

# オプション価格理論を用いた年金 ALM モデルの情報システム化

大 塚 晴 之

## は じ め に

前号において、生保会社における年金 ALM の重要性及びその考え方を示した。本稿では、具体的に、

計画—実践—見直し

という ALM のプロセスを考慮して、年金 ALM モデルを具体的に構成することを試みたい。特に、近年注目されつつあるオプション理論を応用したシミュレーション型 ALM モデルを、特定の経済モデルと接合することにより、モデルを試作する。また、このようなモデルを作り上げた上で、実際の運用を考慮して ALM の診断システムを提案することにした。こうすることにより、ALM のプロセスを完全に記述することができるであろう。

## 謝 辞

本稿は、財生命保険文化センターによる「生命保険に関する学術進行助成事業」からの助成によって執筆が実現したものである。深く御礼申し上げたい。

\*年金 ALM の診断システム化については浜口幸広(明治学院大学)との共同研究の成果でもある。感謝申し上げたい。

## 第1章 オプション価格理論を用いた ALM モデルの構築

一般に、シュミレーション型 ALM モデルの構成要素は、金融市場モデル（資産収益率の推計）、負債モデル（キャッシュフローの計算）、資産モデル（資産価値を計算）、剰余金モデル（剰余金即ち資産－負債の集計）からなるとされる。ポイントは、これらから計算される、負債側のリスク許容度と資産側のリスクプレミアムが一致するか否かをモンテカルロ・シュミレーションを応用して計算することであるが、当然のことながら、基本となる金融モデルの説明能力によりシミュレーションの現実適合性が異なることになる。

資産リスクの計算については、Markowitz 型の平均・分散の2パラメーターモデルをはじめとして、多くのモデルのバリエーションが応用されているが、現在のところ満足のいくモデルが存在しないのが実状である。しかし、一方で、オプション価格理論の発展にみられるような、資産価格モデルの発展は著しく、具体的なモデル構成がなされる土壌は整いつつある。

以上のような状況に鑑み、情報システム化の基礎とすべきシミュレーション型 ALM モデルを構成する。

年金資産が健全に運用されるためには、責任準備金（年金負債）額で資産が売却できなくてはならない。別言すれば、年金資産の運用は、年金資産を原証券とし、負債額を行使価格とするプットオプションのプレミアムを管理することに他ならない。そこで、プットプレミアムの管理を基礎とする ALM モデルを構成しよう。

ここで想定する ALM の手順は以下のようなものである。

- ① 負債リスクの予測
- ② 資産運用リスクの予測－オプションプレミアムを計測
- ③ ①②のリスクが一致する、資産ポートフォリオを構成する。
- ④ 事後的にリスクのミスマッチが生じた場合、その原因の診断を行う。

- ⑤ ④において発見された要因を考慮して諸変数の予測値を修正した上で、リスク許容度とプットプレミアムが一致するように資産ポートフォリオを組み替える。

以上のうち①から③までは、シミュレーションモデルを用いて実行し、④は、後述の診断モデルを用いて実行する。これらの手順を経時的に繰り返すことにより、健全財務を確保しようというのが本モデルの考え方である。

## 第2章 負債リスク（リスク許容度）の推測

はじめに、負債リスクがどの程度許容されるかであるが、事後的な、掛け金総収入から給付額を差し引き、さらに剰余金を加えたものの現在価値を、財務的な許容リスクと考えることができよう。すなわち、 $H$ を $n$ 後（便宜的に $n$ を1期間とする）のリスク許容度、 $Q$ を剰余金額、 $B$ を年金の当該期間給付額、 $i$ をその間の年金負債の予定利率であるとすれば、

$$H = (F - B + Q) / (1 + i)$$

である。ここで、単純化のため、 $Q$ 、 $B$ が一定であるとして、変動要素を以下に定義しよう。

(予定利率)

既述のように、従来の厚生年金基金制度の下では5.5%の利率が適用されてきたが、この仮定をはずし、満期日までの短期金利の何らかの平均として金利の推定が行われるものとする。いま、 $\tau$ を満期までの期間、 $t$ を期、 $E()$ 、 $e$ を期待値を表現する記号とし、期待仮説を採用する。単純化のために単利を仮定すれば、

$$i = \{r_t + \Sigma E(r_{t+j})\} / \tau$$

ここで、各期の期待短期金利は、個別にインフレ期待を予想し、フィッシャー方程式を応用して推定するものとする。 $\rho$ を実物的条件で与えられる実質

オプション価格理論を用いた年金 ALM モデルの情報システム化（大塚晴之）

金利， $\pi^e$  を期待インフレ率， $g^e$  を各期の期待生産性成長率とすれば，

$$E(r_{t+1}) = \rho_t (1 + g_t^e) + E_t(\pi_{t+1}^e)$$

ただし， $P^e$  を価格期待として，

$$\pi_t^e = (P_{t+1}^e - P_t) / P_t$$

$$E(\pi_t^e) = (P_{t+2}^e - P_{t+1}^e) / P_{t+1}^e$$

とする。さらに，価格の予想に関しては，適応的期待モデルを用いて，

$$P_{t+1}^e = \omega \Sigma (1 - \omega)^{k-1} P_{t-k}$$

とする。したがって，

$$\pi_t^e = (\omega \Sigma (1 - \omega)^{k-1} P_{t-k} - P_t) / P_t$$

ただし， $t+2$  以降の価格予想は，過去の実現値の他に過去の実現値を用いて導いた期待値をも考慮して予測されるものとする。

一方，生産性成長率は，生産関数シフトによって決定されると考える。 $\alpha^e$  を生産性ショックの期待， $K$  を資本ストック， $L$  を労働量とすれば，

$$g_t^e = \alpha^e f(k_t, L_t)$$

$$\partial g_t^e / \partial \alpha^e > 0$$

以上より，

$$\partial H / \partial i \cdot \partial i / \partial \alpha^e < 0$$

すなわち，生産性ショックの期待値が大きいつき，利子率の上昇を通じて負債のリスク許容度は小さくなる。

（掛け金収入）

簡単化のため，昇給率  $\delta$  のみを変数とし，脱退率，死亡確率等年金負債額に関係する諸変数はすべて定数として知られているものとする。このとき，

$$F_t = F_t(\delta_t)$$

$$\partial F_t / \partial \delta_t > 0$$

昇給率は，期待インフレ率と生産性成長率の増加関数と考えられるので，

$$\delta = \delta(\pi_i^e, g_i^e)$$

$$\partial\delta / \partial\pi_i^e > 0$$

$$\partial\delta / \partial g_i^e > 0$$

である。よって、

$$\partial H / \partial\delta \cdot \partial\delta / \partial\alpha^e > 0$$

$$\partial H / \delta \cdot \partial\delta / \partial\pi_i^e > 0$$

ただし、 $\delta$ の関数形は事後的にしか知り得ないものとする。

### 第3章 オプション理論によるプットプレミアム

はじめに、オプション理論を概括した上で、オプション価格理論を用いてプットプレミアムの考え方をまとめておこう。

オプション理論とは、条件付請求権分析の一つであり、不確実性下において、実現する事象に依存して、支払額や受取額が決まる状況における、典型的な価格理論の一つである。オプションとは、契約期日あるいは期間内に、契約価格で商品や有価証券を購入あるいは売却する選択権のことであり、オプション理論はこの選択権の価格付けに関する理論であるといつて良い。したがって、不確実性下の取引に関する一般理論的性格を持つものである。

#### 3-1 オプション取引の性質

オプションとは、買う権利、あるいは売る権利を指す。したがって、先物契約のような義務を伴う取引とは異なる性格を持つ。オプションの例としては、株式オプション、株価指数オプション、金利オプション、通貨オプション等をあげることができるが、これらは、いずれも売買の権利に関する契約である。

オプションには、大きくいって、コールオプションとプットオプションが存在する。コールとは、指定された満期日、あるいは満期日までの期間内に、

オプション価格理論を用いた年金 ALM モデルの情報システム化（大塚晴之）

所定の権利行使価格で原資産を購入する権利をいう。コールオプションの保有者が合理的であれば、原資産の価格が行使価格を上回るときにのみ権利行使し、下回るときには権利行使をしないであろう。この結果、権利行使をするときには利益が得られることになる。一方、プットとは、コールと対照的に原資産を売る権利をいい、行使価格が原資産の価格を上回るときに権利が行使される。

また、オプションは、通常アメリカ型とヨーロッパ型に分けられ、前者の権利行使が、満期日前のいつでも可能であるのに対し、後者の権利行使は満期日にしかできないものとされる。

さて、このようなオプションの性質から、合理的投資家を前提とするときのオプションプレミアム（オプション価格）について次のような関係が存在することになる。

ここで、 $T$ を満期日、 $t$ を権利行使の日付、 $S$ を原資産価格、 $X$ をは権利行使価格、 $t$ 時点のオプション価格を  $W_t$  とすれば、

- ・アメリカ型コールオプションの価値

$$C_t = \text{Max}[0, S_t - X] \quad t = T$$

$$C_t = \text{Max}[W_t, S_t - X] \quad t < T$$

- ・アメリカ型プットオプションの価値

$$C_t = \text{Max}[0, S_t - X] \quad t = T$$

$$C_t = \text{Max}[W_t, S_t - X] \quad t < T$$

- ・ヨーロッパ型コールオプションの価値

$$C_t = \text{Max}[0, S_t - X] \quad t = T$$

$$C_t = W_t \quad t < T$$

- ・ヨーロッパ型プットオプションの価値

$$C_t = \text{Max}[0, S_t - X] \quad t = T$$

$$C_t = W_t \quad t < T$$

### 3-2 オプションプレミアムの決定

次に、特に、ヨーロッパ型の株式オプションのプレミアム導出モデルとして、ブラック＝ショールズ式<sup>(1)</sup>をみよう。

はじめに次の仮定をおく。

- ① 安全利子率  $r$  は一定で、既知である。
- ② 安全利子率のもとで、借り入れ貸出を無制限に行える。  
すなわち、ポートフォリオの複製は自由に行えることになる。
- ③ 取引費用、税金は存在しない。
- ④ オプションの証拠金は不要である。
- ⑤ 株価  $S$  は時間  $t$  の関数で、次の確率過程に従う確率微分方程式によって表現される。

$$dS/S = fdt + v dW \quad (1)$$

ここで、 $W$  はウィナー過程であり、 $v$  はボラティリティである。

- ⑥ 権利消滅時点まで、配当はない。

このとき、ヨーロッパ型コールオプションのプレミアムは、

$$c = c(S, t) \quad (2)$$

と表現される。伊藤のレンマを利用することにより、単位時間あたりのプレミアムの変動は、

$$dc = c' dS + 1/2 c'' v^2 S^2 dt + c' dt \quad (3)$$

と表現される。ただし、ダッシュはそれぞれ偏微係数であることを示す。原株の売り持ちをすることによって、安全ポートフォリオを作成することができる。

これによって、 $c'$  ( $= dc/dS$ ) は消えてしまうことになる。よって、このポートフォリオの微小時間機関における確定収益は、

---

(1) Black = Scholes (1973) が原型。ここでの要約は、岩田 (1989) 等参照。

オプション価格理論を用いた年金 ALM モデルの情報システム化（大塚晴之）

$$1/2c''v^2S^2dt+c'dt \quad (4)$$

となる。いっぽう、このポートフォリオの市場価値は、

$$c-c'S \quad (5)$$

であるから、確定収益と安全資産収益は同一であるはずであるから、

$$1/2c''v^2S^2dt+c'dt=r(c-c'S)dt \quad (6)$$

よって、

$$dc/dt(=c')=rc-rc'S-1/2c''v^2S^2dt \quad (7)$$

コールオプションの性質から、行使価格を  $K$  とすると、境界条件は、

$$c=S-K \quad S>K \quad (8)$$

$$c=0 \quad S\leq K \quad (9)$$

である。 $\phi$  を標準正規分布の累積分布関数とすることにより、(7)(8)(9)式から、次式が得られる。

$$c(S, t)=S\phi(d_1)-e^{-r(T-t)}K\phi(d_2) \quad (10)$$

ただし、

$$d_1=\{\ln(S/K)+r(T-t)\}/v(T-t)^{1/2}+v(T-t)^{1/2}/2 \quad (11)$$

$$d_2=\{\ln(S/K)+r(T-t)\}/v(T-t)^{1/2}-v(T-t)^{1/2}/2 \quad (12)$$

これが、ヨーロッパタイプの株式オプションにおける、コールプレミアム  
の算出式である。ただし、ここでは原株の価格変動が満期まで連続して起こ  
る状況が想定された。

さて、企業年金にあつては、年金負債額（責任準備金額）がプットオプションの行使価格と考えられるが、これを前にならつて  $K$  とおく。前記同様、 $P$  を現在のプットプレミアム、 $S$  を現時点における原証券の価格、 $r$  を安全資産の短期利子率、 $\phi(d)$  を値が  $d$  の標準正規確率累積密度、 $v$  を原証券の価格のボラティリティ、 $\tau$  を満期までの期間とする。プットオプションは、その買いが、コールオプションの買い、行使価格の現在価値の貸付、原資産の空売りで複製できる。したがって、プットプレミアムは、



$$P = c + e^{-r(T-t)}K - S \quad (13)$$

で与えられる。これにコールプレミアムの式を代入すれば、

$$P = K\phi(d_1)e^{-r(T-t)} - S\phi(d_2) \quad (14)$$

が得られる。これがプットプレミアムの導出式である。

ここで、 $v$  を直近  $x$  カ月の TOPIX データの分散から得られるものとする。また、 $S$ ,  $r$ ,  $t$  は観察可能な変数であり、これらを所与のものとするれば、プットプレミアムの推測において必要な情報変数は、 $K$ ,  $v$  のみである。

#### 第4章 資産運用リスク（オプションプレミアム）の推測

企業の年金資産運用のリスクを知るために、オプションプレミアム式を用いてプットプレミアムを推測する。

(年金負債額)

年金負債額は、掛け金収入から給付支払額を控除したものであり次のように定義する。

$$K = F - B$$

前述のように、

$$\partial v / \partial \alpha^e > 0$$

$$\partial F / \partial v \cdot \partial v / \partial \pi_t^e > 0$$

であるから、

$$\partial P / \partial \delta \cdot \partial v / \partial \alpha^e > 0$$

$$\partial P / \partial \pi_t^e > 0$$

すなわち、生産性の上昇が期待されるか期待インフレ率が大きいときにはプットプレミアムは大きくなる。

(分散)

オプション価格理論を用いた年金 ALM モデルの情報システム化（大塚晴之）

プットプレミアム式より、

$$\partial P / \partial v > 0$$

## 第 5 章 資産運用ポートフォリオの決定と見直し

上の手順で、負債リスク許容度と資産運用リスクが算出できたら、 $H=P$ となる資産ポートフォリオを構成する。便宜的に、この決定は1期間ごとに行われ、事後的にリスクがマッチしないことが発覚した場合には、その原因が診断され、リスクが再計算されて、ポートフォリオが再構成される。

事後的に、リスクのマッチングをはかるために、新たなポートフォリオへの組み替えを行うためには、エクスペクテーションエラーの原因を特定化する作業、さらに、特定化された原因について期待修正を行うことが必要になる。前記のモデルに即して、これを要約しておこう。

事後的に、財務の不健全性が生じたとき、 $H < P$ が推測されるが、この原因として以下のことが考えられる。

(原因 1)

予定利率を過小評価した可能性がある。すなわち、原因として期待インフレの過小評価が存在した可能性がある。しかし、 $\partial \pi / \partial \omega$ の符号は、過去の各期の価格の実現値如何によって異なる。

(原因 2)

$$(|\partial H / \partial i \cdot \partial i / \partial \alpha^e| - |\partial H / \partial v \cdot \partial \delta / \partial \alpha^e| + |\partial P / \partial \alpha^e| > 0)$$

(条件式 1) が成立、即ち生産性変化の効果が予定利率の変化を通じた負債リスクに及ぼす影響がきわめて大きいとき、生産性の成長率を過小評価した可能性がある。(逆は逆)

(原因 3)

$\partial P / \partial v > 0$  であるから、原因として分散を過小評価した可能性がある。したがって、(分散は、TOPIX データ直近  $x$  カ月の分散ではかっているの) 期

間  $x$  の選定に誤りがあった可能性がある。しかし、 $\partial\sigma/\partial x$  の符号は、過去における  $v$  の実現値如何により異なる。

(原因 4)

$$(|\partial H/\partial F \cdot \partial F/\partial \pi^e| - |\partial H/\partial i \cdot \partial i/\partial \pi^e| - |\partial P/\partial K \cdot \partial K/\partial \pi^e| > 0)$$

(条件式 2) が成立、即ち期待インフレ率の変化が負債側により大きく働くとき、期待インフレの過大評価が存在し、予想昇給率が過大評価された可能性がある。 $\partial F/\partial \omega$  の符号は過去の実現値如何により異なる。

以上の原因に対応して、以下のような対応が必要となる。

(原因 1 への対応)

直近の価格 > 直近より前の価格の平均値、であれば、 $\omega$  を上昇させることにより期待インフレの予想値を上方修正する。(逆の場合は逆)

(原因 4 への対応)

直近の価格 > 直近より前の価格の平均値、であれば、 $\omega$  を低下させることにより期待インフレの予想値を下方修正する。(逆の場合は逆)

(原因 2 への対応)

生産性上昇期待を下方修正する。

(原因 3 への対応)

$x$  の分散 >  $2x$  の分散、であれば、選定期間を縮小することにより調整する。

(逆は逆)

これらのルールは、より安全なアセットミックスへの変更を要求する。一方、 $H > P$  の場合についても同様のロジックによりルールが設定され、よりハイリターン (ハイリスク) のポートフォリオへの組み替えが要求されることになる。

## 第 6 章 シミュレーション型 ALM への DCN の適用

前述のようにシミュレーション型 ALM モデルにおいては、観察される事実と予測される事実間の差異に対する合理的説明を与える手続き（診断：diagnosis）が重要になってくる。しかもこの診断プロセスは、熟達した専門家が行う場合でも、かなりやっかいな分析作業となっている。したがって、専門家がより正確な診断を行えるようにするためにも、必要な情報をデータベース化し、データベースシステムに推論機能を持たせた。専門家の判断を支援するシステムの開発が有効な方法として考えられる。特に因果関係が複雑に絡み合っただけで人間の診断が誤りやすい場合などは、コンピュータシステム化の威力が一層明らかになろう。そこで本章では、Konolige (1992) の診断理論 DCN に基づくシミュレーション型 ALM モデルのための診断システムを提案する。Konolige の理論は Reiter (1987) のモデルに基づく診断理論 (model-based theory of diagnosis) を発展させた。因果推論とデフォルト推論を統合した理論である。

### 6.1 DCN について

Konolige の提案した DCN (Default Causal Net) とは因果関係、相互関係及びデフォルトの概念を論理式でコード化した形式的な構造である。DCN は、因果的理論  $R$  (causal theory)、定義的理論  $D$  (definitional theory)、および相互関係理論  $I$  (correlation theory) から構成され、命題集合として、根源的原因  $C$  (primitive causes) と通常条件  $N$  (normal conditions) を含んでいる。そこでこれらの概念を使い、DCN を定義すると以下のようになる。

[定義 1]

DCN はタプル  $\langle R, D, I, C, N \rangle$  からなり、 $R$  はホーン節からなる理論、

$D$ と $I$ は一階述語理論,  $C$ と $N$ は共通要素を持たないアトム集合である。

さて以下では, DCN を理解するうえで重要な因果関係, 定義, 相互関係および通常条件の概念を説明する。なお各概念の詳細な説明については, 電球の点灯とスイッチの開閉を例にしたものが Konolige (1992) に記されているので, これを参照されたい。

・因果関係

ここでは因果関係を命題間の根源的關係と考える。「根源的」とは, 因果関係が他の概念からは導かれないことを意味する。すなわち根源的原因  $C$  は他の概念から論理的に導かれることはない。

また因果関係を表す理論  $R$  は, 含意 (ホーン節) の集合

$$a_1 \wedge \cdots \wedge a_n \supset b$$

から構成される。ここで  $a_i$  と  $b$  は一階述語  $L$  の基礎項 (ground atom) とする。 $A$  が命題集合であり,  $R$  において  $A$  から  $b$  の証明が存在するとき,  $b$  は  $A$  によって引き起こされるという。すなわち,  $A \vdash_R b$  と記す ( $A$  は極小集合)。因果関係の重要な性質は, それがドメイン変数間の原因と結果という機能的依存性を示すということである。

・定義

定義的情報は, 因果関係などの関係を明示した命題群をあるドメイン内で関係づける。例えば, 「従業員 1 万人の会社は会社の一種である (従業員 1 万人の会社は, 会社という概念から定義される)」や「異常は正常の反対である (異常は正常という概念から定義される)」などがこれに相当する。定義的關係は一階述語理論  $D$  で表される。さらに本稿では Konolige に従って, 定義を相補的命題に関する情報に特定する。そこで命題  $p$  と  $q$  に対して,  $p \vdash_D \neg q$  ( $\neg$  は否定を表す) が成り立つならば,  $q$  は  $p$  の相補であり,  $p^c$  と記すことにする。

・相互関係

オプション価格理論を用いた年金 ALM モデルの情報システム化（大塚晴之）

相互関係は命題間の推論関係を表す一階述語理論  $I$  で表される。例えば、「従業員 5 千人以上の会社ならば、大企業である」などである。相互関係は前述因果関係とは別に扱うものとする。命題  $q$  が理論  $I$  と命題集合  $A$  から論理的に導かれるとき、 $q$  は  $A$  から相互関係的に推論されるという。すなわち、 $A \vdash q$  と記す ( $A$  は極小集合)。このとき  $q$  は  $A$  を原因として引き起こされるわけではない。

#### ・ 通常条件

通常条件は、通常成り立つと仮定される命題であり、ある要素、あるいは複雑な条件集合の通常的な機能遂行を表している。例えば、「キーを回して、車が良好だという通常条件が成り立つならば、車はスタートする」などがこれに相当する。通常条件は、根源的原因とは別の基礎項の集合  $N$  であり、デフォルトとして成り立つことが仮定される。例えば、根源的原因を  $a \in C$ 、通常条件を  $u \in N$ 、結果を  $b$  としたときの、因果関係は  $a \wedge u \supset b$  と書ける。

どのような条件が通常的であるかの選択は、理論の開発者によって提供される重要な情報の一部である。先の例について言えば、これは一般的な運転者が持つ因果的見方であろう。しかし、車の修理工は「キーを回して、バッテリーの充電が十分で、スタータモーターが良好ならば、車はスタートする」というより詳細な見方を持っているかもしれない。したがって通常条件を明示することは、因果理論におけるデフォルト推論にとって重要な鍵となる。こうした通常条件を考慮したデフォルト推論については、Reiter (1980) が最初に提案しており、以降いくつかの改善された理論 (Etherington (1987), 浜口 (1992) など) が開発されている。詳細はこれらの文献に譲ることにし、本稿ではデフォルト推論については言及しないものとする。

## 6.2 説明

以上の定義に基づいて、診断理論の根幹となるべき観察される事実に対す

る「説明 (explanation)」の概念を定義する。

[定義2]

観察集合  $O$  に対する説明とは、 $A \vdash_R O$  かつ  $A \cup O$  が理論  $I$  に関して無矛盾となるような、集合  $A \subseteq CUN$  である。

一般に説明は、観察集合  $O$  に対して複数存在するので、合理的により好ましい説明を見いだす必要がある。このために、以下の2段階プロセスを通じてすべての説明を濾過し、より適切なものを選び出す。

(プロセス1) 通常説明：極大の通常条件の集合を充足する説明である。

(プロセス2) 理想説明：最小数の根源的原因を持つ通常説明である。

プロセス1は、通常成り立つ条件をできる限り多く、満足しなければならないという設定で、理にかなったものである。プロセス2は、根源的原因は同時に最小数しか起こらないという設定であり、すべての根源的原因が同時に起こる可能性がより大きくなるという点で、自然なものであろう。ただし、通常条件や根源的原因が生じる確率を与えていないので、各プロセスは確率論の立場から見れば、厳密性に欠ける。確率論の導入に関しては、今後の検討事項とする。

こうした手続きを施すことにより、観察される事実に対する合理的な説明を与えることができる。なおコンピュータによる具体的な計算方法については、Konolige (1992) を参照されたい。

### 6.3 DCN のシミュレーション型 ALM モデルへの適用

ここでは前の章で構成したシミュレーション型 ALM モデルへ、DCN を適用することを考える。本稿で提案するシミュレーション型 ALM モデルのための診断システムは、図1に示すようなフィードバック・システムである。

そこで上記の診断システムを用いた、年金 ALM に関する最も簡単な例について考えてみよう。なおここで使用する記号は、前章に準ずるものとする。

オプション価格理論を用いた年金 ALM モデルの情報システム化 (大塚晴之)

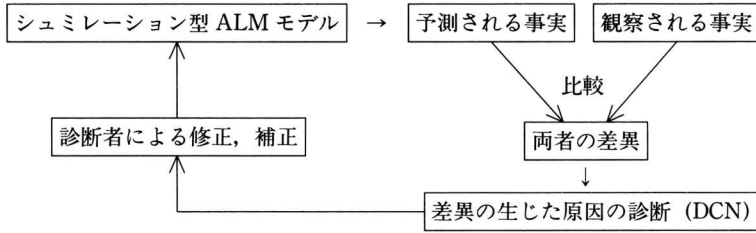


図1 シミュレーション型 ALM モデルのための診断システム

[状況設定]

$n$  期間後に、予測事実  $(\omega, a_e, \sigma)$  と観察事実の差異によって財務の不健全性  $H < P$  が生じた。

[命題変数の定義]

- $a_1$  :  $i$  を過小評価
- $a_2$  :  $a^e$  を過小評価
- $a_3$  :  $a_e$  を過大評価
- $a_4$  : 分散を過小評価
- $a_5$  :  $\pi_t^e$  を過大評価
- $b$  :  $H < P$  が成り立つ
- $u_1$  : (条件式 1) が成り立つ
- $u'_1$  : (条件式 1) の不等号の逆が成り立つ
- $u_2$  : (条件式 2) が成り立つ

[DCN]

- 根源的原因  $C = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, u_1, u'_1, u_2\}$
- 通常条件  $N = \phi$
- 因果関係  $R = \{a_1 \supset b, a_2 \wedge u_1 \supset b, a_3 \wedge u'_1 \supset b, a_4 \supset b, a_5 \wedge u_2 \supset b\}$
- 相互関係  $I = \{a_1 \supset \neg a_4, u_1 \supset \neg u'_1\}$

[説明とその濾過]

$A \vdash_{Rb}$  かつ  $A \cup \{b\}$  が理論  $I$  に関して無矛盾となるような、集合  $A \subseteq C \cup N$  を見いだすと、



$$A = \{a_1\}, \{a_2, u_1\}, \{a_3, u_1'\}, \{a_4\}, \{a_5, u_2\}$$

となる。さらに  $n$  期間後には、 $u_1, u_1'$  および  $u_2$  の真偽が明らかになるので、 $u_1$  が真、 $u_2$  が真の場合、

$$A = \{a_1\}, \{a_2, u_1\}, \{a_4\}, \{a_5, u_2\}$$

$u_1$  が真、 $u_2$  が偽の場合、

$$A = \{a_1\}, \{a_2, u_1\}, \{a_4\}$$

$u_1'$  が真、 $u_2$  が真の場合、

$$A = \{a_1\}, \{a_3, u_1'\}, \{a_4\}, \{a_5, u_2\}$$

$u_1'$  が真、 $u_2$  偽の場合、

$$A = \{a_1\}, \{a_3, u_1'\}, \{a_4\}$$

診断者は、上記各場合における候補の中から適切な  $A$  を選定する（これ以上の候補の絞り込みについては、さらなる情報の追加が要求される）。

[修正]

前章で述べた、各原因別の対応をとる。

上述の「説明とその濾過」を見ると、説明は極小集合で表されるが、極小でない場合、例えば  $A = \{a_1, a_2, u_1\}$  の場合も考えられる。したがってこうした場合も考慮できるように、Konolige の説明濾過プロセスを改良する必要がある。これについては、今後の課題とする。

## 第7章 ま と め

本稿では、最初に年金 ALM の重要性について説明し、続いてオプション価格理論を応用したシミュレーション型 ALM モデルを構成して、その診断システムを提案した。本稿で構成したシミュレーション型 ALM モデルは、かなり単純化したものなので、今後、さらに複雑化したモデルを構成し、その診断システムを提案する予定である。その際、上述のような説明濾過プロセスの改良、及び通常条件や根源的原因の起こる確率を加味できるような説明プ

オプション価格理論を用いた年金 ALM モデルの情報システム化 (大塚晴之)  
ロセスの構成を試みたい。またコンピュータシステムとしてさらに高度な推論を実行し得るために、デフォルト推論の組み込みが必要とされよう。これも併せて考察する予定である。

#### 参 考 文 献

- Konolige, K., "Using Default and Causal Reasoning in Diagnosis," *Principles of Knowledge Representation and Reasoning*, pp.509-520, 1992.
- Reiter, R., "A Logic for Default Reasoning," *Artificial Intelligence* 13, 1/2, pp. 81-132, 1980.
- Reiter, R., "A Theory of Diagnosis from First Principles," *Artificial Intelligence* 32 : pp. 57-95, 1987.
- Etherington, D. W., "Formalizing Nonmonotonic Reasoning Systems," *Artificial Intelligence* 31, pp. 41-85, 1987.
- Martin L. Leibowitz, "Total Portofolio Duration: A New Perspective on Asset Allocation," *F. A. J.* Sept. Oct., 1987.
- Martin L. Leibowitz and Stanley Kogelman, "Asset Allocation Under Liability Uncertainty," *Salomon Brothers Inc.*, Mar., 1992.
- 浜口幸弘, 「デフォルト理論の問題点とその考察」, 1992年度人工知能学会全国大会論文集 [I], 1992.
- フランク・J・ファホッツィ編 (1990), 「年金運用のリスク管理」(榊原茂樹監訳) 金融財政事情研究会。
- 野村総合研究所編 (1992), 「新債券運用と投資戦略」, 金融財政事情研究会。
- 田中周二, 乾孝治, 「年金 ALM の展望」, ニッセイ基礎研究所調査月報, 1994.3.
- 浅野幸弘, 「年金債務の特質とその把握」, 証券アナリストジャーナル, 1994.3.