化に大きく貢献するものと思われませんが、モデルの中身や前提の理解が不十分のままモデルを使用いたしますと、リスク計測の誤り、下手をすると経営判断の誤りを招くことにもつながります。

このような事態を防ぐための内部モデル検証は、近い将来アクチュアリー重要な役割の一つとなると思われしますので、やはりこのような数学的な背景や説明や言語に、アクチュアリー全体として、少しずつ慣れ親しんでいく必要があるのではないかという思いを込め、このめんどくさいスライドを挟ませていただいた次第でございます。これでブラウン運動の橋を使用した死亡率モデル構築の準備が整いましたので、具体的なモデルの構築についてご説明差し上げたいと思います。

## Agenda

---

1. 限界寿命
2. ブラウン運動の橋
3. The Brownian bridge Mortality Model
4. Lee-Carter Brownian Bridge Model
5. 日本の死亡率への応用
6. 長寿リスク評価
7. 結び

## The Brownian bridge Mortality Model ①

生存者数を表す確率微分方程式  $L_t(x, s)$  を以下のように定義

$$dL_t(x, s) = -L_t(x, 0) \cdot \mu_{x,t+s} ds + \sigma(x, s) \cdot L_t(x, s) \cdot dY(s)$$

$\mu_{x,t}$  : 契約年齢  $x$  歳、西暦  $t$  年における死力  
 $\sigma(x, t)$  :  $F(t)$ -適合  
 $Y(t)$  : ブラウン運動の橋

22

## The Brownian bridge Mortality Model ②

伊藤の公式を利用して、算出した  $L_t(x, s)$  の閉解は

$$L_t(x, s) = L_t(x, 0) \exp\left(\int_0^s \left(\mu_{x+t+u} - \frac{1}{2} \cdot \sigma(x, u)^2\right) du + \int_0^s \sigma(x, u) dY(u)\right)$$

$\frac{1}{2} \cdot \sigma(x, u)^2$  部分は死亡率モデルにおいては微小であるため以下のように近似が可能:



$$L_t(x, s) = L_t(x, 0) \exp\left(\int_0^s \mu_{x+t+u} du + \int_0^s \sigma(x, u) dY(u)\right)$$

$L_t(x, s)$  により定義された死亡率モデルを

**the Brownian bridge mortality model (BBM model)**

と呼ぶ

23

生存者数を表す確率過程  $L_t(x, s)$  を、スライドのように定義いたします。パラメーターの定義についてはスライドのとおりとなっております。伊藤の公式を利用して解いた  $L_t(x, s)$  の閉じた解は、スライドの記載とおりで、 $L_t(x, s)$  により定義された死亡率モデルを、The Brownian Bridge Mortality Model と呼ぶことにいたします。

なお、このモデルは、 $1/2 \cdot \sigma^2$  の部分は微小であると整理して省いておりますが、これはただ私が、 $1/2 \cdot \sigma^2$  を残した状態でモデルのフィッティングをするという技術があまりなかったので、 $1/2 \cdot \sigma^2$  部分を落としたというものでございます。モデルのフィッティングやキャリブレーションの高い技術をお持ちの方であれば、 $1/2 \cdot \sigma^2$  部分を省かないモデルの構築というものができるとは考えております。

## The Brownian bridge Mortality Model ③

---

### the Brownian bridge mortality model (BBM model) の利点

- ✓ 限界寿命の変化に伴う長寿リスク量変化を特定できる
- ✓ 様々な死亡率モデルに応用が可能
- ✓ 実務的に扱いやすい

24

さて、このモデルの特徴でございますが、3つありまして、1つめは、限界寿命の変化に伴う長寿リスク量の変化を特定できる点にあります。これは私の頭の中スライドで述べたとおりとなっております。

2つめは、さまざまな死亡率モデルに応用が可能である点にあります。実を言いますと、このモデルは、拡散項部分といわれる確率過程を含む部分の挙動に特化して、構築されたものでございます。すなわち、将来の死亡率水準の予測ではなく、将来の死亡率水準の確率分布を評価するためのモデルとなっております。

3つめは、実務的に扱いやすい点です。このモデルは、確率微分方程式の解が閉じた解で表現されるため、モンテカルロ法に代表される、多数のシナリオに基づく評価というものを行う必要がなく、計算負荷が非常に軽いモデルになります。

## Agenda

---

1. 限界寿命
2. ブラウン運動の橋
3. The Brownian bridge Mortality Model
4. Lee-Carter Brownian Bridge Model
5. 日本の死亡率への応用
6. 長寿リスク評価
7. 結び

25

## Lee-Carter Brownian Bridge Model ②

Lee-Carter Brownian Bridge Model の定義は以下のとおり

$$L_t(x, s) = L_t(x, 0) \exp\left(\int_0^s \mu_{x+u} du + \int_0^s \sigma(x, u) dY(u)\right)$$

$$\int_0^1 \mu_{x,t+s} ds = \alpha_x + \beta_x \cdot \kappa_t$$

$\alpha_x$  :  $x$  歳の対数生存率

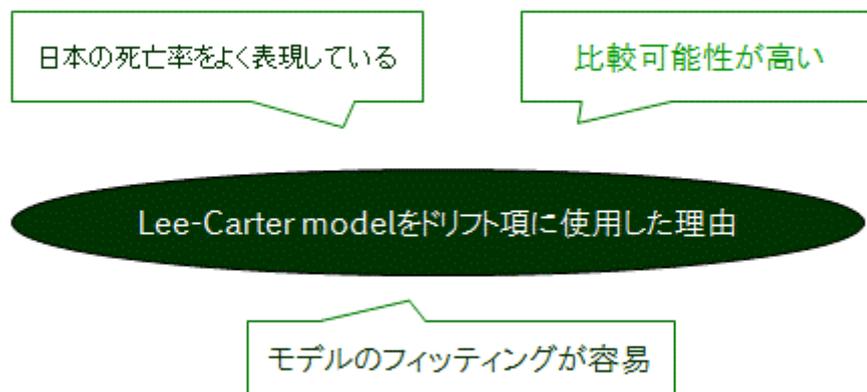
$\beta_x$  : 年齢がパラメータの係数

$\kappa_t$  : カレンダーイヤー(西暦)  $t$  がパラメータの係数

26

続きまして、Lee-Carter Brownian Bridge Model について紹介を差し上げます。Lee-Carter Brownian Bridge Model は、The Brownian Bridge Mortality Model のドリフト項部分を、Lee-Carter モデルに当てはめたものとなります。ただし、一般の Lee-Carter モデルは、死亡率を  $\alpha \cdot \beta \cdot \kappa$  の関数として使用したモデルですが、当モデルは生存率部分を  $\alpha \cdot \beta \cdot \kappa$  の関数で表現しているものであり、本家の Lee-Carter モデルとはやや異なるモデルとなっております。

## Lee-Carter Brownian Bridge Model ①



27

The Brownian bridge Mortality Model のドリフト項部分に、Lee-Carter モデルを採用した1つめの理由といたしましては、日本の死亡率をよく表現しているということが挙げられます。モデル作成の趣旨・目的は、死亡率の将来の正確な推計ではなく、死亡率分布の表現あり、拡散項部分のフィッティングが重要となります。そのため、ドリフト項部分のフィッティングというところに力を注ぎたくなかったため、日本の死

亡率をよく表現している Lee-Carter を使わせていただいております。

2つめは、比較可能性で、Lee-Carter モデルが、日本で広く研究されているということがあり、多くの研究成果との比較ができるというところにあります。

そして3つめは、モデルのフィッティングが容易であるためです。それは、フィッティング自体が容易というわけではなく、Lee-Carter モデルのフィッティングの手法や、そのあたりも非常に研究されており、フィッティングの手間が省ける意味で、Lee-Carter を選択しました。

## Agenda

1. 限界寿命
2. ブラウン運動の橋
3. The Brownian bridge Mortality Model
4. Lee-Carter Brownian Bridge Model
5. 日本の死亡率への応用
6. 長寿リスク評価
7. 結び

28

## 日本の死亡率への応用①

### パラメータの推計

Data	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Human Mortality Databaseを使用</li> <li>・年齢幅は 0 - 109歳</li> <li>・1995から2009までの男女合計</li> </ul>
Parameter	$\alpha_x, \beta_x, \kappa_x$ <ul style="list-style-type: none"> <li>・以下の式を最小にするようにパラメータを設定:</li> </ul> $\sum_{x=0}^{\omega} \sum_{t=0}^T \left( \log \left( \frac{L_{x,t}(x,1)}{L_t(x,0)} - \alpha_x - \beta_x \cdot \kappa_x \right) \right)^2$ <p style="font-size: small; margin-top: 5px;"><math>\omega</math>: 限界寿命    <math>T</math>: 計測年数</p>
	$\sigma(x,s) = \sigma(x)$ <ul style="list-style-type: none"> <li>・年齢ごとに推計</li> <li>・<math>\sigma(x,s)</math> は以下のように定義</li> </ul> $\sigma(x)^2 = \frac{1}{v_x} \sum_t \frac{\left( \log \left( \frac{L_{x,t}(x,1)}{L_t(x,0)} - \alpha_x - \beta_x \cdot \kappa_x \right) \right)^2}{(T-1)}$ <p style="font-size: small; margin-top: 5px;"><math>v_x</math>: <math>T-1</math> 数</p>

29

これから日本の死亡率への応用についてご説明いたします。ここでは Lee-Carter Brownian Bridge Model を日本の死亡率にフィッティングさせます。パラメーターの推計手法はスライドのとおりとなっております。 $\sigma$  を年齢別に予測した理由は、年齢、すなわち死亡率水準により  $\sigma$  の水準が異なるためであります。なお、 $\kappa$  の将来予測については、自己回帰和分移動平均モデルにより将来予測をしております。また、110 歳以降の  $\alpha$ 、 $\beta$  については、直線補完でざっくりと予測しております。

## 日本の死亡率への応用②

Lee-Carter BBM モデルの死亡率とLee-Carterモデルの死亡率との比較

AIC (Akaike's information criterion)			
Mortality model	Lee-Carter BBM	Lee-Carter	
Maximum loglikelihood	-13.39	-13.16	
AIC	-1,467	-1,442	
Japanese mortality calculated by models			
Age/model	Lee-Carter BBM	Lee-Carter	Mortality in 2009
0	0.00243	0.00241	0.00233
10	0.00007	0.00007	0.00008
50	0.00260	0.00256	0.00254
60	0.00578	0.00573	0.00572
70	0.01281	0.01263	0.01177
80	0.03637	0.03610	0.03652
90	0.10964	0.10922	0.10709
100	0.27997	0.27919	0.27980

30

このスライドは、Lee-Carter Brownian Bridge Model とノーマルな Lee-Carter モデルとの間で、死亡率の比較を行なったものでございます。Akaike's Information Criterion ではほぼ同水準で、年齢別死亡率の実績と比較してもほぼ同水準という結果が出ております。これにより、Lee-Carter Brownian Bridge Model は日本の死亡率を一定程度表現できていることが分かります。ここではモデルそのものの妥当性を念のため確認させていただきました。

## Agenda

1. 限界寿命
2. ブラウン運動の橋
3. The Brownian bridge Mortality Model
4. Lee-Carter Brownian Bridge Model
5. 日本の死亡率への応用
6. 長寿リスク評価
7. 結び

31

## 長寿リスクの評価①

### Assumption ①

長寿リスクの定義		<ul style="list-style-type: none"> <li>・QIS5では長寿リスクを以下のように定義</li> </ul> $Life_{long} = (\Delta NAV   longevity shock)$
$\Delta NAV$		<ul style="list-style-type: none"> <li>・通常シナリオの保険負債とストレスシナリオの保険負債の差額</li> </ul>
ストレス	ソルベンシー II	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各年度の死亡率が一律20%減少</li> </ul>
	VaR99.5%	<ul style="list-style-type: none"> <li>・タイムホライズン1年の信頼水準99.5%相当の死亡率</li> </ul>

32

続きましては、長寿リスク評価についてご説明を差し上げます。こちらはアサンプションになりますが、長寿リスクの定義につきましては、Q I S 5 を準拠して定義をしております。通常の負債からストレスをかけたパラメーターに基づき計算した負債の差額を、長寿リスクとして定義をしております。ストレスのかけ方でございますが、ソルベンシー II では、年齢にかかわらず一律 20% のストレスを想定しておりますが、今回私が計算する Lee-Carter Brownian Bridge Model でのストレスとしては、99.5% のバリュエーション・アット・リスクで死亡率リスクを評価するということを考えております。

## 長寿リスクの評価②

### Assumption ②

契約者数	100,000 人
contract	即時開始の年金年額 10 万円ー時払終身年金
その他条件	長寿リスク以外のリスクは存在しない

33

このスライドは、商品概要と前提条件について記載したものになってございます。契約者数が 10 万人の、即時開始の年金年額 10 万円の一時払終身年金を、想定しております。その他条件といたしましては、長寿リスク以外のリスクは存在しないという前提を置かせていただきたいと思います。

### 長寿リスクの評価③

Lee-Carter Brownian bridge modelにより長寿リスク量を計測

The value of longevity risk in at every entry age (million yen)

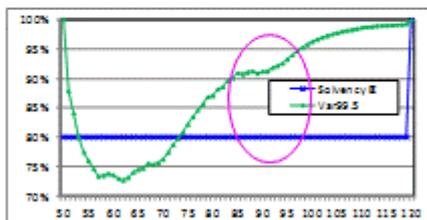
entry age	limiting age	120	130	140	∞	Liability
50	Solvency II	10,093	10,093	10,093	10,093	205,473
	VaR99.5%	8,204	8,362	8,483	9,652	
60	Solvency II	11,465	11,465	11,465	11,465	217,790
	VaR99.5%	7,473	7,623	7,734	8,913	
70	Solvency II	12,183	12,183	12,183	12,183	162,917
	VaR99.5%	5,482	5,591	5,667	6,705	
80	Solvency II	11,634	11,634	11,634	11,634	106,153
	VaR99.5%	3,416	3,484	3,528	4,459	

- Lee-Carter Brownian bridge modelによるVaR99.5% 長寿リスク量(以下、VaR99.5% 長寿リスク量)はソルベンシー II の定義のものより小さい
- VaR99.5% 長寿リスク量は限界寿命の増加に合わせて増えるがソルベンシー II の定義ではほとんど増加しない

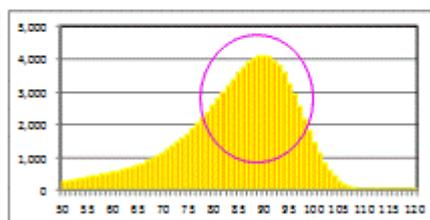
34

### 長寿リスクの評価④

- 死亡件数が多い75-90 歳周辺の死亡率へのストレスが、長寿リスク量に大きく影響
- Lee-Carter Brownian bridge modelによるストレスは、限界寿命によって変化するが、Solvency II で定義されたストレスは年齢、経過によらず一律



mortality ratio for Solvency II, and that for Lee-Carter Brownian bridge model at entry age 50 limiting age 120



The number of death in the 100 thousand policyholders entry age 50

35

こちらの表は、限界寿命ごとの Lee-Carter Brownian Bridge Model によるバリュー・アット・リスク 99.5% の長寿リスク量と、ソルベンシー II の定義で計算された長寿リスク量を、比較したものになります。スライドのコメントのとおり、Lee-Carter Brownian Bridge Model による 99.5% の VaR では、長寿リスク量はソルベンシー II の定義のものより小さくなっておりまして、99.5% のバリュー・アット・リスクの長寿リスク量は、限界寿命の増加に合わせて増えますが、ソルベンシー II の定義とはほとんど同化しないという状況が

見て取れます。

実は、年金開始年齢 50 歳、限界寿命 120 歳の、Lee-Carter Brownian Bridge Model による 99.5% のバリュエーション・アット・リスクの 110 歳時点の生存者数は、64 名。その一方で、限界寿命年齢を無限大にした場合は 70 名と、その限界寿命の増減によって、非常に経過が深い年齢のところでの生存者数というものは、実を言うと、そこまで差が出ていません。限界寿命の変化が長寿リスク量に影響を与える要因といたしましては、超高年齢時の残存者数というよりは、むしろ死亡件数が多い 75 歳～90 歳周辺の死亡率へのストレス、要は死亡が多く発生する 75～90 歳周辺の残存者数にあるといえます。

Lee-Carter Brownian Bridge Model による死亡率水準そのものについては、死亡率実績をある程度把握しておりますが、Lee-Carter Brownian Bridge による死亡率分布の妥当性というものは、ちょっと確認されていない、正確に言えば、確認することが困難という状況にあり、これは断言することはできないのですが、ソルベンシー II の長寿リスクの評価のストレスというものは、過大ではないかと考えております。

リスクを保守的に評価して、それに見合った資本を保守的に用意するということは、健全性の観点からは問題ないかと思われそうですが、過大評価されたリスクに対応するために、過剰な資本を拘束することは、資本効率の低下を招きます。このモデルを ERM の枠組みで使用するということになりますと、ERM においては、経営戦略に基づき、認定されたリスクトレランスの範囲内で、積極的にリスクを取りつつ、最大のリターンを志向するいわゆるリスクアペタイトの観点からは、過度なリスク回避というものは決して望ましいものではないかと考えます。

## 長寿リスクの評価⑤

ソルベンシー II の定義では死亡率へのストレスが一律であるため、限界寿命の変化が長寿リスク量に与える影響は限定的

-VaR99.5%においては、限界寿命が10年延びることに長寿リスクは2～3%増加

-限界寿命は無限と仮定すると長寿リスクは大きく増加

契約年齢	限界寿命	限界寿命120歳の長寿リスク	110 → 120	120 → 130	130 → 140	140 → ∞
50	ソルベンシー II	10,093	6	0	0	0
	VaR99.5%	8,204	216	158	121	1,169
60	ソルベンシー II	11,465	9	0	0	0
	VaR99.5%	7,473	216	151	111	1,179
70	ソルベンシー II	12,183	13	0	0	0
	VaR99.5%	5,482	169	109	77	1,038
80	ソルベンシー II	11,634	21	0	0	0
	VaR99.5%	3,416	119	68	45	931

長寿リスクの変化量(百万円)

36

こちらは、限界寿命の変化による長寿リスク量の変化を記載した表になります。先ほど申し上げましたとおり、死亡が多く発生する 75 歳～90 歳周辺にかかるストレスの強弱が、長寿リスク量を変化させる要因となり、年齢に関わらず、一律にストレスがかかるソルベンシー II の定義では、長寿リスク量はほとんど変化していないという状況が見て取れます。

その一方で、Lee-Carter Brownian Bridge Model における長寿リスクは、限界寿命が上がるごとに増えていっております。また、限界寿命は無限と仮定いたしますと、長寿リスクは大きく増加いたします。限界寿

命が無限の Lee-Carter Brownian Bridge Model は、ブラウン運動の橋部分がブラウン運動に特化したモデルと言えますので、拡散項部分にブラウン運動を使用するということは、ドリフト項の設定にもよりますが、限界寿命は無限と仮定することになります。これは限界寿命に対する見解によって変わってくると思うのですが、場合によっては、長寿リスクを過大評価することにつながります。

## Agenda

---

1. 限界寿命
2. ブラウン運動の橋
3. The Brownian bridge Mortality Model
4. Lee-Carter Brownian Bridge Model
5. 日本の死亡率への応用
6. 長寿リスク評価
7. 結び

37

## 結び

---

- ・ LC-BBMモデルにより評価した長寿リスクはソルベンシー II の定義より評価したものより小さい(ソルベンシー II の定義では75歳周辺のストレスがきついように思われる)
- ・ このモデルは限界寿命の変化にともなう長寿リスク量の変化を捉えるのに適している
- ・ このモデルが長寿リスクの精緻化とERMの発展につながれば幸いである

38

最後、結びとさせていただきたいと思います。この論文の発表の結びといたしましては、まず Lee-Carter Brownian Bridge Model により評価した長寿リスクというものは、ソルベンシー II の定義より評価したものより小さいということが、1つ目の結びであります。2つめの結びといたしましては、このモデルは、限界寿命の変化に伴う長寿リスクの変化を捉えることに適しているのではないかと考えております。モデルの特

徴を生かして、このモデルが長寿リスクの精緻化とERMの発展につながれば、幸いであるかと考えております。

ただ、このモデル自体は、先ほどちょっと申し上げたとおり、モデルのフィッティングをはじめとして、まだまだ改善の余地がある部分も多々あります。また、このモデルでは計測期間の中ほどをピークに、ストレスのピークを迎え、以後ストレスが低減する構造になっているのですが、そもそも、期間の中間が死亡率のストレスのピークになって、その後ストレスが低減するというようなモデルの分布が適性であるかについては、議論の余地が多々あります。

その点については、Brownian bridge 部分の時間を定義する箇所に、オペレーショナルタイムやストップピングタイムを利用してストレス期間のピークを調整したりする等のモデルの精緻化については、おいおい行っていきたいと考えております。

最後になりますが、皆さん、こちらのようになんかちょっとややテクニカルな論文の内容を最後まで聞いてくださったということに、非常に感謝をさせていただきたいと思います。皆様、1時間にかけて私の発表を聞いてくださりまして、ありがとうございました。お疲れさまでございました。

---

ご静聴ありがとうございました

39

【司会】 横尾さん、どうもありがとうございました。それでは、まだお時間もございますので、会場の皆様から何かご質問等がございましたら、お願いいたします。

では、私から2点ほど質問ですが、1点目は、年金の話になってしまうのですが、年次大会のプログラムの要旨には、年金分野において長寿リスク管理の重要性がクローズアップされているということも書かれています。実際日本の年金において、長寿リスクのヘッジや管理などが普及しているかというところではないのではないかと。このあたり重要性は認識されていると思いますが、実際利用されていないというギャップについて、どのようにお考えになられているか、ということが1点目のご質問です。

2点目は、限界寿命と申しますか、最終年齢と申しますか、お話で出てきたのですけれども、生物学的に

いうと寿命は延びないのではないかという議論があるような話を聞いたことがあり、そのような観点から、寿命はもう全く延びないのか、延びるにしても、それがごくわずかなものか、それとももう無限大なのかというところに関心があるのですが、そのあたりについて何かお話をいただければと思います。

【横尾】 まず1点目の質問についてですが、ちょっとまだ日本では、長寿リスクの重要性というところで、その長寿リスクをヘッジするというアクションが、あまり起こっていないということについては、すみません、ちょっと私の理解が十分であるとは言い難いのですが、日本の年金制度では終身年金の取り扱いが少ないというところが挙げられるのではないかと思います。終身年金という取り扱いが非常に少ないという状況では、長寿リスクがなかなか顕在化しにくい、たとえ顕在化したとしても影響は限定的かと考えております。

ただ、逆説的に言えば、日本の一部の保険会社にとっては、年金が抱えるような長寿リスクというものを、抱える余地があるところがあるのではないかと考えております。そのような会社にとっては、あえて長寿リスクを引き受けることにより、先ほどご説明差し上げたナチュラルヘッジを行なうことにより会社全体に保険引き受けリスクの軽減を行うという試みも、もしかしたらできるのではないかと考えておりますので、この場をお借りして長寿リスクのお話をさせていただいた次第でございます。

2点めについては、このような限界寿命の数字の部分をパラメーター化して、どのような議論に落ち着いても、長寿リスクを評価できるモデルにしていきたいと考えているため、どちらか一方の考えに賛同することは特にはないです。

【司会】 どうもありがとうございました。最初の質問については、現状、年金では公的年金がかなり長寿リスクを負っているのではないかと思います。一方で、私的年金といいますが、保険商品も含めてあまり活用されていないとも思われます。公的制度が何かこのような長寿リスクの、リスク管理ではないですけども、リスク管理手段を利用して、何かよりよいことができるような余地はないのでしょうか、例えば政府が長寿債を発行するなど。

【横尾】 確かにそのような手段はあるかと思います。

【司会】 ありがとうございます。会場の皆様から他に何かございますか。

【清水】 厚労省の清水と申します。

私もリヨンのジョイント・コロキウムには参加させていただきました。ただ、このAFIRコロキウムの方へは全然行っておりませんで、中身を分かってお聞きしているわけではないのですが、ちょっと質問の前に申し上げますと、PBSは、今年度から優秀論文賞というものを出すようになりました。具体的には、大会ごとに出すのと、『ASTIN』という雑誌に投稿された年金関係論文の中から、一つ、毎年優秀な論文に論文賞を出すということになりました。ですので、この場におられる方も、奮って、投稿あるいは発表していただくことがいいのではないかと思います。その場合、たとえば死亡率というテーマですと、別にAFIRに出さなくてもいいわけですね。AFIR研究会としてはAFIRの委員会に出されるということだろうけれども、死亡率というところに出してもいいわけだから、どこに出すのかということも、優秀論文賞ということも考慮に入れて、ちょっと考えてみてもいいのではという印象を持ちました。

それで、以下は質問なのですが、ご発表では、限界寿命というものによって長寿リスクを評価しようということだと思いますけれども、世の中に出ている非常に分かりやすい例として、社会保障人口問題研

研究所が出している死亡率の予測がありますね。そこには低位と高位と中位が出ていて、そこに書いてある記述によれば、それらにより 99%をカバーしているのだということです。要するに、ミニマムとマキシマムといますか、低位と高位の間に将来の実際の死亡率が入る確率が 99%となるように考えて作ってあると書いてあるのですけれども、それによって評価される長寿リスクに比べて、ここでこのモデルを使って評価されている長寿リスクは、どのような関係にあるのでしょうか。つまり、社人研の評価というものは甘いのか、日本においても、長寿リスクというものはもっと高いと認識しなければいけないのか、それとも、社人研がいつている将来の死亡率の見込みのぶれ幅というものが、それなりに妥当なものと考えていいのか、ということが 1 点です。

もう一つは、ご発表のスライドの 34 ページのところ、ソルベンシーⅡのリスク量というものは、どのような限界寿命においても変わらないと書いてあります。これはもうソルベンシーⅡの中身は全然知らなくて質問申し上げているのですが、長寿リスクのリスク量というのは、通常だと何かベースになる死亡率予測があって、それをたとえば 2 割下げろとしたり、あるいは現行の死亡率を 2 割下げろとしたりすると思います。限界寿命を変えると死亡率予測も変わってくると思われるので、当然、リスク量も本来変わるのではないかとこの気もするので、ソルベンシーⅡのリスク量に変化がないということはどう理解したらいいのでしょうかということです。

【横尾】 まずは 1 点目の質問につきまして、多分これは、私のモデルの評価と、先ほどご説明いただいた評価の違いというものは、やはりちょっとモデルの使用の目的によって変わってくるかなと。やはりその公的な機関というところであれば、特に監督規制などの健全性の確保という観点からすると、できるだけ保守的に、かつ扱いやすい数字で、ストレスを定義するという事は、望ましいと思われれます。その一方で、内部管理の観点からリスクを評価する場合、時間の経過とともに発生する変動というものを、精緻に予測して、リスクを評価することが求められると思われれます。それによって、効率的な資本配賦ができますので、会社としてはリスクに対するリターンが大きくなりますので、目的に応じて使い分けることが重要ではないかと考えております。

あと、2 点目の質問でございますが、私はまだソルベンシーⅡの具体的なストレスに関して詳しくないので、明確な回答はできませんが、先ほど申し上げられていたように、死亡率の予測というものは、ある程度トレンドが変化した場合は、そのかかるストレスというところのケースも変わってくるものと考えております。

【司会】 どうもありがとうございました。それでは、定刻も過ぎておりますので、こちらで終了とさせていただきます。最後に、横尾さんに拍手をお願いいたします。