

氏 名	山 下 実 若
学位(専攻分野)	博士(経営管理)
学 位 記 番 号	博国サ甲 第9号
学位授与の日付	2016年3月26日
学位授与の用件	学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号) 第4条第1項該当
学 位 論 文 題 目	効用関数を用いた確定給付型年金資産運用の 新しい運用フレームワークのモデル化
論 文 審 査 委 員	主 査 教 授 福 井 義 高 副 査 教 授 北 川 哲 雄 副 査 教 授 小 林 孝 雄 副 査 准教授 森 田 充 副 査 横浜国立大学大学院国際社会科学研究院准教授 木 村 晃 久

論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文の内容を一言で表現すれば、確定給付型年金の資産運用において採用されつつある新しい運用フレームワークの期待効用最大化の観点に基づくモデル化である。以下、導入部となる第Ⅰ章を除く、第Ⅱ章～第Ⅴ章の順に要旨を記述する。

第Ⅱ章では、数理モデルに基づく動的資産配分問題研究のサーベイを行う。この分野でのパイオニアといえる Merton モデルと、Hamilton Jacobi Bellman 方程式や Backward Stochastic Differential Equation の利用とその拡張、Malliavin 解析の利用などに言及する。

第Ⅲ章では動的資産配分が、確定給付型年金の資産運用の現場でなぜ注目されているかを述べる。IFRS を睨んだ日本の企業会計基準の変更の動き等が進むなかで、確定給付型年金の資産運用が芳しくなくて資産価値が大きく減少することは、年金資産額が債務額を下回るという、いわゆる積立不足の状態となる最も大きな要因であり、

それが確定給付型年金を運営している企業自体の財務諸表に大きな直接的影響を与えるようになってきた。

こうした状況下、確定給付型年金の資産運用において、動的資産配分の考え方に基づいた戦略の一つである、資産価値が減少すると高いリターンを狙わずリスクの低い運用を行うという下値リスク管理を実施する運用手法が注目され、実際に採用する確定給付型年金も出現した。加えて、金融危機以降、深刻な積立不足に陥った確定給付型年金においては、積立不足にあっては高いリターンを狙う必要があるものの、積立不足が解消されれば高いリターンは不要という考えのもとでの運用手法が注目され、取り入れる確定給付型年金も出始めた。こうした資産運用手法は、確定給付型年金の新しい運用フレームワークとなりつつある。

動的資産配分のモデル化や最適性の議論を追うと、Merton モデルが様々に発展させられ、最近では最終期末の資産額に対する効用を額そのものだけではなくその期待値のぶれを考慮した Risk Sensitive なものに代える試みなどが登場し、多様化しているが、さきほどの確定給付型年金の新しい運用フレームワークが最適か否かという問題は未解決である。

本論文では、最適解としてそれらの運用手法を導出するモデルを作成すべく、具体的に運用手法の背景に鑑みて、①「通常」時は CRRA 型であるものの、資産価値が一定額を下回ると効用関数が垂直に折れ曲がりマイナス無限大になる効用関数と、②積立不足解消を最重要目標とし、積立不足解消となる資産額に到達すれば、効用がそれ以上増えない、すなわちその資産価値を越えると折れ曲がり水平に直線となる効用関数を設定して、動的資産配分問題を検討することとした。ただし、これらの折れ曲がった効用関数は微分不連続のため、通常の HJB 方程式を利用した方法ではこれらの動的資産配分問題の最適解を解くことは困難である。

そこで第Ⅳ章では折れ曲がりのある効用関数を使用した場合の最終期末の期待効用を最大化するような動的資産配分問題の最適解が、Legendre-Fenchel 変換を利用し、Dual 効用関数による定式化で折れ曲がりを明確に捉えて解けることを示す。具体的には、上記①及び②のそれぞれに対し、プット・オプションの買いをリバランスしていく運用手法及びコール・オプションの売りをリバランスしていく運用手法という動的資産配分戦略が解となることを示す (Yamashita, 2014)。加えて、②のケースを数値シミュレーションで確認する。

最後に第Ⅴ章でまとめと今後の課題を取り扱う。折れ曲がりのある効用関数は、現在の日本の確定給付型年金が置かれた状況を表すためのモデル化の一例であり、その期待効用最大化の動的資産配分問題の最適解が、確定給付型年金の新しい運用のフレームワークと定性的に一致することを示した。今後の課題は、モデルをより実態に近づけることである。

なお、確定給付型年金の資産運用の新しい運用フレームワーク出現を後押ししたのが、退職給付会計情報の開示強化が株価や株式リターンに大きな影響を及ぼし得るという認識の広がりと考えられ、この点を検証する実証分析を補章として最後に付け加えた。補章では、まず、時価総額を自己資本で規格化して被説明変数とし、退職給付債務に係る会計情報を説明変数とした回帰分析（クロスセクション分析）を実施した。その結果、2005年度の決算発表時のデータについては、退職給付債務情報のうち、未認識退職給付債務額などが、時価総額に対して、数十％程度の大きさの影響（マイナスの影響）を与えているようである。ただし、それ以降の年度では著しいマイナスの影響があったとは言い難いが、経営が苦しい場合が多い赤字を含めたPER 低位企業に関しては、最近でも退職給付債務情報のマイナスの影響が大きくみられる。次に、確定給付型年金から確定拠出型年金に移行することで、企業財務諸表への年金財政の影響が大きく減じられることに鑑み、そうした移行アナウンスの当該企業の株価への影響の有無を検証したがこれについては顕著な影響はみられなかった。これらは株価形成に積立不足等の情報が必ずしもすぐに反映されないことを示唆していて、企業が事業で得たキャッシュフローを積立不足埋め合わせに充当する段階で積立不足が株価に反映される可能性、つまり積立不足の確定給付型年金を運営する企業の将来の株式リターンが低下することを示唆していることが考えられる。そこで、個別企業の株式リターンや日本株式アクティブ運用戦略において、退職給付債務情報に基づきリスクファクターを作成し、説明力を持つかどうか時系列回帰分析を行い検証した。その結果、説明力は顕著とは言えなかったが、日本株式運用戦略のリターンに関して当該リスクファクターは、いわゆる小型株効果やバリュー株効果に比して、相対的に説明力は大きかった。退職給付会計情報は株価や株式リターンに一定の影響を及ぼしたものの、2008年のリーマンショックなどの金融危機の発生や、そもそも日本では労使合意等による退職給付債務減額等が比較的容易で、実例が近年出てきていることから、影響が限定されてきている可能性がある。

審査の結果の要旨

1. 論文の背景と着眼点

山下氏の論文は、期待効用最大化の観点から、確定給付型年金（以下、「DB」）の資産運用において採用されつつある新しい運用フレームワークを、動的資産配分の問題としてモデル化することを主な研究領域としている。

近年、DB 資産運用において、動的資産配分の考え方に基づいた戦略の一つである、資産価値が減少すると、高いリターンを狙わずリスクの低い運用を行う、下値リスク管理を実施する運用手法が注目され、実際に採用する DB も出現した。さらに、金融危機以降、深刻な積立不足に陥った DB においては、積立不足にあっては高いリターンを狙う必要があるものの、積立不足が解消されれば高いリターンは不要という考えの下での運用手法が注目され、採用され始めた。こうした資産運用手法は、DB の新しい運用フレームワークとなりつつある。

動的資産配分のモデル化やその最適性については、その嚆矢となる、いわゆる Merton モデル以降、最終期末資産額に対する効用を、額そのものだけではなく期待値のぶれを考慮することで risk sensitive にする試みなど、多様な発展が見られるものの、上述の DB の新しい運用フレームワークが最適か否かという問題は未解決である。

本論文の研究目的は、DB 資産運用における新しい運用フレームワークの具体例である、資産価値変動の下値リスクを抑える運用と、一定以上の大きさの収益機会を犠牲にしたうえでリスク資産に投資することで積立不足解消を目指す運用という、近年新しく取り入れられた二つの手法が期待効用最大化の観点から正当化できるか否かである。

山下氏は、折れ曲がった（kinked）効用関数を仮定して DB の動的資産配分を定式化したうえで厳密解を導出し、新しい運用フレームワークを期待効用最大化に基づいてモデル化することに、当研究の意義があると指摘している。

2. 論文の構成と概要

本論文は、5つの本章に加え1つの補章で構成されている。

第Ⅰ章は、研究の背景等を述べた導入部である。

第Ⅱ章は、数理モデルに基づく動的資産配分問題研究のサーベイである。具体的に

は、この分野のパイオニアである Merton モデルと、Hamilton Jacobi Bellman 方程式や Backward Stochastic Differential Equation の利用とその拡張、Malliavin 解析の利用などを概観する。

第Ⅲ章では、動的資産配分が DB 資産運用の現場でなぜ注目されているか、その背景を解説する。DB が積立不足の状態になると、運営している企業本体の財務諸表に大きな直接的影響を与える。そのため、資産価値が減少すると高いリターンを狙わずリスクの低い運用を行うという下値リスク管理を実施する運用手法と、積立不足にあっては高いリターンを狙う必要があるものの、積立不足が解消されれば高いリターンは不要という考えのもとでの運用手法とが注目され、実際に採用する DB も出始めた。こうした資産運用手法は、確定給付型年金の新しい運用フレームワークとなりつつある。しかし、こうした新しい運用フレームワークが効用最大化の観点から最適か否かという問題はこれまで未解決であった。

そこで、最適解としてそれらの運用手法を導出するモデルを作成すべく、具体的に運用手法の背景に鑑みて、①「通常」時は CRRA 型であるものの、資産価値が一定額を下回ると効用関数が垂直に折れ曲がりマイナス無限大になる効用関数と、②積立不足解消を最重要目標とし、積立不足解消となる資産額に到達すれば、効用がそれ以上増えない、すなわちその資産価値を越えると折れ曲がり水平に直線となる効用関数を設定して、動的資産配分問題を検討する。ただし、これらの折れ曲がった効用関数は微分不連続のため、通常の HJB 方程式を利用した方法ではこれらの動的資産配分問題の最適解を解くことは困難である。

第Ⅳ章では、折れ曲がりのある効用関数を使用した場合の最終期末の期待効用を最大化する動的資産配分問題の最適解が、Legendre-Fenchel 変換を利用した定式化によって、解析的に得られることを示した。具体的には、上記①及び②のそれぞれに対し、プット・オプションの買いをリバランスしていく運用手法及びコール・オプションの売りをリバランスしていく運用手法が、動的資産配分戦略における最適解となることを示した。加えて、②のケースを数値シミュレーションで確認した。

第Ⅴ章は、まとめと今後の課題の検討である。厳密解を導出する際に用いた仮定の妥当性を精査し、モデルをより実態に近づける必要があることを指摘した。

最後に、DB 資産運用の新しい運用フレームワーク出現を後押しした、退職給付会計情報の開示強化が株価や株式リターンに大きな影響を及ぼし得るという認識の是非を確かめるべく、この点を検証する実証分析を補章として付け加えた。

3. 本論文の貢献

本論文の貢献として以下の点をあげることができる。

DB 資産運用を取り巻く状況が激変するなか、動的資産配分の考え方に基づいた戦略が、DB の新しい運用フレームワークとなりつつある。ただし、動的資産配分のモデル化は、Merton モデル以降、多様な発展が見られるものの、上述の DB の新しい運用フレームワークが最適か否かという問題は未解決であった。

そうしたなか、本論文は、折れ曲がりのある効用関数を使用した場合の最終期末の期待効用を最大化する動的資産配分問題の最適解が、Legendre-Fenchel 変換を利用した定式化によって、解析的に得られることを示した。

本論文は、これまで未解決であった DB の新しい運用フレームワークが効用最大化の観点から正当化できることを示した点で、動的資産配分問題に重要な理論的貢献をおこなった。さらに、厳密解が、実務でも多用されるプット・オプションの買いをリバランスしていく運用手法及びコール・オプションの売りをリバランスしていく運用手法に対応することを示すことで、実際の資産運用にも新たな知見を加えた。

4. 全体評価と結論

本論文は、折れ曲がった効用関数を仮定して DB の動的資産配分を定式化したうえで厳密解を導出し、DB 資産運用における新しい運用フレームワークが期待効用最大化の観点から正当化できることを示した。

これまで未解決であった理論的課題に厳密な解を与えたのみならず、その解が現実の運用手法に対応することを示した点で、その独創性、新規性および現実妥当性を高く評価することができる。

以上の理由から、審査委員会は、山下氏の博士論文を総合評価した結果、全員一致で本論文を課程博士申請に十分なものと認め、博士（経営管理）の学位を授けるのに値するものと結論する。