

201201001A

厚生労働科学研究費補助金

政策科学総合研究事業

公的年金の直面する要検討課題に対する理論・実証研究

平成 24 年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 竹原 均

平成 25 (2013)年 3 月

目 次

I. 総括研究報告

- 公的年金の直面する要検討課題に対する理論・実証研究1
竹原 均

II. 分担研究報告

1. ダウンサイドリスク最小化による基本ポートフォリオの策定11
竹原 均
2. The Impact of Corporate Social Performance on Financial Performance:
Evidence from Japan37
首藤 恵, 竹原 均
3. Socially Conscious Funds, Luxury Consumption and
the Style of the Market Index71
竹澤 直哉
4. 高頻度取引が取引コスト、情報の非対称性に与える影響 117
竹原 均

厚生労働科学研究費補助金（政策科学総合研究事業）
総括研究報告書

公的年金の直面する要検討課題に対する理論・実証研究

研究代表者 竹原 均
早稲田大学大学院ファイナンス研究科教授

研究要旨

本研究課題では、年金積立金管理運用独立行政法人の積立金の市場運用・リスク管理について、基本ポートフォリオの策定、年金投資家行動と企業の社会的責任(Corporate Social Responsibility, CSR)、市場における株価形成とマーケットインパクト等の視点から多面的な分析を実施した。

平成 24 年度は予定された計画期間(平成 22～24 年度)の最終年度にあたり、平成 22, 23 年度において実施した研究成果と問題点の指摘を踏まえて、年金積立金管理運用独立行政法人(Government Pension Investment Fund, GPIF)の市場運用の在り方について、政策提言を行うことを念頭においた。

平成 24 年度の研究より得られた知見の中で、特に重要なことは以下の 3 点である。

- (1) GPIF が各年度において行う基本ポートフォリオの見直し作業において、平均分散モデルへの入力となるパラメータの推定リスクの評価、ならびに制約条件の妥当性の検証が十分ではない。
- (2) 企業の雇用政策、環境対応等の Corporate Social Performance (CSP)を銘柄選択において使用することにより、持続性を重視し、かつ低リスクのアクティブ・ポートフォリオの構築が可能であるものの、そうした新たな指標の利用と運用手法が放棄されている。
- (3) 東京証券取引所の取引システム arrowhead の稼働後、高頻度取引が一般化し、その影響によって取引コスト低下、情報の非対称性の拡大が起きており、今後、国内外の株式投資からのキャッシュアウトに際して、そうした市場の性質の変化について十分に配慮すべきである。

これら3つの指摘は、いずれも GPIF の市場運用の在り方を考えていく上で重要であるものの、現行の運用組織においては短期での対応は困難である。しかし中長期的に視点で組織そのものの在り方、改革の方向性を議論して行く上で、組織の持つべき機能として検討されるべきであると考ええる。

A. 研究目的

公的年金制度の安定・持続が、国民にとって最も重要な社会目標であることは言うまでもない。このため GPIF は運用部運用管理課・評価分析課、ならびに調査室を担当部署として、リスク管理体制の整備と調査・研究を実施するとともに、重要な意思決定に際しては、有識者から構成される運用委員会の意見を十分に考慮している。

しかしながら人的な制約条件等により、公的年金積立金の運用・リスク管理に関して、ファイナンス理論と精緻な実証分析に基づいた研究が十分に行われてきたとは言い難く、外部委託研究についても、高齢化社会の急速な進行を考慮した政策提言には結びついていないと考える。

我々は公的年金積立金の市場運用とリスク管理に関する総合的研究を実施し、その研究成果を社会へと還元し、同時に中立な第三者の立場から、GPIF の資産運用方針について提言を行うことを、本研究の目的とする。

B. 研究方法

公的年金制度が直面する問題は、基本ポートフォリオの策定など狭義の運用方針とリスク管理に限定されるものではなく、年金投資家行動が企業のガバナンス、持続性に与える影響、市場運用とキャッシュアウトが資本市場に及ぼす影響等を含む広義のものであると認識している。このため平成24年度については、平成22,23年度での研究結果と、そこでの研究課題の指摘を考慮して、

- (1) 年金積立金基本ポートフォリオの見直しにおける推定リスク、制約条件の再検証
- (2) Corporate Social Performance と企業の収益性・リスクに関する分析
- (3) 社会的責任投資に関する実証分析
- (4) 高頻度取引の一般化が株価形成に与える影響

の4点について研究を終了した。具体的な研究論文題目と担当者は以下の通りである。

第1章.

竹原 均 (研究代表者),

「ダウンサイドリスク最小化による基本ポートフォリオの策定」

第2章.

Megumi Suto (研究分担者), Hitoshi Takehara (研究代表者)

“The Impact of Corporate Social Performance on Financial Performance:
Evidence from Japan”

第3章.

Naoya Takezawa (研究協力者, 南山大学)

“Socially Conscious Funds, Luxury Consumption and the Style of the Market Index”

第4章.

竹原 均 (研究分担者)

「高頻度取引が価格発見過程に与える影響」

また分担研究計画書においては報告していないものの、報告書第4章の内容に関連して各種流動性指標、情報の非対称性の指標について、株式ティックデータ、日次収益率データを使用した推定結果をデータベース化した。また2章の研究実施のインフラとして、平成23年度において東洋経済新報社による企業の社会的責任に関する質問票調査を主たるデータソースとして、雇用、社会貢献、製品安全性・リスク管理、内部統制、環境保護の5分野から構成される Corporate Social Performance Index を独自に開発したが、平成24年度においては、インデックスの使用を一部変更するとともにデータ作成期間を延長した。

なお本研究課題の実施においては、その性格上、倫理面について配慮すべき事項はない。

C. 研究結果, および結論

研究計画期間の最終年度である平成24年度においては、年金積立金管理運用独立行政法人による公的年金積立金の資産運用、および同法人の行動が資本市場と企業活動に与える影響について分析した。

まず第1章「ダウンサイドリスク最小化による基本ポートフォリオの策定」では、GPIFが現在行っているような平均分散モデルに基づく基本ポートフォリオの決定ではなく、賃

金上昇率を目標収益率とするダウンサイドリスク(正確には2次下方部分積率)最小化モデルにより求めることを試みている。また移動ブロックブートストラップ法を用いることにより、基本ポートフォリオそのもの持つ分布を求めた。現在の GPIF 中期計画での基本ポートフォリオ策定においては、年金財政の安定化を前提として積立金運用利回りが賃金上昇率を一定程度上回ることが制約条件として課されていた。すなわち賃金上昇リスクを市場運用によりヘッジすることが目的とされていたわけで、この積立金運用に関するリスク認識を直接、最適化問題に持ち込んだこと、そしてパラメータ推定を避けて、ブートストラップ法により基本ポートフォリオを求めた点が、この研究の貢献と言える。

研究の結果として、GPIF が置いている ‘国内株式 \geq 外国株式 \geq 外国債券’ という制約要件の下では、ダウンサイドリスクの最小化により求められた「最小ダウンサイドリスクポートフォリオ」は現行の GPIF 基本ポートフォリオに近いものであることが明らかとされた。しかしながら、GPIF が使用している制約条件そのものが、基本ポートフォリオを現行基本ポートフォリオの周辺に限定してしまうという意味で、基本ポートフォリオの策定において深刻な問題を引き起こしている可能性が否定できない。

さらに移動ブロックブートストラップ法を用いた分析から、基本ポートフォリオの決定方法には問題が無いとしても、モデルへの入力データによって、最適化の結果として得られるポートフォリオが大きく異なることも明らかとなった。これは従来から指摘されている推定リスクが、基本ポートフォリオの策定においても無視しえないほどに大きいことを意味する。

GPIF による基本ポートフォリオの見直しとは、従来の基本ポートフォリオ決定のための方法論、モデル、制約条件についての再検証は行わず、単に入力データの更新した上で、検証プロセスをやり直しているに過ぎない。しかし第 1 章で報告された研究結果からすれば、方法論(特にリスク尺度)、制約条件、推定リスク等についても再検討が必要であるものと考えられる。

次に第 2 章 “The Impact of Corporate Social Performance on Financial Performance: Evidence from Japan” では、Corporate Social Performance (CSP) が Corporate Financial Performance (CFP) に与える影響について分析している。ここでの CSP 評価とは、平成 23 年度において構築した雇用関係(Employee Relations)、社会貢献(Social Contribution)、情報セキュリティと製品の安全性 (Security of the Firm and Product Safety)、内部統制・リスク管理 (Internal Governance and Risk Management)、環境保護(Environment Preservations) の 5 分野から構成される評価インデックスと、その総合 CSP 評価値(Composite CSP Score)により与えられる。そしてこれらの CSP 評価が資産利益率(Return on Asset, ROA)、自己資本利益率(Return on Equity, ROE)等の企業の収益特性に与える影響を調査している。しかし同時に企業のリスク特性についても分析した点に論文の新規性がある。

欧米企業、特に米国企業を対象とした先行研究では、CSP が企業の収益特性に与える影

響に関しては、正の効果、負の効果を与えるとする結果が混在している。また企業の財務リスク、あるいは資本コストに与える影響については、十分に研究が進展していない。一方で、我が国に関しては、CSPがCFPに与える影響、すなわち雇用政策などの経営上の意思決定が企業の財務的パフォーマンスに与える影響について分析した先行研究は、欧米と比較してさらに少なく、十分な解明がなされていない。当然のことながら、CSP評価によるポートフォリオ選択時のスクリーニング、CSPを明示的に考慮したポートフォリオ最適化もこれまでは行われていない。ここでの研究成果は、年金ALMにおける新たな株式運用手法への道を開くものであると言えるであろう。

企業の収益特性、リスク特性そのものが多義的であり、定義が難しいことから、今回の研究では、会計情報に基づく指標4種類、成長性指標2種類、株式市場における評価指標2種類の合計8種類の収益性指標と、それら収益性指標に1対1で対応する8種類のリスク指標を使用した。分析の結果、CSPが企業の収益性に与える影響は、先行研究と同様に正、負の効果が混在しており明確ではなかった。しかしながら企業のリスクに関しては、多くの指標についてCSPの向上がリスクを低下させていることが明らかとなった。2段階最小二乗法によりCSPとCFPの内生性を制御しても、ここでの結果が変わることがなく、その意味で頑健なものであると言える。

欧米の社会的責任投資においては、年金投資家を含む機関投資家が中心となっているのに対して、日本では個人投資家が中心となっている。しかしながら、本研究の結果からすれば、雇用政策、あるいはガバナンス・リスク管理といった企業の非財務情報を考慮することによって、少なくともリスクを引き下げた株式運用が可能なはずである。株式アクティブ運用の目標として、対ベンチマークでの超過リターンの追求ではなく、リスク低減と持続性という評価軸が有っても良いものと我々は考える。

続く第3章、“Socially Conscious Funds, Luxury Consumption and the Style of the Market Index”では、社会的責任ファンド(Socially Conscious Funds)が保有するリスク要因を市場データから間接的に抽出し、海外投資家が日本株式市場にどのような影響を2000年代に与えたかについて分析を行った。この論文で注目するリスク要因は、国内株式市場インデックスおよびS&P500のサブインデックスである「被服および贅沢品インデックス」の2つである。国内株式市場インデックスを日本の株式市場のリスクを近似的に捉えるために使用し、被服および贅沢品インデックスを注目するのは、投機的な海外投資家の活動を表す指標として使用するためである。先行研究によれば、株式保有比率が高い富裕層の投資活動と贅沢品の消費には正の相関関係が存在することが知られており、このような投機的な投資家が我が国の株式市場へ投資する場合、そのリスク回避度は低くなると予想される。本研究では、このような(被服および贅沢品インデックスによって近似された)投機的な海外投資家が日本の株式市場に与える影響分析する。しかしながら投機的海外投資家の行動との比較という視点から、長期的リターンを追及して買い持ち戦略を選択する投資家、特に社会責

任ファンドに投資する投資家が我が国の株式市場に与える影響を同時に分析した。海外の投機的投資家と長期保有目的の投資家の両方の市場に与える影響を測定するため、TOPIX(日本の株式市場)を S&P500 の被服および贅沢品インデックス, および社会的責任ファンドに逐次回帰させる Rolling Regression Model Analysis を実施した。このような分析の結果, 2008 年に起きた世界金融危機の前後で明確な構造的変化が観測された。その影響は業種によって異なり, 海外の投機的投資家の資金の動きが一旦引き上げられたのち, 再び資金が流入した業種, 戻ってこなかった業種, そして大きな影響を受けなかった業種に分類された。

日本においては, 社会的責任投資の個人投資家を中心にして行われており, この点が年金投資家を含む機関投資家が中心の欧米と大きく異なる。2008 年のような世界金融危機の局面において, 2 種類の異なるタイプの海外投資家の行動を分析した点が, 第 4 章の特徴であり, そこで得られた知見は今後の年金投資家による SRI の実践において有益なものであろう。

最後に第 4 章「高頻度取引が価格発見過程に与える影響」では, 2010 年 1 月の東京証券取引所新取引システム arrowhead の稼働の前後で, 価格発見過程にどのような変化が生じたのかについて分析している。

まず Lesmond, Ogden and Trezcinka (1999)の LDV モデルを用いて限界取引コストを測定した結果, arrowhead の稼働による限界コストへの影響は大型株において大きく, 特に時価総額上位 30%に入る企業群については, arrowhead の稼働が限界取引コストを大きく低下させたことが明らかとなった。一方, 小型株については arrowhead 稼働の前後で限界取引コストに明確な変化は観察されず, その影響は小規模であったと考えられる。

次に Easley, Hvidkjaer and O'Hara (2002)の PIN, Duarte and Young (2009)の Adjusted PIN, PSOS, そして Kaul, Lei and Stoffman (2008) の AIM を使用した情報の非対称性に関する分析からは, 限界取引コストの場合と同様に, arrowhead 稼働の影響は大型株に強く表れていた。つまり arrowhead が可能とした高頻度取引の対象は大型株に集中しており, その結果として大型株においては, ザラバ板の目視による私的情報の類推が困難となったか, あるいは arrowhead に対応し, かつ私的情報を保有する先進的投資家が売買の中心となり結果として私的情報に基づく売買比率(PIN)が上昇したと考えられる。

本研究での, 限界取引コストと情報の非対称性という両面からの分析結果を総合的に解釈するならば, arrowhead の稼働は取引の高速化という当初の目的を達成し, その結果として限界取引コストの低下というメリットを機関投資家にもたらしたものの, 一方で投資家間の情報の非対称性を拡大させたことになる。

年金投資家は arrowhead 稼働後には, 最良取引執行の結果として年金基金が負うべき総取引コストは低下するであろう。マーケットインパクトを含む広義の運用コストの低下は, 市場に存在するアルファの総量に変化が存在しないのであれば, コスト控除

後のアルファを上昇させるため、最終的には運用成果の向上をもたらすであろう。

また株式運用からの直接的なキャッシュアウトについても、今後は検討が必要になってくることが予想されるが、年金給付を目的としたキャッシュアウトの場合には、私的情報を保有しない状況での株式売却とならざるを得ない。もし非情報投資家が自分以外の投資家の注文状況、約定状況を注視しており、他の投資家の株式売却を ‘bad news’ と考えてしまうとすれば、キャッシュアウト前に自らの取引が私的情報に基づく取引ではないことを宣言するべきかも知れない。つまりは ‘sunshine trade’ を年金投資家は選択すべきかも知れない。しかしながら、arrowheadの稼働によって情報の非対称性が拡大しており、私的情報の類推が困難となっているとすれば、別の選択もあり得る。自らの売買行動の意図を隠しながら、取引コストだけを低減できるとすれば、むしろ ‘stealth trade’ を選択すべきであろう。Sunshine trade と stealth trade のどちらが年金投資家の株式からのキャッシュアウトについて適切な方法であるのかは、本研究において得られた結果から議論することはできない。ただし今後は、最良執行による運用コスト削減を含めて新たな投資環境の変化に対応した運用機関を選択することが、GPIFには求められるであろう。

D. 健康危険情報

本研究課題は、政策科学総合研究事業として採択されており、公的年金制度に関する複数の理論・実証研究群から構成された。このため日本国民の生命、ならびに健康に関連した。特記事項として、本研究課題に関連して記すべき事項は全くない。

E. 研究発表

平成 24 年度総括・分担研究報告書に採録された論文のうち、第 1 章「ダウンサイドリスク最小化による基本ポートフォリオの策定」、および第 4 章「高頻度取引が価格発見過程に与える影響」については、平成 22, 23 年度の研究成果の検討を踏まえて本研究課題を総括するために実施した研究であるため、現時点では研究発表については未定である。

また第 3 章 “Socially Conscious Funds, Luxury Consumption and the Style of the Market Index” に関しては、平成 24 年 3 月に初稿が完成したばかりであり、平成 25 年以降での研究発表を検討し、現在、複数の学会に発表を申請中である。

よって平成 24 年度総括・分担研究報告書に採録された論文のうち、既に研究委発表が実施された、あるいは発表が確定しているのは、第 2 章、”The Impact of Corporate Social Performance on Financial Performance: Evidence from Japan” についての以下の 2 件である。

Megumi Suto, "The Impact of Corporate Social Performance on Financial Performance: Evidence from Japan", Seminar at Stirling Management School, University of Stirling, (2013年3月, スターリング大学, スコットランド.)

Megumi Suto, "The Impact of Corporate Social Performance on Financial Performance: Evidence from Japan", 日本ファイナンス学会第21回大会, (2013年6月, 武蔵大学)

なおこれ以外に平成23年度総括・分担研究報告書に採録されている論文で平成24年度中に行った研究発表は以下の4件である。

Megumi Suto, "Stock ownership structure and corporate social performance: Evidence from Japan," 日本ファイナンス学会第20回大会, (2012年5月, 一橋大学)

竹原 均, 「アクティブ・ファンドの運用パフォーマンス持続性の検証」, 日本ファイナンス学会第20回大会, (2012年5月, 一橋大学).

Hitoshi Takehara, "Stock ownership structure and corporate social performance: Evidence from Japan," 4th International Conference on Accounting and Finance, (2012年8月, コルフ島, ギリシャ).

Hitoshi Takehara, "Stock ownership structure and corporate social performance: Evidence from Japan," 52nd Annual Meeting of Southwestern Finance Association, (2013年3月, アルバカーキ, NM, USA).

F. 知的財産権の出願・登録状況

(記載すべき事項無し.)

ダウンサイドリスク最小化による基本ポートフォリオの策定

竹原 均

摘要

多くの年金基金において、その基本ポートフォリオの策定は平均分散モデルに基づいて決定されている。その場合、各アセットクラスの期待リターン、および分散共分散行列の推定がポートフォリオ最適化の事前作業として必須である。しかし高精度の期待リターン予測は一般的に非常に困難とされており、その推定値は大きな推定誤差を伴っている。したがって低精度の推定値を平均分散モデルへの入力として得られた基本ポートフォリオが、真の最適ポートフォリオから大きく乖離している可能性は否定できない。こうしたパラメータの推定リスクへの対応方法の一つとして、ブートストラップ法などのノンパラメトリック法による基本ポートフォリオの策定があげられる。本研究においては移動ブロックブートストラップ法と平均下方分散モデルの組み合わせにより、賃金上昇率を目標収益率(最小許容収益率)として運用リスクを定義し、その上で基本ポートフォリオの策定を行う。そしてパラメータ推定と平均分散モデルの組み合わせによる従来の策定方法との差異について検証を行う。年金積立金管理運用独立行政法人の決定する公的年金積立金の運用基本ポートフォリオを対象とした検証作業の結果、現行の基本ポートフォリオと本研究で提案する方法とでは最適ポートフォリオに明確な差があることが明らかとなった。また制約条件の影響で外国債券への投資比率が低くなるように制限されていること、そうした制約条件が推定リスクの低減には結びついていないことが示された。

1. 基本ポートフォリオ策定におけるリスク

年金積立金管理運用独立行政法人は、その中期計画において「基本ポートフォリオの策定時に想定した運用環境が現実から乖離していないかなどについての検証を毎年1回行う」ものとしている。ただし検証作業は「策定時に想定した運用環境」からの乖離に限定されており、基本ポートフォリオが現時点で適切かどうかの検証とは必ずしもなっていない。法人が行っているのは、あくまでも従来の期待リターン、リスク、相関係数行列の推定方法には問題が無いことを前提として、直近での利用可能となったデータを使用して推定作業をやり直しているに過ぎない。これは従来の基本ポートフォリオ策定方法の問題点について注意を払っておらず、また資産運用・リスク管理体制の高度化を放棄するものであると言えるだろう。

本研究では、現在の基本ポートフォリオ策定方法における問題点として、「リスク尺度」と「推定リスク」の2つを最初に指摘し、それらに対する対応策として、移動ブロックブートストラップ法の下でのダウンサイドリスク最小化モデルにより基本ポートフォリオの策定を行う。そして法人の現行の基本ポートフォリオと、本研究で得られた基本ポートフォリオ(正確には基本ポートフォリオ候補の集合)とを比較することにより、法人の基本ポートフォリオに問題が無いわけでは決してないことを示す。

まず年金資産運用におけるリスク尺度とはどうあるべきかから議論を開始しよう。法人の現行の基本ポートフォリオは、効率的フロンティア上に位置する複数点を選択し、その中からシミュレーションを実施し、候補の中からシャープレシオが最大となる点を基本ポートフォリオとしている。平均分散モデルから効率的フロンティアを求め、シャープレシオを基準として基本ポートフォリオを選択していることから、リスク尺度はポートフォリオの標準偏差でしかありえない。基本ポートフォリオの策定における平均分散モデルの利用に大きな問題があることについては法人も認識しているはずである。実際のところ、平成21年度の外部委託研究における調査研究テーマ「公的年金におけるポートフォリオ最適化についての研究」でも平均分散モデルによる基本ポートフォリオ策定の問題点が指摘されていた。しかしそうした方法論上の明らかな問題点は、基本ポートフォリオの検証とは切り離れた上でパラメータの推定作業のみ行われてきたのが現状なのである。つまり法人のいうところの「基本ポートフォリオの見直し」とは「期待リターン、リスク、相関係数の推定の見直し」としての極めて狭い範囲のものであり、基本ポートフォリオそのものが適切かどうかという議論には未だ到達していないのである。

効率的フロンティア上で適切なポートフォリオを選択するという従来の基本ポートフォ

リオの策定方法が正当性を持たないのであれば、そもそも公的年金資産運用におけるリスク尺度はどのように定義されるべきであり、そして基本ポートフォリオはどのように策定されるべきなのか。この問いかけに答えるために、まず公的年金制度における債務とは何か、そして運用におけるリスクとは何かを整理しよう。

そもそも基本ポートフォリオは、財政検証において設定された運用利回りを可能な限り低いリスクで達成するように策定されなければならない。そして運用利回りは2004年度財政検証では3.2%、2009年度財政検証では4.1%に設定されていた。ここで運用利回りは2004年度財政検証では期待賃金上昇率 $2.1\%+1.1\%$ 、2009年度財政計算では賃金上昇率 $2.5\%+1.6\%$ とされていた。これは年金給付が賃金上昇率にスライドするために、賃金上昇率 $+\alpha$ として運用利回りが設定されており、すなわち実質的運用利回りとしての α が1.1%、1.6%だったのである。この場合、年金ALM問題としては、リスクを運用リターン標準偏差で定義する必然性はない。むしろ賃金上昇率が下回るケースをリスクとして認識の方が自然であろう。こうした年金給付の確保など運用上の最終目的を反映した目標収益率、あるいは最小許容収益率と相対的なリスク定義は、「ダウンサイドリスク」として知られ、非常に多くの理論・実証研究成果が残されているし、また年金資産運用におけるリスク管理においても使用されてきた。¹

効率的フロンティア上からシャープレシオが最大化されるポートフォリオを選択することは、年金ALMのフレームワークとして二重の意味で正しくない。第1の理由は、アセットクラスからのリターンが多変量正規分布には従わないことに依る。法人は運用利回りの向上を目的として2012年度にはエマージング市場の株式アクティブファンドの組み入れを開始したが、そうしたエマージングのアクティブファンドは言うに及ばず、これまで使用されてきたベンチマークでさえも正規分布に従うとする仮定に問題があることは多くの研究者によって繰り返し指摘されてきた事実である。次に第2の理由は、事後的に高い運用利回りが達成されたとしても、そのことにより給付額が増えるわけではないため、年金加入者はシャープレシオが最大となるポートフォリオを選択する理由を持たないことである。この第2の理由から、基本ポートフォリオの策定において、期待運用利回りを設定することからして誤りである。よりシンプルに年金給付の賃金上昇率へのスライドのみを考慮して、ダウンサイドリスクが最小となるポートフォリオ1点を最初から選択すれば良いのである。

次に現在の基本ポートフォリオの策定方法の持つもう一つの弱点、「推定リスク」につ

¹ たとえば今から20年前に既に竹原(1993)が年金ALMへの応用を議論し、実証分析結果を報告している。

いて議論しよう。これも Jobson and Korkie(1981), Hannson and Perrason (2000)等の先行研究において繰り返し指摘されてきたことであるが、平均分散モデルによってアセットアロケーションを決定した場合、わずかな期待リターンの変化が最適ポートフォリオを大きく変化させてしまう状況が多く発生する。たとえば法人は株式期待リターンの推計に配当割引モデルからのインプライド・リターンを用いるが、これは配当利回りと配当成長率の和として求められる。インプライド法であるから、暗黙の仮定として現在の株価水準(ベンチマークである TOPIX)は市場で適正な水準で評価されていると仮定しているわけであるが、株価そのものが変化しているため株式期待リターンも変化することになる。このような資産選択モデルへの入力パラメータの推定に関わる問題が「推定リスク」である。簡単に言えば、推定誤差が存在する以上は、モデルを解いて得られたポートフォリオに推定誤差の影響が残るわけであり、効率的フロンティア上のポートフォリオと真の最適ポートフォリオとは必然的に異なるのである。また誤差ゼロの入力パラメータの推定が不可能である以上、真の最適ポートフォリオは誰にも求めることはできず、次善策として真の最適ポートフォリオがどのような領域に存在するのかわ確認しておくしかない。このために本研究では移動ブロックブートストラップ法を使用する。

2. 賃金上昇率を考慮したダウンサイドリスク

それでは賃金上昇率を明示的に考慮し、ダウンサイドリスクヘッジに主眼を置いた年金 ALM のフレームワークとはどのようなものだろうか？ この点については意見の分かれるところであろうが、筆者はリスク尺度としての 2 次下方部分積率の利用がもっとも有望な方法であると考えている。

ここで、ポートフォリオリターンを π 、その密度関数を $f(\pi)$ とする。このときに代表的なダウンサイドリスク尺度である、 k 次下方部分積率(Lower Partial Moments, LPM) は、

$$LPM_k(\tau) = \int_{-\infty}^{\tau} (\tau - \pi)^k f(\pi) d\pi \quad (1)$$

で定義される。(1)式における τ は最小許容収益率(minimum acceptable return)、あるいは目標収益率(target return)と呼ばれる。つまり、最終的な投資目標の達成の為に、最低限充たすべき水準として τ が設定され、 τ を実現収益率が下回るものがリスクとして認識されるのである。また次数 k は 1 以上の実数であれば任意だが、分散との対応から $k=2$ とすることが多い。

次数 $k=2$ の LPM の平方根のことを、標準偏差(standard deviation)と対応付けて、特に Target Semi-Deviation (TSD)と呼ぶ。また次数 $k=1$ の場合の LPM と期待ショートフォールとして知られる Conditional Value-at-Risk (CVaR)とは同型であることが知られる。しかし1次 LPM と CVaR とは、明確に区別しておくべきであり、年金 ALM においては期待ショートフォールアプローチよりも LPM の方が適しているであろう。なぜなら CVaR における有意水準(通常は1%,あるいは5%)は明確な選択基準を持たないが、 τ は基金の制度内容、年金債務等を考慮して決定されなければならない、基金の財政状態から相対的に目標収益率 τ を決めることこそが、年金 ALM のプロセスにおいて重要と考えられるからである。公的年金の場合には、2009 年再計算の時点までは、賃金上昇率こそが、この目標収益率 τ に相当するのである。

さて理論上の LPM は(1)式の積分で定義されるが、LPM の測定と LPM 最小化による基本ポートフォリオの策定は、ヒストリカル法、あるいはシミュレーション法によりリターン分布を離散化して行われる。ここでアセットクラス数を N として、シミュレーション法において各アセットクラスのリターンを M 回発生させる。第 i 資産、第 j 番サンプルのリターンを r_{ij} として、基本ポートフォリオを $h_i, i=1, \dots, N$ とする。また賃金上昇率も時間変化すると考えるのが自然であるので、第 j サンプルでの賃金上昇率を τ_j として M 次元ベクトルを τ とする。この時にシミュレーション法での LPM は以下の(2)式で与えられる。

$$LPM_k(\tau) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \left(\max \left(\tau_j - \sum_{i=1}^N r_{i,j} h_i, 0 \right) \right)^k \quad (2)$$

リターンの予測可能性、シミュレーションでのサンプリング、そして最適化といった複数の技術上の制約から、LPM を使用した年金 ALM の実現は決して容易ではない。年金 ALM としての実装可能性を重視するのであれば、ダウンサイドリスク測定の単位時間を1年(したがって1期間モデル)、賃金上昇率を τ 、ペナルティ次数 $k=2$ として、決算期末における LPM が最小となるポートフォリオを基本ポートフォリオと定めることが、現実的な対応であろう。

3. ダウンサイドリスクの下での基本ポートフォリオ

最初にヒストリカルデータを使用して、2次 LPM の最小化により基本ポートフォリオを

決定することを試みる。アセットクラスは国内株式、国内債券、海外株式、海外債券の4資産($N=4$)とし、1985年4月～2013年3月の336ヶ月間の月次データをもとに、3月を会計年度末として、1985～2012年度の年次リターン(28年、 $M=28$)を計算する。このヒストリカルデータを行列 $P \in R^{M \times N}$ とする。また目標収益率 τ を賃金上昇率により与える。ここでは資産収益率と同期間の毎月勤労統計における名目賃金指数(総額、従業員30名以上の事業所調査産業計)から月次賃金対数変化率を計算し、それを年次変化率へと変換している。以上の入力を使用した時、各資産の組入れ比率 x について非負制約条件のみを与えた2次LPM((2)式において $k=2$ の場合)の最小化問題は、以下の2次計画問題(3)へと帰着される。

$$\begin{aligned}
 & \text{Minimize } y'y \\
 & \text{subject to } Px + y - z = \tau, \\
 & \quad e'x = 1, \\
 & \quad x \geq 0, y \geq 0, z \geq 0
 \end{aligned} \tag{3}$$

ここで重要なのは、この方法はヒストリカルリターン R と賃金上昇率 τ を利用しているだけであり、期待リターンなどパラメータの推定は一切行っていない「ノンパラメトリック」な方法であることである。また賃金上昇率を目標収益率 τ として明示的に考慮し、それと相対的にリスクを定義し、ダウンサイドリスクが最小となるポートフォリオを基本ポートフォリオとしている。このため平均分散モデルの場合と異なり、モデル(3)の制約条件に期待リターンに関する制約条件は入っていない。中期経営計画で定められた「安全かつ効率的な運用」とは最小ダウンサイドリスクポートフォリオによる運用であり、効率的フロンティア上からの選択とはならない。

ただし2004、2009年財政再計算において、実質的運用利回りの確保を目的として、賃金上昇率に対して1.1%、1.6%高い期待運用利回りを設定したことを考慮すれば、年金財政の健全化のためには賃金上昇率だけでは不十分とする考え方もあるであろう。そこで以降では目標収益率について、過去の賃金上昇率+1.1%、+1.6%としたケースについても、最小ダウンサイドリスクポートフォリオを求めることにする。また現在の基本ポートフォリオの策定においては、外国債券 \leq 外国株式 \leq 国内株式 とする制約条件が付加されているため、モデル(3)に対して、この制約を付加した場合に関しても最適ポートフォリオを求める。結果として目標収益率の水準3種類(賃金上昇率+0, 1.1, 1.6%)、追加の制約条件の有無、の組み合わせにより6種類の基本ポートフォリオを比較することになる。

上記の最適化の結果として得られた基本ポートフォリオを表 1 に示す。² まず現行の基本ポートフォリオから短期金融資産への配分比率 5%を除外して、残りの 95%を 100%に変換すると、国内株式 11.58%、国内債券 70.53%、外国株式 9.47%、外国債券 8.42%となる。これに対して、賃金上昇率を目標収益率 τ として設定した場合の最小ダウンサイドリスクポートフォリオは、国内株式 3.04%、国内債券 77.99%、外国株式 0%、外国債券 18.97%となっている。両者を比較した場合、ともに国内債券に大きな比率で投資しつつ、最小ダウンサイドリスクポートフォリオでは、国内、外国株式への投資は行わず、外国債券に 18.97%を投資している。一方で、外国債券 \leq 外国株式 \leq 国内株式という追加の制約条件を与えた場合には、国内株式 7.27%、国内債券 78.18%、外国株式 7.27%、外国債券 7.27%と現行の基本ポートフォリオに近いものとなる。この結果から、現行の基本ポートフォリオが最適ポートフォリオとして得られるのは、追加的な制約条件によるものであることは明らかである。賃金上昇率を目標収益率としてダウンサイドリスクを最小化した場合、それは国内外債券への投資を主体として運用となるはずである。しかしながら本来であれば 20%程度を組み入れるべき外国債券の組み入れ比率は、外国株式以下に制限されており、さらに外国株式は国内株式以下に制限されているため、外国債券への配分を行うためには、国内株式、外国株式への配分を行わなければならない。結果として、この極めて不自然な制約条件によって、現行の基本ポートフォリオが作り出され、かつ正当化されているのである。このことはポートフォリオのダウンサイドリスクについても状況を悪化させている。ポートフォリオの期待リターンは追加制約無しの場合に 4.48%、追加制約が有る場合に 4.53%と若干ながら上昇している。しかし最適化問題における目的関数でもある、ここでのリスク尺度‘Target Semi-Deviation’ (TSD)は 3.56%から 4.13%へと大きく上昇している。同時にショートフォール確率(表 1 での%Shortfall, 実現収益率が賃金上昇率を下回る確率)も、10.71%から 14.79%へと上昇している。追加的な制約条件を置いたことによって、ポートフォリオの特性は悪化していると言わざるを得ない。

もちろんこうした制約条件が、最適化モデルへの入力データでは把握されていない潜在的なリスクを制約するものであるという説明も可能ではあろう。しかしそうした説明も妥当性を持たないことについては、次節での移動ブロックブートストラップ法を用いた検証によって示すこととする。

次に目標収益率 τ を賃金上昇率より 1.1%、1.6%高く設定した場合であるが、これは最適ポートフォリオに対して、それほど大きな変化はもたらさない。ただし目標収益率の水準

² なおここでは短期金融資産は投資対象として考えていない。短期金融資産の組み入れ比率は流動性確保の観点から 5%に固定されているため、最適化の対象外とすべきであろう。

を上げていくに従って、国内株式、外国株式への投資比率が上昇していく傾向は観察される。³ こうした状況は追加的な制約条件が置かれた場合では観察されず、むしろ傾向が逆転している。追加的な制約条件が置かれたケースでは、目標収益率を高くしていくにつれて、国内株式、外国株式への投資比率は低下していく。外国債券は国内株式、外国株式の組み入れ比率を超えることが出来ないため、同時に組み入れ比率が低下し、結果としてさらに国内債券への投資比率が上昇している。

以上の結果は、先に述べたとおり期待リターン、共分散行列などのパラメータを推定することなく、ヒストリカルデータのみを使用した最適化によって得られたものである。このためパラメータ推定方法の影響を受けないという長所を持つ反面、年次データ28年分のみを使用した結果であることから得られた基本ポートフォリオの信頼性について、さらなる検証が必須であることは言うまでもない。ただし賃金上昇率を考慮したダウンサイドリスクの最小化というフレームワークの下では現行の基本ポートフォリオは得られないこと、そして追加的な制約条件によって最適化が歪められた結果が現行の基本ポートフォリオである可能性が否定できないことの2点については、今後の積立金の運用を考える上で重要な知見である。次節では、これらの事実の頑健性、追加的な制約条件の妥当性を検証することとする。

4. 移動ブロックブートストラップ法による基本ポートフォリオの評価

次に最小ダウンサイドリスク基本ポートフォリオの信頼性を評価することを試みる。前節でのダウンサイドリスク最小化は実現年次データ28年分($M=28$)をモデルへの入力として実施されている。サンプル数が少ないことから、最適化の結果として求めた基本ポートフォリオが信頼できるものなのか、そして基本ポートフォリオからの許容乖離がどの程度なのかについては一切知ることが出来ない。こうした問題を解決するために、Hansson and Persson(2000)と同様に、移動ブロックブートストラップ法(moving blocks bootstrap method)を適用して、基本ポートフォリオの持つ分布を求めてみよう。

紙幅の都合上、移動ブロックブートストラップ法の詳細については説明を省くが、同方法は原データの持つ各資産の収益率の系列相関(serial correlation)と、資産間の相関関係(cross-sectional correlation)の両方の特性を保持しながら、リサンプリングを行うものである。

³ 2004, 2009年財政再計算とは無関係であるので、表1において結果を提示していないが、仮に目標収益率を賃金上昇率+3.0~7.0%とさらに高く設定したとしても、国内株式、外国株式への投資比率が5%を超えることはない。この点でも現行の基本ポートフォリオは支持されない。

ここではブロック長を 60 ヶ月として、336 ヶ月の月次系列をサンプリングし、それを 28 年の年次リターンに変換して、基本ポートフォリオを再計算した。このような処理を 10,000 回行うことにより、基本ポートフォリオの持つ分布、および各資産の投資比率についての信頼区間を計算することが可能となる。

まず図 1 は目標収益率を賃金上昇率として設定した場合の、各資産の組み入れ比率のヒストグラムである。縦線の位置がヒストリカル法で計算された基本最適ポートフォリオの値を示している。国内株式、外国株式については、ヒストリカル法での組み入れ比率が低いため、10,000 回の移動ブロックブートストラップの下での分布での位置は、この図からではよくわからない。しかし国内債券、外国債券に関しては、分布の概ね中央付近に位置していることがわかる。興味深いのは外国債券についてで、分布のモード(最頻値)が 1~2.5%のクラスにあることである。図 1 の状況で外国債券の組み入れ比率がゼロとなっている回数は 1773 回である。つまり 17.73%の比率で、最適ポートフォリオに外国債券は組み入れられないのである。

次に図 2 は横軸に求められた基本ポートフォリオの TSD を、縦軸に期待リターンをプロットしたものである。図 2 において ■ でプロットしているのが、ヒストリカル法の場合の基本ポートフォリオの TSD と期待リターンである。確かに 10,000 回のブートストラップから計算された、リスク(TSD)とリターンの分布の中央付近に位置しているものの、その周囲のかなり広い領域にブートストラップの結果は分布している。したがって、リスク、リターンともに過小評価/過大評価となっている可能性は否定できないことになる。

図 1, 図 2 に示された分布を取りまとめたのが表 2 である。この表からヒストリカル法での基本ポートフォリオは分布のメディアンにほぼ一致していることがわかる。しかし図 1, 2 から視覚的に確認したように、組み入れ比率、リスク/リターン特性ともに相当に広い範囲に分布しており、ヒストリカル法の下での基本ポートフォリオは大きな推定リスクにさらされている。仮に 25%, 75%点で考えると、国内株式は 0~6.805%, 国内債券は 71.243%~86.944%, 外国株式は 0~1.897%, 外国債券は 4.519%~23.786%である。法人の現行基本ポートフォリオがこの範囲に含まれるのは、外国債券の場合のみである。したがって、移動平均ブートストラップ法の結果からは、現行基本ポートフォリオは適切とは言い難い。またリスク/リターン特性についても、期待リターンとリスクの 25, 75 パーセンタイル範囲は、それぞれ 3.547%~4.998%, 3.341~4.369%となっている。これはリスク、リターンともに 1%以上の幅を持っており、推定リスクの大きさが再確認された結果と言える。

それでは目標収益率の水準を賃金上昇率+1.1%, 1.6%と変更した場合についてはどうで

あろうか。表 1 において目標収益率の設定がヒストリカル法の下での基本ポートフォリオに与えた影響が限定的であったことから予想されるように、移動ブロックブートストラップ法を使用した場合についても傾向はそれほど変化しない。図 1 に対応する図 3, 5, 図 2 に対応する図 4, 6, 表 2 に対応する表 3, 4 を比べてみれば明らかなように、海外株式組み入れ比率のモードが 0~2.5%のクラスであること、25, 75 パーセンタイル範囲が大きな幅となっている点も同じである。

それではここで確認された推定リスクの問題を、追加的な制約条件 ‘外国債券 \leq 外国株式 \leq 国内株式’ は緩和しているのだろうか？ 表 1 において確認したように、制約条件の追加した時にポートフォリオの TSD, ショートフォール確率はともに上昇しており、つまりは賃金上昇率を運用実績が下回るリスクが上昇していた。これは制約条件を設定したこと負の効果である。しかしながら追加制約条件により、TSD, あるいはショートフォール確率の持つ分布がより狭い範囲へと縮小しているのであれば、制約条件により推定リスクは低下していることになり、このような制約条件を与えたことには合理性があると言える。

まず最適ポートフォリオにおける組み入れから状況を確認してみよう。図 7 から分かるように、制約条件を追加した場合、ブートストラップ法の下での最適ポートフォリオの持つ分布に対して、ヒストリカル法の下での最適ポートフォリオは国内債券への依存度がかなり低い。図 7 の右上の国内債券(NOMURA-BPI)で、ヒストリカル法の最適ポートフォリオ(縦線)はブートストラップからの分布の左の密度が低い部分に位置し、モードは 90%付近に位置している。次に図 2 と図 8 を比較した場合、リスクの分布に関しては少なくとも目で見てわかるような違いはない。ただし図 8 ではヒストリカル法の下での最適ポートフォリオのリスクは 4%強と分布の右側に位置しているため、リスクを過小評価している状況は若干ながら緩和されたともいえる。最後に表 5 より、25, 75 パーセンタイル範囲は、国内株式, 国内債券, 外国株式, 外国債券で、それぞれ 3.279%~7.669%, 81.281~91.974%, 1.027~6.213%, 0.470~6.185%であるが、ヒストリカル法の下での最適ポートフォリオは国内株式(7.273%)を除いて、この範囲には入っていない。同時に法人の現行基本ポートフォリオもこの範囲内にはすべて入っていない。さらに表 2, と表 5 での TSD の分布を比較してもほとんど変化は観察されない。したがって、追加的な制約条件を置いたことは、推定リスクの低減にもつながってはいないのである。こうした結果は、目標収益率を賃金上昇率+1.1%, 1.6%に設定した場合でも変わることはない。本研究での賃金上昇率を考慮したダウンサイドリスク、そして移動ブロックブートストラップ法による推定リスクの評価というフレームワークに限定してのことではあるが、‘外国債券 \leq 外国株式 \leq 国内株式’ という制