Embedded Value 計算の理論的側面の整理

勝野　健太郎

昨今、生命保険会社における Embedded Value の開示が進んでおり、その理論的側面についても整理が進んでいる。

しかしながら、この理論的側面について、基礎的な部分から体系的に整理したものは存在しないように思われる。そこで、本論文では、Embedded Value 計算の理論的側面について、基礎的な部分から体系的に整理するとともに、Embedded Value 計算について考察を行った。

本論文では、特に、以下の（周知の）事実について、理論的整理を行った。

- Traditional Embedded Value の増減の分解方法は一意的ではないが、一例として、以下の項目に分解できることを、計算式を用いて示した。
  - ① 期始の保有契約価値および必要資本×ハードル・レート
  - ② フリー・サープラスに係る資産運用収益
  - ③ 新契約価値（Value of New Business）
  - ④ 計算前提（Assumptions）の変更に伴う期末保有契約価値の増減
  - ⑤ 期始保有契約に係る計算前提とその実績の差異による損益
  - ⑥ 株主配当および増資
- トップダウン・アプローチによる Embedded Value 算出において、社債・借入金等の節税効果（タックス・シールド）の反映方法について、WACC 等のハードル・レート（リスク割引率）の算出方法と資本コストの関係の理論的整理を行った。
- ボトムアップ・アプローチの一つである Market Consistent Embedded Value について、確実性等価、リスク中立確率、状態価格デフレーター等の経済理論を踏まえ、理論的整理を行った。

＜キーワード（重要語句）＞

Embedded Value、エンタプライズ DCF 法、エコノミック・プロフィット法、APV 法、キャピタル・キャッシュフロー法、エクイティ・キャッシュフロー法、CAPM、WACC、Market Consistent Embedded Value、確実性等価、リスク中立確率（Wang 変換、Esscher 変換）、状態価格デフレーター

【目次】

各章はほぼ独立しているため、それ以前の章を読まずに概ね理解できるようになっている。ただし、一部の章は他の章を前提としている。前提となる章は、以下の※に記載した。

5．ＭＣＥＶ

6．考察（まとめ） ※ ６－１～６－３は独立であり前の節を前提としないが、６－４は６－３を前提としている。

7．付録 ※ 付録はそれぞれ独立している。対応する章は、以下の※に記載のとおり。

8．参考文献

１．ＥＶ概論

１－１．企業価値評価とＥＶ

Embedded Value とは、簡単に言えば、企業価値のことである。企業価値評価の代表的な書籍としては、マッキンゼー・アンド・カンパニー[2006]の『企業価値評価（第４版）』があり、下表の五種類の企業価値評価手法について説明されている。なお、これらは、理論的には同じ企業価値を算出するが、エクイティ・キャッシュフロー法は、有利子負債部分を含まない株主価値を算出する手法であるのに対し、その他の方法は有利子負債部分を含む企業価値を算出する手法であるため、その他の方法で株主価値を算出する際は、企業価値から有利子負債部分の価値を差し引く必要がある。

企業価値評価手法	計算方法の概要
エンタプライズ DCF 法（Enterprise Discount Cash Flow Model）	企業価値＝将来の営業フリー・キャッシュフロー（企業が生み出す収益から資本の増加額を除いたもの）の WACC による現価合計
エコノミック・プロフィット法(Economic Profit Model)	企業価値＝将来のエコノミック・プロフィット（企業が生み出す収益から資本に対するコストを除いたもの）の WACC による現価合計＋現在の資本
APV 法（Adjusted Present Value Model）	企業価値＝将来の営業フリー・キャッシュフローのアンレバード株主資本コストによる現価合計＋有利子負債の節税効果の現価合計
キャピタル・キャッシュフロー法（Capital Cash Flow Model）	企業価値＝キャピタル・キャッシュフロー（APV 法における将来の営業フリー・キャッシュフローと有利子負債の節税効果の合計）のアンレバード株主資本コストによる現価合計
エクイティ・キャッシュフロー法（Equity Cash Flow Model）	株主価値＝将来の株主キャッシュフロー（営業フリー・キャッシュフローに有利子負債のキャッシュフローを加味したもの）の株主資本コストによる現価合計

『企業価値評価（第４版）』では、銀行・保険会社等の金融機関の外部からの企業価値評価は難しいとされており、その理由として、外部からは必要な情報が得られにくいこと、金融というビジネスモデルの性格上、極めてレバレッジが高い（負債の割合が高い）ことが挙げられている。企業価値評価は、株式や有利子負債による企業への投資が、どれくらいの価値を生み出すかを評価するものであるが、銀行・保険会社等の金融機関は、一般の消費者から預かっている有利子負債が貸借対照表の貸方の大半を占めるため、上記の企業価値評価手法のうちエクイティ・キャッシュフロー法以外の手法を用いて良いかは疑問が残る。おそらく、株式および有利子負債に対する企業価値は実務上概ね正しく求められたとしても、企業価値から有利子負債の価値を除いた株主価値は、計算前提により大きく変動し、信頼性に欠けるものとなるであろう。

また、保険の超長期性が、保険会社の利益の評価、企業価値評価を困難にしている。一般企業は販売から利益の実現までの期間が短いが、保険会社は、保険の販売後、超長期の保険期間にわたって利益が計上される。この保険会社の利益の算出を行うには、責任準備金の評価が必要となるが、これは保険会社の利益が評価性のものであるということを意味している。

加えて、日本の法定会計における責任準備金の評価は、相当程度の確度で支払能力を確保するために保守的な評価となっており、結果として、利益の計上が保守的になっているという側面がある。

そのため、保険会社の利益の評価、企業価値評価は、保険会社の内部からでも容易なものではなく、保険会社の外部からの評価については、なおさらのことである。

そのような中、保険会社の企業価値評価手法として、近年、保険会社による計算および開示が進んでいるのが Embedded Value である。

企業価値評価とは、株式や有利子負債による企業への投資が生み出す価値を評価するものであるが、極めてレバレッジの高い保険会社の企業価値評価において、契約者から預かっている有利子負債（責任準備金）を企業への投資とみなして評価した場合の問題点は、既に述べたとおりである。

Embedded Value は、企業価値評価の一手法であるが、株主価値を求める際に、責任準備金を企業への投資とはみなさず、責任準備金を除く株式（および社債・借入金）部分の企業価値を算出する手法であり（ただし、社債・借入金がある場合は、社債・借入金の価値を除くことで、株主価値である Embedded Value が算出される）、極めてレバレッジが高いことによるデメリットは発生しない。

責任準備金を企業への投資とはみなさない点においては、Embedded Value は、一種のエクイティ・キャッシュフロー法とみなすことができる一方で、社債・借入金の取扱いに関しては、上記の五手法のいずれの考え方を採ることもできる。

ところで、Embedded Value は、クローズド（将来の新契約がない）前提での価値評価であるが、一般の企業価値評価と同列に並べられるのは、オープン（将来の新契約がある）前提での企業価値評価である Appraisal Value であろう。

しかしながら、Appraisal Value は、その価値評価に大きな影響を与える将来の新契約前提に客観性を持たせるのが困難であるという弱点を持っている。このため、保険会社は、Appraisal Value を開示するのではなく、Embedded Value と新契約価値（一年間に獲得した新契約から生まれる価値）を開示しており、それらの開示情報から Appraisal Value を算出するのは、各投資家の判断に委ねられている。

１－２．記号の定義

さて、Embedded Value の説明に移る。Embedded Value は、（修正）純資産の額に、保有契約価値（保有契約から生み出される将来の利益の現価）を加えたものと一般に理解されているであろう。この（修正）純資産や、将来の利益は、法定会計に基づき算出されるものであるので、法定会計上の純資産や利益から順に説明することとする。まず、以下のとおり記号を定義する。

t ：時間（time）を表す。

以下、ストック項目の右下に t の添え字がある場合「時点 t におけるストック」を表し、フロー項目の右下に t の添え字がある場合「時点 $t-1$ ～ t におけるフロー」を表すものとする

r ：ハードル・レート（投資家の求める収益率）

T ：実効税率（Tax）

本論文では簡便化のため、法定会計上の利益と税務会計上の利益は等しいものとし、税率が一定であるものとした。なお、本論文は税を考慮した記載としたが、最初は $T=0$ で考えると理解しやすいであろう。

CF_t ：保険関係キャッシュフロー（Cash Flow）

保険金等支払＋事業費支払－保険料収入を表す。（運用損益を含まないものとするが、本論文では、保険関係キャッシュフローから生まれるその年度中の運用損益を含むものとしている。）

MVA_t ：資産の市場価値（Market Value of Asset）

（本論文では簡便化のため、資産の法定価値（Statutory Value of Asset）と資産の市場価値は等しいものとした。）

SVL_t ：法定責任準備金（Statutory Value of Liability）

ANW_t ：修正純資産（Adjusted Net Worth）を、(1)式で定義する。

$$ANW_t = MVA_t - SVL_t \qquad \cdots \quad (1)$$

（修正純資産＝資産の市場価値－法定責任準備金）

RC_t ：必要資本（Required Capital）は、保険会社のリスクに対して、保険会社の充分な支払能力（健全な経営）の確保のために必要とされる資本を表すものとする。

FS_t ：フリー・サープラス（Free Surplus）は、修正純資産から必要資本を除いたものとして定義する。これは、評価日時点において保有契約の維持に必要ではなく、自由に処分できる資本を表す。

$$FS_t = ANW_t - RC_t \qquad \cdots \quad (2)$$

（フリー・サープラス＝修正純資産－必要資本）

特に、(1)式を(2)式に代入して、(3)式が得られる。

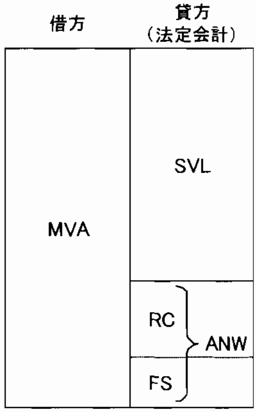
$$MVA_t = SVL_t + RC_t + FS_t \quad \cdots \ (3)$$

（資産の市場価値＝法定責任準備金＋必要資本＋フリー・サープラス）

ここで、資産運用利回りを、以下のとおり定義する。

i_t ：「法定責任準備金＋必要資本」に係る資産運用利回り

j_t ：フリー・サープラスに係る資産運用利回り



１－３．ＥＶの算出

さて、企業価値である Embedded Value を評価する。フリー・サープラスは、評価日時点における保有契約の維持のために必要ではなく、いつでも会社の事業から切り離して自由に処分できる資本であるため、資本コストなしの市場価値で評価される。そこで、フリー・サープラス除きの部分、つまり保有契約に係る「法定責任準備金＋必要資本」から生まれる価値を、エンタプライズ DCF 法の手法を用いて評価する。

PAT_t ：法定会計上の税引後当期利益（Profit After Tax）および

DE_t ：分配可能利益（Distributable Earnings）を、(4)式および(5)式により定義する。（なお、これらは、以下の二点において、実際の会社の税引後当期利益や分配可能利益とは異なる。第一に、フリー・サープラス除きの部分について企業価値評価を行っているため、フリー・サープラスからの収益が含まれていない。第二に、社債・借入金に対するキャッシュフローが含まれていない。）

$$PAT_t = \{(SVL_{t-1} + RC_{t-1}) \times i_t - CF_t + (SVL_{t-1} - SVL_t)\} \times (1 - T) \quad \cdots \ (4)$$

$$DE_t = PAT_t + (RC_{t-1} - RC_t) \quad \cdots \ (5)$$

この分配可能利益 DE_t を用いて、保有契約の「法定責任準備金＋必要資本」から生まれる価値 $VIF_t + RC_t$ を、(6)式のとおり定義する。

$$VIF_t + RC_t = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{DE_{s+t}}{(1+r)^s} = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{PAT_{s+t} + (RC_{s+t-1} - RC_{s+t})}{(1+r)^s} \quad \cdots \quad (6)$$

$VIF_t + RC_t$のうち、必要資本RC_tを除いた部分であるVIF_tが、（資本コスト控除後の）保有契約価値である。

VIF_t：（資本コスト控除後の）保有契約価値（Value of in-force covered business）

さて、$VIF_t + RC_t$は、フリー・サープラス除きの部分の価値であったから、

EV_t：Embedded Value は、(7)式のとおり定義される。

$$EV_t = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{DE_{s+t}}{(1+r)^s} + FS_t = VIF_t + RC_t + FS_t = VIF_t + ANW_t \quad \cdots \quad (7)$$

(Embedded Value＝保有契約価値＋修正純資産)

１－４．資本コストの算出

Embedded Value は、保有契約の「法定責任準備金＋必要資本」から生まれる価値 $VIF_t + RC_t = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{DE_{s+t}}{(1+r)^s}$ にフリー・サープラスを加えることで算出されるが、リスクの定義・計算方法により変化し得る「必要資本」に基づいて算出される分配可能利益DE_{s+t}は、普段馴染みのないものである。（また、フリー・サープラスの算出にも「必要資本」が必要である。）

そこで、「必要資本」という概念なしに、保有契約価値という概念を考えてみたい。保有契約に係る「法定責任準備金」から算出される法定会計上の税引後当期利益である$PAT_t^* = \{SVL_{t-1} \times i_t - CF_t + (SVL_{t-1} - SVL_t)\} \times (1-T)$の現価を合計して、保有契約に係る「法定責任準備金」から生まれる価値である（資本コスト控除前の）保有契約価値$PVFP_t$を、(8)式で定義する。

$PVFP_t$：（資本コスト控除前の）保有契約価値（Present Value of Future Profits）

$$PVFP_t = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{\{SVL_{s+t-1} \times i_{s+t} - CF_{s+t} + (SVL_{s+t-1} - SVL_{s+t})\} \times (1-T)}{(1+r)^s} \quad \cdots \quad (8)$$

さて、前節（１－３）では、保有契約に係る「法定責任準備金＋必要資本」から生まれる価値$VIF_t + RC_t$から「必要資本」を控除して（資本コスト控除後の）保有契約価値VIF_tとしたが、$VIF_t = PVFP_t$となっているであろうか。

結論から言えば、$VIF_t = PVFP_t$の等式は成立せず、$PVFP_t$とVIF_tの差額が資本コストである。

CoC_t：資本コスト（Cost of (holding required) Capital）

$$CoC_t = PVFP_t - VIF_t \quad \cdots \quad (9)$$

（資本コストは、後述の(10)式または(11)式を定義式とするのが一般的であるが、本論

文では、Embedded Value の構成要素の関係整理のため、あえて(9)式を定義式とした。)

(9)式に、(8)式、(6)式および(4)式を代入すると、資本コストは(10)式で表される。

$$CoC_t = -\left(\sum_{s=1}^{\infty}\frac{RC_{s+t-1}\times i_{s+t}\times(1-T)+(RC_{s+t-1}-RC_{s+t})}{(1+r)^s}-RC_t\right)$$

$$= RC_t - \sum_{s=1}^{\infty}\frac{RC_{s+t-1}-RC_{s+t}}{(1+r)^s} - \sum_{s=1}^{\infty}\frac{RC_{s+t-1}\times i_{s+t}\times(1-T)}{(1+r)^s} \quad \cdots \quad (10)$$

(資本コスト＝計算基準日における必要資本－将来リリースされる必要資本

及び必要資本に対する運用収益（税引後）の現価)

また、(10)式を変形すると、資本コストは(11)式で表される。

$$CoC_t = RC_t - \sum_{s=1}^{\infty}\frac{RC_{s+t-1}\times(1+r)-RC_{s+t-1}\times r-RC_{s+t}}{(1+r)^s} - \sum_{s=1}^{\infty}\frac{RC_{s+t-1}\times i_{s+t}\times(1-T)}{(1+r)^s}$$

$$= RC_t - \sum_{s=1}^{\infty}\frac{RC_{s+t-1}}{(1+r)^{s-1}} + \sum_{s=1}^{\infty}\frac{RC_{s+t-1}\times r}{(1+r)^s} + \sum_{s=1}^{\infty}\frac{RC_{s+t}}{(1+r)^s} - \sum_{s=1}^{\infty}\frac{RC_{s+t-1}\times i_{s+t}\times(1-T)}{(1+r)^s}$$

$$= RC_t - \sum_{s=0}^{\infty}\frac{RC_{s+t}}{(1+r)^s} + \sum_{s=1}^{\infty}\frac{RC_{s+t}}{(1+r)^s} + \sum_{s=1}^{\infty}\frac{RC_{s+t-1}\times\{r-i_{s+t}\times(1-T)\}}{(1+r)^s}$$

$$= \sum_{s=1}^{\infty}\frac{RC_{s+t-1}\times\{r-i_{s+t}\times(1-T)\}}{(1+r)^s} \quad \cdots \quad (11)$$

(資本コスト＝必要資本に対するハードル・レートと税引後運用利回りの差の現価)

さて、(7)式に(9)式を代入すると、(12)式のとおり Embedded Value が資本コスト控除前の保有契約価値 $PVFP_t$ を用いて表される。

$$EV_t = ANW_t + PVFP_t - CoC_t \quad \cdots \quad (12)$$

(Embedded Value＝修正純資産＋保有契約価値（資本コスト控除前）－資本コスト)

(12)式の表現では、「必要資本」の概念が CoC_t の中に残ることになるものの、ANW_t および $PVFP_t$ は「必要資本」の概念なしに算出可能となる。

このとき、(12)式に(8)式および(11)式を代入し、(4)式を用いて整理すると、Embedded Value は以下のとおり表される。

$$EV_t = \sum_{s=1}^{\infty}\frac{PAT_{s+t}-RC_{s+t-1}\times r}{(1+r)^s} + ANW_t = \left(\sum_{s=1}^{\infty}\frac{PAT_{s+t}-RC_{s+t-1}\times r}{(1+r)^s}+RC_t\right)+FS_t$$

この式の分子が、エコノミック・プロフィット $EP_{s+t} = PAT_{s+t} - RC_{s+t-1}\times r$ であり、これがエコノミック・プロフィット法による企業価値の評価方法である。エコノミック・

プロフィットは、次式のとおり表現することもできる。

$$EP_{s+t} = \{SVL_{s+t-1} \times i_{s+t} - CF_{s+t} + (SVL_{s+t-1} - SVL_{s+t})\} \times (1-T) \\ - RC_{s+t-1} \times \{r - i_{s+t} \times (1-T)\}$$

第一項は(8)式で定義される資本コスト控除前の保有契約価値$PVFP_t$の分子PAT_t*であり、第二項は(11)式で定義される資本コストCoC_tの分子である。つまり、このエコノミック・プロフィットの考え方からは、資本コストの考え方が自然に導かれる。

一般に、資本コストは、以下のように理解することができる。

将来利益を生み出す保有契約を保有する保険会社は、生命保険事業のリスクに応じて、十分な支払能力を確保するために必要資本を保有する必要があるが、この拘束された必要資本は、リリースされるまでは資産運用収益しか生み出さない。投資家（必要資本の提供者）はハードル・レートによる投資機会を求めているため、資産運用利回りがハードル・レートに満たない場合、投資家は、投資機会を喪失したことによる機会費用を負担していると考えることができる。

この資本コストは、Embedded Value の控除項目であるが、必要資本（または、修正純資産）、保有契約価値のいずれから控除すべきかという問題については、両論あるであろう。実際、CFOフォーラムから2004年に発表された「EEV原則」では、Embedded Value の構成要素として「必要資本－資本コスト」が挙げられていたが、2008 年に発表された「MCEV 原則」では、必要資本に対するフリクショナル・コスト等の項目（一種の資本コスト）は保有契約価値の控除項目とされている。

資本コストを、必要資本から控除すべきと考えた場合、必要資本を、RC_tではなく、

$$\sum_{s=1}^{\infty} \frac{RC_{s+t-1} - RC_{s+t}}{(1+r)^s} + \sum_{s=1}^{\infty} \frac{RC_{s+t-1} \times i_{s+t} \times (1-T)}{(1+r)^s}$$

で評価していることになる。

つまり、即時に投資家に分配可能なフリー・サープラスは、その時点での価値で評価されるが、拘束されている必要資本は、その時点での価値では評価されず、リリースされる時期に応じて、リリースされる金額（必要資本に係る資産運用収益分を含む）をハードル・レートで割り引いた金額でしか評価されないということである。よって、拘束されている期間に応じて、必要資本は割り引いて評価されることになる。

なお、以下の事実を踏まえると、資本コスト（または必要資本に対するフリクショナル・コスト）は保有契約価値の控除項目とする方が、整理が良いと考えられる。

- 第３章で説明するとおり、社債・借入金がある場合、Embedded Value の計算方法の違いによって、理論的に Embedded Value 自体の金額が変わらない中、（資本コスト控除前の）保有契約価値と資本コストの内訳が変化すること

➢ 第５章で説明する MCEV と比べると、理論的に Embedded Value 自体の金額が変わらない中、（資本コスト控除前の）保有契約価値と資本コスト（または必要資本に対するフリクショナル・コスト）の内訳が変化すること

さて、今後の計算のために、

MVL_t：負債の市場価値（Market Value of Liability）を、(13)式のとおり定義する（なお、本論文の目的は、負債の市場価値について論じることではなく、計算式を通じて Embedded Value の理論的側面を整理することであり、そのための便宜的な定義である）。

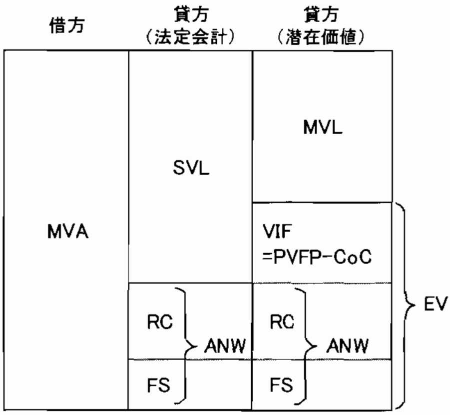
$$MVL_t = MVA_t - EV_t \qquad \cdots \quad (13)$$

（負債の市場価値＝資産の市場価値－Embedded Value）

ここで、(13)式に(3)式および(7)式を代入して、(14)式が得られる。

$$MVL_t = SVL_t - VIF_t \qquad \cdots \quad (14)$$

（負債の市場価値＝法定責任準備金－保有契約価値（資本コスト控除後））



１－５．ＥＶの増減

以下では、Embedded Value の増減について検討する。

資産の市場価値に関して、(15)式が成立する。

$$\begin{aligned} MVA_t &= (SVL_{t-1} + RC_{t-1}) \times (1 + i_t) + FS_{t-1} \times (1 + j_t) - CF_t \\ &\quad - \{(SVL_{t-1} + RC_{t-1}) \times i_t + FS_{t-1} \times j_t - CF_t + (SVL_{t-1} - SVL_t)\} \times T \\ &= (SVL_{t-1} + RC_{t-1}) \times \{1 + i_t \times (1 - T)\} + FS_{t-1} \times \{1 + j_t \times (1 - T)\} - CF_t \times (1 - T) \\ &\quad - (SVL_{t-1} - SVL_t) \times T \end{aligned} \qquad \cdots \quad (15)$$

ここで、(15)式を変形し、(3)式を用いて整理すると、

$$PAT_t{*} = \{SVL_{t-1} \times i_t - CF_t + (SVL_{t-1} - SVL_t)\} \times (1-T)$$
$$= MVA_t + (SVL_{t-1} - SVL_t) - SVL_{t-1} - RC_{t-1} \times \{1 + i_t \times (1-T)\} - FS_{t-1} \times \{1 + j_t \times (1-T)\}$$
$$= RC_t + FS_t - RC_{t-1} \times \{1 + i_t \times (1-T)\} - FS_{t-1} \times \{1 + j_t \times (1-T)\}$$

特に、この式を(8)式に代入すると、次式が導かれる。

$$PVFP_t = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{RC_{s+t} + FS_{s+t} - RC_{s+t-1} \times \{1 + i_{s+t} \times (1-T)\} - FS_{s+t-1} \times \{1 + j_{s+t} \times (1-T)\}}{(1+r)^s}$$

この式は、資本コスト控除前の保有契約価値は、修正純資産の資産運用収益以外の要因による増加の現価合計により算出されることを表している。

同様に、(15)式に(4)式および(5)式を代入して、(3)式を用いて整理すると、

$$DE_t$$
$$= MVA_t + (SVL_{t-1} + RC_{t-1} - SVL_t - RC_t) - SVL_{t-1} - RC_{t-1} - FS_{t-1} \times \{1 + j_t \times (1-T)\}$$
$$= FS_t - FS_{t-1} \times \{1 + j_t \times (1-T)\}$$

特に、この式を(6)式に代入すると、次式が導かれる。

$$VIF_t + RC_t = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{FS_{s+t} - FS_{s+t-1} \times \{1 + j_{s+t} \times (1-T)\}}{(1+r)^s}$$

この式は、資本コスト控除後の保有契約価値に必要資本を加えた価値は、フリー・サープラスの資産運用収益以外の要因による増加の現価合計により算出されることを表している。

$prft_t$: Embedded Value 会計における保有契約からの利益を、(16)式で定義する。

$$\begin{aligned} prft_t &= (SVL_{t-1} + RC_{t-1}) \times i_t - CF_t + MVL_{t-1} - MVL_t \\ &\quad - \{(SVL_{t-1} + RC_{t-1}) \times i_t - CF_t + (SVL_{t-1} - SVL_t)\} \times T \\ &= (SVL_{t-1} + RC_{t-1}) \times i_t \times (1-T) - CF_t \times (1-T) + MVL_{t-1} - MVL_t \\ &\quad - (SVL_{t-1} - SVL_t) \times T \end{aligned} \qquad \cdots \quad (16)$$

(15)式および(16)式より、

$$MVA_t = (prft_t - MVL_{t-1} + MVL_t) + (SVL_{t-1} + RC_{t-1}) + FS_{t-1} \times \{1 + j_t \times (1-T)\}$$

この式に(13)式を代入して、(3)式を用いて整理すると、(17)式が求められる。

$$EV_t - EV_{t-1} = prft_t + FS_{t-1} \times j_t \times (1-T) \qquad \cdots \quad (17)$$

ROE_t : Embedded Value 会計における ROE を、(18)式で定義する。

$$ROE_t = \frac{EV_t - EV_{t-1}}{EV_{t-1}} = \frac{prft_t + FS_{t-1} \times j_t \times (1-T)}{EV_{t-1}} \qquad \cdots \quad (18)$$

２．ＥＶの増減の分析

２－１．ＥＶの増減の分析：実績＝計算前提の場合

第１章では Embedded Value の構成要素の関係について整理した。次に、Embedded Value の増減の分析について整理する。Embedded Value 計算における将来の各キャッシュフローは、計算前提（Assumptions）に基づいて計算されているが、まず、実績が計算前提どおりとなる場合について整理する。つまり、実績が計算前提どおりに現れ、期始と期末で計算前提が変化しないという前提で計算を行うものとする。

まず、$prft_t$ については、(4)式および(5)式を用いて(16)式を整理すると、

$$prft_t = DE_t - \left(RC_{t-1} - RC_t\right) - \left(SVL_{t-1} - SVL_t\right) + MVL_{t-1} - MVL_t$$

この式に(14)式を代入して整理すると、

$$prft_t = DE_t + \left(VIF_t + RC_t\right) - \left(VIF_{t-1} + RC_{t-1}\right)$$

ここで、実績が計算前提どおりとなるという前提では、(6)式より、

$$\left(VIF_{t-1} + RC_{t-1}\right) \times (1 + r) = DE_t + \left(VIF_t + RC_t\right)$$

が成立するから、この式を代入すると、(19)式が得られる。

$$prft_t = \left(VIF_{t-1} + RC_{t-1}\right) \times r \qquad \cdots \quad (19)$$

ここで、(17)式に(19)式を代入すると、(20)式が得られる。

$$EV_t - EV_{t-1} = \left(VIF_{t-1} + RC_{t-1}\right) \times r + FS_{t-1} \times j_t \times (1 - T) \qquad \cdots \quad (20)$$

(20)式は、実績が計算前提どおりとなる場合、Embedded Value の増加は、「保有契約価値＋必要資本」×ハードル・レートとフリー・サープラスに係る資産運用収益の合計に等しいことを表している。

さらに、(18)式に(20)式および(7)式を代入すると、(21)式が得られる。

$$ROE_t = \frac{\left(VIF_{t-1} + RC_{t-1}\right) \times r + FS_{t-1} \times j_t \times (1 - T)}{VIF_{t-1} + RC_{t-1} + FS_{t-1}} \qquad \cdots \quad (21)$$

(21)式は、実績が計算前提どおりとなる場合、フリー・サープラスの割合が高いほど、Embedded Value 会計における ROE が低くなることを示している。

なお、$FS_t = 0$ の場合、もしくは、フリー・サープラス除きで ROE を考えると、(18)式に(7)式を代入して、次式が得られる。

$$ROE_t = \frac{prft_t}{VIF_{t-1} + RC_{t-1}}$$

ここで、実績が計算前提どおりとなるという前提では、この式に(19)式を代入して、

$$ROE_t = \frac{\left(VIF_{t-1} + RC_{t-1}\right) \times r}{VIF_{t-1} + RC_{t-1}} = r$$

となり、ROEがハードル・レートに等しくなることが分かる。

２－２．ＥＶの増減の分析：一般の場合

２－２－１．契約群団を用いた再定義

次に、計算前提の変化等が、Embedded Value の増減にどのような影響を及ぼすかを計算により確認する。以下、$t=0$ および $t=1$ での Embedded Value を計算する。

各項目の計算に用いる計算前提については、$t=0$ 時点での計算前提は右上に 0 を、$t=1$ 時点での計算前提は右上に 1 を添えて表示する。なお、ストック項目の右上に t の添え字がある場合、時点 t における計算前提を表し、フロー項目の右上に 1 の添え字がある場合、時点 0～1 における実績を表すものとする。

まず、以下の契約群団を定義し、個別契約の集合として会社全体を定義する。

x ：契約

X_t ：保有契約群団

Y_t ：脱退（死亡・解約等）契約群団

Z_t ：新契約群団（本論文では簡便化のため、新契約の脱退はないものとする）

時点 0 における予測においては、Embedded Value は新契約のないクローズド・モデルなので、(22)式が成立する。

$$X_0^0 - Y_1^0 = X_1^0 \qquad \cdots \quad (22)$$

（年始保有契約－脱退契約＝年末保有契約【時点 0 における予測】）

時点 0～1 における実績については、新契約があり、(23)式となる。

$$X_0^0 + Z_1^1 - Y_1^1 = X_1^1 \qquad \cdots \quad (23)$$

（年始保有契約＋新契約－脱退契約＝年末保有契約【時点 0～1 における実績】）

(22)式に(23)式を代入して、(24)式が得られる。

$$X_1^0 = \left(X_1^1 - Z_1^1\right) + Y_1^1 - Y_1^0 \qquad \cdots \quad (24)$$

（年末保有契約高の予測＝（年末保有契約高の実績－新契約）

＋脱退契約の実績－脱退契約の予測）

契約群団を考えると、(1)式および(2)式は以下のとおりとなる。

$$ANW_t = MVA_t - \sum_{x \in X_t} SVL(x)_t \qquad \cdots \quad (1')$$

$$FS_t = ANW_t - \sum_{x \in X_t} RC(x)_t \qquad \cdots \quad (2')$$

また、(1')式を(2')式に代入して、

$$MVA_t = \sum_{x \in X_t} \left(SVL(x)_t + RC(x)_t \right) + FS_t \qquad \cdots \quad (3')$$

各契約の「法定責任準備金＋必要資本」から生まれる利益 $PAT(x)_t$、各契約の保有契約価値 $VIF(x)_t$ および Embedded Value EV_t を、以下のとおり定義する。

$$PAT(x)_t = \left\{ \left(SVL(x)_{t-1} + RC(x)_{t-1} \right) \times i_t - CF(x)_t + \left(SVL(x)_{t-1} - SVL(x)_t \right) \right\} \times (1 - T) \qquad \cdots \quad (4')$$

$$VIF(x)_t = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{PAT(x)_{s+t} + \left(RC(x)_{s+t-1} - RC(x)_{s+t} \right)}{(1+r)^s} - RC(x)_t \qquad \cdots \quad (6')$$

$$EV_t = ANW_t + \sum_{x \in X_t} VIF(x)_t \qquad \cdots \quad (7')$$

また、各契約の負債の市場価値 $MVL(x)_t$ を、(14')式のとおり定義する。

$$MVL(x)_t = SVL(x)_t - VIF(x)_t \qquad \cdots \quad (14')$$

ここで、(7')式に、(1')式および(14')式を代入して、(13')式が導かれる。

$$EV_t = MVA_t - \sum_{x \in X_t} MVL(x)_t \qquad \cdots \quad (13')$$

資産の市場価値の予測値については、(15')式のとおりとなる。なお、以下、簡便化のため、法定責任準備金 $SVL(x)_t$ はロックイン方式で計算されているものとする。

$$MVA_1^0 = \sum_{x \in X_0^0} \left(SVL(x)_0 + RC(x)_0^0 \right) \times \left\{ 1 + i_1^0 \times (1 - T) \right\} + FS_0^0 \times \left\{ 1 + j_1^0 \times (1 - T) \right\}$$

$$- \sum_{x \in X_0^0} CF(x)_1^0 \times (1 - T) - \sum_{x \in X_0^0} SVL(x)_0 \times T + \sum_{x \in X_1^0} SVL(x)_1 \times T \qquad \cdots \quad (15')$$

一方、資産の市場価値の実績値については、資産運用収益、保険関係キャッシュフロー、税以外の資産の増減項目として、株主配当支払および増資による株主資本の増減項目を考える必要がある。

なお、株主配当支払および増資は利益には影響しない項目であり、将来の株主配当支払および増資は、現在の Embedded Value には無関係である。よって、本論文は、予測において将来の株主配当支払および増資を考慮していない。(予測において将来の株主配当支払および増資を考慮することも可能であるが、本論文で得られる結論への影響はない。)

SD_t ：株式配当支払（stock dividend）

CI_t ：増資（capital increase）

これらを用いて、資産の市場価値の実績値に関して、(15")式が成立する。

$$MVA_1^1 = \sum_{x \in X_0^0} \left(SVL(x)_0 + RC(x)_0^0 \right) \times \left\{ 1 + i_1^1 \times (1-T) \right\} + FS_0^0 \times \left\{ 1 + j_1^1 \times (1-T) \right\}$$

$$- \sum_{x \in X_0^0 + Z_1^1} CF(x)_1^1 \times (1-T) - \sum_{x \in X_0^0} SVL(x)_0 \times T + \sum_{x \in X_1^1} SVL(x)_1 \times T - SD_1^1 + CI_1^1$$

$$\cdots \ (15")$$

Embedded Value 会計における各保有契約からの利益 $prft(x)_1$ を、(16')式のとおり定義する。

$$prft(x)_1 = \left(SVL(x)_0 + RC(x)_0^0 \right) \times i_1^1 - CF(x)_1^1 + MVL(x)_0^0 - MVL(x)_1^1$$

$$- \left\{ \left(SVL(x)_0 + RC(x)_0^0 \right) \times i_1^1 - CF(x)_1^1 + \left(SVL(x)_0 - SVL(x)_1 \right) \right\} \times T \quad \cdots \ (16')$$

ただし、$t = 1$ で消滅している契約（$x \in Y_1^1$）は、$SVL(x)_1 = MVL(x)_1^1 = 0$ とみなすものとする。また、新契約（$x \in Z_1^1$）は、$SVL(x)_0 = RC(x)_0^0 = MVL(x)_0^0 = 0$ である。

これを、$X_0^0 + Z_1^1 = X_1^1 + Y_1^1$ に対して合計して、Embedded Value 会計における全保有契約からの利益 $prft_1$ を、(16")式のとおり定義する。

$$prft_1 = \sum_{X_0^0 + Z_1^1} \left(SVL(x)_0 + RC(x)_0^0 \right) \times i_1^1 \times (1-T) - \sum_{X_0^0 + Z_1^1} CF(x)_1^1 \times (1-T)$$

$$+ \sum_{X_0^0 + Z_1^1} \left(MVL(x)_0^0 - SVL(x)_0 \times T \right) - \sum_{X_1^1 + Y_1^1} \left(MVL(x)_1^1 - SVL(x)_1 \times T \right)$$

$$= \sum_{X_0^0} \left(SVL(x)_0 + RC(x)_0^0 \right) \times i_1^1 \times (1-T) - \sum_{X_0^0 + Z_1^1} CF(x)_1^1 \times (1-T)$$

$$+ \sum_{X_0^0} \left(MVL(x)_0^0 - SVL(x)_0 \times T \right) - \sum_{X_1^1} \left(MVL(x)_1^1 - SVL(x)_1 \times T \right) \quad \cdots \ (16")$$

(16")式で定義した Embedded Value 会計における全保有契約からの利益 $prft_1$ と Embedded Value の増減との関係を確認する。

(13')式より、次式が成立する。

$$EV_1^1 - EV_0^0 = \left(MVA_1^1 - \sum_{x \in X_1^1} MVL(x)_1^1 \right) - \left(MVA_0^0 - \sum_{x \in X_0^0} MVL(x)_0^0 \right)$$

この式に、(15")式および(3')式を代入して、(16")式を用いて整理すると、(17')式が導かれる。

$$
\begin{aligned}
EV_1^1 - EV_0^0 = & \sum_{x\in X_0^0}\left(SVL(x)_0 + RC(x)_0^0\right)\times i_1^1 \times (1-T) + FS_0^0 \times j_1^1 \times (1-T) \\
& - \sum_{x\in X_0^0+Z_1^1} CF(x)_1^1 \times (1-T) - \sum_{x\in X_0^0} SVL(x)_0^0 \times T + \sum_{x\in X_1^1} SVL(x)_1^1 \times T \\
& - \sum_{x\in X_1^1} MVL(x)_1^1 + \sum_{x\in X_0^0} MVL(x)_0^0 - SD_1^1 + CI_1^1 \\
= & \; prft_1 + FS_0^0 \times j_1^1 \times (1-T) - SD_1^1 + CI_1^1 \qquad \cdots \quad (17')
\end{aligned}
$$

よって、Embedded Value の増減が、全保有契約からの利益、フリー・サープラスに係る資産運用収益、株主配当および増資に分解されることが分かる。

２－２－２．ＥＶの増減の分解

さて、Embedded Value の増減について分析する。Embedded Value の増減は、(25)式のとおり分解することができる。

$$
EV_1^1 - EV_0^0 = \left(EV_1^1 - EV_1^0\right) + \left(EV_1^0 - EV_0^0\right) \qquad \cdots \quad (25)
$$

（ＥＶの増減＝年末ＥＶの予測と実績の差＋年始計算前提でのＥＶの増減※

※　年始のＥＶ計算において将来の新契約を含めていないことから、年始計算前提での増減においても新契約を含めていない）

(25)式の第二項は、(20)式より以下のとおり表される。

$$
EV_1^0 - EV_0^0 = \sum_{x\in X_0^0}\left(VIF(x)_0^0 + RC(x)_0^0\right)\times r^0 + FS_0^0 \times j_1^0 \times (1-T) \qquad \cdots \quad (20')
$$

（年始計算前提でのＥＶの増減

＝（年始保有契約価値＋年始必要資本）×ハードル・レート

＋フリー・サープラス×予定運用利回り）

次に(25)式の第一項の構成要素については、(13')式および(24)式を用いて、

$$
\begin{aligned}
EV_1^1 &= MVA_1^1 - \sum_{x\in X_1^1} MVL(x)_1^1 \\
&= MVA_1^1 - \sum_{x\in X_1^1-Z_1^1} MVL(x)_1^1 - \sum_{x\in Z_1^1} MVL(x)_1^1 \qquad \cdots \quad (26)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
EV_1^0 &= MVA_1^0 - \sum_{x\in X_1^0} MVL(x)_1^0 \\
&= MVA_1^0 - \sum_{x\in X_1^1-Z_1^1} MVL(x)_1^0 - \sum_{x\in Y_1^1} MVL(x)_1^0 + \sum_{x\in Y_1^0} MVL(x)_1^0 \qquad \cdots \quad (27)
\end{aligned}
$$

よって、(26)式から(27)式を差し引き、(15')式および(15")式を代入すると、(25)式の第一項は、(28)式のとおり表される。

$$
\begin{aligned}
EV_1^1 - EV_1^0 = &\sum_{x\in X_0^0}\left(SVL(x)_0 + RC(x)_0^0\right)\times\left(i_1^1 - i_1^0\right)\times(1-T) + FS_0^0\times\left(j_1^1 - j_1^0\right)\times(1-T)\\
&-\sum_{x\in X_0^0}\left(CF(x)_1^1 - CF(x)_1^0\right)\times(1-T) - \sum_{x\in Z_1^1} CF(x)_1^1\times(1-T) - SD_1^1 + CI_1^1\\
&-\sum_{x\in X_1^1 - Z_1^1}\left(MVL(x)_1^1 - MVL(x)_1^0\right) - \sum_{x\in Z_1^1}\left(MVL(x)_1^1 - SVL(x)_1\times T\right)\\
&+\sum_{x\in Y_1^1}\left(MVL(x)_1^0 - SVL(x)_1\times T\right) - \sum_{x\in Y_1^0}\left(MVL(x)_1^0 - SVL(x)_1\times T\right) \quad \cdots \quad (28)
\end{aligned}
$$

ここで、(4')式を新契約について考えると、$SVL(x)_0 = RC(x)_0^0 = 0$ より次式となる。

$$
\sum_{x\in Z_1^1} PAT(x)_1^1 = \sum_{x\in Z_1^1}\left\{-CF(x)_1^1 + \left(-SVL(x)_1\right)\right\}\times(1-T)
$$

よって、この式に(14')式を代入すると、(29)式が導かれる。

$$
-\sum_{x\in Z_1^1} CF(x)_1^1\times(1-T) - \sum_{x\in Z_1^1}\left(MVL(x)_1^1 - SVL(x)_1\times T\right) = \sum_{x\in Z_1^1}\left(PAT(x)_1^1 + VIF(x)_1^1\right) \quad \cdots \quad (29)
$$

また、(14')式より、(30)式が導かれる。

$$
MVL(x)_1^1 - MVL(x)_1^0 = -\left(VIF(x)_1^1 - VIF(x)_1^0\right) \quad \cdots \quad (30)
$$

(28)式に(29)式および(30)式を代入して、

$$
\begin{aligned}
EV_1^1 - EV_1^0 = &\sum_{x\in X_0^0}\left(SVL(x)_0 + RC(x)_0^0\right)\times\left(i_1^1 - i_1^0\right)\times(1-T) + FS_0^0\times\left(j_1^1 - j_1^0\right)\times(1-T)\\
&-\sum_{x\in X_0^0}\left(CF(x)_1^1 - CF(x)_1^0\right)\times(1-T) + \sum_{x\in Z_1^1}\left(PAT(x)_1^1 + VIF(x)_1^1\right)\\
&+\sum_{x\in X_1^1 - Z_1^1}\left(VIF(x)_1^1 - VIF(x)_1^0\right)\\
&+\sum_{x\in Y_1^1}\left(MVL(x)_1^0 - SVL(x)_1\times T\right) - \sum_{x\in Y_1^0}\left(MVL(x)_1^0 - SVL(x)_1\times T\right)\\
&-SD_1^1 + CI_1^1 \quad \cdots \quad (31)
\end{aligned}
$$

(25)式に(20')式および(31)式を代入して、Embedded Value の増減は、(32)式のとお

り表すことができる。

$$EV_1^1 - EV_0^0 = \sum_{x \in X_0^0} \left(VIF(x)_0^0 + RC(x)_0^0 \right) \times r^0 + FS_0^0 \times j_1^1 \times (1-T)$$
$$+ \sum_{x \in Z_1^1} \left(PAT(x)_1^1 + VIF(x)_1^1 \right) + \sum_{x \in X_1^1 - Z_1^1} \left(VIF(x)_1^1 - VIF(x)_1^0 \right)$$
$$+ \sum_{x \in X_0^0} \left(SVL(x)_0 + RC(x)_0^0 \right) \times \left(i_1^1 - i_1^0 \right) \times (1-T)$$
$$- \sum_{x \in X_0^0} \left(CF(x)_1^1 - CF(x)_1^0 \right) \times (1-T)$$
$$+ \sum_{x \in Y_1^1} \left(MVL(x)_1^0 - SVL(x)_1 \times T \right) - \sum_{x \in Y_1^0} \left(MVL(x)_1^0 - SVL(x)_1 \times T \right)$$
$$- SD_1^1 + CI_1^1 \qquad \cdots \quad (32)$$

この Embedded Value の増減である(32)式を表にまとめると、以下のとおりである。

項目	内容
$+ \sum_{x \in X_0^0} \left(VIF(x)_0^0 + RC(x)_0^0 \right) \times r^0$	期始の保有契約価値および必要資本 ×ハードル・レート
$+ FS_0^0 \times j_1^1 \times (1-T)$	フリー・サープラスに係る資産運用収益
$+ \sum_{x \in Z_1^1} \left(PAT(x)_1^1 + VIF(x)_1^1 \right)$	新契約価値（新契約に係る当期利益 ＋保有契約価値）
$+ \sum_{x \in X_1^1 - Z_1^1} \left(VIF(x)_1^1 - VIF(x)_1^0 \right)$	計算前提の変更に伴う 期末保有契約価値の増減
$+ \sum_{x \in X_0^0} \left(SVL(x)_0 + RC(x)_0^0 \right) \times \left(i_1^1 - i_1^0 \right) \times (1-T)$	計算前提と実績の差異による損益 （資産運用部分）
$- \sum_{x \in X_0^0} \left(CF(x)_1^1 - CF(x)_1^0 \right) \times (1-T)$ $+ \sum_{x \in Y_1^1} \left(MVL(x)_1^0 - SVL(x)_1 \times T \right)$ $- \sum_{x \in Y_1^0} \left(MVL(x)_1^0 - SVL(x)_1 \times T \right)$	計算前提と実績の差異による損益 （その他部分）
$- SD_1^1 + CI_1^1$	株主配当および増資

なお、計算前提と実績の差異による損益（その他部分）については、その式の意味合いが、直感的に理解困難であると思われるため、補足しておく。

まず、$W_1^1 = Y_1^1 - Y_1^1 \cap Y_1^0$、$W_1^0 = Y_1^0 - Y_1^1 \cap Y_1^0$ として、(14')式を用いて表現式を変

形する。

$$
\begin{aligned}
&-\sum_{x\in X_0^0}\left(CF(x)_1^1-CF(x)_1^0\right)\times(1-T)\\
&\quad+\sum_{x\in Y_1^1}\left(MVL(x)_1^0-SVL(x)_1\times T\right)-\sum_{x\in Y_1^0}\left(MVL(x)_1^0-SVL(x)_1\times T\right)\\
&=\sum_{x\in X_0^0-W_1^1-W_1^0}-\left(CF(x)_1^1-CF(x)_1^0\right)\times(1-T)\\
&\quad-\sum_{x\in W_1^1}\left(CF(x)_1^1-CF(x)_1^0\right)\times(1-T)-\sum_{x\in W_1^0}\left(CF(x)_1^1-CF(x)_1^0\right)\times(1-T)\\
&\quad+\sum_{x\in W_1^1}\left(SVL(x)_1\times(1-T)-VIF(x)_1^0\right)-\sum_{x\in W_1^0}\left(SVL(x)_1\times(1-T)-VIF(x)_1^0\right)\\
&=\sum_{x\in X_0^0-W_1^1-W_1^0}-\left(CF(x)_1^1-CF(x)_1^0\right)\times(1-T)\\
&\quad+\sum_{x\in W_1^1}\left(\left\{\left(SVL(x)_1-CF(x)_1^1\right)+CF(x)_1^0\right\}\times(1-T)-VIF(x)_1^0\right)\\
&\quad+\sum_{x\in W_1^0}\left(\left\{-\left(SVL(x)_1-CF(x)_1^0\right)-CF(x)_1^1\right\}\times(1-T)+VIF(x)_1^0\right)
\end{aligned}
$$

第一項 $\sum_{x\in X_0^0-W_1^1-W_1^0}-\left(CF(x)_1^1-CF(x)_1^0\right)\times(1-T)$は、消滅に関係のない保有契約のキャッシュフローの前提と実績の差を表す。例えば、発生率、事業費の差等が挙げられる。

第二項 $\sum_{x\in W_1^1}\left(\left\{\left(SVL(x)_1-CF(x)_1^1\right)+CF(x)_1^0\right\}\times(1-T)-VIF(x)_1^0\right)$は、計算前提以上に契約が消滅したことによる収支の差を表す。うち$\left(SVL(x)_1-CF(x)_1^1\right)\times(1-T)$部分は、契約が消滅したことによる収支の発生を表す。例えば、解約であれば、$CF(x)_1^1$が解約返戻金支払を表すが、一般的に$CF(x)_1^1<SVL(x)_1^0$であり、この収支はプラスとなる（解約控除が益として計上される）。また、死亡による消滅であれば、$CF(x)_1^1$が死亡保険金支払を表すが、一般的に$CF(x)_1^1>SVL(x)_1^0$であり、この収支はマイナスとなる（危険保険金が損として計上される）。うち$CF(x)_1^0\times(1-T)-VIF(x)_1^0$部分は、契約消滅による当年度の予定キャッシュフローおよび保有契約価値の消滅を表す。

第三項 $\sum_{x\in W_1^0}\left(\left\{-\left(SVL(x)_1-CF(x)_1^0\right)-CF(x)_1^1\right\}\times(1-T)+VIF(x)_1^0\right)$は、契約の消滅が計算前提以下だったことによる収支の差を表す。うち$-\left(SVL(x)_1-CF(x)_1^0\right)\times(1-T)$部分は、契約が消滅しなかったことにより、消滅による予定収支がなくなったことを表す。具体的イメージは第二項と同様のため省略する。うち$-CF(x)_1^1\times(1-T)+VIF(x)_1^0$部分は、契約が消滅しなかったことによる、当年度の実績キャッシュフローおよび保有契約価値の計上を表す。

なお、Embedded Value の増減の分解を実務上行う際には、例えば、以下のような課題があることを注意しておく。

- 必要資本は、必ずしも契約単位に計算されるものではない。特に、リスク量を用いて必要資本を計算する場合、リスク相関の影響により、会社全体で計算した必要資本は、契約毎に計算した必要資本の単純合計よりも小さくなる。
- 本論文では、フリー・サープラスに係る運用収益を、実績運用収益率を用いて $FS_0^0 \times j_1^1 \times (1-T)$ とし、資産運用に係る前提と実績の差を、法定責任準備金＋必要資産に係る運用収益の差として $\sum_{x \in X_0^0} \left(SVL(x)_0 + RC(x)_0^0 \right) \times \left(i_1^1 - i_1^0 \right) \times (1-T)$ とした。一方で、フリー・サープラスに係る運用収益を、前提運用収益率を用いて $FS_0^0 \times j_1^0 \times (1-T)$ とし、資産運用に係る前提と実績の差を、資産の市場価値（法定責任準備金＋必要資産＋フリー・サープラス）に係る運用収益の差として $\sum_{x \in X_0^0} \left(SVL(x)_0 + RC(x)_0^0 \right) \times \left(i_1^1 - i_1^0 \right) \times (1-T) + FS_0^0 \times \left(j_1^1 - j_1^0 \right) \times (1-T)$ とする分解もあり得る。CFO フォーラムより発表された「EEV 原則」および「MCEV 原則」では、後者の分解となっている。
- 本論文では、新契約価値は期末時点で評価しているが、「MCEV 原則」では新契約時点で評価するのが理想的とされている[注1]。その場合は、新契約時点の新契約価値と期末時点の新契約価値の差を他の項目に含めることになる。
- 本論文では、法定会計上の利益と税務会計上の利益が等しく、実効税率が一定であるとしたが、実際はそうとは限らない。
- 本論文では、計算を簡単にするために、CF の項目に保険関係キャッシュフローから生じるその年度の資産運用収益を含めた。実務上は、保険関係キャッシュフローと資産運用収益に分解する必要がある。
- 計算前提の変更に伴う保有契約価値の増減は、割引率の変更、資産運用利回りの変更、死亡率および発生率の変更、解約率の変更、事業費率の変更、配当率の変更等のあらゆる計算前提の変更に伴う保有契約価値の増減を含んでいる。これは、要因毎に分解する必要があるかもしれない。計算前提と実績の差異による損益（その他部分）も同様である。
- 「MCEV 原則」では、Embedded Value の増減は、フリー・サープラス、必要資本、保有契約価値の内訳を開示することとされている。
- 実務上は、上記以外の増減として、特殊要因による増減が発生する場合もある。例えば、Embedded Value の計算方法を TEV から MCEV に変更したことによる増減が挙げられる。

3. トップダウン・アプローチ

3－1. CAPM

第１章および第２章では、Embedded Value の計算式について整理したが、実際に Embedded Value を算出する場合、ハードル・レート（投資家の求める収益率）を、どのように設定するかという問題に直面する。ハードル・レートは、その企業のリスクを表すものであるが、単一のハードル・レートに、会社の持つすべてのリスクを織り込むのは容易ではない。

これに対する一つの答えが、CAPM（Capital Asset Pricing Model）にある。CAPMでは、株式の期待収益率 $r_i = E[R_i]$ は、その株式の β_i、市場の期待利回り $r_M = E[R_M]$ およびリスクフリーレート r_F から、(33)式により求められるとされている。

$$r_i = r_F + \beta_i \times (r_M - r_F) \qquad \cdots \quad (33)$$

（株式の期待収益率＝リスクフリーレート

＋ベータ×（市場の期待収益率－リスクフリーレート））

ただし、β_i は(34)式で表される。

$$\beta_i = \frac{\sigma_{iM}}{\sigma_M{}^2} = \rho_{iM}\frac{\sigma_i}{\sigma_M} \qquad \cdots \quad (34)$$

（$\sigma_i = \sigma[R_i]$、$\sigma_M = \sigma[R_M]$、$\sigma_{iM} = \mathrm{cov}(R_i, R_M) = E[R_i \cdot R_M] - E[R_i] \cdot E[R_M]$、

$\rho_{iM} = \dfrac{\sigma_{iM}}{\sigma_i \cdot \sigma_M}$ とする。）

時点 0 での株価を P_0、時点 1 での株価を P_1 とすると、$R_i = \dfrac{P_1}{P_0} - 1$ と表される。そこで、$r_i = E[R_i] = \dfrac{E[P_1]}{P_0} - 1$ を、(33)式に代入して P_0 を両辺に乗じると、(35)式となる。

$$E[P_1] - P_0 \cdot (1 + r_F) = P_0 \cdot \beta_i \cdot (r_M - r_F) \qquad \cdots \quad (35)$$

左辺は、株式に投資した場合の１年後の期待価格が安全（リスクフリー）資産に投資した場合の価格を上回る額を表す。株主は、企業への投資のリスクに対して、リスクフリーレート以上の収益率を求めるが、その上乗せ分であるリスク・プレミアムの実額を(35)式は表している。

特に $P_0 \cdot \beta_i = \dfrac{P_0 \cdot \mathrm{cov}(R_i, R_M)}{\sigma_M{}^2} = \dfrac{\mathrm{cov}(P_1, R_M)}{\sigma_M{}^2}$ を(35)式に代入すると、リスク・プレミアムを(36)式のように表現することも可能である。

$$E[P_1] - P_0 \cdot (1 + r_F) = \frac{\mathrm{cov}(P_1, R_M)}{\sigma_M{}^2} \cdot (r_M - r_F) \qquad \cdots \quad (36)$$

なお、(33)式に(34)式を代入して変形すると、次式が得られる。

$$\frac{r_i - r_F}{\sigma_i} = \rho_{iM} \cdot \frac{r_M - r_F}{\sigma_M}$$

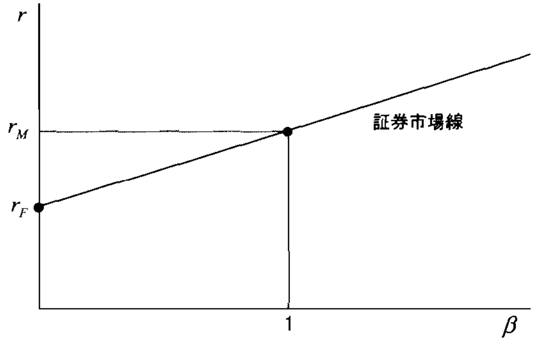
この式に、次式で定義されるシャープ・レシオを代入すると、シャープ・レシオの関係式である(37)式が得られる。

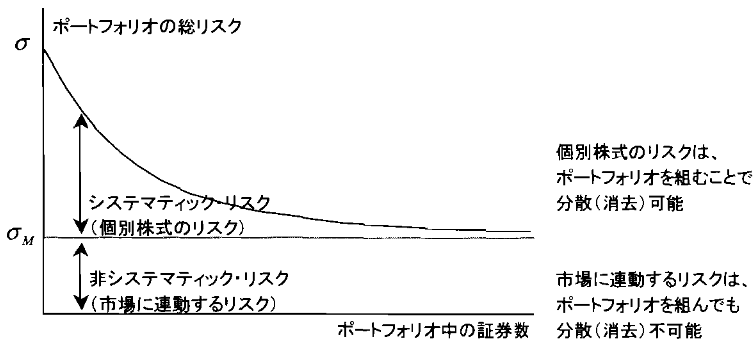
$$\lambda_i = \frac{r_i - r_F}{\sigma_i}$$ ：シャープ・レシオ（Sharpe Ratio）

$$\lambda_i = \rho_{iM} \cdot \lambda_M \qquad \cdots \quad (37)$$

βを横軸、期待収益率を縦軸とした平面上で、安全資産（$\beta = 0$）と市場ポートフォリオ（$\beta = 1$）を結ぶ直線（下図）を証券市場線（Security Market Line）と呼ぶ。

CAPMは、証券市場線の上に、すべての資産が乗るということを表している。





βは、個別株式が市場のリスクにどの程度影響されるかを表す指標であり、システマティック・リスクを表している。市場ポートフォリオに組み入れることによって、

非システマティック・リスクは分散（消去）されることになる。

よって、期待リターンとリスクで株式を評価するのは無意味であり、リスクの代わりに市場リスクを入れた平面で見る必要がある。この平面で見た場合、期待リターンとリスク（β）は、一直線上に並ぶことになる。

つまり、資産の固有のリスクは収益率に影響せず、市場ポートフォリオとの共分散だけがリスクとなることが、CAPMより読み取れる。

CAPMの証明は付録Aのとおりであるが、直感的には以下のように理解できる。

仮に、r_iが$r_F + \beta_i \times (r_M - r_F)$より低い株式があるとすると、その株式を市場はどのように評価するであろうか。

このβ_iに対して、市場ポートフォリオと安全資産を$\beta_i : 1-\beta_i$の割合で保有したとすると、そのリターンは$r = \beta_i \cdot r_M + (1-\beta_i) \cdot r_F = r_F + \beta_i \times (r_M - r_F) > r_i$、そのリスクは$\sigma = \beta_i \cdot \sigma_M = \rho_i \cdot \sigma_i \leq o_i$であり、その株式よりも低いリスクで、その株式よりも高いリターンを得ることができる。これを踏まえると、市場はその株式を購入しないので、株価が下がり、r_iが増加する。その結果、$r_i = r_F + \beta_i \times (r_M - r_F)$となるのである。

これで、資本市場線より下に他の株式が存在しないことが明らかとなったが、逆に資本市場線より上に他の株式も存在しない。何故なら、資本市場線より上に他の株式が存在しているならば、資本市場線は市場の平均であるから、資本市場線はもっと上に行かねばならないからである。（なお、市場線より上に他の株式が存在しないことの証明は、下の場合と同様にはできない。なぜなら、その株固有のリスクがあるため、その株式が市場より優れているとは言えず、また、市場ポートフォリオに加えることによって、市場ポートフォリオのリスクを上げることなく、市場ポートフォリオ以上の利回りを得られるとは限らないからである。）

さて、この株式の期待収益率r_iこそ、株主がその株式会社に求めている利回りである。つまり、株式会社のリスク（およびリスクに対して株主の要求する利回り）に対する市場の評価の結果、市場データ（株価）に現れたβ_iに対してCAPMを適用すれば、株主の要求する利回りを読み取ることができるということである。

3－2．WACC

会社に社債・借入金がない場合は、この株主資本コストをハードル・レートとして用いれば良いが、社債・借入金がある場合は、その調整を行う必要がある。

この調整を行うのが、(38)式で定義されるWACCである。

$$r_W = \frac{E}{E+D} \times r_E + \frac{D}{E+D} \times (1-T) \times r_D = \frac{E \times r_E + (1-T) \times D \times r_D}{E+D} \quad \cdots \quad (38)$$

r_W：WACC（Weighted Adjusted Cost of Capital：加重平均資本コスト）

E：株式の時価総額（Equity）

D：社債・借入金の時価総額（Debt）

一般の企業価値評価では有利子負債とされるが、Embedded Value においては、責任準備金を含まない、いわゆる社債・借入金を表すことに注意する。

r_E：株主資本コスト（株主の求める収益率）

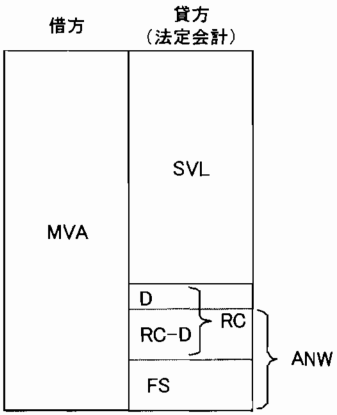
r_D：負債コスト（債権者の求める収益率）

簡単に言えば、株主資本と社債・借入金の比で、株主資本コストと負債コストを加重平均するということである。なお、負債コストが実効税率の分だけ割り引かれているのは、債権者への利払いが損金算入されることによる社債・借入金の節税効果（タックス・シールド）を表している。

つまり、WACC とは、株式や社債・貸付により投資された会社のビジネスに対して求められている収益率または期待収益率を表す。WACC を用いるにあたっては、株式や社債・借入金は時価総額を用いることに注意する必要がある。なお、WACC は会社の資産に対して求められる収益率とするのは、若干の誤解がある。実際、会社の資本と株式の時価総額は一般に一致しているとは言えない。

ところで、Embedded Value は、株主および債権者に対する企業価値ではなく、株主価値である。何故、株主価値を求める際の割引率に、株主の求める収益率ではなく、債権者の求める収益率と加重平均した WACC を用いるのか、という疑問が生じる。

第 1 章および第 2 章では、社債・借入金を明示せずに算式を記載したが、この疑問に答えるために、社債・借入金を明示すると以下のとおりとなる。



エンタプライズ DCF 法による(7)式は、以下のとおり修正される。

$$EV_t = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{DE_{s+t}}{(1+r_W)^s} + (ANW_t - RC_t) = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{DE_{s+t}}{(1+r_W)^s} - D_t + FS_t$$

DE_{s+t}の現価合計は、保有契約の「法定責任準備金＋必要資本（$SVL_t + RC_t$）」から生まれる価値であるため、フリー・サープラス（FS_t）を加えるとともに、株主価値ではない社債・借入金（D_t）を除いている。

特に、$\sum_{s=1}^{\infty} \frac{DE_{s+t}}{(1+r_W)^s} = PVFP_t - CoC_t + RC_t$ および $RC_t + FS_t = D_t + ANW_t$ を代入すると、(12)式となる。

$$EV_t = ANW_t + PVFP_t - CoC_t \qquad \cdots \quad (12)$$

(12)式から求められるエコノミック・プロフィット法は、社債・借入金がない場合と同様である。

$$EV_t = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{EP_{s+t}}{(1+r_W)^s} + ANW_t$$

さて、エンタプライズ DCF 法で考えれば、Embedded Value は、株主および債権者に対する企業価値を求めた後に、債権者に対する企業価値を除くことによって、株主価値を求めていることが分かる。これが、割引率に WACC が用いられている理由である。なお、債権者に対する企業価値は、本来は社債・借入金の時価総額であるが、保険会社に負債計上されている社債・借入金の金額と同額とみなしていることになる。

(12)式（またはエコノミック・プロフィット法）で考えた場合は、何故、割引率に WACC を用いるかは理解しにくいと思われるが、保険契約から生まれる収益 PAT_t * は、株主だけではなく債権者にも分配されるから、ということになる。

一方で、実は、PAT_t * から $PVFP_t$ を算出する際に、WACC ではなく、株主資本コスト等で割り引くことも考えられる。ただし、その場合は、割引率に応じて、資本コスト CoC_t の計算方法も変化する。具体的には、キャピタル・キャッシュフロー法およびエクイティ・キャッシュフロー法の節（３－５および３－６）で説明する。

さて、エンタプライズ DCF 法やエコノミック・プロフィット法で Embedded Value を算出する際に、ハードル・レートに WACC を用いる手法は、WACC アプローチと呼ばれている。CAPM で算出した株主資本コストを使用して WACC アプローチを用いれば、理論的には、保険会社に対して適切な Embedded Value が算出されることになる。

ただし、WACC アプローチを用いるにあたっては、将来にわたって資本構成（株主資本と社債・借入金の割合）が変化しないという前提を置いていることに留意する必要がある。よって、将来の資本構成が大きく変化するような場合は、単純に WACC を用いることはできない。

ただし、MM 命題の節（３－３）で説明するとおり、税がない場合は、将来の資本構成の変化に関わらず、WACC アプローチを用いて問題ない。つまり、将来の資本構成が変化する場合は、資本構成の変化による税の影響のみを調整してやれば良いし、

社債・借入金の割合が低い等の理由により将来の資本構成の変化が小さいと考えられる場合、WACC アプローチを用いて問題ないであろう。

3－3．MM命題

3－3－1．アンレバード株主資本コストおよびアンレバード・ベータの概念

以下では、資本構成の変化がある場合に WACC アプローチを代替する手法について説明するが、まず、Modigliani と Miller が 1958 年および 1963 年に発表した MM 命題について説明する。

以下、社債・借入金によるレバレッジのある企業（社債・借入金のある企業）と、社債・借入金によるレバレッジのない企業（社債・借入金のない企業）を考える。この二企業のビジネスの内容（資産内容）は同一とし、以下のとおり記号を定義する。

E ：レバレッジのある企業の株式の時価総額

D ：レバレッジのある企業の社債・借入金の時価総額

V_L ：レバレッジのある企業の価値

r_L ：レバレッジのある企業の株主資本コスト

V_U ：レバレッジのない企業の価値

r_U ：レバレッジのない企業の株主資本コスト

企業の株主資本コストおよびベータに対して、仮に社債・借入金がない場合（社債・借入金が株式に置き換わった場合）の株主資本コスト r_U およびベータ β_U は、それぞれアンレバード株主資本コスト、アンレバード・ベータと呼ばれる。（また、区別のため、当該企業の株主資本コスト r_L およびベータ β_L は、レバード株主資本コスト、レバード・ベータと呼ばれることがある。）

CAPM で用いられる、株式市場から観測される（レバード・）ベータ β_L は、その企業のシステマティック・リスクを表すが、そこには、当該企業の事業リスクだけでなく、当該企業の財務リスクも含んでいる。つまり、社債・借入金によるレバレッジ効果で、株主の得られる収益の変動幅（リスク）が高まっている。

一方、アンレバード・ベータ β_U は、企業のシステマティック・リスクの中から、財務リスクを除いて、事業リスクを抽出したものと言える。つまり、β_U が変化しない中、株式と社債・借入金の割合に応じて、β_L が変化するということである。

3－3－2．MM命題（税がない場合）

1958 年発表の論文では、税のない場合について、以下の命題の成立が示されている。

MM 命題 I （Proposition Ⅰ）: $V_L = V_U$

MM 命題Ⅱ（Proposition Ⅱ）：$r_L = r_U + \frac{D}{E}(r_U - r_D)$

MM 命題Ⅰは、企業価値は、資金の調達方法（株主資本と社債・借入金の割合）に左右されないということを意味している。

MM 命題Ⅱは、レバレッジが高まるほど（社債・借入金の割合が増えるほど）、株主の得られる収益率は変動する（リスクが高まる）ため、より高い株主資本コストが求められるということを意味している。なお、命題Ⅱは、r_U および r_D が変化しない中、株式と社債・借入金の割合に応じて、r_L が変化することに注意いただきたい。

このMM 命題Ⅱを変形すると、(38')式が導かれる。

$$r_U = \frac{E \times r_L + D \times r_D}{E + D} \qquad \cdots \quad (38')$$

この式は、(38)式の WACC の税がない場合と同一である。つまり、税がない場合は、WACC はアンレバード株主資本コストを求めているのであり、企業の資本構成（株主資本と社債・借入金の割合）によらずに定まる。

よって、税がない場合においては、将来の資本構成の変化を考慮することなく、WACC アプローチを用いても問題ないことになる。

また、(38')式に CAPM を適用すると、次式のとおりアンレバード・ベータが求められる。

$$\beta_U = \frac{E \times \beta_L + D \times \beta_D}{E + D}$$

3－3－3．MM命題（税のある場合）

1963 年発表の論文では、税のある場合について、永久に同額の社債・借入金 D を前提として、以下の命題の成立が示されている。

MM 命題Ⅰ（Proposition Ⅰ）：$V_L = V_U + D \times T$

MM 命題Ⅱ（Proposition Ⅱ）：$r_L = r_U + \frac{(1-T) \cdot D}{E}(r_U - r_D)$

MM 命題Ⅰは、負債コストのみが控除できる税制の場合、社債・借入金の節税効果の分だけ、企業価値が高くなることを意味している。つまり、株主配当は利益から控除されないが、社債・借入金への利払いは利益から控除されるため、企業のレバレッジは税の支払額を下げ企業価値を高めるのである。

MM 命題Ⅰは、社債・借入金を増やすだけで企業価値が高まるということを意味しているが、実際は、社債・借入金を増やすほど、財務上の困難に伴うコストが発生し、企業価値は単純に増加しないと言われている。

財務上の困難に伴うコストとは、財務悪化時に発生する損失による企業価値の減少

を表す。例えば、倒産すれば、それ以降の将来の（ビジネスから生まれる）収益が失われることになる。一般に、利益を生み出す企業は会社の資産額よりも大きな価値を持つが、倒産して清算する場合、企業価値は資産価値まで低下することになる。加えて、株主は、(出資金の範囲内で) 破綻手続きに付随するコストも負担することになる。

リスクが発現したときのリスク・バッファー機能を持つ株式の割合が低くなる程、この倒産のリスクは高くなり、よって、財務上の困難に伴うコストは大きくなる。

また、倒産しない場合でも、赤字となるような場合においては、社債・借入金に対する利払いの節税効果が失われたり、ビジネスにおいて同様の競争力を確保するのが困難となったりする。財務上の困難に伴うコストはこれらのコストも含むが、社債・借入金の割合が高い程、赤字の発生する確率が高まり、よって、財務上の困難に伴うコストが大きくなるのは同様である。

MM 命題Ⅱにおいても同様に、この財務上の困難に伴うコストの影響で、レバード株主資本コストは、レバレッジとともに直線的に高くなっていくことはないであろう。なお、MM 命題Ⅱは、税がない場合と意味している内容は変わらないが、節税効果の分だけ調整されている。

３－４．ＡＰＶ法

３－４－１．ＡＰＶ法の概念

税がない場合に将来の資本構成の変化を考慮することなくWACCアプローチを用いることができるのは前節（３－３）で説明のとおりであるが、現実世界には税が存在し、将来の資本構成が大きく変化するような場合は、税の影響を調整する必要がある。

このような場合に、WACC を修正する方法として、APV 法が知られている。APV 法は、MM 命題Ⅰ（$V_L = V_U + D \times T$）にその概念が既に現れているが、アンレバード株主資本コストを用いて計算した企業価値に、社債・借入金による節税効果（タックス・シールド）を加える手法である。MM 命題では、永久に同額の社債・借入金が前提とされていたが、APV 法では将来の社債・借入金の金額について、特段の前提は置かれない。

なお、アンレバード株主資本コスト、アンレバード・ベータ、APV 法については、社債・借入金の節税効果に関するリスクを、社債・借入金のリスクと同等とみなす考え方と、ビジネス全体のリスクと同等とみなす考え方と、二つの考え方がある。ただし、一般的に前者を指して APV 法とすることが多いようである。

なお、どちらの場合においても、一般的に$r_F \leq r_D < r_U < r_L = r_E$が成立する。また、WACC との関係においては、$(1-T) \times r_F \leq (1-T) \times r_D < r_W < r_U < r_L = r_E$が成立する。

それぞれの場合について、アンレバード株主資本コストおよびアンレバード・ベー

タの算出方法とAPV法の計算方法について説明し、将来の資本構成（株主資本および社債・借入金の割合）が一定の場合、WACCアプローチとAPV法が等しくなることを示す。

まず、下準備として、WACCアプローチによる企業価値を求めておく。

年始の資本$E_{s+t-1}+D_{s+t-1}$に対して、毎期の利益として、(39)式の金額が必要である。

$$PAT_{s+t}=E_{s+t-1}\times r_L+(1-T)\times D_{s+t-1}\times r_D \quad \cdots (39)$$

また、分配可能利益は、(40)式のとおりである。

$$DE_{s+t}=PAT_{s+t}+E_{s+t-1}+D_{s+t-1}-E_{s+t}-D_{s+t} \quad \cdots (40)$$

将来の株主資本および社債・借入金の割合が一定であるとの仮定より、(38)式について、$r_W=\dfrac{E_{s+t-1}\times r_L+(1-T)\times D_{s+t-1}\times r_D}{E_{s+t-1}+D_{s+t-1}}$が$s$によらずに成立するため、これを(39)式に代入して、次式が求められる。

$$PAT_{s+t}=E_{s+t-1}\times r_L+(1-T)\times D_{s+t-1}\times r_D=(E_{s+t-1}+D_{s+t-1})\times r_W$$

よって、(40)式より、WACCアプローチによる企業価値は(41)式のとおりとなる。

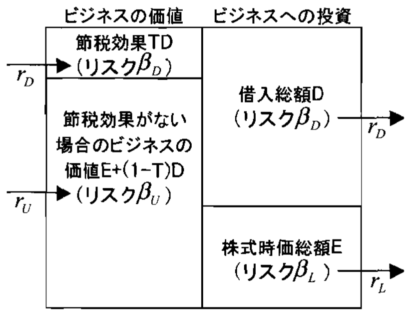
$$V_t^{WACC}=\sum_{s=1}^{\infty}\frac{DE_{s+t}}{(1+r_W)^s}=\sum_{s=1}^{\infty}\frac{(E_{s+t-1}+D_{s+t-1})\times(1+r_W)-(E_{s+t}+D_{s+t})}{(1+r_W)^s}$$

$$=\sum_{s=1}^{\infty}\frac{E_{s+t-1}+D_{s+t-1}}{(1+r_W)^{s-1}}-\sum_{s=1}^{\infty}\frac{E_{s+t}+D_{s+t}}{(1+r_W)^s}=E_t+D_t \quad \cdots (41)$$

なお、計算式を注意深く見れば理解できるとおり、将来の株主資本および社債・借入金の割合が一定との前提がなくとも、毎期の株主資本および社債・借入金の割合に応じて、毎期のr_Wを変更すれば、WACCアプローチに対して(41)式が成立する。

3－4－2．社債・借入金の節税効果と社債・借入金のリスクを同等とみなす場合

まず、アンレバード株主資本コストおよびアンレバード・ベータの算出方法について説明する。



税のある場合の MM 命題Ⅱを変形して、(42)式が求められる。(または、上図より求められる $\{E+(1-T)\times D\}\times r_U+T\times D\times r_D=E\times r_L+D\times r_D$ を解いても良い。)

$$r_U=\frac{E\times r_L+(1-T)\times D\times r_D}{E+(1-T)\times D} \quad \cdots \quad (42)$$

(42)式に CAPM を適用して、次式のとおり、アンレバード・ベータが求められる。

$$\beta_U=\frac{E\times\beta_L+(1-T)\times D\times\beta_D}{E+(1-T)\times D}$$

なお、この式は、社債・借入金にはリスクがない($\beta_D=0$)ものとして、次式のとおりとされることがある。

$$\beta_U=\frac{E\times\beta_L}{E+(1-T)\times D}=\frac{\beta_L}{1+\frac{(1-T)\times D}{E}}$$ (または、$\beta_L=\left(1+\frac{(1-T)\times D}{E}\right)\cdot\beta_U$)

さて、APV 法では、(43)式のとおり企業価値を算出する。

$$V_t^{APV}=\sum_{s=1}^{\infty}\frac{DE_{s+t}-(D_{s+t-1}-D_{s+t})\times T}{(1+r_U)^s}+\sum_{s=1}^{\infty}\frac{D_{s+t-1}\times r_D\times T+(D_{s+t-1}-D_{s+t})\times T}{(1+r_D)^s} \quad \cdots \quad (43)$$

(43)式は、社債・借入金が同額で推移する場合、次式のとおり表される。また、その他の場合においても、簡便的に次式で取り扱うこともあるようである。

$$V_t^{APV}=\sum_{s=1}^{\infty}\frac{DE_{s+t}}{(1+r_U)^s}+\sum_{s=1}^{\infty}\frac{D_{s+t-1}\times r_D\times T}{(1+r_D)^s}$$

さて、APV 法と WACC アプローチの結果が一致することを証明する。

(42)式($r_U=\frac{E_{s+t-1}\times r_L+(1-T)\times D_{s+t-1}\times r_D}{E_{s+t-1}+(1-T)\times D_{s+t-1}}$)が s によらずに成立するため、これを(39)式に代入して、次式が成立する。なお、資本構成の変化により変動するのは r_L であり、r_U は変動しない。

$$PAT_{s+t}=E_{s+t-1}\times r_L+(1-T)\times D_{s+t-1}\times r_D=(E_{s+t-1}+(1-T)\times D_{s+t-1})\times r_U$$

よって、(40)式より、APV 法による企業価値は次式のとおりとなる。

$$\begin{aligned}V_t^{APV}&=\sum_{s=1}^{\infty}\frac{DE_{s+t}-(D_{s+t-1}-D_{s+t})\times T}{(1+r_U)^s}+\sum_{s=1}^{\infty}\frac{D_{s+t-1}\times r_D\times T+(D_{s+t-1}-D_{s+t})\times T}{(1+r_D)^s}\\&=\sum_{s=1}^{\infty}\frac{(E_{s+t-1}+(1-T)\times D_{s+t-1})\times(1+r_U)-(E_{s+t}+(1-T)\times D_{s+t})}{(1+r_U)^s}\\&\quad+\sum_{s=1}^{\infty}\frac{T\times D_{s+t-1}\times(1+r_D)-T\times D_{s+t}}{(1+r_D)^s}\end{aligned}$$

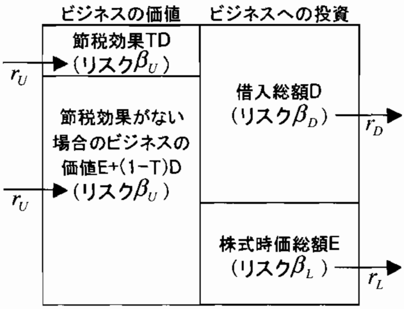
$$
\begin{aligned}
&= \sum_{s=1}^{\infty} \frac{E_{s+t-1} + (1-T)\times D_{s+t-1}}{(1+r_U)^{s-1}} - \sum_{s=1}^{\infty} \frac{E_{s+t} + (1-T)\times D_{s+t}}{(1+r_U)^{s}} \\
&\quad + \sum_{s=1}^{\infty} \frac{T\times D_{s+t-1}}{(1+r_D)^{s-1}} - \sum_{s=1}^{\infty} \frac{T\times D_{s+t}}{(1+r_D)^{s}} \\
&= E_t + (1-T)\times D_t + T\times D_t = E_t + D_t
\end{aligned}
$$

よって、(41)式より WACC アプローチと APV 法の計算結果は等しい。

３－４－３．社債・借入金の節税効果とビジネス全体のリスクを同等とみなす場合

これは、節税効果はビジネスから収益が生まれる場合のみ働いて、ビジネスから収益が生まれない場合は節税効果が発揮されないことから、社債・借入金の節税効果に関するリスクをビジネス全体のリスクと同等とする考え方である。

まず、アンレバード株主資本コストおよびアンレバード・ベータの算出方法について説明する。



上図より求められる $\{E+D\}\times r_U = E\times r_L + D\times r_D$ を解いて、(44)式が求められる。

$$r_U = \frac{E\times r_L + D\times r_D}{E+D} \qquad \cdots \quad (44)$$

(44)式に CAPM を適用して、次式のとおり、アンレバード・ベータが求められる。

$$\beta_U = \frac{E\times \beta_L + D\times \beta_D}{E+D}$$

なお、この式は、社債・借入金にはリスクがない（$\beta_D = 0$）ものとして、次式のとおりとされることがある。

$$\beta_U = \frac{E\times \beta_L}{E+D} = \frac{\beta_L}{1+\dfrac{D}{E}} \qquad \text{（または、} \beta_L = \left(1+\frac{D}{E}\right)\cdot \beta_U \text{）}$$

さて、APV 法では、(45)式のとおり企業価値を算出する。

$$V_t^{APV} = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{DE_{s+t} - (D_{s+t-1} - D_{s+t}) \times T}{(1+r_U)^s} + \sum_{s=1}^{\infty} \frac{D_{s+t-1} \times r_D \times T + (D_{s+t-1} - D_{s+t}) \times T}{(1+r_U)^s} \quad \cdots \quad (45)$$

なお、(45)式は、次式のとおり表すこともできる。

$$V_t^{APV} = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{DE_{s+t}}{(1+r_U)^s} + \sum_{s=1}^{\infty} \frac{D_{s+t-1} \times r_D \times T}{(1+r_U)^s}$$

さて、APV 法と WACC アプローチの結果が一致することを証明する。

(44)式（$r_U = \dfrac{E_{s+t-1} \times r_L + D_{s+t-1} \times r_D}{E_{s+t-1} + D_{s+t-1}}$）が s によらずに成立するため、これを(39)式に代入して、次式が成立する。なお、資本構成の変化により変動するのは r_L であり、r_U は変動しない。

$$\begin{aligned} PAT_{s+t} &= E_{s+t-1} \times r_L + (1-T) \times D_{s+t-1} \times r_D = E_{s+t-1} \times r_L + D_{s+t-1} \times r_D - T \times D_{s+t-1} \times r_D \\ &= (E_{s+t-1} + D_{s+t-1}) \times r_U - T \times D_{s+t-1} \times r_D \end{aligned}$$

よって、(40)式より、APV 法による企業価値は次式のとおりとなる。

$$\begin{aligned} V_t^{APV} &= \sum_{s=1}^{\infty} \frac{DE_{s+t} + D_{s+t-1} \times r_D \times T}{(1+r_U)^s} = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{(E_{s+t-1} + D_{s+t-1}) \times (1+r_U) - (E_{s+t} + D_{s+t})}{(1+r_U)^s} \\ &= \sum_{s=1}^{\infty} \frac{E_{s+t-1} + D_{s+t-1}}{(1+r_U)^{s-1}} - \sum_{s=1}^{\infty} \frac{E_{s+t} + D_{s+t}}{(1+r_U)^s} = E_t + D_t \end{aligned}$$

よって、(41)式より WACC アプローチと APV 法の計算結果は等しい。

3－5．キャピタル・キャッシュフロー法

社債・借入金の節税効果に関するリスクをビジネス全体のリスクと同等とする考え方の APV 法(45)式の変形として、キャピタル・キャッシュフロー法が存在する。これは、(44)式で計算されるアンレバード株主資本コストに対して、(46)式で計算される。

$$V_t^{CCF} = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{DE_{s+t} + D_{s+t-1} \times r_D \times T}{(1+r_U)^s} \quad \cdots \quad (46)$$

この考え方を、Embedded Value 計算に用いると、Embedded Value は次式となる。

$$\begin{aligned} EV_t &= \sum_{s=1}^{\infty} \frac{DE_{s+t} + D_{s+t-1} \times r_D \times T}{(1+r_U)^s} - D_t + FS_t \\ &= VIF_t + RC_t + \sum_{s=1}^{\infty} \frac{D_{s+t-1} \times r_D \times T}{(1+r_U)^s} - D_t + FS_t \end{aligned}$$

$RC_t + FS_t = D_t + ANW_t$ および(9)式を代入すると、

$$EV_t = ANW_t + PVFP_t - CoC_t + \sum_{s=1}^{\infty} \frac{D_{s+t-1} \times r_D \times T}{(1+r_U)^s}$$

さらに(11)式を代入すると、次式が求められる。

$$EV_t = ANW_t + PVFP_t - \sum_{s=1}^{\infty} \frac{RC_{s+t-1} \times \{r_U - i_{s+t} \times (1-T)\} - D_{s+t-1} \times r_D \times T}{(1+r_U)^s}$$

特に、キャピタル・キャッシュフロー法では、資本コストが(47)式で表される。

$$CoC_t^{CCF} = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{RC_{s+t-1} \times \{r_U - i_{s+t} \times (1-T)\} - D_{s+t-1} \times r_D \times T}{(1+r_U)^s} \quad \cdots \quad (47)$$

(47)式によると、社債・借入金の節税効果（タックス・シールド）分だけ、資本コストが減少することになる。なお、ハードル・レートには、WACC ではなく、アンレバード株主資本コストを用いることに注意が必要である。

3－6．エクイティ・キャッシュフロー法

ここまでに紹介した方法は、株主資本および社債・借入金を資本としたビジネスから生まれる収益（キャッシュフロー）の価値を評価し、そこから社債・借入金の価値を除くことにより、株主資本に対する価値を算出する手法であった。

一方、エクイティ・キャッシュフロー法は、ビジネスから生まれるキャッシュフローに社債・借入金のキャッシュフローを加味した株主キャッシュフローの現価を合計することにより、株主資本に対する価値を算出する手法である。

SCF_t：株主キャッシュフロー（Shareholder Cash Flow）を次式で定義する。

$$\begin{aligned} SCF_t &= DE_t - D_{t-1} \times r_D \times (1-T) - D_{t-1} + D_t \\ &= PAT_t - D_{t-1} \times r_D \times (1-T) + (RC_{t-1} - D_{t-1}) - (RC_t - D_t) \\ &= \{(SVL_{t-1} + RC_{t-1}) \times i_t - CF_t + (SVL_{t-1} - SVL_t) - D_{t-1} \times r_D\} \times (1-T) \\ &\quad + (RC_{t-1} - D_{t-1}) - (RC_t - D_t) \end{aligned}$$

このとき、エクイティ・キャッシュフロー法による Embedded Value は、(48)式のとおりとなる。

$$EV_t = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{SCF_{s+t}}{(1+r_L)^s} + FS_t \quad \cdots \quad (48)$$

さて、$SCF_t^* = \{SVL_{t-1} \times i_t - CF_t + (SVL_{t-1} - SVL_t) - D_{t-1} \times r_D\} \times (1-T) - D_{t-1} + D_t$ に対して、$SCF_t = SCF_t^* + RC_{t-1} \times i_t \times (1-T) + RC_{t-1} - RC_t$ と表されることから、(10)式を用いて、次式が求められる。

$$EV_t = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{SCF_{s+t}^*}{(1+r_L)^s} + (RC_t - CoC_t) + FS_t = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{SCF_{s+t}^*}{(1+r_L)^s} + D_t - CoC_t + ANW_t$$

ここで、$SCF_t^* = PAT_t^* - D_{t-1} \times r_D \times (1-T) - D_{t-1} + D_t$ を代入すると、(8)式より、

$$EV_t = PVFP_t + \sum_{s=1}^{\infty} \frac{-D_{s+t-1} \times r_D \times (1-T) - D_{s+t-1} + D_{s+t}}{(1+r_L)^s} + D_t - CoC_t + ANW_t$$

ここで、

$$\sum_{s=1}^{\infty} \frac{D_{s+t-1} \times (1+r_L) - D_{s+t}}{(1+r_L)^s} = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{D_{s+t-1}}{(1+r_L)^{s-1}} - \sum_{s=1}^{\infty} \frac{D_{s+t}}{(1+r_L)^s} = D_t$$

を代入すると、

$$EV_t = PVFP_t - \sum_{s=1}^{\infty} \frac{D_{s+t-1} \times r_D \times (1-T) - D_{s+t-1} \times r_L}{(1+r_L)^s} - CoC_t + ANW_t$$

最後に、(11)式を代入すると、次式が求められる。

$$\begin{aligned} EV_t &= ANW_t + PVFP_t - \sum_{s=1}^{\infty} \frac{RC_{s+t-1} \times \{r_L - i_{s+t} \times (1-T)\} - D_{s+t-1} \times \{r_L - r_D \times (1-T)\}}{(1+r_L)^s} \\ &= ANW_t + PVFP_t \\ &\quad - \sum_{s=1}^{\infty} \frac{(RC_{s+t-1} - D_{s+t-1}) \times \{r_L - i_{s+t} \times (1-T)\} + D_{s+t-1} \times (r_D - i_{s+t}) \times (1-T)}{(1+r_L)^s} \end{aligned}$$

つまり、エクイティ・キャッシュフロー法では、資本コストが(49)式で表される。

$$CoC_t^{ECF} = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{(RC_{s+t-1} - D_{s+t-1}) \times \{r_L - i_{s+t} \times (1-T)\} + D_{s+t-1} \times (r_D - i_{s+t}) \times (1-T)}{(1+r_L)^s} \quad \cdots \quad (49)$$

ただし、この手法は、レバード株主資本コストを用いている点に注意が必要である。将来の資本構成（株主資本と社債・借入金の割合）が変化する場合、レバード株主資本コストも変わるため、将来のレバード株主資本コストが一定でないような場合には、将来の期間毎に異なるレバード株主資本コストを用いる等の調整が必要であろう。

最後に、エクイティ・キャッシュフロー法と WACC アプローチの一致を示す。

(40)式および(39)式より、

$$\begin{aligned} SCF_{s+t} &= DE_{s+t} - D_{s+t-1} \times r_D \times (1-T) - D_{s+t-1} + D_{s+t} \\ &= PAT_{s+t} - D_{s+t-1} \times r_D \times (1-T) + E_{s+t-1} - E_{s+t} \\ &= E_{s+t-1} \times r_L + E_{s+t-1} - E_{s+t} \end{aligned}$$

よって、エクイティ・キャッシュフロー法による株主価値は次式のとおりとなる。

$$EV_t = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{SCF_{s+t}}{(1+r_L)^s} = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{E_{s+t-1} \times (1+r_L) - E_{s+t}}{(1+r_L)^s} = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{E_{s+t-1}}{(1+r_L)^{s-1}} - \sum_{s=1}^{\infty} \frac{E_{s+t}}{(1+r_L)^s} = E_t$$

一方、WACC アプローチによる企業価値は、(41)式より $V_t^{WACC} = E_t + D_t$ であった。これは、社債・借入金の価値 D_t を含んでいるため、これを除けば、エクイティ・キャ

ッシュフロー法とWACCアプローチの一致が求められる。

3－7．ＥＶと企業価値評価

第3章では、Embedded Value（企業価値）評価方法として、エンタプライズDCF法、エコノミック・プロフィット法、APV法、キャピタル・キャッシュフロー法、エクイティ・キャッシュフロー法を説明し、理論的に同じ価値を算出することを示した。

これらは、次頁の表のとおり整理することができる。なお、各評価方法において、$EV_t = ANW_t + PVFP_t - CoC_t$ と表現した場合の資本コスト CoC_t の算式は、次表のとおり整理される。

評価方法	資本コスト CoC_t の算式
エンタプライズDCF法※1	$\sum_{s=1}^{\infty} \frac{RC_{s+t-1} \times \{r_W - i_{s+t} \times (1-T)\}}{(1+r_W)^s}$
キャピタル・キャッシュフロー法※2	$\sum_{s=1}^{\infty} \frac{RC_{s+t-1} \times \{r_U - i_{s+t} \times (1-T)\} - D_{s+t-1} \times r_D \times T}{(1+r_U)^s}$
エクイティ・キャッシュフロー法	$\sum_{s=1}^{\infty} \frac{(RC_{s+t-1} - D_{s+t-1}) \times \{r_L - i_{s+t} \times (1-T)\} + D_{s+t-1} \times (r_D - i_{s+t}) \times (1-T)}{(1+r_L)^s}$

※1 またはエコノミック・プロフィット法

※2 またはAPV法②

【Embedded Value（企業価値）評価方法のまとめ】

評価方法	Embedded Value の算式	対象キャッシュフロー	割引率
エンタプライズ DCF 法	$\sum_{t=1}^{\infty}\frac{DE_t}{(1+r_W)^t}-D+FS$	営業フリー・キャッシュ フロー	WACC
エコノミック・ プロフィット法	$\sum_{t=1}^{\infty}\frac{EP_t}{(1+r_W)^t}+ANW$	エコノミック・ プロフィット	WACC
APV 法①	$\sum_{t=1}^{\infty}\frac{DE_t-(D_{t-1}-D_t)\times T}{(1+r_U)^t}+\sum_{t=1}^{\infty}\frac{D_{t-1}\times r_D\times T+(D_{t-1}-D_t)\times T}{(1+r_D)^t}-D+FS$	営業フリー・キャッシュ フロー	アンレバード 株主資本コスト
		社債・借入金の節税効果	負債コスト
APV 法②、 キャピタル・ キャッシュフロー法	$\sum_{t=1}^{\infty}\frac{DE_t+D_{t-1}\times r_D\times T}{(1+r_U)^t}-D+FS$	キャピタル・キャッシュ フロー	アンレバード 株主資本コスト
エクイティ・ キャッシュフロー法	$\sum_{t=1}^{\infty}\frac{SCF_t}{(1+r_L)^t}+FS$ または $\sum_{t=1}^{\infty}\frac{DE_t-D_{t-1}\times r_D\times(1-T)-D_{t-1}+D_t}{(1+r_L)^t}+FS$	株主キャッシュフロー	（レバード） 株主資本コスト

APV 法① … 社債・借入金の節税効果のリスクを社債・借入金のリスクと同等とみなす場合

APV 法② … 社債・借入金の節税効果のリスクをビジネス全体のリスクと同等とみなす場合

営業フリー・キャッシュフロー（DE_t）… 税引後当期利益から、必要資本の増加（および社債・借入金への利払い等）を除いたもの

エコノミック・プロフィット（EP_t）… 税引後当期利益から、株主への期待利益を除いたもの

キャピタル・キャッシュフロー（$DE_t+D_{t-1}\times r_D\times T$）… 営業フリー・キャッシュフローに社債・借入金の節税効果を加えたもの

株主キャッシュフロー（SCF_t）… 各期において株主に配当可能な金額。税引後当期利益から、必要資本の増加を除いたもの

4. ボトムアップ・アプローチ

第３章では、将来の資本構成の変化による税の影響が無視できる場合、WACC アプローチにより Embedded Value が適切に見積もられるとし、また、WACC アプローチの税の部分を修正する方法として APV 法、キャピタル・キャッシュフロー法、エクイティ・キャッシュフロー法を説明したが、実際に、これらの手法により、保険会社の Embedded Value は適切に見積もられるであろうか。

つまり、どの手法も CAPM の上に成り立っているが、実際に、CAPM のとおり、会社の持つリスクは市場により適切に評価され、ハードル・レートにより調整されるであろうか。

結論としては、CAPM では不十分であると考えられる。主な理由は次の二点である。

一点目は、CAPM が本質的に抱えている限界である。

CAPM に用いられる β は、一般に過去の市場データから算出されており、言わば過去のリスクに対するリスク・プレミアムを表す。しかし、DCF 法で使用するハードル・レートには、将来のリスクに対するリスク・プレミアムを織り込むべきで、時制の不一致が起こっている。

WACC は、将来の資本構成（株主資本と社債・借入金の割合）が変化しないという前提で用いられたが、これと同様に CAPM では、保険会社の資本に対するリスクの割合が、過去と将来で変化しないという前提を置いていることになる。または、過去の市場データから得られる β を、将来のリスクに対するリスク・プレミアムを表すように、保険会社は主観的に調整する必要がある。

二点目は、保険会社の Embedded Value 計算上の問題であるが、投資家または市場は、保険会社のリスクに関する充分な情報および分析能力を持たず、むしろ、株価の方が Embedded Value の開示の影響を受けているのではないかと考えられることである。つまり、CAPM により算出される割引率は、そのリスク・プレミアムに、保険会社の持つあらゆるリスクを暗黙に組み込んでいることになるが、保険会社は、そのリスク割引率の設定にあたり、市場の評価を参照しつつも、主観的に判断せざるを得ないということである。実際、WACC アプローチに対しては、より明示的にリスク要素を組み込むべきとの批判がある。

第３章では、保険会社においてハードル・レートを見積もる方法の一つとして、CAPM があるとしたが、他の方法として、キャッシュフロー毎に異なるハードル・レートを用いるという考え方もある。

例えば、会社の資産構成に応じて会社のハードル・レートを変えるのではなく、債券と株式について別々にキャッシュフローを計算し、債券には債券の割引率、株式に

は株式の割引率を用いるということである。

第３章では、会社全体の将来のキャッシュフローを、一律同じ割引率（ハードル・レート）で割り引いてきた。このように、会社全体のリスクを評価し、単一のリスク・プレミアムが上乗せされたハードル・レートで割り引く手法を、トップダウン・アプローチという。

トップダウン・アプローチには、CAPMが抱えている限界に加え、Embedded Valueに内在している商品別の保有契約価値が正しく評価されないという短所がある。つまり、トップダウン・アプローチでは、会社に対して単一のリスク割引率しか存在しないため、Embedded Value に内在している商品別の保有契約価値は、各商品に対する投資家によるリスク・リターン評価が同じであるとして計算されたものになっている。よって、各商品のリスク・リターン特性が著しく異なるならば、トップダウン・アプローチでは、商品別の保有契約価値は正しく評価されていないことになる。

対して、ボトムアップ・アプローチでは、会社全体のキャッシュフローに対してリスクを評価するのではなく、個別の商品あるいは個別のキャッシュフロー毎にリスクを評価する。なお、個別商品に対してリスクが評価されれば、商品別の保有契約価値の評価が可能となる。

なお、ボトムアップ・アプローチで計算した Embedded Value に対して、トップダウン・アプローチの Embedded Value が等しくなるようなハードル・レートを、インプライド・リスク割引率という。インプライド・リスク割引率は、以下の点において利用価値がある。

- 会社全体のリスク・リターンを把握することができる。
- 増減要因分析におけるハードル・レートとして使用することができる。
- 一般に積上計算によるボトムアップ・アプローチは（確率論的計算が必要な場合は特に）計算負荷が高いが、リスク特性があまり変化しない場合においては、インプライド・リスク割引率を用いて（比較的計算負荷の低い）トップダウン・アプローチで Embedded Value が計算できる。
- （MCEV 等で）各商品に対してのインプライド・リスク割引率を求めた場合、各商品のリスク・リターンを比較することができる。

なお、ボトムアップ・アプローチにおいて、個別商品のキャッシュフローを、その個別商品のリスク割引率で割り引く手法には、それらのリスク割引率をどのように算出するかという問題が依然として残ることになる。

ボトムアップ・アプローチに対する理論面での一つの答えが、第５章で説明する MCEV である。

5．MCEV

5－1．価値の評価方法

第４章で述べたように、保険会社の持つあらゆるリスクを暗黙に組み込んだハードル・レートは主観的であり、より明示的にリスク要素を組み込むべきとの批判がある。

この批判に対し、市場と整合的な評価を行うことによって、リスクを明示的に組み込んだのが市場整合的 Embedded Value（Market Consistent Embedded Value、以下 MCEV）であり、「MCEV 原則」においては、高い信頼度で観察可能なリスクの市場価格と合致するように、リスクが反映されるべきであるとされている[注2]。具体的には、「MCEV 原則」において、mark to market の概念は、保険負債、または対象事業に割り当てられた資産から生じる分配可能利益のうちの株主利益を、同等のキャッシュフローを持つ資産と交換したものとして評価することであるとされている[注3]。

CFO フォーラムは、「MCEV 原則」において、保有契約価値の算出に際しては、同じキャッシュフローを資本市場において評価するときに使用される割引率と整合的な割引率を用いることとしている[注4]。これは、安全（リスクフリー）資産のキャッシュフローの割引率はリスクフリーレートを用い、株式のキャッシュフローに対応する割引率は、リスクフリーレートではなく、株式評価に用いられる割引率を用いるということを意味している。(一方で、決定論的シナリオにおいては、確実性等価手法により、株式のキャッシュフローをリスクフリーレートによるキャッシュフローに置換し、リスクフリーレートで割り引くのが一般的である。)

また、「結論の背景（Basis for Conclusions)」において、理論的に、市場整合的評価では各キャッシュフローを個別に評価することが必要とされるとした上で、経済理論上適用可能な手法の代表例として、確実性等価評価、リスク中立評価、状態価格デフレーターを挙げている[注5]。

ここで、ハードル・レート（リスク割引率）を用いて算出される伝統的 Embedded Value (Traditional Embedded Value、以下 TEV) と MCEV の関係を整理するために、将来のキャッシュフローを割り引く手法である DCF 法 (この手法は、Embedded Value の算出だけでなく、あらゆる価値の算出に用いられている。) において、リスク・プレミアムを織り込む方法が、理論的にどのように整理されるのかについて検討する。

DCF 法で計算される価値は、$V=\sum_t \frac{E[CF_t]}{(1+r_t)^t}$ または $V=\sum_t E\left[\frac{CF_t}{(1+r_t)^t}\right]$ と表現されるが、将来のキャッシュフローは不確定であるから、分母か分子のいずれかにリスク・プレミアムを織り込む必要がある。

その一つの方法が、分母の割引率 r_t に、CAPM を用いて算出した会社のリスク・プ

レミアムを織り込む方法であった。この方法は、既に見たように、会社のあらゆるリスクのリスク・プレミアムを暗黙的（implicit）に割引率に含んでおり、リスクが正しく反映されているか、リスクの評価が主観的になっていないか、という批判がある。

一方、市場整合的評価で経済理論上適用可能な手法である確実性等価評価、リスク中立評価、状態価格デフレーターは、個別のキャッシュフローに対して適用可能である点において、会社全体のキャッシュフローに対して用いられる CAPM とは大きく異なり、これらの手法を用いている MCEV は、ボトムアップ・アプローチに分類される。また、市場整合的評価は、評価日における市場価格に織り込まれている市場の将来の予測を用いている点において、過去の市場データに依存している CAPM とは大きく異なる。

後に詳しく説明するが、確実性等価評価やリスク中立評価は、分子にリスク・プレミアムを織り込む方法である。確実性等価評価は、キャッシュフロー$E[CF_t]$を保守的に考える方法であり、リスク中立評価は、リスク中立確率を用いて確率$E[\ ]$を保守的に考える方法である。また、状態価格デフレーターは、キャッシュフローに応じて分母の割引率を変える方法と言えるであろう。これらの三手法は、理論的には、市場での評価を仲介して同じ価値を算出する方法である。

なお、これらの三手法で用いられるリスクフリーレートは、税引前の利回りを用いるものとされている。CFO フォーラムは、「結論の背景」において、スワップレートが、信用リスクの僅かなマージンを含んでいる等の短所があるものの、スワップ市場が国債市場よりも流動的であること、スワップの価格は市場整合的な評価手法の基準である取引オプションの価格が見積もられる方法と整合的であること、スワップの使用はインプライド・ボラティリティの使用に整合的であること等の長所の方が重要であるとし、「MCEV 原則」において、参照利率（リスクフリーレート）は、可能であれば、（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とすべきとしている[注6、注7]。

なお、MCEV の増減における「保有契約価値＋必要資本」×ハードルレートについては、リスクフリーレートで計算する手法と、第4章で述べたインプライド・リスク割引率で計算する手法がある。

さて、Embedded Value においては、リスクを客観的に評価することが一つの重要な要素である。MCEV では、これらの三手法を使用することにより、市場の評価である市場価格を用いてリスク評価を行っており、客観性のある手法であると言える。

TEV は、将来のキャッシュフローを割り引く際に、リスクフリーレートにリスク・プレミアムを乗せたハードル・レートを用いるが、高い割引率で割り引かれることで、

現価係数 $\dfrac{1}{(1+r)^t}$ は将来になればなる程（t が大きくなればなる程）小さくなっていく。これは、まさに将来の利益に対する不確実性が表現されていると言えるであろう。

結果的に、実務上、MCEV は TEV に比べてより長い期間にわたって精緻な将来利益の見積りが必要となる可能性がある。なお、例えば 35 年後の現価係数は、2%で 0.500、5%で 0.181 と大きな差がある。

さて、市場と整合的な評価を行うとは、どのようなことであろうか。

一番簡単な例は、株式について、独自に将来のキャッシュフローを生成してリスク割引率で割り引いて価格を求めるのではなく、単に株式の市場価格を用いるということである。（つまり、株式を評価するのに、将来のキャッシュフローやリスク割引率の見積りは不要であるということになる。）

これを応用して、任意のキャッシュフローに対して、市場で評価されている資産を組み合わせることで、同じキャッシュフローを持つ複製ポートフォリオ（replicating portfolio）を作成し、その複製ポートフォリオの市場価格を、そのキャッシュフローの価格とすることが考えられる。一方で、複製ポートフォリオを作成するのは、一般に複雑な計算が必要となることが多い。

そこで、単に市場価格をそのまま用いるのではなく、オプション価格からインプライド・ボラティリティを逆算するように、市場価格から市場でのリスク評価を把握し、インプライド・ボラティリティを用いて最低保証付変額年金の最低保証の価値を評価するように、市場でのリスク評価を用いてキャッシュフローの価値を計算することが考えられる。

以下、市場整合的評価で経済理論上適用可能な手法である確実性等価評価、リスク中立評価、状態価格デフレーターにおけるリスク評価について説明する。

5－2．確実性等価（不確実と効用が等しい確実）

確実性等価（Certainty Equivalent）とは、不確実なキャッシュフロー（富）から得られる期待効用（効用の期待値）と等しい効用を持つ確実なキャッシュフロー（富）を意味している。つまり、$u(w)$を効用関数、w を不確実なキャッシュフローとすると、確実性等価なキャッシュフロー w^* は、$u(w^*)=E[u(w)]$ または $w^*=u^{-1}(E[u(w)])$ で表現される。

一般的に、効用関数 $u(w)$は、単調増加（$u'>0$）かつ上に凸（$u''<0$）であり、ゆえに $w^*\leq E[w]$ である（証明は付録Bのとおり）。つまり、不確実なキャッシュフロー w は、その期待値 $E[w]$ では評価されず、リスク・プレミアム $E[w]-w^*$ が差し引かれて、w^* で評価されることになる。一方、割引率は、キャッシュフローにおいてリスク・プレミアムが差し引かれているため、リスクフリーレートを用いる。

CAPM では、割引率にリスク・プレミアムを織り込むが、確実性等価手法では、割引率ではなく、個々のキャッシュフローに対してリスク調整を行う。リスク・プレミアムはキャッシュフローに織り込まれるので、割引率はリスクフリーレートを用いることになる。

「結論の背景」においては、確実性等価手法では、すべての資産が、リスクフリーレートの収益（その市場価格にリスクフリーレートを乗じた収益）を得るという前提に基づいているとされている[注8]。つまり、不確実なキャッシュフローを持つ運用資産は、（市場での売買を通して）同じ市場価格の、確実なキャッシュフローを持つ安全（リスクフリー）資産に置換することが可能であるが、これは、不確実なキャッシュフローの確実性等価は、その運用資産の市場価格にリスクフリーレートを乗じたものであるということを意味している。

このように、確実性等価手法では、市場に形成されている効用関数を求めることなく、市場に形成されている効用関数により形成されている市場価格に基づいて、将来の運用収益を決定論的（Deterministic）に算出することが可能である。

また、「結論の背景」においては、市場の動きに線形に依存する（あるいは、市場の動きに独立である）キャッシュフローに対しては、投資収益率と割引率の両方にリスクフリーレートを用いることが適切であるとされている[注9]。

このように、Embedded Value 計算においては、確実性等価という用語は、決定論的手法として、運用資産についてはリスクフリーレートを用いて計算した利益を、リスクフリーレートで割り引いた価値という意味で使用されている。

一方で、確実性等価手法には、市場の動きに非線形な金融オプションと保証等に対して、市場の効用関数をどのように見積もるのか、という問題があり、Embedded Value の世界では、確実性等価手法は、確率論的計算を行うことができない決定論的手法と位置付けられている。「結論の背景」では、市場の動きに非線形な金融オプションと保証に対しては、リスク中立と状態価格デフレーターの二つの手法が経済理論にあるとしている[注10]。これらの手法は、確実性等価手法と異なり、確率論的（Stochastic）手法である。

5－3．リスク中立確率（価格から逆算した確率）

確率評価には、Ｐ測度（リアル・ワールド）、Ｑ測度（リスク中立）という概念がある。Ｐ測度とは、実際の確率である。一方、Ｑ測度（リスク中立確率）とは、価格決定の際に用いられる（架空の）確率で、リスク調整された確率ということができるであろう。

例えば、１万分の１の確率で、1000 万円の損が発生するオプションを持っていると

する。実際、我々は、死亡や病気・事故に対し、そのような類のオプションを抱えている。そのオプションを売却したいとする。いくら払えば、相手はこのオプションを引き受けてくれるであろうか。リスク中立者であれば、1000 万円／1 万＝1000 円で引き受けてくれるであろう。

しかし、実際には、ほとんどの人はリスク回避者であり、1000 円でこのようなリスクを引き受けてくれることはない。1000 円よりも高い保険料を要求するであろう。例えば、2000 円で引き受けてくれたとしよう。この 2000 円という保険料をリスク中立者の立場で判断すると、2000 円／1000 万円＝5000 分の 1 の確率で損が発生すると考えていることになる。これが、リスク中立確率である。

つまり、リスク回避者の立場では、1 万分の 1 で損が発生するというリスクを、5000 分の 1 の確率で損が発生するものとして、保守的に評価していることになる。(実際、我々アクチュアリーは、各種発生率に安全割増を入れている。)

別の言い方では、実際に市場に存在する価格から、市場関係者がすべてリスク中立者であると思って、逆算的に導いた確率ということもできる。

リアル・ワールド（現実世界）でリスク回避者を想定するのではなく、リスク中立世界を考えることは、強力な武器になる。

リアル・ワールド（現実世界）でリスク回避者を考えた場合、金融商品はリターンとリスクにより、効用関数で評価されることになるが、これは複雑である。実際に、確実性等価手法の弱点は効用関数を計算できないことにあった。

一方、リスク中立世界では、リスクは評価基準にならず、リターンのみで評価される。結果として、全商品のリターンは、リスクフリーレートと同じとなる。よって、割引率もリスクフリーレートのみを用いれば良く、計算が単純化される。

なお、市場の動きと非線形であるような金融オプションと保証等に関しては、株価等の原資産が対数正規分布に基づくものとして計算されるのが一般的である。

例えば、原資産である株価の推移が、標準ブラウン運動（またはウィーナー過程）B_t に対して、確率微分方程式 $dS_t = S_t \mu dt + S_t \sigma dB_t$ に従うとき、つまり、対数正規分布 $S_t = S_0 \cdot e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma B_t}$ に従うとき、株式コール・オプションの価格 C_t は次のブラック・ショールズ式のとおり表される。

$$C_t = S_t \cdot N(d_1) - K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N(d_2)$$

（ただし、T は行使日、K は行使価格、$N(x) = \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{y^2}{2}} dy$、

$$d_1 = \frac{\ln\frac{S_t}{K} + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}、\ d_2 = \frac{\ln\frac{S_t}{K} + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$ とする。)

このブラック・ショールズ式は、r・μ・σ が一定かつ既知のときに、株式と安全資産から成る複製ポートフォリオとコール・オプションに対する無裁定条件から導かれるが、μ が現れないのが特徴的である。これは、無裁定条件によるものと理解することができるが、リスク中立確率で考えて、確率測度変換により μ が r に変換されていると理解することもできる。

コール・オプションの価格 C_t は、$C_t = e^{-r(T-t)} \cdot E[\max(S_T - K, 0)]$ と表されるが、割引率 r や将来の株価 S_T をどのように算出するかが問題である。

株価 S_T をＰ測度（リアル・ワールド）で算出しようとする場合、割引率 r にリスク・プレミアムをどのように織り込むかが問題となる。コール・オプションは原資産である株式とリスク特性が異なるため、この割引率に μ を用いて良いことにはならない。

リスク中立確率（Ｑ測度）を用いた場合、割引率 r はリスクフリーレートとなり、株価 S_T は対数正規分布 $S_T = S_t \cdot e^{\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t) + \sigma B_{T-t}}$ となる。よって、コール・オプションの価格 C_t は、次式のとおりとなる。

$$C_t = e^{-r(T-t)} \cdot E\left[\max\left(S_t \cdot e^{\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t) + \sigma B_{T-t}} - K, 0\right)\right]$$

$$= e^{-r(T-t)} \cdot \int_{\ln\frac{K}{S_t}}^{\infty} \left(S_t \cdot e^x - K\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \cdot e^{-\frac{\left\{x - \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)\right\}^2}{2(T-t)\sigma^2}} dx$$

$$= S_t \cdot \int_{\ln\frac{K}{S_t}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \cdot e^{-\frac{\left\{x - \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t) - (T-t)\sigma^2\right\}^2}{2(T-t)\sigma^2}} dx$$

$$- K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot \int_{\ln\frac{K}{S_t}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \cdot e^{-\frac{\left\{x - \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)\right\}^2}{2(T-t)\sigma^2}} dx$$

ここで、$-d_1 = \dfrac{\ln\dfrac{K}{S_t} - \left(r + \dfrac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$、$-d_2 = \dfrac{\ln\dfrac{K}{S_t} - \left(r - \dfrac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$ とすると、

$$C_t = S_t \cdot (1 - N(-d_1)) - K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot (1 - N(-d_2)) = S_t \cdot N(d_1) - K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N(d_2)$$

となり、ブラック・ショールズ式が求められる。

（特に、$d_1 = \dfrac{\ln\dfrac{S_t}{K} + \left(r + \dfrac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$、$d_2 = \dfrac{\ln\dfrac{S_t}{K} + \left(r - \dfrac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$ となる。）

コール・オプションの価格が市場で評価されている場合、ブラック・ショールズ式を用いて、その価格からQ測度のボラティリティが逆算できる。この逆算されたボラティリティは、インプライド・ボラティリティと呼ばれる。

なお、Ｐ測度で無裁定条件から算出したブラック・ショールズ式において、Ｐ測度のσが現れているが、これはσが一定かつ既知であるとの前提によるものであり、一般にＰ測度（リアル・ワールド）とＱ測度（リスク中立）でボラティリティσが等しいということを意味するものではない。一般にボラティリティは未知であり、変動するものと考えられているため、ボラティリティの不確実性に対して、リスク・プレミアムが要求され、Ｑ測度のボラティリティ（インプライド・ボラティリティ）は、Ｐ測度のボラティリティ（リアル・ワールドでの将来の想定ボラティリティ）よりも高くなるものと考えられる。詳細は、付録Ｃのとおりである。

「MCEV 原則」では、保険商品に含まれる金融オプションと保証等を評価する際には、ボラティリティの前提は、可能な場合、原資産のボラティリティの過去実績であるヒストリカル・ボラティリティではなく、デリバティブ価格から算出されるインプライド・ボラティリティに基づくものとされている[注11]。

なお、代表的な確率測度変換としては、Wang 変換、Esscher 変換等が知られており、Ｐ測度とＱ測度の確率測度変換の計算を行う際に用いられることがある。これらの変換については、付録Ｄで概要を説明する。

５－４．状態価格デフレーター（確率的な割引率）

状態価格デフレーターの説明のためには、まず状態価格という概念について説明する必要がある。将来のある時点tにおいて、ある状態sが発生した場合に１のキャッシュフローを得る権利の、現時点（時点 0）における（市場）価格を、その状態sの状態価格$\psi_t(s)$という。状態価格を用いると、任意のポートフォリオyの価格y_0は、状態s

が発生した場合のキャッシュフロー$y_t(s)$に対して、$y_0=\sum_s \psi_t(s)\cdot y_t(s)$で表すことができる。

この状態価格$\psi_t(s)$を、状態sが発生する確率$p_t(s)$で割ったものが、その状態sの状態価格デフレーター$D_t(s)=\dfrac{\psi_t(s)}{p_t(s)}$である。状態価格デフレーターは、状態価格密度（State Price Density）、状態価格カーネル（State Price Kernel）、プライシング・カーネル（Pricing Kernel）、または確率的割引ファクター（Stochastic Discount Factor）とも呼ばれる。

状態価格デフレーターを用いると、任意のポートフォリオyの価格y_0は、(50)式のとおり算出することができる。

$$y_0=\sum_s \psi_t(s)\cdot y_t(s)=\sum_s p_t(s)\cdot D_t(s)\cdot y_t(s)=E[D_t(s)\cdot y_t(s)] \quad \cdots \quad (50)$$

逆に、任意のポートフォリオyに対し、$y_0=E[D_t(s)\cdot y_t(s)]$が成立すれば、$D_t(s)$は状態価格デフレーターである。実際、$y_t(u)=\begin{cases}1 & u=s\\ 0 & u\neq s\end{cases}$とすると、$y_0=\psi_t(s)$であるため、(50)式より$\psi_t(s)=p_t(s)\cdot D_t(s)$が求められる。

一方、リスク中立確率を用いると、状態価格は、リスクフリーレートr_Fに対して、$\psi_t(s)=\dfrac{p_t^Q(s)}{(1+r_F)^t}$で表現することができる。よって、状態価格デフレーターは、(51)式のとおり表される。

$$D_t(s)=\frac{\psi_t(s)}{p_t^P(s)}=\frac{1}{(1+r_F)^t}\frac{p_t^Q(s)}{p_t^P(s)} \quad \cdots \quad (51)$$

つまり、状態価格デフレーターは、一種の割引率と考えることができる（ただし、$D_t(s)\geq 0$であるが、$D_t(s)\leq 1$とは限らない)。特に、すべてのsに対し$y_t(s)=1$となる安全資産を考えると、$y_0=\dfrac{1}{(1+r_F)^t}$となるが、これを(50)式に代入すると、状態価格デフレーターについて、$E[D_t(s)]=\dfrac{1}{(1+r_F)^t}$が成立することが求められる。つまり、状態価格デフレーターは、平均するとリスクフリーレートに等しい確率的な割引率である。

(51)式は、さらに一般的な表現で、$\eta(t)=\left.\dfrac{dQ}{dP}\right|_t$、$B(t)=e^{\int_0^t r_F(u)du}$に対し、$D_t(s)=\dfrac{\eta(t)}{B(t)}$と表現することもできる。

また、状態価格デフレーターは、価格を決定している効用関数$u(w)$、およびその効用関数に対する最適ポートフォリオ、つまり、(現時点での資産価格w^*_0に対し)将来の期待効用$E[u(w^*_t(s))]$が最大となるポートフォリオ$w^*_t(s)$に対し、(52)式のとおり表現することも可能である。

$$D_t(s)=\frac{w^*_0}{E[w^*_t(s)\cdot u'(w^*_t(s))]}\cdot u'(w^*_t(s)) \qquad \cdots \quad (52)$$

以下、状態価格デフレーターが(52)式で表されることを証明する。まず、現時点での価格がw^*_0となる任意のポートフォリオ$w_t(s)$に対し、$f(\theta)$を以下のとおり定義する。

$$f(\theta)=E[u(\theta\cdot w_t(s)+(1-\theta)\cdot w^*_t(s))]=E[u(w^*_t(s)+(w_t(s)-w^*_t(s))\theta)]$$

これを微分して、

$$f'(\theta)=E[(w_t(s)-w^*_t(s))\cdot u'(w^*_t(s)+(w_t(s)-w^*_t(s))\theta)]$$

$w^*_t(s)$の定義より、$f(\theta)$は$\theta=0$で最大となるため、$f'(0)=0$が成立する。

$$f'(0)=E[(w_t(s)-w^*_t(s))\cdot u'(w^*_t(s))]=0$$

よって、(53)式が成立する。

$$E[w_t(s)\cdot u'(w^*_t(s))]=E[w^*_t(s)\cdot u'(w^*_t(s))] \qquad \cdots \quad (53)$$

ここで、$D_t(s)=\dfrac{w^*_0}{E[w^*_t(s)\cdot u'(w^*_t(s))]}\cdot u'(w^*_t(s))$と定義すると、任意のポートフォリオ$y$に対し、$E[D_t(s)\cdot y_t(s)]=y_0$が成立することを証明する。

$w_t(s)=\dfrac{w^*_0}{y_0}\cdot y_t(s)$とすると、$w_0=w^*_0$であるから、$w_t(s)$に対して(53)式が成立する。

$$\begin{aligned}E[D_t(s)\cdot y_t(s)]&=\frac{y_0}{w^*_0}\cdot E[D_t(s)\cdot w_t(s)]\\&=\frac{y_0}{w^*_0}\cdot\frac{w^*_0}{E[w^*_t(s)\cdot u'(w^*_t(s))]}\cdot E[w_t(s)\cdot u'(w^*_t(s))]\\&=\frac{y_0}{w^*_0}\cdot\frac{w^*_0}{E[w^*_t(s)\cdot u'(w^*_t(s))]}\cdot E[w^*_t(s)\cdot u'(w^*_t(s))]=y_0\end{aligned}$$

よって、$D_t(s)=\dfrac{w^*_0}{E[w^*_t(s)\cdot u'(w^*_t(s))]}\cdot u'(w^*_t(s))$は、任意のポートフォリオ$y$に対し、$E[D_t(s)\cdot y_t(s)]=y_0$が成立するので、状態価格デフレーターであり、状態価格デフレーターが(52)式で表されることが証明された。

状態価格デフレーターの計算例、特に状態価格デフレーターを用いたブラック・ショールズ式の算出は、付録Eのとおりである。

5－5．MCEVの構成要素

CFO フォーラムにより発表された「MCEV 原則」では、MCEV は、フリー・サー

プラス（Free Surplus）、必要資本（Required Capital）、保有契約価値（Value of in-force covered business）から成るとされている（また、将来の新契約の価値は含まれないものとされている）注12。つまり、MCEV は修正純資産と保有契約価値の合計である。

また、保有契約価値は、将来利益の現在価値（Present Value of Future Profits、将来利益は、保有契約およびその負債に対応する資産から生じる税引後の株主キャッシュフロー）から、金融オプションと保証の時間価値（Time Value of Financial Options and Guarantees）、必要資本に対するフリクショナル・コスト（Frictional Costs of Required Capital）、残余ヘッジ不能リスクに対するコスト（Cost of Residual Non-Hedgeable Risk）を除いたものとされている注13。

将来利益の算出に用いる死亡率等の計算前提については、「MCEV 原則」において、将来の見積りに用いる計算前提は、各契約群団の将来キャッシュフローの各構成要素に対してベスト・エスティメイトの計算前提を用いるべきであるとされている注14。また、ベスト・エスティメイト計算前提は、リスク変数の期待値（確率加重平均）に等しいものとされている注15。

また、将来利益の計算にあたっては、有配当契約への配当を考慮することが、「MCEV 原則」に規定されている。法定会計等の一般の会計においては、将来の配当支払を負債とするか否かについて、両論あり得るかもしれないが、Embedded Value 会計においては、株主価値の算出を目的としている以上、株式会社の有配当契約の配当支払を考慮し、Embedded Value に含めないとする取扱いは妥当であろう。

５－６．金融オプションと保証の時間価値

金融オプションと保証の時間価値（Time Value of Financial Options and Guarantees）は、決定論的計算により算出された Embedded Value を、確率論的計算により算出された Embedded Value に修正するための項目である。

「結論の背景」では、金融オプションと保証に含まれるのは、金融市場の変化によって価値が変動するものとされており、金融市場に関係しないオプションや保証については、この項目に含まれない。

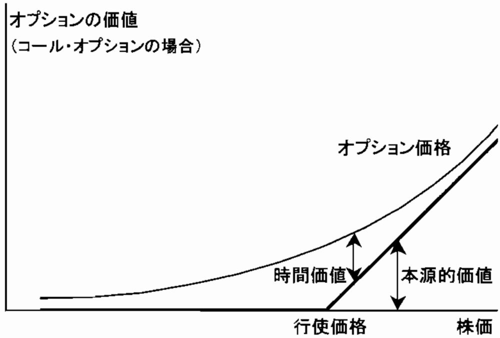
一般に、株式等に係るオプションの価値については、本源的価値（Intrinsic Value）と時間価値（Time Value）に分解される。

本源的価値とは、現時点でオプションを行使した場合の価値を表す。つまり、行使価格と、原資産の現時点での市場価格の差額を表す。

例えば、コール・オプションの場合は、原資産の現在の価格から権利行使価格を引いた値（ただし、原資産の現時点の価格が権利行使価格より低い場合はゼロ）であり、プット・オプションの場合は、権利行使価格から原資産の現時点の価格を引いた値（た

だし、原資産の現時点の価格が権利行使価格より高い場合はゼロ）となる。

対して、時間価値は、オプションの価格から本質的価値を差し引いた残りの価値であり、コール・オプションの場合、原資産の価格が将来上昇する可能性（プット・オプションの場合、原資産の価格が将来下落する可能性）に対する価値を表す。原資産の価格が変化しない場合、「時間価値」は時間とともに減少し、行使日においてゼロになる。



本源的価値は、単純な引き算により求められる。時間価値も、オプション価格が分かっている場合は、単純な引き算により求められる。

しかしながら、オプションの市場価格が分からない場合、オプション価格および時間価格は、確率論的にしか求めることができない。単純なオプションについては、オプション価格を求める算式としてブラック・ショールズ式が存在するが、単純なオプション以外は、確率論的にシナリオを発生させる等して時間価値を求める必要がある。

つまり、オプションは非線形なキャッシュフローを発生させるため、価格算出に確率論的計算が必要になってくるということである。

これは保険においても同様であり、変額保険・変額年金の最低保証、利率変動型保険の最低保証利率、契約者配当（のうち利差配当）等に関しては、非線形のキャッシュフローとなり、確率論的計算が必要になることは、良く知られている。

例えば、契約者配当については、利益が増加すれば、契約者配当が増加するものの、損失が発生した場合、マイナスの契約者配当とはならず、契約者配当は 0 となる。よって、契約者配当については、非線形のキャッシュフローとなり、確率論的手法での計算結果と、その中央シナリオによる決定論的手法による計算結果は異なっており、確率論的な評価が求められている。

また、「MCEV 原則」では、重要な動的な契約者行動は、金融オプションと保証の時間価値に反映されるべきとされている[注16]。これは、例えば、解約返戻金が金利に応じ

て変動しないような貯蓄性保険において、金利上昇時に（より利回りの高い金融商品への切り替えのために）解約が増加することの影響等を表しているものと考えられる。

「結論の背景」では、金融オプションと保証の時間価値は、（金融オプションと保証を持つ契約の）将来利益の現在価値の確率論的評価と決定論的評価の差額とされている[注17]。

つまり、実際の Embedded Value の計算実務としては、全契約について決定論的計算による将来収益の現在価値を求めた後に、金融オプションと保証を持つ契約について確率論的計算による将来利益の現在価値から決定論的計算による将来利益の現在価値を除いたもの（これは一般的に負の値となる）を加えることにより、確率論的計算による Embedded Value を算出することになる。

金融オプションと保証の本源的価値は、決定論的計算による将来収益の現在価値に含まれる。逆に言えば、「MCEV 原則」における将来利益の現在価値は、確率論的計算ではなく、決定論的計算により計算された額ということができる。この将来利益の現在価値を、決定論的手法で計算する際には、確実性等価手法を用いて、すべての資産の運用利回り前提および割引率の両方にリスクフリーレートを用いて計算することが一般的であり、このようにして計算された将来利益の現在価値は、確実性等価将来利益現価（Certainty Equivalent Present Value of Future Profits または Certainty Equivalent PVFP）と呼ばれている。

５－７．必要資本に対するフリクショナル・コスト

「MCEV 原則」では、必要資本に対するフリクショナル・コスト（Frictional Cost of Required Capital）は、必要資本に対応する資産に係る税や投資コストを反映すべきとされている[注18]。

なお、エージェンシー・コスト（Agency Costs）や、財務上の困難に伴うコスト（Cost of Financial Distress）については、「結論の背景」にて、CFO フォーラムは、これらは、企業の経営が評価すべき一般的な事業リスクではなく、個々の投資家が評価すべき一般的な企業リスクであるとして、MCEV 算出の際には考慮せず、個々の投資家が必要に応じて考慮するものとしている[注19]。

エージェンシー・コストとは、投資家が、会社の直接のコントロールを、利害が必ずしも一致するとは限らない経営者に渡してしまうことにより発生するコストを表す。財務上の困難に伴うコストは、MM 命題の節（３－３）で説明のとおりである。

これらのコストは、MCEV に反映する必要がないものの、非常に測定が困難である。

TEV での資本コストは、必要資本にかかるハードル・レートと税引後の運用利回り

の差の現価$\sum_{s=1}^{\infty}\frac{RC_{s+t-1}\times\{r-i_{s+t}\times(1-T)\}}{(1+r)^s}$であった。一方、MCEV では、ハードル・レートにも運用利回りにも、リスクフリーレートを用いる。よって、資本コストは、必要資本の（リスクフリーレートによる）運用収益にかかる税$\sum_{s=1}^{\infty}\frac{RC_{s+t-1}\times r_F\times T}{(1+r_F)^s}$となる。これが、MCEV での必要資本に対するフリクショナル・コストに相当する。

これは、会社が必要資本を即時に株主に分配せず、資産保有することによって税制上非効率になることによるコストであり、特に税の部分はダブル・タックスと呼ばれる。つまり、投資家が税務上の観点から効率的運用を行えば税回避することも可能であるが、保険会社が保持する必要資本に対する運用収益が課税されることとなり、二重課税が発生することによるコストである。

なお、「MCEV 原則」において、保有契約価値は、将来利益の現在価値（将来利益は、保有契約およびその負債に対応する資産から生じる税引後の株主キャッシュフロー）から、金融オプションと保証の時間価値、必要資本に対するフリクショナル・コスト、残余ヘッジ不能リスクに対するコストを除いたものとされている[注13]が、これは、いわゆるエクイティ・キャッシュフロー法を意味しているものと考えられる。

このとき、保有契約価値の算出実務上、社債・借入金の影響は、将来利益の現在価値の算出時に考慮する方法と、必要資本に対するフリクショナル・コストの算出時に考慮する方法があると考えられる。

前者は、エクイティ・キャッシュフロー法において、$r_L=i_{s+t}=r_F$とすると、以下のとおり求められる。

$$
\begin{aligned}
EV_t &= \sum_{s=1}^{\infty}\frac{SCF_{s+t}{}^{*}}{(1+r_F)^s}+D_t-CoC_t+ANW_t\\
&= \sum_{s=1}^{\infty}\frac{SCF_{s+t}{}^{*}}{(1+r_F)^s}+D_t-\sum_{s=1}^{\infty}\frac{RC_{s+t-1}\times r_F\times T}{(1+r_F)}+ANW_t
\end{aligned}
$$

後者は、エクイティ・キャッシュフロー法での資本コストである(49)式において、$r_L=i_{s+t}=r_F$とすると、(54)式として導かれる。

$$
CoC_t^{MCEV}=\sum_{s=1}^{\infty}\frac{(RC_{s+t-1}-D_{s+t-1})\times r_F\times T+D_{s+t-1}\times(r_D-r_F)\times(1-T)}{(1+r_F)^s}\qquad\cdots\quad(54)
$$

(54)式の分子の第一項は、社債・借入金の節税効果（タックス・シールド）を表し、分子の第二項は、社債・借入金を時価評価しない場合の将来の利払い負担による影響を表している。

５－８．残余ヘッジ不能リスクに対するコスト

リスクの企業価値への影響が非対称であること等により、ベスト・エスティメイト計算前提を用いて決定論的に計算した将来利益の現在価値には、リスクの（確率論的に計算される）平均的な影響が反映されていない場合、残余ヘッジ不能リスクに対するコスト（Cost of Residual Non-Hedgeable Risks）として、その違いに起因する追加コストが計上される。

例えば、死亡率等のリスクに関して、大災害等のリスクにより、非対称のキャッシュフローとなり、ベスト・エスティメイト計算前提による決定論的シナリオでは Embedded Value に反映されないコストがあるような場合は、そのコストが反映されることになる。

また、対称的なリスクに対しても、その不確実性に対するリスク・プレミアムを残余ヘッジ不能リスクに計上すべきであるかは、議論の余地があると考えられる。CAPM においては、リスク・プレミアムはシステマティック・リスクであるβのみが評価され、会社固有の非システマティック・リスクはポートフォリオを構築することにより分散可能として評価されなかったが、これと同様に、死亡率等のリスクは、市場により分散可能なリスクとして、リスク・プレミアムを評価しないという考え方もあれば、死亡率等のリスクは、市場により分散不可能なリスクとして、リスク・プレミアムを計上する考え方もあるであろう。

残余ヘッジ不能リスクに対するコストは、ヘッジ不能非金融リスク（Non-Hedgeable Non-Financial Risks）、ヘッジ不能金融リスク（Non-Hedgeable Financial Risks）が含まれるとされている。「結論の背景」では、ヘッジ不能金融リスクには、非流動性や市場の不在が含まれ、ヘッジ不能非金融リスクには、死亡率、生存率、発生率、継続率、事業費に関するリスク、オペレーショナル・リスク等が含まれるものとされている[注２０]。

６．考察（まとめ）

本論文は、主に株式会社を対象に Embedded Value 計算の理論的側面に議論してきたが、最後にまとめとして、Embedded Value の目的、相互会社の Embedded Value 等について考察を行いたい。

６－１．フリー・サープラスに対する資本コスト

６－１－１．増資がＥＶに与える影響

Embedded Value 計算における資本コスト（または、MCEV における必要資本に対するフリクショナル・コスト）は、必要資本に対して要求され、フリー・サープラスに対しては要求されない。

フリー・サープラスに対して資本コストが要求されないことの一つの解釈としては、将来のフリー・サープラスは、（Embedded Value は将来の新契約のないクローズド前提で計算されているが）将来獲得される新契約の必要資本に充当されたり、株主配当されたりすることにより、効率的な資本運営がされるという前提で Embedded Value が計算されているという解釈が可能であろう。

ただし、フリー・サープラスに対して資本コストが要求されないことより、TEV 計算には、理論上注意すべき点があることを述べる。

まず、増資を行った場合、TEV がどのように変化するかを考える。

単純に考えれば、増資額だけ Embedded Value が増加すべきである。実際、増資額だけ、フリー・サープラスが増加し、Embedded Value が増加するように思われる。

しかし、CAPM によれば、資本が増加することにより、保険会社の資本に対するリスクの割合（β）が減少するため、ハードル・レートも減少するのである。つまり、投資家が増資を認めるのは、リスクを減少させることと引き換えに、ハードル・レートが減少するのを認める行為と言える。そして、ハードル・レートの減少は、Embedded Value の増加を引き起こすのである。

つまり、増資した額以上に Embedded Value が増加することになるのである。言い換えれば、フリー・サープラスの金額が高いほど、資本コスト控除後の保有契約価値（Embedded Value から修正純資産を除いた額）が高いことになる。

実は、CAPM と整合的に考えるならば、フリー・サープラスに対しても資本コストが要求されるものとすべきなのである。

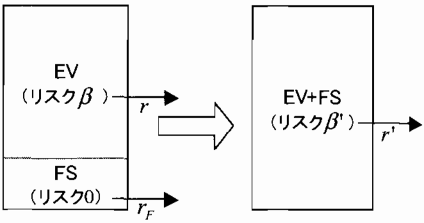
市場は、フリー・サープラス込みの資本に対して保険会社のリスクを計測しているため、フリー・サープラスが即時でリリースされるという前提の下でフリー・サープラスを満額で評価するべきではなく、フリー・サープラスがリスクを減少させる効果によりハードル・レートが下がっているのと引き換えに、フリー・サープラスに対し

ても資本コストが要求されるものとすべきなのである。

実際、フリー・サープラスに対して資本コストが要求されるものとした場合に増資を考えると、税を無視した場合、ハードル・レートの減少による Embedded Value の増加額と、フリー・サープラスの増加による資本コストの増加額は同じになり、ちょうどフリー・サープラスの増加額だけ Embedded Value が増加することになる。

以下、フリー・サープラスに対しても資本コストが要求されるものとした場合に増資を考えると、税がない場合においては、フリー・サープラスの増加額だけ Embedded Value が増加することを計算によって示す。

会社のハードル・レートを r とする。これは、Embedded Value が毎年 $EV \cdot r$ の利益を出す予定であるということを意味する。



ここで、フリー・サープラスの増資があったものとしよう。また、増資された金額は安全資産で運用されるものとする。すると、保険会社のリスクは β から β' に変化するが、以下の関係式が成立する。

$$\beta' = \frac{EV}{EV + FS} \cdot \beta$$

よって、保険会社のハードル・レートは次式のとおり変化する。

$$r' = r_F + \frac{EV}{EV + FS} \cdot \beta \cdot (r_M - r_F) = r_F + \frac{EV}{EV + FS} \cdot (r - r_F) = \frac{EV \cdot r + FS \cdot r_F}{EV + FS}$$

フリー・サープラス増加後は、保険会社は毎年 $EV \cdot r + FS \cdot r_F$ のキャッシュフローを生むが、これを r' で割り引くと、

$$\sum_{t=1}^{\infty} \frac{EV \cdot r + FS \cdot r_F}{(1 + r')^t} = \frac{EV \cdot r + FS \cdot r_F}{r'} = EV + FS$$

となり、フリー・サープラスの増加分だけ Embedded Value が増加しているのが分かる。これは、ハードル・レートの減少による Embedded Value の増加額と、フリー・サープラスの増加による資本コストの増加額が同じであることを示しているが、これを直接的に示すと、以下のとおりである。

ハードル・レートの減少による Embedded Value の増加額は、

$$\sum_{t=1}^{\infty}\frac{EV\cdot r}{(1+r')^t}-EV=\frac{EV\cdot r}{r'}-EV=\frac{(EV+FS)\cdot r'-FS\cdot r_F}{r'}-EV=\frac{FS\cdot(r'-r_F)}{r'}$$

となり、フリー・サープラスの増加による資本コストの増加額

$$\sum_{t=1}^{\infty}\frac{FS\cdot(r'-r_F)}{(1+r')^t}=\frac{FS\cdot(r'-r_F)}{r'}$$

と同額であることが示された。

なお、税のある場合においては、Embedded Value は $FS\times(1-T)$ しか増加しない。つまり、投資対象なしに増資することで得られる効果はなく、むしろ、ダブル・タックス等の余分なコストがかかる分だけ無駄が発生するという自明の結論が得られる。

ただし、現在の保有契約に係る将来のフリー・サープラスを計算して、フリー・サープラスにかかる資本コストを織り込むためには、将来獲得される新契約と現在の保有契約に対する資本配賦を明確にする必要があり、これは現実的な手法とは言えない。

むしろ、フリー・サープラスは満額で評価し、ハードル・レートを算出する際に、フリー・サープラスがないものとして算出したハードル・レートを用いる方が現実的である。特に、修正純資産に比してフリー・サープラスの水準が低い場合は、特段の考慮をせずハードル・レートを計算しても、問題はないであろう。

６－１－２．社債発行がＥＶに与える影響

フリー・サープラスに資本コストが要求されない Embedded Value 計算においては、理論上は、TEV または MCEV にかかわらず、社債の節税効果により Embedded Value を増加させることを目的として、社債発行を行うインセンティブが働くことになる。

しかし、フリー・サープラスにも資本コストが要求されるとした場合、MCEV で考えると良く分かるが、社債による節税効果をフリー・サープラスの資本コストの増加で打ち消すことになり、結局、社債発行で節税効果は得られず、Embedded Value は増減しない。

つまり、社債発行により得られるリスクフリーの投資収益を、そのまま社債の利払いに充てるのであり、将来の収支に影響を与えず、Embedded Value は増減しないということである。

６－１－３．株主資本から社債・借入金への資本構成の変更がＥＶに与える影響

最後に、社債・借入金を増やし、株式を同額減らした場合の影響を検討する。

これは、フリー・サープラスにも資本コストが要求されるとした場合、６－１－２より、社債発行による Embedded Value の増減への影響はなく、６－１－１より、株主資本を減らすことは、ダブル・タックス等の余分なコストを削減できる分だけ、

Embedded Value を増やすという結論が得られる。

このケースにおいては、最終的にフリー・サープラスが増減していないことからも分かるとおり、実は、フリー・サープラスに資本コストがかからないとした場合についても、同じ結論が得られる。これは、税がある場合の MM 命題の帰結と同じである。ただし、MM 命題の節（３－３）でも述べたとおり、財務上の困難に伴うコストの影響があり、財務上の困難に伴うコストが反映されない MCEV は増加するが、実際の企業の価値は減少している可能性がある。

さて、これを TEV の WACC で考えると、株式を減らし、社債・借入金を発行することは、株主のリスクを高め、より高い資本コストが株主から要求されるため、税がない場合においては、MM 命題の節（３－３）で説明したとおり、WACC は変化せず、Embedded Value は変化しない。

一方、税がある場合は、社債・借入金による節税効果（タックス・シールド）の分だけ WACC が減少し、Embedded Value が増加することになる。

６－１－４．トップダウン・アプローチにおける社債・借入金の節税効果の影響

第３章において、トップダウン・アプローチである、エンタプライズ DCF 法、エコノミック・プロフィット法、APV 法、キャピタル・キャッシュフロー法、エクイティ・キャッシュフロー法について、理論的には同じ価値を算出するものとしたが、実は、それは将来にわたってフリー・サープラスがないと仮定した場合の話であり、フリー・サープラスがある場合は、資本コストに対する社債・借入金の影響のため、どの方法を用いるかで、Embedded Value は理論的に一致しないことを注意しておく。

この不一致は、APV 法、キャピタル・キャッシュフロー法およびエクイティ・キャッシュフロー法が社債・借入金の節税効果をすべて Embedded Value に計上しているのに対し、エンタプライズ DCF 法およびエコノミック・プロフィット法は、社債・借入金の節税効果のうち、全体の資本（株式および社債・借入金）に占めるフリー・サープラスの割合部分を、保有契約ではなく将来の新契約に割り当てられるべき節税効果として、Embedded Value に計上していないことによる。

６－２．責任準備金の時価評価に関する考察

第１章では、$MVL_t = MVA_t - EV_t$ または $MVL_t = SVL_t - VIF_t$ で負債（責任準備金）の市場価値を定義した。

責任準備金の評価方法については、現在、国際的に議論のあるところであるが、この Embedded Value から逆算される責任準備金も、一種の責任準備金の評価方法と考えることができるであろう。以下、この MVL_t について検討する。

(14)式に、(9)式および(8)式を代入して、

$$MVL_t = SVL_t - \sum_{s=1}^{\infty} \frac{\{SVL_{s+t-1} \times i_{s+t} - CF_{s+t} + (SVL_{s+t-1} - SVL_{s+t})\} \times (1-T)}{(1+r)^s} + CoC_t$$

この式に、$\sum_{s=1}^{\infty} \frac{\{SVL_{s+t-1} \times r + (SVL_{s+t-1} - SVL_{s+t})\} \times (1-T)}{(1+r)^s} = SVL_t \times (1-T)$、および(11)式を代入して、(55)式が求められる。

$$MVL_t = SVL_t \times T + \sum_{s=1}^{\infty} \frac{\{CF_{s+t} + SVL_{s+t-1} \times (r - i_{s+t})\} \times (1-T) + RC_{s+t-1} \times \{r - i_{s+t} \times (1-T)\}}{(1+r)^s} \quad \cdots \ (55)$$

(55)式を変形して、(56)式が導かれる。

$$MVL_t = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{CF_{s+t}}{(1+r)^s} + \left(SVL_t - \sum_{s=1}^{\infty} \frac{CF_{s+t}}{(1+r)^s} \right) \times T + \sum_{s=1}^{\infty} \frac{SVL_{s+t-1} \times (r - i_{s+t}) \times (1-T)}{(1+r)^s} + CoC_t \quad \cdots \ (56)$$

第一項$\sum_{s=1}^{\infty} \frac{CF_{s+t}}{(1+r)^s}$は、将来の保険関係キャッシュフローの現価である。

第二項$\left(SVL_t - \sum_{s=1}^{\infty} \frac{CF_{s+t}}{(1+r)^s} \right) \times T$は、税に対する調整である。責任準備金の時価評価と法定会計の責任準備金の差だけ、税の徴収時期に差が発生しているため、それを調整する項目である。なお、$SVL_t = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{SVL_{s+t-1} \times (1+r) - SVL_{s+t}}{(1+r)^s}$を代入すると、第二項は$\sum_{s=1}^{\infty} \frac{-CF_{s+t} + SVL_{s+t-1} \times (1+r) - SVL_{s+t}}{(1+r)^s} \times T$と表現することも可能である。ただし、Embedded Value から逆算される責任準備金に相当する評価方法が法定会計上の責任準備金の評価方法として実際に採用される場合、税務会計が法定会計に等しくなることによって、この第二項はなくなるであろう。あるいは、税務会計が変更されない場合にあっても、この第二項は繰延税金負債として取り扱うのが良いと考えられる。

第三項$\sum_{s=1}^{\infty} \frac{SVL_{s+t-1} \times (r - i_{s+t}) \times (1-T)}{(1+r)^s}$は、法定責任準備金にかかるコストである。

第三項、第四項を合わせた$\sum_{s=1}^{\infty} \frac{SVL_{s+t-1} \times (r - i_{s+t}) \times (1-T) + RC_{s+t-1} \times \{r - i_{s+t} \times (1-T)\}}{(1+r)^s}$は、一種の目標利益の現価を表していると考えることができるであろう。

(56)式はハードル・レートによる割引となっているが、資産運用利回りによる割引で

表現することも可能である。(55)式から次式が導かれる。

$$\left(MVL_{t-1}-SVL_{t-1}\times T\right)\times\left(1+r\right)-\left(MVL_t-SVL_t\times T\right)$$
$$=\left\{CF_t+SVL_{t-1}\times\left(r-i_t\right)\right\}\times\left(1-T\right)+RC_{t-1}\times\left\{r-i_t\times\left(1-T\right)\right\}$$

両辺から、$\left(MVL_{t-1}-SVL_{t-1}\times T\right)\times\left(r-i_t\right)$を差し引いて、

$$\left(MVL_{t-1}-SVL_{t-1}\times T\right)\times\left(1+i_t\right)-\left(MVL_t-SVL_t\times T\right)$$
$$=\left\{CF_t+SVL_{t-1}\times\left(r-i_t\right)\right\}\times\left(1-T\right)+RC_{t-1}\times\left\{r-i_t\times\left(1-T\right)\right\}$$
$$-\left\{SVL_{t-1}\times\left(1-T\right)-VIF_{t-1}\right\}\times\left(r-i_t\right)$$
$$=CF_t\times\left(1-T\right)+VIF_{t-1}\times\left(r-i_t\right)+RC_{t-1}\times\left\{r-i_t\times\left(1-T\right)\right\}$$

よって、

$$MVL_t=SVL_t\times T+\sum_{s=1}^{\infty}\frac{CF_{s+t}\times\left(1-T\right)+VIF_{s+t-1}\times\left(r-i_{s+t}\right)+RC_{s+t-1}\times\left\{r-i_{s+t}\times\left(1-T\right)\right\}}{\prod_{u=1}^{s}\left(1+i_{u+t}\right)}$$

この式を変形して、(57)式が導かれる。

$$MVL_t=\sum_{s=1}^{\infty}\frac{CF_{s+t}}{\prod_{u=1}^{s}\left(1+i_{u+t}\right)}+\left(SVL_t-\sum_{s=1}^{\infty}\frac{CF_{s+t}}{\prod_{u=1}^{s}\left(1+i_{u+t}\right)}\right)\times T+\sum_{s=1}^{\infty}\frac{VIF_{s+t-1}\times\left(r-i_{s+t}\right)}{\prod_{u=1}^{s}\left(1+i_{u+t}\right)}+CoC_t \quad \cdots \ (57)$$

(57)式は、(56)式と同様の式であるが、割引率がハードル・レートから運用利回りに変わったことに伴い、目標利益も$\sum_{s=1}^{\infty}\frac{VIF_{s+t-1}\times\left(r-i_{s+t}\right)+RC_{s+t-1}\times\left\{r-i_{s+t}\times\left(1-T\right)\right\}}{\prod_{u=1}^{s}\left(1+i_{u+t}\right)}$に変わっている。この(57)式は、Girard[1999]が示した負債の市場価値を Embedded Value ベースに修正したものとなっている。

一方、MCEV でリスクフリーレートでの割引を行うことを考えた場合、(56)式または(57)式に、$i_t=r=r_F$を代入して、(58)式が得られる。なお、TEV と MCEV で同じCF_{s+t}という記号を用いているが、後者は確実性等価となるキャッシュフローまたはリスク中立世界でのキャッシュフローの平均値を表していることに注意する必要がある。

$$MVL_t=\sum_{s=1}^{\infty}\frac{CF_{s+t}}{\left(1+r_F\right)^s}+\left(SVL_t-\sum_{s=1}^{\infty}\frac{CF_{s+t}}{\left(1+r_F\right)^s}\right)\times T+CoC_t \quad \cdots \ (58)$$

MCEV では、資本コストは$CoC_t=\sum_{s=1}^{\infty}\frac{RC_{s+t-1}\times r_F\times T}{\left(1+r_F\right)^s}$であったので、特に税がな

い場合においては、責任準備金の時価評価は、$MVL_t = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{CF_{s+t}}{\left(1+r_F\right)^s}$ と保険関係キャッシュフローの現価で表されることが分かる。

また、(56)～(58)式から、責任準備金の時価評価が、ハードル・レート、資産運用利回り、リスクフリーレートのいずれの割引現価でも表現可能であることが示された。

６－３．ＥＶの計算目的に関する考察

６－３－１．諸会計とＥＶ

超長期の保険を販売する生命保険会社の利益を評価するために、評価性の準備金である責任準備金の評価が必要であるが、これは会計目的により責任準備金の評価方法が変わり得るということを意味している。

日本の法定会計は、ソルベンシーの確保を目的とした会計であり、平準純保険料式、標準基礎率による保守的な計上となっている。また、期間損益のため、ロックイン方式による計上となっている。

日本の法定会計に則り、標準基礎率を用いて平準純保険料式の責任準備金を積み立てた場合、新契約が増加するという会社の収益に資する事象に対し、営業職員給与や代理店手数料等の初期投資費用をその年度中に回収できないことから、その期の利益が減少するという結果が発生する。また同様に、解約が増加するという会社の収益を悪化させる事象に対し、当期の逸失利益よりも解約控除益が大きいことから、その期の利益が増加するという結果が発生する。このように法定会計には、会社の収益状況または会社の経営努力が正しく反映されないという欠点が存在し、法定会計のみでは会社の価値評価は困難である。

この法定会計の欠点を補う会計としては、US-GAAP 会計（または保険料計算基礎率のチルメル式責任準備金による会計）や Embedded Value 会計等が考えられる。

US-GAAP 会計（または保険料計算基礎率のチルメル式責任準備金による会計）は、DAC（またはチルメル歩合）により、法定会計の欠点である初期投資費用による収益の悪化を一定程度解消する会計である。仮に DAC（またはチルメル歩合）の水準を調整できれば、新契約費や解約控除益に関する法定会計の欠点は解消可能であろう。（ただし、チルメルの具体的な方法は必要に応じて修正する必要がある。例えば、負値の責任準備金の認容やチルメル期間の修正等が挙げられる。また、変額保険または変額年金を販売している会社は、特別勘定部分についてもチルメルの概念を持ち込む必要があるかもしれない。）

また、US-GAAP 会計（または保険料計算基礎率のチルメル式責任準備金による会計）

は、いわゆる繰延法（Deferral-and-Matching Approach）による会計であり、ロックインという特徴を持つ会計手法である。新契約時に利益の繰延方法が確定し、販売後に判明した事実が責任準備金の評価に反映されない会計手法である。これは、期間損益を達成させるものの、利益・損失の計上に遅れがあるとも言える。（なお、同じくロックイン方式という特徴を持つ日本の法定会計は、将来収支分析を行うこと等により、将来発生する損失の認識・計上の遅れを回避している。）

一方、Embedded Value 会計は、基礎率をロックインせず、評価日時点でのベスト・エスティメイトな見積もりに基づいて計算される会計であり、いわゆる資産負債法（Asset-and-Liability-Measurement Approach）として、評価日時点での保険会社の価値を評価する会計である。この会計は、投資に対する回収が評価されるため、初期投資による損失が発生しない。

６－３－２．利益の発生の仕方（初期利益）について

以下、これらの会計における利益の発生の仕方について考察する。初期投資費用については既に論じたとおりなので、以下では、純保険料に対応する部分に係る利益の発生の仕方、特に初期利益の発生の有無について整理する。

保険契約の利益について、新契約時に初期利益の計上がなされるべきか、それとも、時間の経過に伴うリスクの解放とともに利益の計上がなされるべきかについては議論のあるところであろうが、初期利益が発生するか否かは、責任準備金評価基礎率の設定方法と責任準備金の計算式に現れる将来の保険料に用いる基礎率の設定方法とに依存している。具体的には、初期利益の発生は、下表のとおりまとめられる。

責任準備金中の保険料 ／ 責任準備金評価基礎率	保険料計算基礎率（または一時払契約）	責任準備金評価基礎率（平準払契約のみ）
保険料計算基礎率より保守的	初期損失が発生	なし（法定会計）
保険料計算基礎率と等しい	なし	
保険料計算基礎率より割安	初期利益が発生（EV）	なし（US-GAAP）

責任準備金評価基礎率を保険料計算基礎率でロックインする場合は、初期利益は計上されず、時間の経過に伴うリスクの解放とともに利益の計上がなされることになる。一方、保険料計算基礎率が含んでいる安全割増の一部が、責任準備金評価基礎率には含まれないような場合、つまり、責任準備金計算基礎率により計算される保険料が保険料計算基礎率により計算される保険料よりも割安になる場合については、責任準備金計算に現れる将来の保険料を保険料計算基礎率で計算するならば、その差額の現価相当額が初期利益として計上されるであろう。実際の保険料を用いて算出した将来の利益から求める Embedded Value は、この場合に該当する。

日本の法定会計においては、ソルベンシー確保の目的から、責任準備金評価基礎率である標準基礎率が、概ね保険料計算基礎率よりも保守的な水準に設定されており、初期利益は発生しない。

US-GAAP においては、責任準備金計算基礎率は、ベスト・エスティメイトに収益悪化方向への変動に対するマージン（Provision for (Risk of) Adverse Deviation）を加えたものとされており、これが保険料計算基礎率より低い水準であっても、責任準備金計算に現れる保険料が責任準備金計算基礎率で計算されるため、初期利益は発生しない。

Embedded Value 会計の最大の目的は、評価日時点における保険会社の企業価値を評価することにあるが、ベスト・エスティメイト計算前提を用いることにより初期利益が発生し、保険会社の業績評価指標として使用できるという特徴を持つ。

つまり、新契約の増加が、新契約価値の増加により Embedded Value の増加につながり、想定に対する解約の増加は、解約率に対する前提と実績の差および解約率に関する計算前提の悪化を通して Embedded Value の減少につながる会計となっている。つまり、Embedded Value は、会社の収益状況または会社のあらゆる経営努力が反映される会計と言える。よって、Embedded Value 会計は、株主だけでなく経営者にとっても歓迎すべき会計手法と言えるであろう。

６－３－３．経営目標としてのＥＶ

株式会社の経営目標は何であろうか。それは、第一には、会社の価値を高め、利益を株主に還元することであろう。言い換えれば、Appraisal Value を高め、株主配当を支払うことである。つまり、Appraisal Value の増減から得られる利益、つまり、Appraisal Value の増減から株主配当支払および増資の影響を除いたものを最大化することである。より正確には、Appraisal Value の増減から得られる利益を Appraisal Value で割ることにより算出される利益率の最大化を、第一の経営目標と位置付けることができるであろう。

これは、Embedded Value の増減から得られる利益、つまり、Embedded Value の増減から株主配当支払および増資・減資の影響を除いたものを、Embedded Value で割ることにより算出される利益率の最大化に近似可能であろう。(ただし、これは近似であって、イコールではないことには留意しておく必要がある。例えば、将来の新契約獲得のための投資は、Appraisal Value の増加につながっても、Embedded Value の増加につながらない可能性がある。)

つまり、経営目標として Embedded Value を捉えた場合、Embedded Value の実額（大きさ）が重要なのではなく、Embedded Value から算出される利益率が重要なの

である。株主の立場からしても、株式時価総額が重要なのではなく、株式配当調整後の株価の上昇率が重要なのであり、会社間で比較すべきは、Embedded Value の金額ではなく、Embedded Value から算出される利益率と言えるであろう。

しかしながら、Embedded Value の増減から算出される利益の分析は容易ではない。Embedded Value の増減から算出される利益は、いわゆる包括利益（Comprehensive Income）であり、単純に比較できるものではない。この利益の分解方法は第２章で示したとおりであるが、その要素をさらに利源別等に細分化する等して増減要因を明らかにした上で、経営陣に報告したり投資家に開示したりすることが考えられる。

この増減要因には金利等の金融市場要因が大きな影響を与える可能性がある。その場合、幾分主観的になるかもしれないが、市場要因と経営要因に分解することが考えられるであろう。

例えば、投資家向けの対応としては、市場要因は経営のコントロールの範囲外と考えて、（事前に）感応度分析で市場要因に対する感応度を明らかにして開示した上で、実績から計算される増減の要因分析の開示については、経営要因と市場要因に分解して開示することが考えられる。

一方で、コントロール不可能なリスクである市場要因を可能な限り排除するのが経営陣の任務と考えて、株式を保有せず、債券によるデュレーション・マッチングまたはキャッシュフロー・マッチング等の手法を用いて、市場要因に対する感応度を引下げ、包括利益自体を安定化させるという経営方針も考えられるであろう。

最後に、Embedded Value の増加を経営目標として良いかについて検討する。つまり、Embedded Value の増加という経営目標が、経営陣を誤った判断に誘導しないかという点について検討する。

例えば、Embedded Value を増加させるために、経営陣が従業員の給与を減らすようなことが起こらないであろうか。従業員の給与を下げれば、将来の事業費支出が減るため、Embedded Value が増加するように思われる。しかしながら、納得感のない従業員の給与の引下げは、従業員のモチベーションを下げるであろう。優秀な人材が流出したり、新たに優秀な人材が確保できなくなったりする恐れがあり、結局、長期的に見れば、Embedded Value は減少するのである。無論、過度に給与を高くすれば良いということではない。従業員の給与は、労働市場と Embedded Value の増加を経営目標とする経営のバランスの中で決定される。つまり、この構造が経営陣に理解されていれば、Embedded Value の増加を経営目標とすることは、過度に高い給与を抑制する役目を果たすことに貢献しこそすれ、むやみやたらに従業員の給与を引き下げるモチベーションにはならないであろう。

次に、Embedded Value を増加させるために、保険料を引上げるという経営判断はどうであろうか。確かに、保険料を引上げても同じだけの新契約数が確保されるので

あれば、Embedded Value は増加するであろう。しかしながら、保険料を引上げれば、保険市場の競争の中で新契約数は減少し、むしろ、Embedded Value が減少する可能性がある。無論、過度に保険料を引き下げれば良いというものではない。必要な利益水準もあり、保険料の引下げには限界がある。結局、保険料は、保険市場と Embedded Value の増加を経営目標とする経営バランスの中で決定される。つまり、Embedded Value を経営目標とすることは、保険料競争による過度の保険料を引下げを抑制する役目を果たすことに貢献しこそすれ、むやみやたらに保険料を引上げるモチベーションにはならないはずである。加えて、保険市場は、労働市場に比べて市場参加企業が少なく、自社の戦略が市場に及ぼす影響度が高いことに注意が必要である。

なお、資産運用については、理論的には Embedded Value は経営陣を誤った判断に誘導する指標ではないものの、TEV の実務上はリターンの高いリスク性資産を増やすことが Embedded Value の増加につながるように見える点については注意が必要である。詳しくは、後の６－３－８のとおりである。

６－３－４．ＥＶと収益分析（利源分析等）

ところで、日本の法定会計においては、利源分析という手法により利益の分析を行うことができたが、Embedded Value 会計においては、利益の分析はどのように行われるであろうか。

利源分析では、予定事業費収入と事業費支払の差である費差損益、危険保険料収入と危険保険金支払の差（≒予定保険金支払と実際保険金支払の差）である死差損益、運用収益と予定利息の差である利差損益、等の利源に分解することにより、収益分析を行っている。これは、収入保険料を、予定事業費、危険保険料等に分解することにより行われており、つまり、保険料計算基礎率の責任準備金による利益と対応している。よって、利源分析においては、保険料計算基礎率の責任準備金と責任準備金評価基礎率の責任準備金の差が、責任準備金関係損益に押し込められることとなるが、利源分析は、日本の法定会計において、保険料計算基礎率の責任準備金と責任準備金評価基礎率の責任準備金が大きく乖離していないからこそ、可能な手法といえるであろう。

一方、ベスト・エスティメイト計算前提による Embedded Value においては、保険料計算基礎率の責任準備金とベスト・エスティメイト計算前提の責任準備金が大きく乖離するため、この利源分析手法は意味を成さない。

では、Embedded Value 会計において、利益の分析はどのように行われるであろうか。そもそも、利源分析という手法は必要であろうか。この問題を考えるにあたっては、利源分析を行う目的について考える必要がある。

利源分析を、単に会社全体の収益の分析手法として捉えるのであれば、Embedded

Value 会計には、利源分析とは別の収益分析手法が存在する。それは、第２章で示したような Embedded Value の増減から計算される包括利益の分析により果たされる。具体的には、Embedded Value の利益は、①期始の保有契約価値および必要資本×ハードル・レート、②フリー・サープラスに係る資産運用収益、③新契約価値、④計算前提の変更に伴う期末保有契約価値の増減、⑤期始保有契約に係る計算前提とその実績の差による損益、に分解されるが、この⑤部分について、期始のベスト・エスティメイト計算前提と実績の差を利源に分解して表現することが可能である。

しかしながら、利源分析という手法を、単なる会社全体の収益の分析手法ではなく、個別商品の収益の分解も把握する手法として捉える場合、ベスト・エスティメイト計算前提との比較による分析からは、個別商品の収益性の判断は困難ということになる。つまり、利源分析においては、収入保険料を、予定事業費、危険保険料等に分解することにより、商品開発時に想定していた（保険料計算基礎率の責任準備金による）利益と実際に発生した利益の差の分析結果について、（年度により支払率が変動している場合等は過去の推移等を踏まえた判断が必要であったり、新契約費の償却等について契約時からの累積管理が必要な場合があったりするものの）当該年度の損益のみからある程度分析可能であるのに対して、Embedded Value の利益は、契約時にベスト・エスティメイト計算前提による初期利益が発生し、その後、ベスト・エスティメイト計算前提が変動したり実績に置き換わったりすることによる損益が発生するという構造になっており、個別商品の収益性の判断を行うためには、契約時からの累積損益の把握が不可欠となるため、大変な労力が必要となるということである。

今後販売する商品のための収益分析という観点においては、新契約価値を用いて、新契約の収益分析が行われれば事足りるであろう。ただし、第４章で述べたとおり、トップダウン・アプローチでは、商品により異なるリスク特性が表現されず、適切な新契約価値が算出されないため、MCEV 等のボトムアップ・アプローチが必要となる。

MCEV において、商品のプライシングを検証する場合、新契約価値を保険料収入の現価で割った（Embedded Value ベースの）プロフィット・マージンや、新契約価値を必要資本で割った（Embedded Value ベースの）ROR（Return on Risk）等の指標が考えられる。

このような指標を、商品開発時に分析することや、販売後に新契約価値を商品別に分解してモニタリングすること等により、プライシングの事前検証、事後モニタリングを行うことができる。

６－３－５．ＥＶとソルベンシー

次に、Embedded Value 会計とソルベンシーの関係について検討する。Embedded Value 会計は、ソルベンシー目的の会計ではないが、以下の観点において、ソルベンシ

一の観点に適合している。

第一に、直近の実績に基づくベスト・エスティメイトの将来の見通しを行う会計であり、将来の利益の悪化を捉えることができる。特に、Embedded Value の計算過程において、将来のキャッシュフローが生成されるため、クローズド前提ではあるものの、将来の見通しを持つことができる。

第二に、感応度分析により、各種計算前提の変動に対する影響が測定される。

第三に、必要資本を一定の確率（例えば、99.5%等）での Embedded Value の下落幅をカバーする水準と定義する場合、リスクが精緻に認識されることになる。

第四に、MCEV を用いる場合、リスク性資産を減らしたり、資産と負債のデュレーション・マッチングまたはキャッシュフロー・マッチングを進めたりすることにより ALM リスクを削減し、利益を安定化させるインセンティブとなる。当然、一定程度リスクテイクする会社も存在するであろうが、Embedded Value が変動するリスクを認識の上での行動であり、リスク・コントロールが働いていると考えられる。

よって、Embedded Value、特に MCEV を計算することは、リスク管理の高度化を促進するという側面があると考えられ、ソルベンシーの確保につながると考えられる（ただし、リスク管理の高度化に Embedded Value が必要であるということを意味するものではない）。

６－３－６．ＥＶと利益の分配

以下、Embedded Value 会計と利益の分配について、検討する。

契約者への配当還元を目的として、全商品の収益性を判断しようとする場合、Embedded Value という手法は充分ではない。

Embedded Value を使用するにあたっては、Embedded Value が Going-Concern の前提で保険会社の価値または利益を評価していることを忘れてはならない。

利益の「実現」をどのように定義するかについては諸論あるであろうが、契約者への配当還元という観点で考える場合、生命保険における利益は、時間の経過に伴うリスクの解放によって、初めて「実現」し、契約者に分配可能になると考えられる。

つまり、その意味において、Embedded Value は利益を先取りした会計であり、Embedded Value のみでは、契約者配当による契約者への利益の還元が判断できないと考えられる。

株主配当による株主への利益の分配については、より問題は複雑であり、一概に論じることはできないと考えられる。ただし、生命保険の長期性という特徴と密接に結びついている生命保険事業の公共性について、常に念頭に置いておく必要があるであろう。つまり、一般のモノを販売する企業と異なり、生命保険会社は長期の契約を締結しているのであり、その長期の契約を全うすることが生命保険会社の責務である。一般に会社の経営にあたっては、株主への利益還元、会社（または従業員）の繁栄、

顧客満足を考える必要があるであろうが、生命保険会社の経営にあたっては、顧客の長期的な満足を第一に考える必要があると考えられるであろう。つまり、株主配当は、Embedded Value 会計のみで判断するのではなく、ソルベンシー目的の会計により充分なソルベンシーの確保を確認した上で行う必要があると考えられる。

6－3－7．利用者別のＥＶの計算目的

以下、Embedded Value の計算目的（使用目的）を利用者別に考察する。

まず、株主（以下、株主という言葉には、潜在的な株主、つまり、現時点においては株主ではないが将来的に株主になる可能性のある人、を含むものとする。以下、債権者および契約者についても同様。）にとっては、Embedded Value は、企業価値評価として捉えられるであろう。特に、現在、国により会計制度が異なる中、Embedded Value は、国境を越えて同一基準で比較できる可能性を持っていると私は考える。株主にとっては、株主時価総額を表す Appraisal Value が重要であるが、これを推定するためには、Embedded Value の実額のみが開示されるのではなく、以下の項目が開示されることが重要である。

- 新契約価値（Value of New Business）
  新契約価値は、Embedded Value を Appraisal Value に修正する際に使用可能である。しかし、将来の新契約の価値が、新契約価値の何倍に相当するかについては、投資家の判断に委ねられる。
- 各計算前提に対する Embedded Value の感応度分析（Sensitivity Analysis）
  感応度分析は、収益の安定度を表す指標として役立つとともに、評価日から投資家が情報を利用する日までの状況の変化（計算前提の変化）を簡便的に修正するツールとして利用可能である。
- Embedded Value の増減要因分解

株主は、これらの指標から、株価が適正か否かを判断し、株式を売買したり、株主総会で議決権を行使したりすることができる。

債権者（契約者を含む）は、Embedded Value やその他の指標から、保険会社の業績や健全性を測定するであろう。また、格付会社も同様であろう。

保険会社の買収者にとっては、M&A の評価に役立てることができる。

保険会社の経営者にとっては、Embedded Value が開示される場合は、上記と同じ視点が含まれることになる。内部管理として利用される場合、経営努力を表す会計として利用されるであろう。また、経営者報酬、従業員報酬の指標にも利用可能である。より高度な利用方法としては、保険商品の収益性の分析や新商品のプライシング、資本配賦にも利用可能であろう。

しかし、ここまでに見てきたように、Embedded Value も万能という訳ではないので、その特性に注意して、他の手法と合わせて用いることが必要である。

６－３－８．資産運用に関する経営努力のＥＶでの評価

最後に、資産運用に関する経営努力が、どのように Embedded Value に反映されるかについて検討する。

まず、MCEV においては、運用利回りにリスクフリーレートを用いるため、将来のキャッシュフローを割り引いて計算される保有契約価値には、資産運用に関する経営努力はあらわれない。

結論としては、資産運用に関する経営努力は、修正純資産にあらわれる。運用資産はすべて市場価格で評価されるので、購入した運用資産の質が高ければ、運用資産の市場評価額が高まることにより、Embedded Value の増加につながる。この増加は、Embedded Value の増減のうち、資産運用に関する計算前提と実績の差異による損益の部分に現れる。つまり、予定以上の資産運用結果として表れることになる。

「結論の背景」では、市場整合的評価では、（リターンの高い）リスク性資産を増やしても、リスク調整のためリスクフリーレートを超過する将来利益を平均的に取り除くので MCEV は増加しないとした上で、むしろ、（金融オプションと保証である契約者保証があるような場合は）二次的な影響として、ボラティリティの増加が契約者保証の価値を増加させる要因となり、MCEV が減少する可能性があるとしている[注21]。

例えば、最低保証付変額（年金）保険は、リスク性資産が多いほど、最低保証の価値が高くなるし、利差配当が会社の運用利回りに応じて設定されるような場合も同様である。

また、Embedded Value を高めることを経営目標とする場合、Embedded Value の下落（悪化方向への変動）をリスクとして考えることができるが、例えば、必要資本を一定の確率（例えば、99.5%等）での Embedded Value の下落幅をカバーする水準と定義する場合、資産と負債のデュレーション・マッチングを進めること等により、金利変動リスク（金利変動により Embedded Value が減少するリスク）を減少させ、必要資本を減少させることができる。このとき、必要資本に対するフリクショナル・コストが減少し、Embedded Value の増加につながる。

さて、金利が変動した場合に、資産と負債のデュレーションの違いが与える影響を、MCEV で考察する。まず、資産のデュレーション D_A および負債のデュレーション D_L を、$D_A = -\dfrac{\frac{d}{dr}MVA}{MVA}$ および $D_L = -\dfrac{\frac{d}{dr}MVL}{MVL}$ で定義するものとする。前節（６－２）で見たとおり、MCEV で税がない場合は $MVL_t = \sum_{s=1}^{\infty}\dfrac{CF_{s+t}}{(1+r_F)^s}$ と表せることから、負債

のデュレーションをMVLを用いて計算するのは、一定の妥当性があると考えられるであろう。さて、(13)式をリスクフリーレートr_Fで微分して、

$$\frac{d}{dr_F}EV_t = \frac{d}{dr_F}MVA_t - \frac{d}{dr_F}MVL_t = MVL_t \times D_L - MVA_t \times D_A$$

ここで、$D_L > D_A$かつ$\frac{MVL_t}{MVA_t} \fallingdotseq 1$と仮定すると、$\frac{d}{dr_F}EV_t > 0$より、金利が上昇した場合に Embedded Value が増加することが分かる。また、$D_L \fallingdotseq D_A$とすることで、金利の変動に対する Embedded Value の変動を抑制することができる。つまり、金利リスクを減少させることができる。

一方、TEV においては、資産構成を変更した場合、資産毎に期待収益率が異なるため、会社全体の資産の期待収益率が変わり、Embedded Value が増減することになる。よって、単純に考えれば、Embedded Value を増加させるためには、単にリターンの高いリスク性資産を増やし、期待収益率を高めれば良いということなる。

しかし、理論的には、リスク性資産を増やした場合、会社のリスク量の増加に応じて、CAPM によるハードル・レートが上昇し、Embedded Value の額は増減しないはずである。つまり、運用資産利回りの増加とハードル・レートの増加がバランスすることにより、Embedded Value は増減しない。言い換えれば、リスクを取ってリターンを得る投資行動により、Embedded Value が上昇するということない。むしろ、先に述べたように、金利変動リスクを減少させる投資を行えば、必要資本の減少、資本コストの減少を通して、Embedded Value が高まると考えられる。

ただし、第４章で述べたとおり、CAPM の弱点により、実際の TEV では必ずしも理論どおりとならない可能性があることには注意しておく必要がある。

６－４．相互会社のＥＶに関する考察

株式会社の Embedded Value は、一種の株主価値を表すものであったが、相互会社の Embedded Value は、何を意味するであろうか。社員（契約者）に分配可能な剰余の現在価値を表すのであろうか。

相互会社で TEV を計算する場合、ハードル・レートをどのように算出するか、という問題が発生する。第一の問題として、株式を発行してない相互会社は、自社のβを計測することができないため、CAPM を直接適用することができない。類似企業等から、自社の生命保険事業に求められるリスク・プレミアムを類推してハードル・レートを算出することは可能かもしれないが、相互会社にとってのハードル・レートとは何を意味するか、との問題に行き当たる。

相互会社は、理念上、利益を契約者に配当還元することとされているが、この契約者配当は、Embedded Value 計算上、将来利益から控除されることとなっており、債

権者としての契約者と、株主としての契約者の関係整理が必要になる。

また、日本の税務会計では配当所要額は損金算入されるが、相互会社の Embedded Value は社員（契約者）に分配可能な剰余の現在価値を表すと考えると、ハードル・レートは、WACC における負債コストと同様に、税引後の（低い）ハードル・レートを用いるべきとの帰結になる。つまり、株主への株主配当支払は損金算入されないが、契約者への契約者配当支払は損金算入されるため、同じ事業内容の企業であったとすると、株主にとっての企業価値評価より、契約者にとっての企業価値評価の方が、高い企業価値となるということである。

ただし、実際の契約者配当は、利益のすべてを配当するリボルディング・ファンド・モデルというより、むしろ利益の一部を留保するエンティティ・キャピタル・モデルに基づいていると考えられ、契約者配当分は将来利益から控除されているため、Embedded Value はエンティティ・キャピタル（または、まだ将来の配当として確定していない留保）相当分であり、通常の（税引前の）ハードル・レートを用いるべきとも考えられる。通常の（税引前の）ハードル・レートを用いるのは、株式会社との比較の観点からも望ましいであろう。

また、相互会社における基金や基金償却積立金・準備金の取扱いも問題となるであろう。基金については、いわゆる社債・借入金と同列の取扱いであると考えられるが、無コスト資本である基金償却積立金・準備金は、無コストの社債・借入金と捉えて WACC アプローチを適用したりキャピタル・キャッシュフロー法やエクイティ・キャッシュフロー法の資本コストを計算したりするのではなく、エンティティ・キャピタル・モデルの考え方からすれば、ハードル・レートを適用すべき資本として取り扱うのが良いのではないかと私は考える。

一方、近年開示が進んでいる MCEV で計算を行う場合には、リスクフリーレートが割引率に用いられるため、計算実務上の課題は概ね解消される。

株式会社においては、保険会社の株式の評価を行うために、投資家は Embedded Value の開示を必要としている。同様に、相互会社において、契約者は Embedded Value の開示を必要としているであろうか。

株主は、所有する株式数に応じて、保険株式会社の利益を等しく享受することができた。一方、相互会社においては、所有する契約数に応じて、保険相互会社の利益を享受できるのではなく、各契約が保険会社に対してどれだけの貢献を行ってきたかに応じて、配当が享受できる。よって、契約者にとって、Embedded Value の増加は、必ずしも自身の配当還元につながるものではない。

一方で、エンティティ・キャピタル・モデルで考えた場合、Embedded Value の増加はエンティティ・キャピタルの増加につながり、自身の契約のエンティティ・キャピタルへ貢献すべき負担も減少することにより、配当還元が高まるものと考えられる。

よって、Embedded Value の増加が、個々の契約の配当に及ぼす影響がないという訳ではない。

株式会社の経営目標は、会社の価値を高め、利益を株主に還元することであったが、相互会社の経営目標は何であろうか。それは、第一に、相互扶助の理念に基づいて、確実に保険給付を行った上で、配当差引後の実質保険料においてできる限り低廉な負担を目指すことであろう。また、社会貢献の理念に基づいて、国民生活安定のため、国の社会保障制度を補完するものとして、生命保険の普及に努めることであろう。

このとき、保有件数が多ければ多いほど、規模の経済が働くこと、大数の法則によるリスクの安定化がはかられること、また、生命保険の普及の観点から、保有件数の増加は、経営目標になり得るように思われる。

しかしながら、保有件数の増加のみを経営目標として収益性を考慮しなかった場合、収益性に対しリスクの高すぎる商品の販売を行ったり、営業職員給与や代理店手数料の設定が不適切なものとなったりし、確実な保険給付を行うことや収益に貢献した契約に配当を行うことを阻害することも考えられる。よって、会社が獲得すべきなのは、会社に（リスクに見合う）利益を与える契約、つまり、Embedded Value を増加させるような契約のみである。

よって、単なる保有件数の増加は契約目標になり得ず、代わりに Embedded Value の増加が経営目標の候補に挙げられる。

では、Embedded Value の増加は、経営目標になり得るであろうか。相互会社の利益は、社員権を持つ社員（契約者）に帰属する以上、株式会社と同様、Embedded Value の増加は、経営目標に位置付けることができると言えるであろう。

ただし、株主または契約者の立場から考えた場合、株式会社との違いが二つある。

一つ目は、株式会社では、株価の上昇と株主配当による還元が理論的には同価値で評価されるため、Appraisal Value の増加と株主配当支払いがほぼ同価値で表現されるのに対し、相互会社では、保険の満了に伴い社員権を失うこととなるため、Appraisal Value の増加と社員配当金支払いが同価値では評価されないことである。

つまり、単純に Embedded Value の増加が求められるのではなく、Embedded Value の増加に伴う配当還元が、契約者（社員）から求められる。また、契約者間の公平性の観点からも、相互会社は、エンティティ・キャピタルへの貢献と配当還元のバランスを考慮の上、Embedded Value の増加を目指す必要がある。

二つ目は、株主は投資を目的として株式を購入するのに対し、契約者は保険への加入を目的として社員になることである。つまり、契約者の立場からすると、配当還元よりも、むしろ最初から保険料が低廉であることを希望するであろうということである。

つまり、相互会社の経営目標として、Embedded Value の増加を挙げることはできるものの、Embedded Value の増加が配当還元につながらなければならないこと、Embedded Value を増加させることだけを目的として保険料水準を上げることは否定されること、に注意が必要である。

特に、高料高配か低料低配かという問題は、昔から論じられてきた問題である。この問題は、簡単に定式化して解ける問題ではない。

例えば、無配当保険のみを販売する株式会社においては、Embedded Value が最大となるように、つまり 1 件あたり新契約価値×販売件数が最大となるように保険料を設定するという考え方も可能であろう。この問題単独でも難しい問題であり、自社の保険料戦略が他社に影響を及ぼすことを考えると、さらに問題は複雑化するため、実際に解くことが可能かという問題はあるものの、利益最大化のために目指すべき保険料水準は、上記のとおり定式化することが可能である。

一方、相互会社の場合は、どうなるであろうか。この問題を考えるためには、まず、高料高配と低料低配の関係について整理する必要がある。当然の話であるが、高料高配と低料低配では、高料高配の方が、保険料も配当も高い。では、配当差引後の実質保険料（の期待値）は、どうであろうか。毎年配当タイプ同士で比較を行った場合、高料高配の方が配当差引後の実質保険料（の期待値）が低くなるべきであると私は考える。何故ならば、低料低配の方が保険会社にリスクがあり、そのリスクの対価として、実質保険料（の期待値）が高くなるべきであるからである。同様に、同じ保険料であれば、毎年配当タイプと３年毎配当タイプまたは５年毎配当タイプでは、毎年配当タイプの方が、配当水準が低く、ゆえに実質保険料（の期待値）が高くなるべきである。（よって、毎年配当タイプの高料高配契約と３年毎配当タイプまたは５年毎配当タイプの低料低配契約間においては、実質保険料のあり方を一概に論じることはできない。）

このとき、契約者が、最初から保険料の安い低料低配を選択するか、実質保険料（の期待値）の安い高料高配を選択するか、というのは、契約者の選択によるであろう。ただし、保険会社は、同一の商品で高料高配と低料低配を併売する場合、高料高配契約の方が実質保険料（の期待値）が安いということを、配当方針を明示すること等によって、契約者に伝えるのが、より望ましいものと考えられる。ただし、不確実な将来の中で、配当方針を打ち出すことは困難な上、契約者が確定した配当であるかのように誤解しないよう正しく認識してもらうことは非常に困難であり、そもそも高料高配と低料低配を併売しない等の対応策が現実的であろう。

このとき、相互会社が、Embedded Value の最大化、つまり配当差引後の１件あたり新契約価値（実質保険料に基づく１件あたり新契約価値）×販売件数の最大化を目

指すと、保険料の設定、保険料に対応するリスクに応じた配当方針の見通しから求められる実質保険料、保険料および実質保険料（の期待値）と各契約者のリスク選好から定まる販売件数から Embedded Value の最大値を求めるということになるが、これは理論的に解くことのできる問題のレベルを既に超えている（相互会社では、株式会社と同様の問題の上に、さらに契約者配当の要素が複雑に絡み合うということである）

つまり、Embedded Value のみから、高料高配と低料低配の問題が理論的に論じられる訳ではなく、保険料の水準の問題は、保険料に対する販売予想や他社動向等から将来の収益やリスクの状況を推定することによって論じるしかなく、そのように決定した保険料に対し Embedded Value が最大限増加するように経営が行われるというのが実際の経営の姿であろうと考えられる。

以上の注意点はあるものの、Embedded Value の増加は、相互会社の経営目標として充分に役割を果たし得るものであろう。逆に、経営目標として使用されるということは、経営努力を表す指標として利用されるということでもある。

当然ながら、Embedded Value の算出を行うためには、計算システム、計算実務を行う人材が必要であり、場合によってはコンサルティング会社等による助言やレビューも必要となってくる。これには、相応の費用がかかるため、Embedded Value 計算を行うか否かについては、この費用対効果に対する判断次第であろう。なお、算出した Embedded Value は、開示せずに内部管理として用いることも、契約者等に開示することも考えられるであろう。

株式会社においては、投資家は、様々な情報をもとに株式の売買や株主総会等での株主権の行使を行っている。その中で、Embedded Value は大変有用な情報となり得るであろう。相互会社においても、会社の価値をもとに契約を売買する訳ではないものの、総代会等での社員権の行使は可能であることから、Embedded Value の開示は有用な情報となる可能性がある。

一方で、相互会社の企業価値は、将来の保険料から得られる収益が織り込まれてしまっていること、また、契約者に（件数比、保険金額比、保険料比等で）均等に配分されるものではないこと等から、Embedded Value を契約者に正しく理解してもらうためには、開示の仕方に留意が必要であると考えられる。

また、開示にあたっては、将来にわたって確実な保険給付を行うとともに適切な配当還元を行うことが相互会社の使命であることから、Embedded Value の増減要因分析については、Embedded Value がどのように増減したかだけでなく、それが配当還元にどのように結びついているか、という観点で分析することが考えられるであろう。

（住友生命保険相互会社　主計部主計室）

7. 付録

7－1. 付録A　CAPMの証明

付録Aでは、CAPMを証明する。CAPMは、以下の仮定の下に導出される。

［仮定1］証券市場は、以下の意味において、完全市場（perfect market）である。

① 投資家の売買活動による価格変動がないこと。

② 全証券に関して、その時点での証券価格で、完全に自由な（思いどおりの）取引ができること。（1円未満の取引も可能）

③ 取引コストや税が存在しないこと。

④ その時点での情報がすべて開示され、証券の価格に織り込まれていること。

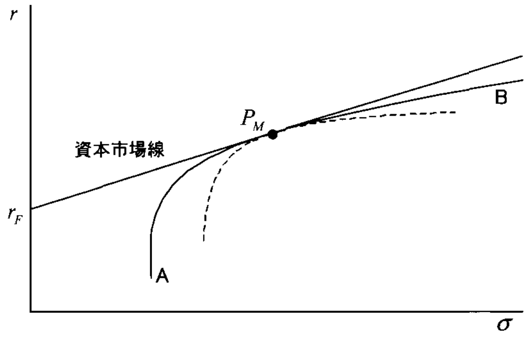
［仮定2］安全資産および安全利子率が存在する。

［仮定3］空売りが可能。

［仮定4］すべての投資家は、危険回避者であり、ポートフォリオを1期間保有したときに予想される期末の財産総額（収益率とリスクにより決定される）による期待効用（効用の期待値）を最大化することを目的とする。

［仮定5］すべての投資家は、同様の予想を行う（同質的予想の仮定)。

なお、［仮定1］③で、税がないものと仮定しているが、税がある場合においても、インカム、キャピタル・ゲインの区別なく、同じ一定率の税率が、すべての投資家に対して適用される場合、CAPMが成立することが知られている。



市場にある証券の組合せからできるポートフォリオは、上図の曲線ABで囲まれるエリア（右下のエリア）で表現される。この曲線AB上のポートフォリオを効率的ポートフォリオと呼ぶが、効率的ポートフォリオと安全資産でできる直線を資本市場線（Capital Market Line）と呼び、効率的ポートフォリオと資本市場線の接点を接点ポートフォリオと呼ぶ。

まず、市場ポートフォリオが接点ポートフォリオであることを示す。

すべての投資家は、資本市場線上の投資を行う。つまり、各投資家は、接点ポートフォリオと安全資産から成るポートフォリオを持つ。一方、市場が均衡状態（需給が等しい状態）であれば、投資家に保有されない証券は存在しないから、各投資家の保有する接点ポートフォリオの集合が、市場ポートフォリオである。(接点ポートフォリオを構成する証券の組合せは一通りとは限らない。)

ここで、市場ポートフォリオのリターンおよびリスクを考えると、接点ポートフォリオの集合であるため、リターンは接点ポートフォリオと等しい。一方、リスクは、各接点ポートフォリオに分散効果が働けば、接点ポートフォリオより低くなることはあるが、高くなることはない。つまり、上図において、市場ポートフォリオは、接点ポートフォリオと等しいか、もしくは、接点ポートフォリオの左側に存在する。しかし、接点ポートフォリオはもともと効率的フロンティア上のポートフォリオであり、その左側にポートフォリオは存在しないので、市場ポートフォリオは接点ポートフォリオに等しい。

ここで、任意の証券iおよび市場ポートフォリオP_Mを考える。これら二つを構成比率$w:1-w$の比で組み合わせたポートフォリオを考える。このポートフォリオの期待収益率および分散は(59)式および(60)式のとおりとなる。

$$r_P = w \cdot r_i + (1-w) \cdot r_M \qquad \cdots \quad (59)$$

$$\sigma_P{}^2 = w^2 \cdot \sigma_i{}^2 + (1-w)^2 \cdot \sigma_M{}^2 + 2w \cdot (1-w) \cdot \sigma_{iM} \qquad \cdots \quad (60)$$

このポートフォリオは、構成比率wを変化させたとき、リスクとリターンの関係は、上図の点線のような軌跡を描くが、$w=0$（接点ポートフォリオP_M）で曲線ABに接し、かつ、曲線ABで囲まれるエリア（右下のエリア）に存在するポートフォリオであるから、$w=0$での傾きは、資本市場線に等しくなければならない。よって、(61)式が成立する。

$$\left. \frac{\partial r_P}{\partial \sigma_P} \right|_{w=0} = \frac{r_M - r_F}{\sigma_M} \qquad \cdots \quad (61)$$

ここで、左辺については、(59)式および(60)式を微分すると、

$$\frac{\partial r_P}{\partial w} = r_i - r_M$$

$$\frac{\partial \sigma_P}{\partial w} = \frac{1}{2\sigma_P} \cdot \left(2w \cdot \sigma_i{}^2 - 2(1-w) \cdot \sigma_M{}^2 + 2(1-2w) \cdot \sigma_{iM} \right)$$

であるから、(62)式のとおりとなる。

$$\left.\frac{\partial r_P}{\partial \sigma_P}\right|_{w=0} = \frac{\left.\frac{\partial r_P}{\partial w}\right|_{w=0}}{\left.\frac{\sigma_P}{\partial w}\right|_{w=0}} = \frac{r_i - r_M}{\frac{-\sigma_M^{\ 2} + \sigma_{iM}}{\sigma_M}} \quad \cdots \quad (62)$$

(61)式に(62)式を代入して整理すると、次式のとおり CAPM が導かれる。

$$r_i - r_F = \frac{\sigma_{iM}}{\sigma_M^{\ 2}} \cdot (r_M - r_F)$$

なお、CAPM によるリスク・プレミアムの表現式(35)式および(36)式は、リスク中立確率を用いると、(35')式および(36')式のように表現することができることを示す。

リスク中立確率を用いると(63)式が成立する。

$$E_Q[R_i] = r_F \quad \cdots \quad (63)$$

(63)式に $R_i = \frac{P_1}{P_0} - 1$ を代入して、P_0 を両辺に乗じると、(64)式が導かれる。

$$E_Q[P_1] = P_0 \cdot (1 + r_F) \quad \cdots \quad (64)$$

(64)式を、(35)式または(36)式に代入すると、次式が導かれる。

$$E_P[P_1] - E_Q[P_1] = \beta_i \cdot (E_P[R_M] - r_F) \cdot P_0 \quad \cdots \quad (35')$$

$$E_P[P_1] - E_Q[P_1] = \frac{Cov(P_1, R_M)}{\sigma_M^{\ 2}} \cdot (E_P[R_M] - r_F) \quad \cdots \quad (36')$$

7－2．付録B　確実性等価に関する証明

付録Bでは、効用関数 $u(w)$ が、単調増加（$u'>0$）かつ上に凸（$u''<0$）のとき、$E[w] \geq w^*$ となることを証明する。

$u(w)$ が単調増加であるため、命題は $u(E[w]) \geq u(w^*) = E[u(w)]$ と同値であるが、これは Jensen の不等式のとおりである。この Jensen の不等式を、w の変化が離散的かつ有限の場合について、数学的帰納法で証明する。

w の変化が離散的かつ有限の場合、Jensen の不等式は、任意の w_i および $\sum_{i=1}^{n} p_i = 1$ に対して、$u\left(\sum_{i=1}^{n} p_i \cdot w_i\right) \geq \sum_{i=1}^{n} p_i \cdot u(w_i)$ が成立することを意味している。

$n=1$ のとき、$u(w_1) = u(w_1)$ となり、題意は成立する。

$n=2$ のとき、題意である $u((1-p) \cdot v + p \cdot w) \geq (1-p) \cdot u(v) + p \cdot u(w)$ を示す。これは、$f(w) = u((1-p) \cdot v + p \cdot w) - (1-p) \cdot u(v) - p \cdot u(w)$ として、$f(w) \geq 0$ を示せばよ

い。$f(w)$ を微分して、

$$f'(w) = p \cdot \{u'((1-p)\cdot v + p \cdot w) - u'(w)\}$$

ここで、$u''<0$ より、u' は単調減少であるから、

①$w<v$ のとき、$(1-p)\cdot v + p\cdot w > w$ より、$u'((1-p)\cdot v + p\cdot w) < u'(w)$

よって、$f'(w) = p\cdot\{u'((1-p)\cdot v + p\cdot w) - u'(w)\} < 0$

$f(w)$ が単調減少なので、$f(w) > f(v) = 0$

②$w>v$ のとき、$(1-p)\cdot v + p\cdot w < w$ より、$u'((1-p)\cdot v + p\cdot w) > u'(w)$

よって、$f'(w) = p\cdot\{u'((1-p)\cdot v + p\cdot w) - u'(w)\} > 0$

$f(w)$ が単調増加なので、$f(w) > f(v) = 0$

よって、$f(w) \geq 0$ が証明されたため、題意は証明された。

最後に、$n = k-1$ のとき題意が成立するものとして、$n = k$ のとき題意が成立することを証明する。

$v = \dfrac{1}{1-p_k}\displaystyle\sum_{i=1}^{k-1} p_i \cdot w_i$ とすると、$n = 2$ のときの証明から、

$$u\left(\sum_{i=1}^{k} p_i \cdot w_i\right) = u\left(\sum_{i=1}^{k-1} p_i \cdot w_i + p_k \cdot w_k\right) = u((1-p_k)\cdot v + p_k \cdot w_k)$$

$$\geq (1-p_k)\cdot u(v) + p_k \cdot u(w_k)$$

また、$q_i = \dfrac{p_i}{1-p_k}$ とすると、$v = \displaystyle\sum_{i=1}^{k-1} q_i \cdot w_i$ となるが、$\displaystyle\sum_{i=1}^{k-1} q_i = 1$ となるため、$n = k-1$ の場合に題意が成立することから、$u(v) = u\left(\displaystyle\sum_{i=1}^{k-1} q_i \cdot w_i\right) \geq \displaystyle\sum_{i=1}^{k-1} q_i \cdot u(w_i)$ となる。よって、

$$u\left(\sum_{i=1}^{k} p_i \cdot w_i\right) \geq (1-p_k)\sum_{i=1}^{k-1} q_i \cdot u(w_i) + p_k \cdot u(w_k) = \sum_{i=1}^{k} p_i \cdot u(w_i)$$

となり、$n = k$ の場合についても、題意が示された。

７－３．付録Ｃ　デルタ・ヘッジおよびＢＳ式

７－３－１．ブラック・ショールズ式におけるボラティリティ

ブラック・ショールズ式の導出は、コール・オプション C_t に対して、$C_t - \dfrac{\partial C_t}{\partial S_t}\cdot S_t$ というポートフォリオは、株価の変動に対するリスクを持たないことから、無裁定条件より安全資産とみなせるという概念に基づいている。

ところで、このポートフォリオは、まさしく、コール・オプションに対するデルタ・ヘッジを意味している。つまり、ブラック・ショールズ式の導出は、連続的にデルタ・ヘッジを行えば、損益は発生しないという仮定に基づいているとも言えるであろう。

しかしながら、実際には、デルタ・ヘッジで損益は発生するのである。では、ブラ

ック・ショールズ式は、どのように理解したら良いであろうか。

証明は後に述べるが、デルタ・ヘッジは、ブラック・ショールズ式で計算されるオプション価格に対して、微小時間hの株価の実績ボラティリティが、$\sigma\sqrt{h}$以下の場合に利益が発生し、$\sigma\sqrt{h}$以上の場合に損失が発生するポジションである（株価の実績ボラティリティを$\sigma'\sqrt{h}$と表すと、損益は$\frac{1}{2}\cdot\Gamma_t\cdot S_t^{\,2}\cdot\left(\sigma^2-\sigma'^2\right)\cdot h$になる。言い換えれば、株価の実績ボラティリティが$\sigma\sqrt{h}$以上の場合に、ガンマによる損失が発生する)。よって、株価のσが既知かつ一定の場合、デルタの変動に合わせてデルタ・ヘッジのポジションを頻繁に修正することにより、デルタ・ヘッジの損益は時間軸の中で相殺されることになる。つまり、非システマティック・リスクが、ポートフォリオを構築することにより、いわば空間的に分散可能であったのと同様に、デルタ・ヘッジの損益のリスクは時間的に分散可能であり、オプションに対してリスク・プレミアムは要求されないのである。

オプションのリスクの源泉はボラティリティσにあるが、オプションに対してリスク・プレミアムが要求されないため、ブラック・ショールズ式において、Ｐ測度のボラティリティσが現れるのである。

一方で、現実においては、Ｐ測度のボラティリティσは未知であり変動するため、ブラック・ショールズ式をＰ測度のσのまま適用することはできない。具体的には、ボラティリティの不確実性に対して、リスク・プレミアムが要求されるため、リスク・プレミアムが織り込まれたＱ測度のボラティリティを用いて、ブラック・ショールズ式は使用されている。

７－３－２．デルタ・ヘッジ

以下、プット・オプションのショート・ポジション（売り）をヘッジすることを考える。コール・オプションでも同様の結論が得られるが、本論文においてプット・オプションを例とするのは、プット・オプションのショート・ポジションが保険会社の持つ最低保証付変額年金保険の最低保証オプションと類似しているからである。

プット・オプションのショート・ポジションは高い VaR（バリュー・アット・リスク）またはTail-VaRを持つが、デルタ・ヘッジを行えば、期待値は変わらない中、VaRまたはTail-VaRを小さくすることができる。ここに、デルタ・ヘッジを行う価値が見出されるが、デルタ・ヘッジを行う際のデルタは、Ｑ測度のσ（インプライド・ボラティリティ）に対して算出されるべきか、Ｐ測度のσに対して算出されるべきか、との問題がある（なお、Ｐ測度のσとは、将来の株価の変動に対して内在しているσを指し、過去の株価の変動を表すヒストリカル・ボラティリティを意味しない)。

行使日時点での評価を考えるのであれば、概念的には、Ｐ測度のσに対して算出し

たデルタに対してヘッジを行うのが、最もヘッジ効果が高くなる（行使日時点までの損益の VaR または Tail-VaR が小さくなる）が、そもそも、P測度のσは観測できないという問題がある（そもそも、P測度のσが正確に観測できないので、P測度のσとQ測度のσに差異が生じている）。

一方で、市場整合的評価では、オプションの価格はQ測度で評価されるが、各会計期間での損益を安定化させることを目的とする場合、オプションの価格評価と整合的なQ測度のσを用いて算出したデルタに対してヘッジを行うのが適切である（つまり、P測度のデルタ・ヘッジを用いた場合、オプション価格をQ測度で評価すると、各会計期間での損益は不安定となる）。

なお、Q測度のσは変動するものであるが、σが変動すると、オプション価格が変わることにより、会計上の損益が発生する。実際にヘッジを行う際は、この損益をヘッジするために、デルタ・ヘッジに加え、ベガ・ヘッジを行うことも考えられる。ベガ・ヘッジは、変動ボラティリティと固定ボラティリティを交換するバリアンス・スワップ等を用いて行うことができる。

7－3－3．グリークスの算出

以下、プット・オプションの価格P_tに対して、グリークス（Greeks）を算出する。プット・オプションの価格は次式で表現される。

$$P_t = K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N(-d_2) - S_t \cdot N(-d_1)$$

$$\left(d_1 = \frac{\ln\frac{S_t}{K} + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} 、 d_2 = \frac{\ln\frac{S_t}{K} + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \right)$$

ここで、$N'(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{2}}$ であるので、

$$\frac{N'(-d_1)}{N'(-d_2)} = e^{\frac{d_1^2 - d_2^2}{2}} = e^{\ln\frac{S_t}{K} + r\cdot(T-t)} = \frac{S_t}{K} \cdot e^{r\cdot(T-t)}$$

よって、(65)式が成立する。

$$K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N'(-d_2) = S_t \cdot N'(-d_1) \qquad \cdots \quad (65)$$

まず、デルタについては、微分して(65)式を代入して算出する。

$$\Delta_t = \frac{\partial P_t}{\partial S_t} = -K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N'(-d_2) \cdot \frac{\partial d_2}{\partial S_t} - N(-d_1) + S_t \cdot N'(-d_1) \cdot \frac{\partial d_1}{\partial S_t}$$
$$= -N(-d_1) - \left\{K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N'(-d_2) - S_t \cdot N'(-d_1)\right\} \cdot \frac{1}{S_t \cdot \sigma \cdot \sqrt{T-t}} = -N(-d_1)$$

ガンマについては、デルタを微分して算出する。

$$\Gamma_t = \frac{\partial^2 P_t}{\partial {S_t}^2} = \frac{\partial \Delta_t}{\partial S_t} = N'(-d_1) \cdot \frac{\partial d_1}{\partial S_t} = \frac{N'(-d_1)}{S_t \cdot \sigma \cdot \sqrt{T-t}}$$

セータについては、微分して$d_1 = d_2 + \sigma \cdot \sqrt{T-t}$および(65)式を代入して算出する。

$$\Theta_t = \frac{\partial P_t}{\partial t}$$
$$= r \cdot K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N(-d_2) - K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N'(-d_2) \cdot \frac{\partial d_2}{\partial t} + S_t \cdot N'(-d_1) \cdot \frac{\partial d_1}{\partial t}$$
$$= r \cdot K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N(-d_2) - \left\{K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N'(-d_2) - S_t \cdot N'(-d_1)\right\} \cdot \frac{\partial d_2}{\partial t}$$
$$+ S_t \cdot N'(-d_1) \cdot \frac{\partial}{\partial t}\left(\sigma \cdot \sqrt{T-t}\right)$$
$$= r \cdot K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N(-d_2) - S_t \cdot N'(-d_1) \cdot \frac{\sigma}{2\sqrt{T-t}}$$

ローについては、微分して(65)式を用いて算出する。

$$\mathrm{P}_t = \frac{\partial P_t}{\partial r}$$
$$= -(T-t) \cdot K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N(-d_2) - K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N'(-d_2) \cdot \frac{\partial d_2}{\partial r} + S_t \cdot N'(-d_1) \cdot \frac{\partial d_1}{\partial r}$$
$$= -(T-t) \cdot K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N(-d_2) - \left\{K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N'(-d_2) - S_t \cdot N'(-d_1)\right\} \cdot \frac{\sqrt{T-t}}{\sigma}$$
$$= -(T-t) \cdot K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N(-d_2)$$

ベガについては、微分して$d_1 = d_2 + \sigma \cdot \sqrt{T-t}$および(65)式を用いて算出する。

$$\frac{\partial P_t}{\partial \sigma} = -K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N'(-d_2) \cdot \frac{\partial d_2}{\partial \sigma} + S_t \cdot N'(-d_1) \cdot \frac{\partial d_1}{\partial \sigma}$$

$$= -\left\{K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N'(-d_2) - S_t \cdot N'(-d_1)\right\} \cdot \frac{\partial d_2}{\partial \sigma} + S_t \cdot N'(-d_1) \cdot \frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\sigma \cdot \sqrt{T-t}\right)$$

$$= S_t \cdot \sqrt{T-t} \cdot N'(-d_1)$$

以上、プット・オプションに対するグリークスの計算結果をまとめると、以下のとおりとなる。特に$N'(-d_1) = N'(d_1)$であることから、$N'(d_1)$の表記を使用している。

グリークス（Greeks）	算式（プット・オプションの場合）
デルタ（$\Delta_t = \frac{\partial P_t}{\partial S_t}$）	$\Delta_t = -N(-d_1)$
ガンマ（$\Gamma_t = \frac{\partial^2 P_t}{\partial S_t^{\,2}}$）	$\Gamma_t = \frac{N'(d_1)}{S_t \cdot \sigma \cdot \sqrt{T-t}}$
セータ（$\Theta_t = \frac{\partial P_t}{\partial t}$）	$\Theta_t = -\frac{S_t \cdot N'(d_1) \cdot \sigma}{2\sqrt{T-t}} + r \cdot K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N(-d_2)$
ロー　（$\mathrm{P}_t = \frac{\partial P_t}{\partial r}$）	$\mathrm{P}_t = -(T-t) \cdot K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N(-d_2) = -(T-t) \cdot (P_t - \Delta_t \cdot S_t)$
ベガ　（$\frac{\partial P_t}{\partial \sigma}$）	$\frac{\partial P_t}{\partial \sigma} = S_t \cdot \sqrt{T-t} \cdot N'(d_1)$

なお、上記算式より、セータ、デルタ、ガンマに対して(66)式が成立することが確認できる。

$$\Theta_t + r \cdot S_t \cdot \Delta_t + \frac{1}{2} \cdot \sigma^2 \cdot S_t^{\,2} \cdot \Gamma_t = r \cdot P_t \qquad \cdots \quad (66)$$

7－3－4．デルタ・ヘッジにより発生する損益

デルタ・ヘッジは、プット・オプションのショート・ポジション$-P_t$に対し、株式をΔ_t株購入（プット・オプションのΔ_tは負なので、実際は$-\Delta_t$株の空売り）し、残りの$P_t - \Delta_t \cdot S_t$を安全資産に投入することで、株価の変動に対するヘッジを行う。

なお、$P_t - \Delta_t \cdot S_t$をプット・オプションの行使日に満期を迎える割引債$B_t = e^{-(T-t)r}$に投資した場合、ロー・ヘッジも行われることになる。実際に、この割引債のローは$\frac{\partial B_t}{\partial r} = -(T-t) \cdot B_t$であるが、購入する債券数は$\frac{P_t - \Delta_t \cdot S_t}{B_t}$であり、債券全体のローは$\mathrm{P}_t = -(T-t) \cdot (P_t - \Delta_t \cdot S_t)$となるが、これは、プット・オプションのショート・ポジションのローを相殺する。

以下、r および σ は一定として、デルタ・ヘッジの損益を考える。微小時間 h 経過後の損益 $prft_{t,h}$ は、(67)式で表される。

$$prft_{t,h} = \Delta_t \cdot S_{t+h} + (P_t - \Delta_t \cdot S_t) \cdot e^{rh} - P_{t+h} \qquad \cdots \quad (67)$$

ここで、P_{t+h} は(68)式で近似される。

$$P_{t+h} = P_t + \Delta_t \cdot (S_{t+h} - S_t) + \frac{1}{2} \cdot \Gamma_t \cdot (S_{t+h} - S_t)^2 + \Theta_t \cdot h \qquad \cdots \quad (68)$$

(67)式に(68)式を代入して、

$$prft_{t,h} = P_t \cdot (e^{rh} - 1) + \Delta_t \cdot S_t \cdot (1 - e^{rh}) - \frac{1}{2} \cdot \Gamma_t \cdot (S_{t+h} - S_t)^2 - \Theta_t \cdot h$$

ここで、$S_{t+h} = S_t \cdot e^{\mu h + \sigma' \sqrt{h}}$ と置くと、

$$prft_{t,h} = P_t \cdot (e^{rh} - 1) + \Delta_t \cdot S_t \cdot (1 - e^{rh}) - \frac{1}{2} \cdot \Gamma_t \cdot S_t^{\,2} \cdot \left(e^{\mu h + \sigma' \sqrt{h}} - 1\right)^2 - \Theta_t \cdot h$$

$e^x = 1 + x + \frac{1}{2} x^2 + \cdots$ を用いて、$h^{\frac{3}{2}}$ 以上の項を無視すると、

$$prft_{t,h} = P_t \cdot r \cdot h - \Delta_t \cdot S_t \cdot r \cdot h - \frac{1}{2} \cdot \Gamma_t \cdot S_t^{\,2} \cdot \sigma'^2 \cdot h - \Theta_t \cdot h$$

(66)式を代入すると、次式が導かれる。

$$prft_{t,h} = \frac{1}{2} \cdot \sigma^2 \cdot S_t^{\,2} \cdot \Gamma_t \cdot h - \frac{1}{2} \cdot \Gamma_t \cdot S_t^{\,2} \cdot \sigma'^2 \cdot h = \frac{1}{2} \cdot \Gamma_t \cdot S_t^{\,2} \cdot (\sigma^2 - \sigma'^2) \cdot h$$

$\Gamma_t > 0$ であるので、$\sigma'^2 < \sigma^2$ のとき $prft_{t,h} > 0$、$\sigma'^2 > \sigma^2$ のとき $prft_{t,h} < 0$ であることが示された。

さて、微小時間 h 毎にデルタの変動に合わせてデルタ・ヘッジのポジションをリバランスした場合の $n \cdot h$ 期間での損益を考える。$n \cdot h$ 期間の間では、$\frac{1}{2} \cdot \Gamma_t \cdot S_t^{\,2} \cdot \sigma^2$ がほぼ一定であるとすると、$n \cdot h$ 経過後の損益 $prft_{t,nh}$ は、それぞれ正規分布に従う変数 X_i に対して $prft_{t,nh} = \frac{1}{2} \cdot \Gamma_t \cdot S_t^{\,2} \cdot \sigma^2 \cdot h \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(1 - X_i^{\,2}\right)$ で表される。

ここで、$p_n(x)$ を $\sum_{i=1}^{n} \left(1 - X_i^{\,2}\right)$ が従う確率密度関数とするとき、$p_n(x)$ は次式のとおりとなることを数学的帰納法で証明する。

$$p_n(x)=\frac{1}{2^{\frac{n}{2}}\cdot\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}\cdot(n-x)^{\frac{n}{2}-1}\cdot e^{-\frac{n-x}{2}}\qquad(-\infty<x<n)$$

$n=1$のとき、

$$P\left(1-X^2<x\right)=P\left(X^2>1-x\right)=P\left(X<-\sqrt{1-x}\right)+P\left(\sqrt{1-x}<X\right)$$

$$=\Phi\left(-\sqrt{1-x}\right)+1-\Phi\left(\sqrt{1-x}\right)=2\cdot\Phi\left(-\sqrt{1-x}\right)$$

両辺をxで微分して、

$$p_1(x)=\Phi'\left(-\sqrt{1-x}\right)\cdot\frac{1}{\sqrt{1-x}}=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\cdot e^{-\frac{1-x}{2}}\cdot\frac{1}{\sqrt{1-x}}=\frac{1}{2^{\frac{1}{2}}\cdot\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)}\cdot(1-x)^{\frac{1}{2}-1}\cdot e^{-\frac{1-x}{2}}$$

となり、題意は証明された。

$n=2$のとき、$p_2(x)$は$\left(1-X_1{}^2\right)+\left(1-X_2{}^2\right)$に従う確率密度関数であるので、

$$p_2(x)=\int_{x-1}^{1}p_1(y)\cdot p_1(x-y)dy=\int_{x-1}^{1}\frac{1}{2\pi}\cdot\frac{1}{\sqrt{1-y}\sqrt{1-x+y}}\cdot e^{-\frac{1-y}{2}}\cdot e^{-\frac{1-x+y}{2}}dy$$

$$=\int_{x-1}^{1}\frac{1}{2\pi}\cdot\frac{1}{\sqrt{\left(1-\frac{x}{2}\right)^2-\left(y-\frac{x}{2}\right)^2}}\cdot e^{-\frac{2-x}{2}}dy$$

ここで、

$y-\frac{x}{2}=\left(1-\frac{x}{2}\right)\cdot\sin\theta$を代入すると、$dy=\left(1-\frac{x}{2}\right)\cdot\cos\theta d\theta$であるので、

$$p_2(x)=\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}\frac{1}{2\pi}\cdot e^{-\frac{2-x}{2}}d\theta=\frac{1}{2}\cdot e^{-\frac{2-x}{2}}=\frac{1}{2^{\frac{2}{2}}\cdot\Gamma\left(\frac{2}{2}\right)}\cdot(2-x)^{\frac{2}{2}-1}\cdot e^{-\frac{2-x}{2}}$$

となり、題意は証明された。

$n=k$のとき題意が成立するものとして、$n=k+2$のとき題意が成立することを証明する。$p_{k+2}(x)$は$\sum_{i=1}^{k}\left(1-X_i{}^2\right)+\sum_{i=k+1}^{k+2}\left(1-X_i{}^2\right)$に従う確率密度関数であるので、

$$p_{k+2}(x)=\int_{x-2}^{k} p_k(y)\cdot p_2(x-y)dy=\int_{x-2}^{k}\frac{1}{2^{\frac{k}{2}+1}\cdot\Gamma\left(\frac{k}{2}\right)}\cdot(k-y)^{\frac{k}{2}-1}\cdot e^{-\frac{k-y}{2}}\cdot e^{-\frac{2-x+y}{2}}dy$$

$$=\frac{1}{2^{\frac{k+2}{2}}\cdot\Gamma\left(\frac{k}{2}\right)}\cdot e^{-\frac{k+2-x}{2}}\cdot\left[-\frac{2}{k}(k-y)^{\frac{k}{2}}\right]_{y=x-2}^{k}$$

$$=\frac{1}{2^{\frac{k+2}{2}}\cdot\Gamma\left(\frac{k}{2}+1\right)}\cdot e^{-\frac{k+2-x}{2}}\cdot(k-x+2)^{\frac{k}{2}}$$

となり、題意は示された。

さて、確率密度関数 $p_n(x)$ において、x の平均 μ_n および分散 $\sigma_n{}^2$ を求める。

$$\mu_n=\int_{-\infty}^{n} x\cdot p_n(x)dx=\int_{-\infty}^{n}\{n-(n-x)\}\cdot\frac{1}{2^{\frac{n}{2}}\cdot\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}\cdot(n-x)^{\frac{n}{2}-1}\cdot e^{-\frac{n-x}{2}}dx$$

$$=\int_{-\infty}^{n} n\cdot p_n(x)dx-\int_{-\infty}^{n}\frac{1}{2^{\frac{n}{2}}\cdot\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}\cdot(n-x)^{\frac{n}{2}}\cdot e^{-\frac{n-x}{2}}dx$$

ここで、$\int_{-\infty}^{n} p_n(x)dx=1$ および $x=y-2$ を代入して、

$$\mu_n=n-\int_{-\infty}^{n+2}\frac{1}{2^{\frac{n}{2}}\cdot\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}\cdot(n+2-y)^{\frac{n+2}{2}-1}\cdot e^{-\frac{n+2-y}{2}}dy=n-\int_{-\infty}^{n+2}2\cdot\frac{n}{2}\cdot p_{n+2}(x)dx=0$$

$$\sigma_n{}^2=\int_{-\infty}^{n} x^2\cdot p_n(x)dx=\int_{-\infty}^{n}\{n-(n-x)\}^2\cdot\frac{1}{2^{\frac{n}{2}}\cdot\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}\cdot(n-x)^{\frac{n}{2}-1}\cdot e^{-\frac{n-x}{2}}dx$$

$$=\int_{-\infty}^{n} n^2\cdot p_n(x)dx-\int_{-\infty}^{n}\frac{2n}{2^{\frac{n}{2}}\cdot\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}\cdot(n-x)^{\frac{n}{2}}\cdot e^{-\frac{n-x}{2}}dx$$

$$+\int_{-\infty}^{n}\frac{1}{2^{\frac{n}{2}}\cdot\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}\cdot(n-x)^{\frac{n}{2}+1}\cdot e^{-\frac{n-x}{2}}dx$$

第一項および第二項は μ_n と同様に、第三項は $x=y-4$ を代入して、

$$\sigma_n{}^2 = n^2 - 2n^2 + \int_{-\infty}^{n+4} \frac{1}{2^{\frac{n}{2}} \cdot \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \cdot (n+4-y)^{\frac{n+4}{2}-1} \cdot e^{-\frac{n+4-y}{2}} dy$$

$$= -n^2 + \int_{-\infty}^{n+4} 2^2 \cdot \left(\frac{n}{2}+1\right) \cdot \frac{n}{2} \cdot p_{n+4}(x) dx = 2n$$

よって、$n \cdot h$ 経過後の損益 $prft_{t,nh}$ の平均 $\mu_{t,nh}$ およびボラティリティ $\sigma_{t,nh}$ について、平均は $\mu_{t,nh} = 0$ 、ボラティリティは $\sigma_{t,nh} = \frac{1}{2} \cdot \Gamma_t \cdot S_t{}^2 \cdot \sigma^2 \cdot h \cdot \sqrt{2n}$ となる。ここで、$n \cdot h$ を一定とする中で、$h \to 0$ ・ $n \to \infty$ とすると、$\sigma_{t,nh} \to 0$ となる。これは、デルタの変動に合わせて、デルタ・ヘッジのポジションを頻繁に修正することにより、デルタ・ヘッジの損益は時間軸の中で相殺されることを意味している。

なお、株式の現物についても、時間軸の中での分散効果は存在する。具体的には、$\sigma_{t,h} = \sigma \cdot S_t \cdot \sqrt{h}$ に対し $\sigma_{t,nh} = \sigma \cdot S_t \cdot \sqrt{nh}$ と、n 倍の期間に対しボラティリティは $\sqrt{n}$ 倍にしかならない。しかしながら、デルタ・ヘッジと異なり、一定期間 $n \cdot h$ のボラティリティ $\sigma_{t,nh}$ が 0 に収束することはない。よって、株式のリスクは時間的に分散（消去）されないので、CAPM でリスク・プレミアムが要求されているのである。

７－４．付録Ｄ　ワン変換およびエッシャー変換

７－４－１．正規分布

付録Ｄでは、ワン変換およびエッシャー変換について説明するが、まず、正規分布について説明する。

$\Phi(x,\mu,\sigma)$ を、期待値 μ 、分散 σ^2 の正規分布関数とし、(69)式にて定義する。

$$\Phi(x,\mu,\sigma) = \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot e^{-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma^2}} dy \qquad \cdots \quad (69)$$

$\Phi(x) = \Phi(x,0,1)$ と定義すると、これは標準正規分布関数であり、(70)式のとおり表される。

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{y^2}{2}} dy \qquad \cdots \quad (70)$$

(69)式に、$z=\dfrac{y-\mu}{\sigma}$ を代入すると、$dy=\sigma dz$ より、(71)式が成立する。

$$\Phi(x,\mu,\sigma)=\int_{-\infty}^{\frac{x-\mu}{\sigma}}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\cdot e^{-\frac{z^2}{2}}dz=\Phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) \qquad \cdots \quad (71)$$

7－4－2．ワン変換

ワン変換とは、次式で定義される確率測度 P から確率測度 Q への確率測度変換である。

$$Q(x)=\Phi\left[\Phi^{-1}(P(x))+\lambda\right]$$

$P(x)$：確率測度 P での確率累積関数 $P(X<x)$

$Q(x)$：確率測度 Q での確率累積関数 $P(X<x)$

λ：システマティック・リスクの市場価格

$P(x)$が正規分布または対数正規分布に従う株式の場合は、シャープ・レシオ

$\lambda=\dfrac{\mu-r_F}{\sigma}$ を示す。

確率測度 P での確率累積関数 $P(X<x)$が正規分布または対数正規分布のとき、次式が成立することを示す。

$$E_Q[R_i]=E_P[R_i]-\lambda\sigma$$

つまり、$E_Q[R_i]=E_P[R_i]-\lambda\sigma=\mu-\dfrac{\mu-r_F}{\sigma}\sigma=r_F$ であり、確率測度 P から確率測度 Q への確率測度変換が、$\mu\rightarrow r_F$ の確率測度変換となっていることを示す。

確率測度 P での確率累積関数 $P(X<x)$が正規分布であるとき、つまり、$P(x)=\Phi(x,\mu,\sigma)$と表されるとき、

$$Q(x)=\Phi\left[\Phi^{-1}(\Phi(x,\mu,\sigma))+\lambda\right]=\Phi\left[\Phi^{-1}\left(\Phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right)+\frac{\mu-r_F}{\sigma}\right]$$

$$=\Phi\left[\frac{x-\mu}{\sigma}+\frac{\mu-r_F}{\sigma}\right]=\Phi\left[\frac{x-r_F}{\sigma}\right]=\Phi(x,r_F,\sigma)$$

また、確率測度 P での確率累積関数 $P(X<x)$が対数正規分布であるとき、つまり、

$P(x)=\int_0^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma y}\cdot e^{-\frac{(\ln y-\mu)^2}{2\sigma^2}}dy$ と表されるとき、$z=\frac{\ln y-\mu}{\sigma}$ を代入すると、$\frac{dy}{\sigma y}=dz$

より、

$$P(x)=\int_{-\infty}^{\frac{\ln x-\mu}{\sigma}}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\cdot e^{-\frac{z^2}{2}}dz=\Phi\left(\frac{\ln x-\mu}{\sigma}\right)$$

よって、

$$Q(x)=\Phi\left[\Phi^{-1}\left(\Phi\left(\frac{\ln x-\mu}{\sigma}\right)\right)+\lambda\right]=\Phi\left[\frac{\ln x-\mu}{\sigma}+\frac{\mu-r_F}{\sigma}\right]=\Phi\left[\frac{\ln x-r_F}{\sigma}\right]$$

$$=\int_0^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma y}\cdot e^{-\frac{(\ln y-r_F)^2}{2\sigma^2}}dy$$

なお、Wang[2002]では、以下の2ファクターモデルのワン変換も提唱されている。

$$Q(x)=\Phi\left[b\left(\Phi^{-1}(P(x))+\lambda\right)\right]$$

特にbが定数の場合、確率測度Pでの確率累積関数$P(X<x)$が正規分布または対数正規分布のとき、確率測度Pから確率測度Qへの確率測度変換が、$\mu\to r_F$かつ$\sigma\to\frac{\sigma}{b}$の確率測度変換となる。また、$b$が定数ではなく、例えば、$\Phi[bx]$が$t$分布となるような場合も有用であるとされている。

7－4－3．エッシャー変換

エッシャー変換とは、次式で定義される確率測度Pから確率測度Qへの確率測度変換である。

$$dQ(x)=\frac{e^{hx}}{E_P\left[e^{hx}\right]}dP(x)$$

h：エッシャー・パラメーター

このエッシャー変換後の確率測度Qの下で、保険金額の期待値として保険料を計算する方法が、保険料計算原理（premium calculation principles）のひとつであるエッシャー原理$\frac{E\left[X\cdot e^{\alpha X}\right]}{E\left[e^{\alpha X}\right]}$である。エッシャー原理は、以下のように求められる。

$$E_Q[x]=\int x dQ(x)=\int \frac{x\cdot e^{hx}}{E_P\left[e^{hx}\right]}dP(x)=\frac{E_P\left[x\cdot e^{hx}\right]}{E_P\left[e^{hx}\right]}$$

この手法は、リスク中立確率を求めて、その下での期待値を価格とする金融派生商品の価格計算方法と同じである。

このエッシャー原理については、保険会社および保険契約者の効用が、指数効用関数$u_i(x)=\dfrac{1-e^{-\alpha_i x}}{\alpha_i}$に従うと仮定したときに、全員の期待効用が最大となる保険の内容に対応する保険料の算出方法（確率測度変換方法）が、エッシャー原理になることが知られている。証明の詳細については、Buhlmann[1980]をご覧頂きたいが、概略のみ紹介すると以下のとおりである。

なお、同じく指数効用関数を用いて、損失額と確実性等価である金額、つまり、損失額の期待効用（効用の期待値）と同じ効用を持つ金額を保険料とする場合、その保険料は、指数原理$\dfrac{\ln E\left[e^{\alpha X}\right]}{\alpha}$となることが知られている。

実際、契約者の立場で考えた場合、最初から持つ財産をw、損失額をX、保険料をRとして、$u(w-R)=E[u(w-X)]$、つまり$\dfrac{1-e^{-\alpha(w-R)}}{\alpha}=E\left[\dfrac{1-e^{-\alpha(w-X)}}{\alpha}\right]$を解くと、

$R=\dfrac{\ln E\left[e^{\alpha X}\right]}{\alpha}$が導かれる。

また、保険会社の立場で考えた場合も、最初から持つ財産をw、支払保険金額をY、保険料をRとして、$u(w)=E[u(w+R-Y)]$、つまり$\dfrac{1-e^{-\alpha w}}{\alpha}=E\left[\dfrac{1-e^{-\alpha(w+R-Y)}}{\alpha}\right]$を解くと、$R=\dfrac{\ln E\left[e^{\alpha Y}\right]}{\alpha}$が導かれる。

同じ指数効用関数から異なる保険料計算原理が導き出されるのは、エッシャー原理の算出においては、損失額に対して全額の保険金額を設定するのではなく、期待効用が最大化されるように保険金額を設定していることが影響している。

n人の経済主体および確率空間(Ω,P)を考える。（Ω：標本空間、P：確率測度）

事象（保険事故）$\omega\in\Omega$に対して、経済主体iが被る損失額を$X_i(\omega)$とする。

このとき、n人の経済主体の間で保険契約を取り交わし、事象$\omega\in\Omega$に対して、経済主体iが受け取る保険金額を$Y_i(\omega)$とする。なお、n人の中には、保険の引受者（保

険会社）が存在し、その場合$Y_i(\omega)$は負の値となる。

n人の経済主体の間での保険契約なので、任意の$\omega\in\Omega$に対して、$\sum_{i=1}^{n}Y_i(\omega)=0$が成立する。

関数$\varphi(\omega)$に対し、この保険の保険料が$R[Y_i]=\int_{\omega\in\Omega}Y_i(\omega)\cdot\varphi(\omega)dP(\omega)=E[Y_i\varphi]$と表されるものとする。特に、$Y_i(\omega)=1$（$\forall\omega\in\Omega$）の場合、$R[Y_i]=1$とならねばならないことから、$\int_{\omega\in\Omega}\varphi(\omega)dP(\omega)=1$が成立する。

経済主体iが最初から持つ財産をw_iとして、

すべての経済主体iに対して、期待効用$\int_{\omega\in\Omega}u_i(w_i-X_i(\omega)+Y_i(\omega)-R[Y_i])dP(\omega)$が$Y_i(\omega)$について最大となるような$(\varphi,Y)$を均衡と呼ぶ。

均衡を求めるには、この式の$Y_i(\omega)$での微分が0となる(φ,Y)を求めれば良い。よって、(72)式が、すべてのiおよび$\omega\in\Omega$について成立する(φ,Y)を求めれば良い（この式の微分が(72)式となることの証明はBuhlmann[1980]参照)。

$$u_i'(w_i-X_i(\omega)+Y_i(\omega)-R[Y_i])=\varphi(\omega)\int_{\omega\in\Omega}u_i'(w_i-X_i(\omega)+Y_i(\omega)-R[Y_i])dP(\omega)$$
… (72)

$C_i=\int_{\omega\in\Omega}u_i'(w_i-X_i(\omega)+Y_i(\omega)-R[Y_i])dP(\omega)$と置くと、$C_i$は$\omega\in\Omega$に依存しない定数である。指数効用関数の微分$u_i'(x)=e^{-\alpha_i x}$を(72)式に代入すると、

$$e^{-\alpha_i(w_i-X_i(\omega)+Y_i(\omega)-R[Y_i])}=C_i\cdot\varphi(\omega)$$

ここで、$C_i'=C_i\cdot e^{\alpha_i(w_i+R[Y_i])}$とすると、

$$X_i(\omega)-Y_i(\omega)=\frac{1}{\alpha_i}[\ln C_i'+\ln\varphi(\omega)] \qquad \cdots\ (73)$$

(73)式をiについて合計して、$Z(\omega)=\sum_{i=1}^{n}X_i(\omega)$とすると、$\sum_{i=1}^{n}Y_i(\omega)=0$より、

$$Z(\omega)=\frac{1}{\alpha}\ln\varphi(\omega)+\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{\alpha_i}\ln C_i' \qquad \text{（ただし、}\frac{1}{\alpha}=\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{\alpha_i}\text{）}$$

よって、$\varphi(\omega)$は次式となる。

$$\varphi(\omega)=\frac{e^{\alpha Z(\omega)}}{e^{\alpha k}} \qquad \text{（ただし、}k=\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{\alpha_i}\ln C_i'\text{）}$$

ここで、$\int_{\omega\in\Omega}\varphi(\omega)dP(\omega)=1$より、

$$\varphi(\omega)=\frac{e^{\alpha Z(\omega)}}{E\left[e^{\alpha Z}\right]} \qquad \cdots \quad (74)$$

さて、(74)式を(73)式に代入すると、

$$X_i(\omega)-Y_i(\omega)=\frac{\alpha}{\alpha_i}Z(\omega)+k_i \qquad \left(\text{ただし、} k_i=\frac{1}{\alpha_i}\left(\ln C_i{}'-\ln E\left[e^{\alpha Z}\right]\right)\right) \qquad \cdots \quad (75)$$

(75)式に$\varphi(\omega)$を乗じて$\omega\in\Omega$で積分とすると、$R[Y_i]=\int_{\omega\in\Omega}Y_i(\omega)\cdot\varphi(\omega)dP(\omega)$および

$\int_{\omega\in\Omega}\varphi(\omega)dP(\omega)=1$より、

$$\int_{\omega\in\Omega}X_i(\omega)\cdot\varphi(\omega)dP(\omega)=\frac{\alpha}{\alpha_i}\int_{\omega\in\Omega}Z_i(\omega)\cdot\varphi(\omega)dP(\omega)+k_i+R[Y_i]$$

この式に(74)式を代入すると、

$$\frac{E\left[X_i(\omega)\cdot e^{\alpha Z(\omega)}\right]}{E\left[e^{\alpha Z}\right]}=\frac{\alpha}{\alpha_i}\frac{E\left[Z(\omega)\cdot e^{\alpha Z(\omega)}\right]}{E\left[e^{\alpha Z}\right]}+k_i+R[Y_i] \qquad \cdots \quad (76)$$

(76)式を(75)式に代入して、

$$Y_i(\omega)=R[Y_i]+X_i(\omega)-\frac{\alpha}{\alpha_i}Z(\omega)-\frac{E\left[\left(X_i(\omega)-\frac{\alpha}{\alpha_i}Z(\omega)\right)e^{\alpha Z(\omega)}\right]}{E\left[e^{\alpha Z}\right]} \qquad \cdots \quad (77)$$

(74)式および(77)式は、(72)式を満たすため、(74)式および(77)式で表される(φ,Y)が均衡であることが証明された。

よって、均衡での保険料の算出方法では、あるリスク$X(\omega)$に対して、その保険料は、

$R[X]=\dfrac{E\left[X\cdot e^{\alpha Z}\right]}{E\left[e^{\alpha Z}\right]}$で表される。ここで、$X$と$Z-X$が独立と仮定すれば、

$$R[X]=\frac{E\left[X\cdot e^{\alpha X}\cdot e^{\alpha(Z-X)}\right]}{E\left[e^{\alpha X}\cdot e^{\alpha(Z-X)}\right]}=\frac{E\left[X\cdot e^{\alpha X}\right]\cdot E\left[e^{\alpha(Z-X)}\right]}{E\left[e^{\alpha X}\right]\cdot E\left[e^{\alpha(Z-X)}\right]}=\frac{E\left[X\cdot e^{\alpha X}\right]}{E\left[e^{\alpha X}\right]}$$

となり、エッシャー原理が導き出される。

なお、ここで、積率母関数（moment generating function）$M_X(t)=E\left[e^{tX}\right]$を用い

ると、$M_X'(t)=E\left[Xe^{tX}\right]$ であるから、$R[X]=\dfrac{M_X'(\alpha)}{M_X(\alpha)}=\dfrac{d}{dt}\left[\ln M_X(t)\right]\Big|_{t=\alpha}$ と表すことも可能である。

証券価格で考えると、現時点での証券価格 P_0 は、t 年後に $P_t=P_0\cdot e^{X_t}$ になる。リスク中立の世界で考えると、$P_0=e^{-r_Ft}\cdot E_Q\left[P_t\right]$ と表されるが、ここでエッシャー変換がＰ測度（リアル・ワールド）からＱ測度（リスク中立）への確率変換であるとすると、

$P_0=e^{-r_Ft}\cdot E_Q\left[P_t\right]=e^{-r_Ft}\cdot E_P\left[P_t\cdot\dfrac{e^{hX_t}}{E_P\left[e^{hX_t}\right]}\right]=\dfrac{e^{-r_Ft}\cdot E_P\left[P_0e^{X_t}e^{hX_t}\right]}{E_P\left[e^{hX_t}\right]}$ となる。ここで、

積率母関数 $M_X^P(a)=E_P\left[e^{aX}\right]$ を用いると、

$$e^{r_Ft}=\frac{E_P\left[e^{(1+h)X_t}\right]}{E_P\left[e^{hX_t}\right]}=\frac{M_X^P(1+h)}{M_X^P(h)}$$

よって、$r_F=\dfrac{1}{t}\ln\dfrac{M_X^P(1+h)}{M_X^P(h)}$

これを h について解けば、エッシャー変換のパラメーターが算出できる。つまり、無リスク金利と積率母関数さえ分かれば、エッシャー・パラメーターは計算できる。

ここで、X_t が平均値 $\left(\mu-\dfrac{1}{2}\sigma^2\right)\cdot t$、分散 $\sigma^2\cdot t$ の正規分布に従うとすると、

$$M_X^P(a)=e^{\left(\mu-\frac{1}{2}\sigma^2\right)ta+\frac{\sigma^2t}{2}a^2}$$

$$r_F=\frac{1}{t}\left\{\left(\mu-\frac{1}{2}\sigma^2\right)t(1+h)+\frac{\sigma^2t}{2}(1+h)^2-\left(\mu-\frac{1}{2}\sigma^2\right)th-\frac{\sigma^2t}{2}h^2\right\}$$

$$=\left\{\left(\mu-\frac{1}{2}\sigma^2\right)+\frac{\sigma^2}{2}(1+2h)\right\}=\mu+\sigma^2\cdot h$$

よって、$h=\dfrac{r_F-\mu}{\sigma^2}$

さて、実際に、エッシャー変換$dQ(x)=\dfrac{e^{hx}}{E_P\left[e^{hx}\right]}dP(x)$は、確率累積関数$P(X<x)$が、正規分布関数$\Phi(x,\mu,\sigma)$または対数正規分布関数のとき、$h=\dfrac{r_F-\mu}{\sigma^2}$とすると、$\mu\to r_F$の確率測度変換となっていることを示す。

確率測度Pでの確率累積関数$P(X<x)$が正規分布関数であるとき、つまり、$P(x)=\Phi(x,\mu,\sigma)$と表されるとき、

$$E_P\left[e^{hx}\right]=\int_{-\infty}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}\cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}e^{hx}dx=\int_{-\infty}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}\cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}e^{\frac{2(r_F-\mu)x}{2\sigma^2}}dx$$

$$=\int_{-\infty}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}\cdot e^{-\frac{(x-r_F)^2}{2\sigma^2}}e^{\frac{r_F{}^2-\mu^2}{2\sigma^2}}dx=e^{\frac{r_F{}^2-\mu^2}{2\sigma^2}}$$

$$dQ(x)=\frac{e^{hx}}{E_P\left[e^{hx}\right]}\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}\cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}dx=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}e^{-\frac{(x-r_F)^2}{2\sigma^2}}dx$$

よって、$Q(x)=\Phi(x,r_F,\sigma)$

確率測度Pでの確率累積関数$P(X<x)$が対数正規分布関数であるとき、つまり、

$P(x)=\int_0^x\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma y}}\cdot e^{-\frac{(\log y-\mu)^2}{2\sigma^2}}dy$と表されるとき、

$$E_P\left[e^{hx}\right]=\int_{-\infty}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma x}}\cdot e^{-\frac{(\log x-\mu)^2}{2\sigma^2}}e^{hx}dx=\int_{-\infty}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma x}}\cdot e^{-\frac{(\log x-\mu)^2}{2\sigma^2}}e^{\frac{2(r_F-\mu)x}{2\sigma^2}}dx$$

$$=\int_{-\infty}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma x}}\cdot e^{-\frac{(\log x-r_F)^2}{2\sigma^2}}e^{\frac{r_F{}^2-\mu^2}{2\sigma^2}}dx=e^{\frac{r_F{}^2-\mu^2}{2\sigma^2}}$$

$$dQ(x)=\frac{e^{hx}}{E_P\left[e^{hx}\right]}\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma x}}\cdot e^{-\frac{(\log x-\mu)^2}{2\sigma^2}}dx=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}e^{-\frac{(\log x-r_F)^2}{2\sigma^2}}dx$$

よって、$P(x)=\int_0^x\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma y}}\cdot e^{-\frac{(\log y-r_F)^2}{2\sigma^2}}dy$

7－5．付録E　状態価格デフレーターによるBS式の導出

付録Eでは、状態価格デフレーターによる計算例として、状態価格デフレーターを用いてブラック・ショールズ式を証明する。

まず安全資産（債券）価格B_tおよび株式価格S_tに対して状態価格デフレーターD_tを求める。なお、金利は一定であるものとする。状態価格デフレーターは、(78)式および(79)式を満たす。

$$D_t \cdot B_t = E[D_T \cdot B_T] \quad \cdots \ (78)$$

$$D_t \cdot S_t = E[D_T \cdot S_T] \quad \cdots \ (79)$$

ここで、$B_T = B_t \cdot e^{r(T-t)}$および$S_T = S_t \cdot e^{X_{T-t}}$とすると、

（X_{T-t}は、平均値$\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)$、分散$\sigma^2(T-t)$の正規分布に従うものとする。）

$$1 = E\left[\frac{D_T}{D_t} \cdot e^{r(T-t)}\right] \quad \cdots \ (80)$$

$$1 = E\left[\frac{D_T}{D_t} \cdot e^{X_{T-t}}\right] \quad \cdots \ (81)$$

よって、ある定数aおよびbに対して、$\frac{D_T}{D_t} = e^{a(T-t)+bX_{T-t}}$と表されるはずである。これを(80)式に代入して、

$$1 = E\left[e^{(a+r)(T-t)+bX_{T-t}}\right] = \int_{-\infty}^{\infty} e^{(a+r)(T-t)+bx} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \cdot e^{-\frac{\left\{x-\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)\right\}^2}{2(T-t)\sigma^2}} dx$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} e^{(a+r)(T-t)+\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)b(T-t)+\frac{b^2(T-t)\sigma^2}{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \cdot e^{-\frac{\left\{x-\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)-b(T-t)\sigma^2\right\}^2}{2(T-t)\sigma^2}} dx$$

$$= e^{(a+r)(T-t)+\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)b(T-t)+\frac{b^2(T-t)\sigma^2}{2}}$$

対数をとって、$(T-t)$で割ると、(82)式が導かれる。

$$(a+r)+\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)b+\frac{b^2\sigma^2}{2}=0 \quad \cdots \ (82)$$

(81)式についても同様に、

$$1 = E\left[e^{a(T-t)+(b+1)X_{T-t}}\right] = \int_{-\infty}^{\infty} e^{a(T-t)+(b+1)x} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \cdot e^{-\frac{\left\{x-\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)\right\}^2}{2(T-t)\sigma^2}} dx$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} e^{a(T-t)+\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)(b+1)(T-t)+\frac{(b+1)^2(T-t)\sigma^2}{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \cdot e^{-\frac{\left\{x-\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)-(b+1)(T-t)\sigma^2\right\}^2}{2(T-t)\sigma^2}} dx$$

$$= e^{a(T-t)+\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)(b+1)(T-t)+\frac{(b+1)^2(T-t)\sigma^2}{2}}$$

対数をとって、$(T-t)$で割ると、(83)式が導かれる。

$$a + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(b+1) + \frac{(b+1)^2\sigma^2}{2} = 0 \qquad \cdots \quad (83)$$

(83)式から(82)式を差し引いて、bについて整理すると、bが求められる。

$$b = \frac{r-\mu}{\sigma^2}$$

これを(82)式に代入して、aが求められる。

$$a = -r - b \cdot \frac{r+\mu-\sigma^2}{2} = -r(1+b) + \frac{1}{2}b(1+b)\sigma^2$$

$$= -\frac{1}{2\sigma^2}\left\{\left(r+\frac{\sigma^2}{2}\right)^2 - \left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)^2\right\}$$

これらを代入すると、状態価格デフレーターは次式で表される。

$$\frac{D_T}{D_t} = e^{-\frac{1}{2\sigma^2}\left\{\left(r+\frac{\sigma^2}{2}\right)^2-\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)^2\right\}(T-t)+\frac{r-\mu}{\sigma^2}X_{T-t}} = \left(\frac{S_T}{S_t}\right)^b e^{-r(1+b)(T-t)+\frac{1}{2}b(1+b)(T-t)\sigma^2}$$

この状態価格デフレーターを用いると、コール・オプションの価格C_tは、次式で表される。

$$D_t \cdot C_t = E\left[D_T \cdot \max(S_T - K, 0)\right]$$

これをC_tについて解くと、

$$C_t = E\left[e^{a(T-t)+bX_{T-t}} \cdot \max\left(S_t \cdot e^{X_{T-t}} - K, 0\right)\right]$$

$$= S_t \int_{\ln\frac{K}{S_t}}^{\infty} e^{a(T-t)+(b+1)x} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \cdot e^{-\frac{\left\{x-\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)\right\}^2}{2(T-t)\sigma^2}} dx$$

$$- K \int_{\ln\frac{K}{S_t}}^{\infty} e^{a(T-t)+bx} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \cdot e^{-\frac{\left\{x-\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)\right\}^2}{2(T-t)\sigma^2}} dx$$

$$= S_t \int_{\ln\frac{K}{S_t}}^{\infty} e^{a(T-t)+\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)(b+1)(T-t)+\frac{(b+1)^2(T-t)\sigma^2}{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \cdot e^{-\frac{\left\{x-\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)-(b+1)(T-t)\sigma^2\right\}^2}{2(T-t)\sigma^2}} dx$$

$$- K \int_{\ln\frac{K}{S_t}}^{\infty} e^{a(T-t)+\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)b(T-t)+\frac{b^2(T-t)\sigma^2}{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \cdot e^{-\frac{\left\{x-\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)-b(T-t)\sigma^2\right\}^2}{2(T-t)\sigma^2}} dx$$

$$= S_t \cdot \int_{\ln\frac{K}{S_t}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \cdot e^{-\frac{\left\{x-\left(r+\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)\right\}^2}{2(T-t)\sigma^2}} dx$$

$$- K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot \int_{\ln\frac{K}{S_t}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \cdot e^{-\frac{\left\{x-\left(r-\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)\right\}^2}{2(T-t)\sigma^2}} dx$$

ここで、$-d_1 = \dfrac{\ln\frac{K}{S_t} - \left(r+\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$、$-d_2 = \dfrac{\ln\frac{K}{S_t} - \left(r-\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$ とすると、

$$C_t = S_t \cdot (1-N(-d_1)) - K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot (1-N(-d_2)) = S_t \cdot N(d_1) - K \cdot e^{-r(T-t)} \cdot N(d_2)$$

となり、ブラック・ショールズ式が求められた。

（特に、$d_1 = \dfrac{\ln\frac{S_t}{K} + \left(r+\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$、$d_2 = \dfrac{\ln\frac{S_t}{K} + \left(r-\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$ となる。）

8．参考文献

8－1．日本語文献（五十音順）

勝野健太郎[2001]，「責任準備金の時価評価」，アクチュアリー会会報第53号第2分冊

日本アクチュアリー会[2008]，『内部管理会計（H20年6月改訂版）』，日本アクチュアリー会　生保2テキスト第7章

日本証券アナリスト協会[1998]，『証券投資論（第3版）』，日本経済新聞社

野口悠紀夫、藤井眞理子[2000]，『金融工学』，ダイヤモンド社

野口悠紀夫、藤井眞理子[2005]，『現代ファイナンス理論』，東洋経済新報社

マッキンゼー・アンド・カンパニー[2006]，『企業価値評価（第4版）』，ダイヤモンド社

リチャード・ブリーリー、スチュワート・マイヤーズ[2007]，『コーポレート・ファイナンス（第8版）』，日経BP社

8－2．外国語文献（アルファベット順）

American Academy of Actuaries [2008], "EXPOSURE DRAFT Practice Note on Embedded Value (EV) Reporting", (www.actuary.org/にて入手)

Buhlmann, H. [1980], "An Economic Premium Principle", ASTIN Bulletin Vol.11 pp.52-60

CFO Forum [2008], "Market Consistent Embedded Value Principles", "Basis for Conclusions", (www.cfoforum.nl/にて入手)

CFO Forum [2004], "European Embedded Value Principles", "Basis for Conclusions", (www.cfoforum.nl/にて入手)

Girard, L. [1999], "Valuation of the Insurance Enterprise and The Fair Valuation of Insurance", a conference on Fair Value of Insurance Business

Jarvis, S., Southall, F., Varnell, E. [2001], "Modern Valuation Techniques", Staple Inn Actuarial Society

Modigliani, F. and Miller, M. [1958], "The Cost of Capital, Corporation Finance, and the Theory of Investment", American Economic Review Vol.48 No.3 pp.261-297

Modigliani, F. and Miller, M. [1963], "Corporate Income Taxes and the Cost of Capital: A Correction", The American Economic Review Vol.53 No.3 pp.433-443

Sharpe, W. [1964], "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Condition of Risk", The Journal of Finance Vol.19 No.3 pp.425-442

Wang, S.S. [2000], "A Class of Distortion Operators for Pricing Financial and Insurance Risks", Journal of Risk and Insurance Vol.67 No.1 pp.15-36

Wang, S.S. [2002], "A Universal Framework for Pricing Financial and Insurance Risks", ASTIN Bulletin Vol.32 No.2 pp.213-234

9. 注釈

注 1 The contribution from new business ideally would be valued using point of sale assumptions.（原則 G10.6 より抜粋）

注 2 The allowance for risk should be calibrated to match the market price for risk where reliably observable.（原則 3 より抜粋）

注 3 The concept of mark to market is to value insurance liabilities and therefore the shareholders' interest in the earnings distributable from assets allocated to the covered business as if they are traded assets with equivalent cash flows.（原則 G3.3 より抜粋）

注 4 VIF should be discounted using discount rates consistent with those that would be used to value such cash flows in the capital markets.（原則 13）

注 5 In theory, a market consistent valuation requires each individual cash flow to be valued separately. However, there are a number of techniques in economic theory that can be applied. These include certainty equivalent valuation, risk-neutral valuation and state price deflators.（結論の背景 133 より抜粋）

注 6 Several potential advantages and disadvantages of swap rates are listed below.

ADVANTAGES

・Swap markets are more liquid than government bond markets.

・Swap prices are consistent with how traded options are quoted which is the basis for the market-consistent valuation approach.

・The use of swaps is consistent with using implied volatilities.

DISADVANTAGES

・Swap yields contain a small margin for credit risk.

Considering the advantages and disadvantages of using swaps and subject to the comments earlier in this paragraph, the CFO Forum concluded that the former outweighed the latter.（結論の背景 139 より抜粋（途中中略））

注 7 The reference rates used should, wherever possible, be the swap yield curve appropriate to the currency of the cash flows.（原則 14）

注 8 Certainty equivalent techniques are based on the assumption that all assets earn the risk free rate.（結論の背景 135 より抜粋）

注 9 For cash flows that depend linearly upon market movements (or are independent of them), it is appropriate to use the reference rate for both the investment return and the discount rate.（結論の背景 134 より抜粋）

注 10 For financial options and guarantees which do not move linearly with the market, economic theory provides two methods - the application of scenario specific discount factors (state-price deflator method) or risk-adjusted cash flows (risk neutral method).（結論の背景 136 より抜粋）

注 11 Volatility assumptions should, wherever possible, be based on those implied from derivative prices rather than the historical observed volatilities of the underlying instruments.（原則 15 より抜粋）

注 12 The MCEV consists of the following components:

・Free surplus allocated to the covered business

・Required capital; and

・Value of in-force covered business (VIF).

The value of future new business is excluded from the MCEV.（原則 3 より抜粋）

注 13 The value of in-force covered business (VIF) consists of the following components:

・Present value of future profits (where profits are post taxation shareholder cash flows from the in-force covered business and the assets backing the associated liabilities)(PVFP)

・Time value of financial options and guarantees as defined in Principle 7

・Frictional costs of required capital as defined in Principle 8

・Cost of residual non hedgeable risks as defined in Principle 9.（原則 6）

注 14 The projection assumptions should be best estimate assumptions of each component of future cash flow for each policy group.（原則 G11.1 より抜粋）

注 15 A best estimate assumption should be equal to the mean estimate (probability weighted average) of outcomes of that risk variable.（原則用語集より抜粋）

注 16 Dynamic policyholder behaviour should, where material, be in the allowance for the time value of financial options and guarantees.（原則 G7.3）

注 17 The time value of financial options and guarantees is determined as the difference between the following two components:

・Stochastic valuation of the present value of future shareholder cash flows projected to emerge from the assets backing liabilities of the in-force covered business (PVFP);

・Deterministic valuation of the PVFP for the equivalent business.

（結論の背景 62 より抜粋）

注 18 Frictional costs should reflect the taxation and investment costs on the assets backing required capital.（原則 G8.2 より抜粋）

注 19 Consideration was given to include agency costs and cost of financial distress under frictional costs. However, the CFO Forum believed that these are general corporate risks that individual investors should assess rather than general business risks that management of the company should assess.（結論の背景 72 より抜粋）

注 20 Non-hedgeable financial risks include illiquid or non existent markets where the financial assumptions used are not based on sufficiently credible data. Non financial risks include, mortality, longevity, morbidity, persistency, expense and operational risks.（結論の背景 78）

注 21 Because a market-consistent valuation makes a risk adjustment that on average removes any future returns in excess of the reference rate, a riskier asset mix can not increase the MCEV. However, as a second-order effect it may decrease the MCEV due to the additional volatility causing an increase in the value of policyholder guarantees.（結論の背景 59 より抜粋）

以上

Theoretical side of Embedded Value calculation

Kentaro Katsuno

Today, many life insurance companies disclosed their Embedded Value, and the arrangement of the theoretical side of Embedded Value is advanced.

However, it seems that there is no paper that explains the theoretical side from the basic part. So, this paper explains the theoretical side of Embedded Value calculation from the basic part.

This paper explains the following (well-known) fact theoretically.

- This paper explains that the increase or decrease of Traditional Embedded Value is resolved to the following items.
  ① (Value of in-force covered business and required capital)× hurdle rate
  ② Investment earnings of free surplus
  ③ Value of new business
  ④ Increase or decrease of value of in-force covered business arising from assumptions change
  ⑤ Profit or loss arising from differences between assumptions and actual experience
  ⑥ Stock dividend and capital increase
- This paper explains the method of reflecting the tax shield of the debts in the relation between the hurdle rate (risk discount rate) such as WACC and the cost of (holding the required) capital, when Embedded Value is calculated by the top-down approaches.
- This paper explains the theoretical side of Market Consistent Embedded Value (that is one of the bottom-up approaches) based on the economic theory such as the certainty equivalent, the risk neutral probability, and the state price deflators.

< Keyword>

Embedded Value, enterprise DCF model, economic profit model, APV model, capital cash flow model, equity cash flow model, CAPM, WACC, Market Consistent Embedded Value, certainty equivalent, risk neutral probability (Wang transform, Esscher transform), state price deflators