学位論文 博士(工学)

母体財務を考慮した企業年金資産運用

2014年度

慶應義塾大学大学院理工学研究科

川口 宗紀

目 次

第 1 章　問題の背景と研究の目的　1
1.1　はじめに 1
1.2　本論文の目的 2
1.3　本論文の特徴：母体財務を考慮することの重要性 3
1.4　論文の構成 5

第 2 章　企業年金制度について　7
2.1　日本の年金制度 7
2.2　企業年金制度の種類 8
2.3　母体財務と企業年金制度の関係 9
2.3.1　母体財務と企業年金制度の会計上の関係 11
2.3.2　企業年金制度における意思決定 13
2.4　企業価値と企業年金制度 13
2.4.1　デフォルトリスクがない場合 13
2.4.2　デフォルトリスクがある場合 15
2.4.3　デフォルトによる年金のオプション性 16
2.5　企業年金制度と母体財務の関係における実証分析 17

第 3 章　日本の企業年金制度の現状　19
3.1　企業の事業リスクと年金資産の運用リスク 19
3.2　期待運用利回りと運用リスク 21
3.3　年金負債のモデル 23

第 4 章　事業リスクを考慮した企業年金運営　25
4.1　事業利益と運用資産との相関 25
4.2　事業リスクを考慮した最適資産配分モデル 28
4.3　年金負債のみを考慮した年金運用戦略 29
4.4　企業の事業リスクを考慮した年金運用戦略 32
4.5　業種の違いと資産配分 33

第 5 章　年金基金や母体財務の状態に応じた動的資産配分　35
5.1　年金運用戦略と運用期間 35
5.2　モデル 37
5.2.1　資産リターンのモデル化 37
5.2.2　運用戦略導出のための多期間最適化モデル 39

5.3 モデルのパラメータ推定 42
5.3.1 局面の分解, 運用資産のリターン分布 43
5.3.2 母体財務の事業リターン 46
5.3.3 中長期的見通しの反映 48
5.4 最適な運用戦略と母体財務の関係 48
5.4.1 分析条件の設定 48
5.4.2 景気変動対応戦略の有効性 50
5.4.3 景気変動対応戦略と固定資産配分戦略の資産配分の違い . . . 51
5.4.4 母体の違いによる最適運用戦略の違い 53
5.5 まとめ 56

第 6 章 終わりに **59**

図 目 次

2.1 日本の年金制度の構造 7
2.2 母体財務と企業年金制度との関係 10
2.3 母体財務と企業年金制度との会計上の関係 12

3.1 事業リスクと運用リスクの比較 20
3.2 割引率と期待運用収益率の推移 22
3.3 割引率と期待運用収益率の差 (2011 年度) 22

4.1 年金負債のみを考慮したときの効率的フロンティア 30

5.1 各資産リターンから推定したレジーム 44
5.2 各業種におけるリスクリターンのフロンティア曲線 50
5.3 最適な資産配分 (ハイテク業) 横軸：サープラスリターン下限値 . . . 52
5.4 最適な資産配分における推定リスク (ハイテク業) 53
5.5 3 期目最適な資産配分における推定リスク (各業種) 54
5.6 最適な資産配分の景気感応度 (各業種) 55

表 目 次

2.1 企業年金制度の比較 9

3.1 企業財務に占める退職給付債務の規模 19

4.1 分析に用いた資産リターンの統計量 26
4.2 利益率と運用リターンの相関 27
4.3 年金負債のみを考慮したときの資産配分 30
4.4 期待サープラスリターン 1%の資産配分 31
4.5 期待サープラスリターンが 1%のときのトータルリスク 32
4.6 事業リスクを考慮したときの推定サープラスリスクと資産配分 33
4.7 業種別の資産配分 34

5.1 各レジームにおける各資産の統計量 (年率換算値) 45
5.2 局面間の遷移確率 (年率換算値) 46
5.3 事業リターンの統計量 47
5.4 中長期的見通しを反映した各局面での期待リターン, 標準偏差 49
5.5 事業リターンの統計量と資産配分の景気感応度 55
5.6 事業リターンの統計量と資産配分の景気感応度との関係 (ハイテク) . 56

第1章　問題の背景と研究の目的

1.1　はじめに

企業年金運営において, 年金資産をどのように運用していくかは非常に重要な問題である. 年金資産の長期的な運用方針の策定, 運用資産の選定, 投資比率の決定など, 年金担当者には, さまざまな判断が求められる. また, ヘッジファンド, 不動産やコモディティなどといった運用商品の広がりに加え, ダウンサイド抑制型の運用戦略やLDI（Liability Driven Investment）[1] など運用手法も選択肢の幅が広がり続けている.

企業年金制度は企業側が従業員に対して用意する報酬制度であり, 企業経営戦略の1つである. したがって, 企業年金の予定利率や運用リスクなど運営方針の決定はスポンサーである母体財務の経営者によって行われる. 年金担当者は現状の退職給付債務や年金資産の積立状況などの現状認識を行い, 年金財政の健全性を検証する. また, 経営者が定めた運営方針に従い, 年金財政の現状を踏まえ運用資産の選定や投資比率, 運用戦略などを決定する. これらを決定するときに考慮される主な項目として, 投資対象資産のリスク・リターン, 投資対象資産の間の相関関係, 年金負債の状況などが挙げられる.

母体財務の資産と年金資産は, 退職金の原資となる年金資産の保全の観点から母体財務と切り離して分別管理することになっている. この分別管理については異論を挟む余地は無いが, 運営の観点から見たとき母体企業の経営と年金制度の運営は完全に独立してはいない. 例えば, 年金資産の積立が十分でない基金が積立比率の回復を目的として, 過度なリスクを取った運用を行ってしまう可能性がある. 最終的に積立不足に対する責任は母体企業の側にあるため, 仮にその運用が失敗すれば企業側に大きな負担を強いることになり, 年金制度どころか母体財務にまで甚大な影響を及ぼす懸念がある. また, いくら年金の財政状態が健全であっても, 母体財務が健全でなければ年金制度を維持していくのは難しい. 例えば, 年金給付の減額や年金制度の廃止といった事例も発生している. 一方で, 年金資産の運用に失敗したとしても, その母体財務が健全であれば, 追加拠出という形で運用の失敗を埋め合わせることができる. このように年金給付の確実性は母体企業の財務状態と深く関わっている.

企業年金の加入者はその母体企業の従業員でもあることから, 仮に母体企業が破綻した時には企業年金の給付を失うだけでなく, 同時に職も失うことになる. 実際に母体企業が困窮している状況下では, 年金加入者は企業年金の解散よりも年金給付額を引き下げる方を選ぶ傾向にあるようである (岡本 (2006)). 年金加入者が母体企業の従業員でもあることを考えると, 年金資産の運用において母体企業の状況を考

[1] LDI については, 例えば臼杵 (2007) などが詳しい.

慮しておくことは必要である.

またIFRSの適用に伴う退職給付会計の見直しによって, 平成25年4月1日以後に開始する事業年度の年度末に係る財務指標から, 貸借対照表上は積立不足の遅延認識が認められなくなることとなった. 見直し前は年金資産の運用によって発生した積立不足の一部は, 未認識項目として一定の期間で償却することが許容されていた. しかし見直し後ではこの未認識項目の存在は認められなくなり, 母体財務の負債として計上しなければならない. このことは, 年金資産の積立状況が母体財務に直接影響を与えるようになったことになる. つまり, 母体財務と年金制度との会計上のつながりはより強くなり, 母体企業からの年金制度に対する評価が厳しくなったことを意味する. 古市 (2003) によると, 退職給付に係る会計基準の導入 (2000年4月1日) が年金給付水準の引き下げや厚生年金基金の解散が増加した理由として指摘されていたこともあるようである. また Comprix and Muller III(2011) は米国で閉鎖された年金について分析を行い, 会計上の負担が大きい企業の年金が閉鎖される傾向にあると結論付けている. 英国の FRS17, IAS19 や米国の SFAS158 によって退職給付債務が完全に認識されることになったことで, 年金のアセットアロケーションに変化があったことを報告している文献 (Amir, Guan and Oswald(2010)) もある.

1.2　本論文の目的

母体財務と年金制度との関係は非常に強く結びついているが, 年金資産の運用において母体財務の状態を考慮しておくことは重要であると考える. そこで本論文では年金担当者が年金資産の運用戦略を構築する際に, 母体財務の状況を考慮することの重要性について論じる. 母体財務のリスク特性まで考慮し, 母体財務と年金制度が同時に悪化するのを避けることで, 年金制度が破綻しそうなときに母体財務が救済できる可能性を高める. 年金制度の加入者にとっては年金給付が確実に行われることが最も重要なことであり, その給付の可能性を高めることができるような運用戦略が加入者にとって最も望ましい. したがって, 年金制度の運営において, 母体財務の状況を考慮しておく必要は十分にあると考えられる.

年金資産の運用方針決定の際に, 母体財務の特性のどのような点を考慮し, どのように運用戦略に反映させるのかについて考える. まず, 本論文で提案する考え方を採ったときの効果と問題点について論じるために, 企業側と年金制度側との間にある関係を整理する. また, 企業の決算データを分析し, 企業年金と母体財務の間の関係の現状を把握する. その上で, 母体財務の特性を考慮した年金資産の資産配分決定モデルを構築し, そのモデルに基づいて資産配分を導出する. そして, 母体財務を考慮したときとしていないときとで, 年金給付の確実性や年金運用時の資産配分にどのような違いが現れるのかについて考察する. 今後年金運用における資産配分を考えるときに, 母体財務のどのような点について注目すべきかについて示唆を得る.

具体的には, 母体企業の業種の特性を持つ仮想的な企業を設定し最適な資産配分を導出した上で, 企業の特性の違いによって望ましい資産配分が異なることを示す. 当然, 母体企業の特性を考慮しない場合よりも, 考慮した場合の方が年金給付の確実性は高まることは明らかである. しかし, 年金資産をどのように配分すべきかは, 何

らかのモデルを構築しなければ知ることができない.

母体財務の特性として, 母体企業の事業リスクと運用資産との相関, 景気変動に対する事業や資産のリターンの統計量の変化に注目し, これらの特徴を取り扱えるようにそれぞれ特性に合わせて構築したモデルを用いて議論を進める. 母体企業と年金制度の分散化を図ることを考えた場合に, 母体企業の事業リスクと運用資産との相関に注目するのは自然であろう. また, 景気変動に対する事業や資産のリターンの統計量の変化に注目した理由は, 過去の年金資産の積立水準の推移を分析すると景気変動に大きく影響を受けていることが示唆されたためである. 単純に景気変動に対する事業や資産のリターンの統計量の変化のみを考えるのであれば, 景気変動における局面に合わせて資産配分を決定すればよい. しかし, 年金制度は長期にわたる制度であり, 上述のような短期的な視点のみの資産配分の決定では十分ではない. そこで中長期的な積立水準の維持も考慮に入れることができるようにモデル構築を行った.

1.3 本論文の特徴：母体財務を考慮することの重要性

本論文の特徴を明らかにするために, 母体財務を考慮することの重要性について整理しておく. 年金資産を運用する際の資産配分を決定する研究は数多くあるが, 母体財務の状況を考慮して行われた研究は筆者の知る限りほとんど存在しない. 例えば, Mulvey, Simsek and Pauling(2003) では, 年金資産の最適資産配分についてモデルを提案しているが, 母体財務の特性まで十分に考慮されておらず, また母体財務と年金制度の会計上の関係も十分に考慮されていない. そのため, 従来の研究だけは, 年金運用において過剰にリスクを取ってしまうことで母体財務の企業価値を毀損させたり, 過剰に年金運用のリスクを抑え必要なリターンが獲得できず年金給付が減額されたりするという事象の可能性を十分に考慮することができなかった. したがって, その運用戦略のもとでは関係する 3 者のうちで最も立場の弱い年金加入者に対して, これらの事象の発生によって損害を与える可能性を高めてしまうことになる. そこで本研究では年金加入者が母体財務や年金制度の破綻によって損害を被る可能性を抑えるような年金運用戦略を構築するためのモデルを提案した. このモデルでは母体財務と年金運用のリスクを包括的に扱うことで, 両者の間のバランスがとれた運用戦略を構築することができる. この運用戦略をとることで, 例示した事象が発生する可能性を抑制し, 年金加入者が被る損害を小さくすることができるものと考える.

またこのような考え方に基づく運用は母体財務の経営者にとっても望ましい運用となっている. 母体財務と年金制度が同時に悪化しないようにすることで, 母体企業の倒産リスクが抑えられる. その結果として, 母体企業の調達コストが抑制され, 母体財務の企業価値が高まることになる. ただし, 株主や企業経営者と年金制度加入者の間にはエージェンシー問題が存在するため, 株主や企業経営者と年金加入者で立場をあいまいにしておくと議論が精緻に行えなくなることがある. 本論文では年金制度加入者の立場もしくは年金担当者の立場に立って議論を進めたい. したがって, 本論文で提案する年金運用戦略がもたらす株主や企業経営者にとっての効果は二次的なものとして扱う.

本論文では年金担当者は母体財務の状況を十分に理解しており, 企業経営者と年金担当者の間には情報の非対称性が存在しないものとして考える. 規約型の場合には年金担当者は事業主であり, 情報の非対称性は存在しない. 基金型の場合には年金基金の理事は事業主が選定することとなっており, 両者の間の情報の非対称性は小さいと考えられる. また, 情報の非対称性が存在するとした場合でも, 年金担当者が入手できる範囲での情報を利用すると考えれば本論文の議論は適用できる. この場合には, 母体財務の特性を考慮した運用戦略の効果は減じられる.

年金運用において母体財務の影響が考えてこられなかった理由は 2 つ考えられる.

(1) 年金運用において母体財務の影響を考えるほどの状況下に無かった可能性がある. 年金運用において母体財務を考えるというアイデア自体は以前から存在していた. しかし, 年金運用の失敗は年金制度の変更などを通じて, 年金加入者に転嫁されてきた過去があり, 年金担当者は母体財務の状況まで考慮した運用手法を構築するまでに至っていない. その理由としては, 母体財務のリスク特性の捕捉や導出された運用戦略の実行の難しさが影響していると思われる. しかし, ERM のような企業の事業リスクに関する研究の発展や, ヘッジファンドや ETF など運用技術の向上など, これらの障害は今後解消していくことが予想される.
(2) 年金担当者の受託者責任の範囲が明確ではなく, 両者を包括的に扱った議論がしにくかったためと考えられる. 受託者責任について, 企業年金連合会のホームページ上の説明を引用すると, 「管理運営にかかわる者（受託者）がその任務の遂行上, 当然果たすべきものとされている責任と義務のことをいう」と定義されている. ここでの議論は忠実義務と呼ばれるもので, 同様に引用すると「加入者や受給者の利益のためだけに忠実に職務を遂行する義務」とされている. 例えば, 年金資産を使って母体財務のリスクをヘッジするという考え方は, 明らかに年金加入者に損害を与えるため, 忠実義務に反する. 母体財務のリスク特性を考えて年金運用の資産配分を決定するという考え方は, この忠実義務に反するかどうか明らかとはなっていない. そのため, このような議論がしにくかったと考えられる. あくまで筆者個人の意見であるが, 年金給付の確実性を高めることのみを考え, 年金加入者に損害を与えないようにすればこの忠実義務には反しないと考える. 場合によっては, 母体財務と年金制度の関係を無視して, 母体財務の特性を考慮に入れないことが忠実義務に反すると考えることもできるかもしれない. いずれにせよこの忠実義務に反するのか反しないのかという点が法的に整理されない限り, 本論文の考え方は法的リスクが存在し実務で普及していくのは難しい.

本論文は母体財務のリスクを考慮しつつ, 年金資産の最適な運用手法について議論をしている. したがって, 母体財務や年金制度が破綻しそうな状態にあるとき, そもそも年金資産の運用によってそれらを救済できないようなときには本論文の議論は適用できない. 年金基金が破綻しそうな場合には, 母体財務から追加拠出してもらったり, 年金制度の見直しにより退職給付債務を削減したりすることで年金基金を救済することになる. 前者の場合は母体財務に負担をかけることになる. 後者の場合は年金給付額を削減することになるため, 年金加入者にとって不利益をもたら

す. 本論文ではこのような状況に陥らないようにすることを目的としている. 例えば, 本モデルで最適な運用戦略を導出したとき, 母体財務や年金基金にとって許容可能なリスク水準となっていなかった場合には, 年金資産の運用のみでは年金制度を破綻から救い出すことは出来ず, 追加拠出や年金制度の見直しが必要となる. また, 本論文のモデルでは目標となるサープラスリターンを設定する必要があるが, 年金資産の積立比率が非常に低い（例えば積立比率が20%のような水準）ときには, サープラスリターンを平均的な値（例えば1%）に設定することは, 積立比率が回復するまでに80年という時間をかけるということを意味しているため, 現実的な設定とは言えない. 現実的に許容可能な設定を与えることができないときも, 追加拠出や年金制度の見直しが必要となる. このように本論文で提案するモデルは年金資産の運用のために最適な資産配分を決定するだけではなく, 追加拠出等の対応が必要かどうかの判断をする材料を提供することもできる.

本論文の新規性は, 以下の3つである.

(1) 母体財務の特性に応じた年金運用の考え方の効果と問題点について整理したことである. 理論的な側面だけではなく, 実務的な観点も踏まえ整理を行った. このような考え方は以前からも存在し特に目新しいものではないが, 理論面と実務面の両方から年金担当者の立場に立って議論を行った論文は筆者の知る限り存在しない.

(2) この考え方に基づいて実際にモデルを提案したことである. 事業リターンと運用資産のリターンとの相関, 景気変動に対するそれぞれのリターンの統計量の変化という2つの特性に応じてモデルを提案した. 提案したモデルは簡単なものであるがよく利用されているモデルの拡張となっており, 実務によく馴染むモデルである.

(3) 本論文の考え方に基づき, 構築したモデルを用いて最適な資産配分を導出し, その特徴について整理したことである. 過去の企業の決算データに基づいて推定したモデルパラメータを使って, 事業リターンの特性の違いによって最適な資産配分の差異がどの程度であるのかについて議論した. このように見ることで, 企業それぞれのリスク・リターン特性に応じて望ましい資産配分が異なり, 本論文で主張する母体財務の特性に応じた年金運用の重要性が, 定性的のみではなく定量的にも確認できた.

本論文のモデルは年金資産の運用における資産配分を決定するためのものであるが, 企業の金融資産の運用についても利用可能であると考えられる. ただし, 年金運用の議論では年金負債を考える必要があるが, 金融資産の運用を考える場合には年金負債に相当するものは無いことや, 年金資産の分別管理などの点で異なる. そのため企業の金融資産の運用を考える場合には, 年金負債を持っていないものとして考えればよい.

1.4 論文の構成

本論文の構成は以下の通りである. まず, 2章では企業年金制度と母体財務の関係について, 理論研究と実証分析の両面から先行研究をまとめる. 3章では, 日本の企

業決算データをもとに, 両者の関係について整理する. 4 章では, 年金の資産配分を決定する際に, 母体企業の事業リスクと運用資産との相関を考慮するためのモデルを提案する. そして, 特性の異なる企業を想定し, このモデルを使ってその企業に適した資産配分を導出し, 企業の特性の違いによって望ましい資産配分が異なることを示すことで, 年金運用において母体財務を考慮することの重要性を論じる. 5 章では, 景気変動に対する事業や資産のリターンの統計量の変化に注目し分析を行う. 母体財務の特性を取り込みつつ, 中長期的なサープラスリターンの確保と短期的な運用リスクの抑制という期間の異なる 2 つの運用目標を達成するためのモデルを提案する. このモデルを使って, 母体財務の事業リターンの景気感応度の違いが最適な動的運用戦略の景気感応度に影響を与えることを示す. 6 章はまとめである.

第2章　企業年金制度について

2.1　日本の年金制度

年金制度はその加入者が退職の収入を保証するために設けられた制度である．日本の年金制度は，図 2.1 のように 3 階建の構造を持っている．この図は厚生労働省 (2013) を参考に作成した．

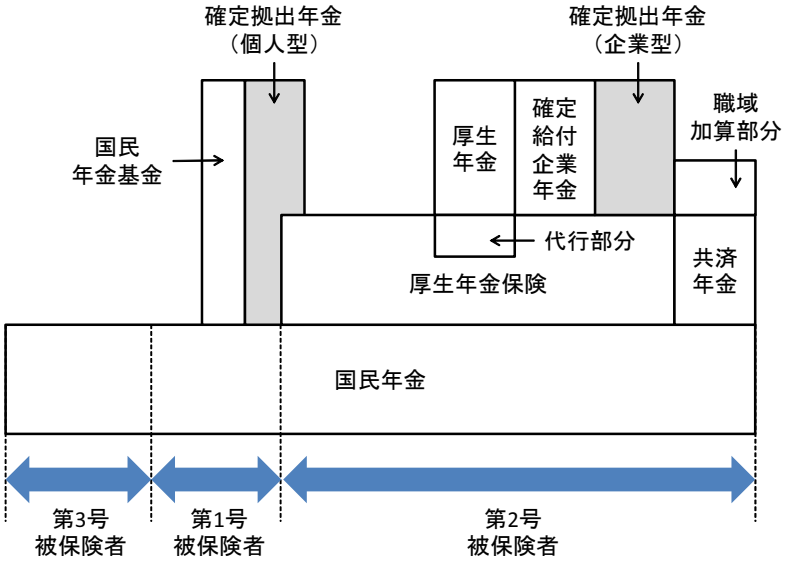


図 2.1: 日本の年金制度の構造

1 階部分は国が管理運営する国民年金，2 階部分は厚生年金基金や共済組合が管理運営する厚生年金や共済年金であり，3 階部分は年金基金が管理運営する企業年金や個人的に加入する個人年金などである．1 階と 2 階部分は国が制度として定めた公的年金であり，3 階部分はそうではない私的年金である．国民年金は老後の最低限の生活保障を目的としたもの，その他の部分についてはより老後の生活水準を高めることを目的としている．

その目的の違いからその仕組みに大きな違いがある．国民年金は，勤労世代が拠出した年金原資を受給者が受け取る，賦課方式である．一方，厚生年金や企業年金は，将来の給付に向けてその雇用主や加入者自身が積み立てていく積立方式である．

年金制度の基本的な構造は，年金の原資となる掛金の拠出を加入者やその雇用主が支払い，それを運用し，受給権が発生した加入者に対して給付を行うというものである．それぞれの年金制度によって，掛金の拠出や原資の運用方針を決定する主体が

異なる. 掛金の拠出は国民年金では加入者が, 厚生年金では加入者と企業が, 企業年金では企業が行う. また, 年金原資の運用は国民年金と厚生年金では日本年金機構が, 企業年金では年金基金が行う. ただし, 厚生年金の運用については企業側が行うことも認められており, この場合には厚生年金基金が運用を行う.

厚生年金の運用を企業側が行うことによって, その運用を企業年金の運用と合わせて行うことで運用におけるスケールメリットが得られる. また, 厚生年金部分の積立余剰部分は企業年金部分に回すこともできる. しかし, 昨今の運用難の状況を反映して, 厚生年金部分の運用を国に返上する「代行返上」という動きが見られる. また, 2014 年 4 月 1 日以降は, 厚生年金基金の新規設定は認められなくなった.

本論文ではこのうち企業側が運用方針を決定する厚生年金と企業年金について, 議論していく.

2.2　企業年金制度の種類

企業年金はおおまかに, 確定給付型, 確定拠出型, キャッシュバランスプランに分類される. 確定給付型企業年金はあらかじめ決められた給付額が受給者に対して支払われる年金制度である. そして, 給付の原資は企業が拠出した掛金を積立て, また運用することで確保する. 掛金は将来の年金給付の想定や資産運用の期待利回り（予定利率と呼ばれる）などの想定に基づき決定される. これらの想定は基礎率と呼ばれる. しかし, 年金資産の運用成績が悪いなどの理由により年金の給付原資が不足したとき, その不足額は追加拠出という形で企業が補填しなければならない. つまり, 年金資産の運用は企業側の責任として行われる.

確定拠出型企業年金は, 給付額が決められた確定給付型企業年金と異なり, 年金の原資である掛金が決められた年金制度である. 拠出された資産は年金加入者ごとに管理され, 資産の運用方法も年金加入者が決定する. 年金給付額はその運用成績に応じて変動する. したがって, 年金資産の変動リスクは加入者が負うことになる.

キャッシュバランスプランは, 確定給付型企業年金のように給付額が決まるのではなく, 指標利率と呼ばれる利回りによって給付額が決まる年金制度である. 年金給付額は毎年の年金拠出と指標利率による運用利回りによって決定される. 指標利率までの利回りについては企業が保証しなければならない. 指標利率は (1) 定率, (2) 国債の利回りその他の客観的な指標であって合理的に予測することが可能なもの, (3)(1) と (2) の組み合わせ, (4)(1) または (2) に上下限を定めたもの, のいずれかから選択することが確定企業年金法施行規則第 29 条の中で定められている. 市場の動向に応じて保証すべき運用利回りが変動することで, 年金給付に必要な利回りと実際の運用成績の連動性が高まり, 年金原資の不足を生じにくくすることができる. 年金運用の責任は企業が負うが, 年金給付額が確定しないというリスクは加入者が負うことになる. 年金給付のリスクを企業と加入者とで分担するという点から, 確定給付型企業年金と確定拠出型企業年金との間に位置する企業年金制度といえる. また, キャッシュバランスプランとは異なり確定給付型企業年金と確定拠出型企業年金との組み合わせを模索している研究もある (Ponds and Riel(2007)).

退職給付会計上, 確定拠出型企業年金は退職給付債務を計上する必要はない. そのため, 確定拠出型企業年金は企業から切り離される. 一方, 確定給付型企業年金やキャッシュバランスプランは退職給付債務を計上する必要がある. キャッシュバランスプランの給付額は割引率と連動するため, 一般的に退職給付債務の変化は確定給付型企業年金よりもキャッシュバランスプランの方が小さい.

また, 疑似キャッシュバランスプランと呼ばれるものもある. これは, 年金の加入期間中は確定給付年金のように一定の利回りでの運用が想定されるが, 退職後はキャッシュバランスプランのように指標利率によって給付額が決定する制度である.

以上のことをまとめると以下のようになる.

表 2.1: 企業年金制度の比較

	運用リスクの負担者	退職給付債務の計上
確定給付型企業年金	企業側	要
キャッシュバランスプラン	企業側・加入者側	要
確定拠出型企業年金	加入者側	不要

なお, 厚生年金は平均給与×給付乗率×加入期間という式によって年金給付額が定められており, 給付額は年金原資の運用成果によって変動することはない.

2.3 母体財務と企業年金制度の関係

次に, 母体財務と年金制度の関係について整理する. 以降では, 企業年金と呼んだ場合, 母体財務と会計上つながっている確定給付型企業年金部分（厚生年金の代行運用部分も含む）を想定している.

企業年金は, その名前が示す通り, 企業側が設け運営する制度である. キャッシュバランスプランを含む確定給付型企業年金は, 規約型と基金型に大別される. 規約型は企業とその従業員の間でルールを定め, 契約した信託銀行や生命保険会社等が管理運営する年金制度である. 一方基金型は, 企業年金基金を作り, その組織が定めたルールに従って管理運営する年金制度である. 両者は運営主体が異なるものの, 母体財務は退職給付債務を計上しなければならない点では同じである.

企業が年金制度を設ける目的は従業員の福利厚生のためである. つまり, 年金制度を設けることによって, 従業員がその企業に勤務する魅力が高まり, 従業員の退職が抑制される. そして, 経験を重ねた従業員が増加し, 従業員の生産性が向上していく. また, 従業員の教育にかかるコストが抑制できる. これらの結果, 企業価値の向上に資することになる.

この効果は, 長期的に従業員が勤務したくなるような制度でなければならない. 年金制度は従業員が企業に対して労働力を提供してから, その報酬の一部を年金という形で支払う制度である. 年金制度が持つ従業員が定着する効果をより高めるためには, 勤続年数が長くなるほど年金給付額が多くなるように設計すればよい. 実際,

企業年金の多くは勤続年数に応じて増加する給与に連動して年金給付額が増加する形になっている.

しかし, 企業の財務状況が悪く, 年金給付が行われないという懸念が高まるほど, その効果は減じられることになる. そこで, 母体財務と切り離された資産を将来の給付のために積み立てておくことで, 将来の年金給付に対する確実性を高めるようにしている. つまり, 企業年金の資産は母体財務と切り離された形で管理されることになる.

例えば, 吉田 (2008) の第 1 章には, 東証一部上場企業に対し企業年金採用理由に関するアンケート調査が報告されている [2]. 「資金を外部に積み立てるため, 従業員に安心感を与える」「退職金コストが平準化される」「税制上の優遇措置が適用される」 の 3 つの理由に対する回答が多かったようである. 一つ目の「資金を外部に積み立てるため, 従業員に安心感を与える」からは, 企業年金制度を設けることで従業員の勤労意欲向上に資することを前提としており, 給付の確実性を高めることによって勤労意欲向上の効果を高めようとしていることが読み取れる. 二つ目の「退職金コストが平準化される」は, 退職一時金との比較からの回答と思われる. つまり, 退職一時金の給付が一時期に行われるのに対して年金の場合には長期間にわたって給付が行われることから, 母体財務に与える影響は年金の方が小さい. このように企業側にとっては退職一時金や企業年金に対する負担を感じつつもこのような制度を設けているということであり, その効果を認めていると解釈することもできる. 三つ目の「税制上の優遇措置が適用される」は Black(1980) や Tepper(1981) で論じられているが, 母体財務から年金原資の拠出を行ったときそれを損金として扱うことができるため法人税の課税対象とならないということである. このように, 企業側にとって企業年金制度は加入者の福利厚生以外に, 節税という目的もある.

図 2.2 は, 管理と運営の観点から母体財務と企業年金制度の関係を表したものである.

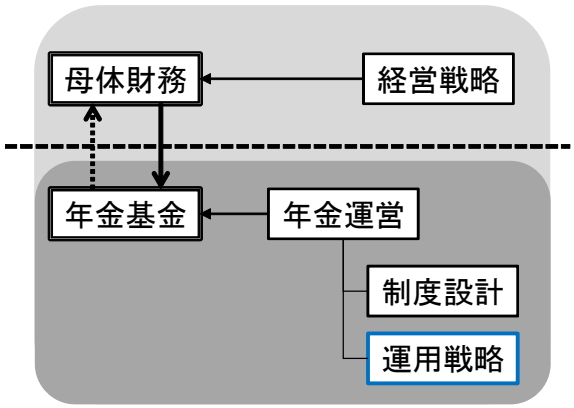


図 2.2: 母体財務と企業年金制度との関係

まず, 母体財務が倒産した場合でも年金給付の原資を確保するために, 年金資産は

[2] 正確には, このアンケート調査は 1995 年に行われたものであるため, 当時の確定給付型年金に相当する適格退職年金についてである.

母体財務とは図 2.2 の点線のように分別管理が原則である. その 1 つの例として, 事業主や基金の理事の受託者責任がある. これは, 確定給付企業年金法 69〜72 条に規定されており, 事業主や基金の理事は加入者等のため忠実にその業務を遂行することを義務付け, 自己又は加入者等以外の第三者の利益を図る行為などを禁じるものである. 例えば, 母体財務がもつ為替のリスクを年金資産を使ってヘッジするといった行為は, 年金加入者にとっては将来の給付のための原資を他の目的で利用していることになるため, 受託者責任に抵触することになる.

しかし, 母体財務と企業年金は完全に切り離されているわけではない. 例えば, 年金資産の運用が不調な時には, 母体財務から企業年金への追加拠出により年金基金を助けることができる. 一方, 母体財務が不調であれば, 年金制度の見直しによる将来の年金拠出を削減したり, 年金への拠出の停止したすることにより, 母体財務の負担を軽減することができる[3]. このように, 母体財務と企業年金とは通常は互いに独立なものとして管理されるが, どちらか一方が不調の場合にはもう一方が助けるという関係にある.

図 2.2 の右側には, それぞれ母体財務と年金基金が必要とする意思決定を書いている. 母体財務は経営戦略を, 年金基金は年金運営方針として, 年金制度の設計や年金資産の運用戦略を決定する.

このように図示すると, 年金資産の運用戦略の決定には母体財務の状態を勘案すべきであることが分かる. しかし, 通常の実務では年金運用戦略を決定する際には, 年金基金の状態までしか考慮されていない. なぜこのようになっているのか理由は定かではないが, 考えられる理由として母体財務のリスク要因について把握が難しいことや年金基金の理事が母体財務のリスク特性についての情報を十分に持っていない, 受託者責任に抵触するかどうかの線引きの難しさなどの理由が考えられる.

2.3.1 母体財務と企業年金制度の会計上の関係

次に母体財務と年金制度の会計上の関係について説明する. 年金の積立状況は, 財政検証という形で毎年チェックされることになっている. まず, 数理計算と呼ばれる年金給付のために必要な積立額を計算する. これは数理債務と呼ばれる. この数理債務に対して年金資産が十分にあるかどうかを確認するのである. 仮に, この数理債務に対して年金資産が著しく不足している場合に, 積立状況を改善するために年金資産を追加的に拠出することが義務付けられている.

では年金資産や年金負債は, 会計上どのように扱われるのであろうか. 退職給付に関する会計制度の取り扱いについては, 平成 24 年 5 月 17 日に公表された企業会計基準第 26 号「退職給付に関する会計基準」及び企業会計基準適用指針 25 号「退職給付に関する会計基準の適用指針」によって改正された. したがって, 改正前後でこれらの年金資産や年金負債の取り扱いが異なる. なお, この改正は平成 25 年 4 月 1 日以後に開始する事業年度の年度末に係る財務指標から適用された.

図 2.3 は, 母体財務と年金制度との会計上の関係を表したものである.

[3]ただし, この場合には年金加入者の同意が必要となる.

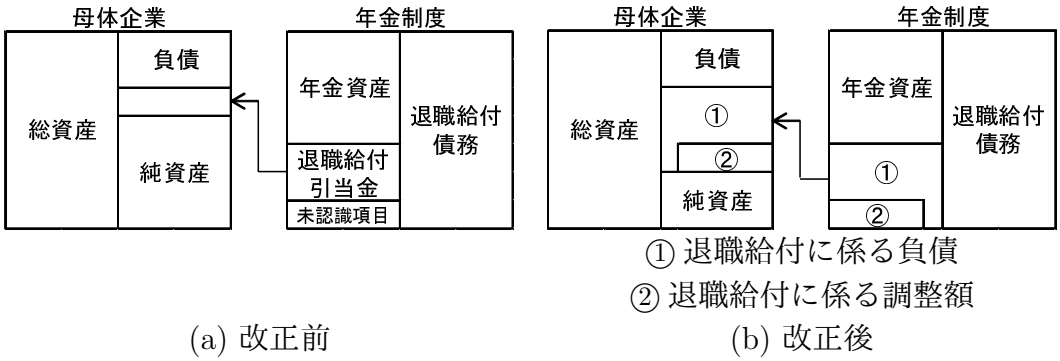


図 2.3: 母体財務と企業年金制度との会計上の関係

まず, 改正前（平成 10 年 6 月 16 日公表）について説明する [4]. 退職給付会計上では年金負債は退職給付債務と呼ばれている. この退職給付債務に対して年金資産の不足が発生している場合には, その差額（未認識項目）を費用認識して母体財務に計上することになっている. しかし, この費用認識はすぐに行われる必要はなく, 一定期間の中で徐々に費用認識することができる. このことは「遅延認識」と呼ばれ, 長期にわたる年金制度の性質に応じた退職給付会計の特徴である. なお, 遅延認識は将来的には認められなくなる方向に向かっている. したがって, この未認識項目があることによって, 母体財務に計上される退職給付引当金は退職給付債務から年金資産を引いたものに一致しないことになる. このように未認識項目の存在によって, 積立不足がすぐに母体財務の負債として認識されないことを, 遅延認識という.

改正後には, この遅延認識が貸借対照表上は認められなくなっている. つまり, 退職給付債務から年金資産を引いた金額（「退職給付に係る負債」と呼ばれる. 図 2.3(b) の ① の部分）が母体財務の負債として取り扱われる. 改正前の未認識項目の部分まで, 負債として認識されることになる. 同時に未認識項目の部分は, 「退職給付に係る調整額」として純資産の一部として計上される.

遅延認識廃止前であっても注記事項に未認識債務という形で公表されていたにも関わらず, この遅延認識の廃止された理由は, 遅延認識が存在することによる会計情報の不透明性が高まっているためである. 会計上の不透明性が高まるということは, 株式市場がその企業を評価できていないということを意味している. 柳瀬・後藤・上野 (2013) でも述べられているように, 退職給付債務の計算プロセスは相当に複雑であり, 株式市場がその意味を効率的に織り込んでいない可能性がある. 国内外の企業に対して実証分析を行った結果として, Coronado and Sharpe(2003), Franzoni and Marín(2006), Nakajima and Sasaki(2010), 柳瀬・後藤 (2011) などがあるが, 株式市場が十分に企業年金の積立不足を評価できていない可能性を示唆するものである. 遅延認識の廃止は会計情報の透明性を高めることを目的として行われたものであるが, その結果として企業年金制度に対する管理が厳格化されたことになる.

[4] なお 3 章以降では決算情報を用いた分析を行うが, 分析に用いた企業年金に関する会計情報は平成 10 年 6 月 16 日公表の退職給付会計基準に基づいている.

2.3.2 企業年金制度における意思決定

会計上の母体財務と年金制度の関係について述べてきた. 次に, 年金運用における意思決定の観点から, 母体企業と年金制度の関係について整理したい. 規約型の企業年金制度の場合, 母体企業の事業主が年金担当者となる (確定給付企業年金法 第四条第一項第一号). 基金型の企業年金制度の場合, 年金基金の理事は「その半数は事業主において事業主（その代理人を含む）および実施事務所に使用されるもののうちから選定し, 他の半数は加入者において互選する」（確定給付企業年金法 第十八条第三項）, 理事長は「理事のうち一人を理事長とし, 事業主において選定した代議員である理事のうちから, 理事が選挙する」（確定給付企業年金法　第二十一条第三項）と定めれている. 母体企業の事業主と年金担当者の関係は非常に近い.

企業の経営者と年金担当者とが非常に近い関係にあるため, 経営者が年金担当者に対し経営上つながりの深い個別企業への投資を指図するような利益相反行為を行う可能性がある. 確定給付年金法では, このような行為に制限を設けている. 第 69 条では事業主が, 第 70 条では基金の理事が, 加入者等のために忠実にその業務を遂行しなければならないこととし, 年金資産の運用に関して特定の方法を指図することを禁じている[5]. これは受託者責任の 1 つである, 忠実義務と呼ばれる.

このように, 母体企業と年金制度の間には, 利益相反が生じる可能性がある. これを防止するために法的に受託者の行為基準が定められている. 母体企業側に責任準備金や最適積立基準額を定め, これらを下回った場合には母体企業は追加拠出を行うことで積立不足を軽減しなければならないことが義務付けられている.

このように法的に年金加入者は守られているが, 積立不足が深刻な場合には年金給付の減額や年金制度の廃止などが行われている. 柳瀬・後藤・上野 (2013) では, 実証分析の結果から積立不足が深刻な年金制度を持つ企業について, 年金給付の減額による母体企業の財務の健全化の可能性を市場が評価しているかもしれないことを指摘している. このことから, 年金給付の減額や年金制度の廃止といった可能性がある限り, そこを通じて利益相反が生じうるのである.

2.4 企業価値と企業年金制度

年金制度によって企業価値はどのような影響を受けるのか, 先行研究に基づいて簡単なモデルを使って考察を行う.

2.4.1 デフォルトリスクがない場合

本項では, まずデフォルトリスクがない場合について考える. まず, 年金制度の年金資産を PA, 年金負債を PB とする[6]. また, 母体財務の資産を A, 負債を D, 純資産を E とする. 母体財務と年金制度の合算して考える. つまり, $A+PA=D+PB+E$ である.

[5] ここで禁じられているのは個別株式に対して投資を行うなどの特定の方法を指図することである.
[6] ここでは会計上での数値に対して議論を行うため, 年金負債は退職給付債務のことである.

次に母体財務の事業収益率, 年金運用の収益率を表す確率変数をそれぞれ r_A, r_I とし, 次のように定義する.

$$r_A = r + \beta_A r_M + \sigma_A \varepsilon_A \tag{2.1}$$
$$r_I = r + \beta_I r_M + \sigma_I \varepsilon_I \tag{2.2}$$

ここで, r は無リスク金利, β_A, β_I はマーケットベータ, r_M はマーケットポートフォリオのリターンを表す確率変数, σ_A, σ_I はそれぞれ事業収益率, 年金運用の収益率における個別要因のボラティリティ, $\varepsilon_A, \varepsilon_I$ は標準正規分布 (平均 0, 標準偏差 1) に従う確率変数である. 上の式は, CAPM が成り立っている前提で導出されたものである. したがって, β_A, β_I については,

$$\beta_X = \frac{\mathrm{Cov}(r_X, r_M)}{\mathrm{Var}(r_M)} \quad (X = A, I), \tag{2.3}$$

を満たす. また, $\mathbf{E}[r_M] = \lambda$ であり, λ はリスクプレミアムである. さらに, r_M と $\varepsilon_X (X = A, I)$ は互いに独立であり, $\mathrm{Cor}[\varepsilon_A, \varepsilon_I] = \rho$, $\sigma[r_M] = \sigma_M$ とする.

ここから母体財務の ROE r_E を求める.

$$r_E = \frac{1}{E}\left(r_A A + r_I PA - rD - rPB\right) \tag{2.4}$$

母体財務の負債は無リスク金利で調達できるものとし, 年金負債は再評価率を無リスク金利として評価されたものとする. この式に r_A, r_I を代入して,

$$\begin{aligned} r_E &= \frac{1}{E}\{rE + (\beta_A r_M + \sigma_A \varepsilon_A)A + (\beta_I r_M + \sigma_I \varepsilon_I)PA\} \\ &= r + \frac{A}{E}(\beta_A r_M + \sigma_A \varepsilon_A) + \frac{PA}{E}(\beta_I r_M + \sigma_I \varepsilon_I), \end{aligned} \tag{2.5}$$

を得る. この両辺の期待値をとると,

$$\begin{aligned} \mu_E &= \mathbf{E}[r_E] \\ &= r + \frac{A}{E}\beta_A \mathbf{E}[r_M] + \frac{PA}{E}\beta_I \mathbf{E}[r_M] \\ &= r + \frac{A}{E}\beta_A \lambda + \frac{PA}{E}\beta_I \lambda, \end{aligned} \tag{2.6}$$

となる. 一方, この企業が株主から要求される利回り h_E は,

$$\begin{aligned} h_E &= r + \beta_E \lambda \\ &= r + \frac{\mathrm{Cov}[r_E, r_M]}{\mathrm{Var}[r_M]}\lambda \\ &= r + \frac{A}{E}\beta_A \lambda + \frac{PA}{E}\beta_I \lambda \end{aligned} \tag{2.7}$$

となる. したがって企業価値 V は,

$$V = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{E\mu_E}{(1 + h_E)^t} = E\frac{\mu_E}{h_E} = E, \tag{2.8}$$

となる.

したがって, CAPM が成り立っている状態では年金資産をどのように運用しても企業価値に影響を与えないことが分かる.

以上のことは, Blake(2006) が指摘している通り, Modigliani and Miller(1958) の定理を年金にも適用したものといえる.

2.4.2 デフォルトリスクがある場合

次にデフォルトリスクがある場合について考える. デフォルトリスクと企業価値の関係について, Smith and Stulz(1985) は企業がリスクヘッジすることにより, 倒産コスト（破綻処理にかかるコスト, 売上の減少や取引条件の悪化などによる間接的なコスト）を抑制した結果, 企業価値を高めることができるとしている. また Meyers and Smith(1987) や Froot, Scharfstein and Stein(1993) は, 企業価値は将来の投資の価値に依存しているが, 資金が十分でなければ投資を控えなければならなくなり, 結果として企業価値が低下すると述べている.

母体財務がデフォルトした場合には, その従業員は将来給与とともに将来の年金給付を失うことになる（正確にはデフォルト時点までに発生したその従業員の退職給付債務分は確保される. 母体財務の資産が不足した場合には一部が毀損することもありうる. ）.

いま, 母体財務の資産が負債を下回ったときに, その企業がデフォルトするものと考える. 1 年後にデフォルトする確率は,

$$\begin{aligned} & \mathbf{P}[A(1+r_A)+PA(1+r_I)-D(1+r)-PB(1+r)<0] \\ = \ & \Phi\left(-\frac{\mathbf{E}[A(1+r_A)+PA(1+r_I)-(D+PB)(1+r)]}{\sqrt{\mathrm{Var}[A(1+r_A)+PA(1+r_I)-(D+PB)(1+r)]}}\right), \end{aligned} \tag{2.9}$$

で表される. $\Phi(x)$ は標準正規分布の分布関数であり, $\Phi(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{x}\exp(-\frac{y^2}{2})dy$ で表され, 単調増加関数である. さらに,

$$\begin{aligned} & \mathbf{E}[A(1+r_A)+PA(1+r_I)-(D+PB)(1+r)] \\ & \quad = A+\mathbf{E}[r_A]A+PA+\mathbf{E}[r_I]PA-(D+PB)(1+r) \\ & \quad = (1+r)A+\beta_A\lambda A+(1+r)PA+\beta_I\lambda PA-(D+PB)(1+r) \\ & \quad = E(1+r)+\beta_A\lambda A+\beta_I\lambda PA, \end{aligned} \tag{2.10}$$

$$\begin{aligned} & \mathrm{Var}[A(1+r_A)+PA(1+r_I)-(D+PB)(1+r)] \\ & \quad = \mathrm{Var}[Ar_A+PAr_I] \\ & \quad = \mathrm{Var}[(A\beta_A+PA\beta_I)r_M+A\sigma_A\varepsilon_A+PA\sigma_I\varepsilon_I] \\ & \quad = (A\beta_A+PA\beta_I)^2\sigma_M^2+A^2\sigma_A^2+PA^2\sigma_I^2+2APA\rho\sigma_A\sigma_I, \end{aligned} \tag{2.11}$$

となる.

この式に基づき各変数とデフォルト確率の関係について考察する. 式 (2.10) は正の値であり, この値が大きくなるほどデフォルト確率は小さくなる. また, 式 (2.11) も正の値であり, この値が小さくなるほどデフォルト確率は小さくなる.

この式の中で, 年金運用に関わるパラメータは β_I, σ_I, ρ である. まず, σ_I は年金運用の個別リスクのボラティリティであるが, これを小さくすると式 (2.11) が小さくなり, デフォルト確率を小さくすることができる. 年金運用の個別リスクを小さくする, つまり市場連動性を高める方が良いということになる. 次に, ρ も小さい方がデフォルト確率は小さくなり, 母体財務の事業収益率と年金運用の収益率の相関が低い方が良いことを意味している. β_I については, 式 (2.10) にも式 (2.11) にも含まれているため, デフォルト確率との関係は他のパラメータの状況に依存する.

以上のようにデフォルトリスクを考えた場合には年金資産の運用は市場の連動性を高め, 母体財務との相関を低くした運用を行うことで, 母体財務のデフォルト確率を抑えることができる. 本論文では後者の「母体財務との相関を低くした運用を行うことが母体財務のデフォルト確率を抑えることができる」点に注目して研究を進めるが, 一点注意すべきことがある. この議論を突き詰めると, 母体財務のリスクを従業員の年金資産を使ってヘッジするという議論にもなりかねない. 母体財務のリスクヘッジのために年金資産を利用することは, 将来の年金給付のために準備した資産という年金資産の目的を逸脱する可能性も孕んでいる. 本論文は母体財務の事業収益率と年金運用の収益率を分散化することを目的としており, 母体財務のリスクヘッジに年金資産を利用することを目的とはしていない.

2.4.3　デフォルトによる年金のオプション性

前項ではデフォルト確率について注目し, 最適な運用方法について議論を行った. では実際にデフォルトが生じたときについて考察したい.

退職給付債務は母体財務がもつ負債であり, その債権者は年金制度加入者である. 企業がデフォルトしたときには企業が持つ資産を清算し, 弁済順位に応じて各債権者に返済される. このとき, 企業の持つ資産が負債に満たない場合には, 債務の一部が毀損することになる.

いま, 企業に退職給付債務以外に負債はないと考えたとき, 加入者にとっての年金の価値 PB^{df} は次のようになる.

$$PB^{df} = \min\{A + PA, PB\} \tag{2.12}$$

年金の価値は母体財務の資産状況によって影響を受けることになる. つまり, 将来の企業価値の変動を考えたとき, 年金の価値はオプションの価値として評価することができる. このオプションは企業側が加入者に対して保有するプットオプションであり, 原資産は企業価値 (+年金資産価値), 行使価格は年金負債価値である. Sharpe(1976) や Treynor(1977) はこの年金が持つオプション性について議論している.

ボラティリティが高いほどオプションの価値は高くなるため, 企業価値のボラティリティを高めることによって年金のもつオプション性の価値は高くなる. オプションの保有者は母体財務であるから, 母体財務のボラティリティを高めれば良いということになる. これを年金の運用によって実現しようとすると, 母体財務の運用リスクを高めることになる.

このオプションの価値は年金加入者が年金給付の毀損によって支払われるものであり, 年金加入者にとっての年金制度の価値を大きく減ずるものである. このオプションの価値が大きくなるのは, 企業の信用力が低下し, デフォルトの可能性が高まった状態である. 年金資産の運用リスクを高めることによって年金制度のオプションの価値を高める行動は, 企業価値を低下させることにもつながり, 企業経営の目的にも背く戦略である.

その他, Black(1980) や Tepper(1981) は, 企業が年金制度に対して拠出した資産は会計上損金扱いとなり法人税の課税対象とはならないことから, 年金拠出の節税効果に着目して議論を行っている.

2.5 企業年金制度と母体財務の関係における実証分析

母体財務と年金制度の関係についての研究は, 理論と実証の両面から様々な研究が行われきている. 特に近年では実証のためのデータが蓄積されてきていることから, 様々な観点からの分析が進められている.

年金制度と母体財務との関係を議論する際には, 主として 2 つの視点がある. 一つは年金制度を持つ母体財務の株主に対する企業価値を最大化する観点から, 年金制度の運営方法を考える立場である. 例えば Sharpe(1976) や Treynor(1977) では, 年金制度のスポンサー企業の株主はその企業の債務者や年金負債の存在によって, あたかもプットオプションを保有しているように見ることができる. したがって株主にとっての企業価値最大化を行おうとすると, このオプションの価値を高めるために, 企業の投資リスクを高めることになる. 年金資産の運用においても, 投資リスクの高い資産への比率を高める動機が働くことになる. このリスクを株主から債務者や年金加入者へ転嫁することから, リスクシフティング (Risk Shifting) と呼ばれている. また節税効果の観点から年金資産の運用を説明しようとする議論もある (Black(1980), Tepper(1981)).

もう一つの観点は年金制度を健全に維持していくために, 運用リスクを適切な水準でコントロールする考え方である. 実務での年金運用提案はこの立場で行われる. 理論上, 年金資産の積立が十分であり将来の年金給付が確定している場合には, 年金資産の全てを債券に投資することが最もリスクを抑えることができるとされている. しかし実際は年金資産を債券に全て投資することは稀で, 債券以外の資産にも投資を行っている[7]. 年金資産の運用リスクを極力抑えるだけではなく, 年金負債の特性やリターンの獲得なども考慮に入れ, 年金資産の運用を決定する.

年金資産の運用に対する 2 つの視点によって, 年金資産の運用リスクへの対応が互いに異なる結果を導く. リスクシフティングの立場では企業の負債比率が高いほど運用リスクを高めることになるが, 後者のリスクマネジメントの立場では年金運用も含めた企業のリスクを抑えることになる. また年金の積立比率に対しても, 運用リスクの取り方は上述の 2 つの立場で逆の結論となる.

[7]Rauh(2009) は運用リスクを取る理由として, 1. 企業が年金加入者に対して良い運用リターンを求めるため, 2. 企業が短期的なリターンを求めて, 株式の高いリターンを受け入れるため, 3. 年金給付が給与と連動していることから, 給与の変動を株式市場の変動でヘッジするため, 4. 企業の状態とは無関係に意思決定が行われているため, の 4 つを挙げている.

年金資産の運用リスクに関する実証分析も行われている．Petersen(1996) は米国の 1988-1990 年のデータを使って, 収益性が低い企業は年金運用のリスクが低いことを示している．Rauh(2009) では米国の年金に関するデータを使って, 積立比率や母体財務の信用力と年金資産の運用リスクの関係について分析した．その結果, 母体財務のリスクが高いほど (積立比率や信用力が低いほど), 年金の運用リスクが低いと結論づけている．このことは, リスクシフティング（年金のオプション性の効果の享受）よりも, リスクマネジメント（デフォルトリスクの抑制）の考え方で年金運用を行っていることを示唆している．

Davis and Haan(2012) ではオランダのデータを使い, 母体財務と年金の関係について様々な観点から分析を行っている．その中では, リスクシフティングとリスクマネジメントのどちらに対しても有意な結論は得られなかった．しかし, 例えばスポンサーからの掛金拠出とスポンサーの収益性やレバレッジとの間に有意な関係が示されており, スポンサー企業の状態と年金運用は無関係ではないことが示されている．Phan and Shantaram(2013) では企業のガバナンスと年金運用の関係について分析を行い, 筆者はガバナンスが良いほど, 年金の積立が充実しており, 結果としてリスクがとりやすいのではないかと述べている．

このように母体財務と年金制度の間には密接な関係があることが議論されており, 母体財務の状態は年金制度の運営方針を決定する際に重要な要素であることは明らかである．

本論文ではリスクマネジメントの立場を採り, 母体財務への影響を抑えつつ, 年金資産の運用戦略を構築することを考える．このとき, 年金担当者や受託者は母体財務の経営者が行った経営戦略を受けて, 年金資産の運用戦略を策定することになるため, 母体事業の経営戦略は所与の条件として扱う．この考え方に基づき母体財務を安定化させることができれば, 母体財務の経営環境の安定化に資することができ, その企業や年金制度の破綻可能性の抑制が期待できる．

第3章　日本の企業年金制度の現状

3.1　企業の事業リスクと年金資産の運用リスク

企業における年金制度の影響を確認する目的で, 企業全体と退職給付債務の規模を比較したい. 2011 年 3 月期の上場企業における年金制度の状況を表 3.1 にまとめた. この値は有価証券報告書 (連結決算ベース) の年金資産の部分について整理したものであり, 確定給付企業年金の年金資産額, 退職給付債務の額である. この値には確定拠出年金の部分は含まれていない.

退職給付債務は, 企業の純資産に対して平均でほぼ 30%に達しており, 一般事業会社が保有する金融資産と同程度の規模である. また, 表 3.1 の企業の中の約 1%は純資産よりも年金資産の方が多かった.

表 3.1: 企業財務に占める退職給付債務の規模 [8]

	年金資産 ÷ 退職給付債務	退職給付債務 ÷ 資産合計	退職給付債務 ÷ 純資産合計
平均	54.75%	11.22%	31.25%
75%点	74.19%	14.21%	39.02%
中央値	56.97%	9.46%	22.42%
25%点	38.27%	5.54%	11.53%

表 3.1 の年金資産÷退職給付債務の比率は , 積立比率の目安として記載したが, 退職給付債務には退職一時金の部分が含まれているため, 企業年金制度のみの積立比率はこの水準よりも高いことに注意いただきたい.

これを踏まえて, 企業が持つ事業リスクと年金資産の運用リスクとを比較してみたい. 1989 年 3 月期～2012 年 3 月期における上場企業（金融 4 業種を除く）の株主資本税引後利益率の標準偏差を事業リスクと考え, 各企業で求めた中央値を調べると 5.77%であった. 仮に, 運用リスクを年率 10%で運用すると仮定し, 退職給付債務が企業の純資産の 30%とすると, 年金資産の運用リスクは 30%×10%=3%となり, 事業リスクの 1/2 から 1/3 を占める. この試算は平均値に基づいたもののため, 運用リスクがもっと大きい個社もありうる.

そこで, 個社で同様の推計を行った結果が図 3.1 である. 横軸には退職給付債務÷純資産を , 縦軸には株主資本税引後利益率の標準偏差をとった. 図中の 1 つのプ

[8] 金融 4 業種を除く, 退職給付債務が 10 億円以上の企業. 平均値は退職給付債務により加重を行っている.

ロットは企業 1 社を表している. 仮に, 年金資産単体の運用リスクを年率 10%としたとき, 退職給付債務÷純資産が 20%ならば企業全体でみた年金資産の運用リスクは 20%×10%で 2%となる. このようにして, 運用リスクが 10%, 20%の場合に運用リスクが事業リスクと等しくなる直線を図中に入れた. ただし, 運用リスクを含む母体財務の事業リスクはそれぞれのリスクを単純合算とはならないことに注意されたい. この直線より右下であれば, 運用リスクの方が事業リスクよりも大きい企業となる. 運用リスクが 10 %の直線より右下となったのは全体の 10%, 運用リスクが 20%の場合では全体の 37%となった.

図 3.1 における年金単体の運用リスク年率 20%の直線は別の解釈もできる. つまり, 年金単体の運用リスク年率 10%を想定した場合, 運用リスクが事業リスクの半分に達する企業群ということである. このように考えると, 企業全体で見ても年金の運用リスクは無視できない大きさといえる. 年金運用において, 母体財務の事業リスクを考慮に入れた運用が必要であることが, この簡単な試算からも分かるだろう.

また後述するが年金負債の標準偏差は 8.56%であり, 運用リスクの試算に使った 10%とほぼ同水準となっている [9] . 仮に年金負債と相関を持たない資産で年金運用を行えば, 単純合算ではないものの年金資産の運用リスクが上乗せされることになる. したがって LDI のような年金負債の変動リスクをヘッジする手段は必須であると言ってよいだろう.

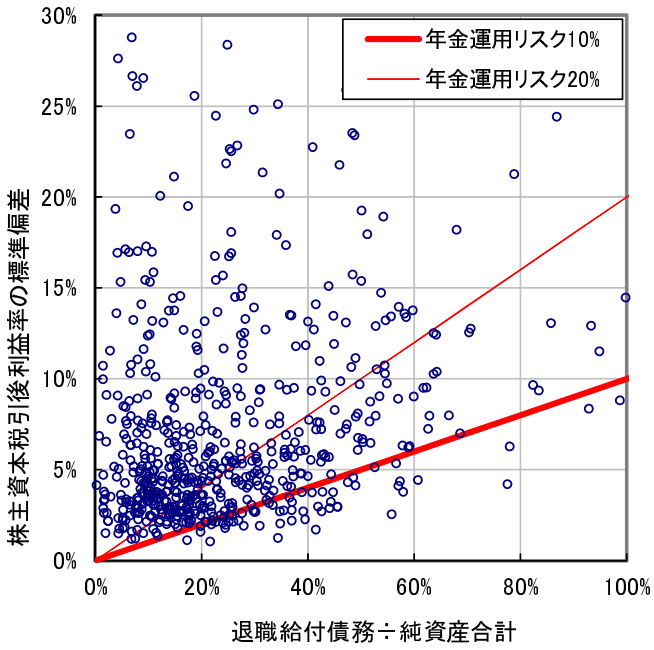


図 3.1: 事業リスクと運用リスクの比較

[9] この推計値は 1989 年 3 月～2012 年 3 月（月次）までの金利水準を下に推計しているため, 2012 年 3 月末の金利水準を考えるとこの推計値よりも年金負債の変動リスクは小さい可能性がある.

3.2 期待運用利回りと運用リスク

低い金利水準やリーマンショック以降の運用難の環境下で, 積立比率の悪化が進んでいる. この積立不足を補うためには, 運用リターンの獲得による回復や母体財務からの掛金の追加拠出などの対応が必要である. 積立不足の解消を運用によって回復させようとする場合, 必然的にリスクを高めに設定しなければならない.

この考え方に基づく場合, 積立不足が深刻なほど期待リターンを高める運用を要するため, よりハイリスクな運用を行う必要が出てくる. いわゆる逆張り的な運用戦略を取ることになる. 運用が上手く行けば良いが運用成績が悪ければ, さらに深刻な積立不足の悪化を招く結果となる. 伊藤・植松・小田 (2012) でも採用されている考え方であるが, 積立不足が悪化しすぎた場合には年金の母体である企業からの支援に頼るのが唯一の選択肢になるだろう.

次に, 数理計算に用いられる割引率や期待運用利回りの過去の推移について確認する. 割引率は将来の給付額の現在価値を求めるために使われる利回りであり, 給付額が同じ場合には割引率が高いほど退職給付債務は小さくなる. 割引率は, 安全性の高い長期の債券の利回りを基礎として決定することが定められている.

期待運用収益率は, 拠出された年金資産を将来の給付まで運用するときに見込む収益率である. したがって, 年金給付額から必要な年金の拠出額を計算するために用いられる利回りである. 給付額が同じ場合には, 期待運用収益率が高いほど年金拠出額は小さくなるが, 年金運用の目標となる利回りが高くなる. 仮に年金資産の運用がこの期待収益率に達しない場合には, 年金資産の積立状況は悪化することになる.

図 3.2 は, 2001 年から 2011 年までの金融 4 業種を除く, 退職給付債務が 10 億円以上の上場企業の企業年金の割引率と期待運用収益率の平均値の推移を表している. これらの値は有価証券報告書の記載されている数値を集計している. そのため企業によっては, 割引率と期待運用収益率を A から B までという形の範囲で表示している企業もある. これは海外子会社の年金基金の割引率や期待収益率を併せて表示しているためである. 図 3.2 では範囲で表示されている場合には, 海外に比べ日本の金利水準が低いことなどを考え, この範囲の下限値が国内加入者の退職給付債務の計算に適用される値であると考え, 集計を行った.

図 3.2 をみると, 割引率と期待運用収益率はともに 2001 年以降低下傾向にあることが分かる. 期待運用収益率は割引率より高く設定されるのが普通であるが, これらの差は 0.6%〜0.8%の間を推移している.

図 3.3 は, 2011 年度の決算における割引率と期待運用収益率の差のヒストグラムである. 割引率と期待運用収益率の差は, 0.0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%とキリのいい値の構成比が高いことが分かる. また, 1.0%付近の構成比が高い.

このように, 期待運用利回りは割引率に対して概ね 0〜1%の範囲に設定されているようである. この差の部分は, 年金運用によって賄わなければならないリターンに相当する. 期待運用利回りを低く設定すれば, 年金運用のハードルは低くなるが, 毎期の掛金拠出額が増え, 母体財務にとっては負担が増えることを意味する.

見方を変えれば, 期待運用利回りを変えることは, 年金の原資を企業側の拠出で賄うか, 年金運用により賄うかを調節していることと同じと見ることができる. つまり期待運用利回りと割引率を同じ水準に設定したとき, 年金の運用は完全に負債に連

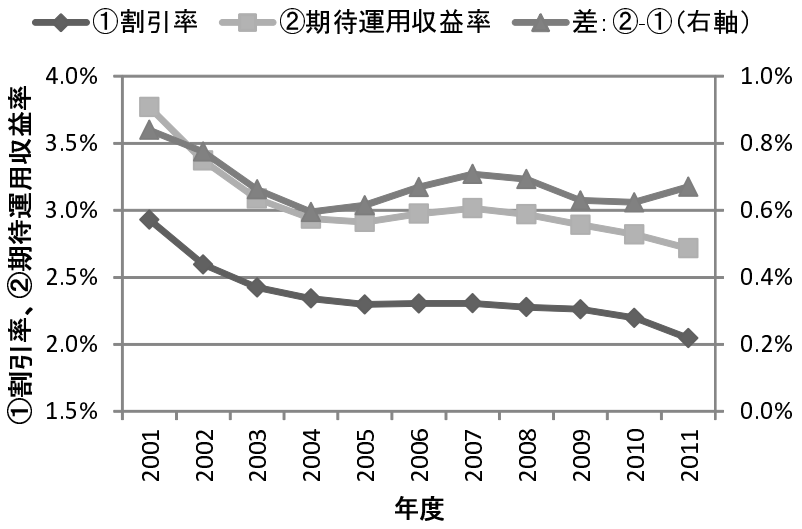


図 3.2: 割引率と期待運用収益率の推移

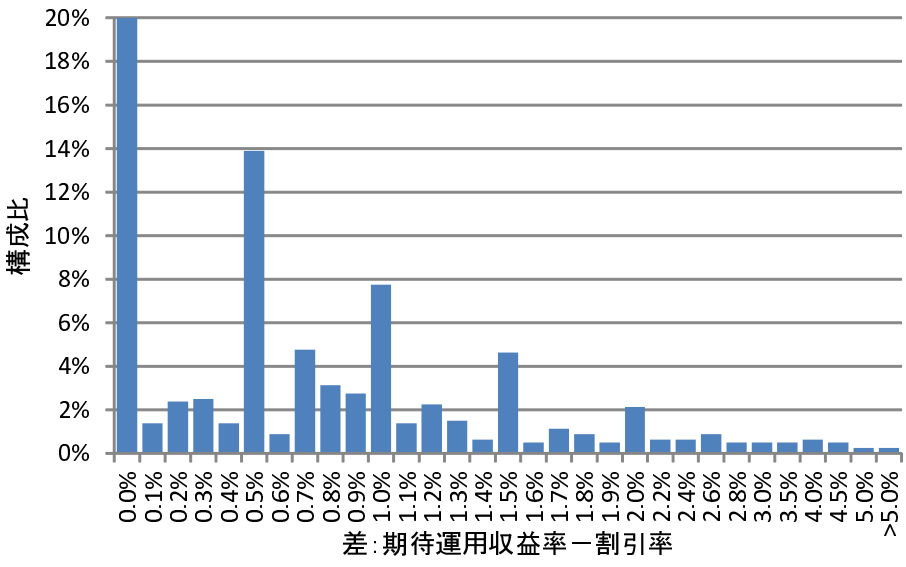


図 3.3: 割引率と期待運用収益率の差 (2011 年度)

動した資産で運用することとなり, その結果として, 運用リスクのうち少なくとも金利リスクの部分を削減することができる [10].

3.3 年金負債のモデル

日本の退職給付会計制度では, 企業年金加入期間のうち過去の加入期間に相当する部分を母体企業が支払義務を負う退職給付債務として考える. 例えば, 年金加入期間が 40 年で退職時の責任準備金 1 単位とした場合, 既に 20 年加入している加入者については 0.5 単位分の退職給付債務が母体財務に計上される. これを踏まえて, 年金負債を以下のようにモデル化する.

年金加入年齢を a 歳, 退職年齢かつ年金給付開始年齢を b 歳, 年金給付終了年齢を c 歳とする. 退職時点での加入者 1 人当たりの責任準備金を 1 単位として, 企業は加入者 1 人に対して毎年 $1/(b-a)$ 単位の拠出を行い, 年金基金は受給者 1 人に対して毎年 $1/(c-b)$ 単位の給付を行うとする. また, 全ての年齢での年金加入者は 1 人とする.

s 歳の加入者に対する t 年後の年金給付額 $B(s,t)$ は次の式で与えられる.

$$B(s,t) = \begin{cases} \frac{s-a}{b-a}\frac{1}{c-b}\mathbf{1}_{\{b-s+1\le t\le c-s\}} & s = a+1,\dots,b \\ \frac{1}{c-b}\mathbf{1}_{\{1\le t\le c-s\}} & s = b+1,\dots,c \\ 0 & \text{その他} \end{cases} \tag{3.1}$$

したがって, 年金制度全体での t 年後の年金給付額 CF_t は次の式により計算できる.

$$\begin{aligned} CF_t &= \sum_{s=a+1}^{c} B(s,t) \\ &= \sum_{s=b+1}^{c} \frac{1}{c-b}\mathbf{1}_{\{1\le t\le c-s\}} + \sum_{s=a+1}^{b} \frac{s-a}{b-a}\frac{1}{c-b}\mathbf{1}_{\{b-s+1\le t\le c-s\}} \\ &= \frac{1}{c-b}\sum_{s=b+1}^{c} \mathbf{1}_{\{1\le t\le c-s\}} + \frac{1}{(b-a)(c-b)}\sum_{s=a+1}^{b} (s-a)\mathbf{1}_{\{b-s+1\le t\le c-s\}} \end{aligned} \tag{3.2}$$

第一項は,

$$\frac{1}{c-b}\sum_{s=b+1}^{c} \mathbf{1}_{\{1\le t\le c-s\}} = \frac{1}{c-b}\sum_{s=b+1}^{c-t} 1 = \frac{c-b-t}{c-b}, \tag{3.3}$$

となる. また第二項は, 和をとる範囲と $B(s,t)$ が値をとる範囲の関係によって 3 通りとなり,

$$\begin{aligned} &\frac{1}{(b-a)(c-b)}\sum_{s=a+1}^{b} (s-a)\mathbf{1}_{\{b-s+1\le t\le c-s\}} \\ &= \frac{1}{(b-a)(c-b)} \times \begin{cases} \sum_{s=b+1-t}^{b}(s-a) & t = 1,\dots,c-b-1 \\ \sum_{s=b+1-t}^{c-t}(s-a) & t = c-b,\dots,b-a-1 \\ \sum_{s=a+1}^{c-t}(s-a) & t = b-a,\dots,c-a-1, \end{cases} \end{aligned} \tag{3.4}$$

[10] 過去の具体例として岡本 (2006) の 2 章に, 英国の Boots 社の例が挙げられている.

となる. ここで $\sum_{i=a}^{b} i = \frac{1}{2}(b-a)(b+a+1)$, $\sum_{i=a}^{b} 1 = (b-a+1)$ であるので,

$$\begin{aligned} & \frac{1}{(b-a)(c-b)} \sum_{s=a+1}^{b} (s-a)\mathbf{1}_{\{b-s+1\le t\le c-s\}} \\ = \quad & \frac{1}{(b-a)(c-b)} \times \begin{cases} \frac{1}{2}(t-1)(2b+2-t) - at \\ \qquad t = 1, \dots, c-b-1 \\ \frac{1}{2}(c+b-2t+2)(c-b-1) - a(c-b) \\ \qquad t = c-b, \dots, b-a-1 \\ \frac{1}{2}(c+a-t+2)(c-a-t-1) - a(c-a-t) \\ \qquad t = b-a, \dots, c-a-1, \end{cases} \end{aligned} \tag{3.5}$$

となる.

以上をまとめると,

$$CF_t = \begin{cases} \frac{c-b+1-t}{c-b} + \frac{1}{(c-b)(b-a)}\left[(t-1)(b-a+1-t) + \frac{1}{2}(t-1)(t-2)\right] \\ \qquad\qquad t = 1, \dots, c-b \\ \frac{1}{b-a}\left[(b-a+1-t) + \frac{1}{2}(c-b-1)\right] \\ \qquad\qquad t = c-b+1, \dots, b-a \\ \frac{1}{(c-b)(b-a)}\left[(c-a-t) + \frac{1}{2}(c-a-t)(c-a-1-t)\right] \\ \qquad\qquad t = b-a+1, \dots, c-a-1, \end{cases} \tag{3.6}$$

を得る.

年金負債額 (退職給付債務額) はこの年金給付額の列の総現在価値であり,

$$\sum_{t=1}^{c-a-1} CF_t DF_t, \tag{3.7}$$

となる. ここで DF_t は t 年の割引係数である.

また年金運用の期待運用利回り y が与えられたとき, 退職時点での加入者 1 人当たりの責任準備金を 1 単位として, 年金掛金額は次を満たす C として得られる.

$$\sum_{t=1}^{b-a} C(1+y)^{b-a-t} = 1 \tag{3.8}$$

年金基金全体の総掛金額は加入者の世代数 $(b-a)$ をかけて, $(b-a)C$ となる. 一方, 年金の給付総額は, 受給者 1 人の 1 年あたりの受取額 $1/(c-b)$ に世代数 $(c-b)$ をかけて 1 となる.

次章以降では, 年金資産の最適な運用戦略を導出するが, 年金負債の評価にはこのモデルを使う.

第4章　事業リスクを考慮した企業年金運営

4.1　事業利益と運用資産との相関

リスク分散という観点から, 年金加入者の立場で見たときには事業利益の変動と年金資産の運用リターンの相関を低くすることは望ましいことである. 結果として, 母体企業の株主や経営者にとっても望ましい. したがって企業の事業リスクを考慮に入れることで, その他の運用資産によってとるべきリスク水準や性質が違って見えてくるはずである.

景気循環型の企業と安定企業, 内需企業と外需企業など, 企業によって事業収益や事業リスクの特性が異なる. また株主資本比率等の財務の健全性についても, 事業の特性以外に時期によっても変わりうる. 本業の運営と年金の運営とを包括的に捉えることで, その個社の特性や状況に応じた年金運用が可能となる.

また, 母体財務が持つ金融資産と年金資産についても市場を介して相関を持っている. 深澤 (2009) では企業が抱える退職給付以外の市場リスクとの相乗効果により退職給付が持つ市場リスクが増幅される可能性があるという結論を提示している.

母体財務の事業利益と年金資産の投資対象資産, 年金負債の相関係数を求め, その傾向を調べたい. その前に, 本論文で分析に用いた各投資対象資産間の相関関係について確認する. 表 4.1 は本章の分析に用いた内外株式, 内外債券, 年金負債のリターンの平均, 標準偏差, 相関係数を表している. 現預金, 内外株式, 内外債券の平均リターンと標準偏差は, 信託銀行 4 社の 2012 年度中期運用における期待収益率, リスクの平均値を用いた.

年金負債は年金のモデルに基づき将来の年金給付を推計し, 各年限の国債利回りで割り引くことで年金負債の現価を求め, その変化率を元に算出した. 2012 年 3 月の国債イールドカーブが変化しないという前提で計算したときの年金負債現価の変化率を年金負債の変化率の平均値として設定し, 年金負債の変化率の標準偏差は, 1989 年 3 月～2012 年 3 月の各月で年金負債の現価を求め, その変化率の標準偏差を設定した.

年金のモデルは, 20 歳から 60 歳の間年金制度に加入し, 60 歳から 80 歳まで年金給付を行う制度を想定する. また, 全ての年齢での年金加入者数は同じ人数とした. 年金負債のモデルは付録を参照されたい.

ヘッジ付資産の平均リターンは, 2012 年 3 月末の内外の 3ヶ月金利差である 27bp をヘッジコストとして, ヘッジなし資産の平均リターンから差し引いて求めた. 標準偏差は, 1989 年 3 月～2012 年 3 月の MSCI-KOKUSAI(円ヘッジベース), Citi WGBI(円ヘッジベース) の月次リターンの標準偏差を用いた. なお, 表 4.1 の最右列に 1989 年

3 月〜2012 年 3 月の各資産の月次リターンの標準偏差を付記したが, 現預金, 内外株式, 内外債券の信託銀行 4 社の 2012 年度中期運用におけるリスクの平均値 (標準偏差の欄に表示) とヒストリカル標準偏差の間に大きな差異が無いことから, ヘッジ付資産の標準偏差としてヒストリカルの標準偏差を設定しても問題ないと判断した.

表 4.1: 分析に用いた資産リターンの統計量 [11]

(a) 運用資産の平均, 標準偏差, ヒストリカル標準偏差

	平均	標準偏差	ヒストリカル標準偏差
年金負債	1.77%	8.06%	8.06%
現預金	0.30%	0.65%	0.68%
国内株式	6.35%	20.93%	19.71%
国内債券	0.93%	2.63%	3.18%
外国株式	7.90%	22.03%	18.65%
ヘッジ付外株	7.63%	14.40%	14.45%
外国債券	2.63%	11.13%	10.73%
ヘッジ付外債	2.36%	3.71%	3.72%

(b) 運用資産間の相関

	年金負債	現預金	国内株式	国内債券	海外株式	ヘッジ付付外株	海外債券	ヘッジ付外債
年金負債	1.00	0.06	−0.08	0.93	−0.01	0.01	0.10	0.35
現預金	0.06	1.00	−0.07	0.16	−0.01	0.02	0.01	0.18
国内株式	−0.08	−0.07	1.00	−0.07	0.47	0.51	0.10	−0.08
国内債券	0.93	0.16	−0.07	1.00	0.00	0.03	0.08	0.34
外国株式	−0.01	−0.01	0.47	0.00	1.00	0.83	0.58	−0.13
ヘッジ付外株	0.01	0.02	0.51	0.03	0.83	1.00	0.10	−0.04
外国債券	0.10	0.01	0.10	0.08	0.58	0.10	1.00	0.20
ヘッジ付外株	0.35	0.18	−0.08	0.34	−0.13	−0.04	0.20	1.00

資産間の相関関係には, 3 つの特徴がある. 1 つめは, 年金負債, 国内債券, ヘッジ付外債の相関が互いに高いことである. これらは国内金利に対して感応度を持っており, 国内債券とヘッジ付外債は年金負債の金利リスクをヘッジするために機能することを意味している. 2 つめは, 国内株式, 外国株式, ヘッジ付外国株式の相関が互いに高いことである. 世界的な株式市場の連動性を反映して, このような結果になったと考えられる. 3 つめは, 為替の変動を反映した外国株式と外国債券の高い相関である.

この各資産のリターンと分析対象企業の株主資本税引後利益率の株主資本加重業種平均の相関係数が表 4.2 である. 表中の*は相関係数の有意性を示しており, ***は

[11] 各資産のリターンには, 以下の指数を用いた. 現預金：有担保コールレート, 国内株式：TOPIX（配当込）, 国内債券：NOMURA-BPI 総合, 外国株式：MSCI-KOKUSAI（円ベース）, 外国債券：Citi WGBI（円ベース）. ヘッジ付外貨資産は円ヘッジベースの指数を用いた.

1%有意, **は 5%有意, *は 10%有意である. なお, 分析対象となる企業数が 20 社に満たない業種は除いた.

表 4.2: 利益率と運用リターンの相関

				相関係数					
	企業数	年金負債	現預金	国内株式	国内債券	海外株式	ヘッジ付外株	海外債券	ヘッジ付外債
建設業	62	0.18	0.60 ***	0.06	0.22	0.08	0.14	−0.08	0.19
食料品	28	−0.15	−0.06	0.09	−0.15	−0.18	−0.10	−0.21	−0.10
繊維製品	20	−0.11	0.36 *	−0.01	0.02	0.31	0.17	0.37	0.14
化学	76	−0.38 *	−0.11	0.19	−0.40 *	0.30	0.19	0.23	−0.26
鉄鋼	27	−0.19	0.14	0.07	−0.18	0.18	0.01	0.29	−0.03
機械	73	−0.10	0.18	−0.08	−0.05	0.22	0.09	0.28	0.08
電気機器	85	0.00	0.23	0.23	0.06	0.43 **	0.36 *	0.31	−0.05
輸送用機器	41	−0.21	−0.26	−0.07	−0.28	0.11	−0.04	0.38 *	−0.01
陸運業	30	−0.14	0.33	0.07	−0.08	0.15	0.15	0.02	0.08
卸売業	61	−0.27	−0.23	−0.04	−0.39 *	−0.11	−0.19	0.07	−0.08
全業種	736	−0.18	0.15	0.13	−0.16	0.27	0.15	0.31	−0.02

表 4.2 を見ると, 統計的な有意性を持つ相関係数は少ない. この点はデータ数が少ないことが原因であるため, 時系列データが蓄積されていけば解決されるものと考えられる. この少ないデータにおいても, 一部の業種では有意な相関係数が認められる. 全体的な傾向として, 株主資本税引後利益率の変化は年金負債や国内債券に対して弱い負の相関の傾向が見られる. これは事業利益が減少するとき, 年金負債が増加しやすいことを意味している. 景気循環が原因で相関関係が生じているものと考えられる. 一方で, 建設業は事業利益の変化と年金負債の変化が正の相関となった. つまり, 事業利益が年金負債の変動の一部を相殺する効果を持っていることを示唆している.

国内株式との相関係数は ±0.1 の範囲内にほぼ収まっており, 強い相関関係が見られない. この理由は株価の変化の方が利益の変化よりも早く, 同時点での相関係数を計算するとこの時間差のために相関関係が現れないためと考えられる. また, 外国株式や外国債券のような外国資産と利益率との相関係数は国内資産と利益率との相関係数よりも高い. これは為替の変化が原因と考えられ, このことはヘッジ付の外国資産と利益率との相関係数が弱くなることからも確認できる. 利益がヘッジなしの外国資産との相関係数よりもヘッジ付の外国資産との相関係数の方が高い, つまり円高になると利益が減少する業種は, 繊維製品や輸送用機器などの製造業の企業が該当する. 逆に円高になると事業利益が増加する企業は, 建設業, 食料品などの内需依存型業種であった.

この表の値は業種内での集計値であるため, 企業一社一社の個別性を十分に表現できていない. 企業年金運用を考える際には企業毎に行うものであるため, その母体財務のリスク特性を十分に反映した形で運用方針を決めていく必要がある.

4.2　事業リスクを考慮した最適資産配分モデル

本節では最適な資産配分について考察を進めるが, その資産比率は以下の式で表されるリスク最小化問題により導出されるものとする. ここでは, 年金の状況まで考慮した母体財務の株主資本税引後利益率のボラティリティを最小化するように問題を設定した. その理由はこのボラティリティを最小化することで, 間接的に債務超過に陥る確率を最小化することができるためである. また, 結果として母体財務の安定化を図り企業の経営環境を安定化させることができるため, 株主や母体企業の経営者にとっても望ましい資産配分となっている.

年金の投資対象資産は N 種あるとして, その資産に対する投資比率 $\{w_i\}_{i=1,\cdots,N}$ を決定する問題を考える. 母体財務の純資産額を 1 として, 年金負債額を P, 年金の積立比率を f とする. したがって, 年金資産の総額は Pf で表される. 資産 i の期待収益率を R_i, 資産 i と j の共分散を V_{ij} とする. また, 年金負債の期待変化率の平均, 分散をそれぞれ R_D, V_{DD}, 資産 i の収益率と年金負債の変化率との共分散を V_{iD} とする. さらに, 母体財務の事業収益率の期待値, 分散をそれぞれ R_C, V_{CC}, 資産 i の収益率と事業収益率の変化率との共分散を V_{iC} とする.

ここで定義した記号を使って, 以降で使う用語を次のように定義する.

- 期待トータルリターン

$$R_t = Pf\sum_{i=1}^{N} R_i w_i + R_C - PR_D$$

- 推定トータルリスク

$$\sigma_t = \sqrt{P^2 f^2 \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} w_i w_j V_{ij} + 2Pf\sum_{i=1}^{N} w_i(V_{iC} - PV_{iD}) + V_{CC} - 2PV_{CD} + P^2 V_{DD}}$$

- 期待サープラスリターン

$$R_s = f\sum_{i=1}^{N} R_i w_i - R_D$$

- 推定サープラスリスク

$$\sigma_s = \sqrt{f^2 \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} w_i w_j V_{ij} - 2f\sum_{i=1}^{N} w_i V_{iD} + V_{DD}}$$

ここでリターンと言う場合には, 金額ベースではなく収益率ベースであることを注意しておく.

この変数の定義の下で, この最適化問題を

$$\min_{w_1,\cdots,w_N} \sigma_t^2$$
$$\text{subject to} \left| \begin{array}{l} \displaystyle\sum_{i=1}^{N} w_i = 1 \\ R_t \geq \max\{\underline{R}_t, P\underline{R}_s + R_c\} \\ \underline{w}_i \ \leq w_i \leq \overline{w}_i \ \ (i = 1, \cdots, N), \end{array} \right. \tag{4.1}$$

のように定義する. 実務制約として, 達成したい期待トータルリターン $\underline{R}_t$, 達成したい期待サープラスリターン $\underline{R}_s$, 投資対象資産 i の投資比率下限 $\underline{w}_i$, 上限 $\overline{w}_i$ を考慮できるように定式化している.

式 (4.1) において最小化したい目的関数は母体財務の株主資本税引後利益率と年金のサープラスリターンの和の分散（推定トータルリスクの 2 乗）であり, 母体財務の事業収益率のリスク, 年金資産の運用リスク, 年金負債の変動リスクとこれらの相関により生じる要因から構成されている. このうち母体財務の株主資本税引後利益率のリスクと年金負債の変動リスク (トータルリスク σ_t の根号の中式の第 3〜5 項) は定数であり, 最適化問題の定式化上は必ずしも必要な項ではない.

1 つ目の制約式は予算制約である. 2 つ目の制約式は達成したい期待リターンに関する制約である. 期待トータルリターン R_t と期待サープラスリターン R_s の間にある

$$PR_s + R_c = R_t,$$

の関係を使って, 1 つの制約式で期待トータルリターンと期待サープラスリターンに対して同時に制約をかけることが可能である. 3 つ目の制約式は各資産への投資比率の上下限制約を表している.

また, 式 (4.1) は母体財務を考慮しない場合にも利用でき, $R_C = 0$, $V_{iC} = V_{CD} = V_{CC} = 0$ とすればよい. ただし, 目的関数は母体財務全体から見た推定リスク, 期待リターンに関する制約であることに注意されたい. したがって, 目的関数は年金の推定サープラスリスクを母体財務全体で評価した値を意味している.

4.3 年金負債のみを考慮した年金運用戦略

母体財務を考慮していない場合の最適な年金資産の投資比率を確認する. 表 4.1, 表 4.2 で示した統計量を使って, 年金資産の運用リターンから年金負債の変動を差し引いたサープラスベースで効率的フロンティアを描き, 最適な投資比率を考察したい. まず, 母体財務の事業リスクを考えずに, 年金制度のみで効率的フロンティアを描いたものが図 4.1, 積立比率 100%のときの年金資産の資産配分を示したのが表 4.3 である. 式 (4.1) の母体財務を考慮しない場合において, 期待サープラスリターン $\underline{R}_s$ を変化させ最適化問題を解き, そのときの推定サープラスリスク σ_s を求めた. 現預金はキャッシュマネジメントの観点から必ず 2%を保有することとし, その他の各資産への投資比率の下限, 上限には空売りを避けるために 0%,100%を, 達成したい期待

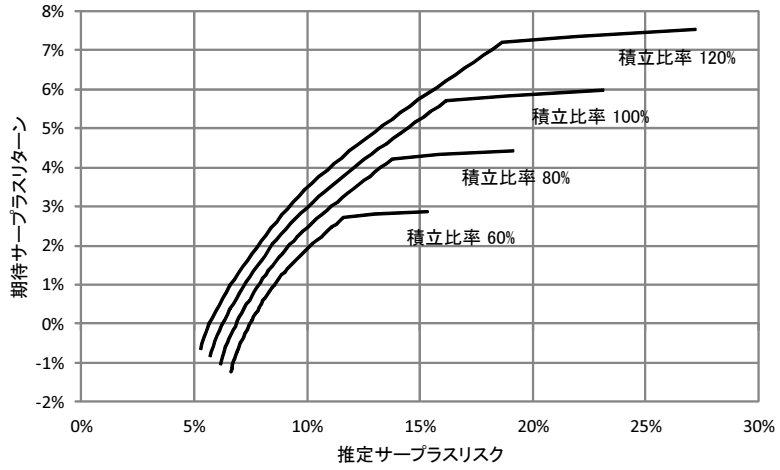


図 4.1: 年金負債のみを考慮したときの効率的フロンティア

表 4.3: 年金負債のみを考慮したときの資産配分

		資産配分						
サープラス	サープラス	現預金	国内	国内	外国	ヘッジ	外国	ヘッジ
リターン	リスク		株式	債券	株式	付外株	債券	付外債
-0.9%	5.7%	2.0%	0.0%	98.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
-0.0%	6.2%	2.0%	0.0%	77.8%	0.0%	10.1%	0.0%	10.1%
1.1%	7.3%	2.0%	0.0%	37.0%	0.0%	19.7%	0.0%	41.3%
2.0%	8.5%	2.0%	0.0%	1.1%	0.0%	28.1%	0.3%	68.4%
3.0%	10.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	46.0%	0.0%	52.0%
4.1%	12.2%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	66.7%	0.0%	31.3%
5.0%	14.5%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	84.9%	0.0%	13.1%
6.0%	23.1%	2.0%	0.0%	0.0%	98.0%	0.0%	0.0%	0.0%

トータルリターンには $\underline{R}_t = P\underline{R}_s$ を設定した. 図 4.1 の縦軸は期待サープラスリターン R_s, 横軸は推定サープラスリスク σ_s である.

積立比率が低下するに従って効率的フロンティアが右下にシフトしており, 最適な投資比率をとってもサープラスリターンが低下し, サープラスリスクが上昇することが分かる. 積立比率が 100%の場合, サープラスリスクの最小値がほぼ 10%であり, 3 章での事業リスクと年金運用リスクの大きさの比較において, 目安として用いた年金運用のリスクと同じ水準である.

投資比率を見るとサープラスリスクが小さい領域では年金負債のリスク抑制を目的として国内債券に投資を行っていることが分かる. 徐々にリスクを高めるにつれて, 国内債券からヘッジ付外株やヘッジ付外債へ投資をシフトし, サープラスリターンを高めている. 国内債券とヘッジ付外債を年金負債の金利リスクヘッジの資産と見れば, サープラスリスクを高めるにつれて, 金利リスクヘッジの資産を徐々に減ら

し, サープラスリターンを高めていると見ることもできる.

実際の最適投資比率を決定する際には, この効率的フロンティア上から 1 つの点を選ばなければならない. 以降の分析のために, 効率的フロンティア上の点の選び方を決めておきたい.

そこで, 年金財政上の掛金決定時に期待運用利回りを設定するが, これを達成できるように最適投資比率を決める方法が考えられる. 上述した通り, 期待運用利回りは割引率に対して 0〜1%が上乗せされていることを考慮して, 図 4.1 の期待サープラスリターンが 1%の点を 1 つの基準と考える. この場合, 積立比率が低くなるほど推定サープラスリスクが大きくなる. 仮に年金負債と年金資産が同じ期待リターンであっても, 積立不足の場合には年金資産が少ないため, 金額ではサープラスがマイナスとなる. 実際には積立比率を改善させるためには, これ以上のリスクを取らなければならない.

表 4.4 は, 積立比率が 80%から 120%の状態での期待サープラスリターン 1%の場合の効率的フロンティア上の投資比率である. 積立不足の状態の場合には国内債券とヘッジ付外株, ヘッジ付外債に投資し, 積立不足が深刻な場合にはヘッジ付外株, ヘッジ付外債への投資比率を高めることによって, リターンを獲得しようと投資比率を決定していることが分かる. 本稿での設定ではヘッジコストが小さいためか, ヘッジ付の外貨資産への投資配分中心となっている. このように運用の目標であるサープラスリターンが同じであっても, 積立比率の状況によって最適な投資配分が違うことを意味している.

表 4.4: 期待サープラスリターン 1%の資産配分

		資産配分						
積立比率	サープラスリスク	現預金	国内株式	国内債券	外国株式	ヘッジ付外株	外国債券	ヘッジ付外債
80%	7.87%	2.0%	0.0%	17.9%	0.0%	26.5%	0.0%	53.6%
90%	7.56%	2.0%	0.0%	29.8%	0.0%	22.4%	0.0%	45.8%
100%	7.25%	2.0%	0.0%	39.2%	0.0%	19.2%	0.0%	39.5%
110%	6.94%	2.0%	0.0%	47.0%	0.0%	16.5%	0.1%	34.4%
120%	6.63%	2.0%	0.0%	53.5%	0.0%	14.3%	0.2%	30.1%

次に年金資産の投資配分が同じでも, 母体財務への影響が違うことを見る. 積立比率 100%の状況を想定し, サープラスリターンを 1%としてサープラスリスクを最小化したとき, 母体財務へ与える影響を業種毎に比較したものが表 4.5 である. 母体財務の事業リスクは, 1989 年 3 月以降の 24 期分の決算情報における分析対象企業の中央値である 5.77%と設定した. トータルリスクと事業リスクの 5.77%との差が, 年金運用に伴うリスクの増加分である. 年金運用の影響が最も小さい建設業と最も大きい化学では, トータルリスクに約 1.2%の差があり, この大きさは母体財務の事業リスクの約 1/5 もの大きさである. この違いの原因は, 事業利益と年金負債の相関にあると考えられる. 建設業の事業利益は年金負債との相関が高いため, 事業利益が年金負債の変動リスクの一部分を相殺する効果があると考えられる. 一方で, 情報・通信

業は年金負債との強い逆相関であり, 事業利益が年金負債の変動と連動することになるため, トータルリスクが大きくなった. このように同じ年金運用を行っていても母体財務の事業特性によって, 年金運用が母体財務に与える影響は異なることが分かる.

表 4.5: 期待サープラスリターンが 1%のときのトータルリスク

業種	トータルリスク	業種	トータルリスク	業種	トータルリスク
建設業	6.01%	化学	6.91%	輸送用機器	6.53%
食料品	6.34%	鉄鋼	6.52%	陸運業	6.59%
繊維製品	6.60%	機械	6.46%	卸売業	6.47%
		電気機器	6.43%	全業種	6.62%

4.4　企業の事業リスクを考慮した年金運用戦略

次に式 (4.1) を使って, 母体財務の事業リスクを考慮した場合の資産配分について考察を行う. 企業資産と退職給付債務の比率を所与として, 期待サープラスリターン R_s がある水準という条件の下で, 推定トータルリスク σ_t の最小化を行う. 分析の前提となるパラメータとして, 母体財務の事業リターンの平均値 R_C, 分散 V_{CC} には, 株主資本税引後利益率の期待値の 4.7%, 分散の $(5.77\%)^2$ と設定した.

事業リスクを考慮したときと考慮しないときの違いを見るために, 事業リターンと資産のリターンとの相関 (特に, 外国株式との相関) が高い電気機器の企業を想定する. そのため, 事業リスクと各資産のリターンの相関係数は表 4.2 の電気機器の値を設定した. この値は電機機器の業種内企業での中央値であるため業種全体の傾向を見た分析であり, 個社を見れば母体財務の違いがより強く表れるはずであることを指摘しておく.

この条件の下で, 期待サープラスリターン 1%という制約を設定し, 推定トータルリスクの最小化を行った. なお, 積立比率の違いで投資配分が変わることを見るために, 積立比率を 80%〜120%の間で変化させている. 表 4.6 は最適化の結果得られた資産配分と推定サープラスリスクを表している.

表 4.4 と表 4.6 との違いは母体財務を考慮したかどうか, つまり, 期待サープラスリターンが 1%となるように設定し, 推定サープラスリスクを最小化するか, 推定トータルリスクを最小化するかの違いのみである. 両者の結果を比較すると, 母体財務を考慮することにより推定サープラスリスクが高まる結果となった.

その原因は以下の通りである. 母体財務を考慮しない表 4.4 の結果では, 概ね国内債券, ヘッジ付外株, ヘッジ付外債を中心に資産配分していた. このうち電気機器は母体財務の事業のリターンとヘッジ付外株のリターンとの間に正の相関がある. 母体財務を考慮するとヘッジ付外株と事業リターンとの間の高い相関を回避しようとすることから, ヘッジ付外株から他の資産へ配分をシフトさせることになる. 表 4.4

表 4.6: 事業リスクを考慮したときの推定サープラスリスクと資産配分

			資産配分					
積立比率	サープラスリスク	現預金	国内株式	国内債券	外国株式	ヘッジ付外株	外国債券	ヘッジ付外債
80%	7.92%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21.7%	0.0%	76.3%
90%	7.74%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.4%	0.0%	83.6%
100%	7.64%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.5%	0.0%	89.5%
110%	7.64%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.8%	0.0%	94.2%
120%	7.62%	2.0%	0.0%	2.7%	0.0%	0.5%	0.0%	94.8%

の結果は推定サープラスリスクを最小化した結果であるため, そこから資産配分を変えれば当然推定サープラスリスクは高まることになった.

このように母体財務を考慮すると, 年金運用の推定サープラスリスクは大きくなるが母体財務への影響は小さくなる. 年金運用のリスクを高めているように見えるが, 母体財務まで考えたトータルリスクを抑制し母体財務の安定を図ることに繋がり, 年金基金のスポンサーを守ることになると考えられる.

4.5 業種の違いと資産配分

表 4.2 に示した通り, 業種ごとに株主資本税引後利益率の変化と運用資産のリターンとの相関が異なることを確認したが, 最適な運用戦略にどの程度の違いが生じるか調べる. 年金の期待サープラスリターン R_s を 1%以上という条件の下で, 推定トータルリスク σ_t を最小化した場合の資産配分を業種ごとに求めた. 分析の前提となる期待リターンやリスクは, 表 4.1, 表 4.2 の値を使った. 表 4.7 はこの条件下で期待サープラスリターン R_s を 1%として求めた投資比率である. なお, 積立比率は 100%, 退職給付債務は母体財務の純資産の 30%と設定した.

業種ごとに最適な投資比率が異なっており, 母体財務の事業リスクを考慮したとき, 効率的フロンティア上にある資産配分は業種間の違いが大きいことが示されている.

例えば, 年金負債の金利リスクを抑制するために, 国内債券とヘッジ付外債のどちらかを選択することになるが, 事業利益と年金負債の変化の間に負の相関を持つ, 食料品や輸送用機器などでは国内債券やヘッジ付外債への投資配分が他の業種に比べ少なく, それ以外の業種でも事業利益と年金負債の変化の間の負の相関が大きいほど, 国内債券やヘッジ付外債への投資配分が多い. また, 本論文の分析の設定条件では, ヘッジ付資産のリスクリターン比がヘッジなし資産のリスクリターン比よりも大きいためにヘッジ付資産へ投資配分しやすい. しかし, 事業利益が為替と負の相関を持つ建設業や食料品では為替変動を事業利益で相殺できることから, ヘッジ付外債ではなくヘッジなしの外国債券へ投資配分を高めている.

表 4.7: 業種別の資産配分

業種名	現預金	資産配分 国内株式	国内債券	外国株式	ヘッジ付外株	外国債券	ヘッジ付外債
建設業	2.0%	0.0%	20.6%	0.0%	12.7%	28.4%	36.3%
食料品	2.0%	0.0%	47.5%	0.0%	19.9%	30.7%	0.0%
繊維製品	2.0%	9.5%	35.7%	0.0%	11.0%	0.0%	41.8%
化学	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.5%	0.0%	89.5%
鉄鋼	2.0%	0.0%	55.3%	0.0%	23.5%	0.0%	19.2%
機械	2.0%	12.1%	47.0%	0.0%	12.1%	0.0%	26.7%
電気機器	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.5%	0.0%	89.5%
輸送用機器	2.0%	2.5%	69.9%	0.0%	25.6%	0.0%	0.0%
陸運業	2.0%	0.0%	38.6%	0.0%	18.9%	2.5%	37.9%
卸売業	2.0%	0.0%	70.4%	0.0%	27.6%	0.0%	0.0%
全業種	2.0%	0.0%	25.8%	0.0%	15.5%	0.0%	56.6%

第5章　年金基金や母体財務の状態に応じた動的資産配分

5.1　年金運用戦略と運用期間

運用戦略と運用期間の関係については, 様々な視点から研究が行われてきた. Thorley(1995) では, 投資家の期待効用が時点によって異なっている場合や資産価格が時系列構造を持っている場合などでは, 資産運用における時間分散が効果を持つとしている. 例えば, 投資家の効用関数の観点から, Basak and Chabakauri(2010) は Markowitz の平均分散アプローチを多期間モデルに適用すると, 最適戦略は時点や年金資産額に応じた動的な資産配分になるとしている. つまり, リスクをその時の状況に応じて動的にコントロールした方が良いことを示唆している. 一方, 資産価格の時系列構造について Levy and Duchin(2004) では, 1 年未満の運用期間を考えるときには, 資産のリターンはロジスティック分布のフィットが良いと述べている. このように運用戦略の構築において, 運用期間を考慮に入れておくことは重要であろう.

短期と中長期的という 2 つの視点の違いは, 年金資産運用の資産配分の決定のための前提条件にも違いをもたらす. 中長期的な視点に基づく運用を考える場合には, その中長期的な期間に景気拡大期, 景気後退期がともに含まれると考えられることから, 景気変動を含んだ平均的な状況を想定して運用資産の期待リターンやリスクの値は設定される. つまり, 中長期的な視点に基づく資産配分では, 景気変動を通じた運用戦略を構築していることになる. 一方, 短期的な運用を考える場合にはそのときの経済状況を考慮して期待リターンやリスクが設定されるため, 短期的な運用戦略はその時の景気の状態を反映したものとなっている.

年金制度における短期と中長期の 2 つの視点の違いによって, 年金制度の管理や年金資産の運用戦略が異なったものとなるのかについて述べてきた. これらを踏まえ, 本論文では中長期的なサープラスリターンの確保と, 短期的な運用リスクの抑制との両方を考慮しつつ, 資産配分を導出するモデルを提案する. そこで資産配分の決定のために枇々木 (2001) の多期間最適化モデルを用いる. 多期間最適化モデルは, 資産価格のサンプルパスがあればその上で最適な運用戦略を導出が可能な手法である. このような年金負債と年金資産を同時に考えるような年金 ALM の問題に対して, 多期間最適化モデルは広く用いられている. 例えば, Nielsen and Zenios(1996), Cariño, Myers and Ziemba(1998), Cariño and Ziemba(1998), Consigli and Dempster(1998), Kouwenberg(2001), Hilli, Koive and Pennanen(2007), Geyer and Ziemba(2008) など非常に多くの先行研究がある. Mulvey, Simsek and Pauling(2003) では, 年金資産の最適資産配分についてモデルを提案しているが, 母体財務の特性まで十分に考慮されておらず, また母体財務と年金制度の会計上の関係も十分に考慮されていない.

Haneveld, Streutker and Vlerk(2010) は多期間での運用戦略を決定する際に, ある時点での積立不足の期待値を小さくするのではなく, 毎年の積立不足を小さくするような定式化を行っている.

また確率制御のアプローチから最適な資産配分戦略を導出する研究もある. Sundaresan and Zapatero(1997) は, 年金給付が勤続期間の平均給与で決定されるとして最適な資産配分戦略を解析的に導出している.

本章で多期間最適化を行う理由は, 年金給付を確実に行うという中長期的な目標と, 毎年の母体財務への悪影響を抑制するという短期的な目標を同時に達成するような運用戦略を導出するためである. 上述した通り, 短期的な最適化のみでは中長期的な目標達成のために必要なリスク水準よりも過大なリスクをとってしまったり, 短期的に必要以上にリスクを抑制してしまったりすることで中長期的な目標を達成できない可能性が生じる. このようなアンバランスなリスク・リターンのコントロールを避けるために, 将来の変動を考慮した多期間最適化が必要となる.

短期的な運用リスクの抑制を考慮することから, 資産配分についても短期的に変化させることを考えたい. そこで短期的な視点で資産配分を決定できるように, 運用資産の期待リターンや推定リスクは景気変動に応じて変化させる.

そこで, 景気拡大期と景気後退期のような景気局面を考慮できるレジームスイッチングモデルを用いて, 資産価格のモデル化を行う. レジームスイッチングモデルはファイナンスの分野では広く用いられており, 局面下での資産価格の変化などの違いを捉えることで, 局面に応じたヘッジや運用戦略の構築を試みる研究などが行われてきた. （詳しくは石島 (2005) を参照されたい. ）確率制御のアプローチからレジームスイッチングモデルを用いた研究としては, David(1997), Veronesi(2000), Honda(2002) などがある. また, Blake, Lehmann and Timmermann(1999) のように年金ファンドの戦略的資産配分のパフォーマンス分析を行うためにレジームスイッチングモデルが用いられた例もある.

第 4 章ではこの考え方に従い, 景気拡大期や景気後退期を想定し, 各局面における運用資産のリターン分布をそれぞれモデル化する. 景気変動はどちらの局面にあるかの確率 (状態確率) によって表現することができ, また局面間の遷移も確率的に表現される. そして, この状態確率に応じて資産配分を変化させる前提で, 多期間最適化問題を定式化する.

そして, 母体財務の違いが年金の資産配分にどのような影響をもたらすのかを分析する. 第 4 章では 1 期間での最適資産配分を母体財務の違いの観点から議論しているが, この章では多期間での最適資産配分を母体財務の違いの観点から議論する. 例えば, 景気拡大期と景気後退期で異なる資産配分が導出されたとき, これらの資産配分の差が大きければ大きいほど, そのときの景気の状態に応じて短期的に資産配分を変えるような, 運用戦略をとる必要があることを示唆しているといえる. どのような母体財務を持つ年金基金が景気感応度の高い動的な運用をしなければならないのかについて考察する.

5.2 モデル

本論文で用いる主なモデルは局面を想定した資産リターンのモデル化のためのレジームスイッチングモデルと, 運用戦略を導出するための多期間最適化モデルの 2 つである. レジームスイッチングモデルにより資産リターンのサンプルパスを生成し, そのサンプルパス上で多期間最適化を行うことで最適な運用戦略を導出する.

資産リターンのモデル化にレジームスイッチングモデルを利用した理由は, レジームを景気局面と考えれば景気動向を反映した資産リターンモデルとして解釈がしやすいこと挙げられる. 他にも何かの経済状態を表すファクターと各資産のリターンとの関係をモデル化するような, ファクターモデルのアプローチも考えられる.

また, 年金運用を想定しているため年金負債を考慮する必要があるが, 年金負債のモデルについても説明する.

5.2.1 資産リターンのモデル化

各資産のリターンの分布や資産間の相関構造が局面別に異なることを表現するために, レジームスイッチングモデルにより資産リターンをモデル化する.

レジームスイッチングモデルは直接観測されないレジームという確率過程に応じて, 資産リターンの統計量などが変化することを仮定したモデルである.

本論文では 2 つの異なるレジームを想定したレジームスイッチングモデルを用いる[12]. 時点は離散時点を想定し, 時点 t は整数値を取るものとする. また 2 つのレジームを定義し, 時点 t で $Y_t \in \{0,1\}$ によってどちらのレジームにいるのかを表す. レジーム k からレジーム l への遷移確率 q_{kl} は, $q_{kl} = \mathbf{P}[Y_t = l | Y_{t-1} = k](k,l = 0,1)$ と書ける. ただし, レジーム間の遷移確率 q_{kl} は時間に依存しないと仮定する. これを使って, 時点 t においてレジーム k である確率 (状態確率) を p_{tk} とすると, 時点 $t+1$ にレジーム l である確率 $p_{(t+1)l}$ は,

$$p_{(t+1)l} = \mathbf{P}[Y_{t+1} = l] = \sum_{k=0}^{1} \mathbf{P}[Y_{t+1} = l | Y_t = k]\mathbf{P}[Y_t = k] = \sum_{k=0}^{1} q_{kl} p_{tk}, \tag{5.1}$$

で表される.

状態遷移確率に従ってレジーム間を遷移していくとき, 時間が十分に経過すれば, 各レジームの状態確率は収束する. この十分に時間が経過したときの各レジームの状態確率を $p_k^*(k = 0,1)$ とすると,

$$p_k^* = \sum_{l=0}^{1} q_{kl} p_l^* \quad (k = 0,1), \tag{5.2}$$

という連立方程式を満たす. この連立方程式と確率である条件 $p_0^* + p_1^* = 1$ を使うと, p_k^* を具体的に求めることができ,

$$p_0^* = \frac{q_{01}}{q_{01} - q_{00} + 1} \qquad p_1^* = \frac{q_{10}}{q_{10} - q_{11} + 1}, \tag{5.3}$$

[12] 3 つ以上の互いに異なるレジームを持つレジームスイッチングモデルも考えられる. 本論文ではデータ量が少ないこと, レジームが多くなると結果の解釈が難しくなることという 2 つの分析上の問題から, レジームを 2 つに限定した.

が得られる.

資産のリターンは各レジーム上で多次元正規分布に従うものとする. 資産数を M とし, 各資産のリターンを表す確率変数 $R_{tj}(j=1,\cdots,M)$ を縦に並べた縦ベクトル R_t を考える [13].

このとき, 時点 t でレジームが k であるとき, 資産のリターンベクトル R_t は M 次元正規分布に従うとする. つまり,

$$R_{t+1}|(Y_t=k)\sim N(\mu^k,\Sigma^k),(k=0,1) \tag{5.4}$$

であると仮定する. μ^k,Σ^k はそれぞれ, M 次元の縦ベクトル, $M\times M$ の行列であり, それぞれの要素を μ_j^k, $\sigma_{ij}^k(i,j=1,\cdots,M;k=0,1)$ とする.

各レジームの状態確率 p_{tk} がわかっているときには, 資産リターンの平均や分散を次のように計算できる.

$$\mathbf{E}[R_{(t+1)j}] = \sum_{k=0}^{1}\mu_j^k p_{tk} \tag{5.5}$$

$$\mathbf{V}[R_{(t+1)j}] = \sum_{k=0}^{1}(\sigma_{jj}^k)^2 p_{tk}+(\mu_j^0-\mu_j^1)^2 p_{t0}p_{t1}. \tag{5.6}$$

これらのパラメータを推定する方法には, EM アルゴリズムや MCMC などがある. EM アルゴリズムは E ステップと M ステップを交互に行いながらパラメータを更新し, データへフィットを表す尤度関数を高めていくパラメータ推定方法である. 詳しくは石島 (2005) などを参照されたい.

レジームスイッチングモデルでは, 直接観測できるのは各資産のリターンであり, レジームは直接観測できないものとして扱われる. そのため, レジームがどちらにあるのかは, 状態確率として資産のリターンから以下のように推定される. 時点 t までの資産のリターンから推定した時点 t でのレジーム k の状態確率を $\xi_{k,t|t}$ とし, すでに得られているものとする. ここから時点 $t+1$ における資産のリターン R_{t+1} が得られたとき, 時点 t でレジームが k である状態確率 $\xi_{k,t|t+1}$ は, 次の式で与えられる.

$$\begin{aligned}&\xi_{k,t|t+1}=\tfrac{\eta_{k,t+1}\xi_{k,t|t}}{\sum_{l=0}^{1}\eta_{l,t|t}}\\&\eta_{k,t}=\tfrac{1}{(2\pi)^{M/2}|\Sigma^k|^{1/2}}\exp\left[-\tfrac{1}{2}(R_t-\mu^k)^\top(\Sigma^k)^{-1}(R_t-\mu^k)\right].\end{aligned} \tag{5.7}$$

さらに, 時点 $t+1$ でのレジーム k の状態確率 $\xi_{k,t+1|t+1}$ は, 次の式で与えられる.

$$\xi_{k,t+1|t+1} = \sum_{l=0}^{1}q_{lk}\xi_{l,t|t+1}. \tag{5.8}$$

このように状態確率は, 観測された資産のリターンから直前に推定された状態確率によって再帰的に推定される. なお, 状態確率として p_{tk} と $\xi_{k,t|t}$ の 2 つの記号を使っているが, 両者の違いは状態確率にサンプルパスの情報が考慮されているかどうかにある. 前者はサンプルパスとは無関係であるが, 後者はサンプルパスごとに値が異なる.

[13] 石島 (2005) とは記号の使い方が異なることに注意されたい. 本論文では時点 $t-1$ から時点 t の期間のリターンを R_t として定義しているのに対して, 石島 (2005) では時点 t から時点 $t+1$ の期間のリターンを R_t として定義している.

5.2.2 運用戦略導出のための多期間最適化モデル

上記の資産価格のリターンのモデルを用いて, 最適戦略の導出を行う. そこでまず, 運用戦略における局面の考え方について整理しておきたい. 本論文では資産のリターンの確率分布が, レジームの状態に応じて変動すると仮定している. このレジームの変化を景気動向の変化と考える. また, 以降で用いる局面という言葉はレジームと同じ意味で使っている.

また, 各資産のリターン分布は局面に応じて変化するものと仮定していることから, 運用戦略に局面に関する情報を活かすということが考えられる. 5.2.1 項で述べたようにレジームスイッチングモデルの場合には, 運用者は当年がどちらの局面にあるのかを確率という形で知ることができる. この確率の値に応じて資産配分を変えることで、運用者が観測できる局面に関する情報を活かしつつ運用戦略を構築することが可能となる.

運用結果の評価には, 中長期的な年金の運用成果を表す, 最終時点までの積立比率の変化幅を用いる. 本論文では積立比率の変化幅をサープラスリターンと定義する. また, 短期的なリスクの評価尺度としての母体財務のリスクを, 年金の積立状況を考慮した母体財務の純資産額（つまり, 母体財務の純資産に年金の積立余剰を足した額）の 95%CVaR をリスクと考える (以下, トータルリスクと呼ぶ). 多期間にわたる運用戦略を考えた場合には累積資産額が正規分布に従わないため分布の端をとらえられるリスク尺度が必要であること, また母体財務が避けるべきリスクは下方のみであることの 2 つの理由から, 下方リスク尺度の 1 つである CVaR をリスク尺度として用いた. 中長期的なリターンの確保のためにサープラスリターンに対して下限値を設け, その条件のもとで短期的に抑制すべきである毎期のトータルリスクを最小化する問題を考える.

枇々木 (2001) のシミュレーション型多期間最適化モデルは, モンテカルロシミュレーションなどの方法により生成したサンプルパスを使って, 運用シミュレーションをしつつ最適な運用戦略を導出する方法である. 運用戦略を投資金額, 投資単位数, 投資比率のどれで表現するのかで定式化が異なる. そこで Hibiki(2006) では, 投資量関数（後述の関数 $h_0(\cdot)$, $h(\cdot)$）を導入することにより 1 つの定式化で包括的に扱えるようにした. ただし, 運用戦略を投資比率で表したとき, 最適化問題が非線形となるため求解が難しくなる. その理由は投資比率の計算のために各サンプルパス上での運用資産額が必要となるためである. この点についても Hibiki(2006) で, 以下の対応方法が提案されている. まず投資単位数での最適運用戦略を導出し, この戦略に基づいたときの各サンプルパス上での運用資産額を求める. この運用資産額を投資比率の計算のための値として利用することで, 線形最適化問題として定式化し, 投資比率での運用戦略を導出する. このように暫定的に求まった運用資産額を利用しつつ複数回求解を行うことで, 投資比率での運用戦略の導出が可能となる.

以下に, 多期間最適化問題の定式化を記述する. 式中の n は求解の反復回数を示しており, 運用戦略は $n = 1$ のとき投資単位数により, $n \geq 2$ のとき投資比率により表現されている. 下記の定式化で $\hat{P}_{it}^{A,n}$ は, n 回目の最適戦略を導出した後にその戦略を行ったときの, サンプルパス上での年金資産額である.

- パラメータ

n	求解の反復回数 (1 以上)
N	サンプルパスの数
M	リスク資産数
s_{j0}	時点 0 での資産 j の価格 $(j = 1, \cdots, M)$
s_{ijt}	パス i, 時点 t での資産 j の価格 $(i = 1, \cdots, N; j = 1, \cdots, M; t = 1, \cdots, T)$
P_0^A	時点 0 での年金資産額
P_0^L	時点 0 での年金負債額
P_{iT}^L	パス i, 時点 T での年金負債額 $(i = 1, \ldots, N)$
P_0^C	時点 0 での母体財務の純資産額
P_{iT}^C	パス i, 時点 T での母体財務の純資産額 $(i = 1, \ldots, N)$
$\hat{P}_{it}^{A,n}$	パス i, 時点 t での n 回目の反復で求まった年金資産額 $(i = 1, \ldots, N; t = 1, \ldots, T; n = 1, \cdots)$
r_{it}	パス i, 期間 t での無リスク資産のリターン $(i = 1, \ldots, N; t = 1, \ldots, T)$
NCF_t	時点 t での年金基金への純キャッシュフロー (掛金拠出 − 年金給付) $(t = 1, \cdots, T)$
$\xi_{i,0,t\|t}$	パス i, 時点 t における景気拡大期の状態確率 $(i = 1, \ldots, N; t = 1, \cdots, T)$
$\underline{\Delta FR}$	サープラスリターンに対する下限値（年率）

- 決定変数

z_{j0}	時点 0 での資産 j への投資比率 ($n = 1$ のときは投資量)
z_{jt}^e	景気拡大期の状態確率が 100%であると判断されるときの, 時点 t での資産 j への投資比率 ($n = 1$ のときは投資量) $(j = 1, \ldots, M; t = 1, \ldots, T-1)$
z_{jt}^r	景気拡大期の状態確率が 0%であると判断されるときの, 時点 t での資産 j への投資比率 ($n = 1$ のときは投資量) $(j = 1, \ldots, M; t = 1, \ldots, T-1)$
v_0	時点 0 での無リスク資産への投資額
v_{it}	パス i, 時点 t での無リスク資産への投資額 $(i = 1, \ldots, N; t = 1, \ldots, T-1)$
$VaR_{\beta t}$	時点 t でのトータルリターンに対する信頼水準 β%の VaR $(t = 1, \ldots, T)$
u_{it}	パス i, 時点 t での信頼水準 β%の $VaR_{\beta t}$ に満たない金額 $(i = 1, \ldots, N; t = 1, \ldots, T)$
P_{it}^A	パス i, 時点 t での年金資産額 $(i = 1, \ldots, N; t = 1, \ldots, T)$

$$\textbf{minimize} \qquad \sum_{t=1}^{T}\left(VaR_{\beta t}+\sum_{i=1}^{N}\frac{u_{it}}{(1-\beta)N}\right) \tag{5.9}$$

subject to

$$v_0+\sum_{j=1}^{M}h_0(j,n)s_{j0}=P_0^A \tag{5.10}$$

$$P_{i1}^A=v_0(1+r_{i1})+\sum_{j=1}^{M}h_0(j,n)s_{ij1}+NCF_1=v_{i1}+\sum_{j=1}^{M}h(i,j,n,1)s_{ij1}$$
$$(i=1,\ldots,N) \tag{5.11}$$

$$P_{it}^A=v_{i(t-1)}(1+r_{it})+\sum_{j=1}^{M}h(i,j,n,t-1)s_{ijt}+NCF_t=v_{it}+\sum_{j=1}^{M}h(i,j,n,t)s_{ijt}$$
$$(i=1,\ldots,N;t=2,\ldots,T-1) \tag{5.12}$$

$$v_{i(T-1)}(1+r_{iT})+\sum_{j=1}^{M}h(i,j,n,T-1)s_{ijT}+NCF_T=P_{iT}^A \quad (i=1,\ldots,N) \tag{5.13}$$

$$\frac{1}{NT}\sum_{i=1}^{N}\frac{P_{iT}^A}{P_{iT}^L}-\frac{P_0^A}{P_0^L}\geq\underline{\Delta FR} \tag{5.14}$$

$$\frac{P_{it}^C+P_{it}^A-P_{it}^L}{P_{i(t-1)}^C+\hat{P}_{i(t-1)}^{A,n-1}-P_{i(t-1)}^L}-1+u_{it}+VaR_{\beta t}\leq 0$$
$$(i=1,\ldots,N;t=1,\ldots,T) \tag{5.15}$$

$$z_{j0}\geq 0 \quad (j=1,\ldots,M) \tag{5.16}$$

$$z_{jt}^e\geq 0 \quad (j=1,\ldots,M;t=1,\ldots,T-1) \tag{5.17}$$

$$z_{jt}^r\geq 0 \quad (j=1,\ldots,M;t=1,\ldots,T-1) \tag{5.18}$$

$$v_0\geq 0 \tag{5.19}$$

$$v_{it}\geq 0 \quad (i=1,\ldots,N;t=1,\ldots,T-1) \tag{5.20}$$

$$u_{it}\geq 0 \quad (i=1,\ldots,N;t=1,\ldots,T) \tag{5.21}$$

式中の関数 h_0, h は投資量関数と呼ばれる関数であり,

$$h_0(j,n) \;=\; \begin{cases} z_{j0} & n=1 \\ \dfrac{\hat{P}_0^{A,n-1}}{s_{j0}}z_{j0} & n\geq 2 \end{cases} \tag{5.22}$$

$$h(i,j,n,t) \;=\; \begin{cases} (1-\xi_{i,0,t|t})z_{jt}^e+\xi_{i,0,t|t}z_{jt}^r & n=1 \\ \dfrac{\hat{P}_{it}^{A,n-1}}{s_{ijt}}\{(1-\xi_{i,0,t|t})z_{jt}^e+\xi_{i,0,t|t}z_{jt}^r\} & n\geq 2 \end{cases} \tag{5.23}$$

である. 投資量関数 h_0 は時点 $t=0$ において, 投資量関数 h は $t=0$ 以外の時点において, 各資産の投資量を決定する関数である. 前述のように z_{j0}, z_{jt}^e, z_{jt}^r は $n=1$ のときは投資量, $n\geq 2$ のときは投資比率を表す. また, h_0 は全てのサンプルパスで同じ値となるが, 投資量関数 h はサンプルパス毎に異なる値となりうる.

上述した通り, 観測された資産のリターンや母体財務の事業リターンをもとに, どちらの局面にあるのかを表す状態確率 (下記の定式化では $\xi_{i,0,t|t}$) は毎期更新される. 具体的には $\xi_{i,0,t|t}$ は式 (5.7) と式 (5.8) とを再帰的に用いて, 式 (5.8) の左辺として得られる. ここで生成したサンプルパスにおける資産価格 (下記の定式化では s_{j0} や s_{ijt}) から式 (5.24) によってパス毎に計算したリターン R_{ijt} を資産 $j = 1, \ldots, M$ で並べ, 式 (5.7) のリターン R_t に代入する.

$$R_{ijt} = \begin{cases} \frac{s_{ij1}}{s_{j0}} - 1 & t = 1 \\ \frac{s_{ijt}}{s_{ij(t-1)}} - 1 & t \geq 2 \end{cases} \tag{5.24}$$

生成されたこれらのリターンはサンプルパスごとに異なるため, そこから推定された状態確率もサンプルパスごとに異なることに注意されたい.

この定式化において投資比率 ($n = 1$ のときには投資量) は, そのときの景気拡大期の状態確率に応じて変化する. 景気拡大期の状態確率が 100% のとき, 0% のときに, 投資比率はそれぞれ z^e_{jt}, z^r_{jt} となり, その間は線形加重和として表現している [14]. 以降, この資産配分戦略を「景気変動対応戦略」と呼ぶ. 一方, 上記の最適化問題の定式化に $z^e_{jt} = z^r_{jt} (j = 1, \ldots, M; t = 1, \ldots, T-1)$ という制約条件を追加することで, 景気拡大期の状態確率に応じて資産配分を変化させずに固定する戦略を導出することもできる. 以降, この資産配分戦略を「固定資産配分戦略」と呼ぶ. 次節ではこの 2 つの運用戦略を比較することによって, 状態確率を考慮する効果を調べる.

なお, 上記の定式化はトータルリスクの最小化問題となっており, サープラスリスクを最小化したいときには $P^C_0 = 0$, $P^C_{iT} = 0 (i = 1, \ldots, N)$ とすればよい.

5.3　モデルのパラメータ推定

本節では, 導入したモデルのパラメータの推定方法について説明する. 5.3.1, 5.3.2 項では各資産のリターンや母体財務の事業リターンの分布に関するパラメータの推定方法について説明する. 本論文のポイントの 1 つである景気局面の状態確率の推定については運用資産のリターンのみから行った. 正確に評価を行うには母体財務の事業リターンも考慮に入れた上で論じる必要があると思われるが, 母体財務の事業リターンは四半期ごとから年次と観測できる頻度が低いことから, 状態確率の推定は難しいと考えたためである.

5.3.1, 5.3.2 項で過去のデータに基づいて推定されたモデルパラメータはあくまで過去の事実であり, 年金資産の資産配分は見通しに基づいて決定される. そのため, 局面の変化を踏まえた形での見通しの反映方法を決定しなければならない. 5.3.3 項では, 過去のデータに基づいて推定されたパラメータに対して, 中長期的見通しを反映させたパラメータをどのように決定するのかについて説明する.

[14] 本稿では, 近似的に投資比率の線形加重和として定式化している. 厳密には資産のリターンの分布が混合正規分布を持つときの最適投資比率は, それぞれの正規分布に対する最適投資比率の加重和とはならない.

5.3.1 局面の分解, 運用資産のリターン分布

過去の各資産のリターンに対してレジームスイッチングモデルを適用し, 状態確率の推定を行う. 資産は, 国内株式, 国内債券, 外国株式, 外国債券, 現預金の 5 資産を扱った [15]. 期間は 1988 年 3 月〜2013 年 3 月の 300 か月間とした.

また年金負債は 3.3 節の年金負債のモデルに基づき将来の年金給付額を推定し, 各年限の国債利回りで割り引くことで年金負債の現価を求め, 毎月の変化率をもとに算出した. 年金のモデルは, 20 歳から 60 歳の間年金基金に加入し, 60 歳から 80 歳まで年金給付を行う制度を想定する. また, すべての年齢での年金加入者は同じ人数とした.

資産価格のモデルはレジームスイッチングモデルを利用し, パラメータの推定には EM アルゴリズムを用いた. 推定における初期値への依存性を排除するため, 乱数により初期値を変えて 1,000 回の推定を行い, 対数尤度が最も高いものを選択した. 図 5.1 は各資産それぞれについて, モデルを適用し推定を行った結果である [16]. 実線は各資産の月次リターンを表しており, 灰色の面グラフは 2 つの局面のうち 1 つの局面の状態確率を表している.

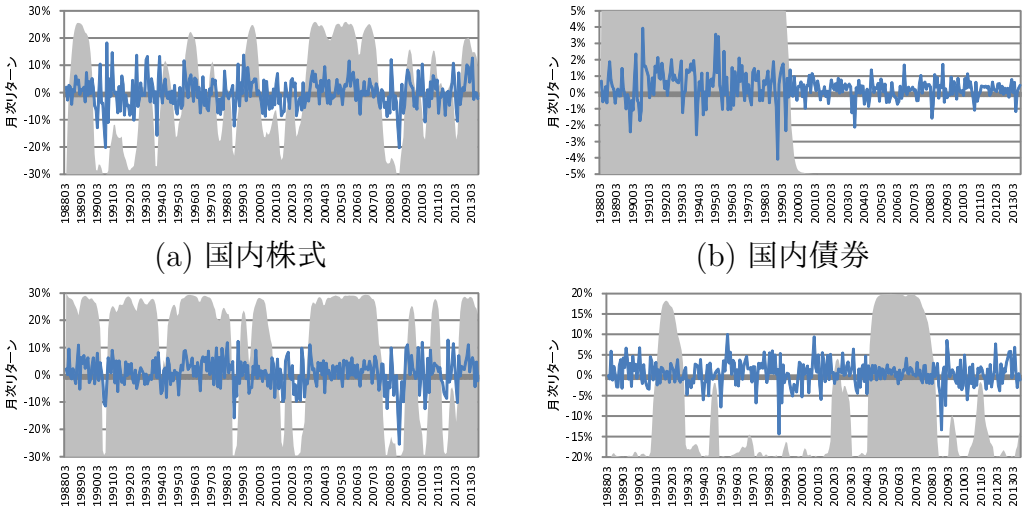
国内株式と外国株式は 1 年から 5 年の期間で状態確率が 50%を超える月と 50%に満たない月が入れ替わっている. 分析結果として興味深いのは, 2003 年以降は国内株式と外国株式とでこの入れ替わりが起こっていたことである. これは近年の株式市場の国際間での関係が強くなっていることを示唆していると考えられる. また, 国内債券は 1999 年以前と 2000 年以後で状態確率の水準がくっきりと分かれる結果となり, 国内金利水準の低下を反映したものと考えられる. 外国債券は 1991 年〜1993 年, 2005 年〜2008 年の 2 つの時期のみ状態確率が 50%を超えるという結果となった.

各資産で状態確率がばらばらでは本モデルでは扱えないため, 以降の分析のために各資産に対して統一的に状態確率を定義したい. そこで 4 資産の中でリスク水準が高いこと, 国内株式と外国株式で局面の傾向が似ていたことを考え, 国内株式の状態確率を採用することとした. 具体的には, 図 5.1(a) に示した国内株式のリターンから推定した状態確率に対応するレジームを景気拡大期, もう一方のレジームを景気後退期と呼ぶことにする. これは国内株式の月次リターンの平均値が, 景気拡大期の方が景気後退期よりも大きかったことを踏まえたものである.

次に局面の状態確率が与えられたとき, 各局面における各資産のリターンの平均, 標準偏差を求める必要がある. 局面の状態確率を所与としたとき, 資産のリターン分布は混合正規分布で表すことができる. この混合正規分布のパラメータを求めるために, 最尤法を用いてパラメータ推定を行う. いま, 観測された M 個の資産リターンとして T 個のデータ $\{R_{tj}\}_{j=1,\dots,M;t=1,\dots,T}$ があったとする. また, 各時点で観測されたリターンに対応する T 個の景気拡大期の状態確率を p_{tk},$t = 1, \dots, T$ とする. 景気拡大期 $(k = 0)$, 景気後退期 $(k = 1)$ それぞれにおいて, M 個の資産が平均 Π_k, 分

[15] 各資産のリターンには, 以下の指数を用いた. 国内株式 : TOPIX（配当込み）, 国内債券 : NOMURA-BPI 総合, 外国株式 : MSCI-KOKUSAI(円ベース), 外国債券 : Citi WGBI(円ベース), 現預金 : 有担保コールレート.

[16] 4 資産を同時に扱って推定することも可能であるが, 300 か月分のデータでは安定した推定ができないことが懸念されるため, それぞれの資産で推定を行った.



(a) 国内株式　(b) 国内債券

(c) 外国株式　(d) 外国債券

図 5.1: 各資産リターンから推定したレジーム

散共分散行列 Σ_k の多次元正規分布に従うとする. このとき対数尤度関数は,

$$l(\Pi_k, \Sigma_k) = \sum_{t=1}^{T} \log \left[\sum_{k=0}^{1} \frac{p_{tk}}{(2\pi)^{M/2}\sqrt{|\Sigma_k|}} \exp\left\{ -\frac{1}{2}(R_t - \Pi_k)\Sigma_k^{-1}(R_t - \Pi_k)^\top \right\} \right] \quad (5.25)$$

である. ここで, $p_{t1} = 1 - p_{t0} \quad (t = 1, \ldots, T)$, $R_t = (R_{t1}, R_{t2}, \cdots, R_{tM})^\top$ である.

表 5.1 は式 (5.25) に基づき各局面における各資産のリターンの平均, 標準偏差, 資産間の相関係数を求めたものである. データ量が少なく同時に全てのパラメータを求めるのは困難であったため, まず資産ごとに平均・標準偏差を求め, その後に推定された平均・標準偏差を所与として資産間の相関を求めるという, 2 段階の手順でパラメータ推定を行った.

景気拡大期と景気後退期を比較すると, 国内株式と外国株式の平均リターンは景気拡大期の方が高く, 年金負債や国内債券のリターンの平均リターンは景気拡大期の方が低い. 景気拡大に伴う金利上昇を示した結果であると考えられる. またどの資産の標準偏差も景気後退期の方が高く, 各資産のリターンが低いときにボラティリティが高まる傾向を示唆している. 相関係数については通期の値とそれぞれの局面における値とで傾向に大きな違いは見られない.

次に各局面間での遷移確率は, 表 5.2 の通りとなった. 月次データを用いてモデルパラメータを推定したとき局面間の遷移確率は月率となるが, 表 5.2 の値は年率値に換算を行っている. その方法は, 月率で得られた遷移確率 $q_{kl}(k, l = 0, 1)$ を行列に並べ遷移確率行列を作り, これを 12 か月分掛け合わせることで得られる. つまり,

$$\begin{pmatrix} q_{00} & q_{01} \\ q_{10} & q_{11} \end{pmatrix}^{12} \quad (5.26)$$

により求められる. ある月が景気拡大期であるときその 12 か月後が景気拡大期である確率が 74.0%, ある月が景気後退期であるときその 12 か月後が景気拡大期である

表 5.1: 各レジームにおける各資産の統計量 (年率換算値)

(a) 通期

	平均	標準偏差	年金負債	国内株式	国内債券	外国株式	外国債券	現預金
年金負債	2.13%	8.40%	1.00	−0.07	0.92	−0.03	0.07	0.01
国内株式	0.45%	19.56%	−0.07	1.00	−0.07	0.49	0.15	−0.07
国内債券	3.53%	3.09%	0.92	−0.07	1.00	−0.01	0.06	0.15
外国株式	9.92%	18.54%	−0.03	0.49	−0.01	1.00	0.60	0.00
外国債券	6.45%	10.72%	0.07	0.15	0.06	0.60	1.00	0.00
現預金	1.45%	0.66%	0.01	−0.07	0.15	0.00	0.00	1.00

(b) 景気拡大期

	平均	標準偏差	年金負債	国内株式	国内債券	外国株式	外国債券	現預金
年金負債	−0.81%	5.25%	1.00	−0.30	0.66	−0.40	−0.40	0.12
国内株式	22.88%	12.98%	−0.30	1.00	−0.37	0.55	−0.26	−0.14
国内債券	1.52%	1.83%	0.66	−0.37	1.00	−0.24	−0.01	0.22
外国株式	29.84%	13.10%	−0.40	0.55	−0.24	1.00	0.61	0.15
外国債券	8.39%	8.25%	−0.40	−0.26	−0.01	0.61	1.00	0.23
現預金	0.13%	0.05%	0.12	−0.14	0.22	0.15	0.23	1.00

(c) 景気後退期

	平均	標準偏差	年金負債	国内株式	国内債券	外国株式	外国債券	現預金
年金負債	5.37%	10.78%	1.00	0.53	0.53	0.43	0.51	−0.05
国内株式	−24.54%	22.79%	0.53	1.00	0.13	0.55	0.62	0.08
国内債券	5.75%	3.95%	0.53	0.13	1.00	0.31	0.31	0.26
外国株式	−12.43%	21.36%	0.43	0.55	0.31	1.00	0.72	0.36
外国債券	4.28%	12.88%	0.51	0.62	0.31	0.72	1.00	0.14
現預金	3.67%	0.73%	−0.05	0.08	0.26	0.36	0.14	1.00

表 5.2: 局面間の遷移確率 (年率換算値)

		翌年	
		景気拡大	景気後退
当年	景気拡大	74.0%	26.0%
	景気後退	69.6%	30.4%

確率が 69.6%と, 約 5%の差となった. したがって, ある時点の局面がその 12 か月後の局面に与える影響は小さいといってよいであろう. 以降の分析では一期間を一年間として分析を進めるが, このようにして計算した遷移確率を用いる.

なお, 十分時間が経ったときのそれぞれの局面の状態確率を, 式 (5.3) により求めると, 景気拡大期が 72.8%, 景気後退期が 27.2%となった.

5.3.2　母体財務の事業リターン

企業の事業リターンについて, 整理しておく. 4 章では企業の事業リターンを株主資本当期利益率としており, この章でもそれに倣う. 事業リターンは, 金融 4 業種と電気・ガス業を除いた, 東証 1 部上場企業の 1989 年 3 月～2013 年 3 月までの 25 年分の本決算情報が取得できる 671 社を対象とし, 株主資本当期利益率の株主資本加重平均を求めた. 東日本大震災の影響が以降の分析に強く現れてしまうのを避けるため, 電気・ガス業を除いている. この 28 業種をハイテク, シクリカル, 内需, ディフェンシブ, 建設・不動産の 5 グループに分類しなおした [17].

ここから局面別の事業リターンの分布を推定したい. しかし, 決算情報は年次であるため, 前項で行った資産リターンの分布の推定方法をそのまま利用できない. そこで月次の事業リターンの分布 R_t^g がレジームスイッチングモデルに従うという前提で, 年次の事業リターンの平均と分散を求めるとそれぞれ式 (5.27), 式 (5.28) が得られる. ただし, 事業リターンは対数リターンで表されるものとし, 時点 t における局面 k の状態確率 p_{tk} は与えられているものとする. また, 局面 k における事業リターンの平均, 分散をそれぞれ μ_k^g, $(\sigma_k^g)^2$ とすると,

$$E\left[\sum_{t=1}^{12} R_t^g\right] = \sum_{k=0}^{1} \mu_k^g \sum_{t=1}^{12} p_{tk} \tag{5.27}$$

$$V\left[\sum_{t=1}^{12} R_t^g\right] = \sum_{k=0}^{1} (\sigma_k^g)^2 \sum_{t=1}^{12} p_{tk} + (\mu_0^g - \mu_1^g)^2 p_{t0} p_{t1} \tag{5.28}$$

を得る.

[17] 業種の分類は以下の通りである. ハイテク : 機械, 電気機器, 輸送用機器, 精密機器. シクリカル : 鉱業, 繊維製品, パルプ・紙, 化学, 石油・石炭製品, ゴム製品, ガラス・土石製品, 鉄鋼, 非鉄金属, 金属製品, 海運業, 卸売業. 内需 : その他製品, 陸運業, 空運業, 倉庫・運輸関連業, 情報・通信業, 小売業, サービス業. ディフェンシブ : 水産・農林業, 食料品, 医薬品. 建設・不動産 : 建設業, 不動産業.
前章の分析結果に合わせて業種をグルーピングしない方が望ましいが, 本章の分析では時系列方向に十分なデータ数を確保すると入手できる社数が少なくなったためこのようなグルーピングを行った. また, グルーピングの基準は定性判断に基づいて行った.

表 5.3: 事業リターンの統計量

(a) 局面別の平均, 標準偏差

		ハイテク	シクリカル	内需	ディフェンシブ	建設・不動産
通期	平均	3.98%	5.16%	5.51%	6.64%	3.24%
	標準偏差	3.75%	3.69%	2.55%	1.77%	4.14%
景気拡大期	平均	7.30%	7.76%	7.33%	8.07%	3.57%
	標準偏差	1.00%	3.14%	1.31%	1.99%	2.22%
景気後退期	平均	0.43%	2.37%	3.54%	5.10%	2.89%
	標準偏差	4.65%	3.69%	3.19%	1.00%	5.37%
拡大期 – 後退期	平均	6.87%	5.38%	3.79%	2.97%	0.68%
	標準偏差	−3.65%	−0.56%	−1.88%	0.99%	−3.15%

(b) 各資産と事業リターンとの相関係数

	年金負債	国内株式	国内債券	外国株式	外国債券	現預金
ハイテク	−0.13	0.13	−0.07	0.36	0.37	0.30
シクリカル	−0.29	0.06	−0.28	0.16	0.21	0.25
内需	−0.24	0.13	−0.14	0.20	0.18	0.30
ディフェンシブ	−0.23	0.23	−0.45	−0.11	−0.11	−0.30
建設・不動産	−0.02	−0.01	0.13	−0.02	−0.07	0.61

年次の事業リターンに対して, この平均と分散を持つ正規分布としたときの尤度関数を使って, 各局面における事業リターンの平均 μ_k^g, 分散 $(\sigma_k^g)^2$ を最尤法により求めた[18]. 局面の状態確率は資産のリターンと同じく, 国内株式より推定した状態確率を用いた.

表 5.3(a) は各グループの事業リターンの平均, 標準偏差を局面別に求めたものである. 局面別に見ると, どのグループも景気拡大期の方が景気後退期よりも平均リターンが高い. 特に, 景気感応度の高いハイテク, シクリカルの 2 グループは, 他の 3 グループよりも局面間の平均リターンの差が大きい. また, ディフェンシブ以外のグループでは景気拡大期の方が標準偏差が小さい. 局面間の標準偏差の差が最も大きいのは, ハイテクのグループであった.

各資産リターンと事業リターンの相関は, データ量が少なく局面別に推定しても信頼性が疑わしいため, 通期での相関係数を推定し各局面で同じ相関係数を用いることとした. 表 5.3(b) はその相関係数である. シクリカルやハイテクは外国資産との相関が他に比べやや高いこと, ディフェンシブは国内株式との相関が他のグループよりもやや高く外国資産とは負の相関を持っていることなどの傾向が見られる.

[18]月次のリターンがレジームスイッチングの構造を持っていた場合, 年次のリターンが正規分布に従うとは言えない. ここでは簡便的な推定方法としてこの方法を採った. より厳密な推定方法については今後の課題としたい.

5.3.3　中長期的見通しの反映

中長期的な運用戦略を決定するときには, 運用する資産の中長期的な期待リターンやリスクを想定し, その値に基づき資産配分を決定することになる. そこでモデルパラメータを決定するために, 十分に時間が経ったときの資産のリターン分布が中長期的見通しとして与えられた期待リターンやリスクと一致するという仮定をおく[19]. この仮定に基づき, 過去の各資産のリターンから推定したパラメータをベースとして調整を加えることで, 中長期的な見通しを反映させる.

十分に時間が経ったときの資産のリターンの平均値, 標準偏差は, 式 (5.3), 式 (5.5), 式 (5.6) により計算できる. つまり, 資産 j の中長期的な平均リターンを μ_j^*, 標準偏差を σ_j^* として,

$$\mu_j^* = \sum_{k=0}^{1} \mu_j^k p_k^* \tag{5.29}$$

$$(\sigma_j^*)^2 = \sum_{k=0}^{1} (\sigma_j^k)^2 p_k^* + (\mu_j^0 - \mu_j^1)^2 p_0^* p_1^*, \tag{5.30}$$

を得る. 式 (5.29) と式 (5.30) の左辺はともに所与となるため, 決定すべきパラメータは資産 j に対しての $\mu_j^k, \sigma_j^k (k = 0, 1)$ の 4 つである. しかしこのままでは制約式が 2 つのため, この 4 つのパラメータを決定できない. そこで両局面の平均リターンの差 $\mu_j^0 - \mu_j^1$ が推定値と同じ, 両局面の標準偏差の比 σ_j^0/σ_j^1 が推定値と同じ, という 2 つの仮定を置くことで, 4 つのパラメータを決定することとした[20].

このようにして決定したパラメータを表 5.4 に示した. 中長期的見通しは信託銀行 4 社の 2013 年度の中期運用における収益率, リスクの平均値である. 両局面の特徴を残しつつ, 平均リターンと標準偏差を中長期的見通しに合うようにパラメータを調整できていることが分かる. なお事業リターンは, 表 5.3 と同じ値である.

5.4　最適な運用戦略と母体財務の関係

前節で構築した各資産のリターンのモデルに基づき資産価格のサンプルパスを生成し, その上での最適戦略を導出する.

5.4.1　分析条件の設定

まず, 分析条件について整理しておく. 運用期間は 5 年間を考える.

---

[19] この方法以外に, シミュレーションにより得られたサンプルパスに調整を加えることで, 中長期的な見通しを反映させる方法も考えられる.

[20] 現預金は両局面での平均リターンの差 $\mu_j^0 - \mu_j^1$ が推定値と同じという条件では, 式 (5.29) から各局面でのリターンが計算できなかったため, 両局面での平均リターンの比 μ_j^0/μ_j^1 が推定値と同じとした. 計算できなかった理由は過去の短期金利の水準と現在の短期金利の水準とが全く異なるためであると考えられる.

表 5.4: 中長期的見通しを反映した各局面での期待リターン, 標準偏差

	中期的見通し		景気拡大期		景気後退期	
	期待リターン	標準偏差	期待リターン	標準偏差	期待リターン	標準偏差
年金負債	1.42%	7.70%	−0.26%	5.25%	5.92%	10.79%
国内株式	6.55%	21.15%	19.44%	1.16%	−27.98%	2.03%
国内債券	1.00%	2.68%	−0.15%	1.34%	4.08%	2.91%
外国株式	8.08%	22.73%	19.57%	10.59%	−22.70%	17.27%
外国債券	2.75%	11.33%	3.87%	9.48%	−0.24%	14.80%
現預金	0.28%	0.60%	0.03%	0.06%	0.92%	0.86%
ハイテク	3.98%	3.75%	7.30%	1.00%	0.43%	4.65%
シクリカル	5.16%	3.69%	7.76%	3.14%	2.37%	3.69%
内需	5.51%	2.55%	7.33%	1.31%	3.54%	3.19%
ディフェンシブ	6.64%	1.77%	8.07%	1.99%	5.10%	1.00%
建設・不動産	3.24%	4.14%	3.57%	2.22%	2.89%	5.37%

注) 中長期的見通しは信託銀行 4 社の 2013 年度の中期運用における収益率, リスクの平均値を用いた.

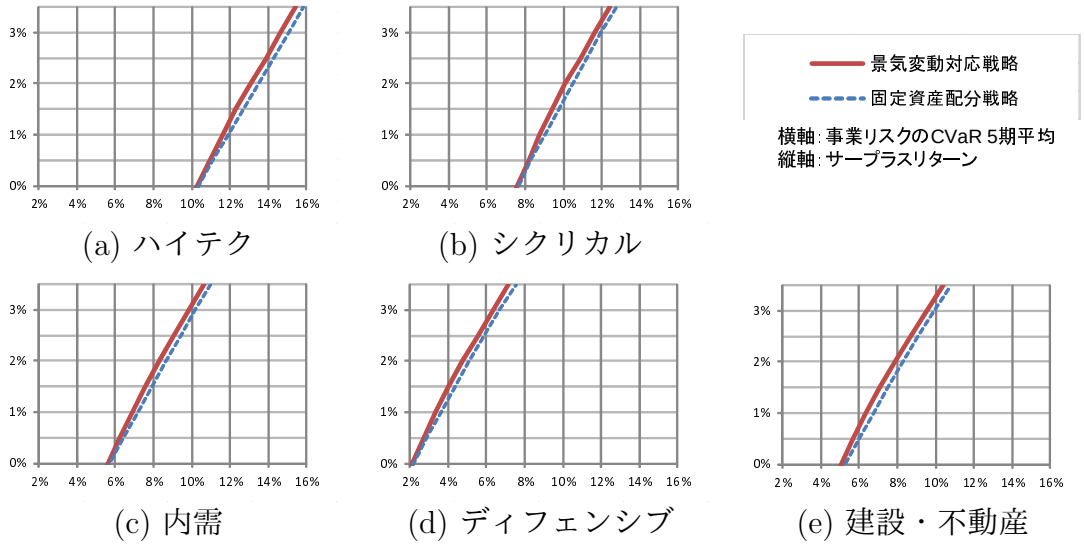
運用戦略として, 景気局面の状態確率に応じて資産配分を変化させる「景気変動対応戦略」と変化させない「固定資産配分戦略」の 2 つを設定する. 両戦略を比較することで景気局面の変化に合わせて資産配分を変化させることの効果が評価できる. 積立比率は金融 4 業種以外の東証 1 部上場企業の 2013 年 3 月決算において退職給付債務が 10 億円以上ある 1,408 社の平均値 66.78%を設定した [21].

次に企業年金に関するパラメータについて説明する. 以降の分析では, 年金資産額, 年金負債額, 掛金総額, 母体財務の純資産額の比率があれば十分で, 金額は必要ではない. そのため企業年金に関するパラメータは退職時点の加入者 1 人当たりの責任準備金を 1 単位としたときのそれぞれの単位数を設定する.

まず, 年金負債額（退職給付債務額）は, 3.3 節の式 (3.7) において, 2013 年 3 月末時点の国債利回りにより割り引くと 24.1539 であった. 多期間最適化モデルにおいて, 0 時点での年金負債額 P_0^L にこの 24.1539 を設定し, 年金資産額 P_0^A は年金負債額×積立比率である 66.78%を設定した. また, 母体財務の純資産に対する年金負債額の割合は 2013 年 3 月決算の平均値で 32.8%であったことから, 0 時点での母体財務の純資産額 P_0^C は年金負債額 P_0^L を用いて, 24.1539÷32.8%=73.6399 と設定した.

年金の期中のキャッシュフロー額は, 次の通り決定した. まず, 年金運用の期待運用利回りは 2013 年 3 月の金融 4 業種を除く東証 1 部上場企業の期待運用利回りの平均値である 2.41%を設定する. 掛金の加入者全世代合計額 (総掛金額) は 3.3 節の式 (3.8) により, 0.6135 となった. 年金基金の毎期のキャッシュフロー額 (5.2.2 項の定式化で NCF_t) は, 総掛金額 0.6135 から総給付額 1 を差し引いた, −0.3865 となる. な

[21] 退職給付債務には退職一時金の部分が含まれているため, 企業年金基金のみの積立比率はこの水準よりも高いことに注意いただきたい.



(a) ハイテク　(b) シクリカル

(c) 内需　(d) ディフェンシブ　(e) 建設・不動産

図 5.2: 各業種におけるリスクリターンのフロンティア曲線

お, この値は時間 t によらないものとした. この条件で多期間最適化モデルを使って最適な資産配分について分析を行った.

乱数の依存性を排除するため, 10,000 個のサンプルパスを使って最適戦略の導出を 25 回行い, その平均値をとった.

5.4.2　景気変動対応戦略の有効性

図 5.2 は景気変動対応戦略と固定資産配分戦略における, リスク・リターンのフロンティア曲線である. 母体財務の 5 つの業種について, それぞれ最適化を行った結果を示した. それぞれのグラフの縦軸は制約条件として設定したサープラスリターンの下限値であり, 横軸は最適化の結果得られた事業リターンの 95%CVaR の 5 年間の平均値である. この値は最適化問題の目的関数値である.

すべての業種で景気変動対応戦略の方がフロンティアが左に位置しており, 状態確率を考慮した方が母体財務のリスクが低くなっていることが分かる. 例えばハイテク業ではサープラスリターン下限値を 1%と設定した場合には, 固定資産配分戦略では事業リスクの 5 年間の平均値が 11.91%, 景気変動対応戦略では 11.59%となった. ただし, これは状態確率を考慮することによって, 32bp の事業リスクを削減できることを意味している. この 32bp は事業リスクの削減効果として大きいとは言い難い.

そこで, 見方を変えて固定資産配分戦略でサープラスリターン下限値を 1%と設定した場合の事業リスク 11.91%と同じリスク水準での比較を行う. 固定資産配分戦略では下限値として与えた通りサープラスリターンは 1%となるが, 景気変動対応戦略ではサープラスリターンは 1.22%となる. つまり, 状態確率を考慮することで母体財務のリスクを大きくすることなく, 22bp のサープラスリターンを追加的に獲得できる. 同じような計算を行うと他の業種も同様に約 20bp の追加的なサープラスリターンを獲得することができる. 景気変動対応戦略はサープラスリターン 1%に約 20bp を上乗せでき, 運用効率を高めることができるといってもよいであろう.

5.4.3 景気変動対応戦略と固定資産配分戦略の資産配分の違い

次にハイテク業を例に, 運用戦略について調べる. ハイテク業を母体とする年金基金の最適な資産配分を図 5.3 に示した. それぞれのグラフの横軸は資産配分を導出するときに設定したサープラスリターンの下限値である. 左から順に, 景気変動対応戦略における景気拡大期の状態確率 100%のときの資産配分, 状態確率 0%のときの資産配分, 固定資産配分戦略における資産配分をそれぞれ表している. また上から順に 1 期目 (時点 $t = 0$) から 5 期目 (時点 $t = 4$) までの資産配分である. 1 期目の状態確率が 0%のとき（中列最上段）がないのは, 上述の通り, 1 期目の状態確率が既知であり, 資産配分も 1 つに決まってしまうためである.

内外株式は内外債券より運用リスクが高いことを考えると, これらの資産配分における内外株式への投資比率が高いほどリスクの高い運用を行っていると考えることができる. この見方で図 5.3 の資産配分における内外株式への投資比率（つまり黒と灰色の部分）を調べる.

まず, 景気変動対応戦略における状態確率が 100%のときの資産配分 (左列) と状態確率が 0%のときの資産配分 (中列) の違いであるが, 左列ではほぼ外国債券へ資産配分を行っておらず, サープラスリターンの下限値が高い領域では国内株式への資産配分が高くなっている. 一方, 中列では外国債券へ約 10%の資産配分が行われているが, 国内株式への資産配分はほとんど行われていない. したがって, 景気拡大期の状態確率が高くなるとリスクを高め, 状態確率が低くなるとリスクを抑えた運用が望ましいという結果となっていることが分かる. 期待リターンが高まると予測されるときにはリスクをとるという戦略が望ましいという, 自然な結果が得られていることを示している.

次に, 景気変動対応戦略と固定資産配分戦略の資産配分を比較する. 左列 (景気変動対応戦略における状態確率 100%のときの資産配分) と右列 (固定資産配分戦略における資産配分) とを比較すると, 資産配分に大きな違いは見られないものの, サープラスリターンの下限値が高い領域で右列の国内株式への資産配分の方がやや低く, リスクの低い資産配分となっている. また, 中列 (景気変動対応戦略における状態確率 0%のときの資産配分) と右列とを比較すると, 中列の外国債券への資産配分の方が右列のそれよりもずっと高く, 右列の方がリスクの高い資産配分となっていることが分かる. 以上をまとめると, 固定資産配分戦略における資産配分は, 景気変動対応戦略の 2 つの資産配分の中間のリスク水準の資産配分となっているが, どちらかというと状態確率が 100%のときの資産配分に近い資産配分である.

より詳しく分析するためにそれぞれの資産配分の推定リスクを各資産の分散共分散行列を用いて計算した. 図 5.4 はその結果である. 図 5.4 の横軸は図 5.3 と同じくサープラスリターンの下限値であり, 縦軸は推定リスクを表している. 図 5.3 で考察した通り, 景気変動対応戦略における状態確率 100%の場合の資産配分, 固定資産配分戦略における資産配分, 景気変動対応戦略における状態確率 0%の場合の資産配分の順に, 推定リスクが低くなっている.

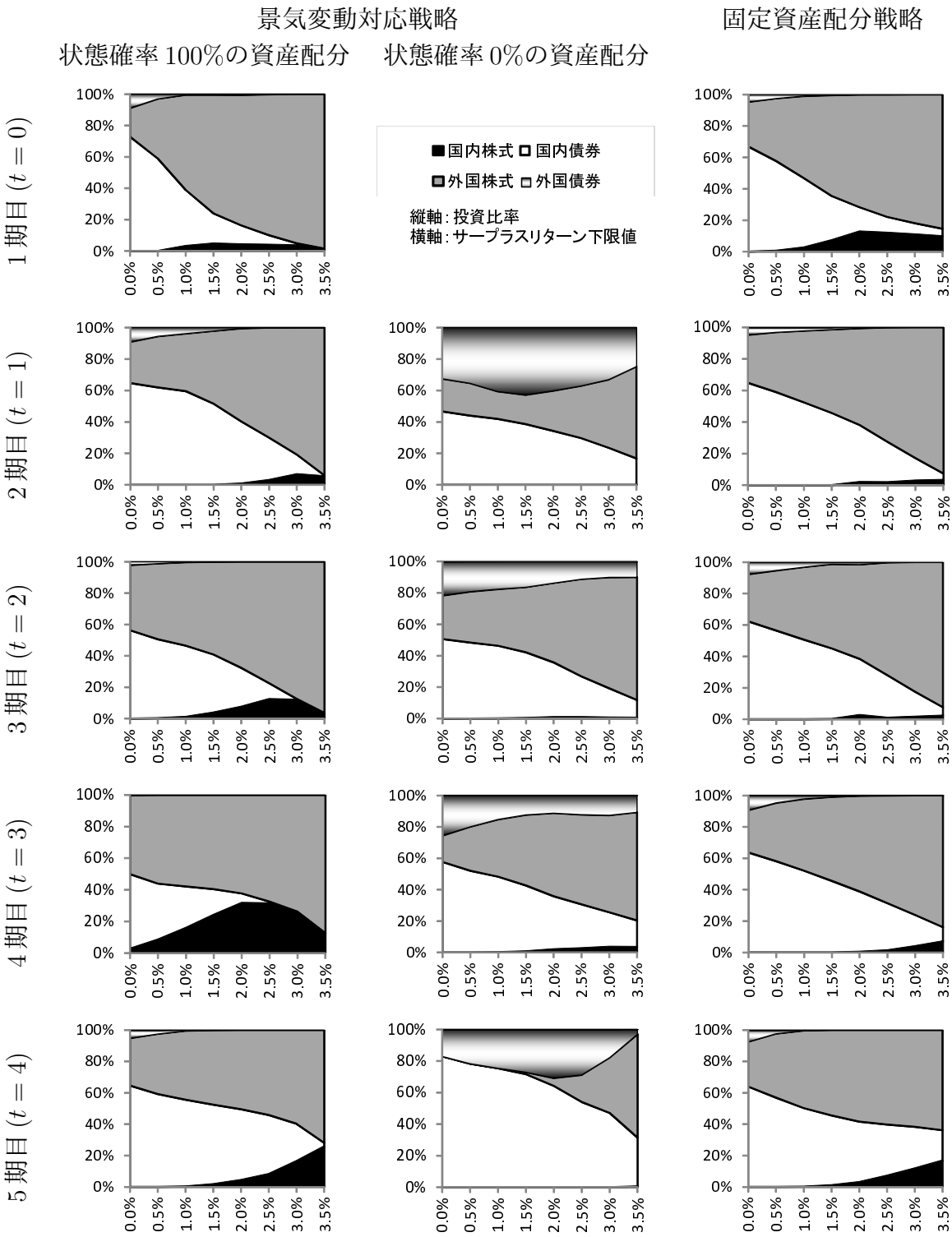
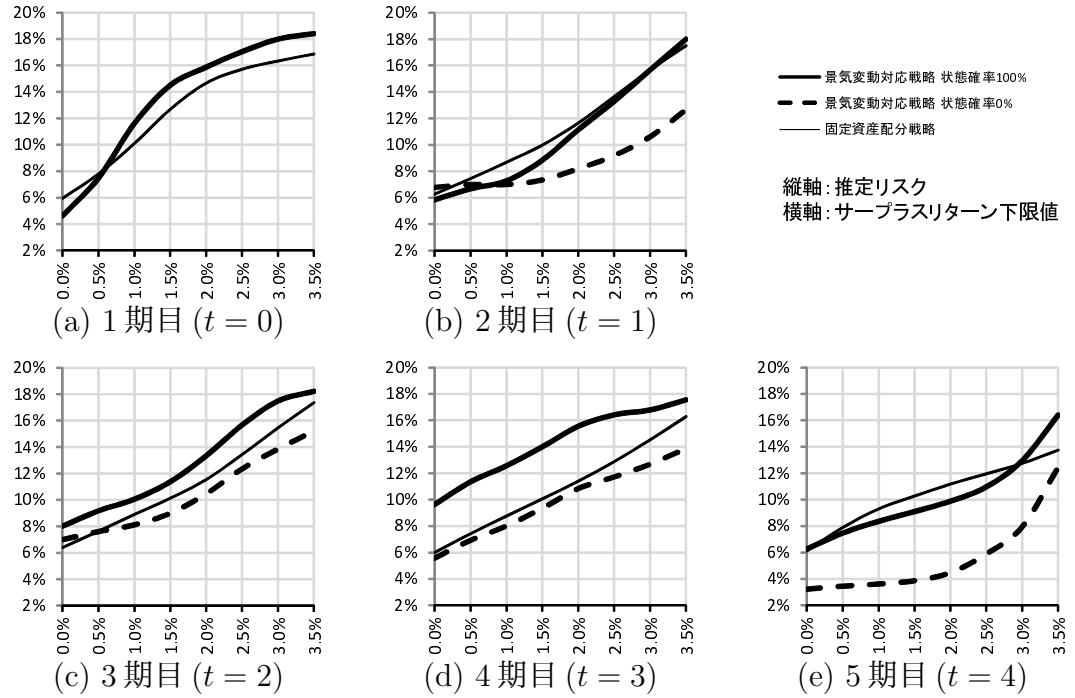


図 5.3: 最適な資産配分 (ハイテク業) 横軸 : サープラスリターン下限値



(a) 1 期目 ($t = 0$) (b) 2 期目 ($t = 1$)

(c) 3 期目 ($t = 2$) (d) 4 期目 ($t = 3$) (e) 5 期目 ($t = 4$)

図 5.4: 最適な資産配分における推定リスク (ハイテク業)

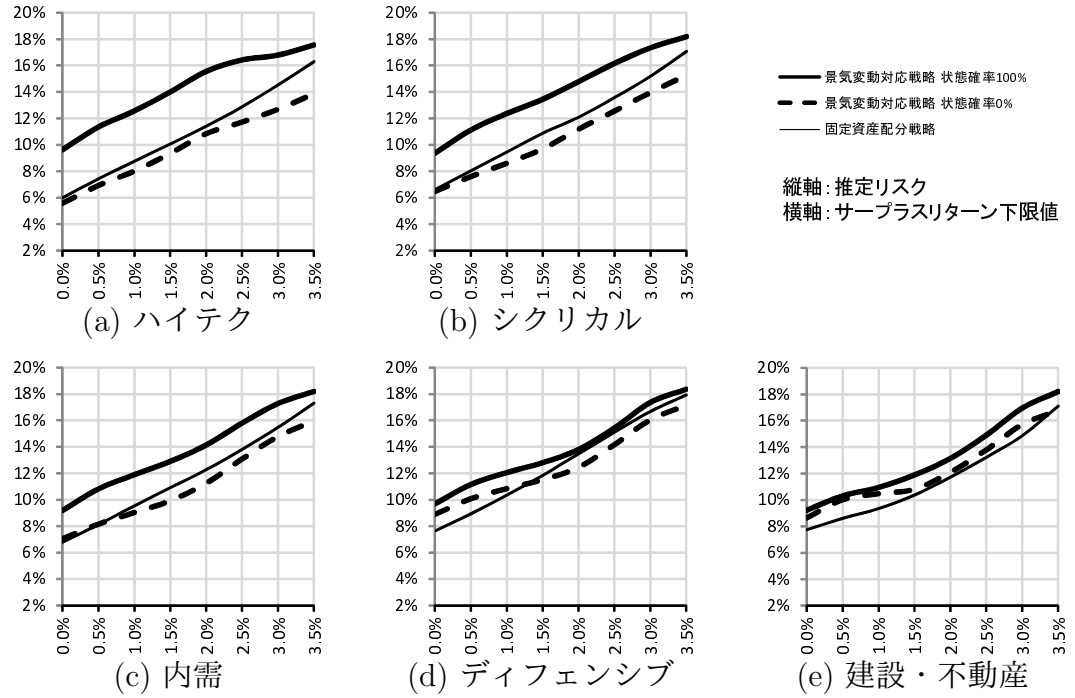
5.4.4 母体の違いによる最適運用戦略の違い

最適な運用戦略が, 母体財務によってどのように異なるかについて調べる. 図 5.5 は母体財務の業種の異なる年金に対する 3 期目 ($t = 2$) の最適な資産配分における推定リスクである. 3 期目以外の期についてもほぼ同じ傾向が見られたため, 3 期目のみを掲載した. 横軸, 縦軸は, 図 5.4 と同じく, それぞれサープラスリターンの下限値と推定リスクである. なお, 図 5.5 のハイテク業の結果は, 図 5.4 の 3 期目の結果と同じである.

図 5.4 で指摘した通り, いずれの業種においても, 景気変動対応戦略における状態確率 100%の場合の資産配分, 固定資産配分戦略における資産配分, 景気変動対応戦略における状態確率 0%の場合の資産配分の順に, 推定リスクが低くなっている. しかし, これらの資産配分の間の推定リスクの差が業種によって異なっていることが分かる. 例えば, ハイテクやシクリカルではこれらの差が約 4%であるのに対して, ディフェンシブや建設・不動産ではその差が 1%程度しかない. この推定リスクの差はサープラスリターンの水準によらないこともわかる. なお, 推定リスクの差の約 4%を減らすためには内外株式の投資比率を約 20%減らす必要があり [22], 資産配分を大きく動かす必要があることが分かる.

次に状態確率に応じて資産配分をどの程度変える必要があるのかを調べるため, 景気変動対応戦略における状態確率 100%のときの資産配分における推定リスクから, 景気変動対応戦略における状態確率 0%のときの資産配分における推定リスクを引

[22] 内外株式のリスクが約 20%であるため, この値で削減したい推定リスクの約 4%を割ることで, 削減する必要のある内外株式の投資比率を 20%と計算した.



(a) ハイテク　(b) シクリカル　(c) 内需　(d) ディフェンシブ　(e) 建設・不動産

図 5.5: 3 期目最適な資産配分における推定リスク (各業種)

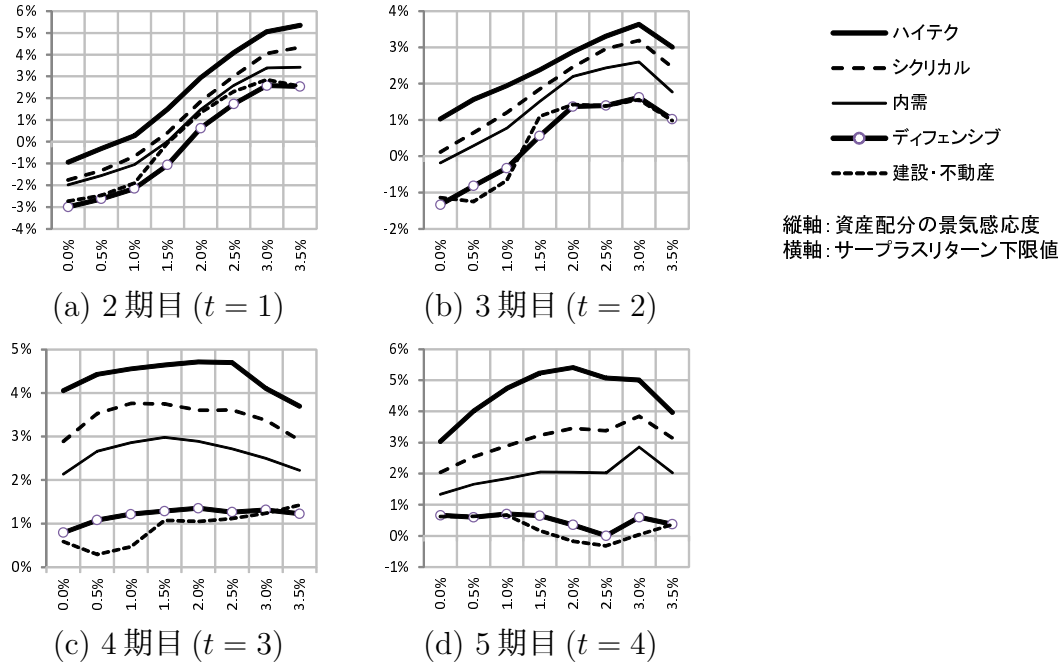
いたものを, 資産配分の景気感応度と定義する. 具体的に言えば, 図 5.5 における太線から点線を引いた値である.

このようにして求めた資産配分の景気感応度を図 5.6 に示す. 時点やサープラスリスクの下限値の設定によって資産配分の景気感応度の水準は異なる. しかし, 景気感応度の序列はハイテク, シクリカル, 内需, ディフェンシブと建設・不動産の順となっており, どの条件でもこの序列は維持されている. したがって, 母体財務に応じて最適な資産配分の景気感応度が異なることが分かる.

最後に, 資産配分の景気感応度が母体財務の何に依存して決まっているのかについて考察したい. 本論文の最適化モデルでは母体財務の特徴として母体財務の事業リターンと事業リスクを与えている. これらの値と資産配分における推定リスクを表 5.5 に示した.

事業リターンの期待値と標準偏差は表 5.4 から景気拡大期と景気後退期の値を抜出し, その差を求めた. また, 資産配分における推定リスクはサープラスリターンの下限値が 1%のときの 3 期目 ($t = 2$) における推定リスクと, その差 (つまり, 資産配分の景気感応度) である. 表 5.5 では事業リターンの期待値の差と資産配分の推定リスクの差とは上の業種から順に小さくなっており, 資産配分の景気感応度と事業リターンの期待値の差の間には関係があることが分かる. つまり, 母体財務の事業リターンの期待値の景気感応度が高いほど, 資産配分の景気感応度が高くなることがわかる. 一方で, 事業リターンの標準偏差と資産配分の景気感応度との関係は, 表 5.5 には明確に現れていない.

そこで母体財務の事業リターンの景気感応度と資産配分の景気感応度との関係を詳しく調べるために, ハイテク業の事業リターンに関する統計量を変化させ, そのと



(a) 2 期目 ($t = 1$) (b) 3 期目 ($t = 2$)

(c) 4 期目 ($t = 3$) (d) 5 期目 ($t = 4$)

図 5.6: 最適な資産配分の景気感応度 (各業種)

表 5.5: 事業リターンの統計量と資産配分の景気感応度

		ハイテク	シクリカル	内需	ディフェンシブ	建設・不動産
事業リターンの期待値	(1) 拡大期	7.30%	7.76%	7.33%	8.07%	3.57%
	(2) 後退期	0.43%	2.37%	3.54%	5.10%	2.89%
	(1)−(2)	6.87%	5.38%	3.79%	2.97%	0.68%
事業リターンの標準偏差	(1) 拡大期	1.00%	3.14%	1.31%	1.99%	2.22%
	(2) 後退期	4.65%	3.69%	3.19%	1.00%	5.37%
	(1)−(2)	−3.65%	−0.56%	−1.88%	0.99%	−3.15%
資産配分における推定リスク	(1) 状態確率 100%	10.47%	10.51%	9.71%	9.72%	8.73%
	(2) 状態確率 0%	6.06%	6.92%	7.11%	8.42%	7.93%
	(1)−(2)	4.41%	3.59%	2.60%	1.30%	0.80%

表 5.6: 事業リターンの統計量と資産配分の景気感応度との関係 (ハイテク)

	(1) 拡大期		(2) 後退期		(1)−(2)		運用戦略の
	期待リターン	標準偏差	期待リターン	標準偏差	期待リターン	標準偏差	景気感応度
変更前	7.30%	1.00%	0.43%	4.65%	6.87%	−3.65%	4.41%
ケース A1	6.80%	1.00%	0.93%	4.65%	5.87%	−3.65%	4.28%
ケース A2	6.30%	1.00%	1.43%	4.65%	4.87%	−3.65%	4.06%
ケース A3	5.80%	1.00%	1.93%	4.65%	3.87%	−3.65%	3.92%
ケース A4	5.30%	1.00%	2.43%	4.65%	2.87%	−3.65%	3.75%
ケース B1	7.30%	1.50%	0.43%	4.15%	6.87%	−2.65%	4.24%
ケース B2	7.30%	2.00%	0.43%	3.65%	6.87%	−1.65%	4.09%
ケース B3	7.30%	2.50%	0.43%	3.15%	6.87%	−0.65%	3.87%
ケース B4	7.30%	3.00%	0.43%	2.65%	6.87%	0.35%	3.63%

注) ケース A1〜A4：変更前から期待値の差を縮小した場合, ケース B1〜B4：変更前から標準偏差の差を縮小した場合.

きに資産配分の景気感応度がどのように変化するかについて分析を行った. 期待値の差を縮小した場合をケース A1〜A4, 標準偏差の差を縮小した場合をケース B1〜B4 として, 表**??**に結果を示す.

上述した通り, 事業リターンの期待値の差が小さくなるほど資産配分の景気感応度は小さくなることが分かる. さらに, 事業リターンの標準偏差の差が小さくなると, 資産配分の景気感応度も小さくなっている. したがって, 資産配分の景気感応度は母体財務の事業リターンの期待値の差にも標準偏差の差にも影響を受けるといえる. このように, 母体財務の事業リターンの期待値や標準偏差が景気動向によって変化しやすい場合には, その企業年金が持つ年金資産の資産配分は景気局面の状態確率に応じてより柔軟に変化させる必要があることを示唆している.

5.5　まとめ

本章では景気変動の観点から母体財務の特徴を考慮した年金資産の運用戦略について考察した. 分析のために, 資産リターンや母体財務の事業リターンについて局面性を考慮したモデルを構築し, 資産や母体財務の事業リターンの過去データからこれらのパラメータを推定した. そして, 多期間最適化モデルを用いることで景気動向を考慮した最適な運用戦略を導出し, 母体財務の状況に応じた資産配分の景気感応度を分析した.

年金資産の運用戦略を考えるときに, 母体財務の事業がどのくらい景気変動によって影響を受けやすいのかを考慮し, それに応じて年金資産の資産配分を景気の状況に応じてどの程度変化させる必要があるのかを考えておくことが望ましい. その結果, サープラスリターンを確保しつつ, 母体財務が抱える年金制度の運用リスクをよ

り抑えることが可能となる.

本章では, 年金負債の構造の違いを考慮せずに議論を進めてきた. 年金運用を考える場合には, 年金負債の構造による違いについても分析を行う必要があると考える. 例えば, 年金の成熟度が高いほど年金給付額よりも年金の掛金が少なくなるが, このことが資産配分の景気感応度にどのような影響をもたらすのか分析してみる必要があるだろう.

第6章　終わりに

年金制度の運営において, 母体財務の事業リスクを考慮するためのモデルを提案してきた. そして, そのモデルに財務データから推計したパラメータを設定し, 最適な運用戦略にどのような違いが生じるのかを論じてきた. 運用リスクが母体財務へ与えるリスクを抑えることを考えると, 達成できる期待サープラスリターンの上限値は自ずと決まる. 年金財政上の期待運用利回りの設定を決める際に, この値は参考値として有効なものであると考えられる. 母体財務の事業リターンの変化と年金運用のリターンの分散化を図ることはトータルリスク管理の上でも重要であり, 母体財務の事業リスクを反映した運営が求められることになるだろう.

また, 企業年金運営においては企業年金と母体財務という 2 つの視点からの管理が必要となる. 両者は互いに管理する時間軸が異なるが, その両者を包括的に考慮しつつ, 最適な投資配分を導出するためのモデルを提案した. その結果, 短期的見通しを反映して運用戦略を構築することで, リスクを抑制できることを確認した上で, 積立比率が高い年金基金よりも低い年金基金の方が, 資産配分の景気感応度を高めなければならないことを明らかにした. また, 母体財務の事業リターンの標準偏差の景気感応度が高い企業ほど, より景気感応度の高い資産配分が求められるという結果を得た.

実務上の問題として, トータルリスクをどのように捉えるのかが非常に重要な問題となる. 本論文では事業リスクを過去の株主資本税引後利益率のボラティリティとして扱い, 運用リスクとあわせてトータルリスクと定義して議論を進めてきた. 利益率の安定化も重要であるが, 利益率がマイナスになることの方が問題としては重要である. 年金運用においてダウンサイドリスクの議論が活発化してきているが, 同じようにトータルリスクを考える場合にもダウンサイドリスクを適用することが考えられる.

またボラティリティという形でリスクを考えるよりも, 例えば 1 ドルがある水準となったらといったシナリオに基づく母体財務のリスクに関する情報を, 年金運用の資産配分に反映させる考え方が現実的と考えられる. 金利や為替に対しては, このようなアプローチでも十分機能すると思われる.

さらに, 年金運用を考える場合には, 年金負債の構造による違いについても分析を行う必要があると考える. 例えば, 年金の成熟度が高いほど年金給付額よりも年金の掛金が少なくなるが, このことが資産配分の景気感応度にどのような影響をもたらすのか分析してみる必要があるだろう.

本研究で明らかとなったように, 母体企業の事業特性によって年金運用の影響が異なることから, これを踏まえた年金の制度設計が必要であると考える. 例えば, 過剰なリスクを負わないように, 予定比率や掛金額などを適正な水準を設定する必要

がある. また, キャッシュバランスプランの場合には, 予定利率をどのように市場連動させるべきかについても整理しておく必要がある. これらの点を論じる上で, 本論文で提案したモデルを非常に有用なツールとなると思われる.

退職給付債務の時価評価に向けた流れの中で, 企業年金制度と母体財務の関係はより強い結びつきを持つようになっている. その中で, 資産の分別管理と, より安定した運営を両立しつつ達成するためには, 年金制度の担当者が母体財務と年金制度の持つリスクを認識し, それを実現に向けて深化していくツールが必要である. 分析において用いたデータは有価証券報告書などの外部に開示された情報を用いた. しかし, 年金制度の担当者などは, より詳細な情報を使うことができる環境にある. 特に母体財務が抱えるリスクに関する情報は, 外部に開示している情報と企業内部にある情報とでは比較にならないほど後者の方が充実していることは間違いない. これらの情報をうまく活用することで, より確実性の高い年金給付に向けた年金資産運用が可能となるだろう.

参考文献

[1] Amir, E., Y. Guan and D. Oswald(2010), "The Effect of Pension Accounting on Corporate Pension Asset Allocation," *Review of Accounting Studies*, **15**(2), 345–366.

[2] Basak, S. and G. Chabakauri(2010), "Dynamic Mean-variance Asset Allocation," *Review of Financial Studies*, **23**(8), 2970–3016.

[3] Black, F.(1980), "The Tax Consequences of Long Run Pension Policy," *Financial Analysts Journal*, **36**, 21–28.

[4] Blake, D.(2006), Pension Finance, Wiley.

[5] Blake, A., B.N. Lehmann and A. Timmermann(1999), "Asset Allocation Dynamics and Pension Fund Performance," *Journal of Business*, **72**(4), 429–461.

[6] Cariño, D.R., D.H. Myers and W.T. Ziemba(1998), "Concepts, Technical Issues, and Uses of the Russell-Yasuda Kasai Financial Planning Model," *Operations Research*, **46**(4), 450–462.

[7] Cariño, D.R. and W.T. Ziemba(1998), "Formulation of the Russell-Yasuda Kasai Financial Planning Model," *Operations Research*, **46**(4), 433–449.

[8] Comprix, J. and K.A. Muller III(2011), "Pension Plan Accounting Estimates and the Freezing of Defined Benefit Pension Plans," *Journal of Accounting and Economics*, **51**(1-2), 115–133.

[9] Consigli, G. and M.A.H. Dempster(1998), "Dynamic Stochastic Programming for Asset-liability Management," *Annals of Operations Research*, **81**, 131–161.

[10] Coronado, J.L., and S. A. Sharpe(2003), "Did Pension Plan Accounting Contribute to a Stock Market Bubble ?," *Brookings Papers on Economic Activity*, **1**, 323–359.

[11] David, A.(1997), "Fluctuating Confidence in Stock Markets: Implications for Returns and Volatility," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, **32**(4), 427–462.

[12] Davis E.P. and L. Haan(2012), "Pension Fund Finance and Sponsoring Companies," *Journal of Pension Economics and Finance*, **11**(3), 439–463.

[13] Franzoni, F., and J.M. Marín(2006), "Pension Plan Funding and Stock Market Efficiency," *Journal of Finance*, **61**(2), 921–956.

[14] Froot, K., D. S. Scharfstein and J. C. Stein(1993), "Risk Management: Coordinating Corporate Investment and Financing Policies," *Journal of Finance*, **48**, 1629–1658.

[15] Geyer, A., and W.T. Ziemba(2008), "The Innovest Austrian Pension Fund Financial Planning Model InnoALM," *Operations Research*, **56**(4), 797–810.

[16] Haneveld, W.K., M.H.Streutker and M.H. Vlerk(2010), "An ALM model for pension funds using integrated chance constraints," *Annals of Operations Research*, **177**(1), 47–62.

[17] Hibiki, N.(2006), "Multi-period Stochastic Optimization Models for Dynamic Asset Allocation," *Journal of Banking and Finance*, **30**(2), 365–390.

[18] Hilli, P., M. Koive and T. Pennanen(2007), "A Stochastic Programming Model for Asset Liability Management of a Finnish Pension Company," *Annals of Operations Research*, **152**(1), 115–139.

[19] Honda, T.(2002), "Optimal Portfolio Choice for Unobservable and Regime-switching Mean Returns," *Journal of Economic Dynamics and Control*, **28**(1), 45–78.

[20] Kouwenberg, R.(2001), "Scenario Generation and Stochastic Programming Models for Asset Liability Management," *European Journal of Operational Research*, **134**(2), 279–292.

[21] Levy, H. and R. Duchin(2004), "Asset Return Distributions and the Investment Horizon," *The Jornal of Portfolio Management*, **30**(3), 47–62.

[22] Nakajima, K. and T. Sasaki(2010), "Unfunded Pension Liabilities and Stock Returns," *Pacific-Basin Finance Journal*, **18**(1), 47–63.

[23] Nielsen, S.S. and S.A. Zenios(1996), "A Stochastic Programming Model for Funding Single Premium Deferred Annuities," *Mathematical Programming* **75**(2), 177–200.

[24] Mayers, D. and C. W. Smith(1987), "Corporate Insurance and the Underinvestment Problem," *Journal of Risk and Insurance*, **54**, 45–54.

[25] Modigliani, F. and M. Miller(1958), "The Cost of Capital, Corporate Finance and the Theory of Investment," *American Economic Review*, **48**(3), 261–297.

[26] Mulvey, J. M., K. D. Simsek and Pauling, W. R. (2003), "A stochastic network approach for integrated pension and corporate financial planning, " Innovations in Financial and Economic Networks, 67–83. Edward Elgar Publishing.

[27] Petersen, M.(1996), "Allocating Assets and Discounting Cash Flow: Pension Plan Finance," in *Pensions, Savings and Capital Markets*, Washington, DC: US Department of Labor.

[28] Phan, H.V. and Shantaram P.H.(2013),"Corporate Governance and Risk Taking in Pension Plans: Evidence from Defined Benefit Asset Allocations," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, **48**(3), 919–946.

[29] Ponds, E.H.M., and B. Riel(2007), "Sharing Risk: the Netherlands' New Approach to Pensions," *Journal of Pension Economics and Finance*, **8**(1), 91–105.

[30] Rauh, J.D.(2009), "Risk Shifting Versus Risk Management: Investment Policy in Corporate Pension Plans," *Review of Financial Studies*, **22**(7), 2687–2734.

[31] Sharpe, W.F.(1976), "Corporate Pension Funding Policy," *Journal of Financial Economics*, **3**(3), 183–193.

[32] Smith C. and R, Stulz(1985), "The Determinants of Firm's Hedging Policies," *Journal of Financial and Quantative Analysis*, **20**, 391–405.

[33] Sundaresan, S. and F. Zapatero(1997), "Valuation, Optimal Asset Allocation and Retirement Incentives of Pension Plans", *The Review of Financial Studies*, **10**(3) 631–660.

[34] Tepper, I.(1981), "Taxation and Corporate Pension Finance," *Journal of Finance*, **36**, 1–13.

[35] Thorley, S. R.(1995), "The Time-diversification Controversy," *Financial Analysts Journal*, **51**(3), 68–76.

[36] Treynor, J.L.(1977), "The Principales of Corporate Pension Finance," *Journal of Finance*, **32**(2), 627–638.

[37] Veronesi, P.(2000), "Stock Market Overreaction to Bad News in Good Times: A Rational Expectations Equilibrium Model," *Review of Financial Studies*, **12**, 975–1007.

[38] 浅岡泰史・本部崇仁・喜多幸之助 (2008), 『企業価値を向上させる退職給付制度の運営』, 中央経済社.

[39] 石島 博 (2005), "レジームスイッチングモデルとファイナンス理論・実証," 早稲田大学ファイナンス総合研究所 ワーキングペーパーシリーズ.

[40] 伊藤敬介・植松俊一郎・小田明弘 (2012) , "持続可能性を重視した年金運用を目指して―リスク制御型動的資産配分の可能性―", 証券アナリストジャーナル, 4月号, 18–28.

[41] 臼杵政治 (2007) , ”LDI は確定給付年金を救えるか―日本での効果と課題―”, 証券アナリストジャーナル, **45**(5), 45–59.

[42] 岡本卓万 (2006), 『企業年金のリスク管理術』, 中央経済社.

[43] 川口宗紀・枇々木規雄 (2014), ”母体財務への影響を考慮した年金資産運用,” 日本保険・年金リスク学会誌, **6**(1), 21–34.

[44] 川口宗紀・枇々木規雄 (2015), ”年金基金や母体財務の状態に応じた動的資産配分について,” *Transactions of the Operations Research Society of Japan*, **58**, 掲載予定.

[45] 企業年金連絡協議会資産運用研究会編 (2011), 『チャレンジする年金運用　企業年金の未来に向けて』, 日本経済新聞出版社.

[46] 厚生労働省 (2013), 『厚生労働白書 平成 25 年度版』.

[47] 枇々木規雄 (2001), ”最適資産配分問題に対するシミュレーション/ツリー混合型多期間確率計画モデル, ” 高橋一編, ジャフィー・ジャーナル [2001] 金融工学の新展開, 2001 年 6 月, 89–119.

[48] 深澤寛晴 (2009), ”市場リスクの視点から見た退職給付問題”, 証券アナリストジャーナル, **47**(9), 45–53.

[49] 古市峰子 (2003),”年金基金をめぐる法律関係と会計処理との整合性について”, 「退職給付ビックバン研究会」2003 年度年次総会.

[50] 柳瀬典由・後藤晋吾 (2011), ”企業年金財政と株式リターン”, 現代ファイナンス, **30**, 2–26.

[51] 柳瀬典由・後藤晋吾・上野雄史 (2013), ”退職給付債務の市場評価をめぐるパズル”, 現代ファイナンス, **33**, 53–77.

[52] 吉田和生 (2008),『退職給付会計情報の分析』, 中央経済社.

謝辞

本研究は, 著者が慶應義塾大学大学院理工学研究科後期博士課程在学中に, 同大学理工学部枇々木規雄教授の指導のもとに行ったものである.

本論文の作成にあたり, 研究全般について御指導ならびに御助言をいただきました慶應義塾大学理工学部枇々木規雄教授に感謝の意を表します. また本論文をご精読頂き, 有用なコメントを頂きました慶應義塾大学理工学部 高橋正子教授, 今井潤一教授, 総合政策学部 小暮厚之教授にも深く感謝いたします.