

年金破綻をどう説明するのか —OR と応用ファイナンス理論から見て—

森平 爽一郎

年金の目的は長期にわたる年金保険料の支払いに対し、退職後の長期の年金受給が確保されるかどうかである。年金が長期かつ不確実な予測に依存し、システムが複雑であることが、問題を複雑にしてきた。事実、これまで年金の歴史は破綻の歴史であった。年金のリスク、つまりその破綻に関して、ポートフォリオとデリバティブズ理論に代表されるファイナンス理論と最適化やシミュレーション手法に代表されるオペレーションズ・リサーチのさまざまな考え方、理論と手法が如何に貢献しうるか概観することにする。

キーワード：年金資産、年金債務、サープラス、ポートフォリオ理論、ファイナンス理論、オプション、線形計画法、デューレーション、行動ファイナンス

1. はじめに

右谷[1993]がみじくも述べているように年金の歴史は破綻の歴史である。年金は、受給者が拠出する年金保険料を長年にわたり投資をし、その成果を将来長期にわたる年金給付とする。したがって、失敗は、実際の年金の支払い額以下の投資成果を生まなかったからである。言い換えるならば、将来長期にわたる年金支払い債務の見積もりが過少であったのか、投資成果が思わしくなかったのか、あるいはその両方である。つまり、問題は、年金の支払いとそのための資産の運用が長期であり不確実性と複雑性が大きいからである。

図1は将来 $t=T$ 時点の年金の貸借対照表(BS: バランスシート)を表している。もし、将来の年金支払債務 L_T が年金資産 A_T よりも小さければ、その差は余剰(S: サープラス)として計上される。つまり、次の式が成り立つ

$$\tilde{A}_T = \tilde{L}_T - \tilde{S}_T \quad (1)$$

公的年金であれば、サープラスは年金受給者のものであるし、確定企業年金であればそれは企業の持ち主である株主の自己資本に帰属する。他方、もし、図2のように年金資産よりも年金負債価値のほうがおおくなる、つまり年金破綻の状態が生じる場合もある。まさにこれは、現在の国民あるいは共済年金などの公的年金、あるいは多くの企業年金で危惧されて状態を示

年金資産価値: \tilde{A}_T	年金債務価値: \tilde{L}_T
	年金剰余価値: \tilde{S}_T

図1 将来時点時($t=T$)の年金資産と年金債務、その差としての年金剰余が存在する場合

年金資産価値: \tilde{A}_T	年金債務価値: \tilde{L}_T

図2 年金破綻: 将来時点時($t=T$)の年金資産より年金債務のほうが多い状態

している。公的年金であれば、年金支払い額の切り下げや支給年齢の切り上げなどによる年金債務の縮小、あるいは税金の投入などによる年金資産価値を補填するしかない。確定企業年金であれば、この債務超過部分は株主が負担をするのであるから、企業価値の減少、したがって株価の下落をまねく。その意味で、企業の年金破綻の可能性は企業財務論における一つの研究課題となる。

2. 年金剰余管理 (サープラス・マネージメント)

上に述べたように、年金のリスク管理は、年金資産

もりだいら そういちろう
慶應義塾大学 総合政策学部
〒252-0816 藤沢市遠藤 5322

と負債のバランスをどう保つか、言い換えれば、年金資産負債管理 (ALM: Asset Liability Management) の問題である。1930年代以来、この年金ALMに対する解決策として、さまざまな立場からファイナンス理論やオペレーションズ・リサーチ手法が貢献してきた。そのいくつかについて考察することにしよう。

2.1 ポートフォリオ・アプローチ: Sharpe and Tint[1990]

年金資産負債管理 (ALM) の目的としては、サープラス \tilde{S}_T になるべく大きく、かつその変動が小さいことが望ましい。サープラスは式(1)から、 $\tilde{S}_T = \tilde{A}_T - \alpha \tilde{L}_T$ と表される。ここで、定数 α は資産と負債のどちらを重視するかを示すパラメータである。 α がゼロであれば負債を考えない伝統的な証券投資論の分野の問題である。 α が1になれば資産に対し負債を同等に考えるということである。この式の左辺のサープラスは右辺の資産と負債からなるポートフォリオであることが分かる。ポートフォリオ理論では通常金額よりも投資収益率でリスクとリターンを考えることから、両辺を現在の資産価値 A_0 で割って整理すると、

$$\begin{aligned} \left(\frac{\tilde{S}_T}{A_0}\right) &= \left(\frac{\tilde{A}_T}{A_0}\right) - \alpha \left(\frac{\tilde{L}_T}{A_0}\right) \\ &= (1 + \tilde{R}_{A,T}) - \alpha \left(\frac{L_0}{A_0}\right) (1 + \tilde{R}_{L,T}) \\ &= \left[1 + \alpha \left(\frac{L_0}{A_0}\right)\right] + \left[\tilde{R}_{A,T} - \alpha \left(\frac{L_0}{A_0}\right) \tilde{R}_{L,T}\right] \end{aligned} \quad (2)$$

が得られる。最後の式の右辺第1項は現時点で決まっていることであり、年金資産と負債の決定に影響を及ぼさない。右辺第2項を $\tilde{Z}_T \equiv \tilde{R}_{A,T} - \alpha(L_0/A_0)\tilde{R}_{L,T}$ とおき、 \tilde{Z}_T の期待値と分散で定義される目的あるいは効用関数

$$U = E[\tilde{Z}_T] - (1/\tau) \text{Var}(\tilde{Z}_T) \quad (3)$$

を最大にするような資産ポートフォリオを決定することが年金ALMの問題である。ここで、 τ はリスク許容度 (リスク回避度の逆数) を表す。 τ が大きくなるほど年金受給者がリスクに積極的であることを意味する。この式の右辺の期待値と分散の計算にあたり、負債の期待値と分散は資産ポートフォリオの決定とは無関係であるので、負債側の決定問題は所与とすると、最大化すべき目的関数は、

$$\begin{aligned} U &= \left\{ E[\tilde{R}_{A,T}] - \left(\frac{1}{\tau}\right) \text{Var}(\tilde{R}_{A,T}) \right\} \\ &\quad + 2\left(\frac{\alpha}{\tau}\right) \left(\frac{L_0}{A_0}\right) \text{Cov}(\tilde{R}_{A,T}, \tilde{R}_{L,T}) \end{aligned} \quad (4)$$

となる。右辺の第1項は伝統的な資産配分問題である。これに対し、右辺第2項は将来の年金債務が不確実であることから、年金資産と負債が互いに相関を持って変動をすることの影響を表している。注意すべきことは、相関 (共分散) がプラスであると効用が増加することである。通常のポートフォリオ運用では、互いに相関が低いものあるいはマイナスのものがリスク分散の役割を果たすが、年金資産運用では、異なる資産の間ではそのことは正しくとも、資産と負債との関係では、そうでない。相関がプラスで高いことは、負債の支払いが多い (少ない) ときに、資産投資からのキャッシュフローが多い (少ない) ことを意味する。つまり、年金債務と相関がプラスでかつ高い資産は、将来の年金支払いリスクをヘッジできる。したがって、年金資産運用は、1) 高い資産運用リターン、2) 低い資産運用リスク、さらに、3) 年金支払いリスクをヘッジするような資産選択が重要になる。

2.2 破綻確率最小化問題: 機会制約計画法の応用

年金財政が健全であると言うことは、年金資産が年金負債を、現在のみならず将来時点であっても、上回っている状態 (図1) を指す。言い換えれば、年金財政破綻の可能性は、将来時点 T の年金資産がそのときの年金負債を下回る確率で表現できる。数式で表せば、 $Pr(\tilde{A}_T < L_T)$ で表現できる。他方、現在あるいは将来の資産と負債に関しては色々な制約条件が課せられている。例えば、最低予定利回りやアクチュアリ (保険年金数理人) による給付債務制約条件推定値、年金資産ポートフォリオの構成を決めた運用規制などである。こうした制約条件の下で年金資産価値が負債価値を下回る確率を最少にする問題は、機会制約計画法 (Chance Constrained Programming) としてORではよく知られている手法によって解くことができる。

2.3 シミュレーション分析

伝統的な機会制約計画法を適用するためには、負債 (L_T) があたかも確定的であり、かつ資産の確率分布を、例えば正規分布するといったような仮定をおく必要がある。しかし、必ずしも資産ポートフォリオの構成に関する最適値を求める必要がなく、いくつかの前提条件に関する仮定やシナリオのもとで、どの位の年金財政破綻確率があるかを知るためには、将来の資産と負債の確率分布を知るだけでよい。

企業や個人年金、とりわけ公的年金の将来キャッシュフローを生成するファクタにはきわめて多くのものがあり、モデルは膨大かつ複雑になる。また、年金の性

格からして、長期にわたるダイナミックな分析が必要になる。さらにより問題なのは、それらのファクタが不確定であることに加え、ファクタ分布のパラメータそのものに推定誤差を考える必要がある。例えば、公的年金であれば、国による出生率や加入率の予測は常に外れていることを考えてみれば明らかである。

このような問題に対しては、シミュレーションあるいはモンテカルロシミュレーション分析が有効である。確定的なシミュレーション分析としては、例えば公的年金の分析に関する、八田・小口[1999]、不確実性を織り込んだシミュレーションとしては、Winklevoss[1982]、Kingsland[1982]などがあげられる。ただし、Sharpe[1982]が指摘するように、こうしたシミュレーションモデルは、複雑な年金システムをより精緻に表現しようとするあまり、きわめて複雑になり、ファイナンス理論とは整合性の取れないような結論を導く可能性があることも注意しなければならないであろう。

2.4 デュレーション分析とイミュニゼーション

年金が健全であるためには、資産や負債価値がいくら変動してもサープラスが一定のままか、増加するようであれば良い。このためには、資産価値と負債価値に影響を与える要因、例えば割引金利 r の資産と負債価値に与える影響度合いが等しいか、あるいは資産に対する影響度が負債価値に与える影響度より大きければよい。年金財政を表す貸借対照表を現在時点 ($t=0$) で考え、それをサープラスに関して解き、資産と負債に影響を与える要因、例えば金利水準 r を考えよう。サープラスの変動がゼロであることは、式(1)の両辺を金利 r で微分した結果がゼロであればよいこと意味する。

$$0 \equiv \frac{\Delta S_0}{\Delta r} = \frac{\Delta A_0}{\Delta r} - \frac{\Delta L_0}{\Delta r} \quad (5)$$

ここで、割引金利の年金資産に与える影響の度合いを、伸び率の比(弾力性)の形 $D_A \equiv -\left(\frac{\Delta A_0}{A_0}\right) / \left(\frac{\Delta r}{r}\right) \approx -\left(\frac{\Delta A_0}{\Delta r}\right) \left(\frac{1}{A_0}\right)$ で表現し、これを資産デュレーションと呼ぶ。年金負債についても同様に定義し、これらの結果を上式(5)に代入すると、 $0 = -D_A A_0 + D_L L_0$ という結果が得られる。資産や負債のデュレーション (D_A, D_L) はどのような金融資産に投資しているか、あるいは将来の年金支払い内容がどのようなものであるか分かれば容易に計算できる。 $0 = -D_A A_0 + D_L L_0$ を満たすように現在の資産ポートフォリオを決定すれば年金財

政は安定的であることになる。あるいは資産側だけの調整が無理であれば負債のリストラクチャリングを行う必要がある。

こうした考え方は、1930年代に英国のアクチュアリであるマコーレーやレミングトンによって明らかにされた後で、第二次大戦後、サムエルソン、ヒックスといったノーベル賞を得た著名な経済学者によって別途明らかにされてきた。年金運用では、常に資産と負債のデュレーションが計算されている。デュレーションの考えは、リスク要因を単一の金利であると考え、伝統的な考え方から、借入期間によって異なる金利の違いを反映した金利の期間構造曲線やその不確定、債券のデフォルト・リスクなどを考慮したさまざまなモデルなどが開発されている。

2.5 キャッシュマッチング

デュレーション分析では金利の不確定がもたらす年金サープラスの変化を分析する。しかし、将来の年金給付が確実に予測でき、年金運用が債券、特に信用リスクのない国債や高格付けの社債を満期まで持ちきり (Buy and Hold) で運用することを考えると、金利変動リスクを考える必要は無い。なぜなら、債券を満期まで持っていれば、利子と満期の元本の受取りは、市場金利が変動し債券の時価が変動しても確定だからである。

次のような簡単な例を考えてみよう。いま2年間にわたり毎年100円年金の支払いが必要であるという予測がアクチュアリ(保険年金数理人)によってなされたとしよう。この支払い債務に対して、表1で示された二つの国債が現在市場で購入可能であったとしよう。債券1は残存期間1年で1年後に100円の利子と100円の元本償還があり、現在その価格は100円しているとする。債券2は満期まであと2年あり、利子を毎年1回20円払い、2年後に100円が戻ってくる。問題は毎年100円ずつの年金の支払いを確実にするようにこの二つの債券にいくら投資をしたら良いかである。

この問題は投資額 X_1 と X_2 を決定変数とし、債券購入費用を最小にするような線形計画問題として次のように定式化できる。

表1 投資可能な二つの債券

債券	投資額	残存期間	クーポン	債券価格
1	X_1	1年	10%	100円
2	X_2	2年	20%	110円

$$\begin{aligned}
& \text{Minimize } \rightarrow 100X_1 + 110X_2 \\
& \text{Subject to: } 110X_1 + 20X_2 \geq 100 \\
& \quad 120X_2 \geq 100 \\
& \quad X_1 \geq 0, X_2 \geq 0 \quad (6)
\end{aligned}$$

制約条件の最初の式は、債券1からの利子と額面償還額の合計と債券2の利子支払額の合計が右辺の一年目の年金の支払額以上でなければいけないことを示す。2番目の制約条件は、債券2による2年目の利子と額面償還額の合計は2年目の年金支払い額以上でなければいけないことを示している。最後の制約条件は債券の空売りができないことを示している。

このような基本モデルはより実際の年金運用にそうように容易に拡張できる。例えば、年金債務を払って後に、余剰が出た時には、それを次期以降の年金支払いのために繰り延をし、短期の確実な運用を行い、あるいは短期で支払い資金が足りなくなったときの借入れを予約することなどを可能にするようにモデルとして拡張できる Ronn[1987]。また将来債務にもし不確実性があるような場合でも、確率的な線形計画法を応用できるであろう。

3. 確定給付年金のリスク：オプション価格決定モデルの応用

企業の確定給付年金は、株主あるいは受給者にとって、オプションとみなすことができ、そこから年金に関してさまざまな意味を明らかにできる。このことを初めて明らかにしたのがCAPMで有名な Sharpe [1976]である。

企業と受給者共同で、現時点で A_0 円の拠出をし、それを危険資産に投資をする。その結果将来の年金資産額は \tilde{A}_1 円になる。 \tilde{A}_1 は確率変数である。企業は従業員たる受給者に対し L_1 円の年金給付（この場合、非確率変数）を約束する。このとき、企業が年金支払いの約束をどのように守るかによって二つの場合を考慮することができる。第1番目の場合は、将来資産額 \tilde{A}_1 が確定給付額 L_1 を下回り、その結果受給者は資産額 $\tilde{A}_1 < L_1$ しか得られないときであり、第2番目の可能性は確実に L_1 円だけの確定給付を受けられる場合である。それぞれの場合、年金はオプションとしての性格を持つことを考えてみよう。

ケース1：保証無しの確定給付年金とオプション

企業は、もし年金資産が確定給付額を超えれば、その分は企業、つまり株主の保有に帰するが、資産額が確定給付額を下回ったときは何も得られない。したが

って、企業にとってのペイオフは $\text{Max}[\tilde{A}_1 - L_1, 0]$ となる。これは、原資産を年金資産として、確定給付額 L_1 を行使価格とするコールオプションとみなすことができる。

他方、受給者は給付額 L_1 が確定しているのに、資産額が給付額を超えても給付額しかもらえないが、他方で、資産額が給付額を下回ったときは、資産額しかもらえない。この場合の受給者にとってのペイオフは $\text{Min}[L_1, \tilde{A}_1] = L_1 + \text{Min}[0, \tilde{A}_1 - L_1] = L_1 - \text{Max}[0, L_1 - \tilde{A}_1]$ のように示すことができる。明らかに最後の式の第2項は行使価格にプットオプションの「売り」に相当する。

オプションに関するプットコールパリティ公式から、将来年金資産 \tilde{A}_1 は、企業にとっての損益（コールの買い+受給者にとってのプットの売り+受給者への確定給付額）に等しい。つまりこの関係を式で表すと次のようになる。

$$\tilde{A}_1 = \text{Max}[\tilde{A}_1 - L_1, 0] - \text{Max}[0, L_1 - \tilde{A}_1] + L_1 \quad (7)$$

将来 ($t=1$) 同じ収益を実現する二つの投資の現時点 ($t=0$) での価値（現在の支出犠牲とすべき額）は等しくなければならない（そうでなければ、リスク無しに確実に儲かる）。 $PV(\cdot)$ を、現在価値（Present Value）を計算する演算子とすると、式(7)の現在価値は次のようになる。

$$\begin{aligned}
PV(\tilde{A}_1) &= PV(\text{Max}[\tilde{A}_1 - L_1, 0]) \\
&\quad - PV(\text{Max}[0, L_1 - \tilde{A}_1]) + PV(L_1) \\
A_0 &= C_0 - P_0 + L_0 \quad (8)
\end{aligned}$$

ただし、ここで、 $C_0 = PV(\text{Max}[\tilde{A}_1 - L_1, 0])$ はコール価格を、 $P_0 = PV(\text{Max}[L_1 - \tilde{A}_1, 0])$ はプット価格を表す。

確定給付年金の破綻確率と積み立て不足の度合い

式(8)を変形することにより、

$$L_0 - A_0 = P_0 - C_0 \quad (9)$$

と書くことができる。この式の左辺は、約束した確定給付額の現在価値と資産額（積み立て備金）との差であるから、これがプラスであることは、現時点で積み立て不足があることをしめしている。また、将来時点 ($t=T$) 時点で、この確定給付年金が破綻することは、将来資産額が確定給付額を下回ることを意味するから、破綻確率は、もしブラック=ショールズモデルが成立する世界を仮定できると、

$$\text{Pr}(\tilde{A}_1 < L_1) = 1 - N(d_2) \quad (10)$$

ここで $d = (\ln(A_0/L_1) + (r_F - \sigma^2/2)T) / \sigma \sqrt{T}$, r_F は

年あたり無リスク金利、 σ は年金資産の収益率($\tilde{A}_1 - A_0$)/ A_0 の標準偏差、 T は年換算の現在時点と将来時点との差を表す。

したがって、ブラック=ショールズタイプのコールあるいはオプション公式から、積み立て不足を式(9)から、そして、破綻確率を式(10)から求めることができる。

資産額(積立て備金)は株式価値に影響与えないし、その内容は問題でない

受給者は将来 L_1 だけの確定給付を約束されているが、破綻したときには給付の保証はない。このことは、 $P_0 = PV(\text{Max}[L_1 - \tilde{A}_1, 0])$ だけのプットオプションを売ったということを意味する。受給者が企業から約束された年金給付額の現在価値 \bar{W} は、したがって、

$$L_0 - P_0 = \bar{W} \quad (11)$$

となる。これは労使間の約束で決まったものであるため、定数とみなすことができる。この式(11)と式(9)から、 $A_0 - C_0 = [L_0 - P_0 = \bar{W}]$ となるから、左辺のコールの内容をブラック=ショールズ式 $C_0(A_0, L_1, \sigma, T, r_F)$ に即して書くと、

$$A_0 - C_0(A_0, L_1, \sigma, T, r_F) = \bar{W} \quad (12)$$

となる。現在の年金拠出額 A_0 を増加すると左辺の第1項の値は増加するが、第二項のコール価値は同じだけ下がらなければならない。なぜならば右辺の受給者が企業から約束された年金給付額の現在価値 \bar{W} は労使交渉で確定された値であるからである。

ケース2：債務保証付確定給付年金とプットオプション

上の例では受給者はプットオプションの「売り」を行っていたために年金債務超過状態のときに給付を受けられない可能性があった。これを避けるためには、プットオプションを売るのでなく買えばよい。つまり、式(12)の右辺でプットの買い $+P_0(A_0, L_1, \sigma, T, r_F)$ を付け加えると、

$$A_0 - C_0(A_0, L_1, \sigma, T, r_F) + P_0(A_0, L_1, \sigma, T, r_F) = \bar{W} \quad (13)$$

となる。これにより、受給者への年金支で払いは L_1 が確保される。そのために必要なお金はプットオプション料の支払い L_0 である。

アメリカでは、この年金債務保険は年金給付保証公社(PBGC: Pension Benefit Guarantee Corporation)によって、1970年代前半までは、受給者一人当たり、1年1ドルの保険料(プット料)を要求していた。つまり年金基金の積み立て不足や破綻確率の可能性を無視して、一律の保険料をすべての年金基金に

課していたのである。しかし、公社は、1990年には18億円、91年には23億円の赤字に陥り保険料率の改定無しには180億円の赤字が2000年までに生じるとの予測を明らかにした。これにより、保険料をリスクに応じた可変料率になったのである。

Hsieh, Chen and Ferris[1994]は、年金給付額 L_1 も、退職や新規採用の将来の不確実などを考慮して、不確実であると考え、行使価格 L_1 が不確実なオプション価格決定モデルを用いて、リスクに応じた保険料の理論値を1989年の176の実際の年金基金を対象に推定し、実際に払った保険料と比較を行った。これによると、積み立て不足であった22の年金基金は、モデルから計算された払うべき保険料よりも少ない保険料しか払っていなかったのに対し、適正あるいは過剰な積み立てが行われていた基金の支払い、保険額はほぼ理論どおりであったことが明らかになった。

日本では確定年金基金の債務超過に対して保険はない。実際には親会社が暗黙のうちに保証を与えているというのが現実であろう。親会社がどのくらいの債務を負っているかはこのようなオプション価値を何らかの形で計測すればよい。

4. 行動ファイナンスの適用

経済学やファイナンス理論は、これまで、合理的な経済人を前提に理論の発展を図ってきた。しかし、人間はさまざまな理由で必ずしも合理的に決定しているとは限らない。そうであれば、逆にそうした非合理性を前提にして、金融資産の価格の決定や運用がどのようになされるかを考えることが必要になろう。年金問題も、長期、不確実、複雑性という要因が支配しているがゆえに、受給者のこうした非合理性がいかなる問題を年金選択や運用決定にもたらすかを考えようとする研究が近年盛んになってきた。例えば確定給付を約束するような年金から確定的な拠出を要求し、将来年金給付に関して年金受給者の運用に任されるような確定拠出年金の導入が盛んになりつつある。このような時、Mitchel and Utkus[2004]に示されているように、個人投資家の投資行動の非合理性がどのように年金運用に影響を与えるかは、重要な問題である。また、最近の国民年金における未加入者の増加とその対策に対して、行動ファイナンスの立場から考察している臼杵ほか[2005]による研究成果はそうしたアプローチの一端を示している。

5. おわりに

年金は長期にわたる拠出とその運用，長期にわたる支払いを確保しなければいけないという意味で，不確実性と複雑性を伴った投資戦略の決定を必要とする。年金の歴史が失敗の歴史であり，大きな挫折と政治的・経済的な危機を招いてきたことを考えれば，この問題に対して，より論理的なアプローチが必要になろう。こうした問題に関して，これまで，保険・年金学，保険数理（アクチュアリアル・サイエンス），ファイナンス理論，マクロミクロ経済学，人口学などから多くの研究がなされてきた。こうした研究をもとにして，総合科学としてのオペレーションズ理論がはたすことのできる役割は極めて大きいものと考えなければならない。

参考文献

- [1] Black, Fischer[1980], "The Tax Consequences of Long-Run Pension Policy," *Financial Analyst Journal*, 1980, 36 (4), 21-28.
- [2] Hsieh, Su-Jane, Andrew H. Chen and Kenneth R. Ferris, "The Valuation of PBGC Insurance Premiums Using an Option Pricing Model," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 1994, 29 (1), 89-99.
- [3] Kingsland, Louis, "Projecting the Financial Condition of a Pension Plan Using Simulation Analysis," *Journal of Finance*, 1982, 37 (2), 577-584.
- [4] Mitchel Olivia S., and Stephen P. Utkus, *Pension Design and Structure: New Lessons from Behavioral Finance*, Oxford, 2004.
- [5] Ronn, Ehud I, "A New Linear Programming Approach to Bond Portfolio Management," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 1987, 22 (4), 439-466.
- [6] Sharpe, William F, "Corporate Pension Funding Policy," *Journal of Financial Economics*, 1976, 3 (3), 183-193.
- [7] Sharpe, William F. and Lawrence G. Tint, "Liabilities-A New Approach," *Journal of Portfolio Management*, 1990, 16 (2), 5-10.
- [8] Sharpe, William F., "Discussion," *Journal of Finance*, 1982, 37 (2), 604-606.
- [9] Winklevoss, Howard E, "Plasm: Pension Liability and Asset Simulation Model," *Journal of Finance*, 1982, 37 (2), 585-594.
- [10] 右谷亮次, 『企業年金の歴史：失敗の軌跡』, 企業年金研究所, 1993.
- [11] 白杵政治他, 「公的年金の給付と負担等に関する情報提供」ニッセイ基礎研究所 所報, 37 (2), 2005, <http://nli-research.co.jp>
- [12] 八田達夫, 小口登良, 『年金改革論—積立て方式へ移行せよ』, 日本経済新聞社, 1999.