

年金 ALM の展望 — わが国の企業年金制度への適用可能性 —

金融研究部 主任研究員 田中 周二
研究員 乾 孝治

〈要 旨〉

1. バブル崩壊以降の厳しい運用環境を背景にして、年金 ALM の論議が盛んになってきている。年金 ALM は、米国や英国の年金基金のリスク管理技術として徐々に普及してきた考え方であり、年金財政の長期的な運営方針の策定や、日常的ないし定期的なリスク管理を行う手法である。
2. 年金 ALM は、従来、企業年金の資産運用方針の策定に採用されてきた資産配分の考え方とは異なっている。従来の資産配分では、異なる資産クラスの組み合わせの中で、同一リスクで最も期待リターンの高い最適ポートフォリオを選択することが目的であった。伝統的には、資産価格の変動性がリスクであり、負債である年金受給権の価値との関連性は、明確には意識されていなかったのである。
3. しかし、年金基金の第一義的な目的は、受給者に対する年金の支払保証であり、その支払保証ができなくなる事態がリスクである。これを明確にするには、リスクを、剰余金（サープラス）＝「資産価値－年金受給権の価値」が枯渇する可能性と捉えればよい。年金 ALM にもとづく資産配分は、サープラスの変動性に注目するところに最大の特徴がある。
4. 米国で年金 ALM の概念が普及する契機となったのは、年金会計基準である FAS87 号の寄与が大きいと言われている。この会計基準により、資産の時価評価に加え、負債についても初めて時価評価が可能になり、時価ベースのサープラスの概念が確立することになったからである。
5. 年金 ALM の手法には、一時点の貸借対照表上の負債価値／資産価値の両側の変動性を監視し、リスク管理を行おうとする「バランス・シート型」の ALM と、将来の年金収支の動きを様々なシナリオの下で予測しようとする「シミュレーション型」の ALM があるようである。利用目的に応じて、どちらの考え方も有用である。
6. 年金 ALM の最大の効用は、年金制度が内在的に有するリスクを計数化し、リスクに対する理解を深めるところにある。その利用者は、モデルの適用限界を認識した上で、リスク許容度についても自己認識を深める、といった複眼的な見方が求められることになる。

1. はじめに

1-1. 年金 ALM とは

厚生省は昨年12月に政令改正を行い、厚生年金基金が年金経理から年金 ALM のコンサルティング業務に関し経費支出を行うことを認めた。この背景には、運用環境の悪化に伴い、厚生年金基金の資産運用方針の策定や給付設計の変更等の年金財政上の意思決定に際して、年金 ALM の観点からの検討が有益であることが広く理解されるようになってきたことがあげられる。

年金 ALM は、米国や英国の年金基金で徐々に普及してきたもので、年金管理者が将来の長期の年金制度の運営に関して本来的な責任を果たすためには、「負債である責任準備金の評価を含めて資産運用を考えなければならない」という哲学を含むポートフォリオ管理の技術体系である。この前提として、年金管理者が受託者責任を果たすということの意味に対する問いかけがあり、年金基金がそれぞれ独自の判断にもとづき、年金受給権の確保という本来的な目標と、長期的な運用パフォーマンスの向上という副次的目標とをうまく調和するために、あらゆる観点から年金財政の自己診断を試みようという意識が背景にあるように思われる。つまり、あらゆる検討を行った上で決められたことであれば、適正な手続きに従って行われた決定であり、プルーデントな投資判断であると利害関係者からも認められるということになろう。

わが国で年金 ALM を導入する前提としては、技術面も勿論重要ではあるが、重要な意思決定に際しては、多少のコストと時間をかけても多角的検討を行おうとする年金制度の「経営管理」的な発想への転換が必要となることを示唆している。

さて ALM の技術面については、大別すると2

つの分析手法があるようである。一つは、バランス・シート的な見方で、一時点の資産・負債の状態を捉え、金利等の要因の変化によって資産・負債側の価値がどう変化するかを分析するタイプの「バランス・シート型」の感度分析的なアプローチである。他方は、年金制度の将来の財政予測を様々なシナリオにもとづいて実行し、将来の財政状態を一つの前提だけにもとづいて予測するのではなく、様々な可能性の幅で理解しようというタイプの「シミュレーション型」の手法である。年金財政の評価には、将来の掛金収入と年金支払を現在価値に割り引いて考える方法と将来にわたって収支を引き延ばして考える方法があるが、ALM 手法もこの両者の考え方に沿って考案されたものである。この2つの手法の詳細は、具体的な事例紹介とともに次章以降で述べることにするが、ここではそれぞれの方法の概要について、米国の歴史を追いながらイメージ的に理解することにしよう。

1-2. FAS87号^(注)と年金 ALM

年金 ALM を論ずる際に、年金会計基準である FAS87 号に触れずにすませることはできない。

米国の事業主に対する年金基金の企業会計上の取り扱いを定めた当基準は、1985年に実施に移されたが、従来の基準に比べ画期的な内容を多々含んでいた。ここで、米国の年金会計の歴史的変遷を説明する余裕はないが、年金 ALM に影響を及ぼした範囲に限り FAS87 号の意義について紹介することにしよう。従来の事業主の年金会計は、APB 意見書第8号(1965)、FAS36号(1980)で規定されていたが、FAS87号への改正により幾つかの重大な変更が行われた。その内容の一部は以下のとおりである

(注) FAS87号は、財務会計基準審議会(FASB)より発行された数多くの特定分野の会計処理等を規定した企業会計原則の一つ。FASBは、民間団体であるが、公認会計士協会、SEC、州公認会計士協会審査会の「実質的に権威ある支持」を与えられている。

•比較可能性の向上

従来、企業の損益計算書の年金費用として複数の財政方式にもとづく数理上掛金（標準掛金+過去勤務費用掛金）が認められており費用計上に関し企業に大幅な裁量の余地があったが、FAS87号では特定の財政方式しか認めず裁量の余地は極めて小さくなった。

•年金会計と企業会計の結合

従来は、企業の貸借対照表には数理上掛金と実際払込掛金の差額が計上されるだけであったが、FAS87号ではある条件のもとに追加最小負債（Additional Minimum Liability）という年金債務を認識することになり、年金債務が直接事業主の債務として貸借対照表上で認識されることになり、その重要性が飛躍的に高まった。

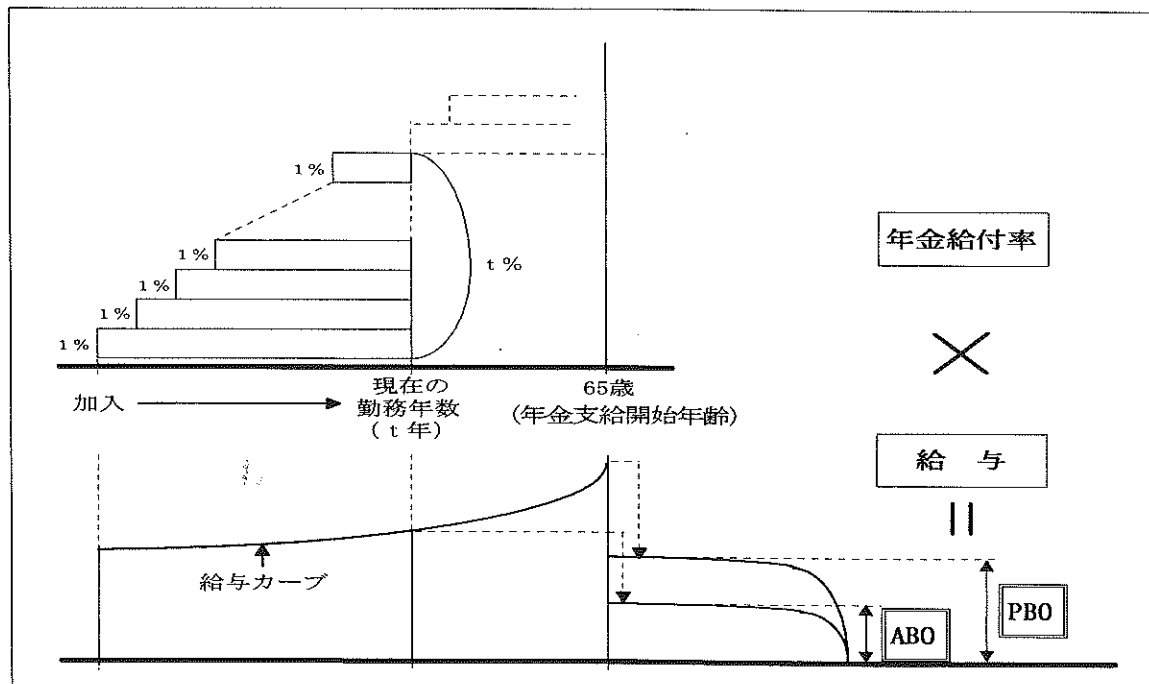
•負債の時価評価

従来、負債の評価に用いる割引率はアクチュアリーが将来の長期的な運用利回りを合理的な最善の予測（reasonable best estimate）にもとづき決定していたが、FAS87号では測定時点の金利のイールド・カーブの実態にもとづいて決定されることになり、負債の時価評価の概念

が確立した。（資産評価については、従来から時価＝公正市場価格（fair market value）を使用していた。）

年金制度の給付財源の数理的な積立方式には何通りもの方法があり、しかも過去勤務債務の償却方法如何によって、同じ制度でも費用は大きく異なる結果となる。FAS87号では、年金制度が実際いかなる財政方式をとり、幾らの掛金を支払っていても、企業会計上の年金費用は予測給付債務（PBO：Projected Benefit Obligation）にもとづき計算することとして統一を図った。このため、企業による年金費用の操作性は減少し、負債概念としてのPBOの重要性が高まった。すなわち、PBOにもとづき年金制度運営の目標が考えられるようになったのである。一方で、FAS87号では本来の受給権債務として貸借対照表上では累積給付債務（ABO：Accumulated Benefit Obligation）も認識する。すなわち、年金資産評価額がABOを下回るとき、その差額が追加最小負債として債務認識されることになったのである。これによりABOが積立目標の下限値として設定され

図-1 ABO・PBOの考え方（概念図）



ることになった。

では、PBO、ABO というのはどのような概念であろうか。これは、単位積立方式とも呼ばれる財政方式により計算される債務である。米国で典型的に見られる年金制度を例にとり、この債務評価の説明を試みよう。図-1は、退職時点の年金給付額がどのように決まるかを示している。

この制度では、年金給付額が「退職時点の給与水準×勤務年数×1%」の算式で決まっている。加入員Aさんが現時点で受給できる年金給付額は、「現在給与×現在までの勤務年数×1%」となる。そこで、この年金給付額を現時点まで割引計算したものがABOとなるのである。それではPBOとは何であろうか。それは、給与を現在の給与ではなく将来の退職時点の給与予想額に置き換えた概念である。したがって、PBOでは年金の実質価値を考慮した広義の受給権をベースに評価を考えている。もちろん、将来の給与は通常は上昇すると見込まれるため、 $PBO > ABO$ の関係が成り立つ。類似の給付設計は、わが国の老齢厚生年金（従って厚生年金基金の代行部分）にも見られるが、PBOやABOの概念はこうした設計には極めて自然である。しかし、より複雑な給付設計になると、現在までに受給できる年金給付額がいくらであるかを定義することは極めて難しい。（FAS87号では複雑な給付設計についてもガイドラインを示している。）

さて、PBOもABOも現在の受給権債務を表わすものであるが、FAS87号の意義はこの給付の現在価値を測定するのに、測定時点の金利水準（と金利期間構造）を反映した割引率を使用することにした点である。いわば、年金債務についても資産同様、時価評価しようとの発想を取り入れたのである。この考え方は、一見奇異に思われるかもしれないが、年金の経済的価値というものを再考してみると納得性がある。すなわち、金利水準が5%の時に毎月10万円支払われる年金の価値と、8%の時の価値とでは当然異なるだろうと

いうのである。（金利水準が異なれば、1年後の10万円の現在価値は異なる。これは反対に現在の10万円を1年利殖すると考えれば自明であろう。）

FAS87号では、こうして資産も負債も時価評価することによって、測定時点における年金受給権の経済的価値が、実質的に保全できているかどうかを計測可能にしたのである。

このように、年金基金の最大の目標が受給権の保全であるとすれば、どの時点をとっても、つねに資産>負債の状態を保つことができさえすれば、その目標は自動的に達成できることになる。仮に現時点で資産と負債の時価が一致しているような場合、時価ベースの負債の価格変動が資産の価格変動に適合するような資産運用方針を立て、うまく資産の組み替えができれば、実質的に受給権の保全が確保できたことになるのである。

1-3. サープラスの枠組みによる資産配分

さて、このようにPBOないしABOが年金債務（時価）として認識されることにより、保有年金資産（時価）がこの負債を上回る額である「剰余金（サープラス）の保全および増殖」が明確な目標として位置づけられることが可能になったのである。

これまでの資産配分は、意識されているか否かは別にして資産自体の収益性と変動性を問題にし、投資家のリスク許容度に対応するリスク＝リターンの最適ポジションを求める、との考え方をとっていた。しかし、FAS87号の会計基準の適用後は、企業会計との結合を意識しなければならなくなり、しかも年金制度のサープラスの保全が、企業利益の安定性にも大きな影響を及ぼすことになってきたため、企業年金の財政運営の目標が「資産のリスク＝リターン」ではなく、「サープラスのリスク＝リターン」へと移行することになった。これがサープラスの枠組みによる資産配分の考え

方である。この詳細は次の章で説明するが、重要なことは、サープラスの枠組みによれば、負債と同じ変動性を有する資産（具体的には負債とデュレーションが等しい長期債）のリスクが最も小さく評価され、従来は無リスク資産であった現金がリスクフリーでなくなるということである。

さて、再度サープラスの定義に戻れば、負債として、PBOとABOのいずれもが候補として考えることができる。問題は、どちらの負債をとるかにより、資産配分が変わってくることである。すなわち、ABOでは各加入員の年金給付額は確定しているが、この受給権の保全には長期債（または、そのポートフォリオ）が最も適した資産となる。ところが、PBOでは将来の賃金の上昇を考慮に入れた年金受給権を問題にしているため、将来の賃金インフレ率のリスクも考慮しなければならない。長期債は確定した債務にマッチさせるためには適した資産であるが、効果的なインフレ・ヘッジはできない。これに対し、株式にはインフレ・ヘッジ性があるため、インフレ・リスク込みで考えると、負債をABOとした時に比べて、リスクはより小さい方向にシフトする。以上まとめると、賃金インフレ率まで年金受給権の保全の対象として考えるのか否かという受給権保全の哲学が資産配分方針に含まれてくるのである。年金ALMは、実はこれだけには止まらないかもしれない。PBOやABOの負債には、将来の加入状況は含まれていないが、広義の債務としては、将来の加入員の状態も考慮すべきであるとする立場もある。この場合、昨今の不況による採用の減少や停止等もリスクとして捉えられることになる。

さらに、大きな視点に立てば、企業全体のALMの一部として年金債務を捉える立場にまで拡張される。[Black, F. (1992)]年金基金のサープラスと企業利益はもはや無関係ではないからである。FAS87号により年金会計が企業会計と結合した結果、年金債務と企業会計上の他の債務とは区別せず、企業の債務（企業の借入金、債券発行、株

式発行その他）全体をヘッジする企業全体の資産配分と、その一部である年金基金の資産配分を同時に考える立場にまで行き着く。（ここまできると、もはや年金ALMではなく企業経営ALMまで概念が拡張されることになる。）

1-4. 本稿の構成

さて、本稿の狙いをここで概略、説明しておくことにする。次の第2章では、「バランス・シート型」ALMと「シミュレーション型」ALMのアプローチを幾つかの文献にもとづき、概括的に紹介する。「バランス・シート型」ALMの項では特に重要な役割を果たす金利リスクの指標であるデュレーションの概念や利用法につき分かりやすく説明する。「シミュレーション型」ALMの項では、全体のモデル構築のポイントとなるわが国の金融証券市場モデルの構築プロセスについても簡単に紹介する。そして第3章では、「バランス・シート型」アプローチをわが国の厚生年金基金の受給者群団を例にとり具体的な試算を試みる。第4章では、「シミュレーション型」アプローチを、ある厚生年金基金に適用した時の具体的な試算とそのインプリケーションについて考察する。最後の第5章では、これまでの考察を踏まえ、わが国の企業年金制度にALM的な考え方を導入するための前提条件や、年金運営に関する試算結果からの示唆、提言等につき述べることにする。

2. 年金 ALM の手法

2-1. バランス・シート型 ALM とは

バランス・シート型 ALM に関しては、第1章でイメージ的にはあるが、簡単な説明を行なった。ポイントは、①ある一時点で資産・負債の状態を見るものである、②金利の変化に応じて時価評価した負債と資産の価値の変動性を測定する、③資産・負債の変動性を合わせると結果としてサ surplus の保全が可能になるということであった。ここでは幾つかの文献に従って、これらの意味につき、やや立ち入った説明を行うことにしたい。[D. Don Ezra (1991), William F. Sharpe and Lawrence G. Tint (1990), Martin L. Leibowitz (1987)]

Ezra (1991) は、「年金の資産運用に当っては、サ surplus のリターンとリスクに注目して行わなければならない」と主張している。簡単な数式を使って説明する。サ surplus のリターン (R_s) は、資産のリターン (R_A) と負債のリターン (R_L) および、現時点の資産時価 (A_0) と負債時価 (L_0) を使って、次のように定義できる。

$$R_s = R_A - \frac{L_0}{A_0} R_L$$

- R_s : サ surplus リターン
- R_A : 資産リターン
- R_L : 負債リターン
- A_0 : 資産時価
- L_0 : 負債時価

リスクを抑えながら、サ surplus ・リターン (R_s) を最大化するような運用を目指すもので、資産リターン (上式の R_A に対応) にだけ注目した、これまでの最適化の思想とは明らかに異なるものである。

Sharpe, Tint (1990) もサ surplus の最適化を

ベースとしているが、サ surplus ・リターンをいわばヘッジの概念で捉える立場をとっている。先に示したサ surplus のリターンの式を見ると、 R_s は株式現物ポートフォリオを先物でヘッジする場合のヘッジ・ポートフォリオ・リターンに類似している。ヘッジ・ポートフォリオのリターンは現物ポートフォリオのリターンから、売り建てられた先物のリターンを差し引いて決まる。つまり、現物ポートフォリオリターンが R_A に、先物のリターンが R_L に相当する。 L_0/A_0 は最適ヘッジ比率に対応することになる。この考え方に従えば、Ezra の方法は負債を 100% ヘッジする完全ヘッジ戦略と解釈できるが、Sharpe, Tint は、「負債ヘッジング・クレジット (Liability Hedging Credit)」という概念を導入し、負債に対するヘッジ比率を 0% から 100% の範囲で自由に決めることができる裁量の余地を残すことにより、柔軟で効率的な運用が可能になることを示した。

Leibowitz (1987) も同様の議論を展開しているが、リターンとリスクをそれぞれ金利に関わる部分とそれ以外の部分に分離することにより、金利リスク・コントロールの重要性を前面に押し出した理論構成としているところに特徴がある。

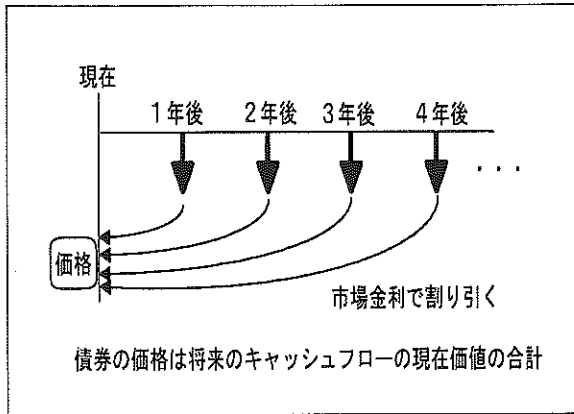
以下の節においては、Leibowitz の議論に沿ってバランス・シート型 ALM の概念を説明することにするが、その前に、金利リスク・コントロール上極めて重要な指標である「デュレーション」について確認しておくことにしたい。

(1) 債券価格と金利の関係 (デュレーション)

通常の債券は、将来のキャッシュフローが確定している証券であるところから、確定利付証券と呼ばれる。わが国の長期利付国債を例にとると、半年ごとのクーポン支払と、満期時の元本償還のキャッシュフローが確定している。こうした債券価格は、将来発生するキャッシュフローを、その発生時点から現在まで割り引いた現在価値として

計算される。つまり、債券の価格はクーポンや元本償還のキャッシュフローと金利に依存して決まるのである。

図-2 債券価格とキャッシュフローの関係



ところで、金利は将来の資金と現在の資金の交換レートであるから、資金需給に応じて絶えず変化し、債券価格もそれに連動して変化することになる。そして、この債券価格の変化と金利の変化との関係については、次のような簡単な式が成り立っている。この比例関係の係数を（マコーレーの）デュレーションと呼んでいる。

$$\Delta P = -D \frac{\Delta r}{1+r}$$

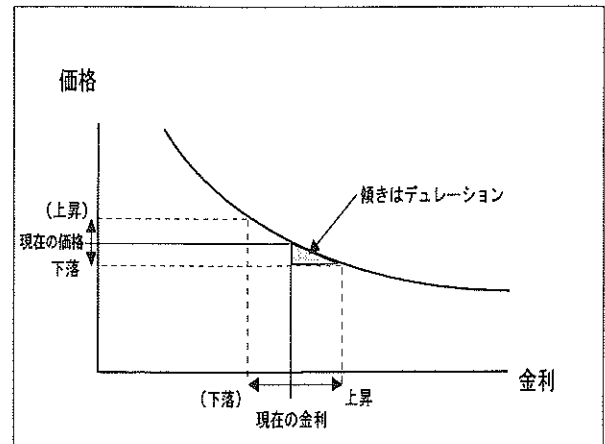
- ΔP : 債券価格の変化
- D : デュレーション
- Δr : 金利変化
- r : 現在の金利水準

金利が上昇すれば債券価格が下落するので、デュレーションの前にマイナスの符号がつくことになる。

また、デュレーションは債券のキャッシュフローと割引金利から、下の式のようにも表わされる。この式からデュレーションの今一つの解釈が生まれる。すなわち、「それぞれのキャッシュフローの現在価値で加重された平均期間」という見方が

できる。

図-3 債券価格と金利の関係



$$D = \frac{\sum_{n=1}^N n C_n \left(\frac{1}{1+r}\right)^n}{\sum_{n=1}^N C_n \left(\frac{1}{1+r}\right)^n}$$

- n : キャッシュフローの発生年次
- C_n : 第 n 年におけるキャッシュフロー
- r : 割引率

このように、デュレーションは債券価格の金利変化に対する感応度を表わす指標であることが分かった。そこで、このデュレーションをコントロールすることにより、リスク管理を行おうとする試みが、バランス・シート型 ALM の要点である。つまり、市場金利変動の影響によって、資産および負債の時価がどう変化するかを、予めデュレーションを予測することにより、事前の対応を図ろうとするものである。そのためには、まず資産、負債のデュレーションを求めることから始めなければならない。

(2) 年金負債のデュレーション

年金負債も債券と類似のキャッシュフロー構造を持っていることは明らかである。すなわち年金の支払いがクーポン支払や元本償還に対応し、そのキャッシュフローを現在価値に割り引いた金額

の合算額が債券価格であるのと同様に、将来の年金支払額を割り引いた金額の合算額が負債の現在価値、つまり負債時価ということになる。このように、年金負債も金利で決定されることから、債券同様にデュレーションを定義できることになる。ただし、債券においては将来のキャッシュフローがクーポンや元本償還のように当初から確定しているのに対し、年金負債の場合には、年齢構成、給与水準、その他の年金数理上の要素の不確実性により、一般には確定したキャッシュフローとはならないことに注意する必要がある。

(3) 株式のデュレーション

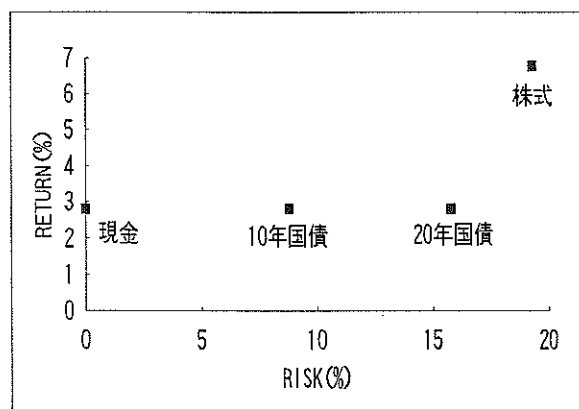
年金資金の運用対象として認められている資産の種類は債券の他に株式、貸付、外国証券、不動産等があるが、ここでは議論を簡単にするために、債券と株式のみを考える。債券のデュレーションは前節で述べたとおり計算は簡単にできるが、問題は株式である。デュレーションの計算式によると、将来のキャッシュフローと割り引き金利さえ与えれば計算できるのであるが、株式の場合は、債券と異なり将来のキャッシュフローが不確実である。理論的にはDDM（配当割引モデル）を使って、将来の配当流列で代替するアイデアもあるが、配当水準が金利と関係するため、このアプローチではうまくいかないようである。そこで、Leibowitzは、代替案として「市場デュレーション」(Market Duration)と呼ばれる概念を導入し、間接的にデュレーションを推計することを試みた。これは、デュレーションが金利変動に対する価格の感応度であるという特徴と債券ポートフォリオのリターンとの関係を利用して、過去の時系列データから直接求める方法である（「補論」参照）。

債券、株式のデュレーションがそれぞれ求められた後に、それらを加重平均することにより、運用資産ポートフォリオ全体のデュレーションを求めることができる。

(4) サープラスの枠組み

一般的に、リスク・リターンのトレードオフの関係は図-4に示されるように、現金がリスクの無い安全資産に、株式がハイリスク・ハイリターンの資産として位置付けられている。ところが、サープラスに注目した管理によると、この位置関係が大きく入れ替わることになる。

図-4 通常のリスク・リターンのトレードオフ関係

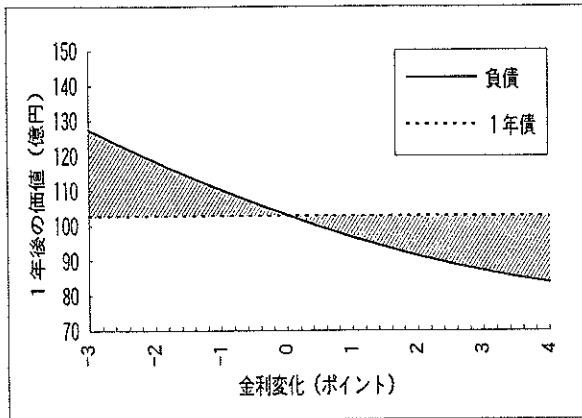


(注) 現金と債券の期待収益率が等しいのは、イールドカーブをフラット、すなわち長短金利差がないものと仮定しているため。

今、100億円の年金積立金をすべて1年満期の債券で1年間運用する場合について考えてみる。

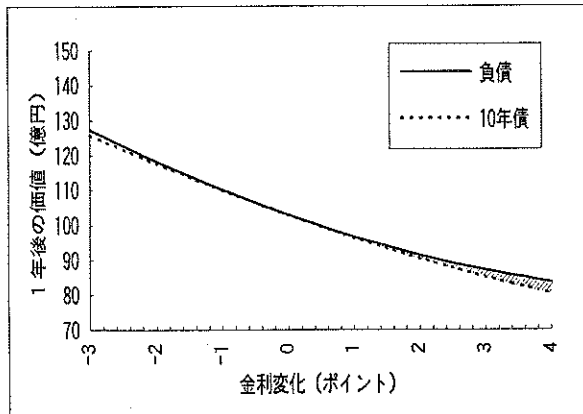
横軸が金利変化、縦軸が資産および負債価値である。負債はその固有のデュレーション（この場合は、6.91年；後述第3章第2節の負債を利用）に応じて、金利が上昇すれば低下し、金利が低下すれば上昇する。一方資産（1年満期の債券）は、1年後額面で償還されるため、途中の市場金利の変化による影響を受けないのである。この資産と負債の差にあたるサープラスは、グラフ中で斜線で示された部分であるが、金利変化に応じて変動することが分かるであろう。この事実、ここで投資した1年満期の債券は市場金利変動のリスクの影響を受けない安全資産であるはずなのに、サープラスの枠組みにおいては、逆にリスク資産として評価されてしまうことを意味している。

図-5 負債と資産（1年債）の1年後の価値



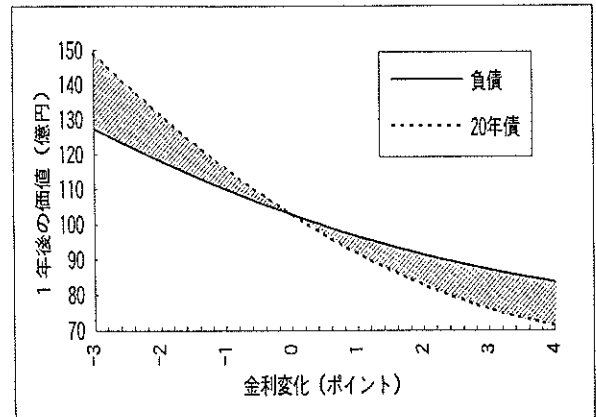
次に、10年国債のような債券で運用した場合について、同様にグラフに示して見た。10年国債の場合、デュレーションが6.95年と、負債のデュレーションに極めて近い値になっているため、将来の金利が大きく上下に振れたところで、資産と負債は同様の変化をするため、サープラス変動はほとんど無くなってしまふことが分かる。

図-6 負債と資産（10年債）の1年後の価値



次に、20年国債のような、より長いデュレーション（約12年）の債券で運用した場合について図に示した。この場合、資産が負債のデュレーションを上回っているため、金利変動に対するサープラス変動が、図-5とは逆の方向に現れてしまうのである。

図-7 負債と資産（20年債）の1年後の価値

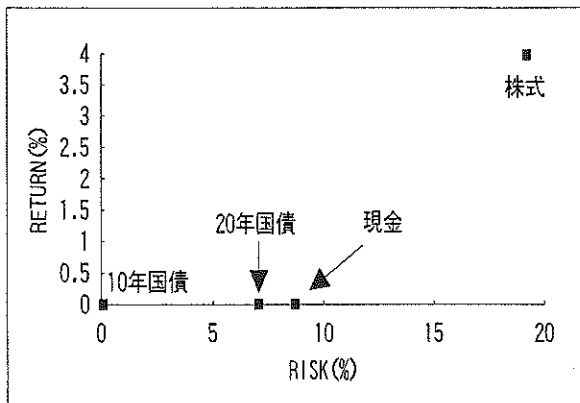


また、株式を投資対象に加える場合は、これまでの例と若干事情が異なる。というのは、株式は金利リスク以外に、株式固有のリスクを持っているからである。つまり、株式のデュレーションを推計した上で、株式を含めた資産ポートフォリオ全体のデュレーションを求めて負債に一致させたとしても、金利に関係ない株式固有のリスクが残るため、サープラスのリスクを完全には除去できないのである。

以上これまで、デュレーションの異なる債券に投資した場合を中心に、サープラスのリスク変動を具体的な例を参考にきてきた。ここでは、サープラスに注目すると、負債とデュレーションの一致した債券（もしくは債券ポートフォリオ）が無リスク資産になる。そして、このようなポートフォリオを「免疫化ポートフォリオ」と呼び、金利リスクに対して免疫化を図る運用管理手法のことを「免疫化」と呼ぶ。免疫化はバランス・シート型ALMを実践する上で不可欠の運用手法と言えよう。

本節の最後に、これまで見てきた資産について、サープラスの枠組みで評価したリスク・リターンとのトレードオフの関係を図-8に示す。このように、サープラスに注目すると、免疫化ポートフォリオが無リスク資産になり、一般に無リスク資産と言われる現金がリスク資産として評価されることになるのである。

図-8 サープラスに注目したリスク・リターン
のトレードオフ関係



(5) ショートフォール（欠損）リスクの考え方

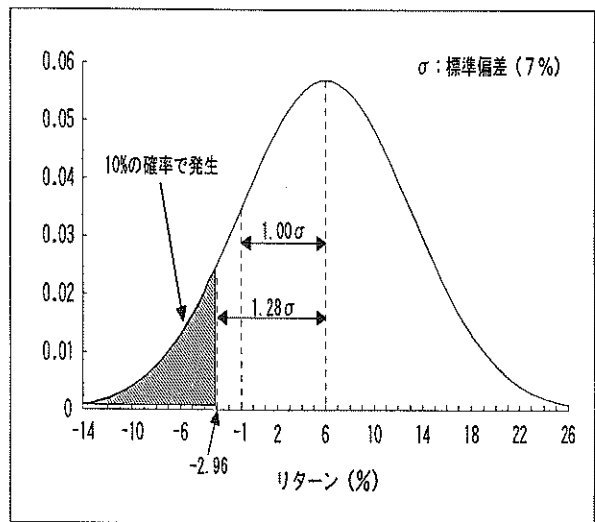
イミュナイゼーションが、サープラスのリスク削減にいくら有効な手法とはいっても、現実の年金運用に完全なイミュナイゼーションを行うことが、最適な運用方針であるとは必ずしも言えない。イミュナイゼーション運用は金利リスクを除去するが、逆に収益機会を放棄することになるからである。例えば、十分にサープラスを確保している基金では、サープラスを保全することを目的とするか、サープラスの存在を前提にして更にリスクをとるか、という選択があり得る。年金受給者のみの制度で、追加的な掛金負担を、今後したくないということであれば、イミュナイゼーション運用が基本方針として採用されるかもしれない。

それでは、サープラスの枠組みにおいて、リスクを限定的にとる運用を行うにはどうしたらよいか。この疑問に答えるのが「ショートフォール（欠損）リスク」の考え方である。リターンとリスクを表わす2つのパラメーターは、過去の平均収益率と収益率のバラツキ（標準偏差）で計測されるが、この背後には「資産の収益率の分布が正規分布に従う」という暗黙の前提がある。正規分布は、よく知られているように平均値と標準偏差の2つの量で特徴付けられる確率分布であり、「釣り鐘」のような形をしている。平均値を中心

として左右対称であり、平均値から標準偏差の何倍離れているかにより、実現確率が決定されるという特徴がある。（たとえば、平均値±1標準偏差に入る確率は約68%）。ショートフォールは、この性質を利用して、「-5%以下の収益率になる確率を10%以下に抑えて欲しい」とか「80%の確率で元本は保証したい」というような、目標収益率とその収益率の信頼度（達成確率）の組み合わせで、許容されるポートフォリオの姿を探らうとする試みである。

今、ポートフォリオの期待収益率とリスクを計測したところ、それぞれ6%、7%であったとする。この収益率分布を図-9に示した。このポートフォリオでは平均値より下で標準偏差の1.28倍にあたる収益率は-2.96%であった。 $(6 - 1.28 \times 7 = -2.96)$ 。標準偏差の1.28倍より下の面積は全体の10%に当たるため、ショートフォールの表現に従えば、「-2.96%を下回る確率は10%である」と言える。

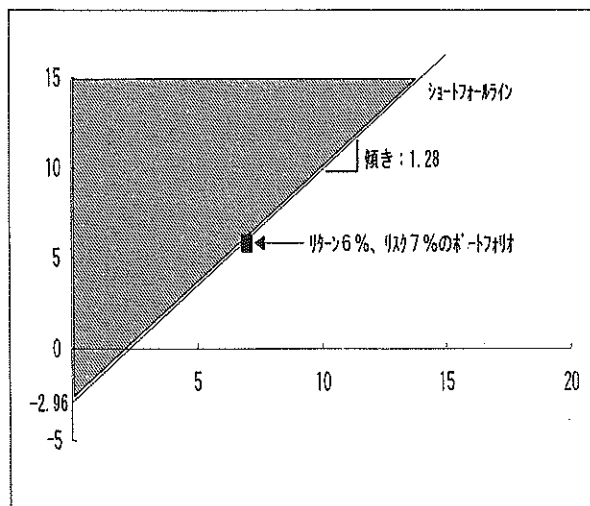
図-9 平均6%、標準偏差7%のリターン分布



次に、このポートフォリオをリスク＝リターン平面上にプロットして見ると図-10のようになる。図でショートフォール・ラインと表わされた直線は、切片が-2.96、傾きが1.28の直線となっており、この直線より上の斜線領域のポートフォリオは全てショートフォール条件を満たし、すな

わち「-2.96%を下回る確率が10%未満のポートフォリオ」の集合を表わしているのである。

図-10 ショートフォール制約条件を満たすポートフォリオ



このようなショートフォールの考え方は、サープラスの枠組みの中でも利用できるため、リスクを限定しつつ柔軟性を持ったイミュナイゼーション運用戦略の構築に役立つのである。この方法については、第3章の実例研究の中で具体的に、もう少し詳しく紹介することにしたい。

2-2. シミュレーション型 ALM とは

確率的な現象を記述して、再現するための手法としてモンテカルロ・シミュレーションという工学的な手法がある。この手法では、ある法則に従う確率現象を数値的に真似るために、乱数系列が利用されている。不確実であっても、多くのサンプルを集めることで、その分布がどうなるかは最低決まるような現象を真似るためには、逆にそのような確率分布を持つ数値系列を多数発生させる仕組みを作れば良いが、その数値系列のことを乱数系列と呼ぶのである。シミュレーション型 ALM は、このモンテカルロ・シミュレーションを

年金財政に応用したものである。

従って、シミュレーション型 ALM では、年金財政収支見通しの機能と確率変数として投資収益率の乱数系列を発生させる機能とを結合させる必要がある。通常は、下のような4つのサブ・モデルから構成されることになる。

1. 金融証券市場モデル

各資産の収益率を乱数を使って発生させる。

2. 負債モデル

年金制度の収入・支出のキャッシュフロー、責任準備金（加入者、受給者）等を計算する。負債モデルは、通常の将来の年金財政見通しのシミュレーションと変わらない。金融証券市場モデルからの影響は、インフレ率が給与のベースアップ率に反映し、それを通じて責任準備金や掛金率が変化するという経路で行われる。米国では、PBO や ABO のような時価評価された負債でシミュレーションが行われることもあるが、今回のモデルでは従来の数値計算による負債を利用する。

3. 資産モデル

前年度末の各資産残高（時価）に、金融証券市場モデルから発生する各資産の収益率と負債モデルから得られるキャッシュフローを加えて、年度末の資産価値（時価）を計算する。

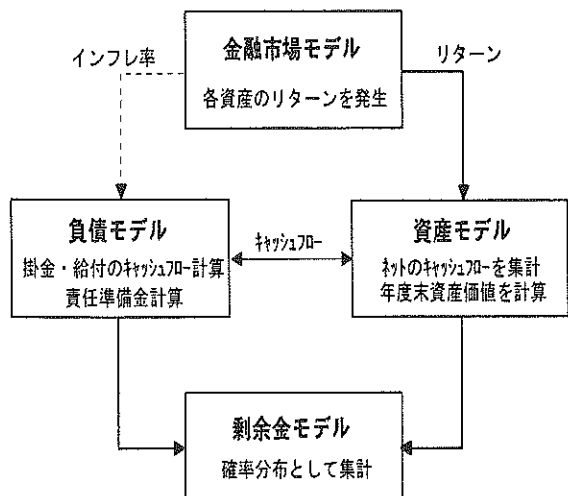
4. 剰余金モデル

資産（時価）から負債を差し引いた剰余金^(注)やその他の財政指標を確率分布として集計する。

シミュレーション型 ALM においては、いかに現実の収益率の変動性を真似た金融証券市場モデルを構築できるかがポイントになる。ここでは、金融証券市場モデルとして代表的な、3つの例を紹介することにしよう。

(注) 基金制度では、資産評価は簿価方式を採用しているが、ここでの剰余金は年金経理の別途積立金に含み損益を加味した概念になる。

図-11 シミュレーション型 ALM 概念図



(1) Markowitz モデル

ノーベル賞学者である Markowitz 教授の提唱した、平均・分散アプローチによる 2パラメーター・モデルである。これは、基本的には 1 期間モデルであり、ある資産の 1 期のリターンが、ある平均値の回りに正規分布に従いランダムに発生すると仮定したものである。このモデルは単純なランダムウォークモデルであるため、将来の資産価格の期待値が、時間に比例して拡散していくような変動プロセスを記述するものである。従って、金利のようにマイナスの値をとることがない、分布に制限があるような特性を持つ資産の変動性を表現するには適当とはいえない。また、実際には過去データを使って、平均と分散および各資産間の相関係数を推計するのだが、推計に用いるデータ期間によって、結果に相当の違いがある場合が多い。たった 2 つのパラメーターで資産価格の変動過程を完全に記述できると期待することには無理があるろう。さらに年金 ALM の視点から考えたとき、

負債モデルで重要なインフレ率が明示的に表現されていない、といった問題も指摘される。

(2) Ibbotson, Siquefield モデル

金融経済学者の Ibbotson, Siquefield (1976) は米国市場における株式、債券、短期金利について、過去の超長期にわたる収益率データの分析をもとに、将来の各資産のリターン分布を予測するモデル [以下、IS モデルという] の開発を試みた。IS モデルは、インフレ率を明示的にしている点で、先の Markowitz モデルと異なっており、年金 ALM シミュレーションに適したものになっている。IS モデルによる各資産のリターン生成プロセスを簡単に図-12 に示したが、その流れに沿って説明する。

このモデルは、各資産のリターンを、インフレ率、実質金利、各種リスク・プレミアムに分解した上で、それぞれに適した変動プロセスを仮定したモデリングを行っている。まず、インフレ率と実質金利は、1 期前の値に影響を受ける自己相関プロセスに、ランダム項を加えて確率モデルで表現している。さらに、インフレ率と実質金利の横断的關係においても、1 つの制約を付している。それは、インフレ率と実質金利の合計として求められる名目金利が、現在の金利の期間構造^(注) から求められるフォワードレートと整合的に決まるように、インフレ調整項を追加したことである。こうした調整を行う理由については、フォワードレートが将来の金利に関する市場の平均的な予想と考えられるので、それに整合的な名目金利のシナリオを発生させる方が、単なるランダムなシナリオよりも現実に即している、と考えられるからである。

(注) 金利の期間構造とは、利子率を期間との関連で捉えた概念であり、将来の各期のスポットレートで表わされる。スポットレート (r_t) とは、将来のある時点 (t 期) に支払われるキャッシュフローの現在価値を決定する割引率である。これは割引債の最終利回りに他ならないが、現実には長期の割引債が存在しないため、国債等の利付債の価格から推計される。またフォワードレート (f_t) とは、現時点で期待される、将来のある 1 期間の利子率であり、スポットレート (r_t) により次式で定義される。

$$1 + f_t = (1 + r_t) / (1 + r_{t-1})$$

図-12 Ibbotson, Sinquefield モデルの概要

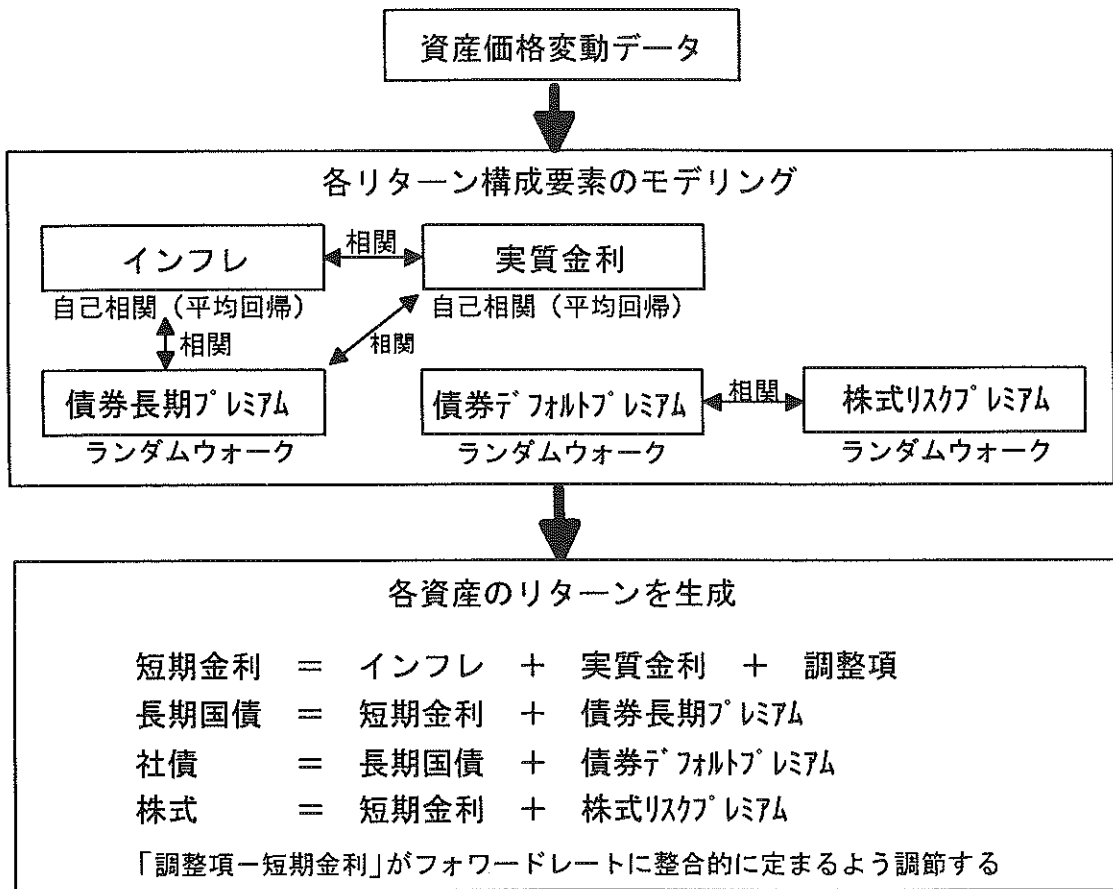
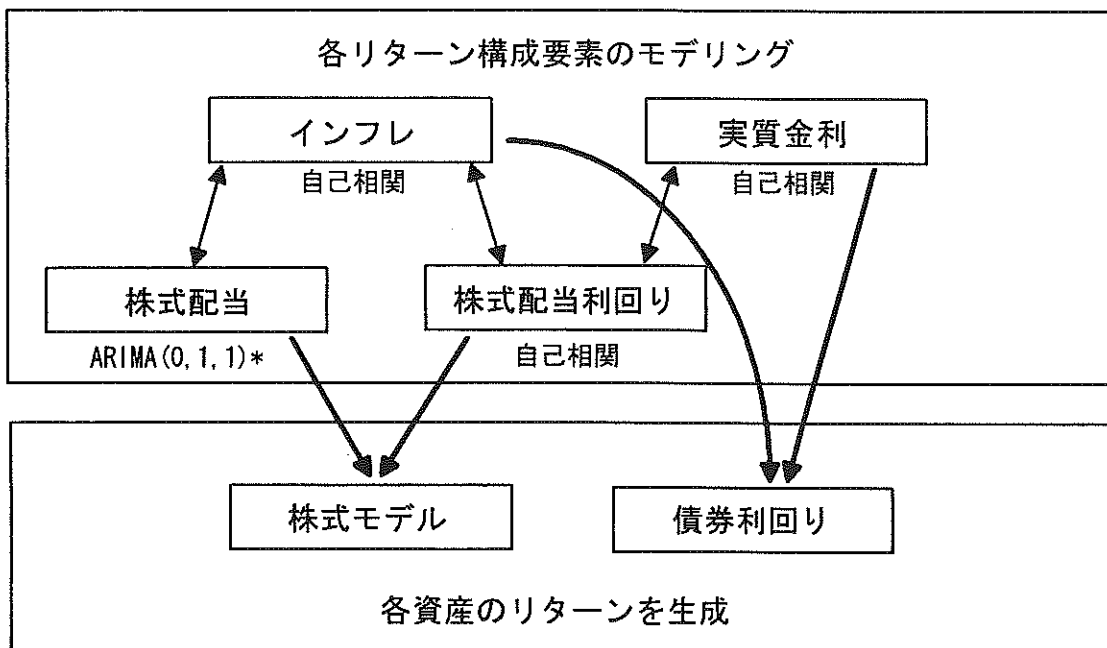


図-13 Wilkie モデルの概要



(*) ARIMA (p, d, q) p 次の自己相関、d 次の階差相関、q 次の移動平均の 3 つのプロセスで説明する時系列モデル。

次に、株式と債券に関わるプレミアムである。プレミアムとしては、株式のリスクプレミアム、債券の期間プレミアム、そして債券のデフォルトプレミアムの3つを考えている。詳しい説明は省略するが、過去のデータ分析から、{予期せぬインフレ率（インフレ率のランダム項）、予期せぬ実質金利変化（実質金利のランダム項）、期間プレミアム} および、{株式リスクプレミアム、デフォルト・プレミアム} の2つの組みには、それぞれ横断的な相関を仮定している。

このような前提のもとで、インフレ率、実質金利、プレミアムを各々に推計し、足し合わせることにより、各資産のリターン・シナリオが生成される仕組みになっている。なお、Hamao[1991]は、ISモデルの枠組みにおける、わが国の金融証券市場の分析を行なっている。

(3) Wilkie モデル

英国のアクチュアリーである A.D.Wilkie は、英国の市場分析をベースに、株式と債券のモデルを構築した。このモデルの概念を図-13 に示した。その特徴を簡単に述べると次のようになる。

Wilkie もまたインフレ率について明示的なモデルを展開しているが、推計に用いる過去データの期間により、それぞれに最適なモデルが存在し、全ての期間に適合するモデルはないとしている。

さらに Wilkie モデルを特徴づけることは、株式モデルにある。Wilkie は、配当モデルと配当利回りモデルをそれぞれ推計し、両モデルを結合して株式モデルを得ている。^(注)

また、株式の配当利回りモデルのランダム項と債券のランダム項に相関関係を仮定している。

これらの特徴は、株式の配当利回りが高く、債券等の確定利付証券との裁定が働いている、と言われる英国市場の事情を反映したものであろう。

わが国のように、硬直的な配当政策がとられてきた株式市場において、当モデルの適合性があるか否かについては疑問が残る。

これまで、3つの金融証券市場モデルを概観してきたが、これらのモデルは、各国市場の特性や利用目的に強く依存しており、いつでも、これが最適であると断言できるものでもない。さらに、これらのモデルが金融証券市場の真の関係を捉えているか否かについては、計量経済学のモデルと同様の批判があり得る。しかし、畢竟モデルとはそのようなものであり、利用者が利用目的に応じて、大局的な判断を下しつつ使いこなして行くしかないという性格を内包している。

2-3. わが国の金融証券市場モデルの構築

シミュレーション型 ALM 構築の際にポイントとなるのは、現実の金融証券市場の収益率の変動性をいかにモデリングするかということであり、わが国の市場の特性を良く反映したモデルの構築が必要となる。そこで、今回は年金 ALM に利用するために簡単な投資モデルの構築を試みた。対象となる資産は株式、債券、現金の3種類である。

理論的バックグラウンドは、前の節で紹介した3つのモデルのうちの Ibbotson, Sinquefield [1976] のモデルをベースに考えた。年金 ALM に利用するモデルとしては、負債側の給付設計として年金給付額が給与比例の形態をとっているケースが多いため、インフレ率を明示的に取り扱うことのできるモデルが望ましい。従って、前節の Markowitz モデルを除く2つのモデルは、ともに ALM モデルとして相応しいものとなっている。

このモデルを構築する手順は、以下のとおりである。原データとしては、以下の1970~92年の年次収益率データを利用した。

(注) このように、インフレ率を原動力に、諸変数が複雑に絡み合いながら動くシステムを「滝構造」(Cascade Structure)と呼ぶ。

表-1 利用した原データのリスト

(1)	株式	日本証券経済研究所の株式収益率データ (東証1部)
(2)	債券	NRIホント・パフォーマンス・インデックス (総合)
(3)	短資	前半はコールレート (有担保翌日物)、後半は1ヶ月現先
(4)	インフレ率	消費者物価指数 (総合、季節調整なし)

次に、それぞれの資産クラスの収益率をベースに、要因別に分解する。(Rは収益率)

株式 $R(R_m) = \text{短資 } R(R_f) + \text{株式リスクプレミアム}(R_p)$
 債券 $R(R_g) = \text{短資 } R(R_f) + \text{債券リスクプレミアム}(R_L)$
 短資 $R(R_f) = \text{実質金利}(R_r) + \text{インフレ率}(R_I)$

株式、債券については実質リターンの系列も作成する。

株式 $R(R_m) = \text{株式実質 } R(R_{mr}) + \text{インフレ率}(R_I)$
 債券 $R(R_g) = \text{債券実質 } R(R_{gr}) + \text{インフレ率}(R_I)$

この系列を観察すると、第1次オイルショック時の実質金利が大きくマイナスになっている。これは当時の年率20%を超えるインフレ率に対し、規制下にあった短期金利がインフレを十分反映できなかった結果と解釈される。そこで、取り敢えず第1次オイルショックの影響を除外することにし、結局75年からのデータを採用することにした。これらの系列の平均、標準偏差は以下のとおりである。

表-2 平均および標準偏差 (1975-1992、年率)

(単位: %)

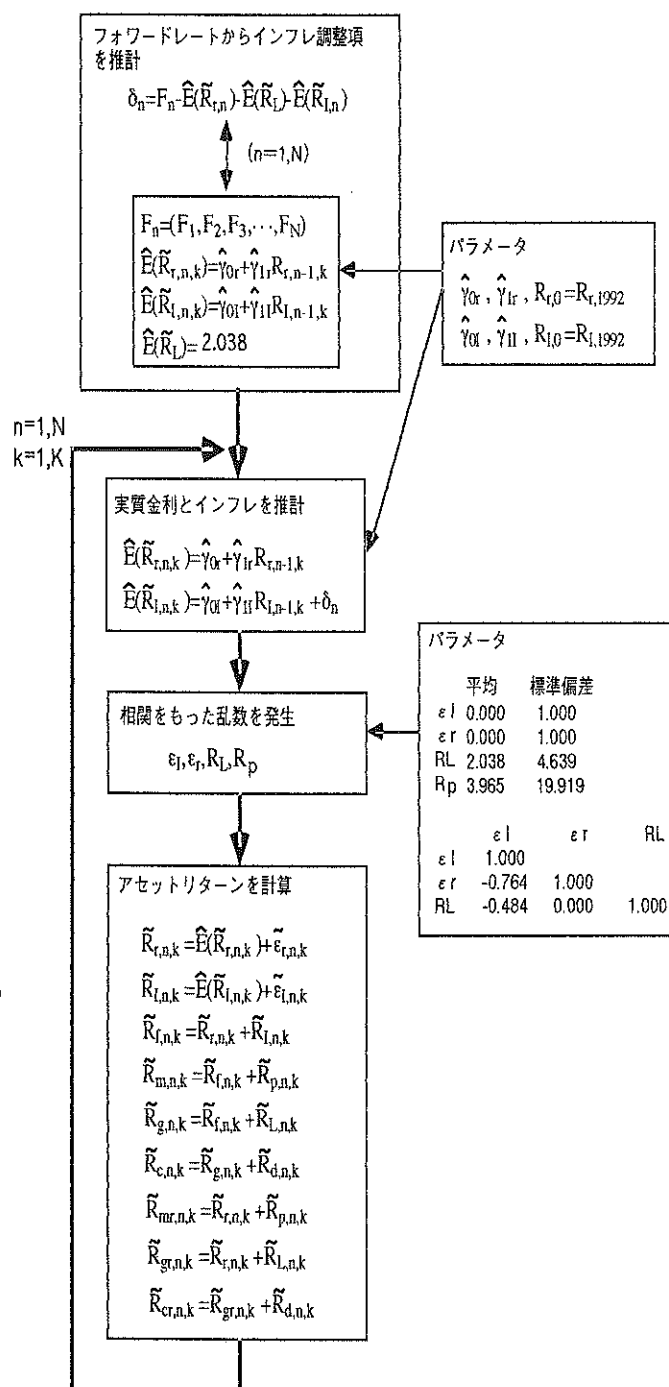
	Rm	Rg	Rf	Ri	Rp	RL	Rr	Rmr	Rgr
幾何平均	10.475	8.427	6.261	3.525	3.965	2.038	2.644	6.713	4.735
算術平均	12.582	8.544	6.279	3.561	6.003	2.138	2.664	8.852	4.865
標準偏差	20.715	5.171	1.995	2.830	19.919	4.639	2.090	20.853	5.315

このモデルでキーとなる変数は、RI, Rp, RL, Rrの4つであり、これらの時系列モデルが定式化できれば、その他の変数も決定される。そこで、

原論文に従って4変数を1期ラグの自己相関モデル (ある時系列変数で1期前の水準の一部と攪乱項により今期の水準が決まるとの考え) と考えて、それぞれの係数の推計を行なってみた。

明らかに強い自己相関性を有するものはRI, Rrの2変数であるため、この2変数には自己相関モデルを当てはめることにした。残りの2変数

図-14 日本の金融市場モデル (IS型)



は、過去の水準とは無関係であるとみなしランダム・ウォークするもの考えた。

つぎに、これら4変数の前期値と今期値を結び付ける際に現れる攪乱項同士の相関係数を決定する。ここでも先程述べたオイル・ショックの影響は大きく、取り敢えずこの期間は除外することにした。さらに、ハンドリングの容易性や経済的意味の有無を再検討した結果、インフレ率の攪乱項との関係以外は無視した。この結果、得られたモデルは図-14のような時系列モデルである。

このモデルにもとづき、乱数を発生させ実質金利(Rr)、インフレ率(RI)、株式リスクプレミアム(Rp)、債券リスクプレミアム(RL)の4変数の系列につき、現在までの実績、および将来の3つのシナリオを図-15~18に示した。たった3つのシナリオではあるが過去データとの繋がりは比較的良さそうに見える。(注)

図-16 インフレ率（実績と予測）

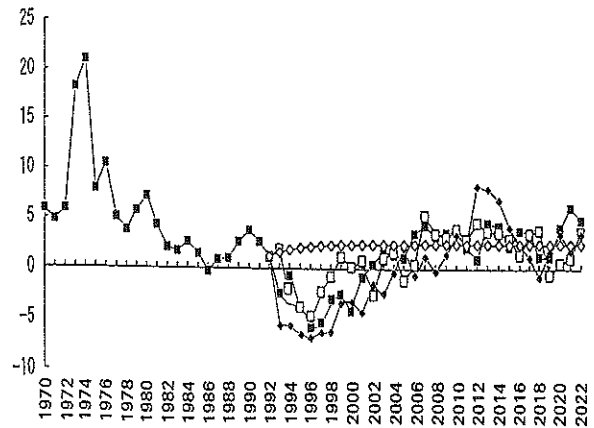


図-17 株式リスクプレミアム（実績と予測）

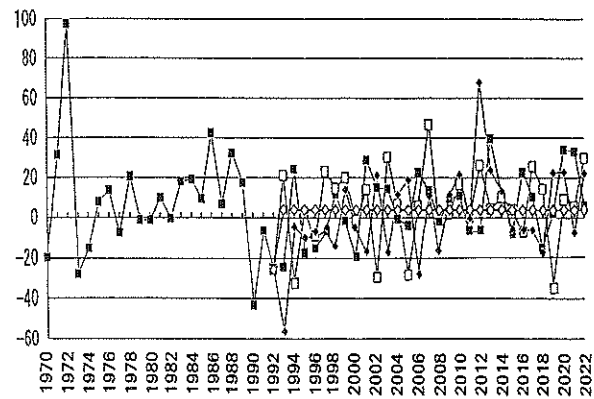


図-15 実質金利（実績と予測）

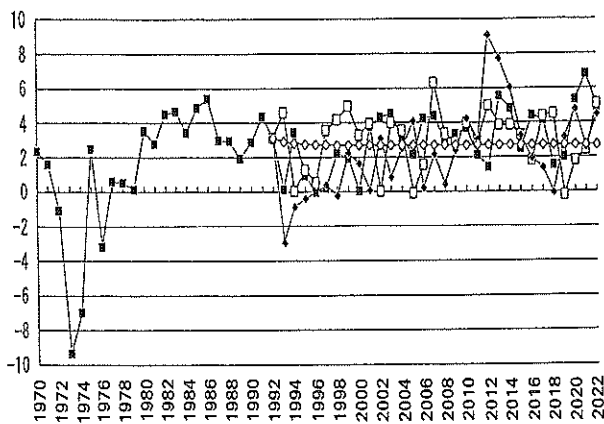
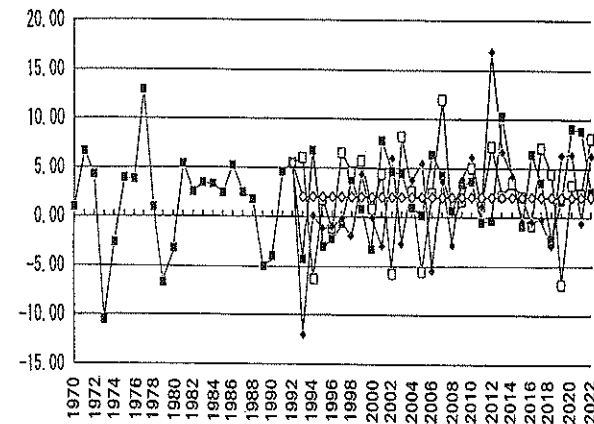


図-18 債券プレミアム（実績と予測）



(注) 真ん中の変動の少ない系列は、乱数項をゼロと置いたものである。また、インフレ率はフォワードレートにより制約されているため、今後数年は低率が続く様子が見られる。

この作成方法から分かるように、ALMの金融証券市場モデルの挙動制御のパラメーターを決定するにはアートの部分もかなり含まれる。特にわが国では金融証券市場の歴史が浅く、十分な過去データ期間が採れないため、信頼できるモデル構築のための困難性は大きくなる。従ってALMモデルの利用者は、絶えずその限界を理解し、パラメーターの決定に際しては、過去データを尊重しつつも独自の見方を入れて主観的に決めることが求められる。年金財政のシミュレーションを行う場合、平均寿命の伸びの想定につき楽観的、悲観的なシナリオをおき予測するように、資産価格の収益率とその変動性についても、利用者側に大卒の判断が求められることになる点には注意しておくべきであろう。

3. バランス・シート型 ALM の例

バランス・シート型 ALM を実施する際には、どの程度のリターンを要求し、どの程度のリスクを許容するかが、事前に明確になっていることが必要である。というのは、最終的な結果が「有効フロンティア上に位置する、複数のポートフォリオ」として得られるため、そのうちのどれを選択するかはまさしくリスク＝リターンの組み合わせの選択に帰結するからである。ここでは、「サープラス・リターンがゼロ以上でリスクが最小となるポートフォリオの構築」を狙うこととする。

運用対象資産には、債券、株式、現金の3つを、リスクとしては、金利変動リスクと、株式固有のリスク（金利リスクとは独立）の2つだけを考えることにする。

負債についての前提を考える前に、イミュナイゼーションを実施する際の問題点を指摘したい。イミュナイゼーションが、「負債と資産のデュレーションを一致させることにより、金利変動に伴うサープラスの変動リスクを除去する」方法であることは、先述のとおりである。しかし、わが国の現実の年金制度を見ると、いざイミュナイゼーション戦略を実施しようとしても、負債と釣り合うほど長いデュレーションを持つ債券が市場に存在しない場合が多いだろう。こうした事情から、イミュナイゼーションは年金基金全体を対象とするのではなくて、既に受給を受けている者（年金受給者）や、受給権を獲得したが年金支給が据え置かれている者（受給待機脱退者）に対して、既に確定した支払いを保証する目的で、部分的に適用することが実際的と思われる。そこで以下の事例では、年金受給者のみの群団の年金負債を対象として考察することにする。

3-1. 年金負債モデルについて

ここでは、次のような仮想的な企業年金制度を取り扱うことにする。

- 受給者のみの年金制度とする。
- すべての受給者の年金額は等しい。
- 支給開始年齢は60歳とする。
- 新規に発生する受給者数は毎年一定とする。
- 保険数理上の前提は厚生年金基金の数理計算の前提に従う。

このような条件下では、ある一時点における受給者数について考えた場合、60歳の新規受給者が毎年同数ずつ発生するので、各年齢を構成する人数は、60歳における新規受給者数にその年齢に達するまでの生存率を掛けた値に等しくなる。つまり、各年齢の構成人数は60歳新規受給者数と死亡率（ないし生存率）の2つの要素で決定されるのである。ところが、前提条件に示したとおり新規受給者は一定であり、死亡率も数理計算で予定された確定値を使用すると、この年金制度における年齢別人員構成が常に一定になる。これを定常状態と言っている。今回の場合、一人当たりの年金額も等しいので、毎年の支払総額や給付スケジュールも一定となる。以下の分析では、複雑な要因によるノイズを排除するため、この様に典型的な定常状態の受給者群団を、対象として考察することにしたい。

3-2. 負債のデュレーションの推計

負債のデュレーションを計算するために、将来の年金給付のキャッシュフローを推計する必要がある。そこで先に述べた仮定に加えて、60歳の支給開始時点で1000人の受給者に対し、今後死亡するまで1の年金を支払うものとして計算した。

また、キャッシュフローを現在価値に割り引くのに使用する金利の期間構造は、その時点における満期期間別の国債市場から推計したスポットレ-

トを用いた。(参考までに1993年9月末時点のスポットカーブを図-20に示す。)

この年金制度のデュレーションを計算すると約6.91年となった。

図-19 年金給付のキャッシュフロー予測

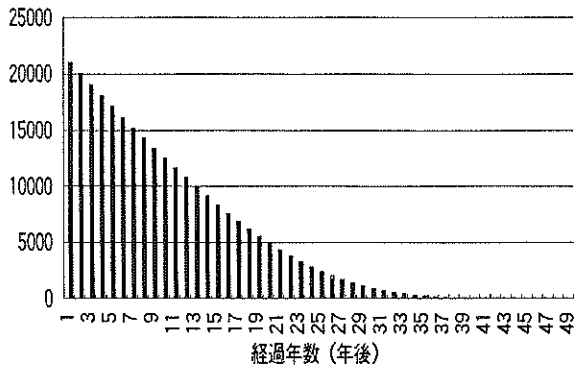
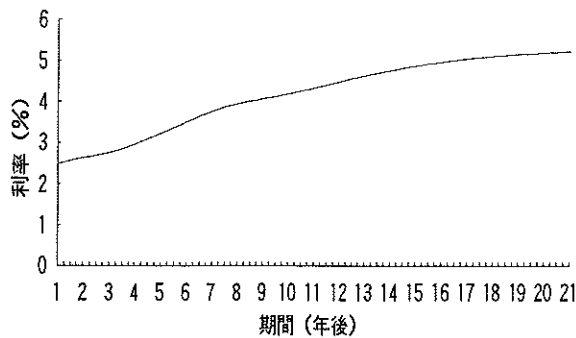


図-20 スポット・レート (1993年9月末)



3-3. 資産のデュレーションその他の推定

ここでは、資産ポートフォリオを構築するために必要な、各資産毎のデュレーション、リスク、リターンを、簡単な資産モデルを前提として実際に推定する。

資産モデルの説明に入る前に、ここで取り扱う金利につき若干説明したい。一般に金利は前節の図-20で示したような期間構造を持っている。従って、金利変動とか金利変動リスクとか言う場合には、図-20の曲線の傾きが立ったり、寝たり、あるいは凸状になったり凹状になったりしながら、期間の異なる金利が、お互いに相関を持ち

ながら変動するプロセスを考えなければならない。このような期間構造を持つ金利変動を厳密に扱う場合には、かなり複雑なモデルを導入しなければならない。しかし、これは本稿の範囲を遥かに超えるため、金利につき、次のような極めて単純化した前提を置くことにしよう。

- 金利はその期間に関係なく一定
(スポットカーブがフラット)
- 金利変化は微小でその期間に関係なく同じ
(スポットカーブの平行移動)

この前提を置くことにより、金利を1つの値で扱うことが可能になる。

運用対象資産のリターンは、無リスク部分、金利変動に関わる部分、それ以外の部分に分離して、次のように表現した。

- 現金: $R_c = r_f$
- 債券: $R_B = r_f - D_B \Delta r$
- 株式: $R_E = r_f - D_E \Delta r + \varepsilon_E$

但し、

- r_f は安全利子率
- Δr は金利変化
- D_B は債券ポートフォリオのデュレーション
- D_E は株式ポートフォリオのデュレーション
- ε_E は株式固有のリターン (株式のリスクプレミアムに相当)

また、それぞれの資産のリスクは次のようになる。

- 現金: $\text{Var}(R_c) = 0$
- 債券: $\text{Var}(R_B) = D_B^2 \delta^2$
- 株式: $\text{Var}(R_E) = D_E^2 \delta^2 + \sigma_E^2$

但し、

- δ は金利の変動リスク (標準偏差)
- σ_E は株式固有のリスク (標準偏差)

この資産モデルを前提にして推計した結果を以下に示す。

表-3 各資産特性モデルによる推計結果

	期待リターン (%)	リスク (%)	デュレーション (年)	固有リスク (%)
現金	2.79	0.00	0.00	0.00
債券	2.79	8.78	6.97	0.00
株式	6.76	19.26	3.96	18.60

(注)

- 金利変動リスクは日興債券パフォーマンスインデックス(国債)より推計($\delta=1.26$)。
- 現金の期待リターンは1993年9月末日のコールドレートを使用。
- 債券の期待リターンはモデルの前提(スポットカーブがフラット)から現金と等しくなる。
- 債券のデュレーションは1993年9月末日の10年国債(145回債)の値を使用。リスクはデュレーションと金利変動リスクから計算。
- 株式の期待リターン、リスク、デュレーションはTOPIXの1980年2月から1993年9月までのデータから推計。

3-4. イミュナイズド・ポートフォリオ構築

ようやくサープラス・リターンに関する最適化計算の実行により、最適ポートフォリオを求める段階にきた。この最適化は、次の目的関数と制約条件により定式化される。

(サープラス・リスク) → 最小化

(制約条件)

• $D_A = 6.91$

(イミュナイズド・ポートフォリオを構築するため資産ポートフォリオのデュレーションは負債に一致する。)

• $R_s = 0$

(求める解は、サープラス・リターンがゼロの場合のミニマムリスク・ポートフォリオとする。)

以下、完全なイミュナイズーションの実施状態と、ショートフォールの考え方を導入する場合、さらに死亡率リスクを考慮した場合の、ポートフォリオ構築プロセスと結果を示したい。なお、当初のサープラスはゼロ(資産・負債の時価が一致)と仮定した。

まず、最初の完全なイミュナイズーションの結果から得られた最適ポートフォリオの収益率、リスク、各資産の構成比率は次のとおりであった。

- サープラス・リターン: 0.0%
- サープラス・リスク: 0.0%
- 構成比率/現金: 0.9%
- 構成比率/債券: 99.1%

ここで求めたポートフォリオで運用する限り、市場金利変動に関わるサープラスの変動リスクは、ほぼ完全に除去される。(しかし、金利変動について単純な仮定を置いているためであり、実際には完全な除去はできない。)この結果、得られた最適資産ポートフォリオの「通常の意味」でのリターンは2.79%、リスクは8.71%であり、これを出発点として考察を進めたい。

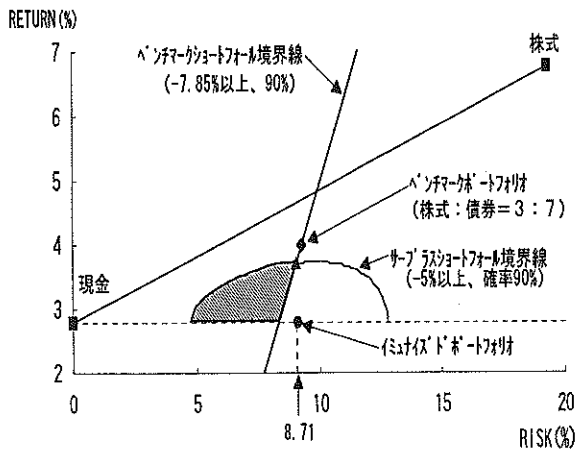
3-5. ショートフォールの制約

さて、前節で求めたポートフォリオにショートフォールの考え方を導入し、限定されたリスクを許容する、現実的な資産ポートフォリオの構築法の実例を見て行くことにしたい。

ショートフォールの制約条件として2つ仮定する。第1の制約は、サープラスに関するもので、「サープラス・リターンが90%の確率で-5%を上回る」という条件を与える。第2の制約は、長期的収益の確保を目的に、株式3:債券7のベンチマーク・ポートフォリオを基準として目標を与える。このポートフォリオの期待リターンは3.98%、リスクは9.24%であるので、ショートフォール制約の条件は、「90%の確率で $\Delta 7.85\%$ ($3.98 - 1.28 \times 9.24$)を上回る」と表現できる。この2つの条件を満足するポートフォリオは図-21の斜線に表示された領域になる。▲で示されたポートフォリオ(「デュアル・ショートフォール・ポートフォリオ」と呼ぶ)は、この領域でもっとも高いリターンの期待できるポートフォリオであり、その構成比率は、株式23%、債券77%(但し、

債券ポートフォリオのデュレーションは8.1年)である。

図-21 サープラス・ショートフォール

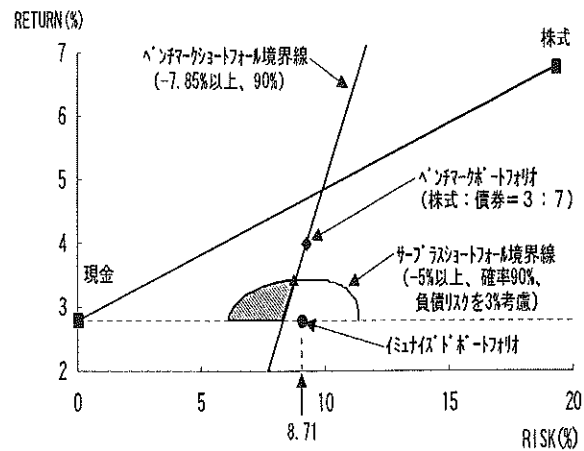


出所: M.L.Leibowitz, S.Kogelman, L.N.Bader (1992) をもとに日本の市場データを使用して作成。

より現実的にこの問題を考える場合、負債側の死亡率の変動リスクもこのモデルに取り込むことが考えられる。負債のキャッシュフロー、すなわち毎年の年金給付金支払額の流列は、今回の様に受給者のみだけの最も単純な場合でも、死亡者数の確率変動による影響を受ける。すなわち、生命表から求められる死亡者数と実際の死亡者数の乖離が負債価値を変動させる要因となる。アメリカの年金基金の負債を例にとれば、Leibowitz[1992]によると1000万ドル程度の規模では負債変動リスクが2~3%、10億ドル程度の規模では1%程度と見積もっている。

そこで、今までの条件に加えて、3%の負債変動リスクを考慮したポートフォリオの構築を仮定すると、図-22のようにサープラスのショートフォール制約を満足する領域は、以前に比べて小さくなるのが分かった。このとき、最大期待リターンを示す領域は、株式16%、債券84%(債券ポートフォリオのデュレーションは7.8年)となり、死亡率リスクの考慮は株式の配分比率を引き下げる効果があることが分かった。

図-22 サープラス・ショートフォール (負債リスク3%)



出所: M.L.Leibowitz, S.Kogelman, L.N.Bader (1992) をもとに日本の市場データを使用して作成。

これらの試算から改めて明らかになったように、リスクの捉え方により「最適」の意味も変わる、ということである。従って、最終的には「どのリスクに対し、どのような対応をとるか」という、意思決定のプライオリティをつけるための道具がALMということになる。

4. シミュレーション型 ALM の例

4-1. 厚生年金基金のモデル

具体的なシミュレーションを行う前に、サンプルとして利用する年金基金の概要につき、述べることにする。

ここで取り扱う年金基金は、厚生年金基金のうち単独企業や企業グループで採用されている、加算型と呼ばれるタイプの、仮想的な X 基金を取り敢えずの考察対象とする。(X 基金は比較的、わが国で標準的な加算型基金である。この基金から出発していろいろなバリエーションを考察して行くことにしたい。)

ここで、企業年金制度に詳しくない読者のために、厚生年金基金制度の仕組みについて簡単に紹介しておく。この制度は昭和 41 年に厚生年金法の改正によって生まれた企業年金制度であり、厚生年金保険の給付の一部を企業年金に取り込み(代行部分という)、それにプラス・アルファの給付を上乗せして、自助努力により国の給付よりも厚い年金給付を行う企業年金制度である。プラス・アルファ部分は代行給付を比例的に増額する方法や、退職一時金の一部の給付を年金制度に移す方法が認められており、前者を代行型、後者を加算型と呼んでいる。この結果、国に納付されていた

厚生年金保険料の一部は、厚生年金基金の方に振り替えられ、この結果、国への納付は免除されることになった(免除保険料)。

実際の運営に当たっては、厚生年金基金と呼ばれる、母体企業とは独立した組織が行うことになっている。基金は掛金徴収や年金給付の事務処理を行うとともに、運用機関の選定を行ったり、一定の要件で自主運用を行うことも認められている。年金財政は、毎年 3 月末に決算が行われ、責任準備金等と呼ばれる負債以上の資産が積立てられているかどうか(資産>負債なら剰余金、逆なら不足金という)をチェックする。発足時点で決められた掛金は未来永劫変わらないわけではなく、再計算という手続きにより定期的に掛金の見直しが行われる。第 1 回目の再計算は、発足後 3 年以内に行い、以後は 5 年毎に行うルールになっている。

加算型基金で典型的な給付設計は、以下のようなものである。まず、基本部分は国の老齢厚生年金の給付率 7.5~10.0/1000 を 0.1 (行政指導の下限) だけ上回る給付とする。加算部分は、企業の退職一時金の給付規定を、一部「年金化」することが行われる。すなわち、退職金の一部給付を財源として、据置終身年金を購入する設計とするのが一般的である。こうして、経済的効果としては、従業員は全体として従来の退職金支給総額を減らすことなく終身年金で受取る権利も追加されることになる。(同時に一時金選択権も付与するのが普通である。) わが国の企業の退職金規定は、退職金の算定基礎給与に、勤続年数により決まる支給率を乗じて求める形態をとることが多い。従って、退職金の一部給付である加算部分の算定基礎給与にも、同一のものが利用される例が多くなる。この給与は、月例給与そのものとは切り離し、ベアを直接反映させないような規定もかなり普及している。

図-23 厚生年金基金の掛金・給付の流れ

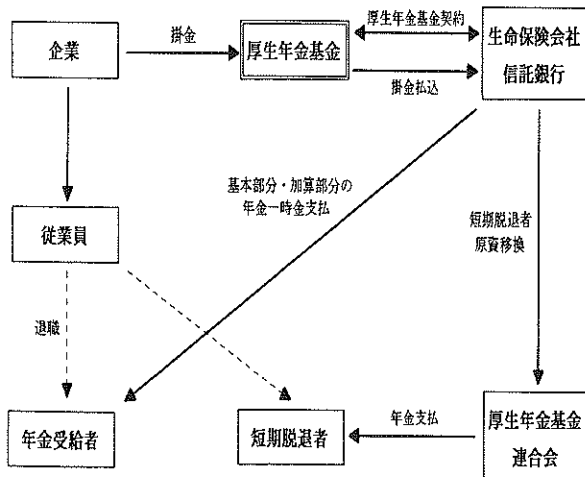
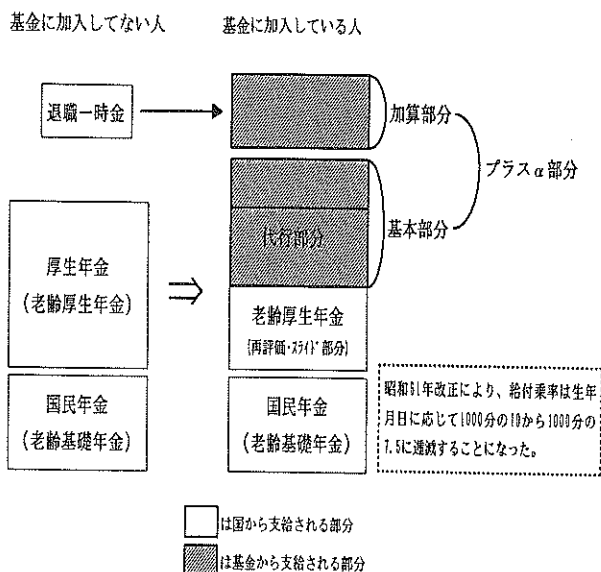


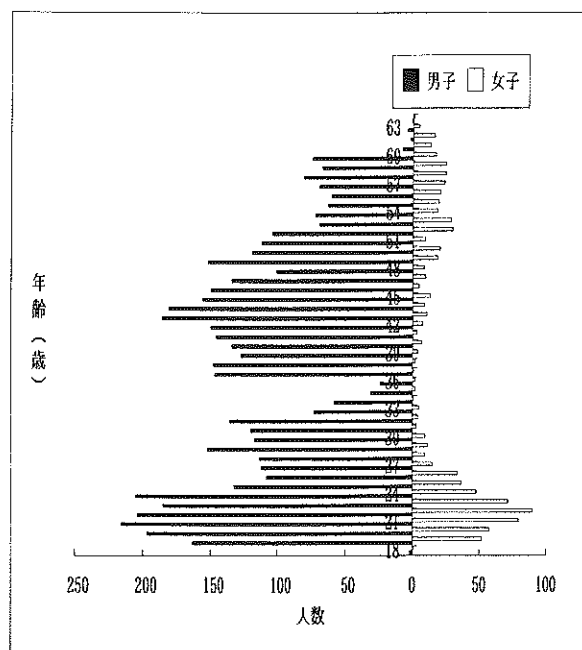
図-24 典型的な加算型基金の給付設計



企業年金は、公的年金と異なり世代間の助け合いの仕組みではないので、企業と従業員で年金給付財源を完全に積立てなければならない。財源の積立て方式として基本部分では国の免除保険料の計算と同じ開放基金方式^(注)を採用し、加算部分では加入年齢方式を採ることが多い。後者の特徴は、ある年齢で年金制度に加入する者が必要とする費用（標準掛金という）と制度発足時の不足財源を分割償却するための費用（特別掛金という）の2本建ての掛金となる点である。この不足財源は、制度発足時に既に勤務年数を有する者の、過去勤務から発生するものであるため、過去勤務債務とも呼ばれている。その後の再計算で不足金が発生した場合にも、その費用については分割して償却する。不足金の原因はいろいろあるが、再計算時に特別掛金の上昇という形で処理されることになることを注意しておきたい。

それでは、X基金のプロフィールについて紹介する。加入員の年齢構成は下の図-25に示したように、日本の平均的な大企業像となっている。

図-25 X基金の従業員年齢構成



その他の X 基金の制度概要は以下の通り。

- 加算部分の設計；退職金規定の20%部分
- 加算給与のベア反映；昇給額の70%
- 支給開始年齢；60歳（定年年齢）
- 年金種類；15年保証期間付終身年金
- 財政方式；加入年齢方式（20歳）
- 掛金率；基本部分／標準報酬×3.7%

加算部分／

標準掛金：加算給与×2.1%

特別掛金：加算給与×5.8%

（20年償却）

(注) 「開放基金方式」とは、「開放型総合保険料方式」とも呼ばれ、将来の加入員が継続的に入ることを前提として保険料の計算を行う方式であり、厚生年金や国民年金で使用されている。代行部分は、厚生年金を代行するので同じ財政方式を採用している。

4-2. 試算の範囲と前提条件

X基金を例に、シミュレーション型ALMによる財政分析を行うことにする。ALM試算の利点は、ある特定のシナリオにもとづく1本の予測では捉えられないリスクの観点を、予測に取り入れることが可能なことにある。従って、予測結果は一点ではなく、幅をもって示されることになる。この利点を生かすことで、ALMの分析は、例えば次の様な問題に対し判断材料を提供することができるのである。

- ① 成熟度の違いにより、資産配分をどう変化させたらよいか。
- ② 財政の健全性から判断すると、剰余金を残して掛金の引き下げを見送るべきか、剰余金を取崩して掛金を引き下げるべきか。
- ③ 投資モデルを特徴づけるパラメーターを、楽観的/中立/悲観的な見通しに設定した場合の影響はどうか。
- ④ 資産評価として時価主義を採用することはどういう意味をもつか。
- ⑤ 不足金が5%以上になると再計算を繰り上げて実施する、どの現行基準は妥当か？
- ⑥ 年金の給付設計の差異（代行型か加算型か、加算型の場合上乘せ部分の給付の厚みはどうか？）、年金給付の対象給与の性質、年金選択率等により、リスクはどのような影響を受けるか。等々

これらの課題のいくつかを例にとり、諸分析を進めて行くことにしたい。さて、X基金の標準的な姿を理解するために、ある標準的なシナリオにつき予測を行うが、その条件の一部を変化させながら、財政への影響分析を行なって行くことにしたい。

X基金の標準シナリオは以下のとおりとする。

- ① 基金の規模が維持されることを前提に、退職者と同数の採用者が毎年加入する。
- ② 加算部分の給付は全額一時金選択すると仮定。

- ③ インフレ率は年3%とする。
- ④ 投資収益率は、再計算時点で資産時価＝負債となるように決定する。従って、次の再計算で掛金の引き上げはない。また次回の再計算までの投資収益率は毎年同率とする。
- ⑤ その他の要因（脱退率、死亡率、定期昇給等）はシミュレーション期間中変化しない。

このような標準シナリオの収支をシミュレーションすると図-26のようになる。収支差額は発足後20年前後で逆転し、支出の方が大きくなる。また投資収益率は発足後数年間を除き、4.5～5.5%ぐらいで安定してくる。

そこで第1に、成熟度の分析を行うため、この28年間を、①発足時から第1回再計算まで、②第2回から第3回再計算まで、③第4回から第5回再計算まで、④第5回から第6回再計算までの4期間をサンプル期間のケースとして採用する。すなわち、ケース1→ケース2→ケース3→ケース4の順に成熟度が高くなる4つの年金制度を比較考察するものとする。

第2に、再計算時点で剰余金、不足金がある場合と、剰余金ゼロのケースを比較し、リスクがどのように変化するかを調べる。

第3は、給付設計の相違によるリスクの差異を計測することにする。まず、加算型と代行型の比較を行う。次に加算部分の基準給与に対するペアはね率の影響を見る。

図-26 X基金の収支モデル

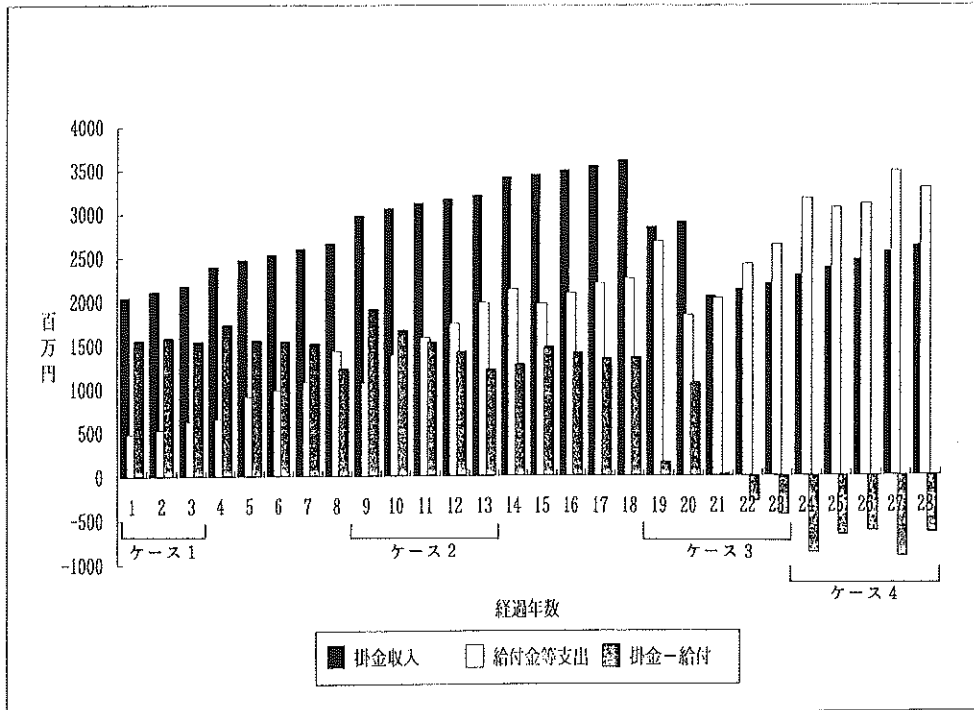
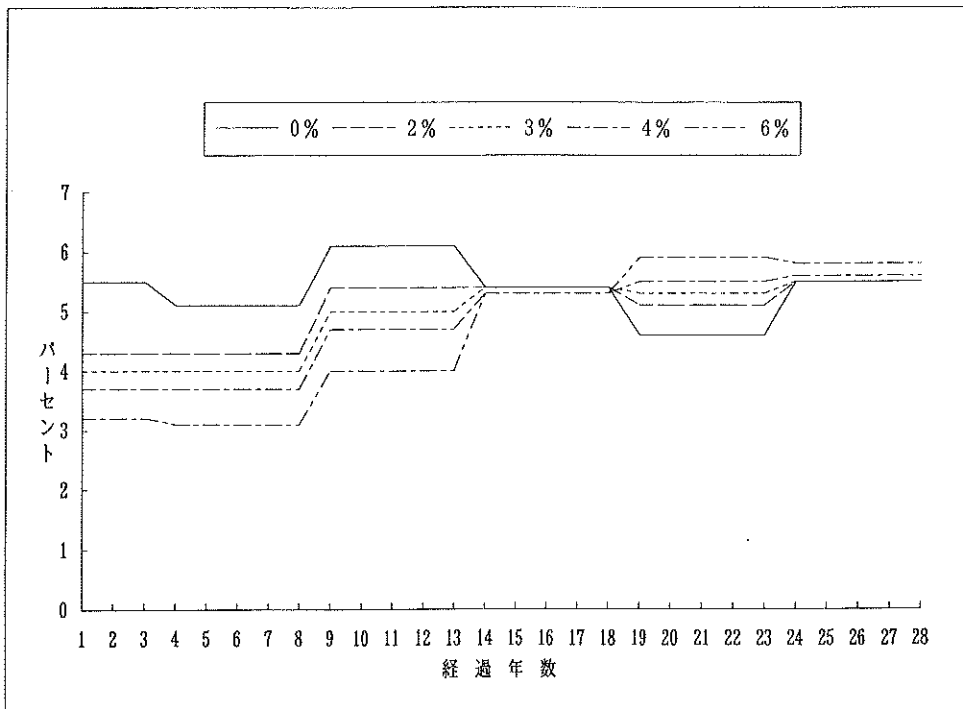


図-27 異なるインフレ率に対する必要リターン



第4に、金融証券市場モデルのパラメーターの設定を、前の章で述べた標準値（中立）ではなくより悲観的／楽観的に置いた場合につき検討する。

4-3. 諸前提による比較シミュレーション

(1) 成熟度による相違

年金の資産配分決定に当たっては、成熟度を考慮すべきである、ということがよく議論される。直観的な説明では、積立型の年金制度では制度が発足後の暫くは積立段階にあり、「掛金>年金等給付の状態が続く」ため、この間はリスクをとりやすく、長期的に期待リターンが高い株式などの組み入れを大きく出来る。ところが、成熟段階になると「掛金<年金等給付」となり、リスクがとりにくくなるので、リスクの高い株式などの組み入れ比率を低くすべきだというのである。

積立が終わった成熟状態の年金制度では、

掛金収入+資産額×投資収益率=年金等給付支払

の等式が成り立つため、これを書き換えると

投資収益率=(年金等給付-掛金)/資産額

この式から、成熟段階においては、右辺の値が必要な投資収益率のベンチマークとなる。この右辺は、 $[1 - \text{掛金} / \text{年金等給付}] \times [\text{年金等給付} / \text{資産額}]$ と分解できるため、掛金/給付比率が小さく、給付/資産比率が大きくなるほど、高い収益率が要求されるようになる。特に掛金がゼロの年金受給者だけの年金制度（閉鎖年金という）においては、給付/資産比率が要求収益率となり、毎年の支払いが発生により資産が減れば減る程、要求収益率が上昇することになる。このような制度においては、前節で述べたイミュナイゼーション運用が、最もリスクの小さい運用になることが理解されよう。

さて、ここで考察するのは、前述の4つのサンプル期間において、初期の剰余金をゼロとおいた場合の、次回再計算期までの資産時価/責任準備金の比率と次回再計算時の掛金率の変化幅の確率分布である。年金財政のリスクは、実質的な不足

金（「資産時価-責任準備金」）で計算するが、本来的には「資産時価-年金受給権の時価」の発生確率、あるいはその結果生ずる次回再計算時の掛金率の引き上げ幅の可能性で捉えるのが分かりやすい。そこで、資産配分をハイ・リターン追求型、ミドル・リターン型、リスク回避型とし、表-4のような配分を仮定して、次期再計算までの剰余金（不足金）の発生確率の幅と次期再計算時の掛金の引き上げ幅でリスクを捉えることにした。

表-4 資産配分の類型（単位：%）

	株 式	債 券	現 金
ミドル・リターン型	30	40	30
ハイ・リターン追求型	60	30	10
リスク回避型	-	50	50

この前提によるシミュレーション結果の一部を図-28から37までに示したが、これを見ると、同じ資産配分では成熟度の低いケースから順に1→2→3→4と高くなるにつれ、リスクが次第に大きくなって行くことが分かる。

図-28 標準ポートフォリオの場合
(株3：債券4：現金3)

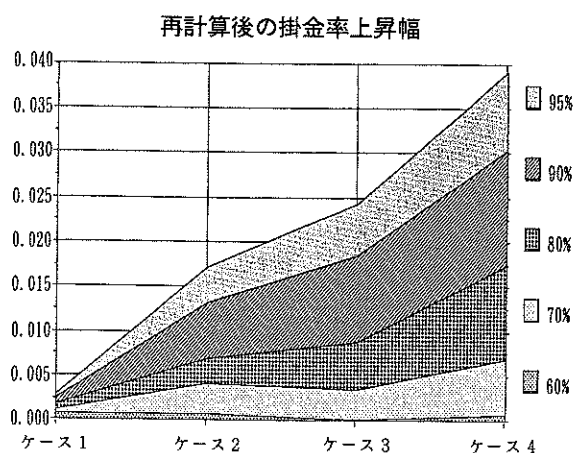


図-29 標準ポートフォリオの場合
(株 3 : 債券 4 : 現金 3)

剰余金比較 (ケース別)

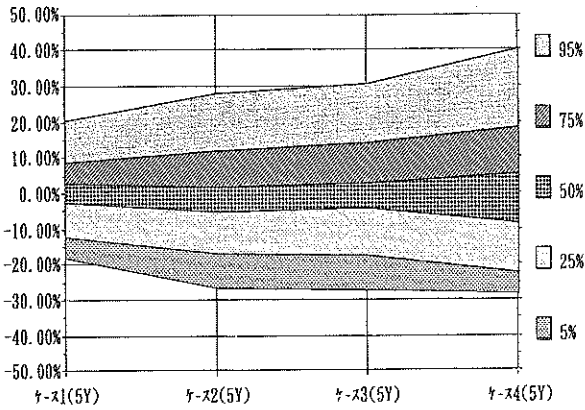


図-32 標準ポートフォリオの場合
(株 3 : 債券 4 : 現金 3)

剰余金比率推移 (ケース 3)

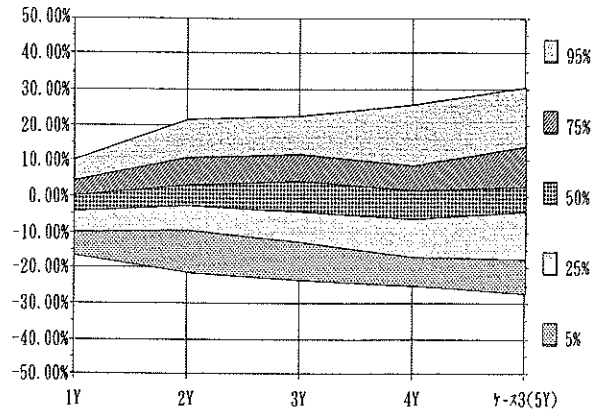


図-30 標準ポートフォリオの場合
(株 3 : 債券 4 : 現金 3)

剰余金比率推移 (ケース 1)

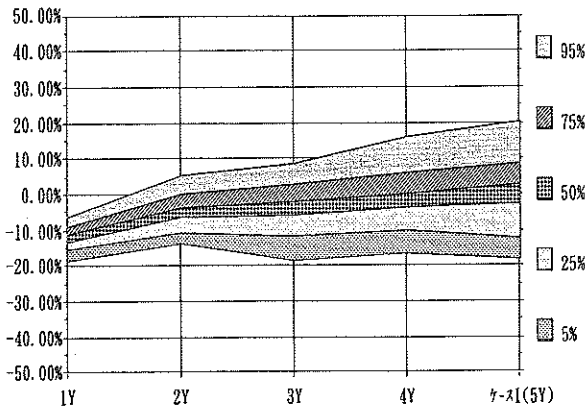


図-33 標準ポートフォリオの場合
(株 3 : 債券 4 : 現金 3)

剰余金比率推移 (ケース 4)

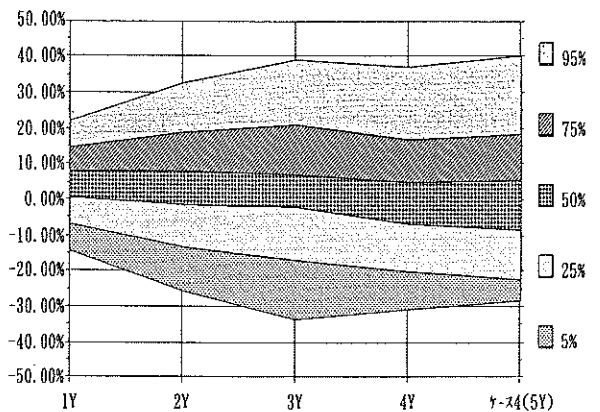


図-31 標準ポートフォリオの場合
(株 3 : 債券 4 : 現金 3)

剰余金比率推移 (ケース 2)

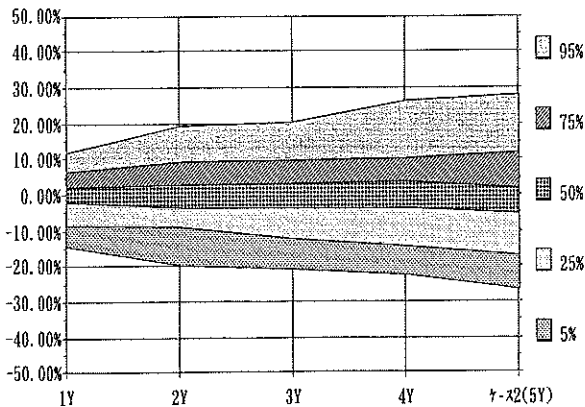


図-34 ハイリターン追求ポートフォリオの場合
(株 6 : 債券 3 : 現金 1)

再計算後の樹金率上昇幅

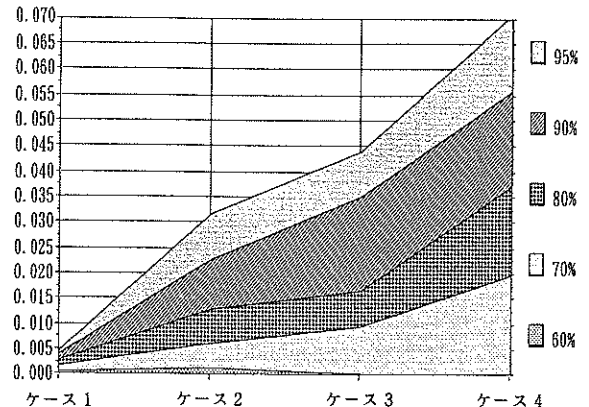


図-35 ハイリターン追求ポートフォリオの場合
(株6：債券3：現金1)

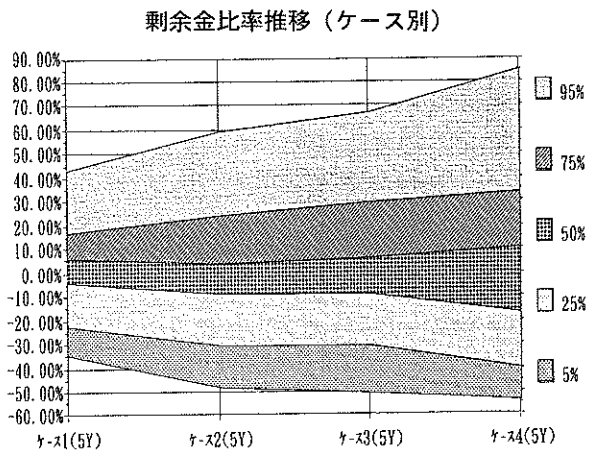


図-36 リスク回避型ポートフォリオの場合
(債券5：現金5)

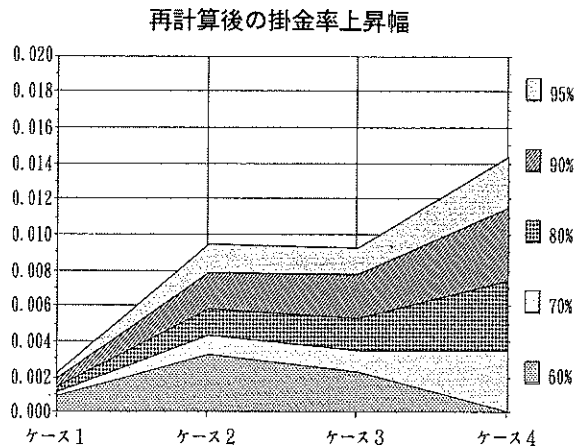
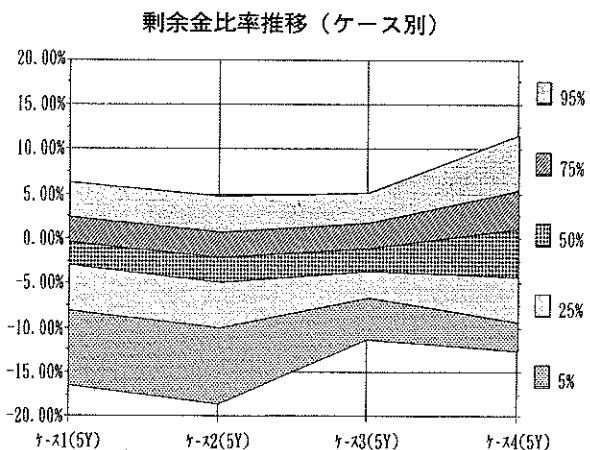


図-37 リスク回避型ポートフォリオの場合
(債券5：現金5)



また、配分をリスクにする程、当然のことではあるが、上で定義したリスクも大きくなって行く。この結果を見て、年金管理者がどう判断する

かは、基金自体のリスク許容度にかかっている。例えば、10%の確率（10回に1回）で掛金負担が1割以上増加する可能性があっても、敢えてリスク・テイクして、50%以上の確率で次回再計算時点における累積剰余金を目標値以上にしたい、というような判断を行う場合がある。しかしながら、意思決定にあたっては、受給権保全の視点が最優先されるべきであり、特に成熟度が高い基金において、過度のリスクをとることに慎重であるべきことは言うまでもない。

(2) 初期剰余金（不足金）による相違

次に、「再計算時において剰余金（基金の年金経理では別途積立金に含み損益を加味したものと考える）を取崩して掛金の引き下げを行うべきか否か」という疑問に対する分析を行う。このために、初期に剰余金、不足金がそれぞれ年金資産額の10%である場合と、剰余金がゼロの場合の比較を試みる。その他の前提条件は前節と同じである。結果は、図-38～41に示した通りである。不足金の存在は、成熟度が高くなればなる程、その後の財政悪化を加速することになるため、成熟度が高まって行くまでの段階の資産配分ではリスクを抑え、不足金が発生しないような財政運営が必要であることを示唆している。

図-38 初期剰余金比率10%の場合
(標準ポートフォリオ)

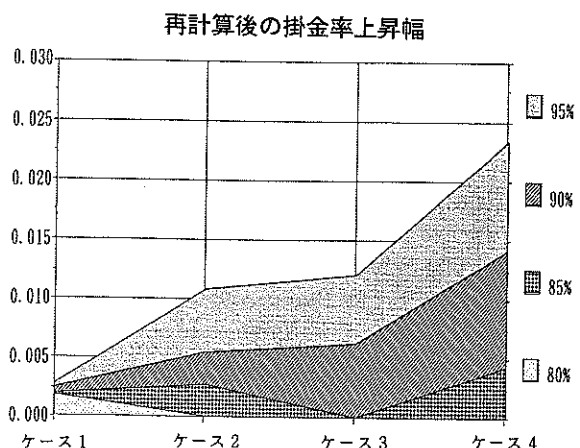


図-39 初期剰余金比率 10% の場合
(標準ポートフォリオ)

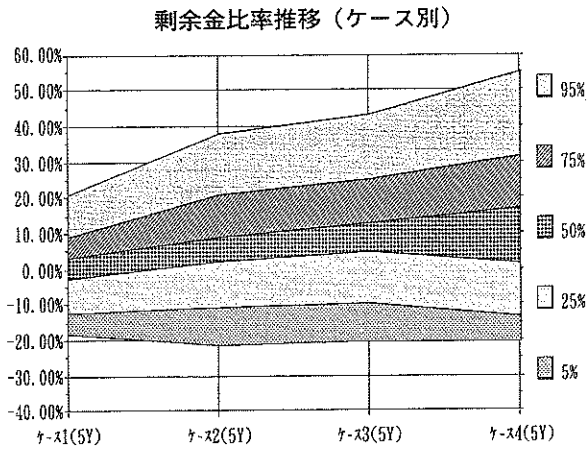


図-40 初期不足金比率 10% の場合
(標準ポートフォリオ)

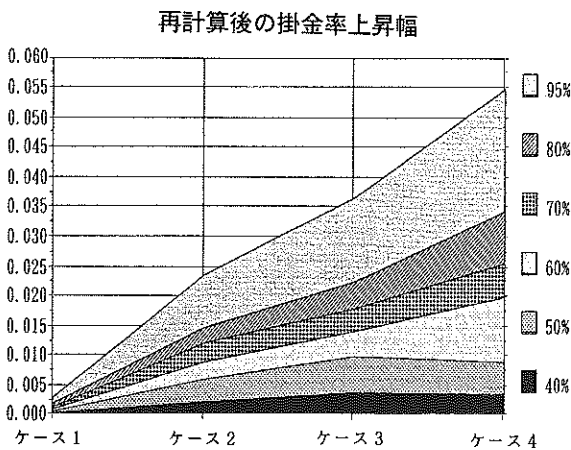
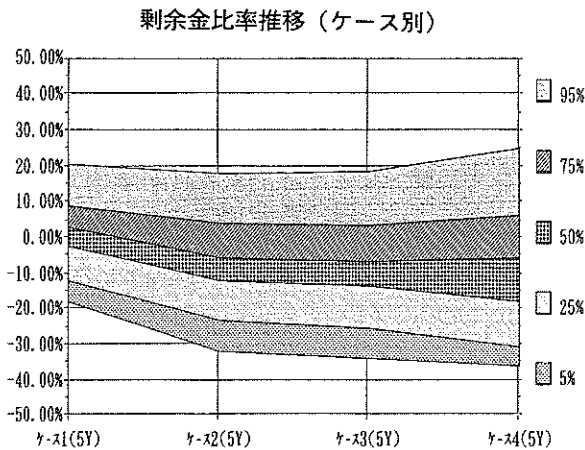


図-41 初期不足金比率 10% の場合
(標準ポートフォリオ)



(3) 給付設計等による相違

(1) 加算型と代行型の比較

年金 ALM 的なリスクは給付設計によっても大きな影響を受ける。一つの例は、加算型と代行型の相違により見られる。加算型制度の加算部分は、退職金基礎給に比例して年金額が決まるため、賃金インフレ率の影響を直接受けるのに対し、代行型や加算型の基本部分は、過去の加入期間の平均標準報酬に比例するため、賃金インフレ率の影響はモデレートである。また加算型でも、加算部分の「厚み」の大小により影響の受け方は異なる。

図-42 代行型の場合 (標準ポートフォリオ)

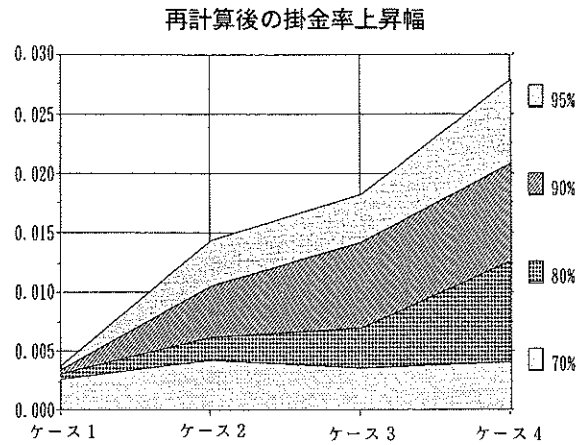
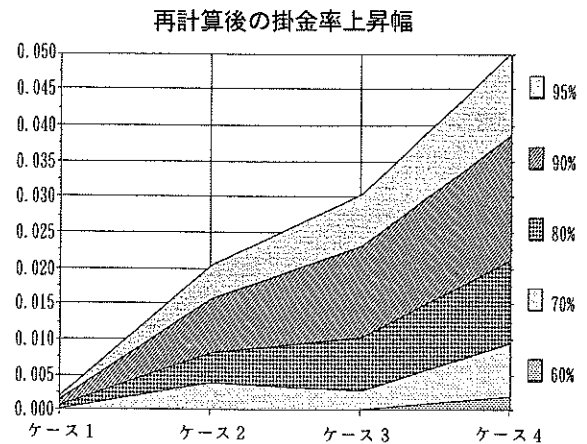


図-43 加算型の場合
(退職金の移行率 40% の場合)



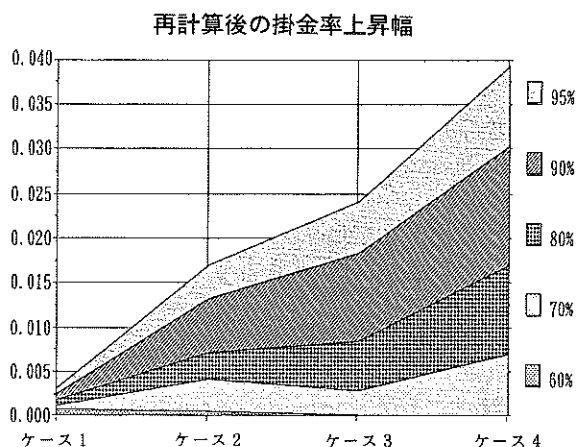
そこで、これらの影響を見るために、代行型と加算型で加算部分が退職金の20%移行、40%移行の3つの場合を比較してみることにした。

この結果、代行型が最もリスクが低く、加算の厚みが増すにつれリスクが高くなることが判明した。

(2) ベアはね率の比較

加算部分の年金給付の算定基礎となる、給与の性格によってもリスクの差が生じる可能性がある。そこで標準ケース（70%のベアはね率）と、これを100%に変更したケースとを比較してみた。

図-44 インフレ反映率100%の場合



結果は、ベアはね率による掛金率変動で見たリスクの差異は殆ど見られない。しかし当然ながら、掛金の金額ベースで見ると、後者の方がコスト高になっていることには、注意を要する。

(4) 投資モデルのパラメーターによる相違

前述の投資モデルを特徴づけるパラメーターは、わが国の資本市場の過去の経験値から推計されたものであるが、これらは、あくまでも推計値であるため、将来のリスク・プレミアム等について、より楽観的/悲観的な見通しを採った場合の感度分析も重要である。ここでは、仮に株式のリスク・

プレミアムを上下1%、債券のリスク・プレミアムを上下0.5%動かした場合のシミュレーションを試みた。

図-45 楽観的シナリオ（株式・債券リスクプレミアムを上げる）の場合

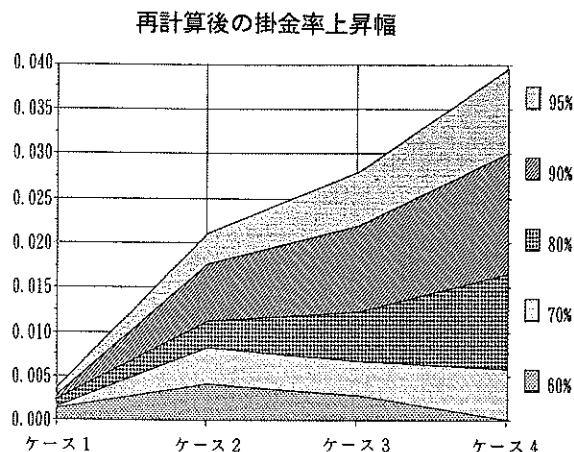
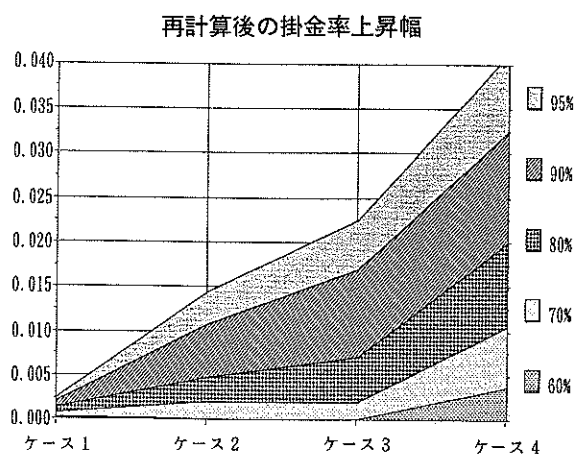


図-46 悲観的シナリオ（株式・債券リスクプレミアムを下げる）の場合



結果は、悲観的シナリオは楽観的シナリオに比べ、リスクが高くなる傾向が認められるものの、むしろパラメーター変化に対する感度があまり大きくないことに注目すべきかもしれない。いずれにしても、パラメーターの見方についても、単に過去の実績だけでなく、最終的には長期の経済見通しに基づく主観的な判断が求められるのである。

5. わが国における年金 ALM を巡る課題

5-1. 運用規制やその他の問題についての示唆

これまでの一連の分析から、運用比率規制(5.3.3.2ルール)や年金資産評価等の問題についても、幾つかの示唆が得られる。以下、これらを述べることにしたい。

まず、運用規制の問題を取り上げる。現在の厚生年金基金では簿価主義による運用比率規制が行われている。これは、運用割合を規制することにより、年金基金全体のリスク分散を図ろうとするものである。その規制の是非については、最近様々な立場からの議論が行われているが、ALMの観点からもいくつかの示唆が得られる。第1に指摘される点は、それぞれの基金の特徴や置かれた状態により、リスク量や判定基準も大きく変化するという事実である。このことは、成熟度や給付形態等の外形的な区分により、一律的な判定基準を設定することの難しさを示している。第2は、仮にそのような基準の設定が可能であっても、リスクに対する見方は掛金拠出者である母体企業や従業員により区々であろう、ということである。端的な例を挙げれば、総合設立型のように多数の企業の合意の形成が必要な基金では、掛金の引上げリスクに対する許容度はそれほど高くないのが普通であり、それをどう考慮するのかということである。

従って、運用の規制緩和を行うのであれば、そのプロセスにおいて、ALM的な検討を十分に行い、不測の事態が生じても掛金負担に耐えられることを事前に検証する、といった方法で行うのが実際的かもしれない。

次に、年金資産の評価の問題を考えてみる。前の章のシミュレーション結果によれば、株式の組み入れ比率が高いケース(60%)では、時価主義を適用すると、5%の確率で不足金比率が50%以上にもなる場合があることを覚悟しなければな

らない。これが即座に掛金率に反映するとすれば、リスクをとり得る多くの基金までもが、株式組み入れ比率の引き上げに消極的になり、長期的なパフォーマンスの向上を阻害する恐れがある。この点から、時価主義を採用する場合でも、少なくとも掛金率算定基礎となる年金資産評価額は、時価そのものではなく何らかの平滑化した評価額が望ましいと考えられる。(ただし平滑化の程度は、時価評価の趣旨から言っても、時価に連動し乖離幅も一定限度内である必要がある。))

最後に、繰り上げ再計算の問題を考える。成熟度が低い基金では、不足金比率の水準が高くても掛金率の引上げ幅自体、比較的小さい場合が多いだろう。従って、不足金比率5%で繰り上げ再計算を行うとする基準よりも、むしろ不足金を掛金率に換算したベースの基準で考えた方が合理的かもしれない。この基準設定で重要なことは、次回の再計算時に掛金率の引上げ幅が過大にならないためには、どの段階で対応しておいた方がよいか、という視点であり、ここでもALM的な分析が役立つであろう。

5-2. 年金 ALM と整合的な年金数理

ここでは、一連の議論から得られた知見により年金数理の問題自体を考察したい。厚生年金基金の数理では、予定利率として5.5%という固定利率を適用してきた。また、昇給率については定昇のみ考慮し、賃金インフレ率は予測困難という理由で見込まない取り扱いとなっている。このことの実質的意味は、責任準備金の評価には将来の賃金インフレ率が含まれていないのに、それを5.5%で割引計算していることになり、加算部分に見られる最終給与比例の給付設計にあっては予定利率として実質金利(名目金利-インフレ率)を考えていることに等しい。(代行部分の給付設計であれば実質金利で考えても影響はモデレートである。)

そして、実質金利としては、5.5%の水準は高

すぎると言えよう。ちなみに、わが国の75～92年の実績値（前掲：表-2）では、

- 実質金利 2.6%
- インフレ率 3.5%
- 債券リスクプレミアム 2%
- 株式リスクプレミアム 4%

などとなっている。

責任準備金の評価に賃金インフレ率を見込むようにする代わりに、基金のポートフォリオ収益率（実質収益率+予想インフレ率）を予定利率として採用する等のアイデアによって、よりALMの枠組みに馴染む年金数理を確立していくことも課題の一つとして挙げられよう。

5-3. 年金ALMから見た金融証券市場

年金ALMを実現するために、わが国の金融証券市場の実態面でも不便な点がいくつかある。

第1に、バランス・シート型ALMを実施するには、デュレーションが十分長い、多種類の銘柄の債券が存在することが必要である。ところが、わが国では超長期の国債でも20年で、米国の財務省証券の30年債に比較すると短い。また理想を言えば、各年限のストリップ債（割引債）が流通市場に存在すると、さらにイミュナイゼーションが容易になる。

第2に、社債市場が未発達なため、比較的风险の小さいマッチングに適した、多様な高利回りの債券の供給も乏しいという問題も指摘される。

第3には、米国ではかなりのウェイトを占めるモーゲージや不動産担保証券市場が未発達な点である。これらの証券化商品は、リスク特性が株式や債券と異なるため、ポートフォリオのリスク・ポジションの改善に役立つ可能性も高い。

5-4. 年金ALM的発想の土壌整備

結論的に言えば、わが国の企業年金制度においても、年金ALMの考え方は有用であり、積極的に導入を図る時期に来ていると言えるであろう。

しかしながら、一連の議論からも分かるように、年金ALMは、誰がどういう目的で利用するのかという視点抜きには、その活用方法も明確にならない性格を持っている。企業年金の財政の健全性は、再計算という制度があるため、運用環境が悪化しても、必要な掛金の拠出さえ可能なら、問題は生じないかもしれない。しかしながら、現実には掛金の大幅な引き上げは容易ではなく、特に企業利益が十分確保できない不況期には、極めて大きな問題となる。また平常時においても、予算制度をとる大多数の企業にとって、掛金の大幅な変更は好ましいことではない。

「シミュレーション型」の年金ALMは、このような金利やインフレ率の様々な変動に連動して投資収益率が引き起こす将来の不確実な不足金や掛金負担増の姿を、天気予報の降水確率のような形で計数的に示し、意思決定の際に必要な判断材料として提供するものである。（このタイプの分析を「What-if分析」ということがある）降水確率が50%の時、傘を持って家を出るかどうかは結局、本人が決める問題である。従って、ALMを全ての問題を自動的に解決する「魔法の杖」のようなもの考えるのは幻想に過ぎない。

次に、もう一つの「バランス・シート型」の年金ALMの活用について考えたい。これは、例えば成熟度の高い厚生年金基金があり、その受給者群団部分に限りリスク管理を厳格に行う必要に迫られた時には、極めて有用な考え方となろう。受給者群団のみを別管理して、そこでは大きなリスクをとらないことを徹底すれば、受給権保全の目的はある程度達成できるからである。

年金ALMの最大の効用は、年金制度が内在的に有するリスクを計数化し、リスクに対する理解を深めるところにある。その利用者は、モデルの適用限界を認識した上で、リスク許容度についても自己認識を深める、といった複眼的な見方が求められることになる。

(補論)

「株式のマーケット・デュレーションについて」

(M.L.Leibowitz (1986) より引用)

株式のリターン (\tilde{R}_E) と債券のリターン (\tilde{R}_B) の関係を次のように表す。

$$\tilde{R}_E - R_F = A_1 + B(\tilde{R}_B - R_F) + \tilde{e}_1 \quad (1)$$

ここで、 R_F はリスクフリーレート、 \tilde{e}_1 は債券リターンで説明できない残差を表す。なお、 A_1 は定数項、残差 \tilde{e}_1 の期待値はゼロ、債券リターンとは独立とする。

このとき、株式と債券のリターンを回帰すると、回帰係数 B が次の通り定まる。

$$B = \left(\frac{\sigma_E}{\sigma_B}\right) \rho(E, B) \quad (2)$$

ここで、 σ_E 、 σ_B はそれぞれ株式、債券の標準偏差、 $\rho(E, B)$ は株式と債券の相関係数を表している。

次に、債券のリターンを金利リスク $\tilde{\delta}$ との関係で現すと次のようになる。

$$\tilde{R}_B - R_F = A_2 - D_B \tilde{\delta} + \tilde{e}_2 \quad (3)$$

ここで、 D_B は債券のデュレーションを、 \tilde{e}_2 は金利変動(金利の平行シフト)で説明できない残差部分を現す。 A_2 は定数項、残差 \tilde{e}_2 の期待値はゼロ、金利変動とは独立とする。

(3)式を(1)式に代入すると次のようになる。

$$\tilde{R}_E - R_F = A_3 - D_E \tilde{\delta} + \tilde{e}_3 \quad (4)$$

但し、

$$D_E = D_B B$$

$$\tilde{e}_3 = B \tilde{e}_2 + \tilde{e}_1$$

ここで、金利変動 $\tilde{\delta}$ と金利変動の残差 \tilde{e}_2 は(3)式の仮定より独立である。また、(1)式においては、金利変動 $\tilde{\delta}$ に関するリターンは、債券に全て含まれてしまうので、その残差 \tilde{e}_1 と金利変動 $\tilde{\delta}$ は独立になる。よって、 \tilde{e}_1 と \tilde{e}_2 の線形結合である \tilde{e}_3 は金利変動 $\tilde{\delta}$ と独立になる。

従って、株式のデュレーション D_E は次の通り定まる。

$$D_E = D_B \left(\frac{\sigma_E}{\sigma_B}\right) \rho(E, B) \quad (5)$$

株式、債券にそれぞれTOPIXと日興債券パフォーマンスインデックス(国債)の1980年1月から1993年9月までのデータを用いて、上式に従って求めた株式(TOPIX)のデュレーションは、3.96年であった。

次に、DDM(配当割引モデル)から株式デュレーションを導出してみる。

一般に、DDMに従うと、株価(P)は次の様になる。

$$P = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{D_0(1+g)^t}{(1+k)^t} \quad (6)$$

ここで、 D_0 は現在の配当、 g は企業の成長率、 k は市場金利を現す。

一般に、上式で表されるDDMの極限值を求めると次のようになる。

$$P = \frac{D_0(1+g)}{k-g} \quad (7)$$

ここで、デュレーションは、金利変化に対する価格変化率であることから、上式を金利(k)で微分すると、次のようにデュレーションが求まる。

$$D_{DDM} = -\frac{1}{P} \frac{\partial P}{\partial k} = \frac{1}{k-g} \quad (8)$$

上式によれば、企業の成長率が5%、市場金利が10%であるとき、デュレーションは20年ということになる。

しかし、一般的な議論として、市場金利(k)と企業成長率(g)の相関関係を考えるとすれば、DDMを金利で微分した結果は(8)式のように単純な形にはならないはずである。

本論においてはこうした分析を踏まえて、いわゆる「マーケット・デュレーション」をもって、株式のデュレーションとした。

(主要参考文献一覧)

邦文

1. キース・P・アムバクシア (1986)「年金 ALM と財務戦略」(第一生命訳)
2. フランク・J・ファボッツィ編 (1990)「年金運用のリスク管理」(榊原茂樹監訳、大和銀行訳)
3. 浅野幸弘 (1993)「年金債務と資産運用」(住友信託銀行投資調査部、Working Paper No.23)
4. 「米国における企業年金の新会計基準 (FAS87・88) について」(生命保険協会、S63.5)
5. フィッシャー・ブラック「年金資産の保全と運用方法」(厚生年金基金連合会、第14回年金財政講座資料、平成5年5月)
6. 清水 博 (1992)「資産運用モデルを用いたキャッシュフローテスト形式のソルベンシー診断」(保険学雑誌、第539号、平成4年12月)

英文

1. D. Don Ezra "Asset Allocation by Surplus Optimization" F.A.J.,Jan./Feb.1991
2. William F. Sharpe and Lawrence G. Tint "Liabilities - A new approach" Journal of Portfolio Management, Winter 1990
3. Roger G. Ibbotson and Rex A. Siquefield "Stocks, Bonds, Bills and Inflation: Simulations of the Future(1976-2000)" Journal of Business, Jul.1976
4. Yasusi Hamao "A Standard Data Base for the Analysis of Japanese Security Markets" Journal of Business, 1991, vol.64, no.1
5. Wilkie, A.D. (1986) "A Stochastic Investment Model for Actuarial Use" T.F.A.39
6. Martin L. Leibowitz "Total Portfolio Duration: A New Perspective on Asset Allocation" F.A.J., Sep./Oct.1987
7. Martin L. Leibowitz "Liability Returns: A New Perspective on Asset Allocation" Journal of Portfolio Management, Winter 1987
8. Martin L. Leibowitz "Pension Asset Allocation through Surplus Management" F.A.J., Mar./Apr.1987
9. Terence C. Langetieg, Lawrence N. Bader, Martin L. Leibowitz and Alfred Weinberger "Measuring the Effective Duration of Pension Liabilities" Salomon Brothers Inc, Nov.1986
10. Martin L. Leibowitz and Roy D. Henricksson "Portfolio Optimization within a Surplus Framework" F.A.J., Mar./Apr.1988
11. Martin L. Leibowitz and Stanley Kogelman "Asset Allocation Under Shortfall Constraints" Salomon Brothers Inc, Jun.1990
12. Martin L. Leibowitz, Stanley Kogelman, and Lawrence N. Bader "Asset Performance and Surplus Control: A Dual-Shortfall Approach" Salomon Brothers Inc, Jul.1991
13. Martin L. Leibowitz, Stanley Kogelman, and Lawrence N. Bader "Asset Allocation Under Liability Uncertainty" Salomon Brothers Inc, Mar.1992

訂正とお詫び

前月号（94年3月）の調査月報に下記の通り誤りがありましたので、お詫びとともに訂正させていただきます。

表紙 海外だより題名

誤：關於台湾的社會保險制店

正：關於台湾的社會保險制度

P.29 第1段 上から11行

誤： $\bullet \Delta P$ ：債券価格の変化

正： $\bullet \Delta P$ ：債券価格の変化率

P.48 第1段 上から25行

誤：「毎年の支払が発生より資産が減れば……」

正：「毎年の支払の発生より資産が減れば……」

P.53 第2段 上から11行から21行

誤：「最後に、繰り上げ再計算……ここでもALM的な分析が役立つであろう。」

正：削除