

テクニカル詳細

高齢化時代の資産運用手法

キャッシュフロー管理と機能的アプローチ

加藤 康之 [著]

はじめに

日本が抱える最大の課題の1つが高齢化であることに異論はないであろう。高齢化はあらゆる分野に影響をもたらすことになる。それらの解決策に必要なのはもちろんお金である。各個人に十分な資産がなければ、税金の投入ということになり大きな財政問題となる。それはすでに莫大な負債を抱えた現在の日本には耐えられない負荷となるだろう。退職を契機に、労働収入の激減や退職金・年金の受取など、個人のキャッシュフローは大きく変化する。退職後の資産運用は退職生活を支える上で極めて重要である。一方で、適切な資産運用は経済にも好循環をもたらすことにもなる。退職者の資産運用は個人にとっても社会全体にとっても極めて重要な課題なのである。本書は高齢化時代に必要となる資産運用の技術について解説したものである。

多くの企業年金では、企業が退職後の給付金額を一定に保証する確定給付(DB)型から退職後は責任を持たない確定拠出(DC)型に移行しつつある。これは企業にとっては年金負債のリスクから解放されることを意味する。一方、退職時点で一括受け取りをする人が多いと言われる日本の受給者から見れば、退職後の資産運用はすべて自分で考えるということになり、リスクは高まる。受給者にとって、その差は途方もなく大きいと言えるのではないだろうか。DB型年金では退職後も年金資産の運用を年金基金に任せて自分では何もしてこなかった退職者は自ら資産運用を行い、毎月の給付金を捻出して行かなければならないのである。団塊の世代の退職という本格的な高齢化時代を迎え、年金運用のみならず、資産運用は今大きく変貌する過程にあると言えるだろう。退職後の資産運用とは増やす資産運用ではなく、退職後をつつがなく暮らすための資産運用である。つまり、死ぬ前に資産がなくならないための資産運用なのである。これまで、資産運用の主流は資産形成期にある投資家がいかに資産を増やしていくのかに焦点が当てられていた。しか

し、退職後は資産を増やすことは必ずしも目的にはならない。資産運用の目的は多様化していると言える。団塊の世代が退職を迎えた後の生活を豊かにするための資産運用が、今後の最も重要な資産運用サービスではないだろうか。

本書は、退職後の個人に資産運用サービスを提供する専門家のために書かれた本である。退職後という環境を想定した資産運用技術についてまとめられている。本書は次の3部から構成される。

第1部 退職後のリスクと資産運用の特性（第1章、第2章）

第2部 ポートフォリオ構築技術（第3章～第7章）

第3部 キャッシュフロー管理技術（第8章～第10章）

第1部は導入編であり、退職後のキャッシュフローと資産が減っていく中の資産運用という退職後独特の特性について解説する。

第2部は本書の中核部分をなすポートフォリオ構築技術を「機能」、「リスク」、「ファクター」という3つの切り口で解説する。伝統的な平均分散法にこだわらず、退職後の資産管理に適切な方法を提示している。退職後の資産運用では現役の資産形成期とは異なり目的が多様化するため機能という考え方が重要になる。また、退職者はリスク許容度が低下するためポートフォリオ構築においてはリスクにより一層注目する必要がある。さらに、リスクの管理においては多様なリスクプレミアムをより厳密に評価し、それをポートフォリオ構築に応用する新しい潮流もある。これはスマートベータとして進化している。これらのポートフォリオ構築技術を体系的に解説する。

第3部ではキャッシュフローの管理技術について解説する。ここでいうキャッシュフローの管理とは、退職金のようなまとまった資金を投資するタイミング、ポートフォリオを最適なものに保つためのリバランス、そして、資産の引出しと枯渇リスク管理である。退職後は基本的に資産を引き出して行く過程である。この過程でキャッシュフロー管理を誤ると、適切な資産運用を行っていても資産が枯渇してしまうというリスクが実現してしまう。退職後は特に重要なテーマになると言える。

高齢者が人口の大半を占める日本の高齢化時代は当分の間続くことになる。そして、高齢化時代において、どのような資産運用サービスが必要になるのかは、今後手探りで見つけて行くことになるだろう。本書が、今後最も重要になる退職後の資産運用サービスを構築する上で、少しでも役に立つようであれば幸甚である。

加藤康之

目次

はじめに	i
------	---

—第1部— 退職後のリスクと資産運用の特性

第1章 退職後と資金	3
1. 退職後の生活と資金	3
2. 退職後の生活コスト	4
3. 退職後の収入と必要な自己資金	7
4. ALM としてみる退職後の資産運用	9
第2章 退職後のリスクと山下りの資産運用	13
1. 退職者が直面する3つのリスク	13
2. リスク1：年金制度のリスク	14
3. リスク2：インフレのリスク	20
4. リスク3：長寿のリスク	24
5. 「山下り」の資産運用とテールリスク	28

—第2部— ポートフォリオ構築技術

第3章 資産運用の機能的視点と機能ポートフォリオ	39
1. 金融の機能的視点	39
2. 資産運用の伝統的な分類	42
3. 投資家が求める機能と資産運用市場	47
4. 機能的視点によるアプローチとLDI	49
5. 機能インデックスの開発	51
6. 成長機能インデックス	55
7. インフレヘッジ機能インデックス	57
8. インカム機能インデックス	63
第4章 階層分析法(AHP)による機能ポートフォリオの最適化	71
1. 機能ポートフォリオの最適組合せ— AHP の活用 —	71
2. AHP による最適ウェイトの決定方法	74
3. AHP 利用の課題	82

第5章 投資リスクの低減とリスクベースポートフォリオ	85
1. リスクベースポートフォリオ	85
2. リスクベースポートフォリオの分類	87
3. リスク最適化型ポートフォリオ	89
4. リスク配分型ポートフォリオ	91
5. ヒューリスティックアプローチによるリスクベースポートフォリオの近似	95
6. リスクベースポートフォリオのパフォーマンス比較	96
7. リスクベースポートフォリオのパフォーマンスの源泉	106
8. 株式リスクベースポートフォリオのパフォーマンスについて	109
9. マルチアセットクラス運用とリスクベースポートフォリオ	110
第6章 ファクターアプローチによるリスク管理の精緻化と機能ポートフォリオ	125
1. リスク管理の課題	125
2. ファクターアプローチの考え方	129
3. マルチアセット運用とファクターアプローチ	132
4. 株式ポートフォリオ構築のファクターアプローチ	140
5. 今後の課題	151
第7章 リスクプレミアムとスマートベータ	155
1. リスクプレミアムとベンチマークインデックス	155
2. 市場ポートフォリオと投資スタイル	158
3. 新たなリスクプレミアムと3ファクターモデル	161
4. ベンチマークの進化とスマートベータ	162
5. リスクプレミアムの源泉	169
6. リスクパズル	171
7. スマートベータの利用とファクター投資	172
8. GPIF のケーススタディ	176
—第3部— キャッシュフロー管理技術	
第8章 タイミングリスクとドルコスト平均法	185
1. タイミングリスク	185
2. 市場の周期と時間分散	186
3. ドルコスト平均法の分類と有効性	189
4. ドルコスト平均法のシミュレーション	192
第9章 継続的なリスク管理とリバランス	199
1. なぜリバランスするのか	199
2. リバランスの方法	202
3. シミュレーションによる検証	205

第10章 資産の引出しと資産枯渇リスク	217
1. 資産の引出しと引出し率	217
2. 引出し率（対当初元本）と資産枯渇リスクの評価 （過去シミュレーション）	218
3. 資産運用パフォーマンスにリンクした引出し率と 資産枯渇リスクの評価（過去シミュレーション）	223
4. 引出し率（対直近資産残高比率）と資産枯渇リスクの 評価（過去シミュレーション）	225
5. リスクの確率的評価と枯渇確率	226
付録A 金融の機能的視点と金融イノベーションとの関係性と 今後の展望	243
付録B 伝統的投資理論におけるリスク構造の再考	271
付録C ベンチマークインデックスアンケート調査	287
索引	300

— 第 1 部 —

退職後のリスクと資産運用の特性

—— 第1章 ——

退職後と資金

機関投資家の代表が年金基金であることから分かるように、資産運用の目的の中で最も重要なものは退職後のための資産作りである。特に、少子高齢化に直面する日本では、今後ますます自助努力が求められるようになり、退職後の生活のための資産形成が重要になっている。本章では、高齢化時代に生きる退職者の資産運用ニーズを把握するために、退職後に必要な資金額を収入と支出から検討する。

1. 退職後の生活と資金

退職後の人生とはどんなイメージだろうか。毎日が日曜日の静かで退屈な日々だろうか。朝起きて近くのファミレスで2時間かけて朝刊を読み、午後はテレビと散歩。週に1回近くの地区会館で開かれる集まりに参加する。そんな退職生活が待っているのだろうか。たぶんそうではないだろう。特にこれから退職を迎える団塊の世代、それに続く後輩達は活動的である。日本を経済大国に発展させた活力は退職してもすぐには衰えない。スポーツ、趣味、学習、ボランティア、第二の仕事など、多方面でアクティブに活動する日々が待っている。そして、彼らには現役時代に持てなかった貴重なものがある。それは時間である。日本人の平均余命（図表1-1）を見ると、65歳で退職したとして20年という時間が残されている。20年と言えば、産まれてから成人になるまでの時間であり、大学を卒業して会社に入った22歳の新入社員が42歳の中堅社員になるまでの時間である。退職後の有り余る時間を使って様々な活動に打ち込むことができるだろう。まさに黄金に輝く第二の人生が待っているのである。ソニー生命が2013年9月に全国の50歳～

(年)	男	女
60 歳	23.14	28.47
65 歳	19.08	23.97
70 歳	15.28	19.59
75 歳	11.74	15.39
80 歳	8.61	11.52
85 歳	6.12	8.19

(単位：年)

図表 1-1 日本人の平均余命

出所：厚生労働省「平成 25 年簡易生命表」

79 歳の 1,000 名に行った「シニアの生活意識調査」では、シニアが大切に思うもののランキングで、「趣味」と答えた人は 53% に上り、1 位「健康」(84.2%) は別格としても、2 位「お金」(60.4%)、3 位「子ども・孫」(57.1%)、4 位「パートナー」(54.8%) に匹敵する高さである。シニア層の退職後の生活の質に対する意識の高さがうかがえる。

しかし、豊かな退職後の生活を支えるのはもちろんお金である。人はお金のために生きるのではないが、お金がないと日々の生活ができない。趣味やボランティア活動など、豊かな生活を送ることもできない。退職後の管理、つまり、リタイアメント・マネジメントの中心はお金のマネジメントでもある。本章では、高齢化時代を迎える中、退職後を豊かに生活するために必要なお金の全体像を探る。

2. 退職後の生活コスト

趣味にはお金をかけたいが、退職後は現役のころに比べれば付き合いも少なくなるし生活も質素になる。出費はかなり少なくなるだろうと考えるのが自然である。しかしそれは必ずしも正しくない。退職したからといって、基本的な生活習慣は変わらない。退職後の生活費は現役時代に比べてあまり変わらないのが一般的である。図表 1-2 は総務省の家計調査年報に掲載されている現役時代と退職後の生活費の調査結果である。黒枠で囲ってある行は各世代の消費支出を示している。これを見ると、退職前と後の世代で生活費

項目	平均							(再掲)
		30歳未満	30-39歳	40-49歳	50-59歳	60-69歳	70歳以上	65歳以上
世帯数分布 (1万分比)	10,000	158	1,200	1,860	1,784	2,451	2,548	3,752
世帯人員 (人)	3.05	3.21	3.66	3.73	3.32	2.69	2.42	2.47
世帯主の年齢 (歳)	57.9	27.2	35.4	44.4	54.5	64.5	76.3	73.3
持家率 (%)	83.5	23.1	60.4	76.8	86.7	91.6	93.1	92.8
消費支出	290,454	241,623	269,656	318,624	347,820	291,847	241,273	253,790
食料	68,604	48,707	60,283	73,879	75,121	71,231	62,794	65,188
住居	18,262	40,057	24,490	16,846	16,477	18,188	16,350	16,878
光熱・水道	23,240	17,085	19,773	23,675	25,577	23,874	22,704	22,887
家具・家事用品	10,325	8,513	9,328	10,011	10,889	11,411	9,674	10,067
被服及び履物	11,756	10,777	12,635	15,044	14,694	10,993	7,670	8,440
保健医療	12,763	7,727	10,246	10,777	11,971	14,657	14,444	14,763
交通・通信	41,433	40,675	46,949	48,183	55,862	40,766	24,520	28,296
教育	11,539	4,226	12,865	28,946	21,966	1,581	927	739
教養娯楽	28,959	18,915	28,176	34,239	30,238	29,871	24,344	26,037
その他の消費支出	63,573	44,942	44,909	57,023	85,025	69,275	57,845	60,494
交際費	22,942	12,395	12,471	14,466	22,600	29,479	28,642	29,332
仕送り金	5,890	1,057	547	5,857	19,117	3,438	1,838	1,853
基礎的支出	160,532	129,394	132,047	145,088	165,396	178,973	165,978	-
選択的支出	129,923	112,229	137,609	173,536	182,424	112,874	75,295	-

図表 1-2 世帯主の年齢階級別家計支出 (二人以上の世帯、月平均額 [円]) - 2013 年 -
出所: 総務省, 家計調査年報 (家計収支編) 平成 25 年 (2013 年) 家計の概況

が大きく減少しているというわけではないことが分かる。確かに、50代 (約 34.8 万円) と 60代 (約 29.2 万円) を比べると、5 万円程度低下している。しかし、それでも 40代 (約 31.9 万円) に近い金額であることが分かる。そして、70代 (約 24 万円) でも 30代 とほぼ同じ金額である。また、電通総研が 2012 年に団塊世代に対して行ったアンケート調査 (退職リアルライフ 調査～団塊ファーストランナーの 65 歳からの暮らし～) によれば、65 歳以降になったら生活費は月 24.6 万円、こづかいは月 4.2 万円になると答えている。これは、総務省の調査にある 60 歳代の約 29.2 万円と一致している。衣食住や趣味・娯楽など、人間は一度身に付けた習慣はなかなか変えることは

できないのである。しかも現役時代は会社が負担してくれていた交通費や交際費もすべて自費になる。加えて、退職したらあれもやりたいこれもやりたい、というのが昨今の退職者である。退職後は質素な生活になり、お金も少しで済むだろうと考えるのは間違っている。

そこで、まず退職期にどの程度の資金が必要になるのかをおおまかに推定してみよう。全体のコストの推定には次の式を使うことにする。

$$\text{コスト} = \text{毎月の支出額} \times 12 \text{ か月} \times \text{退職後の平均余命}$$

まず、毎月の支出額であるが、公益財団法人生命保険文化センターの「生活保障に関する調査」（平成 25 年）を利用する。この調査は、全国の 18 ～ 69 歳の男女を対象とした個人調査で 1987 年から 3 年おきに継続して行われているものである。それによれば、夫婦 2 人で老後生活を送る上で必要と考えられている最低日常生活費は月平均 22.5 万円、ゆとりある老後生活費は月平均 36.1 万円（以上、大都市圏）になるとされている。また、平均余命であるが、図表 1-1 で示した厚生労働省「平成 25 年簡易生命表」によれば、60 歳時点の平均余命は女性が 28.47 年、男性が 23.14 年である。ここでは、この平均をとり、25.81 として計算する。

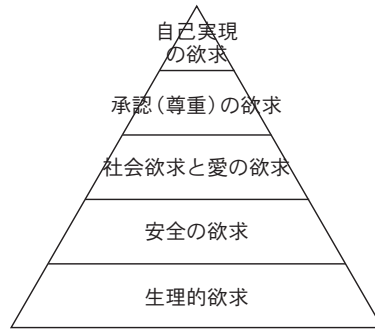
以上の仮定をおけば、60 歳で退職した場合の退職後に必要となる資金は、最低の生活のためには、

$$22.5 \text{ 万円} \times 12 \times 25.81 \text{ 年} \div 6969 \text{ 万円}$$

となる。また、ゆとりある生活のためには、

$$36.1 \text{ 万円} \times 12 \times 25.81 \text{ 年} \div 1 \text{ 億 } 1181 \text{ 万円}$$

ということになる。つまり、ゆとりある生活を考えれば、1 億円を超えるお金が必要になるのである。この金額の大きさに違和感を持つ人も多くあろう。そんな贅沢はしない。最低限の生活で十分だと考える人も多くいるかもしれない。しかし、必ずしもそうではない。生命保険文化センターの調査によれば、ゆとりのための上乗せ額の用途は「旅行やレジャー」が最も高く、以下「趣味や教養」「身内との付き合い」と続いている。つまり、ゆとりと言って



図表 1-3 マズローの5段階欲求説

もそれらは通常の生活の延長線上のものであり、決して特別な贅沢をしようとするものではない。人は衣食住だけの最低限の生活だけで生きていけるものではない。人間的な満足を得られずして生きてはいけないのである。米国の著名な心理学者で「人間性心理学」の生みの親とされるマズロー（Abraham Harold Maslow）は、人間の5段階欲求説で最も高次の欲求は自己実現としている（図表1-3）。ちなみに最も低次の欲求は生理的欲求（生きるために必要な食べることや眠ること等）である。日々の生活が充足されていれば、より高次の活動に向かうのは必然である。現役時代、生活に不自由のなかった高度成長時代を生きたこれから退職する人の多くは高次の欲求が高いと思われる。したがって、そのゆとりコストは必要不可欠なものとして考えておかなければならない。つまり、我々は1億円程度を準備する必要があると考えておく必要がある。

3. 退職後の収入と必要な自己資金

さて、この1億円という大金を調達する方法を考えよう。退職者ということで、ここでは、労働による収入はゼロとして考える。したがって、収入は退職金及び年金（公的年金、企業年金）である。退職前に民間企業の一般的なサラリーマンであったケースでは、退職時あるいはその後の収入として退職金と年金が期待できる。平成24年に行われた人事院の調査（「民間の企業

年金及び退職金の調査結果並びに当該調査結果に係る本院の見解の概要」を引用する。この調査は、企業規模 50 人以上の民間企業約 35,700 社から層化無作為抽出法によって抽出した 6,314 社に対して行われ、回答は 3,614 社であった。勤続 20 年以上の事務・技術関係職種の常勤従業員で定年又は勧奨・会社都合で退職した者（大卒及び高卒）を対象としている。この調査によれば、退職金（年金と一時金の合計）は約 2500 万円と推定されている。ただし、この金額は日本全体の平均より過大評価されている可能性があることに注意する必要がある。調査対象の母集団は 50 人以上の企業であり、また、基本的に退職金制度のある企業が回答していると考えられるからである。したがって、国民レベルで考えればその平均はこの 2500 万円よりは下にあると考えておくべきであろう。

次に公的年金である。一般のサラリーマンは国民年金（基礎年金）と厚生年金の 2 階建てであるが、公的年金の受給額はルールが複雑であり、サラリーマン時代の年収や支払った期間など個人の状況によって大きく異なる。そこで、ここでは平均値を利用する。厚労省の「平成 24 年度 厚生年金保険・国民年金事業の概況」によれば、厚生年金保険受給者平均年金額は 151,374 円である。すると、60 歳以降の平均余命である 25.81 年間で受け取るサラリーマンの公的年金の合計額は次のようになる。

公的年金：毎月 151374 円 × 12 か月 × 25.81 年間 ÷ 4700 万円

これに、退職金・企業年金の 2500 万円を併せると 7200 万円が退職後の収入になる。一方、自営業者は、一般的に基礎年金のみであるため、平均年金額は 54,783 円となり、

公的年金：毎月 54783 円 × 12 か月 × 25.81 年間 ÷ 1700 万円

となる。自営業者は退職金・企業年金がないため、この 1700 万円が退職後の収入になる。このように、サラリーマンと自営業者では、大きな差があることに注意する必要がある。サラリーマンは強制的に老後の準備をさせられているわけである。

一方、負債も考慮しておこう。金融広報中央委員会の「平成 24 年 家計の金融行動に関する世論調査〔二人以上世帯調査〕平成 24 年調査結果」に

よれば、60歳代に残っている住宅ローンは977万円となっている。

以上を併せると、退職期において追加的に必要な自己資金は退職期の生活費1億1181万円から収入である7200万円を差引き、これに残った負債977万円を加えると得られる。すなわち、不足金額は次の式で計算できる。

$$1 \text{ 億 } 1181 \text{ 万円} - (7200 \text{ 万円}) + 977 \text{ 万円} \div 5000 \text{ 万円 (サラリーマン)}$$

$$1 \text{ 億 } 1181 \text{ 万円} - (1700 \text{ 万円}) + 977 \text{ 万円} \div 1 \text{ 億 } 500 \text{ 万円 (自営業者)}$$

自営業者の場合の不足額はサラリーマンに比べて大きくなっているが、現役時代の収入や保有資産が個人により大きく異なり、また定年もないため、一般化するのはやや乱暴であろう。以下、より均一性の高いサラリーマンについて検討する。その不足金額である5000万円は、ゆとりある生活を求めるサラリーマンが退職後の生活に入る前の現役時代（資産形成期）に蓄えておく必要がある金額となる。なお、ゆとりある生活でなく最低の生活を想定すれば、不足額は

$$6969 \text{ 万円} - (7200 \text{ 万円}) + 977 \text{ 万円} \div 746 \text{ 万円}$$

となる。ただし、すでに指摘したが、退職金・企業年金の2500万円は過大評価されている可能性のある金額であることに注意する必要がある。もし、この2500万円がもらえる退職金・企業年金の制度がなければ不足額は3246万円になる。

ところで、以上の金額はあくまでも平均値であり、前提となる寿命の長さ、現役時代の年金の掛け金、ローン残額等の違いにより大きく変わることには注意する必要がある。また、介護や特別な医療費など緊急時の出費は想定していない。これらを考慮に入れば、さらに多くの資金が必要になると考えざるをえないだろう。

4. ALM としてみる退職後の資産運用

ここで、退職後の生活に必要な支出、退職時点に残っている負債、退職後の収入、そして、不足額（退職時点に必要な資産）の関係を整理しておく。つまり、不足額は支出の合計に負債を加えたものから収入の合計を差引いた

ものになる。

不足額（退職時点に必要な資金）

$$= \text{支出の合計} + \text{残っている負債} - \text{収入の合計}$$

ところで、支出や収入は将来にわたって起こると予想されるキャッシュフローであり、上式のように比較可能にするには将来のキャッシュフローを単純に合計するのではなく、キャッシュフローを現在価値にした上で合計して考える必要がある。つまり、

不足額（退職時点に必要な資金）

$$= \text{支出の現在価値の合計} + \text{残っている負債} - \text{収入の現在価値の合計}$$

この不足額は年金基金の運用では積立不足額とも呼ばれている。ここで、支出の現在価値の合計は負債、収入の現在価値の合計は資産と考えることができるので、

$$\text{不足額（退職時点で不足する資金）} = \text{負債（Liability）} - \text{資産（Asset）}$$

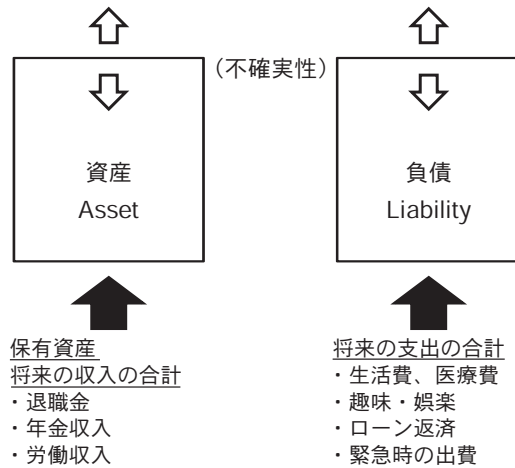
と表すことができる。また、これを逆にすると、

$$\text{余裕資産額（退職時点で余分な資金）} = \text{資産（Asset）} - \text{負債（Liability）}$$

となる。つまり、資産が負債を上回っていれば、それは余裕資産となるわけである。

この式は退職後の資産負債管理（Asset Liability Management；ALM）を表している（図表1-4参照）。不足額がプラスであれば、その不足を埋めるために収入を増やす、資産を成長させる、あるいは支出を削減することが必要になることが分かる。一方、余裕資産額がプラスの場合は、この余裕資産額を常にプラスに維持して行くことが目標になる。これらが退職後の資産運用の目標になる。

ところで、将来のキャッシュフローの現在価値である資産や負債は、現時点で前提としている経済状況や退職者の個人的事情が変化することにより日々変化するという不確実性を持っている。退職者の場合、労働収入がないので労働収入自体の変動リスクはないが、その他の要因にはすべて変動する



図表 1-4 リタイアメントマネジメントの ALM (資産負債管理)

リスクがある。これらのリスクについては第2章で議論する。いずれにしろ、退職後はこれら前提の不確実性を常に考慮しながら ALM を行っていくことになる。

— 参考文献 —

金融広報中央委員会 . 2012. 「平成 24 年家計の金融行動に関する世論調査〔二人以上世帯調査〕平成 24 年調査結果」.

公益財団法人生命保険文化センター . 2014. 「生活保障に関する調査」(平成 25 年).

厚生労働省 . 2013. 「平成 25 年簡易生命表」.

厚生労働省年金局 . 2013. 「平成 24 年度 厚生年金保険・国民年金事業の概況」平成 25 年 12 月.

人事院 . 2012. 「民間の企業年金及び退職金の調査結果並びに当該調査結果に係る本院の見解の概要」平成 24 年 3 月.

総務省 . 2013. 家計調査年報（家計収支編）平成 25 年（2013 年）家計の概況 .

ソニー生命 . 2013. 「シニアの生活意識調査」2013 年 9 月.

電通総研 . 2012. 「退職リアルライフ調査～団塊ファーストランナー」平成 24 年 5 月 29 日.

—— 第2章 ——

退職後のリスクと山下りの資産運用

高齢化時代を生きる退職者は様々なリスクに直面することが予想される。本章では、その中でお金に関わる経済的リスクに焦点を当てる。また、資産運用はそのリスクをヘッジするための手段となるが、本章ではその退職後の資産運用が退職前の資産形成期における資産運用とは特性が異なることを示す。

1. 退職者が直面する3つのリスク

第1章では、退職後のキャッシュフローや ALM について言及した。ALM とは資産サイドと負債サイドのバランスをとりながら生活の管理を行うことであるが、資産サイドにも負債サイドにも予想通りにならないというリスクがある。つまり、様々な要因によって資産も負債も変動するのである。本章では、ALM に伴うリスクについて具体的に検討する。第1章で取り上げた資産や負債は、将来の年金受け取りや日々の支出などのキャッシュフローに基づいている。これらのキャッシュフローの大きさは将来の予想であり、当然そこには不確実性、つまりリスクが伴う。それらのリスクの要因は多岐に及ぶが、キャッシュフローに大きな影響を与える主要なリスクを以下にあげる。

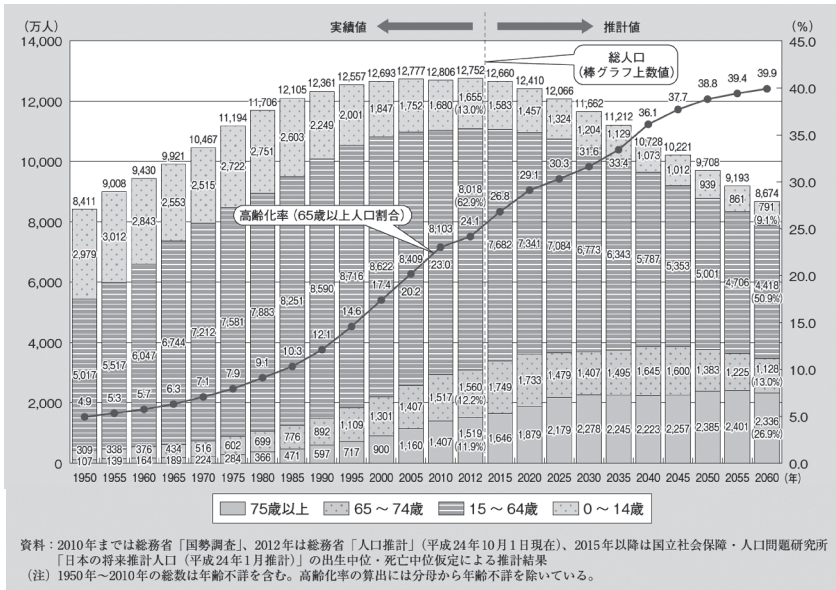
- 年金が予定通り支払われるのか？（年金制度リスク）
- インフレが起こって、支出が大幅に増加することはないか？（インフレリスク）
- 予想以上に長生きして、死ぬ前に資産が枯渇してしまわないか？（長寿リスク）

これらが、退職後に直面する3つの大きなリスクである。リスクは実現せず、すべて予定通りに進むという幸運に期待するのもかまわないが、予定通りに進まないことが多いのが現実である。しかも、現在の日本の状況を考えれば、これらのリスクは実現してしまう可能性の方が高いように思われる。世界最悪の財政、世界最速の高齢化、新興国との厳しい価格競争に巻き込まれる企業社会、円安に伴うエネルギー価格等の高騰、それに誘引される生活用品の価格上昇など、極めて厳しい状況にある。これらはこれからの退職者にとっては無視できないリスクとなるだろう。退職者はこれらのリスクに立ち向かい積極的にALMを行うことが必要になる。以下では、3つのリスクについてそれぞれ詳細に検討する。

2. リスク1：年金制度のリスク

2013年7月に行われた参議院選挙は結果的に自民党の大勝で終わった。ねじれ解消が焦点の1つであったことから、その後の日本の政治の方向性を占う上で極めて重要であり大きな注目を浴びた。選挙戦の争点で最も注目を浴びたのが経済政策と並んで年金問題であった。選挙の翌月に公表された社会保障制度改革国民会議の報告書によれば、公的年金などの社会保障制度は「1970年代モデル」から「21世紀（2025年）日本モデル」へ再構築する必要があるとしている。この2025年とは団塊の世代がすべて75歳以上になる超高齢化社会を迎える年であり、その時点で、日本の高齢化率（人口全体に占める65歳以上人口の占める比率）は実に30%を越してくるのである（図表2-1参照）。報告書では、高齢者に厚いと言われる世代間の不公平さが指摘されており、今後はそれを是正する方向に向かうのは確実である。それは少子化を迎える日本にとっては必要条件となろう。つまり、退職した年金受給世代にとって厳しい政策は今後避けられない。

年金制度については、2004年に「年金100年安心プラン」と称して大きな年金改革が自民・公明連立政権下で行われた。そこでは、掛け金の段階的引き上げや給付金のマクロ・スライド（経済状況に応じて年金支給額も調整される）などが導入された。そして、今後100年間、現役時代の収入に対す



図表 2-1 2025年に超高齢化を迎える日本

出所：内閣府、平成25年版高齢社会白書

http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2013/zenbun/25pdf_index.html

る年金額の割合（＝所得代替率）を、最低50%保証するというものであった。その後、最初の財政検証（5年に一度行われる制度の見直し）が2009年に厚生労働省によって行われているが、そこでは将来の所得代替率（現役時代の収入に対する年金の比率）の大幅な低下が指摘されていた。しかも、その時の人口推計の根拠となった予想値は2006年のものであり、2013年時点では、日本人の平均寿命はさらに1年ほど伸びている。

また、2014年には財政検証「国民年金及び厚生年金に係る財政の現況及び見通し——平成26年財政検証結果」が行われた。そこでは、将来の年金財政のシミュレーションを行う際の前提条件となる「物価上昇率」、「年金積立金の運用利回り」、「経済成長率」をケース分けしており、日本経済が順調に成長を続けるAからEまでの5つの「高成長ケース」、経済成長が伸び悩みFからHまでの3つの「低成長ケース」、という合計8つのケースで予想している。図表2-2(a)はその8つのケースの経済前提である。この前提による所得代替率が図表2-2(b)に示されている。高成長ケースである

経済前提

年金財政における経済前提と積立金運用のあり方に関する専門委員会における検討結果の報告「年金財政における経済前提と積立金運用のあり方について（平成 26 年 3 月 12 日）」に基づき設定。

ー 平成 35（2023）年度までの足下の前提 ー

内閣府の「中長期の経済財政に関する試算（平成 26 年 1 月 20 日）」の「経済再生ケース」,「参考ケース」に準拠して設定。

ー 平成 36（2024）年度以降の長期の前提 ー

内閣府試算を参考にしつつ、長期的な経済状況を見通す上で重要な全要素生産性（TFP）上昇率を軸とした、幅の広い複数ケース（8 ケース）を設定。

		将来の経済状況の仮定		経済前提				(参考)
		労働力率	全要素生産性 (TFP) 上昇率	物価 上昇率	賃金上昇率 (実質 [対物価])	運用利回り		経済成長率 (実質 [対物価]) 2024 年度以降 20 ～ 30 年
						実質 [対物価]	スプレッド [対賃金]	
ケース A	内閣府試算「経済再生ケース」に接続するもの	労働市場への参加が進むケース	1.8%	2.0%	2.3%	3.4%	1.1%	1.4%
ケース B			1.6%	1.8%	2.1%	3.3%	1.2%	1.1%
ケース C			1.4%	1.6%	1.8%	3.2%	1.4%	0.9%
ケース D			1.2%	1.4%	1.6%	3.1%	1.5%	0.6%
ケース E			1.0%	1.2%	1.3%	3.0%	1.7%	0.4%
ケース F	内閣府試算「参考ケース」に接続するもの	労働市場への参加が進まないケース	1.0%	1.2%	1.3%	2.8%	1.5%	0.1%
ケース G			0.7%	0.9%	1.0%	2.2%	1.2%	▲ 0.2%
ケース H			0.5%	0.6%	0.7%	1.7%	1.0%	▲ 0.4%

注：賃金上昇率については、男女の賃金水準の差が過去（H17～H24）の傾向で 2030 年度まで縮小するものと仮定。（男女の差が約 15%解消）

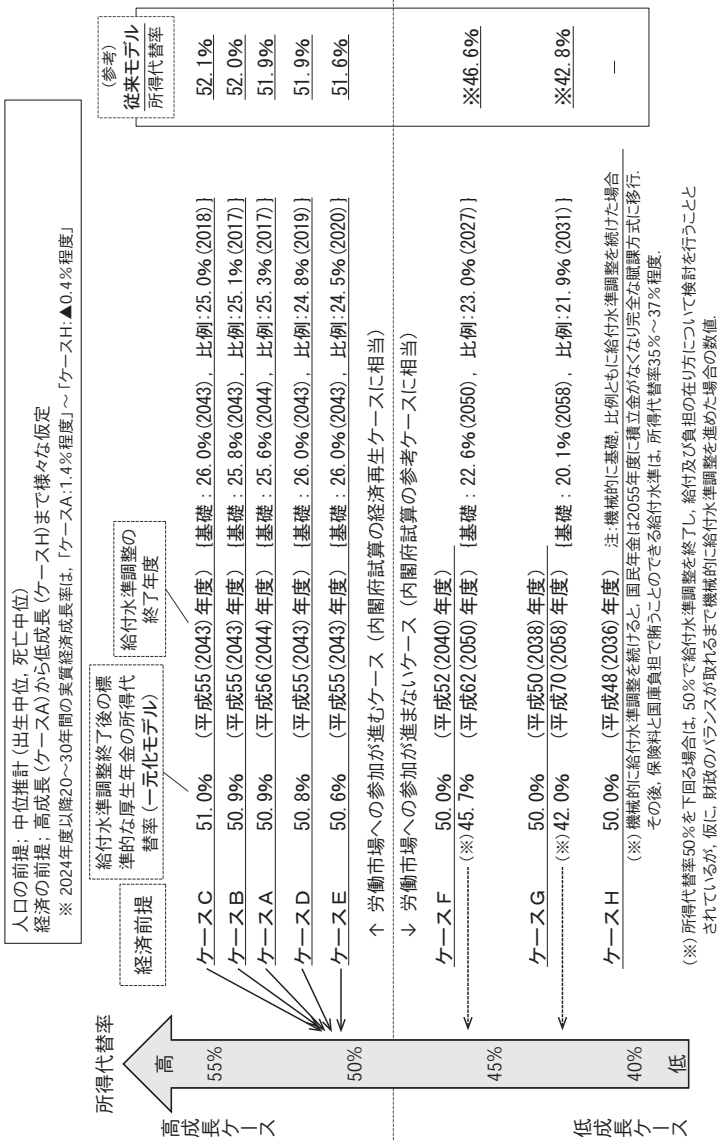
図表 2-2 (a) 各ケースの経済前提

出所：厚生労働省，2014,「国民年金及び厚生年金に係る財政の現況及び見通しー平成 26 年財政検証結果 ー」平成 26 年 6 月 3 日

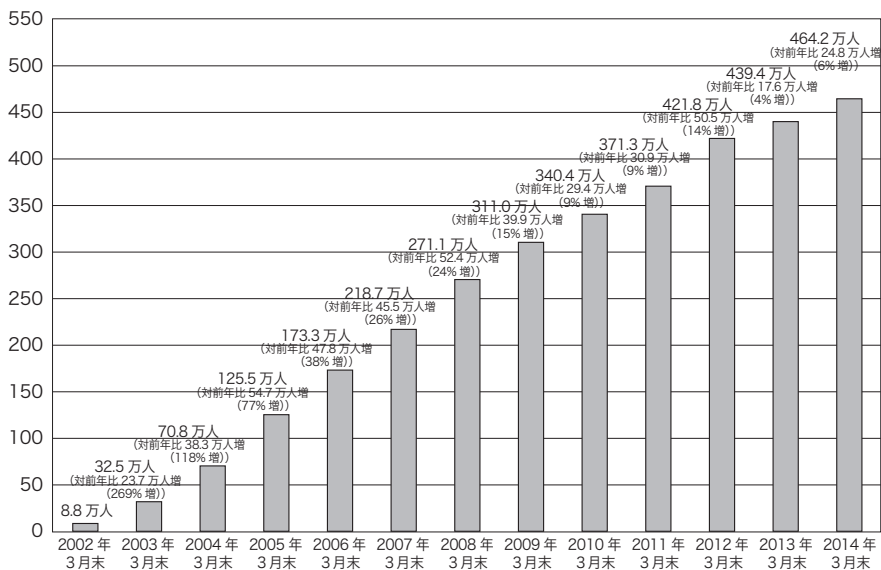
A から E の 5 つのケースで、いずれも所得代替率は『100 年安心プラン』が約束する 50% ギリギリで、現在の 62.7% より 2 割も減ることになる。一方、低成長ケースの F と G では所得代替率が 50% を割り込むことになる。

いずれにしろ、年金制度を維持するためには、支給開始年齢のさらなる上昇や増税は避けられないと多くの研究者が指摘していることは周知の事実である。そして、それは受給者、つまり退職者にとってみれば収入の低下につながる。つまり、第 1 章で概算した収入が減り、不足額が増大するリスクが大きくなってくるのである。

所得代替率の将来見通し(平成26年財政検証)



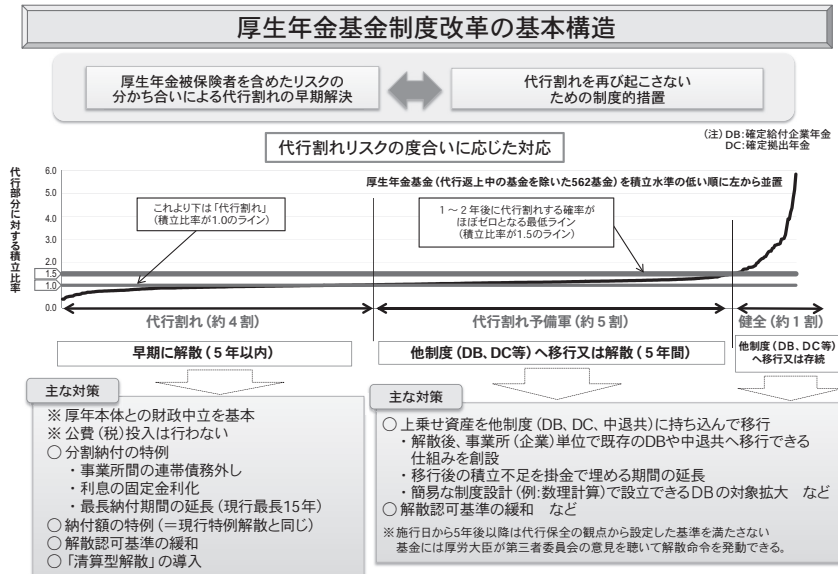
図表 2-2 (b) 厚生年金の所得代替率
出所：厚生労働省、2014、「国民年金及び厚生年金に係る財政の現況及び見通し—平成 26 年財政検証結果 一」平成 26 年 6 月 3 日



図表 2-3 企業型 DC 年金加入者数の推移

出所：厚生労働省ホームページ (<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/nenkin/nenkin/kyoshutsu/kiyakusu.html>)

一方、年金制度のもう1つの柱である企業年金も大きく揺らいでいる。国だけでなく、企業も同様に高齢化に直面している。日本の高齢化は国内市場の縮小を招き、企業の海外シフトが進んでいる。若年人口の減少と企業の海外移転は退職者を支えるべき若手社員の数を減少させている。そこで、多くの企業は世代間扶養型年金（現役世代の掛け金で退職者の年金支給を賄う）である確定給付型（DB型）の年金を廃止し、自己責任型である確定拠出型（DC型）の年金に移行している。厚生労働省の統計によれば、2014年7月末時点でDC型年金を導入している事業所は18,826社あり、加入者数は504万人になっている。その推移は図表2-3のようになっており、急速に増加していることが分かる。確定給付型年金（DB型）では企業が一定の支給を退職後の一定期間保証するが、確定拠出型年金（DC型）では自分の運用次第で退職時点の受取額が決まる。つまり、DC型年金では運用がうまく行かず年金額が実質的に減っても、あるいは損失が出て企業は補てんしてくれ



図表 2-4 厳しい環境下の厚生年金基金制度

出所：厚生労働省，2013，第14回社会保障審議会年金部会資料，平成25年4月1日
<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000002yp8h-att/2r9852000002ypd3.pdf>

ないのである。しかも、退職後のキャッシュフローもDC型年金で蓄積した資金をもとに自分で作り出さなければならないのである。

また、多くの企業年金制度では公的年金の一部を預かって代行運用しているが、その代行運用分がマイナス、つまり、返済すべき金額より小さくなってしまっているところも少なくない。これらのいわゆる代行割れした企業年金については、企業本体からの資金注入が期待されているが、多くの企業では本業が厳しい状況にあり、厚生労働省は制度解散に関する法律改正なども含め苦しい対応を求めている。なお、厚生労働省の第14回社会保障審議会年金部会資料（平成25年4月）によれば、厚生年金基金の約4割の制度が代行割れを起こしており、様々な対策が講じられようとしている（図表2-4参照）。

さらに、日本航空（JAL）やパナソニックの例にもあったように、企業の

破綻や業績悪化に伴い確定給付型の企業年金の支給額が削減されてしまうリスクもある。JALの年金は減額が決まった2010年当時加入者約16,000名、受給者・待期者約9,000名という巨大な制度だったが、減額の規模は加入者（現役世代）で50%、受給者（OB）で30%という大きなものとなった。

ちなみに、欧米では企業年金は「賃金の後払い」として受給者の減額は法で規制され、支払保証制度も整備されている。一方、日本の確定給付企業年金法では以下の3つの要件で厚生労働大臣が規約改正を認可又は承認した場合には受給者減額が可能になる。

- ① 経営状況の悪化や掛金の拠出が困難など財政状態が悪いこと。
- ② 受給者の2/3以上の同意。
- ③ 希望者には最低積立基準額の一時金で精算する。

JALのケースは、公的資金の投入が予定された同社に対する厳しい世論の中、2/3以上の同意が得られた結果（2010年2月7日付発表）であった。つまり、企業年金は完全に保証されているわけではないのである。

以上のように、年金制度が公的制度であれ企業制度であれ、極めて厳しい環境に置かれているのは明らかである。まじめにやっていたら、国や企業が最後まで面倒を見てくれるという時代は終わったと考えるべきであろう。年金制度は公的なものも企業によるものも、現在の給付水準を維持できなくなるリスクを抱えているということを真剣に考慮しておかなければならない。つまり、将来、年金給付額が減少することが高い確率で起こるということはある程度想定しておく必要がある。したがって資産形成期にある現役の人たちは、退職時点までに十分な資産を形成しておくことが望まれる。そして、退職の近い人や、すでに退職している人は、ALMを行い、保有している資産を適切に運用しつつ不足分は補っていく必要がある。

3. リスク2：インフレのリスク

デフレ時代に育った多くの人には想像もできないことだろうが、日本にも厳しいインフレの時代があった。70年代前半のいわゆる狂乱物価である。



図表 2-5 インフレ率の推移

出所：総務省統計局

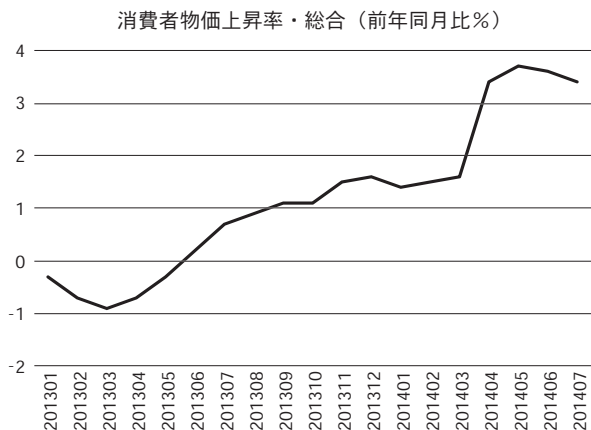
73 年、74 年の極めて高いインフレ率に続き、その後 10 年にわたり日本は厳しいインフレに見舞われた（図表 2-5 参照）。この厳しいインフレの原因としては諸説あるが、その当時次のような出来事があった。

- ① ニクソンショック（1971 年 8 月）
- ② 日本列島改造計画（1972 年）
- ③ 石油ショック（1973 年 10 月）

この出来事の裏で起こっていたのが、金融当局による過大な貨幣供給であり、これが狂乱物価の原因とする説が定説と考えられている（竹森俊平「世界デフレは三度来る」2006 年講談社参照）。

狂乱物価から 30 年が経過したが、今またインフレの足音が聞こえ始めている。本当にインフレが来るかどうかは予想できないが、その可能性は考慮しておく必要がある。図表 2-6 はアベノミクス以降のインフレ率の推移を示しており、明らかにその変化がみられる。内閣府は 2013 年 12 月の月例経済報告で「デフレ」という表現を削除している。

さて、インフレが起こるということは、ものの値段が上がることである。

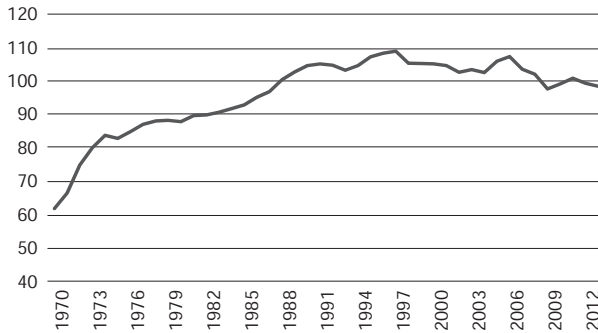


図表 2-6 アベノミクス以降のインフレ率

出所：総務省統計局

別の言い方をすれば、通貨の価値が下がり購買力が低下してしまうということである。1000 円で買えるものが 1200 円出さないと買えなくなってしまう。保有するお金がいつの間にか減ってしまうことを意味する。そして、インフレに最も弱い人達は、もちろん退職者である。給与など所得のある現役世代は、一般的には給与がインフレに連動しているためインフレが起こってもキャッシュフローの範囲内では購買力はある程度維持できると考えられる。参考までに、図表 2-7 は厚生労働省が発表している毎月勤労統計調査の実質賃金指数である。70 年代のインフレ期（狂乱物価）もインフレ調整後の実質賃金は減少しておらず、賃金がインフレに対する抵抗力をある程度有ることが示されている。一方、賃金というキャッシュフローがほとんどない退職者は保有しているお金が減ってしまうだけであり、インフレに対する抵抗力が最も弱い層と言える。したがって、このインフレによるお金の減少を防ぐ必要がある。

さて、公的年金にはマクロ・スライドという制度がある。平成 16 年度の年金制度改正で導入されたもので、「一人当たり賃金の伸びや物価の変動を基礎としながら、現役人口の減少（現役全体でみた保険料負担力の低下）や、平均余命の伸び（受給者全体でみた給付費の増大）の分だけ、スライド率を抑制する方法を採ることとした。」とある。つまり、この制度のもとでは、



図表 2-7 実質賃金指数の推移 (季節調整済み, 30人以上, 年末時点)

出所：厚生労働省, 毎月勤労統計調査

原則として給付金額が物価水準に連動するが、それは、現役人口の減少などが生じた場合には必ずしも連動しない、ということになる。そして、当面は現役人口が確実に減っていくのである。したがってインフレが起こっても金額ベースで年金給付金額が増えるかどうかは不確定であると言える。

ところで、インフレが起こるとどのくらいお金が減ってしまうのだろうか？ 70年代のインフレを考えてみよう。総務省が公表している消費者物価指数はその時点の物価の水準を示しており、その変化を見ると物価の変化が分かる。総務省統計局のデータによれば、70年代（73年から83年までの10年間）の消費者物価指数の推移は次のようになっている。

1973年1月：37.7

1978年1月：67.2

1983年1月：83.9

これを物価上昇率で見ると次のようになる。

1973年1月→1978年1月（前半5年間）：78.25%

1978年1月→1983年1月（後半5年間）：24.85%

1973年1月→1983年1月（10年間）：122.55%

1973年から1983年の10年間で消費者物価指数は122%上昇しており、物

インフレ率	10年間の現金の減価率
狂乱物価時*	55%
2%	18%
3%	25%

* 狂乱物価時：1973年1月～1983年1月

図表2-8 インフレと貨幣価値

価は2倍以上（2.22倍）になっていることになる。つまり、お金の価値は半分以上（55%減価）になったということである。この期間に厳しいインフレが起こっていたことが分かる。収入のない退職者にとってどれだけ大変な出来事であったのかは想像に難くない。もちろん、このインフレは狂乱物価と呼ばれ歴史的にも珍しい経済事件であった。そんなことはもうないだろうと考える人もいるかもしれない。そこで、インフレ率（物価上昇率）がアベノミクスの目標である2%という比較的緩やかなものであったらどうなるであろうか？ インフレ率が2%で10年間経過すると、物価は22% $(1+0.02)^{10}-1$ 上昇する。つまり、お金の価値は18% $(1-1/(1+0.22))$ も減少することになる。この2%というインフレ率も退職者にとっては大きな脅威になるのである。さらに、3%のインフレだと、お金は25%減価する（図表2-8参照）。このように、現金は「名目的」にはその元本は安全だが、それは必ずしも「実質的」に安全ということではない。実質的とはインフレで調整したものという意味であり、インフレによる減価分を差引いて評価することである。インフレが起これば実質的にその資産価値は減ってしまうのである。このインフレによる資産の減価を防ぐためには、最低でもインフレ並みの利回りで資産を成長させる必要がある。インフレに弱い退職者はインフレへの対応を考えておかなければならない。

4. リスク3：長寿のリスク

長寿は誠にめでたいことだが、長寿になっても豊かな生活が続けるためにはそのための準備、つまり資金が必要である。もちろん資金がなくなっても社会保障があるので最悪の事態に至ることは無いが、豊かな生活を送るわけ

平均余命の推移

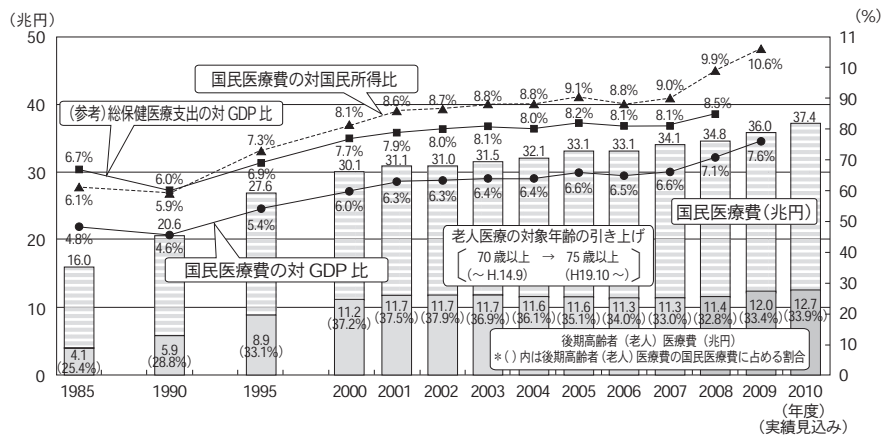
	年齢		
	65	70	75
2002 年	17.96	14.32	11.07
2007 年	18.56	14.80	11.40
2012 年	18.89	15.11	11.57

図表 2-9 伸び続ける平均余命
出所：厚生労働省，生命表

にはいかなくなる。長寿がリスクになってしまうのである。日本人の平均寿命はすでに世界最高レベルだが、今後さらに伸びる可能性が高い。図表 2-9 は厚生労働省が発表する生命表をもとに 65 歳，70 歳，75 歳における平均余命の 5 年毎の推移を示したものであり，年々伸びているのが分かる。医療技術の発達や健康志向の高まりで今後もこの傾向は続くと考えられている。

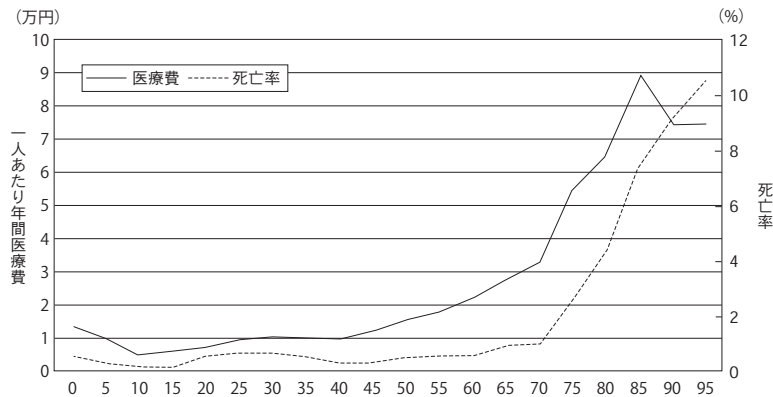
当然だが，長生きすればするほど退職後のトータルコストは高くなっていくのである。それは，寿命が延びた分の生活費もあるが医療の費用がより多く必要になるからである。実際，内閣府の高齢社会白書（平成 24 年版）によれば，後期高齢者の医療費が国民全体の医療費に占める比率は 33%（平成 21 年度時点）に及んでいる（図表 2-10 参照）。また，当然だろうが，一人当たりの医療費も年齢と共に上昇することが研究で明らかになっている（図表 2-11 参照）。20 年程度の退職後の人生を想定していたのに，25 年たった今も医者通いはしているものの，まだ十分に元気だ，といったことも今後より多く起こることになる。

さらに大きな問題になると考えられているのが，親の長寿とその介護である。その追加的なコストも考えておかなくてはならない。総務省の「平成 24 年就業構造基本調査」によれば，働いている人全体に占める働きながら親の介護を行っている人の割合は，年齢が上がる毎に高まり，50 代では 10.1%，60 代では 9.0% になっている。これは，全体の 4.8% に比べると極めて高い。つまり，自分が高齢化するのと同時に親の介護も発生しているのである。そして，過去 5 年間に介護・看護のため前職を離職した者は 48 万 7 千人となっており，毎年 10 万人が離職していることになる。また，東京大



図表 2-10 30% 以上を占める後期高齢者の医療費

出所：内閣府，平成 24 年版 高齢社会白書



図表 2-11 年齢と医療費及び死亡率

出所：大日康史，2002，「高齢化の医療費への影響及び入院期間の分析」 季刊社会保障研究 38(1)，52-66

学の調査（従業員の介護ニーズに関する調査報告書 2012）によれば，40 歳代以上の従業員の 80% 以上が今後 5 年間の間に介護に関わる可能性がある」と回答している。さらに，日本経済新聞（2014 年 9 月 23 日）の試算によれば，本人や配偶者の親が要介護状態で，会社にその事実を伝えていない隠れ介護者は 1300 万人に上るとしている。総務省統計局の労働力調査によると，

直近の就業者数は6357万人であるため、就業者の実に5人に1人が隠れ介護ということになる。親世代も年金を受け取っているため最低の生活費という点では問題無いが、離職や転職などによる自分の収入の低下や介護のためのコストは覚悟しておく必要がある。

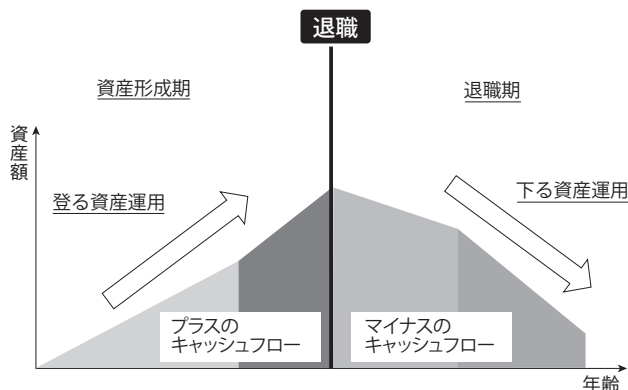
ここでは、自分の長寿による追加的なコストのみを考えてみよう。例えば、第1章で仮定した月36.1万円のコストを考えると、5年間寿命が延びたとすれば、

$$36.1 \text{ 万円} \times 12 \text{ か月} \times 5 \text{ 年} = 2166 \text{ 万円}$$

となり、約2200万円の追加コストを見ておく必要がある。このうち、900万円（151374円×12か月×5年）を年金で支払えたとしても、残りの1300万円は自分で用意する必要がある。さらに、親の介護の費用や自分自身の高度医療費など、長寿には想定外の追加費用をもたらすリスクがある。

もちろん、日本にはしっかりした公的な社会保証がある。困窮した高齢世代もその恩恵にあずかることができる。実際、厚生労働省の発表によれば、平成13年末時点において生活保護を受けている全159万8072世帯のうち、65歳以上の高齢者世帯は72万2149世帯あり、実に全体の約45%を占めている。すでに、生活保護は高齢者対策の色合いが濃くなっているのである。しかし問題は、日本の高齢化の大波がすぐに来るということである。そして、同時に若い人の数が急激に減少するため、頼れるものが減ってくる。現在の状態が維持可能と考えるのはあまりに楽観的過ぎる可言えよう。長寿はめめたいことだが、そのための準備も考える必要があろう。

以上のように、退職後には、年金制度、インフレ、長寿という3つの主要なリスクが存在する。これらのリスクは結局お金に関連するリスクであり、年金制度の危機や長寿はより多くの資産を必要とする。インフレは保有する資産の価値を減らしてしまう。そして、これらのリスクに対応できるのは資産運用である。しかし、退職後の資産運用は退職後の特性を考慮したものではなくてはならない。それは、退職後の資産運用は退職前のそれと大きく異なるからである。以下、退職後の資産運用の特性を検討する。

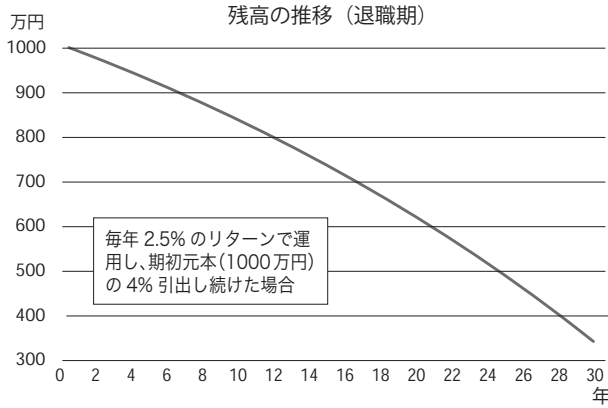


図表 2-12 山登りと山下りの資産運用

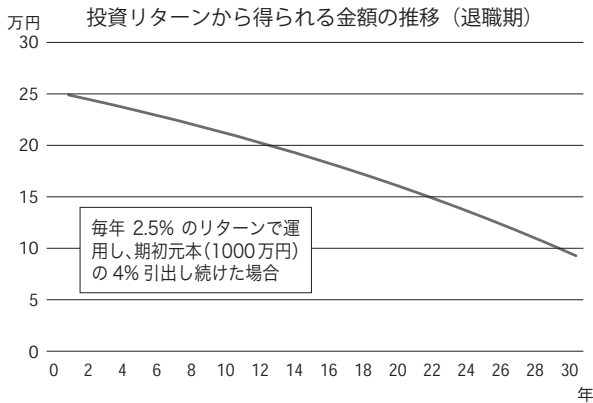
5. 「山下り」の資産運用とテールリスク

① 退職後と「山下り」の資産運用

退職後における資産運用の最大の特徴は何だろうか。その前に、まず、退職前の期間を考えてみよう。この期間は資産形成期とされ、一般的には収入が支出を上回っており（キャッシュフローがプラス）、保有資産が増えていく期間である。つまり、資産形成期の資産運用は「山登り」で行う資産運用といえる。一方、退職後つまり退職期は一般的に収入が支出を下回っており（キャッシュフローがマイナス）、保有資産が減っていく。つまり、「山下り」で行う資産運用である（図表 2-12 参照）。しかも資産額の減少に伴って一定の金額を引き出し続けるとすれば、資産運用を行っている場合、同じ資産運用パフォーマンスでもその金額ベースの残高の減り方は加速することになる。資産運用から得られるパーセントベースのリターン（%）が同じであっても、投資元本が減って行けば金額ベースのリターンは減少していくからである。1000 万円の投資元本で 5% のリターンであれば 50 万円増えることになるが、500 万円の投資元本で同じ 5% のリターンをあげても 25 万円しか増えない。一方、歳を取れば生活費が半分になるということは現実的ではない。したがって一般的に、引き出す金額は元本に関係なく一定である。結果的に元本の減り方は加速することになる。具体例で考えよう。1000 万円の元本から毎年 40 万円（期初元本の 4%）を毎年末に引き出すとしよう。一方、



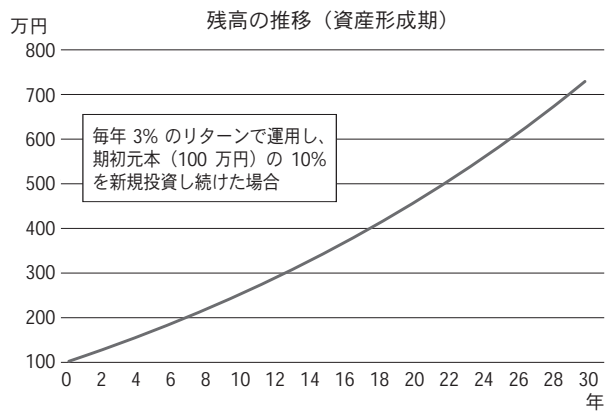
図表 2-13 加速する資産減少額



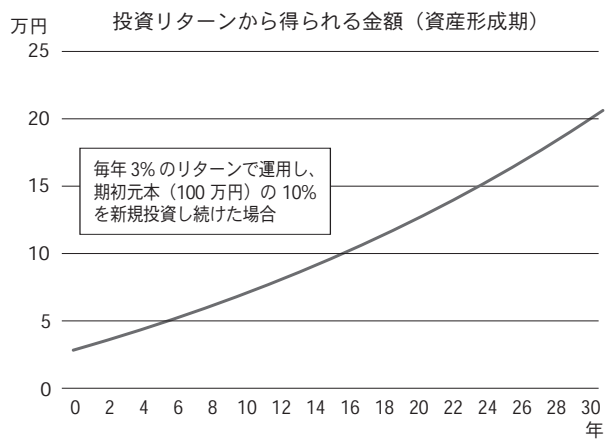
図表 2-14 減少する投資リターン金額

毎年の資産運用リターンが2.5%であったとする。とすると、残高の推移は図表 2-13 のように上に凸となり、時間と共に残高の減少額が加速していくことが分かる。これは、図表 2-14 から分かるように、毎年 2.5% という同じ投資リターンでも投資元本が減っていくことによって、投資リターンから得られる金額が減少していくからである。このテーマについては第 10 章で確率的なテーマとしてより精緻に議論する。

一方、退職前の資産形成期における資産運用は、逆に収入が支出を上回り



図表 2-15 加速する資産増加額

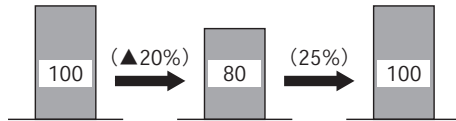


図表 2-16 増加する投資リターン金額

保有資産が増えていく山登りの運用ということになる。例えば、100 万円の元本からスタートし、毎年 10 万円ずつ新規投資を行う。一方、毎年の資産運用リターンが 3% であったとする。とすると、元本の増加は図表 2-15 のように下に凸であり加速していくことが分かる。これは、図表 2-16 から分かるように、毎年 3% という同じ投資リターンでも投資元本が増えていくため、投資リターンから得られる金額が増加していくからである。

一般に「大きく負けると取り戻すのが難しい」と言われる

- ・ 20% 下落すると：資産は 100→80 に減る $(80-100)/100=\blacktriangle 20\%$
- ・ 資産を 80→100 に戻すには： $(100-80)/80=25\%$ 上昇が必要



→ マイナスリターンを復元するためには負け以上のリターンが必要

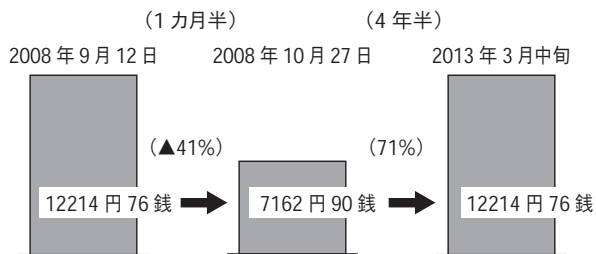
図表 2-17 大きく負けることのリスク

以上のように同じ投資リターンでも、退職の前か後か、つまり、キャッシュフローがプラスかマイナスかによって、残高の変化の速さ、つまり、加速度の正負が異なり残高の変化に大きな影響を与えることになる。山登りの資産運用と山下りの資産運用の間には大きなパラダイムシフトが起こっていることに注意する必要がある。

② テールリスクの影響度

一般的に「投資で大きく負けると取り戻すのが難しい」とはよく聞く言葉である。金融危機などで1回大きく損をしてしまうと、長い間低迷期が続いてしまうということである。これは何を言っているのだろうか？ 大きな危機の後には経済が低迷し、株価などの資産価格もなかなか回復しないということの表れでもあろう。しかし、大きく負けると取り戻すのが難しいということは、景気の低迷だけでなく数学的にも示すことができる。例えば100万円の資産が20%下落して80万円になった時、それがもとの100万円に戻るのに何%の上昇が必要だろうか？ 答は20%ではない。25%上昇しないと元には戻らないのである（図表2-17参照）。ただし、下落したところでの追加投資はないものとする。つまり、元本が小さくなっているためより多くの上昇がないと元に戻らない。そのため、一度大きく負けると取り戻すのが難しいのである。ちなみに、80万円が20%上昇しても96万円にしかない。

実際のケースで考えてみよう。リーマンショックの前後では、株価（日経

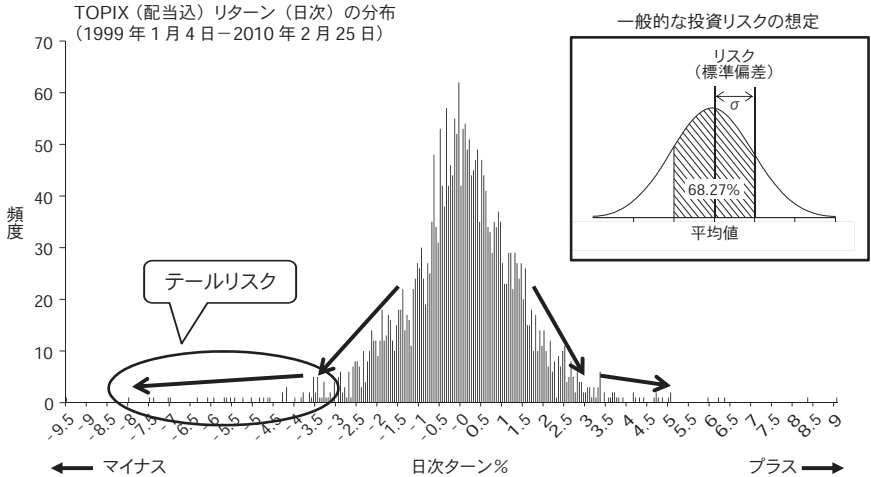


図表 2-18 リーマンショックと株価下落の影響

平均株価）は2008年9月12日の12214円76銭から2008年10月27日の7162円90銭まで、41%下落した。これが元に戻るためには71%も上昇する必要があり、その実現にはアベノミクスによる株価上昇が起こった2013年3月中旬まで4年半の時間を要したのである（図表2-18参照）。

リーマンショックのようなめったに起きないような株価の暴落が起こってしまうリスクをテールリスクと呼ぶ。このテール（tail）とは尻尾あるいは裾のことである。テールは、株式リターンの過去の分布をヒストグラム（横軸にリターンの値、縦軸にそれが起こった回数、あるいは頻度）にして描いた時に、分布のマイナス側の裾のはずれにある部分のことを指し、頻度は極めて少ないが起こればマイナスの値が極めて大きいという意味になる。一般的には正規分布と比較して、テール部分の頻度が高い場合を指す。図表2-19はTOPIXの日々のリターン（過去）をヒストグラムで描いたものである。一般的に釣り鐘状の分布になるヒストグラムの左裾部分が長く延びており、テールリスクが大きいことが分かる。もちろん、テールリスクはいつ起こるか予測するのが極めて難しく、株式投資をしている限りこれを完全に防ぐことはできない。しかし、テールリスクが起こったとしても損失を減ずる対応をしておくことはできる。これは本書の目標の1つでもある。

退職後のように新たに投資資金が入ってくるということがあまりない状況では、このテールリスクへの配慮は特に重要である。資産形成期のように新しい投資資金が継続して入ってくるのであれば、暴落時には資産は減少して



図表 2-19 テールリスク

出所：東京証券取引所のデータをもとに筆者作成

も、そのタイミングでは割安な価格で追加的に投資することができるため早く挽回することができる。一方、新しい投資資金が入ってこなければ、テールリスクが実現した場合には減ってしまった既存の保有資産だけで挽回する必要があり、前述の例のように取り戻すのに長い時間がかかる。しかも、保有資産は定期的な引出しによって減って行くのでなおさら時間がかかってしまう。特に山の頂上付近、つまり、退職後の初期ではリスク管理が重要である。それは、多くの人にとってそのタイミングが生涯で最も保有資産額が大きい時であり、その時の運用パフォーマンスの影響は金額的にも大きく、その後の資産運用パフォーマンスにも大きく影響するからである。例えば退職直後に金融危機が起こり資産を半分に減らしてしまったとすれば、その人は退職後の生活の入り口で半分の資産を失ってしまったことになる。しかも、新しいキャッシュフローがない。これは、資産形成ステージ初期で資産額も小さく新しいキャッシュフローがあるところで金融危機に遭遇した場合とは大きく異なり、取り返しが難しい。したがって、退職期初期という山の頂上付近での資産運用では、リスク管理に留意して慎重な資産運用を行うことが必要になる。なお、この退職時点近辺における市場変動の影響がその後の資産運

用に大きな影響を与えてしまうリスクは Sequence of returns (SOR) risk と呼ばれており、米国のリタイアメント・マネジメント研究の分野でも大きな研究テーマになっている。これについては、第10章で検討する。

以上、退職後の資産運用の特性に関して検討した。資産形成期と異なり、退職期の山下りの資産運用では大きな失敗に対する耐性が弱く、そのため丁寧なリスク管理が必要になることが分かる。これまで、資産運用と言えば資産形成期を意識したものが多かったが、高齢化時代における退職後の資産運用には資産形成期と異なる技術が要求されるのである。

なお、リーマンショック以降のテールリスクに関連する投資理論の対応については、付録Bの「リーマンショック以降の資産運用手法」で詳しく述べている。

— 参考文献 —

- 厚生労働省. 2014. 「国民年金及び厚生年金に係る財政の現況及び見通し—平成 26 年財政検証結果—」, 平成 26 年 6 月 3 日.
- 厚生労働省. 2013. 第 14 回社会保障審議会年金部会資料, 平成 25 年 4 月 1 日.
- 厚生労働省. 2013. 「社会保障制度改革国民会議報告書」.
- 総務省. 2013. 「平成 24 年就業構造基本調査」.
- 大日康史. 2002. 「高齢化の医療費への影響及び入院期間の分析」季刊社会保障研究 38(1), 52–66.
- 竹森俊平. 2006. 「世界デフレは三度来る」, 講談社.
- 東京大学. 2012. 「従業員の介護ニーズに関する調査報告書 2012」.
- 内閣府. 2013. 「平成 24 年版 高齢社会白書」.

— 第2部 —

ポートフォリオ構築技術

資産運用の機能的視点と 機能ポートフォリオ

本章では、資産運用の機能的視点について考察する。それは、資産運用において多様な目的を有する退職者のためのポートフォリオの構築にあたっての基本的な考え方を提供するものである。そして、後半ではこの機能的視点に基づき機能ポートフォリオ（機能インデックス）を試作する。

1. 金融の機能的視点

「機能的視点 (functional perspective)」と言えば、Merton & Bodie (1995) が金融の機能的視点として提唱したことで有名である。金融の機能的視点とは、金融ビジネスを銀行、保険、証券といった業態ではなく、どんなサービスを提供するのかという機能で分類することが重要である、という考え方である。この考え方は、金融機関のマネジメントに大きな影響を与えたと思われる。

金融サービスは実際にそれを提供する金融機関の業態を通して考えることが一般的である。銀行は預貯金を預かり企業に融資する、生命保険会社は生命保険を販売し保険金を支払う、証券会社は株式や債券を売買するなどである。これらの金融機関はかつてそれらが登場した時は、最も必要とされた金融機能により形成された業態であった。しかし、時とともに法律（業法）が制定され、金融機関が固定化されてしまう。一方、必要とされる金融機能は変化し、金融技術や ICT などの周辺技術の進化により、提供できる金融サービス、つまり、金融機能も大きく進化している。一方、金融サービスの需要者のニーズも多様化が進む。そして、新しい金融機能を提供できない金融機関は陳腐化してしまうのである。つまり、金融システムにおいて、「金融機能」は伝統的な「金融機関」という見方より実態を反映する安定した視座を

与えてくれるのである。金融機関はあくまでも必要とされる金融機能を提供する組織形態であるべきであり、それ自体の継続性等にこだわる理由は少ない。逆に、既存の金融機関組織にこだわることによって、金融機関やそれが提供する金融機能の進化に滞りをもたらす危険がある。金融システムを考える上では、金融機能という視点が重要なのである。

Merton & Bodie (1995) は金融の機能を次の6つに分類している。

- (1) 資金決済
- (2) 資源のプール化および小口化
- (3) 資源の時間および場所を超えた移転
- (4) リスクの管理
- (5) 情報提供
- (6) 情報の非対称性に伴うインセンティブ問題への対処

これらの機能は、図表3-1のように説明されている。もちろん、金融機関という概念はそこには出てこない。あくまでもどんなサービスを提供するのかという機能的視点から分類されているのである。

金融の機能的アプローチは多くの研究者によっても指摘されており、以下に示すように同様な機能の分類が紹介されている。

- BIS(1986)
リスクの移転, 流動性の提供, 企業ファイナンスのためのファンド
- Finnerty(1992)
リスクの移転, エージェンシーコストの低減, 流動性の提供
- Sanford(1993)
トランザクション処理, 資金調達, リスク管理, アドバイス
- Kohn(1994)
流動性の提供, 融資, リスク管理, インセンティブの問題への対処
- Rose(1994)
流動性の提供, 融資, リスク管理
- Levine(1997)

(1) 資金決済

金融システムは、財、サービス、そして資産の交換を容易にするように取引を清算し、支払いを決済する方法を提供する。

(2) 資源のプール化および小口化

金融システムは、大規模な事業を行うために必要な資金をプール化し、分散投資を促進するためにそのような事業の持ち分を小口化する手段を提供する。

(3) 資源の時間および場所を超えた移転

金融システムは、経済的資源を異時点、異地点あるいは異なる産業のあいだで移転するための手段を提供する。

(4) リスクの管理

金融システムは、不確実性に対処し、リスクをコントロールする手段を提供する。

(5) 情報提供

金融システムは、経済の様々なセクターで行われる分散化された意思決定を調整する価格などの情報を提供する。

(6) 情報の非対称性に伴うインセンティブ問題への対処

金融システムは、取引の一方が他方の持たない情報を持っている、あるいは一方が他方の代理人である場合に生じ得る（いわゆる情報の非対称性に伴う）インセンティブ上の問題に対処する方法を提供する。

図表 3-1 Merton & Bodie による金融の機能的視点

出所：ロバート・マートン他著、野村総合研究所訳、(2000)、「金融の本質—21世紀型金融革命の羅針盤（原著名：The Global Financial System A Functional Perspective）」、野村総合研究所刊

財、サービスの交換の実現、貯蓄の活用、資源配分、プーリング、リスク管理、企業ガバナンス

- Hubbard(2000)

流動性の提供、貯蓄と投資のマッチング、リスク分散、情報提供

これらの研究における機能の分類は Merton & Bodie (1995) を含めて共通しているものが多い。金融の機能が明確で安定していることを示している。なお、金融の機能的視点に関する詳細な議論については、付録 A「金融の機能的視点と金融イノベーションとの関係性と今後の展望」を参照のこと。

Merton & Bodie (1995) を含め同種の研究では、資産運用サービスは金融の1つの機能として認識されていると言えるだろう。しかし、資産運用だけに着目すれば、そのサービスの中にも多様な機能を提供するものがあり、投資家は必要とする機能によって資産運用サービスを選択できるはずである。一方、高齢化する投資家も特に現役時代に蓄積した資産の引出しが始まる退職後は資産運用の目的が多様化してくるため、機能的視点が重要になっていると考えられる。しかし、資産運用に特化してその機能について、Merton & Bodie (1995) が金融全般について行ったような指摘はこれまであまり明示的に行われてこなかったと言っていいだろう。以下本章では、金融の中でも資産運用に焦点を当て、資産運用における機能的視点を明らかにする。つまり、資産運用の機能を一般的な投資家が共通して期待する基本的な機能で類型化する。そして、その機能を実現させることが可能な資産クラスから構成されるポートフォリオ（機能ポートフォリオ）、あるいはベンチマークインデックス（機能インデックス）を機能毎に開発することを試みる。そして、最終的に機能ポートフォリオを組み合わせることにより投資家に最適なポートフォリオを構築しようとするものである。（最適化の方法論については第4章で示す。）

2. 資産運用の伝統的な分類

まず、資産運用サービスの伝統的な分類を振り返ってみる。資産運用サービスあるいは商品の伝統的な分類は、その多くが

- 「投資対象の属性」による分類、あるいは、
- リターン／リスクの水準を目標にした「運用手法」による分類

と言える。ここで属性による分類とは、例えば、株式、債券、あるいは、不動産といった投資対象が属する資産クラスによる分類、また、国内資産、先進国資産、あるいは、新興国資産といった投資対象の属する地域による分類である。また、運用手法による分類とは、パッシブ運用、アクティブ運用、絶対収益型、バランス型運用などリターン／リスクの水準を目標にした分類である。

商品分類表				
単位型・追加型	投資対象地域	投資対象資産 (収益の源泉)	独立区分	補足分類
単位型	国内	株式 債券	MMF	インデックス型
	海外	不動産投信	MRF	
追加型	内外	その他資産 資産複合	ETF	特殊型

図表 3-2 (a) 投資信託の分類「商品分類」

出所：投資信託協会ホームページ

属性区分表						
投資対象資産	決算頻度	投資対象地域	投資形態	為替ヘッジ	対象インデックス	特殊型
株式 一般 大型株 中小型株	年1回	グローバル	ファミリー ファンド	あり	日経 225 TOPIX	ブル・ベア 型 条件付運用 型 ロング・ ショート型 / 絶対収益追 求型
	年2回	日本				
	年4回	北米				
	年6回 (隔月)	欧州				
債券 一般 公債 社債 その他債券 クレジット属性	年12回 (毎月)	アジア	ファンド・オ ブ・ファンズ	なし	その他	その他
	日々	オセアニア				
	その他	中南米				
		アフリカ				
不動産投信		中近東 (中東)				
その他資産		エマージング				
資産複合 資産分配固定型 資産分配変更型						

図表 3-2 (b) 投資信託の分類「属性区分」

出所：投資信託協会ホームページ

例として、実際に投資家に販売されている投資信託の分類を調べてみよう。まず、投資信託協会の分類を見てみる。同協会では、投資信託を「商品分類」(図表 3-2 (a)) とさらに詳細な「属性区分」(図表 3-2 (b)) に分類している。単位型・追加型、決算頻度、投資形態といった制度的な分類を除けば、投資対象地域や資産クラス等の投資対象の属性による分類であることが分か

る。次に証券会社の分類を見てみよう。図表3-3は大手証券会社ホームページにある投資信託の分類である。ここでも、基本的には投資先、投資対象などの属性による分類、あるいはパッシブ／アクティブという運用方法による分類であることが分かる。ところで、商品としてのサービスではないが、機関投資家の投資対象の分類方法はどうなっているだろうか。図表3-4は世界最大の年金基金である日本の GPIF（年金積立金管理運用独立行政法人）の基本ポートフォリオである（配分比率については2014年10月31日に変更が発表されているが投資対象の分類は変わっていない）。この機関では、5つの代表的な資産クラスで分類し、与えられた期待リターンのもとで最適化してその配分比率を決めている。つまり資産クラスという属性別の投資対象をベースにリターン／リスクの水準を目標にした運用を提供しているのである。日本の年金基金の多くは GPIF の分類方法あるいはこれにオルタナティブ資産を加えたものと考えられる。

以上、主要な資産運用サービス提供者による分類を見たが、これらに共通しているのは機能という視点がないことである。投資対象の属性や運用手法は分かりやすく、このことはリスク水準などそのおおまかなパフォーマンス特性を理解する上では重要である。しかし、それは投資家が求める機能を表しているとは言えないだろう。投資家はこれらの分類をもとに自らが必要とする機能を実現するサービスを組み合わせるというプロセスを経る必要がある。また、同じ属性として分類されているものがすべて似たリターン／リスク特性を有しているとも限らない。同じ債券でもリスクの少ない国債とクレジットリスクの高い企業が発行するハイイールド債ではその特性は大きく異なる。ハイイールド債は株式に近い特性を有している。日本株式でもバリュー株式とグロース株式ではその特性は大きく異なり、そのリターン格差は時に年率10%を超えることもある。（このファクターの議論は、第6章と第7章で行われる。）

例えば、インフレのヘッジというような明確な目的を持った投資家にとってみれば、資産運用に期待するのはその目的を達成する機能を得ることができるかどうかということである。投資対象の属性は二義的なものである。したがって、資産運用においては、投資対象の属性や運用手法に着目するので

(1) 投資先（どこに投資するか）

投資先のエリアは日本国内から海外まで様々、投資対象を国内のみならず海外にも広げれば収益を得る機会も広がります。

国内：主たる投資収益が、実質的に国内の資産を源泉とするもの

海外：主たる投資収益が、実質的に海外の資産を源泉とするもの

内外：主たる投資収益が、実質的に国内および海外の資産を源泉とするもの

(2) 投資対象（どんな資産に投資するか）

株式、債券、不動産投資信託（REIT）など、投資対象は幅広くあります。また、複数の資産に分散投資する資産複合型と呼ばれるタイプもあります。

株式：主たる投資収益が、実質的に株式を源泉とするもの

債券：主たる投資収益が、実質的に債券を源泉とするもの

不動産投資信託（リート）：主たる投資収益が、実質的に不動産投資信託および不動産投資法人を源泉とするもの

その他資産：主たる投資収益が、実質的に上記以外の資産を源泉とするもの

資産複合：主たる投資収益が、実質的に上記の複数の資産を源泉とするもの

(3) 運用方法（どう運用するか）

インデックス運用とは特定の指数に値動きが連動するように運用を行うタイプ。

一方、アクティブ運用とはファンドマネージャが銘柄や売買のタイミングを決めるタイプで、運用がうまくいけば市場平均を上回る投資成果が期待できます。

(4) 販売方法（いつ買えるか）

原則としていつでも購入できるタイプと、投資信託が当初設定される期間だけに購入できるタイプがあります。

単位型…投資信託が当初設定される期間（当初募集期間）にのみ購入できるもの

追加型…原則的に、投資信託が運用されている期間中いつでも購入できるもの

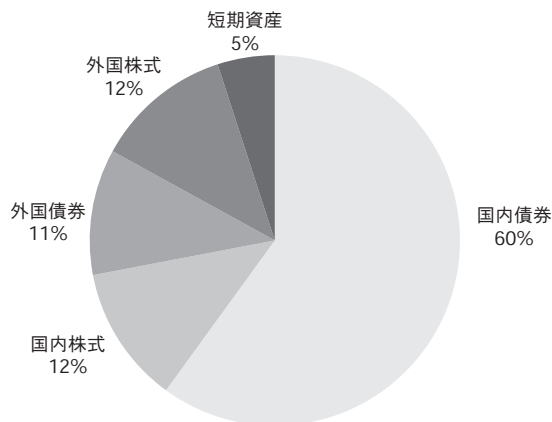
(5) 分配方法（分配金はどう扱うか）

ファンドは年1回以上決算が行われ、運用で得られた収益がある場合には、その一部がファンドの分配方針に沿って「分配金」として投資家に支払われます。

分配金受取型は、決算のつど分配金を受け取れるもの。再投資型は、決算のつど受け取るのではなく、計上された分配金を再投資するものです。

図表 3-3 証券会社の投資信託分類

出所：野村証券ホームページ



図表 3-4 GPIF の基本ポートフォリオ

出所：GPIF 年金積立金管理運用独立行政法人ホームページ

はなく、適切なポートフォリオを構築することによりどのような機能を提供できるのかという機能的な視点が重要になる。昨今、投資信託市場、ETF 市場の急拡大により投資対象となる資産クラスの数が増えている。リスク／リターン特性が多様化した資産クラスが増えれば増えるほど投資家にとって資産運用の選択が難しくなる。機能的な視点がますます重要となろう。

実際、お金のデザイン社のアンケート調査（30-60 代全国男女 500 人へのアンケート調査結果・2013 年 4 月実施）によれば、回答者の 93% が「老後のお金のことが不安だ」と答えている一方で、70% が「資産形成をどうしたらいいか分からない」と答えている。つまり、必要だと感じてはいるが、どうしていいのか分からないということである。資産運用商品が増えれば増えるほど、この傾向は強まる可能性がある。資産運用サービスの多くがまだ提供者の目線であり、顧客目線になっていない可能性があると言える。

以下、投資対象の属性やリスク／リターン水準を目標とした運用手法による分類ではなく、投資家が必要とする基本的な機能で資産運用を分類することを試みる。

3. 投資家が求める機能と資産運用市場

資産運用の機能的視点を考える場合、次の2つの方向からのアプローチがあり、実際の資産運用を行う場合には双方とも必要になる。

- 投資家が求める機能
- 資産運用市場が提供できる機能

この双方を考慮した上で実際に運用を行うことになる。投資家のニーズが最も重要であるが、一方で投資家が求めたところで市場が提供できなければ「絵に描いた餅」になってしまうからである。ただし、本章では主に投資家が求める機能に関して検討し、資産運用市場が提供できる機能については第6章と第7章のファクター投資で検討することにする。

投資家は資産運用に対してどのような機能を求めるのだろうか。もちろん投資家はリスクとリターンのトレードオフの中で自分の取れるリスクの範囲内で許す限りできるだけ高いリターンを求めると考えるのが一般的である。これが平均分散法をベースとする伝統的な方法である。しかし、機能的視点ではリターンの高さを求めるというよりはどのような目的でどのようなリターンを求めるのかということが重要になる。ここでは、投資家層（個人投資家）を典型的な特徴を持つ次の3つに分類して、それぞれの主要なニーズを検討する。

現役の労働者で定年まで長い時間がある人（資産形成層）

給与収入で生活しており、残りの資金を投資に回している。つまり保有資産から見たキャッシュフローはポジティブ（入超）である。すぐに大きな資金を使う予定はなく、将来の住宅取得資金や老後資金のために中長期的に資産を成長させたいと考えている。

退職して労働収入のない、あるいはほとんどない人（退職層）

労働収入がないため、年金および資産運用からの収入（インカム）や資産を切り崩して生活をしている。つまり保有資産残高から見たキャッシュフローはネガティブ（出超）である。したがって、資産運用からはできるだけ

多くのインカム収入を期待している。一方、インフレが起こると保有する資産の価値が劣化してしまう。また、年金のインフレ連動も将来の人口動態を考えるとあまり期待できない。つまり、インフレに対するヘッジが必要になる。もちろん、キャッシュフローはネガティブなので大きなリスクは取れない。さらに、自分が思ったより長生きしてしまうという長寿リスクも考慮に入れて、資産も多少は成長させておく必要がある。なお、間もなく退職する人もこの分類に入る。

ある程度の資産をすでに保有している人（富裕層）

保有資産額が大きく生活のためのキャッシュフローの不安はない。ただ保有資産の目減りは避けたい。したがって、インフレヘッジが必要である。また、リスクが取れるので、ある程度のリスクを取って資産の成長もさせたい。

以上、それぞれの分類の投資家の資産運用ニーズから求められている機能を整理すると、次の3つの主な機能に分類することが1つの方法と考えることができる。

- ① 資産を成長させること（成長機能）
- ② インフレに対して資産の実質的価値を保持（インフレヘッジ）すること（インフレヘッジ機能）
- ③ インカムを得ること（インカム機能）

成長機能は資産形成層にとって最も重要であり、インフレヘッジ機能は富裕層にとって最も重要であり、そして、インカム機能は退職層にとって最も重要であると考えられる。もちろん、個別の状況に応じて、投資家はこれらの3つの機能を組み合わせることにより自分に必要な機能を満たすポートフォリオを構築することができる。なお、先ほどの3つの投資家の分類では、退職者の資産運用が最も多様な機能を必要としていることが分かる。さらに、リスク許容度も低いことから、退職者の資産運用が最も難しく高度な技術が要求されると言える。つまり、高齢化が進む日本では資産運用技術の高度化と資産運用機能の多様化が急務であることが分かる。なお、個人の状況に応じて必要とする機能をより細かく分類することもできる。

CalPERS（米国カリフォルニア州公的年金）の例

新しい分類	目的、機能	伝統的な資産の分類
流動性	流動性の供給 デフレリスク	現金 国内債券
成長	資産の成長	株式
インカム	インカムの取得	世界債券
実物	長期的に安定した インカムの取得	不動産 インフラ、森林
インフレヘッジ	インフレのヘッジ	コモディティ、 インフレリスク債

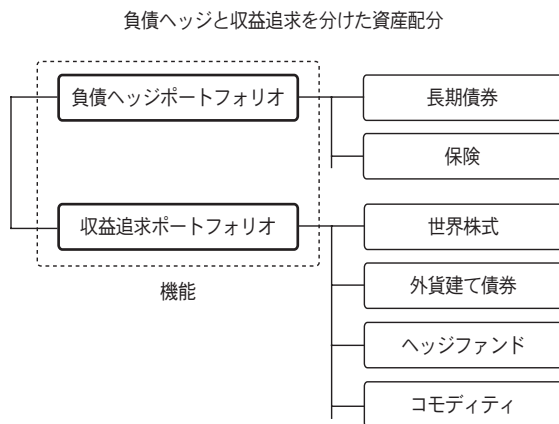
図表 3-5 資産配分の再定義

出所：CalPERS, 2010.11, ALM Workshop

なお、米国カリフォルニア州公務員年金基金である CalPERS は資産配分を行う際に、株式や債券という資産クラスをそのまま用いるのではなく、図表 3-5 のように成長、インフレ、あるいはインカム等すでに示した機能を中心に 5 つの分類（Broad Classification）を採用することを 2010 年に発表して注目を浴びた（2013 年にはさらにリスクファクターとして進化させている）。資産運用担当者である CalPERS が年金受給者のために何を達成しようとしているのかということを考えようとすれば、こちらの分類の方が分かりやすいであろう。CalPERS の分類では対応する資産クラスと目的が付されている。資産運用の機能的視点を意識した分類になっていると言える。

4. 機能的視点によるアプローチと LDI

年金運用の機能的視点という観点では、年金基金の維持を目的とした運用手法の 1 つである負債主導投資、つまり、Liability Drive Investment（LDI）がある。LDI は負債ヘッジという機能のみを明示的に追求する運用手法である。一般的な年金基金では、平均分散法を用いて、与えられた期待リターンに対しリスクを最小にするようなポートフォリオを構築することが多い。その場合、年金基金の最も重要な指標である負債との連動性は意識されていない。しかし、2001 年 3 月期から実施された退職給付会計により、年金の積



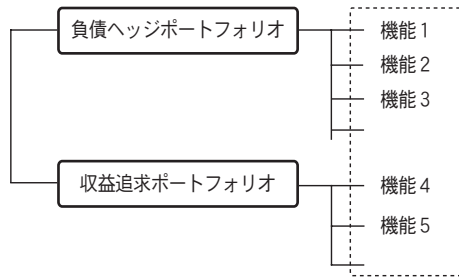
図表 3-6 LDI と機能

立不足が企業会計にリアルタイムに反映されるようになり、企業の年金基金では負債をより意識した運用が求められるようになっている。負債をヘッジするという機能を追求し、負債と積立資産とのギャップの変動を最小化しようとするものである。つまり、LDI とは第1章で議論した ALM のことなのである。

LDI では、まずポートフォリオを次の2つに分け、この2つを併せて負債ヘッジを行うのが一般的である。

- 負債ヘッジポートフォリオ
- 収益追求ポートフォリオ

この2つは年金基金がその負債ヘッジという目的を達成するために必要な機能を表していると言える。そして、それぞれの機能が複数の資産クラスを用いて実現されるのである（図表3-6）。負債ヘッジポートフォリオは、一般的な年金基金の負債に大きな影響を与える金利やインフレの変動に対して、資産も同様な動きをすることによって負債・資産のギャップの変動をヘッジする機能を持つ。一方、収益追求ポートフォリオは、負債ヘッジポートフォリオでは達成できない期待リターンを高める機能を持つ。したがって、負債ヘッジポートフォリオには負債のデュレーションに近い債券や保険などが組み入れられる。また、収益追求ポートフォリオでは、徹底した分散投資によっ



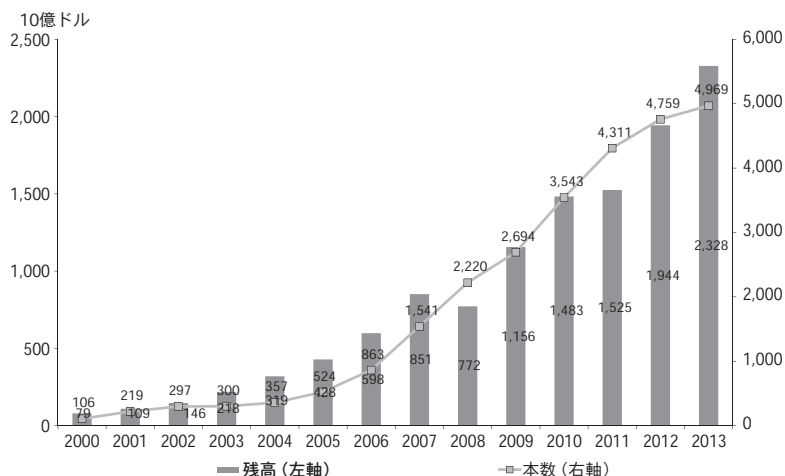
図表 3-7 LDI と機能による細分類

でできるだけ低いボラティリティでリターンを追求することになる。なお、LDI としては、本来は負債ヘッジポートフォリオのみで良いわけだが、世界的に金利が低下しており、負債の変動性はヘッジできても、期待利回りの絶対レベルが不足してしまう可能性が高い。そこで、追加的に収益追求ポートフォリオが求められるのである。

なお、この負債のヘッジ機能はさらに、その年金の負債特性によって、追加的な機能が必要になる。例えば、年金給付が終身であれば、長寿リスクのヘッジ機能も必要になる。一方、収益追求もその投資ホライズンやキャッシュフローの状況等により複数の機能に分けることができよう（図表 3-7 参照）。年金基金の資産運用はまさに機能的視点が要求される資産運用なのである。

5. 機能インデックスの開発

以下では、本章前半で議論した資産運用の機能的視点によるアプローチを実践する。つまり、すでに提示された3つ機能の特性を検討し、3つの機能を具体的に実現する機能ポートフォリオのベンチマーク（機能インデックス）を試作する。機能インデックスは資産運用の機能を表現するため、複数の資産クラスから構成されることになる。ただし、個別銘柄からポートフォリオ構築を行うのはあまりにも手間がかかるし、流動性の低い資産等に関しては運用上も現実的ではない。そこで、インデックスの試作に当たっては、資産運用市場として世界の多様な資産クラスが市場インデックスレベルの運用商品として取引されている ETF 市場を対象とすることが現実的であると考え



図表 3-8 世界のETF市場

出所：BlockRock

る。BlackRock社のデータによれば、世界のETF市場では約5000本のETFが取引され、その資産残高は200兆円を超える規模になっている（図表3-8参照）。特に成長が著しい米国のETF市場は規模も他市場に比べて圧倒的に大きく世界各地の多様な資産クラスをカバーしている。そこで、データの揃っている米国のETF市場を分析対象の母集団とする。ETF.com社のデータベースによれば、米国のETF市場では2014年9月末時点で1700本近いETFが取引され、残高の時価総額は約190兆円（2014年8月末時点）に達している。また、資産クラスも多岐にわたり、ETF.com社の分類によれば、図表3-9にあるような多様な種類のETFが取引されている。つまり、資産クラスベースではあるが米国のETF市場は世界の資産運用市場を網羅していると考えることができる。さらに、ETFは投資家のニーズにより開発・上場されるため、十分な残高を有するETFを網羅的に対象にすることにより、市場の実勢も反映することができよう。各機能は複数の資産クラスで実現されるため、複数のETFの組合せにより機能インデックスを構築することになる。したがって、このインデックスはETF市場を代表する機能別インデックスとも考えることができる。難点は歴史がまだ浅く過去のデータが少ないということであるが、ここでは可能な範囲で分析を行う。

・資産クラス ・ Alternative ・ Asset Allocation ・ Commodity ・ Currency ・ Equity ・ Fixed Income ・地域 ・ Asia-Pacific ・ Developed Markets ・ Emerging Markets ・ Europe ・ Frontier Markets ・ Global ・ Global Ex-US ・ Latin America ・ Middle East & Africa ・ North America ・ Country (国別)	・カテゴリー ・ Absolute Returns ・ Asset Allocation ・ Broad Market ・ Canadian Dollar ・ Corporate ・ Government/Credit ・ Municipals ・ Sector ・ Size and Style ・ Sovereign ・ Strategy ・ Tactical Tools ・ US Government
--	---

図表 3-9 ETF.com 社の ETF 分類

出所：ETF.com 社ホームページ

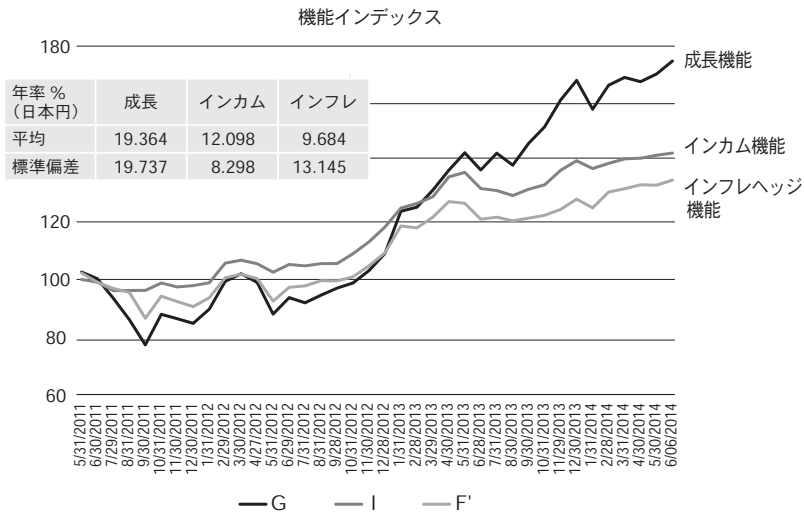
インデックスの対象となる機能は本章の前半で提案した次の3つである。

- ① 成長機能インデックス
- ② インフレヘッジ機能インデックス
- ③ インカム機能インデックス

なお、ここで用いる母集団としては、米国に上場されているETFで、2014年3月末時点で残高が1億ドル以上(ETF.com社ベース)のものとする。また、ETFの分類はETF.com社の分類を利用する。また、インデックスのウェイト付けは等ウェイト(毎月リバランス)とする。各ETFのリターンはFACTSET社のデータを利用する。機能インデックスの概要を図表3-10に示す。3つの機能インデックスの詳細はこの後説明されるが、それらのパフォーマンス(円ベース)を図表3-11に示しておく。ETF市場の歴史がまだ浅いため、2011年5月からのパフォーマンスになっている。以下、各機能インデックスを構成する母集団の考え方と定義を示す。

- 母集団
 - ・ETF.com のデータベースでカバーされる ETF
 - ・米国上場 ETF
 - ・2014 年 3 月末時点で残高 \$100mil 以上
 - ・データ期間：2011 年 5 月～2014 年 6 月（月次）
 - ・535 本
- 各機能インデックスの母集団
 - ・成長
株式（REIT は除く、全 399 本）
 - ・インフレヘッジ
コモディティ、通貨、REIT、短期債券、TIPS（全 64 本）
 - ・インカム
債券（短期、TIPS は除く）（全 72 本）
- インデックスの構成方法
 - ・等ウェイト
 - ・毎月リバランス

図表 3-10 ETF による機能インデックスの試作



図表 3-11 機能インデックスのパフォーマンス
出所：ETF.com, FACTSET のデータをもとに著者作成

6. 成長機能インデックス

① 成長をもたらすもの

資本主義の世界では富を創造する主体は企業である。企業が資本を利用して利益という富を生み出すのである。そして利益が株価に反映され、株価も利益とともに成長するのである。企業への投資、つまり株式投資が成長をもたらす投資になる。イボットソンのデータによる1926年～2013年にわたる米国証券市場の長期リターンを見てみよう。大型株式の幾何平均リターン(年率)は10.1%であり、社債の6.0%、および、長期国債の5.5%に比べて大きいことが分かる。また、日本の証券市場で見ると、1952年～2013年のデータでは、株式リターンは10.32%であり、債券リターンの5.03%を大きく上回っている。

もちろん、株式のボラティリティは債券のそれに比べれば大きくリスクが高い。同じイボットソンの米国データによれば、大型株式の年率ボラティリティは20.2%、長期社債は8.4%、そして、長期国債は9.8%である。しかし、成長は長期にわたって達成する機能であり、長期間保有することが可能であれば、高いリスクを受け入れることができる。そこで、成長機能インデックスは母集団の中のすべての株式ETFを組み入れる。ただし、REITはインフレヘッジ機能に分類するために除く。

② 成長機能インデックスの特性

成長機能インデックスの構成を図表3-12に示す。業種インデックスも含めれば約60%が米国株式のETFであり、市場の実勢に合っているとと言える。米国以外の国別ETFでは新興国が多く新興国市場は市場のウェイトに比べてやや高い。これも経済実態を反映していると考えることができよう。成長機能インデックスのパフォーマンスを図表3-13に示す。機能インデックスのパフォーマンスは世界の株式市場(48市場)をカバーするFTSE All-World インデックスのパフォーマンスとほぼ同じだがややリスクとリターンが高い。これは新興国の影響があると思われる。成長機能インデックスのファクター分析を行ってみる。成長機能インデックスリターンをFTSE All-World インデックス、バリューファクター(FTSE All-World Value インデッ

投資対象地域	ETF の数	ウェイト
米国インデックス	139	35%
先進国国別インデックス	12	3%
新興国国別インデックス	38	10%
日本株式インデックス	7	2%
アジア地域インデックス	2	1%
欧州地域インデックス	9	2%
米国除く先進国地域インデックス	21	5%
新興国地域インデックス	16	4%
欧州地域インデックス	1	0%
北米地域インデックス	3	1%
米国除くグローバルインデックス	7	2%
グローバルインデックス	8	2%
米国業種インデックス	98	25%
グローバル業種インデックス	38	10%
合計	399	100%

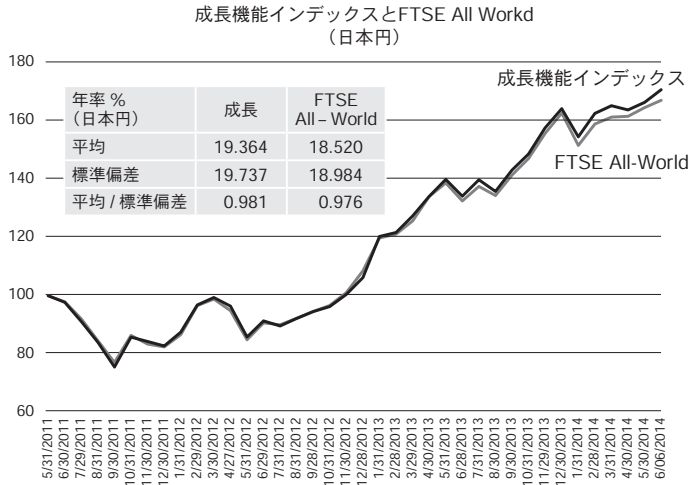
図表 3-12 成長機能インデックスの構成

出所：ETF.com のデータをもとに筆者作成

クスー FTSE All-World Growth インデックス), サイズファクター (FTSE Global Small Cap インデックスー FTSE All-World Developed インデックス) の3つのリターンで回帰分析を行った。その結果は次のようになった。

	係数	t
切片	0.104	0.716
FTSE All-World	0.996	35.751
バリュウ	-0.022	-0.168
サイズ	0.383	2.916

市場ベータはほぼ1であるが、サイズファクターが有意であり、小型にやや傾斜していることが分かる。



図表 3-13 成長機能インデックスと世界株式
出所：ETF.com, FACTSET のデータをもとに筆者作成

7. インフレヘッジ機能インデックス

① インフレの要因

インフレのヘッジはどうすれば良いのであろうか？ それは、当然だが保有する資産をインフレと同じペースで増やせば良いことになる。つまり、現金で保有するのではなく、何らかの資産に置き換えることが必要になるということである。ただし、リスクの高い資産に投資をして大きな成長を狙う必要はなく、インフレをヘッジさえすれば良いのである。つまり、インフレと連動性の高い資産によって資産運用することにより、インフレヘッジを行うことになる。インフレヘッジ資産の選択に当たっては、まず、インフレがなぜ起こるのかについて検討しておこう。多くの標準的な経済学の教科書によればインフレは一般的にその要因によって次のように分類されている。

- 需要型インフレ
- 供給型インフレ
- 貨幣要因型インフレ

需要型インフレとは、需要が供給を上回り価格が上昇する現象でディマンド

プル型インフレとも呼ばれる。景気の過熱時などに起こりやすい。供給型インフレは、供給サイドのコストが上昇し価格が上昇する現象でありコストプッシュ型インフレとも呼ばれている。エネルギー価格の高騰によるインフレ等はこの分類に入ろう。一方、貨幣要因型インフレとは、財政や金融政策、つまり、市場に出回る通貨の供給量によって、通貨の価値が下落する（モノの価値が上がる）ことである。日本において直近で起こった最も大きなインフレは1970年代初の狂乱物価であろう。第2章でも指摘したが、上の分類によれば、この時のインフレは、列島改造に伴う需要型インフレ、石油ショックによる供給型インフレ、そして流動性の過大な供給による貨幣型インフレの合成ということになる。これらの要因からインフレヘッジ資産を検討する。

② インフレヘッジ資産

どんな資産がインフレヘッジになりうるだろうか。古くは、Fisher (1911) が株式、コモディティ、不動産にインフレヘッジ機能があることを指摘している。それ以降、このテーマのもとで様々な研究が行われてきたが、決定版は出ていないと言える。例えば Ang (2014) は、T-Bill（米国短期証券）のみが有意なインフレヘッジ機能を持つとしているが、コモディティでは、エネルギー関連資産のみがインフレヘッジになるとしている。一方、一般的にインフレヘッジ資産と考えられている金、およびインフレ連動債は短期的なヘッジにならないと指摘している。Fama & Schwert (1977) は不動産がインフレヘッジになり、債券や短期資産もある程度はインフレヘッジになると指摘している。また、Gyourko & Linneman (1988) は REIT にインフレヘッジ効果はないとしている。さらに、Fama (1981) は株式にインフレヘッジ効果はないことを指摘している。これは、インフレと実体経済に負の関係があるからである。Bekaert & Wang (2010) は新興国の債券や株式にはインフレヘッジ効果があるが、先進国の株式にはないとしている。国内の研究では、栗崎 (2006) が株式のインフレヘッジ効果の可能性を指摘している。俊野 (2013) は株式や短期債券にインフレヘッジ効果があることを指摘している。

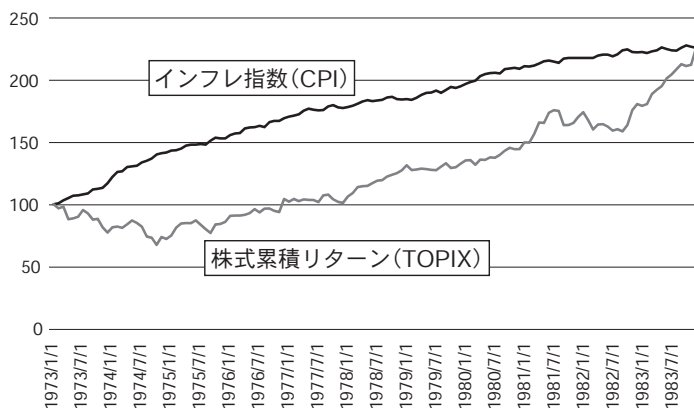
以上のように、これまで示されている研究結果は多様であり、結論が出ているとは言えない。その理由の1つは、インフレの定義として期待インフレと実現インフレの違い、あるいは、インフレと資産の関係が時間的に安定し

ていないということ等もあるが、最も重要なことはインフレヘッジを行う期間に関する定義が明確ではないことがある。そこで、まず、資産のインフレヘッジ効果について2つの定義を試みよう。

- ① 資産の月次変化率とインフレ率との相関が高い
- ② 資産のリターンが中長期的にインフレ率を上回る

この2つは、どちらもインフレヘッジと考えることができるだろう。①は短期的な変動性が似ており、短期的なヘッジを可能にするものである。より具体的に言えば時系列の相関係数が高いものである。②は短期的な変動の相関は低い、長期的にインフレ率をアウトパフォームし、インフレヘッジをするものである。ところで、①と②は必ずしも両立しない場合がある。つまり、時系列の相関は高いが、長期的にアンダーパフォームする資産はあるだろう。あるいは、逆に長期的なリターンはインフレをオーバーパフォームしても時系列相関は低い場合もあろう。前者の代表は短期資産であり、後者の代表は株式であると考えられる。つまり、株式は長期的には大きな成長をしてインフレを凌駕することは一般的に認識されているが、短期的には相関が低いと考えられる。これはFama (1981)の指摘にも沿ったものである。日本のインフレ時のケースを参照してみよう。図表3-14は、70年代の日本の消費者物価指数と株価の推移を示したものである。当初、株価は消費者物価指数とは反対に下落している。激しいインフレが起こると不況になったり金利が上昇したりすることがある。その場合、株価には下落圧力がかかってしまうからである。その後、株価は10年をかけてインフレを上回っている。この期間のインフレ率と株式リターンの関係は有意でない（1973年2月～1983年2月の月次消費者物価指数変化率をTOPIX月次変化率で回帰すると、係数はマイナスであり、t値も0.9と有意でない）。つまり、株式とインフレは相関という観点では高いとは言えないが、長期的な水準ではインフレヘッジになったということである。

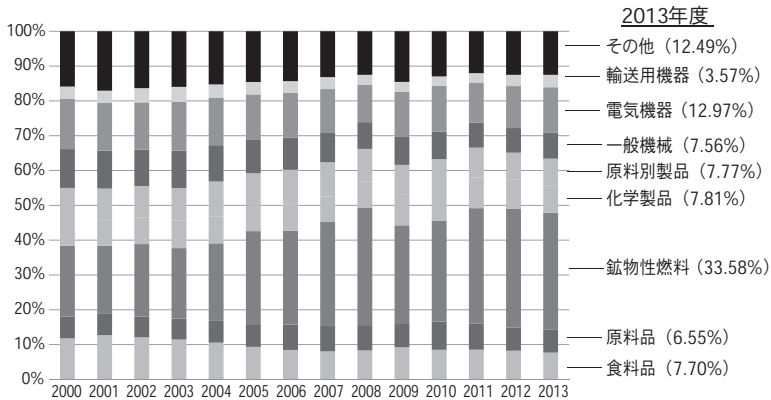
以上の議論から、資産のインフレヘッジ効果を検討する場合はその期間を明確にすることが重要である。Attie & Roache (2009) はリターンの計測期間を短期と長期に分けて各資産のインフレヘッジ効果について検証している。それによれば、12か月リターンでは、株式や債券にインフレヘッジ効果が



図表 3-14 インフレと株価

出所：総務省，東証，FACTSET のデータより筆者作成

見られなかったが，コモディティに効果があったと指摘している。さらに長期のリターンになると，コモディティの効果は薄れ，債券の効果が高くなることも指摘している。ところで，日本では，為替の動向による供給型インフレに注意する必要がある。日本はエネルギー，原材料，食物といった主要なコモディティを海外からの輸入に頼っているため，輸入品価格の上昇が国内物価全般に与える影響が大きいと考えられる。図表 3-15 は輸入品別比率である。石油や LNG などの鉱物性燃料の輸入が 33.58%（2013 年度）と最も大きい。さらに，原料品，原料別製品を併せた原材料で 14.32%（同）を占めている。これに食料品も加えたコモディティ商品の輸入品比率は 55.60% になる。消費者物価指数総合の月次変化率を 1 期前の輸入物価指数変化率で回帰分析する（期間は 2000 年 1 月～2014 年 7 月）と，その係数の t -値は 4.05 と有意に高い。つまり，消費者物価指数総合は輸入物価指数に影響されていると考えることができる。したがって，インフレヘッジとしてはこれらの主要輸入品価格の変動やコモディティ輸入対象国の通貨をヘッジすることが必要になろう。そのためには，これらのコモディティや通貨そのものを買っておけば良いことになる。近年は ETF 市場の進展により，エネルギー資源，貴金属，農産物，通貨など中核となる商品（コモディティ）が証券化され個人でも容易に投資できるようになっており，資産運用によりインフレヘッジ



図表 3-15 日本の輸入品別比率（2013 年度）

出所：財務省貿易統計

を行える可能性が高まっている。

③ インフレヘッジ機能インデックスの構成銘柄とパフォーマンス

以上の議論をベースに、ここでは、インフレヘッジ機能としてすでに定義した2つの内、①の「資産の月次変化率とインフレ率との相関が高い」という方を採用する。なお、②については長期的に高いリターンをもたらすということで成長機能と位置付ける。インフレをヘッジする資産クラスとしては、インフレとの相関が有意と考えられる資産を選択する。また、インフレとしては、消費者物価指数総合よりボラティリティが高くそのインフレの特性が出やすい輸入物価指数を用いた。そこで、ここでは、これまでの研究の成果からインフレとの相関が高いと考えられるコモディティ、新興国通貨、REIT、短期債券、TIPSの分類に属するETFをインフレヘッジ機能インデックスの組み入れ候補とする。なお、国内の債券ETFは2014年10月末時点で存在しないためここでは組み入れていない。図表3-16は輸入物価指数の変化率を候補の各分類に属する主要なETF銘柄の月次リターンで回帰した時の係数の t -値（データ期間：2009年12月～2014年9月）である。ETF市場の歴史が浅いため、データ期間は限られているが、すべて5%水準で有意な関係が示されている。

図表3-17にインフレヘッジ機能インデックスの構成を示す。コモディ

ETF	分類	t-値
iShares S&P GSCI Commodity Indexed Trust	コモディティ	2.11
Wisdom Tree Emrging Currency Fund	新興国通貨	2.89
Vanguard Short Term Government Bond Index Fund	米国短期資産	3.79
iShares TIPS Bond ETF	米国 TIPS	3.53
SPDR Dow Jones Global Real Estate ETF	グローバル REIT	2.24

輸入物価指数の変化率を各 ETF リターンで回帰した場合の係数の t-値
データ期間：2009 年 12 月～2014 年 9 月

図表 3-16 輸入物価と ETF との関係

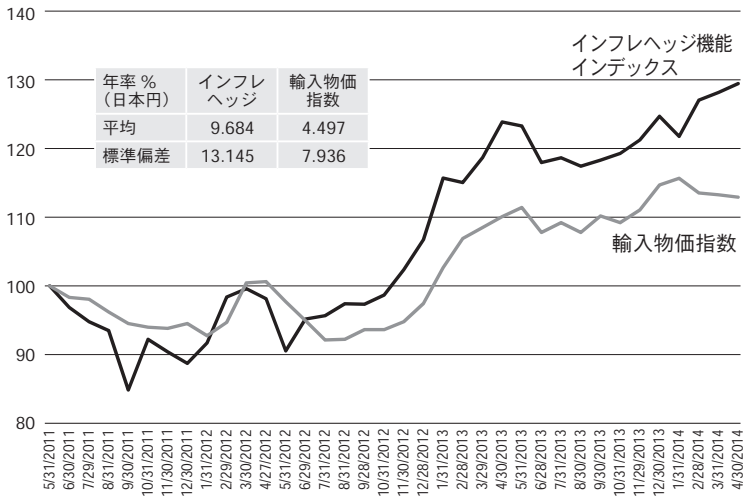
投資対象資産	ETF の数	ウェイト
コモディティ・農産物インデックス	5	8%
コモディティ・バスケットインデックス	8	13%
コモディティ・エネルギーインデックス	5	8%
コモディティ・金属インデックス	7	11%
コモディティ・金インデックス	4	6%
通貨インデックス	7	11%
短期債券インデックス	12	19%
TIPS インデックス	5	8%
Reit（米国）インデックス	7	11%
Reit（グローバル）インデックス	2	3%
Reit（米国除く先進国）インデックス	2	3%
合計	64	100%

図表 3-17 インフレヘッジ機能インデックスの構成

出所：ETF.com のデータをもとに筆者作成

ティをすべて併せると約 45% を占め、最大のセクターになっている。次に短期債券、通貨、TIPS などの短期系資産が約 38% で残りが REIT である。図表 3-18 はインフレヘッジ機能インデックスと輸入物価指数との比較を示している。すでに説明したように、日本は多くの原材料を海外に頼っており、国内物価は輸入物価から大きな影響を受ける。図表から、インフレ

インフレヘッジポートフォリオと輸入物価指数



図表 3-18 インフレヘッジ機能インデックスとインフレ率

出所：ETF.com のデータをもとに筆者作成

ヘッジ機能インデックスは輸入物価指数との連動性が高いことが分かる。実際、インフレヘッジ機能インデックスと輸入物価指数、消費者物価指数との月次相関係数(データ期間:2011年5月～2014年4月)はそれぞれ0.397, 0.109である。

8. インカム機能インデックス

① 退職期におけるインカムの意義

日本はインカム志向の高い投資家が多いことで知られている。モーニングスター社の調査によれば、2014年6月6日時点の投資信託残高上位10ファンドすべてがインカム指向の高い毎月配分型の投信である(図表3-19)。ところで、よく指摘されるのが毎月配分型の問題である。それは、投資対象に長期的なプラスのリターンが期待でき、長期的な資産の成長を目的として考えるのであれば、毎月配分は必ずしも適切な方法とは言えない、というものである。配当金を再投資すれば、その分からも新たに投資リターンが期待で

	投資信託	運用会社	残高, 百万円
1	フィデリティ・US ハイ・イールドF	フィデリティ	¥1,298,620
2	新光 US-REIT オープン『愛称: ゼウス』	新光	¥1,232,178
3	グローバル・ソブリン・オープン (毎月決算型)	国際	¥1,130,502
4	ラサール・グローバルREIT (毎月分配型)	日興	¥904,817
5	ピクテ・グローバル・インカム株式 (毎月分配)	ピクテ	¥872,213
6	ドイチェ・高配当インフラ関連株 (米ドル) 毎	野村	¥829,274
7	フィデリティ・USリートB (H 無)	フィデリティ	¥772,824
8	短期豪ドル債オープン (毎月分配型)	大和住銀	¥635,090
9	ダイワ米国リート・ファンド (毎月分配型)	大和	¥625,946
10	ダイワ高格付カナダドル債 (毎月分配型)	大和	¥560,857

図表 3-19 主流を占めるインカム志向の投資信託

出所: モーニングスター社ホームページ, 2014 年 6 月 6 日時点

きるからである。これは配当再投資の複利効果と呼ばれている。一方、受け取った配当金をそのまま現金として持っていては何のリターンも生まれない。したがって、長期的にみると、配当を再投資した場合としない場合ではリターンに大きな差がついてしまう。以上がよく聞く議論である。しかしながら、マイナスのキャッシュフローを持つ退職者にとっては状況はやや異なる。現金として配分されるインカム収入は重要な意味を持つのである。(もちろん、元本を取り崩して高額な配当を行いあたかもリターンが高いように見せるような投資信託が社会問題となったが、これらは問題外であり、ここで検討する対象はあくまでも株式の配当や債券の利息など原資産が産出する配当を原資にした配当である。)

退職後は、支出が収入を上回るため定期的に追加的な現金が必要になる。この現金を賄うためには、年金や配当金に加えて、保有資産によるキャッシュフローを利用することになる。その方法は、

- 株式や債券などの資産を取崩して使う
- 保有する資産がもたらすインカム、つまり、債券の利息や株式の配当金を当てる

のどちらかである。ここで、資産の取崩し（引出し）に比べてインカムには次のような利点があることに注意する必要がある。

- 取引コストや手間がない
- 特に退職後初期に資産の引出しを始めた時におこる SOR リスク（後出）が軽減される

一般的に株式、債券などの保有資産を取り崩す場合、取引コストが発生する。ただし、ここで言う取引コストとは、証券会社や取引所に支払われる売買手数料や売買に伴うアスクビッドスプレッド（売り呼び値と買い呼び値の差）である。特に投資資産が流動性の低い資産や高い為替スプレッドが伴う資産（新興国の資産など）である場合、大きな取引コストが発生してしまう場合がある。ちなみに、大手銀行のホームページによれば新興国の通貨のスプレッドは数パーセントかかるものが多い。これらの資産は長期に持ち続けてこそリターンが産まれる。また銀行間の資金移動が必要になるとすればそこにも手数料がかかる。なお、税金は配当にもかかるが、資産の売却にも配当受取と同様に課される。また、インカムは自動的に口座に振り込まれて来るため手間が全くかからない。一方、取崩しをするためには、売却するという手間が発生する。これは、自ら執行を指示する必要がある、定期的に行うとすれば大きな手間を要することになる。

もう1つの注意点が SOR リスクである。SOR リスクとは Sequence of Returns リスクの略称であり、退職後初期における資産運用の相対的な低パフォーマンスがその後の資産運用に大きな影響を与えてしまうリスクのことである。つまり、資産の引出しにより資産残高が減少して行く退職後において、退職後初期の資産運用リターンが低い場合、資産が早く枯渇してしまう確率が高まるというものである。これは、資産の引出しによる資産残高の減少が金額ベースの資産運用パフォーマンスに大きな影響を与えるからである。これについては、第2章の山下りの資産運用で退職後は資産残高の減少が加速することを簡単なシミュレーションで指摘した時に説明したが、さらに厳密な検証を第10章で行うためここでは詳細な議論は行わない。資産価格の変動に影響を受けにくいインカム収入があれば、資産の引出し額を減らすことができ、SOR リスクの影響を低減することが可能になる。

投資対象	ETF の数	ウェイト
米国国債・公的機関債券インデックス	13	18%
米国投資適格債券インデックス	25	35%
米国地方債券インデックス	11	15%
米国ハイイールド債券インデックス	8	11%
グローバル債券インデックス	1	1%
米国除くグローバル債券インデックス	4	6%
米国除く先進国債券インデックス	4	6%
新興国債券インデックス	6	8%
合計	72	100%

図表 3-20 インカム機能インデックスの構成

出所：ETF.com のデータをもとに筆者作成

② インカム機能インデックスとパフォーマンス

インカムを安定的に創出する資産の代表は債券であり、比較的安定した元本でインカムを提供してくれる。特に外国債券は日本に比べて金利が高く、為替リスクはあるが比較的高いインカムを期待できる。そもそも、国内債券ETFは2014年10月末時点で存在していない。そこで、インカム機能インデックスの組入れの候補となるETFは、世界の債券ETFとする。ただし、インフレヘッジ機能を有するTIPSや短期債券は除く。インカム機能インデックスの構成を図表3-20に具体的に示す。米国の社債が投資適格とハイイールドを併せて46%となっており最も大きい。また、図表3-21にインカム機能インデックスの利回りを示す。2014年3月末時点のインデックスの利回りは3.04%になっている。なお、最大利回りのETFは米国ハイイールド債インデックスETFの7.08%である。

以上、米国上場ETFを母集団にして網羅的な3つの機能インデックスの試作を行ったが、実際の運用ではこれらの各インデックスを構成するETF母集団から適切なETFを選択し、独自の各機能ポートフォリオを構築する

母集団全体

average	max	min	stdev
3.04%	7.81%	0.02%	1.88%

イールド上位 20ETF

Fund Name	Segment	Dividend Yield
AdvisorShares Peritus High Yield	Fixed Income: U.S. -Corporate High Yield	7.81%
SPDR Wells Fargo Preferred Stock	Fixed Income: U.S. -Corporate Preferred Stock	7.48%
PIMCO Investment Grade Corporate Bond	Fixed Income: U.S. -Corporate Investment Grade	7.26%
iShares U.S. Preferred Stock	Fixed Income: U.S. -Corporate Preferred Stock	6.43%
Market Vectors International High Yield Bond	Fixed Income: Global Ex-U.S. -Corporate High Yield	6.33%
Market Vectors Preferred Securities ex Financials	Fixed Income: U.S. -Corporate Preferred Stock	6.31%
iShares iBoxx \$ High Yield Corporate Bond	Fixed Income: U.S. -Corporate High Yield	6.07%
Market Vectors Emerging Markets High Yield Bond	Fixed Income: Emerging Markets - Corporate High Yield	6.05%
SPDR Barclays High Yield Bond	Fixed Income: U.S. -Corporate High Yield	6.02%
iShares Emerging Markets High Yield Bond	Fixed Income: Emerging Markets -Broad Market High Yield	6.02%
PowerShares Preferred	Fixed Income: U.S. -Corporate Preferred Stock	6.01%
PowerShares Financial Preferred	Fixed Income: U.S. -Corporate Preferred Stock	5.93%
Market Vectors High - Yield Municipal	Fixed Income: U.S. -Municipals High Yield	5.84%
Market Vectors Emerging Markets Local Currency Bond	Fixed Income: Emerging Markets -Sovereign	5.20%
iShares Global ex USD High Yield Corporate Bond	Fixed Income: Developed Markets Ex-U.S. -Corporate High Yield	5.08%
SPDR Nuveen S & P High Yield Municipal Bond	Fixed Income: U.S. -Municipals High Yield	5.02%
iShares 10+ Year Credit Bond	Fixed Income: U.S. -Corporate Investment Grade Long-Term	4.97%
Vanguard Long - Term Corporate Bond	Fixed Income: U.S. -Corporate Investment Grade Long-Term	4.77%
Vanguard Long - Term Bond	Fixed Income: U.S. -Government/Credit Investment Grade Long-Term	4.75%

図表 3-21 インカムポートフォリオのイールド

出所：ETF.com, FACTSET のデータをもとに筆者作成, 2014 年 3 月末時点

ことができる。次のプロセスは、各個人のニーズに沿って、この3つの機能ポートフォリオを組み合わせることになる。その組み合わせ方法、つまりトータル・ポートフォリオの構築方法については第4章以降で検討する。

— 参考文献 —

- Bekaert, G., Wang, X. 2010. "Inflation risk and the inflation risk premium", *Economic Policy* 25, October, pp. 755–806
- Bremmer, I. 2012. "Every Nation for Itself: What Happens When No One Leads the World", *Portfolio*.
- CalPERS. 2010. ALM Workshop 資料, CalPERS ホームページ.
- 2013. ALM Workshop. "Factor-based Analysis of Asset Returns Asset Allocation", CalPERS ホームページ.
- Fama, E., Schwert, W. 1977. "Asset returns and inflation", *Journal of Financial Economics* 5, November, pp. 115–146
- Fama, E. F. 1981. "Stock Returns, Real Activity, Inflation, and Money", *American Economic Review* 71 (4), pp. 545–565.
- Fisher, I. 1911. "The purchasing power of money", MacMillan, in *The works of Irving Fisher*, edited by William Barber, Pickering & Chatto [1997] Volume 4.
- Gyourko, J., Linneman, P. 1988. "Owner-Occupied Homes, Income-Producing Properties, and REITs as Inflation Hedges: Empirical Findings", *Journal of Real Estate Finance and Economics* 1, pp. 347–372.
- Kaya, H., Lee, W., and Wan, Y. 2012. "Risk Budgeting with Asset Class and Risk Class Approaches", *The Journal of Investing*, Vol. 21, No. 1, 109–115.
- Merton, R. C., Bodie, Z. 1995. "A Conceptual Framework for Analyzing the Financial Environment", edited by Crane, D. B., *The Global financial system: a functional perspective*, Harvard Business Press [邦訳: 『金融の本質—21世紀型金融革命の羅針盤』 マートン他 (2000), (原著名: *The Global Financial System A Functional Perspective*), 野村総合研究所].
- Meucci, A. 2009. "Managing diversification", *Risk Magazine*, May 2009.
- 栗崎孝之. 2006. 「株式リターンとインフレーションの相関関係の分析」, *証券アナリストジャーナル* 2006.5, pp. 74–85.
- 俊野雅司. 2013. 「インフレーションと資産運用」, *証券アナリストジャーナル*, 2013.9, pp. 20–31.

第4章

階層分析法 (AHP) による 機能ポートフォリオの最適化

本章では、第3章で導入した3つの機能インデックス（あるいは機能ポートフォリオ）を各投資家のニーズに沿って組み合わせ、各個人にとって最適なトータル・ポートフォリオ（3つの機能ポートフォリオの組合せ）を構築する方法を示す。ここでは、多目的な条件下の意思決定手法としてオペレーションズリサーチの分野で幅広く使われている階層分析法（AHP；Analytic Hierarchy Process）を応用してポートフォリオを構築する。

1. 機能ポートフォリオの最適組合せ — AHP の活用—

ここでは3つの機能ポートフォリオを前提とした場合、各個人にとって最適なポートフォリオは各機能ポートフォリオを最適なウェイトで組み合わせることによって実現されると考える。最適なウェイトを決める場合、最も一般的な方法は平均分散法によるものである。これは、あるリスク許容度のもとで期待リターンとリスクのトレードオフの中で効用関数 U を最大化することによって求められる。 U は、一般的に次の式で示される。

$$U = r_p - \frac{1}{2\lambda} \sigma_p^2$$

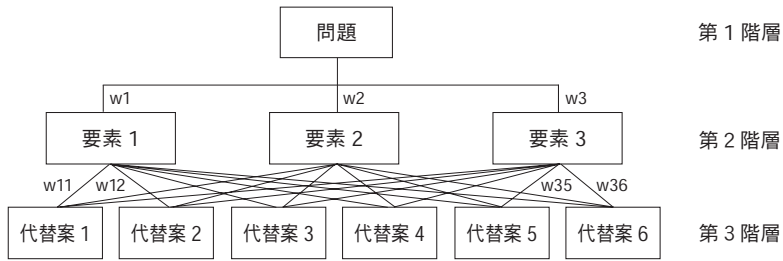
ただし、 λ はリスク許容度、 r_p はポートフォリオの期待リターン、 σ_p はポートフォリオの標準偏差である。

ところで、機能ポートフォリオは機能に着目しており、個別投資家にとっての機能の重要性といった定性的な情報を勘案する必要がある。しかも、多くの場合、機能は1つだけではない。したがって、リスクとリターンのみに着目した定量的な方法である平均分散法は多目的な機能ポートフォリオの最適化には必ずしも馴染まない。これは LDI（Liability Driven Investment）

についても言えることである。LDIでは一般的に負債マッチングポートフォリオとリターン追求ポートフォリオの2つに分けるが、この2つのウェイトを決めるのに平均分散法は馴染まないだろう。それは、負債マッチングポートフォリオのウェイトは平均分散という観点ではなく負債の大きさや特性によって決まるからである。

機能ポートフォリオの多様な目的に対応するため、ここでは階層分析法（AHP；Analytic Hierarchy Process）を応用する。AHPはSaaty（1980）によって開発された意思決定方法である。その名の通り、AHPは階層的な構造によって代替案の評価を行うものである。意思決定プロセスを複数の階層に分けて、階層毎に各評価要因に対する重要度を定量的に測定する。AHPは多様な要素が影響する意思決定や個人の好みといった感覚的な要素の影響を受ける意思決定に用いられる。したがって、リスクやリターンという定量的な情報に基づく資産運用の最適化に利用されることはそれほど多くはなかった。しかし、多様な要素や個人の考え方が影響する退職後の資産運用においてポートフォリオを最適化することには向いていると考えられる。以下、AHPについて解説し、その後に具体的に3つの機能インデックスを用いてポートフォリオの最適化にAHPを応用する。

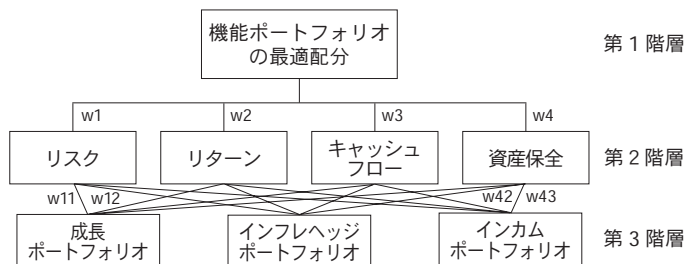
AHP（階層分析法）は多目的な状況での意思決定を行うための構造化法の1つである。この手法は、意思決定者（ここでは投資家）にとっての重要性を最もよく反映させた決定を導き出すことを可能にする。つまり、AHPは意思決定のための枠組みを提供するのである。まず、与えられた問題（ここでは3つの機能インデックスを組み合わせる投資家のニーズを最も良く実現するポートフォリオを構築すること）を要素（ここでは投資家の特性や考え方など）の階層によって構造化する。次に、それらの要素を数量化する。そして、それらの要素をペア（一対）で取り出して互いに関連付ける（一対比較）。最後に、階層の最も下で設定される代替案（ここでは機能インデックス）を問題全体の中で評価してウェイトを与える。つまり、AHPの要点は問題を階層化によって分解し、各階層レベルで比較しその評価を足し合せて代替案に対する総合的な評価（ウェイト）を与えることである。



図表 4-1 AHP のスキーム

図表 4-1 に AHP のスキームの例を示してある。ただし、ここでは簡単のため要素の階層は第 2 階層の 1 つのみで、全体で 3 階層になっている例を考える。もちろん、要素の階層は 2 つ以上設定できる。AHP では、まず与えられた問題を第 1 階層として設定し、それをより具体的に下位の問題（図表 4-1 の第 2 階層の要素 1～3）の階層へと分割して行く。下位に位置付けられた問題は、それぞれ独立に分析されることになる。階層を構成する要素は与えられた問題の決定に影響を及ぼすものである。階層が構築されれば、後は意思決定者がすべての要素を 2 つずつ比較（一対比較）していくことで、各要素を評価していくことになる。この比較を行う時、意思決定者は要素について客観的なデータを使うこともできるが、要素間の相対的な重要性和いった主観的なデータについて評価することができる。このように、客観的な情報だけでなく、主観的な判断をも評価に利用するところが AHP の特徴といえる。ただし、AHP では、上記のようにして得られた評価を問題全体の中で比較できるよう数量化しておく必要がある。実際には階層内の各要素に対して重要度あるいは優先度が具体的な数値として決められる。この場合、同一基準では計れないような要素についてもできるだけ合理的に数量化し比較していく。最後に、各代替案（図表 4-1 の第 3 階層の代替案 1～6）に対する評価が具体的な数値として計算される。そして、その上の階層に与えられた評価（ $w_1 \sim w_3$ ）と代替案に与えられた評価（ $w_{11} \sim w_{36}$ ）を合成して代替案に最終的な評価が与えられることになる。資産配分の場合であれば、代替案は資産、最終的な評価は各資産に対するウェイトになる。

次節では、具体的な例を使って AHP による最適化を行う。



図表 4-2 AHP による機能ポートフォリオの最適配分

2. AHP による最適ウェイトの決定方法

① 階層構造の構築

AHP を使った機能ポートフォリオの最適配分に関して具体的な例で見よう。第1階層の問題設定は機能インデックス（ポートフォリオ）の最適配分である。次に全体の階層構造を決め、その上で評価を行っていく。図表 4-2 に沿って説明する。

第2階層の決定要素として、次の4要素を設定する。

- 要素1：リスク
- 要素2：リターン（成長）
- 要素3：キャッシュフロー（インカム）
- 要素4：資産保全（インフレヘッジ）

これらは、第3章で提案した3つの機能をベースに、投資で最も重要な要素であるリスクを加えたものである。要素1は資産運用に伴うリスクを示す。投資家にとっては低いほど望ましい。要素2は資産運用で産出されるリターンを示す。これは高いほど望ましい。要素3は資産運用で生み出されるキャッシュフロー（インカム）を示す。これも高いほど望ましい。要素4は資産運用によって資産の購買力を維持することを示す。これは高いほど望ましい。これらの要素は後で一对毎に比較される。

次に第3レベルの階層にある代替案であるが、これは成長機能インデックス（ポートフォリオ）、インフレヘッジ機能インデックス（ポートフォリオ）、

一対比較値	評価
1	両方の項目が「同じくらい重要」
3	前の項目が後の項目より「若干重要」
5	前の項目が後の項目より「重要」
7	前の項目が後の項目より「かなり重要」
9	前の項目が後の項目より「絶対的に重要」
2,4,6,8	補間的に用いる
上の数値の逆数	後の項目から前の項目を見た場合

図表 4-3 一対比較の値

インカム機能インデックス（ポートフォリオ）の3つの機能ポートフォリオとする。なお、第2の階層と第3の階層の間にもう1つ階層を入れて、第2階層の要素をさらに詳細に分けることもできる。

② 一対比較行列の設定

次に要素間の関係、さらに各要素における代替案間の関係を決定する。これらの関係はすべての2つの要素の組合せに関する関係であるため一対比較（pairwise comparison）と呼ばれる。一対比較を行うのは、複数の評価軸があっても、2つの相対比較（つまり、どちらがどのくらい良いのか）で比べて行けば容易にできると考えられるからである。そして、そのすべての関係は一対比較行列で表現される。この例の場合、第2階層の要素は4つあるのでその一対比較行列は 4×4 の行列であり、第3階層の要素である代替案の一対比較行列は 3×3 の行列になる。ここでは、この比較に使う数値を図表4-3のように決める。例えば、要素1が要素2に比べて絶対的に重要であれば、行列の(1,2)には9が割り当てられ、(2,1)には逆数の1/9が割り当てられる。要素が4つあれば、6個の関係を決めれば、 4×4 の行列ができる。なお、代替案間の関係はすべての人に共通と考え、システムの設計者が予め決めておくことにする。

まず、第2階層の 4×4 の1対比較行列を作ってみよう。Aさんという仮定の投資家を考える。Aさんは3年前に65歳で退職した退職者であり、労働収入はないものとする。例えばAさんは第2階層の4要素の関係を図表4-4のように考えたとする。この例では、リスクの行とリターンの列の交点

	リスク	リターン	キャッシュ フロー	資産保全
リスク	1	7	3	2
リターン	1/7	1	1/7	1/5
キャッシュ フロー	1/3	7	1	1
資産保全	1/2	5	1	1

図表 4-4 第2階層の一対比較行列（Aさんの場合）

に7という数字が、逆に、リターンの行とリスクの列の交点に1/7という数値が配置されている。つまり、図表4-3から、Aさんにとって、リスクが低いということはリターンが高いということに比較して「かなり重要」ということが分かる。また、キャッシュフローと資産保全の交点は1になっており、これは、2つの要素の重要度は同じであることを示している。ちなみに、対角部分は自分自身との比較なのですべて1になる。このようにAさんの4つの要素に対する考え方をすべての1対（ペア）について比較を行うのである。

さらに、第2階層の各要素における代替案の間の一般的な関係を、例えば図表4-5のように決める。この例では、「リスク」という要素では、成長の行とインカムの列の交点に1/9、逆に、インカムの行と成長の列の交点に9が配置されている。これは、「リスク（が低い）」という要素に関しては、インカム機能インデックスは成長機能インデックスに比べて「絶対的に重要」であることを示している。つまりインカム機能インデックスの方が成長機能インデックスより「絶対的に」リスクが低いことを示している。これは各機能インデックスの構成から明らかである。一方、「リターン」という要素では、成長の行とインカムの列の交点に7、逆に、インカムの行と成長の列の交点に1/7が配置されている。これは、「リターン（が高い）」という要素に関しては、成長機能インデックスはインカム機能インデックスに比べ「かなり重要」であることを示している。このように、4つの要素に関してそれぞれ3つの代替案（ここでは機能インデックス）の特性についてすべての1対（ペア）について比較を行うのである。

以上により、この階層構造のすべての1対比較ができたことになる。

リスク

	成長	インフレヘッジ	インカム
成長	1	1/5	1/9
インフレヘッジ	5	1	1/3
インカム	9	3	1

リターン

	成長	インフレヘッジ	インカム
成長	1	5	7
インフレヘッジ	1/5	1	3
インカム	1/7	1/3	1

キャッシュフロー

	成長	インフレヘッジ	インカム
成長	1	3	1/5
インフレヘッジ	1/3	1	1/7
インカム	5	7	1

資産保全

	成長	インフレヘッジ	インカム
成長	1	1/5	1/3
インフレヘッジ	5	1	3
インカム	3	1/3	1

図表 4-5 第3階層の一対比較行列

③ 第2階層のウェイトの計算

すべての階層の一対比較行列が決まったところで、各階層でその下の階層の要素や代替案に対するウェイトを一対比較行列から計算する。これには2つの方法がある。1つは行列の固有値から求める方法、もう1つは幾何平均による近似解を求める方法である。ここでは、両方の計算方法を示す。まず、第2階層の4要素の一対比較行列から4要素のウェイトを計算する。

＜固有ベクトルによる計算＞

4つの要素、つまり、リスク、リターン、キャッシュフロー、資産保全のウェ

イトが順に w_1, w_2, w_3, w_4 であるとし, i 番目と j 番目の評価基準の一対比較値がウェイトの比 w_i/w_j を表していると仮定する.

このとき, 一対比較行列 A は

$$A = \begin{vmatrix} 1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 & w_1/w_4 \\ w_2/w_1 & 1 & w_2/w_3 & w_2/w_4 \\ w_3/w_1 & w_3/w_2 & 1 & w_3/w_4 \\ w_4/w_1 & w_4/w_2 & w_4/w_3 & 1 \end{vmatrix} \quad (*)$$

となる. この一対比較行列 A とウェイトのベクトル $w = (w_1, w_2, w_3, w_4)^T$ との間には次の関係がある.

$$Aw = \lambda w$$

すなわち, ウェイトベクトル w が行列 A の固有値 λ に対する固有ベクトルとなっていることが分かる. そして, 固有ベクトルは定数倍しても固有ベクトルであるので,

$$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1, \quad w_i \geq 0$$

となるように正規化して, w_i がウェイトになるようにする.

実際に計算すると, 次のようになる. まず固有値は,

リスク	2.546
リターン	0.252
キャッシュフロー	1.234
資産保全	1.215

となり, これを合計が1になるように基準化すると次のようなウェイトになる.

リスク	0.485
リターン	0.048
キャッシュフロー	0.235
資産保全	0.232

退職者である A さんにとっては, 労働収入がなく資産は減っていくだけ

なので、リスクを取れない。したがって、リスクが最も重要になり、リスクのウェイトが最も高い。次にキャッシュフローと資産保全が重要になる。労働収入がなくキャッシュフローがマイナスであるため、インフレなどがあれば資産価値が減ってしまうことから、資産を保全する必要があるということである。また、入ってくるお金も少ないので、資産からのキャッシュフローも重要である。一方、リターンは高ければ良いが、リスクを取ってまで求める必要はないということになる。

＜幾何平均による近似＞

次に近似解を図表4-4の一対比較行列から計算する。まず、各要素の幾何平均を計算する。

リスク：	$(1 \times 7 \times 3 \times 2)^{1/4} = 2.546$
リターン：	$(1/7 \times 1 \times 1/7 \times 1/5)^{1/4} = 0.253$
キャッシュフロー：	$(1/3 \times 7 \times 1 \times 1)^{1/4} = 1.236$
資産保全：	$(1/2 \times 5 \times 1 \times 1)^{1/4} = 1.257$

これらを基準化して、ウェイトを求める。

リスク：	$2.546 / (2.546 + 0.253 + 1.236 + 1.257) = 0.481$
リターン：	$0.253 / (2.546 + 0.253 + 1.236 + 1.257) = 0.048$
キャッシュフロー：	$1.236 / (2.546 + 0.253 + 1.236 + 1.257) = 0.234$
資産保全：	$1.257 / (2.546 + 0.253 + 1.236 + 1.257) = 0.238$

これらの値は固有値で求めたものと近い値になっていることが分かる。

④ 整合性の確認

ところで、この一対比較行列は各ペアに対してアドホックに決めたものであり、全体としての整合性があるかどうかをチェックしておく必要がある。ところで、一対比較行列とウェイトが上記の条件(*)を満たすならば、最大固有値 $\lambda_{\max}$ は、評価基準の数 n （この場合 $n = 4$ ）に等しくなるはずであるが、一般には

$$\lambda_{\max} \geq n$$

が成立する。したがって、最大固有値 $\lambda_{\max}$ が n に近い値であれば、一対比較行列は整合性があると考えられる。したがって、最大固有値 $\lambda_{\max}$ と n の差を最大固有値以外の固有値の数 $n - 1$ で割った値

$$\text{C. I.} = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

を整合度 (Consistency Index) と呼び、この値が 0.1 (場合により 0.15) より小さければ整合的であると考ええる。

この例では、最大固有値は 4.103 であり、C. I. は 0.034 となり、十分に整合的であると考えられる。

第3階層のウェイトの計算と整合性の確認

この例では、第3階層は代替案であるため、第2階層の4つの要素について3つの代替案のウェイト (w_{i1}, w_{i2}, w_{i3}) $i=1, 2, 3, 4$ を代替案の各一対比較行列 (図表4-5) から固有ベクトルを使って計算する。また、それぞれの整合性の確認を行う。ウェイトは第2階層のウェイトとともに、図表4-6にまとめて示す。また、整合性に関しては、同様な方法で最大固有値から計算すると

リスク	0.015
リターン	0.033
キャッシュフロー	0.033
資産保全	0.020

となっており、十分整合的であると考えられる。

⑤ 代替案のウェイトの計算

最後に、各代替案 (機能ポートフォリオ) への最適ウェイトを計算する。そのためには、上位階層から各代替案へのウェイトの合計を使う。つまり、最終的な代替案 i のウェイト v_i は

第1階層のウェイト

リスク	リターン	キャッシュフロー	資産保全	合計
0.485	0.048	0.235	0.232	1

第2階層のウェイト

	リスク	リターン	キャッシュフロー	資産保全
成長	0.063	0.731	0.188	0.105
インフレヘッジ	0.265	0.188	0.081	0.637
インカム	0.672	0.081	0.731	0.258
合計	1	1	1	1

図表4-6 各階層のウェイト

$$v1 = w1 * w11 + w2 * w21 + w3 * w31 + w4 * w41$$

$$v2 = w1 * w12 + w2 * w22 + w3 * w32 + w4 * w42$$

$$v3 = w1 * w13 + w2 * w23 + w3 * w33 + w4 * w43$$

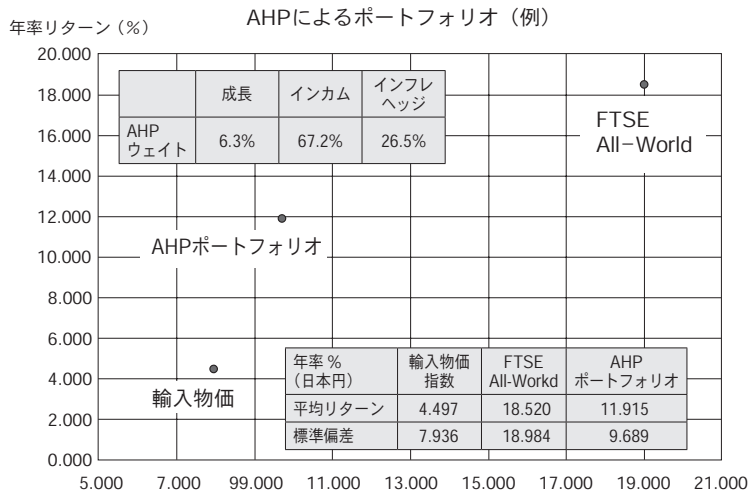
で計算できる。この例では、

成長 0.063 (6.3%)

インフレヘッジ 0.265 (26.5%)

インカム 0.672 (67.2%)

と計算され、これがAさんにとっての最適ポートフォリオとなる。AHPにより計算された最適ポートフォリオはインカム機能を中心としたポートフォリオであり、インフレヘッジにも留意する。成長はあまり期待せずにリスクを抑えている。図表4-7はこのポートフォリオの過去（2011年6月～2014年5月）のパフォーマンスである。FTSE All-World インデックスおよび輸入物価指数とともに示されている。限られた期間であるが、リスクを抑えながらも輸入物価指数を上回るパフォーマンスをあげている。



図表4-7 AHP最適ポートフォリオのパフォーマンス(2011年6月～2014年5月)
出所：ETF.com, FACTSET のデータをもとに作成

3. AHP 利用の課題

AHPは複数の指標が存在する状況下で定性的で主観的な判断を使って最適な選択を可能にさせる便利な方法だが、その定性的で主観的な判断には誤った、あるいはバイアスの入った認識も含まれている可能性がある。これをいかに客観的なものに近づけるのかという課題がある。特に証券市場で応用する場合は、投資家の誤った認識が良く問題になる。これは行動ファイナンスという1つの学問分野として成立しているほどである。そこで、できるだけ客観的な比較ができるようにすることが重要である。ポートフォリオ構築における客観的な情報としては、平均分散法で用いられる、過去の平均リターンや分散共分散行列がある。これらの情報をAHPにうまく取り込んだ上で、さらに本来用いている定性的判断情報も使うことができれば、その応用範囲が大きく広がると思われる。

— 参考文献 —

Saaty, T.L. 1980. “The Analytic Hierarchy Process”, McGraw-Hill.

刀根薫 . 1986. 「ゲーム感覚意思決定法 AHP 入門」, 日科技連 .

—— 第5章 ——

投資リスクの低減とリスクベース ポートフォリオ

第3章では退職者向けのポートフォリオとしてETFを使った機能インデックス（ポートフォリオ）の考え方を導入した。ETFは基本的に時価総額加重型のインデックスをベースにしたポートフォリオである。時価総額加重型のポートフォリオはポートフォリオを構成する各銘柄のウェイトがその銘柄の時価総額ウェイトになっており、最も一般的な形態のポートフォリオと言える。しかし、時価総額加重型ポートフォリオはそのリスクの大きさについて特に意識されて構成されたものではない。一方、退職後の資産運用ではリスクに着目しリスクを抑えたポートフォリオの構築方法が重要である。本章では、リスク低減のための多様な方法についてまとめ、株式ポートフォリオを対象に具体的な検証を行う。さらに同じアプローチを用いてマルチアセットポートフォリオの検証も行う。

1. リスクベースポートフォリオ

差引きでマイナスのキャッシュフローを持つ退職者にとってリスクの低減は最も重要なテーマである。一方、リーマンショックは、資産運用におけるボラティリティの問題の大きさを投資家に突きつけることになった。多くの企業年金では資産運用の不調により積立不足に陥り、企業にとって本業でない年金運用が企業業績に大きな影響を与えることになった（日本年金数理人会（2009）、年金シニアプラン総合研究機構（2010）等）。年金運用におけるボラティリティの低減が極めて重要な課題であることは多くの投資家にとって肝に銘じることになった。

一方、ボラティリティの低いポートフォリオの方がリターンが高いという所謂リスクパズルの議論はリーマンショック以降再度注目を浴びよう

になった。Black & Jensen & Scholes (1972) や Haugen & Heins (1975) は約 40 年も前に市場ベータに対するリスクプレミアムの存在を実証的に否定し、逆の関係（ボラティリティパズル）を指摘している。この現象は長期に続いており、現在ではボラティリティパズルとして広く知られるようになっている。Haugen (1996) は、米国株式銘柄母集団を標準偏差やベータなどのリスク指標でランキングし、10 分位ポートフォリオを作ると、リスク指標値の高いポートフォリオの方がリターンが低く、リスク指標値の低い方がリターンが高いという関係が成立していることを示した。また、この同じ結果を米国以外の主要株式市場でも示している。

これらのリスクパズルを有効に活用するため、また、ボラティリティを低減するため、リスクに着目したポートフォリオ構築手法が主要な運用手法の一分野になりつつある。

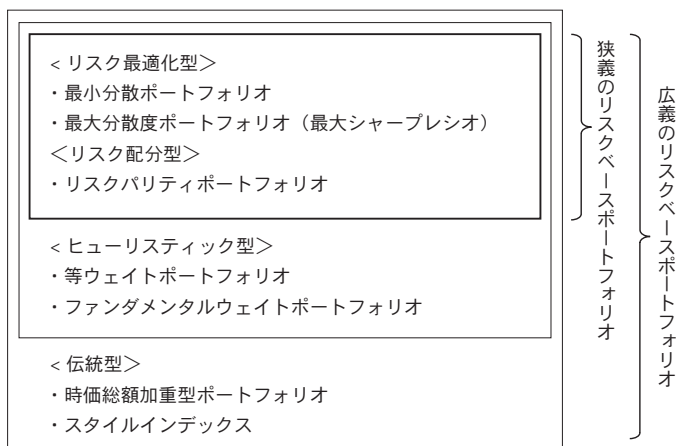
ポートフォリオ構築と言えば、その代表は Markowitz (1952) が示したように、期待リターンとリスクをもとにあるリスク許容度の下でポートフォリオを最適化する平均分散法である。そして、無リスク資産の組み入れを仮定すれば、シャープレシオを最大化したポートフォリオが最適となり、これがマーケットポートフォリオになることが、Tobin (1958) や Sharpe (1964) によって示されている。そして、このマーケットポートフォリオをベースにした様々なポートフォリオが運用されるようになっている。しかし、マーケットポートフォリオが効率的であるかどうかについては議論の余地があることは周知の事実であろう。実際、事後的な評価を行うと、マーケットポートフォリオが効率的フロンティアにないことが多くの実証研究で示されている (Haugen (1991), 三木 & 小守林 (1992) など)。なお、マーケットポートフォリオの効率性と新しいベンチマークインデックス（スマートベータ）の考え方に関しては第 7 章で議論される。

そして、リーマンショック以降、リスクに着目したポートフォリオ、つまり、リスクベースポートフォリオ (risk-based portfolio) の構築手法が実際の資産運用にも広く用いられるようになっている。Demey & Maillard & Roncalli (2010), Clarke & Silva & Thorley (2013) 等にあるように、リスクベースポートフォリオでは、最小分散ポートフォリオ、最大分散度ポートフォリオ、リ

スクパリティポートフォリオの3つが代表例として引用されることが多い。このうち前者2つはポートフォリオ理論のフレームワークに沿っているが、リスクパリティはリスク配分という異なるコンセプトによっている(Roncalli (2013))。なお、Stoyanov (2011) が指摘するように、最小分散ポートフォリオなどの最適化を伴うリスクベースポートフォリオでは一部の銘柄に集中するという標準偏差では表せない別のリスクがあり、最適化の制約条件が重要なファクターになりパフォーマンスに大きな影響を与える。ところで、Carvalho & Lu & Moulin (2012) のようにリスクベースポートフォリオとして、上記の3つのポートフォリオに加え、等ウェイトポートフォリオのようなヒューリスティックなアプローチのポートフォリオまで含める考え方もある。ここでは、まず、リスクベースポートフォリオを分類したうえで、ヒューリスティックな方法も加えた幅広いリスクベースポートフォリオを対象としながら、上記3つの代表的なリスクベースポートフォリオを中心に日本株式を用いて様々なシミュレーションを行う。そして、それらのパフォーマンス特性を検討した上で、利用上の課題を指摘する。また、リスクベースポートフォリオのもう1つの応用としてマルチアセットクラス運用についても個別株式と同様なシミュレーションを行いこれらの手法の適用性を評価する。

2. リスクベースポートフォリオの分類

まず、リスクベースポートフォリオを定義する。ここでは、広義のリスクベースポートフォリオとして Carvalho & Lu & Moulin (2012) に倣い、リスクベースポートフォリオを「期待リターンを使わずリスクのみに着目したポートフォリオ」と定義する。このようにすれば、伝統的な時価総額加重型ポートフォリオもリスクベースポートフォリオという分類になる。時価総額をリスク量を表す変数と考えれば、リスクベースポートフォリオになるからである。また、株主資本や利益総額などのファンダメンタル価値で加重された所謂ファンダメンタルインデックスも同様にリスクベースポートフォリオと定義できよう。ファンダメンタル価値をリスク指標と考えれば同様にリスクベースポートフォリオになるからである。そこで、ここでは、時価総額加重型インデックスやファンダメンタルインデックスを含めたものを広義のリ



図表 5-1 リスクベースポートフォリオの分類

リスクベースポートフォリオ、標準偏差や VaR などリスク指標として一般的に使われているリスクのみに着目したポートフォリオを狭義のリスクベースポートフォリオとする（図表 5-1 参照）。

狭義のリスクベースポートフォリオは次の 2 つに分類できる。

- ・ リスク最適化型ポートフォリオ
最適化によって構築されたポートフォリオ（効率的フロンティア上のポートフォリオ）
- ・ リスク配分型ポートフォリオ
リスクを事前に決めた方法で配分することによりポートフォリオを構築する

また、広義のリスクベースポートフォリオは、狭義のリスクベースポートフォリオに次のようなヒューリスティック型と伝統型を加えたものである。

- ・ ヒューリスティック型ポートフォリオ
経験的に決められたウェイトによるポートフォリオ
- ・ 伝統型ポートフォリオ
時価総額加重ウェイトによるポートフォリオ

以下、本章では狭義のリスクベースポートフォリオの詳細について検討する。

3. リスク最適化型ポートフォリオ

リスク最適化型ポートフォリオは、ポートフォリオのリスク指標を目的関数として最適化するものである。リスク指標としてはリターンの標準偏差が最も一般的であるが、他にも、半分散（セミバリエンス）、VaR、C-VaR などの下方リスクを使う場合もある。

① 最小分散ポートフォリオ

最小分散ポートフォリオとは、与えられた母集団を用いて最もリスク（リターンの分散あるいは標準偏差）が低くなるように作られたポートフォリオのことである。つまり、リスクをリターンの分散と考えれば、次の最適化を行うことによって構築できる。

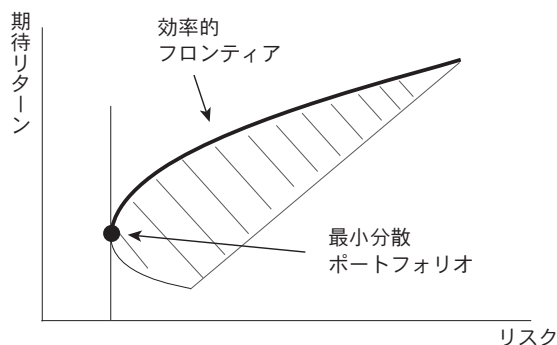
$$\text{var}(r_p) = \sum_{j=1}^N \sum_{m=1}^N w_j w_m \text{cov}(r_j, r_m) \rightarrow \text{最小化}$$

ここで、 $\text{var}(r_p)$ は N 銘柄からなるポートフォリオ P のリターン r_p の分散、 $\text{cov}(r_j, r_m)$ は第 j 銘柄のリターン r_j と第 m 銘柄のリターン r_m との共分散である。 w_i は i 銘柄のウェイトである。最小分散ポートフォリオとは効率的フロンティア上で最も左（リスクが最小）に位置するポートフォリオである（図表 5-2）。最小分散ポートフォリオは一般的な効用関数のリスクの項だけに注目するため期待リターンを用いずに構築できる。なお、この応用形として、分散の代わりに VaR や C-VaR を用いれば最小 VaR ポートフォリオあるいは最小 C-VaR ポートフォリオになる。

最小分散ポートフォリオはボラティリティを下げたいという投資家のニーズに答えるものであるが、同時に、ボラティリティパズルを利用し、リターンを高めるといった目的も有していると言える。

② 最大シャープレシオポートフォリオ（最大分散度ポートフォリオ）

効率的フロンティア上の主要な場所（ポートフォリオ）と言えば、シャープレシオが最大化された点、つまり、リスクフリー金利から効率的フロンティアに引いた接線の接点であろう。伝統的な投資理論を前提とすれば、それはマーケットポートフォリオということになるが、実際はリスクパズル



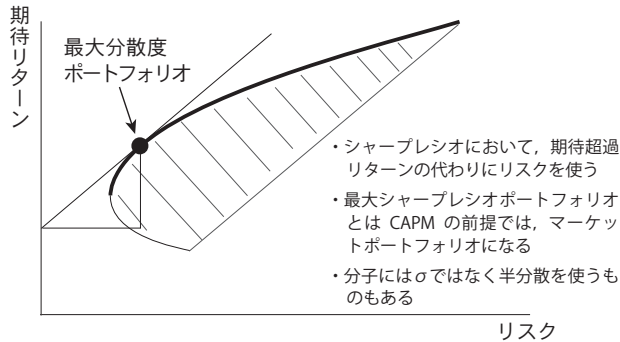
図表 5-2 最小分散ポートフォリオ

などがあるためそう簡単でもない。したがって、より一般化するため過去のデータを用いて実際にシャープレシオを最大化してポートフォリオを構築したものを最大シャープレシオポートフォリオと呼ぶ。しかし、シャープレシオを計算するためには期待リターンが必要である。そうすると期待リターンを用いることになり、リスクベースポートフォリオにならない。ここでは、Choueifaty & Coignard (2008) に倣って、期待リターンの代理変数としてリスク（標準偏差 σ_i ）を用いることにする。つまり、リスクとリターンは表裏一体の線型な関係にあり、このことより各銘柄の期待リターンの代理変数としてリスクを用いる。そして、各銘柄のリスクの加重平均をポートフォリオの期待リターンと考えるのである。そして、そのリスクの加重平均とポートフォリオのトータルリスクの比（分散度とも呼ぶ）をシャープレシオと考えてこれを最大化する。

$$\text{分散度} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \sigma_i}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \text{COV}(r_i, r_j)} \rightarrow \text{最大化}$$

リスク指標が期待リターンの適切な代理変数になっているとすれば、この最適化によって得られるポートフォリオは図表 5-3 のように効率的フロンティア上に位置することになり、シャープレシオが最大化されたポートフォリオになる。

ところで、このポートフォリオは最大分散度（maximum diversification）ポ一



図表 5-3 最大分散度ポートフォリオ

トフォリオとも呼ばれる。それは、このポートフォリオ指標が相関を考慮しないリスクの合計と相関を考慮したリスクの合計の比となっており、この指標がより高いということは、共分散のより低いポートフォリオになっていると考えることができるからである。つまりそれは、ポートフォリオがどれだけ分散されているかを示すものであり分散度の高さを示すことにもなる。分散度の最大化は高いリターンを狙うためにリスクの高い銘柄を多く入れようとする一方、相関の低い資産をより多く組み入れようとすることになる。

4. リスク配分型ポートフォリオ

① リスクの分解とリスクバジェットング

ポートフォリオの構築に当たって、資産配分ではなくリスクの配分から考えるというのがリスク配分あるいはリスクバジェットング (risk budgeting) の考え方である。それは、資金に制約があるのと同様に、一般的に投資家が取ることのできるポートフォリオ全体のリスク量にも制約があるからである。リスク配分を行うに当たってまず必要なことはリスクの分解である。ところで、最も一般的に使われているリスク指標であるリターンの標準偏差は次のような劣加法性という特性を持っている。

$$F(X + Y) \leq F(X) + F(Y) \quad F: \text{リスクを表す関数}, X, Y: \text{確率変数}$$

つまり、個々の資産のリスク量の合計は個々の資産を併せたポートフォリオ

オのリスク量より大きいということである。例をあげて考えてみよう。日本株式と外国株式という個別資産クラス、およびこれらの2つの個別資産クラスを半々ずつのウェイトで保有したポートフォリオのボラティリティ（年率標準偏差、月次データ2000/1～2013/9から計算）を個別資産のボラティリティ、ボラティリティの加重平均と一緒に計算してみよう。

日本株式 (TOPIX)	: 18.283%
外国株式 (MSCI-KOKUSAI)	: 19.845%
(a) リスクの加重平均	$0.5 \times 18.283\% + 0.5 \times 19.845\% = 19.064\%$
(b) ポートフォリオ	: 17.436%

(a) はそれぞれの資産のリスクを0.5のウェイトで加重平均したもの、(b) はそれぞれの資産を0.5のウェイトで組み合わせたポートフォリオのトータルリスクである。すると、分散効果により $(a) \geq (b)$ となる。

この劣加法性はリスクの分散効果を表すもので、Artzner et al. (1999) が指摘するように、リスク指標に必要な4つの「コヒーレント (coherent)」な指標の1つである。つまり、リスクを表す指標（関数）として適切な特性なのである。しかし、リスクの分解という観点では厄介な特性となる。つまり、

$$F(X + Y) = F(X) + F(Y)$$

のようにリスクを線型に分解できるようなリスク指標がリスク配分では必要になるからである。したがって、この線型性を有するリスク指標の導入が必要になる。

② リスク寄与度の導入

リスクの線型な分解を可能にするために、一般的には次のようなリスク寄与度という指標を導入する。まずは、限界リスク寄与度 (Marginal Risk Contribution; MRC) を定義する。MRC は「ポートフォリオのある構成銘柄のウェイトが微小に変化した時のポートフォリオ全体のリスクの変化」のことである。MRC は次のようにして求められる。

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \sigma_p}{\partial w_i} &= \frac{\partial}{\partial w_i} \left[\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N w_j w_k \text{COV}(r_j, r_k) \right]^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{1}{2} \left[\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N w_j w_k \text{COV}(r_j, r_k) \right]^{-\frac{1}{2}} \left[2 \sum_{k=1}^N w_k \text{COV}(r_i, r_k) \right] \\
 &= \frac{\text{COV} \left(r_i, \sum_{k=1}^N w_k r_k \right)}{\left[\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N w_j w_k \text{COV}(r_j, r_k) \right]^{\frac{1}{2}}} = \frac{\text{COV}(r_i, r_P)}{\sigma_P} = MRC_i
 \end{aligned}$$

ここで,

w_i : 銘柄 i のウェイト

r_i : 銘柄 i のリターン

σ_p : ポートフォリオ p の標準偏差

である。この限界リスク寄与度 MRC_i にウェイトを掛けたものをトータルリスク寄与度 (Total Risk Contribution) と呼ぶ。オイラーの定理 (注参照) によりこのトータルリスク寄与度の合計がポートフォリオのリスクに等しくなることが示される。つまり、限界リスク寄与度の加重平均がポートフォリオ全体のリスクになるのである。

$$\sigma_P = \sum_{i=1}^N w_i MRC_i$$

したがって、この限界リスク寄与度を使えばポートフォリオリスクを線型に分解することが可能になる。

<注：オイラーの定理>

オイラーの定理

関数 $f(x_1, x_2, \dots, x_N)$ において、任意の実数 λ に対して

$$f(\lambda x_1, \lambda x_2, \dots, \lambda x_N) = \lambda^\tau f(x_1, x_2, \dots, x_N)$$

が成り立つ時、 f を τ 次の同次関数という。

今、関数 $f(x_1, x_2, \dots, x_N)$ が連続微分可能なとき、 $f(x_1, x_2, \dots, x_N)$ が τ 次

の同次関数であることと,

$$\tau f(x_1, x_2, \dots, x_N) = \sum_{i=1}^N x_i \frac{\partial f}{\partial x_i}(x_1, x_2, \dots, x_N)$$

が成り立つことは同値である.

オイラーの定理によるリスク分析

ポートフォリオのリスク量 $\sigma(w)$ は連続微分可能で w に関して一次同次, つまり

$$\sigma(\lambda w) = \lambda \sigma(w)$$

が成り立つので,

$$\sigma(w_i) = \frac{\partial \sigma(w)}{\partial w_i}$$

と定義すれば, オイラーの定理により,

$$\sum_{i=1}^N w_i \sigma(w_i) = \sum_{i=1}^N w_i \frac{\partial \sigma(w)}{\partial w_i} = \sigma(w)$$

* 詳細は Hallerbach (1999), Tasche (2000) 等を参照.

③ リスク配分型ポートフォリオ

このリスク寄与度を用いれば, リスク配分型のポートフォリオを構築できるようになる. つまり, ポートフォリオ全体のリスク量の制約が与えられた時, あるいは, 各銘柄に関してトータルリスク寄与度の制約が与えられた時, その制約を満たすポートフォリオを構築することが出来る. リスク配分型ポートフォリオで最もポピュラーなものがリスクパリティポートフォリオである. これは, 各銘柄のトータルリスク寄与度を同じにしたものである.

つまり, 次の条件を満たすポートフォリオである.

$$\text{すべての } i, j \text{ について } w_i MRC_i = w_j MRC_j$$

なお, リスクパリティポートフォリオはリスクとリターン観点で最適化されたポートフォリオではないことに注意する必要がある. つまり, 必ずしも効率的フロンティア上にあるわけではないということである. また, 母集

団のすべての銘柄にウェイトが与えられるため、母集団銘柄の構成から大きな影響を受ける。

5. ヒューリスティックアプローチによるリスクベースポートフォリオの近似

さて、リスク最小ポートフォリオや最大分散度ポートフォリオでは、最適化によってポートフォリオを構築した。また、リスクパリティポートフォリオの構築では、リスク寄与度という考え方を導入し、ポートフォリオを構築した。いずれも、銘柄間の相関を考慮することが重要になる。リスクパリティポートフォリオにおいて、リスク指標として通常使われているリターンの標準偏差ではなくリスク寄与度という考え方が必要なのは、銘柄間に相関があり劣加法性が発生するためであることは前節で示した。しかし、もう少し簡易にリスクベースポートフォリオを構築できないだろうか。狭義のリスクベースポートフォリオでは、銘柄間の相関を考慮しながらも基本的にリスクの高い銘柄のウェイトを少なくし、リスクの低い銘柄のウェイトを高くするものである。そこで、より簡易でヒューリスティックな方法でリスクベースポートフォリオを構築することを考える。1つの方法は、Soe (2012) が提案するようなボラティリティ（標準偏差など）の逆数に比例する値をウェイトに用いるというものである。つまり、ポートフォリオにおける各銘柄のウェイトを次のようにボラティリティの逆数を基準化して与えるのである。 w_i は銘柄 i のウェイト、 vol_i は銘柄 i のボラティリティ（標準偏差）である。

$$w_i = \frac{\frac{1}{vol_i}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{vol_i}}$$

もちろん、ここでは銘柄間の相関を無視している。この方法でウェイトを与えれば、リスク（標準偏差）の高い銘柄には低いウェイトが、逆にリスクの低い銘柄には高いウェイトが与えられる。これはリスクパリティポートフォリオの考え方と同じである。特に、相関があまり高くないと仮定すれば、リスクパリティにかなり近いポートフォリオが構築できると考えられる。この

方法については以下で検証する。

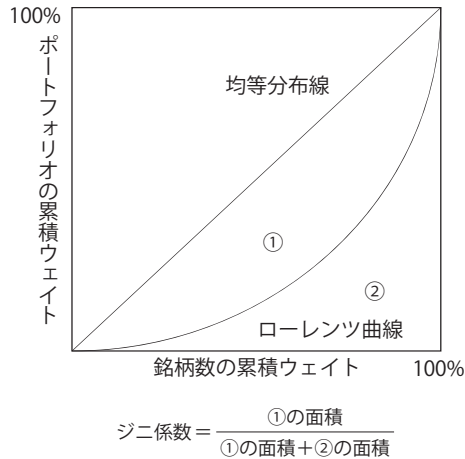
6. リスクベースポートフォリオのパフォーマンス比較

① リスクベースポートフォリオのリスク

以下では様々なシミュレーションを行い各リスクベースポートフォリオの評価を行う。リスクベースポートフォリオのパフォーマンスを評価するに当たってはもちろんリスクの評価が重要になる。したがって、通常の標準偏差の他に歪度、尖度、VaRなどの指標による評価を行う。また、リスクベースポートフォリオでは良く起こるとされる一部銘柄への集中度も評価する。それは、過去のリターンでは実現しなかったとしても将来起こるかもしれない大きな下落という隠されたリスクとして集中度を評価する必要があるからである。東日本大震災後の東京電力株式のケースはその典型例である。最少分散ポートフォリオの常連銘柄であった東京電力は、多くの最小分散ポートフォリオで大きなウェイトを占める場合が多かった。その結果、震災後に東京電力株式の株価は大きく下落し最小分散ポートフォリオのパフォーマンスが低迷した。過去に低いリスクであったとしても過度なウェイトを与えることは集中度リスクになる。その集中度のリスク指標として、ここでは、ジニ係数を導入する。

ジニ係数

ジニ係数とはもともと所得分配の不平等さを測る指標として、イタリアの統計学者コッラド・ジニによって考案されたものである。係数の範囲は0から1で、係数の値が0に近いほど集中度が小さい状態であることを示し、1に近いほど集中度が大きい状態であると評価される。ちなみに、0のときには完全な等ウェイト、つまりすべての銘柄が同じウェイトである状態を示し、文字通り集中度がゼロということになる。1の場合は1銘柄だけで100%の状態を示し、完全に集中していることになる。ジニ係数は図表5-4のように定義される。横軸は銘柄数の累積ウェイトであり、縦軸はポートフォリオにおける累積ウェイトである。ローレンツ曲線とは、構成銘柄をウェイトの低い順番に並べ、横軸にポートフォリオにおける銘柄数の累積比をとり、縦



図表 5-4 ジニ係数

軸にウェイトの累積比をとって、銘柄のウェイト累積分布をグラフ化したものである。等ウェイトポートフォリオであれば、すべての銘柄のウェイトが同じであり、ローレンツ曲線は45度線の均等分布線と一致する。この場合ジニ係数は0になる。所得や富の分布に偏りがある限り、ローレンツ曲線は下方に膨らんだ形になる。この場合ジニ係数は膨らみ具合に順じて大きくなる。そして、1銘柄で100%のポートフォリオであれば、ローレンツ曲線は四角形の底辺と右側の縦軸を併せたものになる。この場合ジニ係数は1となる。

② シミュレーションの一覧と結果

リスクベースポートフォリオのパフォーマンスを測定するためにシミュレーションを行うが、それらの条件は次の通りである。銘柄母集団はTOPIX500上位100銘柄（2001年1月時点）、データ期間は2001年6月～2013年6月。毎年リバランスを行うアウトサンプルシミュレーションを行う。各リバランス時点（毎年6月末）で直近過去2年間の週次リターンデータから分散共分散行列を推定し、ポートフォリオの最適化を行う。したがって、パフォーマンス評価期間は2003年7月～2013年6月の10年間（月次）になる。図表5-5は今回行ったシミュレーションの一覧である。リスクとしては標

- 時価総額加重
- 等ウェイト
- 最小分散
 - ・ 制約条件なし
 - ・ 制約条件（下限 0.1%, 上限 5%）
- 最小 CVaR
 - ・ 制約条件なし
 - ・ 制約条件（最小分散と同じ）
- 最大分散度（最大シャープレシオ）
 - ・ 制約条件なし
 - ・ 制約条件（最小分散と同じ）
- リスクパリティ
- volatility の逆数比
- 最小分散 + volatility の逆数制約
 - ・ volatility の逆数 $\times$ 0.25（下限）, 2（上限）

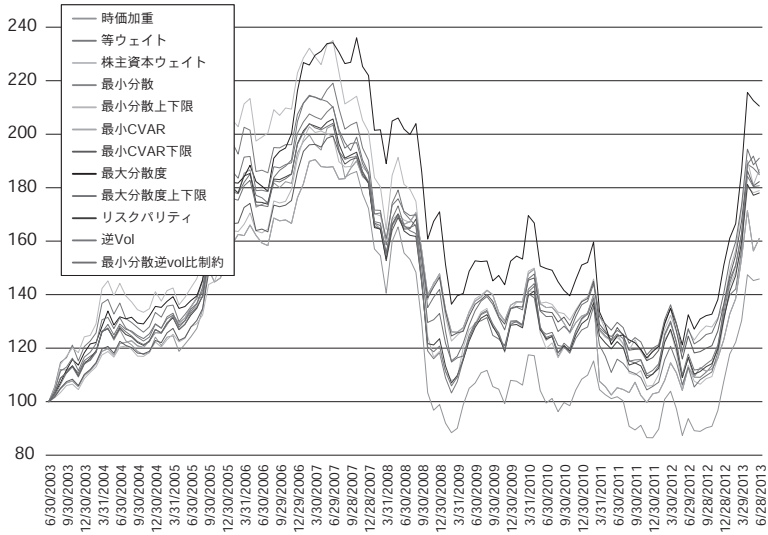
図表 5-5 株式リスクベースポートフォリオのシミュレーション一覧

標準偏差からダウンサイドリスクまで幅広いリスク指標を使用する。また、最適化されるポートフォリオの場合は集中度の影響を測るため制約条件を付さないものと付したものの両方でシミュレーションを行う。リスクパリティはリスク寄与度によるものとヒューリスティックなものの双方を行う。

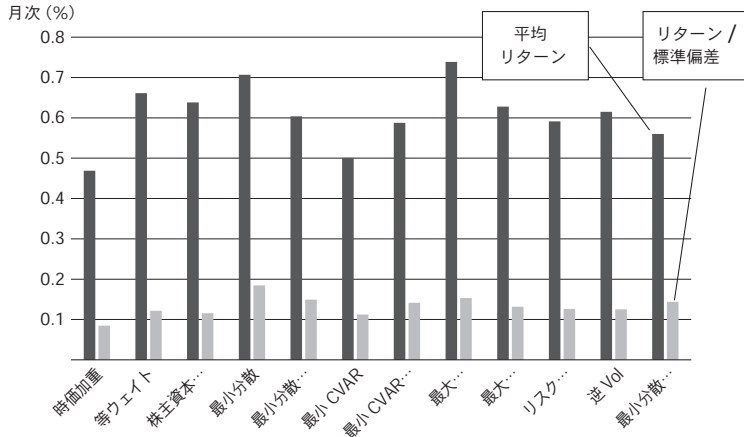
図表 5-6 はパフォーマンスの一覧表である。標準偏差に加え、様々なリスク指標が示されている。それらは上から順に、平均リターン a （期中の月次平均リターン）、標準偏差 b （期中の月次リターンの標準偏差）、 a/b （平均リターン $\div$ 標準偏差）、skew（期中の月次リターンの歪度）、kurtosis（期中の月次リターンの尖度）、1%VaR（期中月次リターンの下方 1 パーセンタイル）、0.5%VaR（期中月次リターンの下方 0.5 パーセンタイル）、min（期中月次リターンの最小値）、max（期中月次リターンの最大値）、beta（期中月次リターンの TOPIX リターンに対するベータ値）、ジニ係数 c 、 a/c （平均リターン $\div$ ジニ係数）、である。図表 5-7 は各ポートフォリオの累積リターンのグラフである。また、図表 5-8 はリスクおよびリターン $\div$ リスクのグラフ、図表 5-9 はリスク指標のみ（標準偏差、0.5%VaR、ジニ係数）のグラフである。これらによって、各ポートフォリオのリスク特性が評価できる。

(月次%)	時価加重	等ウェイト	株主資本 ウェイト	最小分散 上下限	最小 CVAR	最小 CVAR 上下限	最大 分散度	最大 分散度 上下限	リスク バリティ	逆 Vol	最小分散 逆 vol 比 制約
平均リターン a	0.469	0.661	0.638	0.604	0.501	0.588	0.739	0.628	0.591	0.615	0.560
標準偏差 b	5.537	5.442	5.524	4.040	4.467	4.160	4.825	4.769	4.675	4.909	3.889
a/b	0.085	0.122	0.116	0.149	0.112	0.141	0.153	0.132	0.126	0.125	0.144
skew	-0.287	-0.274	-0.222	-0.445	-1.316	-0.354	-0.423	0.228	-0.384	-0.391	-0.444
kurtosis	1.300	0.961	1.128	0.871	5.935	0.601	1.982	2.251	1.061	0.954	1.208
1%VaR	-12.330	-11.665	-11.580	-10.080	-10.311	-9.641	-13.106	-10.965	-10.682	-11.048	-10.404
0.5%VaR	-15.715	-14.492	-14.838	-10.750	-15.588	-10.313	-14.659	-11.671	-12.773	-13.423	-10.534
min	-20.267	-18.500	-19.402	-11.520	-22.904	-11.018	-16.386	-12.600	-15.678	-16.756	-10.571
max	13.773	15.822	14.379	10.314	11.483	11.140	15.576	20.269	13.368	13.121	10.372
beta	1.000	0.961	0.991	0.602	0.616	0.680	0.735	0.754	0.815	0.866	0.547
ジニ係数 c	0.484	0.000	0.501	0.725	0.726	0.606	0.875	0.716	0.258	0.165	0.801
a/c	0.969		1.273	0.833	0.691	0.970	0.844	0.877	2.289	3.722	0.700

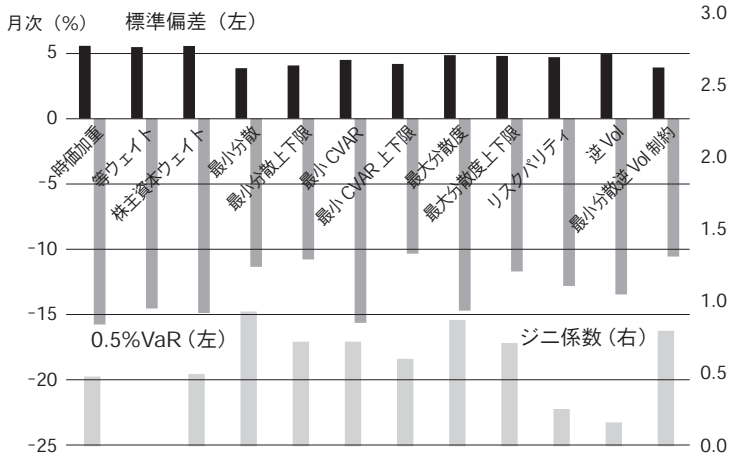
図表 5-6 パフォーマンスまとめ



図表 5-7 パフォーマンスグラフ [巻頭のカラー口絵参照]



図表 5-8 リターンとリスク



図表 5-9 リスク指標（標準偏差、0.5%VaR、ジニ係数）

以下、いくつかのグループに分けて評価する。

③ 主要な3ポートフォリオのパフォーマンス比較

まず、主要なリスクポートフォリオである最小分散ポートフォリオ、最大分散度ポートフォリオ、リスクパリティポートフォリオの3つのパフォーマンスについて確認しておく。図表 5-10 に3つのポートフォリオ、および比較のため時価総額加重型ポートフォリオの結果を示す。時価総額加重型ポートフォリオに比べて3つのリスクベースポートフォリオのリスク（標準偏差やVaR）は低く、逆にリターンは高い。特に最小分散ポートフォリオのリスクが低いことが際立っている。一方、集中度を示すジニ係数を見ると、最小分散ポートフォリオや最大分散度ポートフォリオにおいてその値が大きいのことが目立つ。すなわち一部の銘柄に集中したポートフォリオであることが分かる。その集中度リスクは、それらのポートフォリオの歪度や尖度が高いことから分かる。一方、リスクパリティポートフォリオは時価総額加重型ポートフォリオも含めてジニ係数が最も低い。リスクパリティポートフォリオが広く分散されたポートフォリオであることが分かる。これは、銘柄母集団がどれも日本株式という同じ資産クラスに含まれるものであり、リスクレベルが近く、その結果広く分散されているからと考えられる。

(%)	時価加重	最小分散	最大分散度	リスクバリエーション
平均リターン a	0.469	0.707	0.739	0.591
標準偏差 b	5.537	3.832	4.825	4.675
a/b	0.085	0.184	0.153	0.126
skew	-0.287	-0.509	-0.423	-0.384
kurtosis	1.300	1.881	1.982	1.061
1%VaR	-2.330	-9.535	-13.106	-10.682
0.5%VaR	-15.715	-11.313	-14.659	-12.773
min	-20.267	-13.533	-16.386	-15.678
max	13.773	10.721	15.576	13.368
beta	1.000	0.474	0.735	0.815
ジニ係数 c	0.484	0.934	0.875	0.258
a/c	0.969	0.757	0.844	2.289

図表 5-10 主要 3 ポートフォリオのパフォーマンス

④ 集中度というリスクと制約条件の効果

最小分散ポートフォリオや最大分散度ポートフォリオは低いリスクで高いリターンをもたらすという優れたパフォーマンスを示すが、一方で、ボラティリティが低い特定の銘柄に集中投資されてしまうという別のリスクが大きいことが分かった。その場合、イベントが起こった時に大きなリスクが実現することがありえる。特に、母集団銘柄間の相関が高いとその傾向が高くなる。図表 5-11 は個別銘柄ウェイトに関する制約条件なしの場合の最小分散ポートフォリオにおけるウェイトがゼロでない銘柄数と 1 銘柄当たりの平均ウェイトの推移である。母集団が 100 銘柄であることを考えると、一部の銘柄に集中していることが分かる。特にリーマンショック後の 2010 年時点の銘柄数が極端に少なくなっている。これは 2008 年のリーマンショックによりその後の銘柄間のリターンの相関が一時的に高まったためと思われる。

したがって、最小分散ポートフォリオや最大分散度ポートフォリオでは、個別銘柄にウェイトの上限や下限を設定するのが一般的である。各銘柄に制約条件を導入したシミュレーションの結果を検証してみる。図表 5-12 は各銘柄のウェイトに上限 (5%) と下限 (0.1%) を付してシミュレーションを行っ

最小分散ポートフォリオ
制約条件なしの場合銘柄数と1銘柄当たり平均ウェイト

時点	銘柄数	平均ウェイト
200303	19	5.26%
200403	25	4.00%
200503	13	7.69%
200603	18	5.56%
200703	21	4.76%
200803	14	7.14%
200903	14	7.14%
201003	7	14.29%
201103	13	7.69%
201203	14	7.14%
平均	15.8	6.33%

← リーマンショックの影響で
銘柄間の相関が高まった

図表 5-11 最小分散ポートフォリオの課題

月次 (%)

(%)	最小分散	最小分散上下限	差
平均リターン a	0.707	0.604	0.103
標準偏差 b	3.832	4.040	-0.208
a/b	0.184	0.149	0.035
skew	-0.509	-0.445	-0.064
kurtosis	1.881	0.871	1.010
1%VaR	-9.535	-10.080	0.546
0.5%VaR	-11.313	-10.750	-0.563
min	-13.533	-11.520	-2.013
max	10.721	10.314	0.408
beta	0.474	0.602	-0.128
ジニ係数 c	0.934	0.725	0.209
a/c	0.757	0.833	-0.076

制約条件（下 0.1%，上 5%）

図表 5-12 最小分散ポートフォリオの制約条件の効果

FTSE MV (294 銘柄)				MSCI MV (146 銘柄)				
Upper	Stock		Limit:	Upper	Stock		Limit:	
1% or 20 times of the underlying index weight				1.5% or 20 times of the underlying index weight				
Lower	Stock		Limit:	Lower	Stock		Limit:	
0.01%				0.05%				
Upper	Country		Limit:	Upper	Country		Limit:	
min (underlying country weight × 110% + 5, 100%)				min (underlying country weight + 5, underlying country weight × 3)				
Lower	Country		Limit:	Lower	Country		Limit:	
max (underlying country weight × 90% − 5, 0%)				underlying country weight − 5%				
Upper	ICB	Industry	Limit:	Upper	GICS	Sector	Limit:	
20%				Underlying country weight + 5%				
				Lower	GICS	Sector	Limit:	
				Underlying country weight − 5%				
Diversification			Target:	Risk	Index	Factors	Exposure	Limit*:
$\sum_i w_i^2 \leq 1/1000$				± 0.25 standard deviations relative to the underlying index				

図表 5-13 商用インデックスベンダーの制約条件の例
出所：各社ホームページ、銘柄数は 2013 年 5 月時点

た結果である。制約条件なしの場合に比べて、平均リターンはやや下がり、標準偏差はやや上がっているのが分かる。これは、ウェイト制限により、リスクの高い銘柄が組み入れられた結果であると考えられる。一方で、ジニ係数は 0.934 から 0.725 に改善しており、平均リターンをジニ係数で割った指標も改善している。ジニ係数をリスク指標と考えれば、リスク調整ベースでより優れたパフォーマンスになったと考えることができよう。また、最小値 (min) も小さくなっており、イベントリスク時の下落幅も狭くなっていることが分かる。最小分散ポートフォリオにおいては制約条件が重要な要素であると言えよう。ちなみに、図表 5-13 は代表的なグローバルインデックス企業である MSCI 社と FTSE 社の最小分散インデックスにおけるウェイト制約を示している。双方とも銘柄ベースおよびセクターベースの双方でウェイトの制約を課していることが分かる。

月次 (%)			
(%)	リスクパリティ	逆 Vol 比	差
平均リターン a	0.591	0.615	-0.024
標準偏差 b	4.675	4.909	-0.234
a/b	0.126	0.125	0.001
skew	-0.384	-0.391	0.007
kurtosis	1.061	0.954	0.107
1%VaR	-10.682	-11.048	0.365
0.5%VaR	-12.773	-13.423	0.650
min	-15.678	-16.756	1.078
max	13.368	13.121	0.247
beta	0.815	0.866	-0.051
ジニ係数 c	0.258	0.165	0.093
a/c	2.289	3.722	-0.257

図表 5-14 ヒューリスティックな方法

⑤ リスクパリティとヒューリスティックな方法の比較

次に、前節で導入したヒューリスティックな方法（ボラティリティの逆数でウェイトを与える）のパフォーマンスを検証してみる。図表 5-14 はリスク寄与度を用いたリスクパリティポートフォリオとボラティリティの逆数比（逆 Vol 比）というヒューリスティックな方法で構築したポートフォリオのパフォーマンス比較を示したものである。双方のパフォーマンス特性が極めて近似していることが分かる。また、ヒューリスティックな方法のジニ係数がより低くなっており、銘柄に対する分散がより進んでいることが分かる。つまり、リスク寄与度に比べてボラティリティの逆数の方がより銘柄間の差が少ない指標になっていると言える。ヒューリスティックな方法の簡便さも考慮すると、十分実用に耐えるものと言える。

ところで、このヒューリスティックなアプローチは、リスクパリティのようなウェイトの目的値としてだけではなく、制約条件としても容易に使えると考えられる。そもそも最少分散などの最適化では、前節で指摘したように個別銘柄のウェイトによる制約を課すことが一般的である。しかし、ウェイトによる制約条件はその上限値や下限値をどのくらいにすべきかという根拠

(%)	最小分散 上下限	最小分散 逆 Vol 比制約	差
平均リターン a	0.604	0.560	0.044
標準偏差 b	4.040	3.889	0.151
a/b	0.149	0.144	0.005
skew	-0.445	-0.444	-0.001
kurtosis	0.871	1.208	-0.337
1%VaR	-10.080	-10.404	0.323
0.5%VaR	-10.750	-10.534	-0.216
min	-11.520	-10.571	-0.950
max	10.314	10.372	-0.059
beta	0.602	0.547	0.055
ジニ係数 c	0.725	0.801	-0.076
a/c	0.833	0.700	0.133

volatility の逆数× 0.25（下限），2（上限）

図表 5-15 リスク制約による最適化

が不明な場合が多い。リスクによる制約によって個別資産のリスク管理をより明確に行うことが可能となる。しかし、このリスクの大きさによる制約条件は、リスク寄与度を使うと計算量が膨大になる。そこで、このヒューリスティックな方法を使うことにより、その計算量も軽減され、実務的になろう。図表 5-15 は最少分散ポートフォリオを通常のウェイトベースの制約条件付き、および、リスク（ヒューリスティックな方法）による制約条件付きの双方で行い比較したものである。今回の条件設定では全体として近い結果となっており、実用に耐えることが分かる。

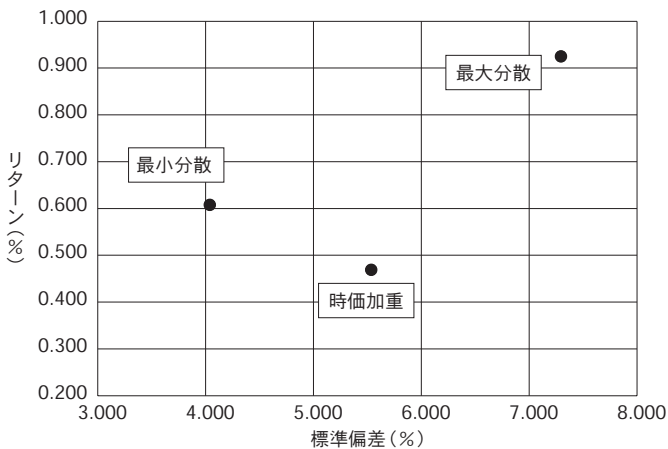
7. リスクベースポートフォリオのパフォーマンスの源泉

① ボラティリティとパフォーマンス

さて、次にリスクパズルについて検証しよう。これまでのシミュレーションから、時価総額加重型ポートフォリオに比べて、リターンの標準偏差という意味でリスクの低いポートフォリオはリターンが高いということが示され

(月次)

(%)	最小分散	最大分散	時価加重
平均リターン a	0.608	0.925	0.469
標準偏差 b	4.040	7.295	5.537
a/b	0.150	0.127	0.085
skew	-0.415	0.552	-0.287
kurtosis	0.824	1.740	1.300
1%VaR	-9.948	-14.422	-12.330
0.5%VaR	-10.751	-14.956	-15.715
min	-11.521	-15.423	-20.267
max	11.001	28.466	13.773
beta	0.610	1.179	



図表 5-16 最大分散ポートフォリオのパフォーマンス

ている。つまり、多くの研究が指摘してきたようなリスクパズルが存在しているとも考えることもできる。そこで、リスクベースポートフォリオの逆のポートフォリオのパフォーマンス検証するために、リスクをより高めた「最大分散ポートフォリオ」を構築してみる。現実問題としてこのようなポートフォリオを構築することはないだろうが、リスクパズルの検証のために構築する。ただし、最大分散ポートフォリオの構築には個別銘柄のウェイト制約を付してある。実はこれが極めて重要なことである。図表 5-16 は時価総額加

重型ポートフォリオ，最小分散ポートフォリオ，最大分散ポートフォリオのパフォーマンスを比較したものである。最小分散ポートフォリオに比べ，時価総額加重型ポートフォリオは，リスクは高いがリターンは低くなっている。つまり，最小分散ポートフォリオと時価総額加重型ポートフォリオの2つに着目するとリスクパズルが示されている。一方，最大分散ポートフォリオは最小分散ポートフォリオと比較するとリスクは高くなっているがリターンも高くなっている。つまり，時価総額加重型ポートフォリオを除き，最小分散ポートフォリオと最大分散ポートフォリオのみに着目すると，ハイリスクハイリターン，ローリスクローリターンが成立している。そこにはリスクパズルは存在していない。これについては次節で検討するが個別銘柄の制約条件が重要な役割を果たしていると思われる。

② リターンの源泉とファクター効果

ここでは，リスクベースポートフォリオのパフォーマンスの源泉を評価する。同じ母集団から小型ファクター，バリューファクター，ローベータファクターを構築し，それぞれのファクターに対するリスクベースポートフォリオのエクスポージャを計算する。各ファクターの構築方法は次の通りである。母集団 100 銘柄を各年 6 月末時点のそれぞれのファクター値（時価総額，BPR，ベータ）でランキングを行い，それを 4 分位ポートフォリオとし，第 1 分位ポートフォリオのリターンから第 4 分位ポートフォリオのリターンを差引いてその後の 1 年間のファクターリターン（月次）求める。（バリューの場合，低 PBR ポートフォリオから高 PBR ポートフォリオのリターンを差引く）リバランスは毎年行う。

図表 5-17 は各リスクベースポートフォリオの 3 つのファクターに対するエクスポージャを示している。これを見ると，株主資本ウェイトポートフォリオ（ファンダメンタルインデックス）以外はすべて小型効果と低ベータ効果が有意であることが分かる。バリューファクターは有意でなかった。株主資本ウェイトポートフォリオはバリューファクターへのエクスポージャがプラスで有意である。さて，興味深いのは最大分散ポートフォリオも小型株効果が有意であることである。また，最大分散ポートフォリオの低ベータ効果は負で有意であり，リスクが高いことが示されている。この結果から，リス

	V-G	S-L	L-H
時価加重			
等ウェイト	-0.050	0.302	0.025
株主資本ウェイト	0.102	0.012	0.012
最小分散	-0.103	0.373	0.535
最小分散上下限	-0.111	0.370	0.437
最小 CVAR	-0.009	0.354	0.436
最小 CVAR 上下限	-0.067	0.301	0.328
最大分散度	-0.117	0.419	0.279
最大分散度上下限	-0.034	0.462	0.241
リスクパリティ	-0.048	0.294	0.189
逆 Vol	-0.051	0.271	0.131
最小分散逆 Vol 比制約	-0.090	0.340	0.482
最大分散上下限	-0.033	0.424	-0.195

□ : 5% で有意 V-G : Value-Growth
 S-L : Small-Large
 L-H : Low Beta-Hight Beta

図表 5-17 リスクベースポートフォリオのファクターエクスポージャー

クベースポートフォリオのパフォーマンスの源泉の一部が小型株効果である可能性が高いことが分かる。ただし、母集団が大型株なので相対的な意味での小型株である。これは、個別銘柄ウェイトに対する制約条件のため、最大分散ポートフォリオにも小型株効果が発生するからである。リスクパズルは小型効果による影響が高いと考えられる。

8. 株式リスクベースポートフォリオのパフォーマンスについて

リスクベースポートフォリオのパフォーマンスについて様々な角度から検証を行った。今回のシミュレーションを通して、リスクベースポートフォリオは総じて高いパフォーマンスをもたらすことが示された。時価総額加重型ポートフォリオに比較してより低いリスクでより高いリターンを得ることができた。一方、リスクを最小化するリスクベースポートフォリオでは一

部の銘柄に集中するという集中リスクが観測され、適切な制約条件が必要であることが分かった。一方リスク配分型のリスクパリティポートフォリオでは、パフォーマンスはリスクを最小化するポートフォリオよりは劣るが、集中度が低い分散されたポートフォリオになっている。これらの結果はその利用法が大きく異なることが示唆される。以上のパフォーマンスは一般的にはリスクパズルと呼ばれるものであるが、各リスクベースポートフォリオのパフォーマンス評価を行った結果、株主資本価値ベースのポートフォリオ（ファンダメンタルインデックスの一種と考えられる）以外のすべてにおいて高い小型株効果が観測された。つまり、時価総額加重型ポートフォリオからウェイト付けを何らかの方向に変えることにより発生するこの小型株効果の存在は、リスクパズルの源泉の1つを示していると考えることができよう。

9. マルチアセットクラス運用とリスクベースポートフォリオ

① マルチアセットクラス運用の課題

本章ではこれまで、株式のリスクベースポートフォリオについて検証してきた。以下では、アセットクラス（資産クラス）をベースにしたリスクベースポートフォリオ（資産配分）を検証する。退職者の資産運用では、一般的に大きなリスクが取れないため、総合的なパフォーマンスを高めるためには、期待リターンの高いリスク資産を保有しつつも広く分散投資を行うことによってリスクをできるだけ低くすることが必要になる。そのためには、投資対象のアセットクラスの数を増やした運用、つまり、マルチアセットクラス運用が重要になる。また第3章で紹介した機能ポートフォリオを構築するためにはマルチアセットポートフォリオの活用は不可欠である。マルチアセットポートフォリオによって多様な目的に対応できる機能ポートフォリオの構築が可能になる。マルチアセットクラスにおけるポートフォリオの構築方法としては、平均分散法による最適化が一般的だが、制約条件を入れないと多くのアセットクラスでウェイトがゼロになってしまう場合が起こる。特にタイプの異なるアセットクラスの数が多い時はその傾向が大きくなる。これは、ウェイトが各アセットクラスのボラティリティや期待リターンとアセット間の相関係数によって決まってくるからである。つまり、相対的

に期待リターンが高く、リスクが低く、そして、他のアセットクラスとの相関が低いアセットクラスにウェイトが集中するということになる。これは個別株式ポートフォリオの場合と同様であるがマルチアセットクラス運用の場合、アセットクラス間の特性が大きく異なるためその影響がより顕著に出てしまう。そこで、実際に資産配分を決定する時は各アセットクラスのウェイトに制約条件を設定している場合が多いと思われる。しかし、その多くの場合、ウェイトが制約条件に張り付いてしまい、結局は理論的根拠なく恣意的に決めたウェイトによる資産配分になってしまうということも少なくない。

ところで、そもそも、期待リターンやリスクなどのパラメータには推定誤差が多く含まれており、その上これらのパラメータに大きく左右される。アセットクラスの数が増えればなおさらである。なお、平均分散法の結果がパラメータに大きく左右されることは Hansson & Persson (2000) 等に詳しい。パラメータの推定誤差という観点では、期待リターンが最も難しいと考える人が多いだろう。そこで、この期待リターンというパラメータを使わずにポートフォリオを最適化することが考えられる。このアプローチ方法が、リスクベースポートフォリオの利用につながるのである。

以下、マルチアセットクラス運用におけるリスクベースポートフォリオのパフォーマンスを前節までの株式ポートフォリオ運用のシミュレーションと同様の手順で検証する。

② マルチアセットクラスのリスクベースポートフォリオ

ここでは、マルチアセットクラスのリスクベースポートフォリオのシミュレーションを図表 5-18 で示す方法で行う。投資対象はリスク資産のみを対象とし、図表 5-19 にある 12 アセットクラスである。これらはマルチアセット型の運用を専門とする大手運用機関で採用されているアセットクラスから選んだものである。データは各アセットクラスの月次リターンデータであり、データ期間は 2002 年 12 月～2012 年 10 月、パフォーマンス測定期間は 2005 年 12 月～2012 年 10 月である。つまり、毎年リバランス時点（11 月末）で直近 3 年月次データから分散共分散行列を推定しポートフォリオを構築する。ポートフォリオは毎年リバランスのアウトサンプルシミュレーションである。また、シミュレーション結果の評価として、株式ポートフォリオで使っ

- 等ウェイト
- 最小分散
 - ・ 制約条件なし
 - ・ 制約条件（下限 2.1%, 上限 16.7%）
- 最小 CVaR
 - ・ 制約条件なし
 - ・ 制約条件（最小分散と同じ）
- 最大分散度（最大シャープレシオ）
 - ・ 制約条件なし
 - ・ 制約条件（最小分散と同じ）
- リスクバリティ
- volatility の逆数比
- 最小分散 + volatility の逆数制約
 - ・ volatility の逆数 $\times 0.25$ （下限）, 2（上限）

図表 5-18 マルチアセットクラスのリスクベースポートフォリオのシミュレーション一覧

自然災害保険（CaT Bond）	Swiss Re Cat Bond インデックス
農産物	S&P GSCI AGRICULTURE インデックス
インダストリアルメタル	S&P GSCI INDUSTRIAL METALS インデックス
エネルギー	S&P GSCI ENERGY インデックス
Gold	S&P GSCI Gold Total Return インデックス
バンクローン	S&P/LSTA Leveraged Loan インデックス
ハイイールド債券	CGBI HIGH - YIELD MARKET インデックス
ヘッジファンド	HFRI ファンド加重インデックス
先進国 REIT	FTSE EPRA/NAREIT Developed インデックス
新興国株式	FTSE Emerging インデックス
先進国（除く日本）株式	FTSE Developed ex Japan (Kaigai) インデックス
日本株式	TOPIX

図表 5-19 アセットクラスの種類とインデックス

たジニ係数も使う。

図表5-20にシミュレーション結果の一覧表を、図表5-21にパフォーマンスのグラフを示す。シミュレーション結果の図表は株式ポートフォリオの場合と同じである。また、図表5-22に各ポートフォリオのリターン、リターン／リスク比、図表5-23に各ポートフォリオの3つのリスク特性を示す。なお、全体パフォーマンスのベンチマークとしては日本を除く先進国株式FTSE Developed ex Japan (Kaigai)を使用している。全体としては、最小分散ポートフォリオや最小C-VaRポートフォリオのなどリスクを抑えたポートフォリオのパフォーマンスが高い。一方で分散度のリスク（ジニ係数）で見ると、リスクパリティなどリスク配分型ポートフォリオのリスクが低い。リスク最適化型を選ぶかリスク配分型を選ぶかの選択が大きな分岐点になることが分かる。

まず、主要なリスクポートフォリオである最小分散ポートフォリオ、最大分散度ポートフォリオ、リスクパリティポートフォリオの3つのパフォーマンスについて確認しておく。図表5-24に3つのポートフォリオと比較のために等ウェイトポートフォリオの結果を示す。最少分散のパフォーマンスが最もリターンが高く、またリスク（標準偏差）が低い。これは、シミュレーション期間中に低リスク資産の保険商品のパフォーマンスが良かったという環境も影響している。一方、集中度リスクを表すジニ係数を見るとリスクパリティが最も低く、一部の資産に想定外のリスクが起こった時には、実現するリスクが低いと言える。図表5-25に3つのポートフォリオの各アセットクラスに対する配分比率（期中平均）が示されている。最小分散ポートフォリオが最も集中度が高く、リスクパリティが最も分散されていることが分かる。

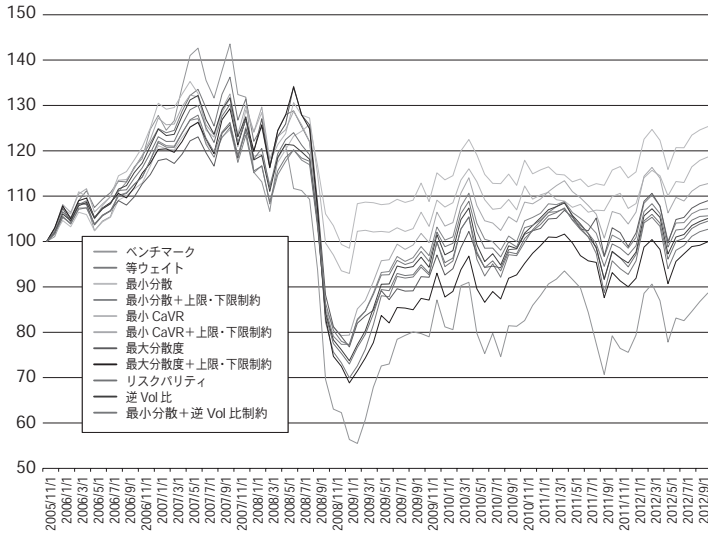
③ マルチアセットクラス運用の集中度リスク

ここで最小分散ポートフォリオの集中度リスクについて検討する。最少分散ポートフォリオではアセット間の相関係数が高くなると一部のアセットにウェイトが集中する傾向がある。これは株式ポートフォリオ運用でも指摘したことだが、同様なことはマルチアセットでも起こっている。図表5-26は

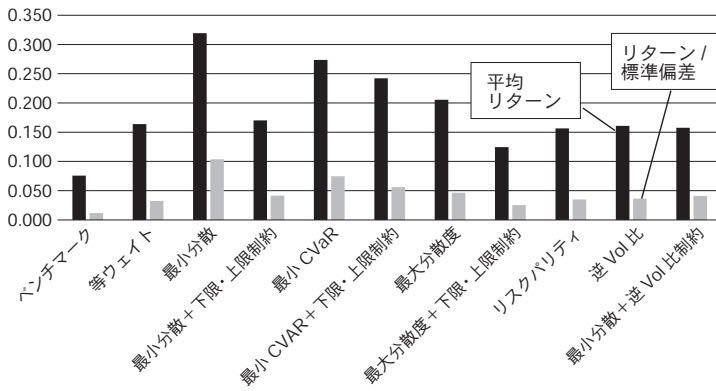
(月次%)	ベンチ マーク	等ウェイト	最小分散	最小分散 上下限制約	最小CVaR	最小 CVAR 上下限制約	最大 分散度	最大分散度 上下限制約	リスク パリティ	逆vol比	最小分散 逆vol 比制約
平均リターン ^a	0.076	0.164	0.319	0.170	0.274	0.242	0.205	0.124	0.156	0.161	0.158
標準偏差 ^b	6.545	5.034	3.081	4.095	3.667	4.324	4.433	4.887	4.476	4.433	3.844
a/b	0.012	0.033	0.104	0.042	0.075	0.056	0.046	0.025	0.035	0.036	0.041
skew	-0.807	-1.393	-0.182	-1.316	-0.797	-1.665	-1.413	-1.625	-1.436	-1.284	-1.171
kurtosis	2.087	4.132	1.235	3.720	2.239	5.845	3.770	4.936	4.223	3.597	3.566
5%VaR	-10.421	-8.723	-5.109	-7.015	-5.928	-6.584	-7.883	-7.648	-7.338	-7.416	-6.624
1%VaR	-16.259	-14.785	-7.563	-12.815	-10.357	-13.604	-14.527	-15.623	-13.672	-13.143	-11.813
0.5%VaR	-21.029	-18.588	-8.341	-15.139	-11.775	-17.055	-16.640	-19.007	-16.790	-16.099	-13.972
min	-25.798	-22.391	-9.119	-17.464	-13.192	-20.507	-18.752	-22.390	-19.907	-19.054	-16.132
max	12.050	8.740	9.955	7.471	10.012	7.420	6.842	7.728	7.621	8.169	8.403
ジニ係数 ^c		0.000	0.831	0.419	0.808	0.420	0.672	0.409	0.209	0.213	0.552
a/c			0.384	0.406	0.339	0.576	0.306	0.304	0.750	0.754	0.285

ベンチマーク：FTSE Developed ex Japan (Kaigai)

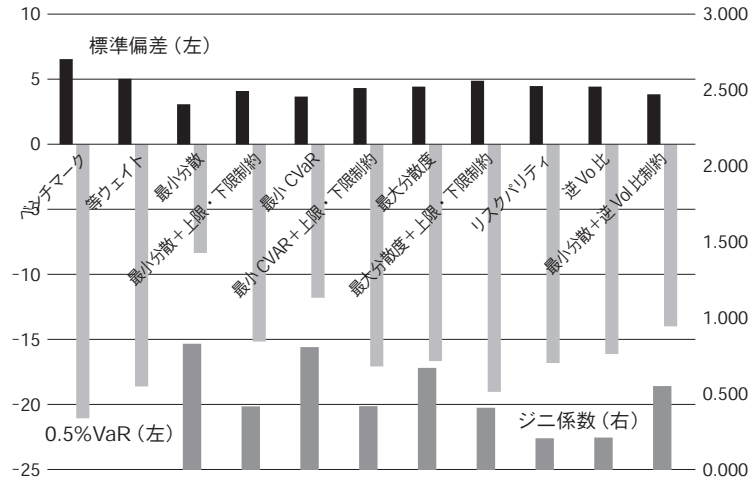
図表 5-20 12 アセットクラス運用のシミュレーション結果



図表 5-21 12 アセットクラスパフォーマンスグラフ [巻頭のカラー口絵参照]



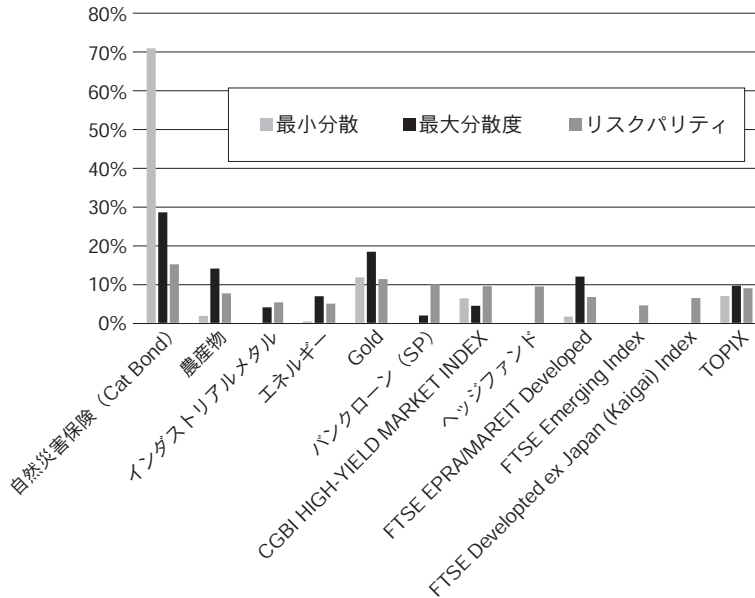
図表 5-22 リターン，リターン／リスク比



図表 5-23 リスク特性

(%)	等ウェイト	最小分散	最大分散度	リスクパリティ
リターン a	0.164	0.319	0.205	0.156
標準偏差 b	5.034	3.081	4.433	4.476
a/b	0.033	0.104	0.046	0.035
skew	-1.393	-0.182	-1.413	-1.436
kurtosis	4.132	1.235	3.770	4.223
5%VaR	-8.723	-5.109	-7.883	-7.338
1%VaR	-14.785	-7.563	-14.527	-13.672
0.5%VaR	-18.588	-8.341	-16.640	-16.790
min	-22.391	-9.119	-18.752	-19.907
max	8.740	9.955	6.842	7.621
ジニ係数 c	0.000	0.831	0.672	0.209
a/c		0.384	0.306	0.750

図表 5-24 12 アセットクラスポートフォリオ 3 つのリスクベースポートフォリオ比較

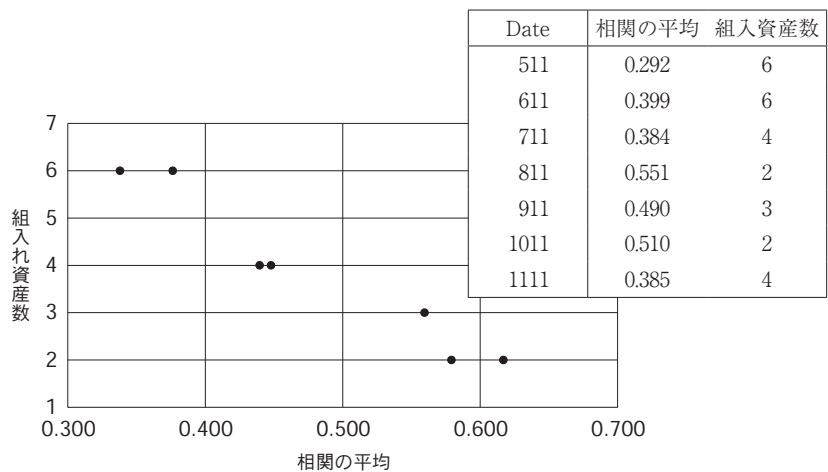


図表 5-25 12 アセットクラスポートフォリオのウェイト比較

各年のアセットクラス間の相関係数の平均とウェイトがゼロでないアセットクラスの数を示している。最小分散ポートフォリオではそもそも組み入れられるアセットクラスの数が少ないわけだが、この図表から相関が高まるとアセットの数がさらに減少することが分かる。そこで、各アセットクラスのウェイトに対して制約条件を付してポートフォリオを構築する。図表 5-27 に各アセットクラスのウェイトに対して制約（下限 2.1%, 上限 16.7%）を付けた場合のパフォーマンスを示してある。低リスク資産へのウェイト上限があるため、リターンは下がり標準偏差は上がっているが、ジニ係数が低下して分散が進んでいるのが分かる。図表 5-28 に制約条件を付けない場合と付けた場合の各アセットクラスに対するウェイト（期中平均）の比較を示している。図表から分散度が高まっているのが分かる。

④ マルチアセットクラス運用におけるヒューリスティックな方法

図表 5-29 はリスクパリティとその簡便なヒューリスティックな方法であるボラティリティの逆数の比率（逆 Vol 比）のパフォーマンスを比較した結

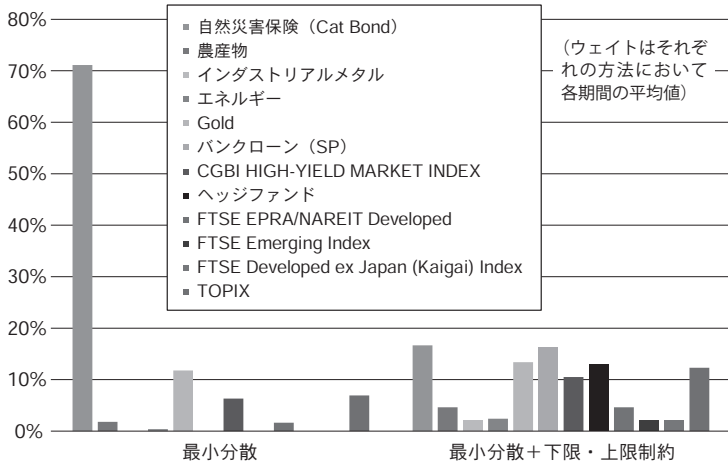


図表 5-26 12 アセットクラスポートフォリオ 最小分散：資産間の相関と資産数

	最小分散	最大分散度 下限・上限制約	差
リターン a	0.319	0.170	0.149
標準偏差 b	3.081	4.095	-1.014
a/b	0.104	0.042	0.062
skew	-0.182	-1.316	1.134
kurtosis	1.235	3.720	-2.486
5%VaR	-5.109	-7.015	1.906
1%VaR	-7.563	-12.815	5.252
0.5%VaR	-8.341	-15.139	6.799
min	-9.119	-17.464	8.345
max	9.955	7.471	2.484
ジニ係数 c	0.831	0.419	0.412
a/c	0.384	0.406	-0.022

制約条件（下 2.1%, 上 16.7%）

図表 5-27 12 アセットクラスポートフォリオ 最小分散：制約条件とパフォーマンス



図表 5-28 12 アセットクラスポートフォリオ 最小分散：制約条件とウェイト
[巻頭のカラー口絵参照]

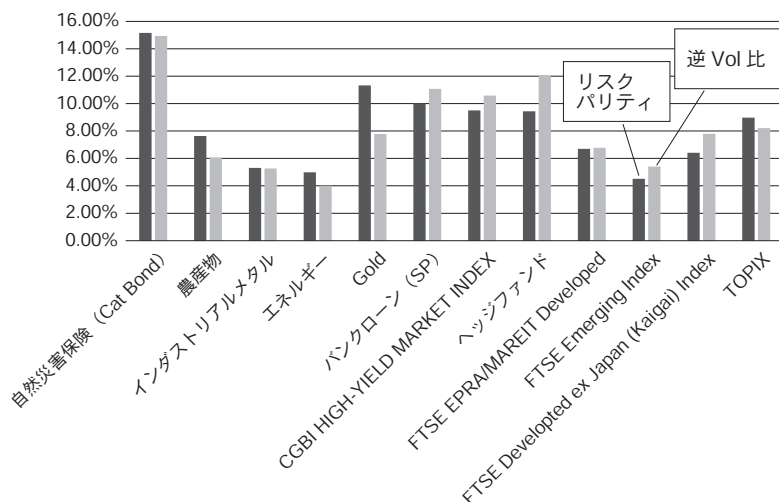
	リスクパリティ	逆 Vol 比	差
リターン a	0.156	0.161	-0.004
標準偏差 b	4.476	4.433	0.042
a/b	0.035	0.036	-0.001
skew	-1.436	-1.284	-0.152
kurtosis	4.223	3.597	0.626
5%VaR	-7.338	-7.416	0.077
1%VaR	-13.672	-13.143	-0.529
0.5%VaR	-16.790	-16.099	-0.691
min	-19.907	-19.054	-0.853
max	7.621	8.169	-0.548
ジニ係数 c	0.209	0.213	-0.005
a/c	0.750	0.754	-0.004

図表 5-29 12 アセットクラスポートフォリオリスクパリティと逆 vol 比：パフォーマンス

果を示している。これも株式ポートフォリオの場合と同じ方法である。図表5-30はウェイト（期中平均）の比較である。パフォーマンスはほぼ同じで、下方リスクに関しては逆 Vol 比の方がわずかであるが低くなっている。また、各アセットクラスに対するウェイトもほとんど同じである。マルチアセットクラス運用においてもヒューリスティックな方法が有効であることが分かる。

図表5-31は、制約条件に関して、ウェイトによる制約とリスク量による制約を比較したものである。リスク量制約の方がより低リスク型になっていることが分かる。

以上のように、株式ポートフォリオと同様に、マルチアセット運用においてもリスクベースポートフォリオが一考に値することが分かる。それは、リスクがポートフォリオの特性を決める最大の要因であり、また、本章で示したようにリスクにも様々な定義があり、それぞれがポートフォリオの特性を多面的に表すからである。ところで、これらのリスクベースポートフォリオも最終的には資産クラス自体の特性に縛られることになる。そこで資産クラスの背後にあるファクターに着目した運用手法がある。これについては、第6章で解説する。



図表 5-30 12 アセットクラスポートフォリオリスクパリティと逆 vol 比：ウェイト比較

	最小分散+ 下限・上限制約	最小分散+ 逆 Vol 比制約	差
リターン a	0.170	0.158	0.013
標準偏差 b	4.095	3.844	0.251
a/b	0.042	0.041	0.001
skew	-1.316	-1.171	-0.145
kurtosis	3.720	3.566	0.155
5%VaR	-7.015	-6.624	-0.391
1%VaR	-12.815	-11.813	-1.002
0.5%VaR	-15.139	-13.972	-1.167
min	-17.464	-16.132	-1.332
max	7.471	8.403	-0.933
ジニ係数 c	0.419	0.552	-0.133
a/c	0.406	0.285	0.121

volatility の逆数 $\times 0.25$ (下限), 2 (上限)

図表 5-31 12 アセットクラスポートフォリオウェイト制約とリスク制約

— 参考文献 —

- Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J. M., and Heath, D. 1999. “Coherent Measures of Risk”, *Mathematical Finance*, Volume 9, Issue 3, pp. 203–228, July 1999.
- Black, F., Jensen, M. C., and Scholes, M. 1972. “The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Tests”, In *Studies in the Theory of Capital Markets*. Michael C. Jensen, ed. New York: Praeger: 79–121.
- Carvalho, R. D., Lu, X., and Moulin, P. 2012. “Demystifying Equity Risk-Based Strategies: A Simple Alpha plus Beta Description”, *The Journal of Portfolio Management*, Spring 2012, pp. 57–70.
- Choueifaty, Y., Coignard, Y. “Towards Maximum Diversification”, *The Journal of Portfolio Management*, Vol. 34, No. 4 (2008), pp. 40–51.
- Clarke, R., Silva, H., and Thorley, S. 2013. “Risk Parity, Maximum Diversification, and Minimum Variance: An Analytic Perspective”, *Journal of Portfolio Management*, Vol. 39, No. 3, pp. 39–53 (Spring 2013).
- Demey, P., Maillard, S., and Roncalli, T. 2010. “Risk-Based Indexation”, Working paper, 2010. Available at <http://ssrn.com/abstract=1582998>.
- Hallerbach, W. G., “Decomposing Value at Risk: A General Analysis”, Tinbergen Institute Discussion Paper, TI 99–034/2, 1999.
- Haugen, R., Baker, N. 1991. “The Efficient Market Inefficiency of Capitalization-Weighted Stock Portfolios”, *The Journal of Portfolio Management*, Vol. 17, No. 3 (1991), pp. 35–40.
- Haugen, R. A., Heins, A. J. 1975. “Risk and the Rate of Return on Financial Assets: Some Old Wine in New Bottles”, *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 10 (5): 775–784.
- Haugen, R. A., and Baker, N. L. 1996. “Commonality in the Determinants of Expected Stock Returns”, *Journal of Financial Economics*, pp. 401–439.
- Markowitz, H. 1952. “Portfolio Selection”, *The Journal of Finance*, 7, pp. 77–91.
- Roncalli, T. 2013. “Introduction to Risk Parity and Budgeting”, Chapman & Hall, CRC Financial Mathematics Series.
- Sharpe, W. F. 1964. “Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk”, *Journal of Finance*. 19:3, pp. 425–42.
- Soe, A. M. 2012. “Low-Volatility Portfolio Construction: Ranking Versus Optimization”, *The Journal of Portfolio Management*, Winter 2012, pp. 63–73.

- Stoyanov, S. 2011. "Advantages and shortcomings of minimum variance portfolios", EDHEC Research.
- Tasche, D. 2000. "Risk Contributions and Performance Measurement", Working Paper, Center for Mathematical Sciences, Munich University of Technology, 2000.
- Tobin, J. 1958. "Liquidity Preference as Behavior Toward Risk", Review of Economic Studies. 25:2, pp. 65–86.
- 日本年金数理人会 . 2009. 「企業年金の長期的財政運営について」, (社) 日本年金数理人会, 運用環境激変下の財政運営に関する研究会 .
- 年金シニアプラン総合研究機構 . 2010. 「変貌する投資環境と年金資産運用」.
- 三木, 小守林 . 1992. 「TOPIX は有効フロンティア上にあるのか」, 証券アナリストジャーナル 92.8, pp.21-37.

第6章

ファクターアプローチによるリスク 管理の精緻化と機能ポートフォリオ

第5章ではリスクベースポートフォリオ構築の方法論について具体的に検討した。そこでは、リスクを低減させるための様々なポートフォリオ構築方法が示された。本章では、ポートフォリオのリスク管理をさらに精緻に行うファクターアプローチを導入する。ファクターアプローチと言えば、マルチファクターモデルによるポートフォリオの管理が最も一般的である。マルチファクターモデルを使って銘柄間の分散共分散行列を推定したり、特定のファクターエクスポージャーを高めたり、その利用法も多様である。本章では、その中でも、ポートフォリオのリスクを効果的に低減させるためのファクターの利用法を検討する。

1. リスク管理の課題

第5章でリスクベースポートフォリオの考え方について検討した。その考え方はリスクの評価や最適化方法に着目し、ポートフォリオのリスク管理をより精緻にしようとするものである。ところで、このリスクベースポートフォリオを構築する時のベースになっているのが資産間の分散共分散行列である。個別株式ポートフォリオであれば銘柄間の分散共分散行列、マルチアセットクラス運用であればアセットクラス間の分散共分散行列になる。しかし、この分散共分散行列は必ずしも安定しておらず、その不安定性がこれらの手法の問題点として指摘されている。リーマンショックの時には多くのアセットクラスで相関が急激に高まって同時に下落してしまい、大きな損失を被ったのは記憶に新しい。また、このリーマンショックの前後で相関構造は変化している。図表6-1、6-2はそれぞれ、先進7か国の株式市場間、主要4アセットクラス間の相関をリーマンショックの前と後で比較したものである。

リーマンショック前：2000年10月～2008年6月

	Australia	Germany	Hong Kong	Switzerland	UK	US	Japan
Australia	1						
Germany	0.75	1					
Hong Kong	0.76	0.70	1				
Switzerland	0.70	0.83	0.65	1			
UK	0.81	0.88	0.75	0.84	1		
US	0.75	0.87	0.74	0.75	0.87	1	
Japan	0.58	0.45	0.52	0.46	0.51	0.52	1

平均：0.67

リーマンショック後：2009年1月～2014年9月

	Australia	Germany	Hong Kong	Switzerland	UK	US	Japan
Australia	1						
Germany	0.81	1					
Hong Kong	0.79	0.80	1				
Switzerland	0.83	0.87	0.79	1			
UK	0.84	0.91	0.85	0.90	1		
US	0.80	0.89	0.77	0.86	0.89	1	
Japan	0.62	0.70	0.62	0.76	0.74	0.76	1

平均：0.80

図表 6-1 相関関係の変化（7 개국株式市場）

出所：FTSE のデータをもとに筆者作成

先進7か国の株式市場では相関係数の平均値が0.67から0.80に、主要4アセットクラスでは0.08から0.15にそれぞれ上昇している。双方ともリーマンショック後に相関が高まっていることが分かる。リスクベースポートフォリオを有効に活用するためには、この現象に対処する必要がある。

ところで、そもそも異なる資産間でなぜ相関があるのだろうか。それは、複数の資産の変動に影響を与える共通したリスクファクターがあるからだと考えられる。例えば、ソニー株とトヨタ株の双方には為替という共通のファクターが影響しており、株式と社債の双方には金利という共通のファクターが影響している。一方、共通ファクターで説明されない各資産に固有のリス

データ期間：2000年10月～2008年6月

	TOPIX	MSCI Kokusai Index (World ex Japan)	Citigroup WGBI (日本除く)	Nomura-BPI 総合
TOPIX	1			
MSCI Kokusai Index (World ex Japan)	0.49	1	平均：0.08	
Citigroup WGBI (日本除く)	-0.05	0.29	1	
Nomura-BPI 総合	-0.43	-0.18	0.183	1

データ期間：2009年1月～2013年9月

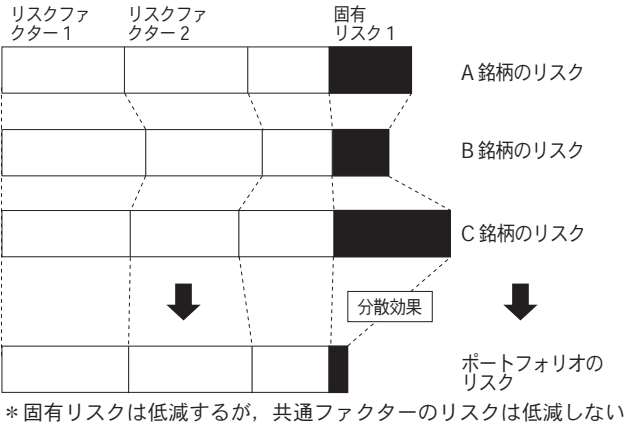
	TOPIX	MSCI Kokusai Index (World ex Japan)	Citigroup WGBI (日本除く)	Nomura-BPI 総合
TOPIX	1			
MSCI Kokusai Index (World ex Japan)	0.77	1	平均：0.15	
Citigroup WGBI (日本除く)	0.62	0.71	1	
Nomura-BPI 総合	-0.17	-0.26	-0.18	1

図表 6-2 相関関係の変化（4 アセットクラス）

出所：東京証券取引所，CITI，野村證券，MSCI のデータをもとに筆者作成

クはお互いに低相関であると考えることができ、ポートフォリオにすれば分散効果により固有リスクが低減される。これがポートフォリオ理論のエッセンスである。一方、共通するリスクファクターは各アセットクラスに共通しているためアセットクラスの数を増やすことによってリスク分散できない（図表 6-3 参照）。したがって、リスクベースポートフォリオの構築に際してはこのリスクファクターに着目する必要がある。

第3章で CalPERS（カリフォルニア州公務員年金）の機能的な資産配分（図表 3-5）について言及したが、CalPERS の意図は、機能という考え方に加え、市場リスクの背景にある基本的なファクターを抽出して、そのリスクファクターに着目してリスク管理を行うというものであった。つまり、株式、債券、不動産などのアセットクラスをそれらが主に影響を受けるリスクファクター



図表 6-3 共通リスクファクターと固有リスク

で分類したわけである。そもそもアセットクラス間に相関があるのは異なるアセットクラスでも同じリスクファクターに晒されているからであり、資産配分は資産クラスで行うのではなくそこに内在するリスクファクターをベースに行うべきである。このアプローチは注目を浴びており、他の大手年金基金などでも導入されている。また、この方法をより統計的に精緻化したアプローチとして注目されるのが Meucci (2009) や Kaya & Lee & Wan (2012) などが提案する統計的なファクターアプローチである。統計的ファクターアプローチはアセットクラスの代わりに各アセットクラスに共通して影響を与える変動要因、つまり、リスクファクターを統計的に抽出し、そのリスクファクターに基づき資産配分（ファクター配分）を行うというものである。リスクファクターへの分散投資により資産ベースによるポートフォリオ構築に比べて分散効果をより高めることを目的としている。これらリスクファクターによる分類は、伝統的な分類に比べて分散を高める効果があると考えられている。資産運用の機能的視点も、その機能が役に立つためには市場に影響を与えるファクターと関連付けなければ意味がない。その観点ではこのファクターへの着目は機能的視点のアプローチと表裏一体のものであると考えられる。CalPERS のアプローチもまさに、この両者を同時に満たすものとして考案されたものと理解することができる。

以下では、資産の背後にあるリスクファクターに着目した手法である「統計的ファクターアプローチ」について、リスク管理の精緻化が可能になるかどうかを検討する。

2. ファクターアプローチの考え方

以下、ファクターアプローチの考え方を整理する。通常のポートフォリオ構築であれば、個別株式からなるポートフォリオであれ複数のアセットクラスからなるマルチアセットポートフォリオであれ、各資産のリスクやリターンおよび資産間の分散共分散行列からポートフォリオを構築するのが一般的である。多くの場合、何らかの条件下でリスクを最小化することになる。リスクを最小化する場合、分散投資によるリスクの低減効果を利用することになるが、アセットクラス間の相関が高いとリスクの低減が十分にできない。それは、すでに示したように各アセットクラスが金利や為替などの同じ要因（ファクター）に影響を受けているからである。つまり、各資産のリターンは次のようにいくつかのファクターリターンから構成されている考えることができる。

$$r_i = b_{i1}F_1 + b_{i2}F_2 + b_{i3}F_3 + \cdots + b_{ik}F_k + e_i$$

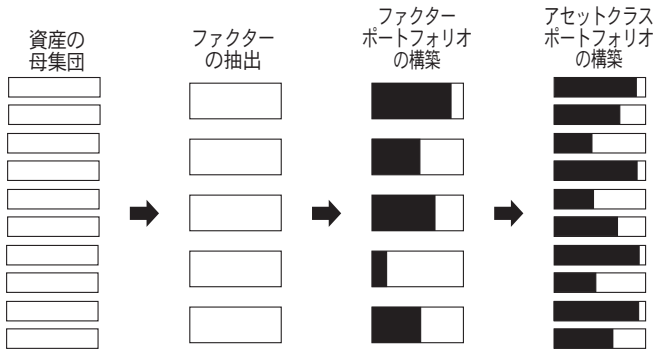
r_i ：銘柄 i のリターン

b_{im} ：銘柄 i の第 m ファクターへの感応度（ベータ）

F_m ：第 m ファクターリターン

e_i ：銘柄 i の個別リスク

各資産は複数のリスクファクターの影響を受けており、これがポートフォリオになった時も同様に複数のリスクファクターから影響を受けることになる。しかも、ポートフォリオになった時、資産は広く分散されているが、リスクファクターで見るとごく一部のファクターに集中している可能性がある。とすれば、ポートフォリオとしては分散されていてもリスクファクターとしては分散されていないことになる。そこで、ポートフォリオ構築において、資産ではなくファクターに着目し、ファクターの分散も進めることによって、リスク分散を高度化できないかと考えることになる。これが、ファ



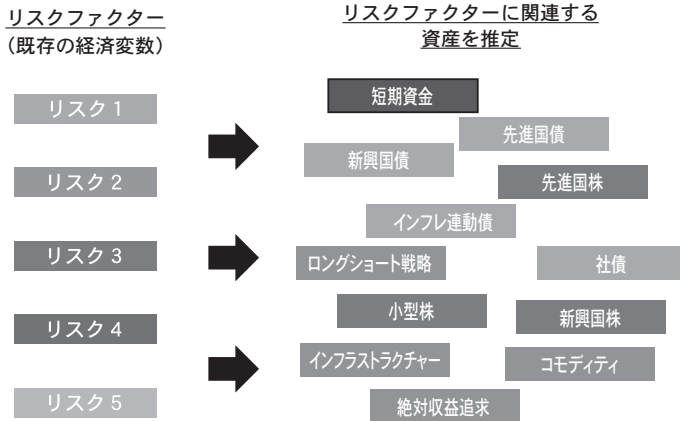
図表 6-4 ファクターアプローチ

クターアプローチである。ファクターアプローチでは、まず投資対象資産の母集団に含まれる各資産に影響を与える共通なファクターを抽出し、そのファクターのリスクが分散されたファクターベースのポートフォリオを構築する。そして、最終的に資産ベースのポートフォリオに戻すことになる（図表 6-4）。具体的な方法については次節以降で解説する。

ところで、ファクターの抽出方法は主に 2 つある。

- トップダウン型
マクロ経済変数など既存のファクターから適切なものを選び、これらのファクターと各資産を関連付ける（図表 6-5 参照）
- ボトムアップ型
資産母集団のリターンから統計的に（主成分分析や因子分析など）ファクターを抽出し、これらのファクターと経済変数を関連付ける（図表 6-6 参照）

トップダウン型は予め決めたファクター（金利や為替などのマクロ経済変数）を使うため分かりやすいが、一般的には各資産のリターンに対する説明力が低いため、ポートフォリオ構築において精度が下がることが多い。一方、ボトムアップ型は因子分析や主成分分析など統計的にファクターを抽出するため各資産のリターンに対する説明力が高くポートフォリオ構築の精度はトップダウン型に比べ高い。一方ファクターの意味付けがあいまいであり、

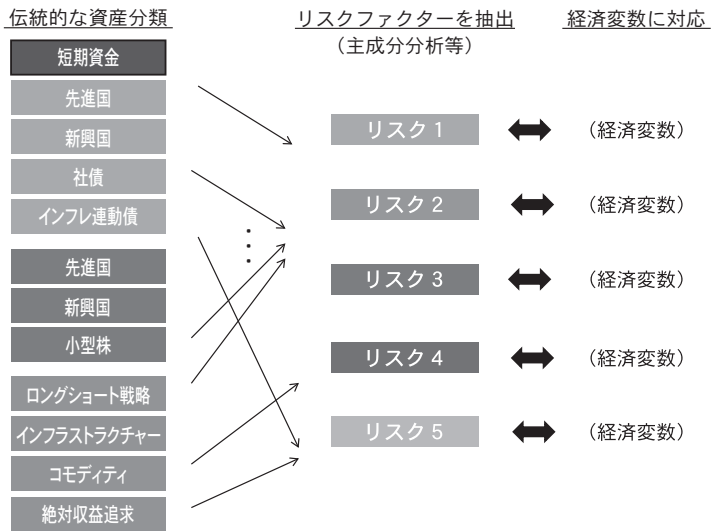


図表 6-5 予め決めたリスクファクター（マクロ経済変数など）からファクターを選択（トップダウン型）

直感的に分かりにくい。それぞれ一長一短であり、使用目的に応じて使い分けることになる。つまり、リスク管理したいファクターが始めから明確であれば、そのファクターを使ってモデル化するトップダウン型を使用し、トータルリスクの管理精度を上げたいのであればボトムアップ型を使用すべきである。なお、それぞれの代表例としては、トップダウン型については Chen & Roll & Ross (1986) に、ボトムアップ型については Elton & Gruber (1988) に詳しく解説されている。前者ではファクターとして、鉱工業生産指数の変化率、期待インフレ率の変化率、予期せぬインフレ率、リスクプレミアム（低格付債券利回り－国債利回り）、期間構造（長期国債利回り－短期国債利回り）が利用されている。後者では日本株式会社母集団に対して因子分析を行い、4 因子をファクターとして抽出している。

以下、マルチアセットクラス運用と個別株式ポートフォリオ運用の双方について、ファクターアプローチの2つの方法を示す。なお、双方とも、ポートフォリオのトータルリスク管理を主眼に置き、ボトムアップアプローチで行う。

最初のマルチアセットクラス運用で使う方法は母集団からファクター（主成分）を抽出し、そのファクター配分を最適化するというものである。最適化では情報理論で利用されるエントロピーという指標を導入し、これを最大



図表 6-6 資産クラスの変動から抽出したリスクファクターを利用（ボトムアップ型）

化する。最適化されたファクターから最終的に各資産（アセットクラス）の最適ウェイトが決まる。2つ目の株式ポートフォリオ運用で使う方法は、同様に主成分を使うが、ウェイト付きの母集団から主成分を抽出し、その主成分の加重指標（第一主成分に1、第N主成分にNという傾斜ウェイト）を分散度指数として、それが最大になるように各資産（銘柄）のウェイトを決めるというものである。詳細は以下の各節で解説する。

3. マルチアセット運用とファクターアプローチ

① エントロピーによるアセットクラスのファクターアプローチ

リスクの分散を高めるため、アセットクラスを多様化するマルチアセットクラス運用が注目を浴びている。特性の異なるアセットクラス（資産クラス）を増やすことによって、リスクの低減が図れるという考えである。そのポートフォリオ構築法としては、資産クラスの期待リターンの推定が困難なため、第5章で示したリスクベースポートフォリオが良く利用され

ている。しかし、第5章で示した例でもベースとなるのが資産クラスのリターンであり、資産クラス間の相関によってはそこに限界もある。そこで、リスク分散をより効果的に行うため、ファクターアプローチが用いられることがある。

以下、ボトムアップ型のファクターアプローチでポートフォリオ構築を行う。ここでは、分散投資の分散 (diversification) の度合い (分散度) を表す指標としてしばしば用いられるエントロピーを導入する。Meucci (2009) の方法を参考にして、ボトムアップ型で統計的に抽出したファクターの分散度を高めることによって最終的にポートフォリオの分散度が最大になるように最適化する。

まず、投資対象となっている N 個のアセットクラス母集団のリターン時系列に対し、主成分分析を行い、主成分を抽出する。主成分は、各資産クラスリターンの線型結合で表すことができ、母集団のアセットクラスと同じ数だけ抽出される。資産クラスの数 N とすれば、各主成分は、

$$\begin{aligned} p_1 &= a_{11}r_1 + a_{12}r_2 + \cdots + a_{1N}r_N \\ p_2 &= a_{21}r_1 + a_{22}r_2 + \cdots + a_{2N}r_N \\ &\vdots \\ p_N &= a_{N1}r_1 + a_{N2}r_2 + \cdots + a_{NN}r_N \end{aligned}$$

で表される。ただし、

p_m : 第 m 主成分 ($m = 1, 2, \dots, N$)

a_{mi} : 第 m 主成分に対するアセットクラス i の結合係数 ($i = 1, 2, \dots, N$)

r_i : i 番目のアセットクラスのリターン

各主成分は独立であり、お互いの相関はゼロである。主成分の中で分散 (variance) が最も高い主成分を第1主成分と呼び、以下、分散の大きさの順に第2主成分、第3主成分となる。つまり、各アセットクラス間の相関を考慮し、アセットクラスを情報の多い順に集約し直すのである。なお、主成分の数はアセットクラスの数 N と同じになるが、上位の主成分の分散が大きければ、下位の主成分を省略して使う場合が多い。アセットクラス間の分散共分散行列を Σ とすれば、第 m 主成分 p_m の分散 σ_m^2 は共分散行列 Σ の

m 番目に大きい固有値 λ_m に等しくなり、結合係数 $a_{mi} (i = 1, 2, \dots, N)$ はその固有値 λ_m に対応する固有ベクトルとして求めることができる。これを行列で表すと、 p を主成分の列ベクトル、 r をアセットクラスのリターン列ベクトル、 a を固有ベクトル（行ベクトル）の列ベクトル（行列）とすれば、

$$p = ar$$

となる。また、逆にアセットクラスのリターンは主成分によって

$$r = a^{-1}p$$

と表すことができる。あるいは、

$$\begin{aligned} r_1 &= b_{11}p_1 + b_{12}p_2 + \dots + b_{1N}p_N \\ r_2 &= b_{21}p_1 + b_{22}p_2 + \dots + b_{2N}p_N \\ &\vdots \\ r_N &= b_{N1}p_1 + b_{N2}p_2 + \dots + b_{NN}p_N \end{aligned}$$

ただし、

p_m : 第 m 主成分 ($m = 1, 2, \dots, N$)

b_{im} : アセットクラス i の第 m 主成分に対する係数 ($i = 1, 2, \dots, N$)

r_i : i 番目のアセットクラスのリターン

ところで、与えられた N 個のアセットクラスからなるポートフォリオのリターン R_p は次のように表すことができる。

$$R_p = w_1r_1 + w_2r_2 + \dots + w_Nr_N$$

ここで、

w_i : アセットクラス i のウェイト ($i = 1, 2, \dots, N$)

r_i : アセットクラス i のリターン ($i = 1, 2, \dots, N$)

各アセットクラスのリターン r_i は主成分で表すことができるので、 R_p は次のように表すことができる。

$$R_p = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \cdots + x_N p_N$$

$$x_i = w_1 b_{1i} + w_2 b_{2i} + \cdots + w_N b_{Ni} \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$

ここで,

x_m : ポートフォリオ P の第 m 主成分に対する係数

このように表すのは, 主成分 p_m は市場の主要なリスクファクターであり, また, お互い独立しているためである. とすると, ポートフォリオの分散 $\text{Var}(R_p)$ は

$$\text{Var}(R_p) = \sum_{j=1}^N x_j^2 \text{var}(p_j) = \sum_{j=1}^N x_j^2 \lambda_j$$

と表すことができる. また, ポートフォリオにおける各主成分 i の分散比を V_i とすると,

$$V_i = \frac{x_i^2 \lambda_i}{\sum_{j=1}^N x_j^2 \lambda_j}$$

ただし,

x_i : ポートフォリオ P における第 i 主成分のウェイト

λ_i : 第 i 主成分の分散 (固有値)

この主成分によるモデルを使って分散 (diversification) の度合いを示す分散度を計算する. 具体的には次のようになる. 分散度 D をそのポートフォリオが持つ情報量と考え, エントロピーを使って次のように定義する.

$$D = - \sum_{j=1}^N V_j \log(V_j)$$

そして, この分散度を最大化するように各ファクターのウェイト x_i を決める.

$$D(x_1, x_2, \dots, x_N) = \sum_{j=1}^N V_j \log(V_j) \rightarrow \text{Max}$$

なお, D が最大値をとるのはすべての V_j が同じ値を持つ場合である. とここで, x_i ($i = 1, 2, \dots, N$) が決まれば各アセットクラスのウェイト w_i ($i = 1,$

$2, \dots, N$) も決まる。これが各アセットクラスの分散度最大化ウェイトになる。

エントロピー

ここで、エントロピーの考え方について簡単に復習しておこう。エントロピーは Shannon (1948) によって情報理論に導入されたもので、情報理論の基礎になっている。ある確率空間 Ω に属する確率事象 $X_i \in \Omega$ が起こった時にその事象の生起確率を $P(X_i)$ と定義する。すると、 X_i の情報量は

$$-\log(P(X_i))$$

と定義される。なお、対数の底は決まっていないが、情報理論では2が使われる場合が多い。この定義から、確率0.5の事象の情報量は

$$-\log(1/2) = \log 2$$

確率0.1の事象の情報量は

$$-\log(1/10) = \log 10$$

となり、確率の低いあまり起こらないことの方が情報量は大きいということになる。この時、情報量の期待値 H 、つまり、 X のエントロピーは、各情報量にその生起確率をかけて足しあわせることにより、

$$H = - \sum_{i=1}^N P(X_i) \log(P(X_i))$$

で与えられる。つまり、エントロピーとは情報量の平均値ということになる。 H がどのような時に最大になるのかは、ラグランジュの未定乗数法により求めることができる。計算すると

$$P(X_i) = P(X_j) \text{ for all } i, j$$

となり、すべての確率が等しい時になる。また、この時にエントロピー $H_{\max}$ は

$$H_{\max} = - \sum_{i=1}^N \frac{1}{N} \log \left(\frac{1}{N} \right) = \log(N)$$

となる。

本節の例では、分散比 V_i を確率とみなして情報量を定義している。そして、そのポートフォリオが有するエントロピーを分散度 D と考えている。したがって、すべてのファクターの分散比が等しい時、つまり、最も分散 (diversification) が高まった場合にエントロピーは最大になる。ただし、すべてのファクターの分散比が等しくなることはほとんどなく、できるだけ分散度 D を高くするようにするということになる。

② シミュレーション結果

以下、具体的なシミュレーションを行う。なお、対象資産は第5章で分析した同じ12アセットクラス (図表6-7) である。データは各アセットクラスの月次リターンデータであり、データ期間は2002年12月～2012年10月、シミュレーション期間は2005年12月～2012年10月でアウトサンプルによるシミュレーションである。つまり、毎年リバランス時点 (11月末) で直近3年月次データから主成分分析により主成分を抽出し、分散度最大化によりポートフォリオを構築する。そして、その後の1年間のポートフォリオリターンを計測する。次に1年進め、同じ作業を繰り返して行く。

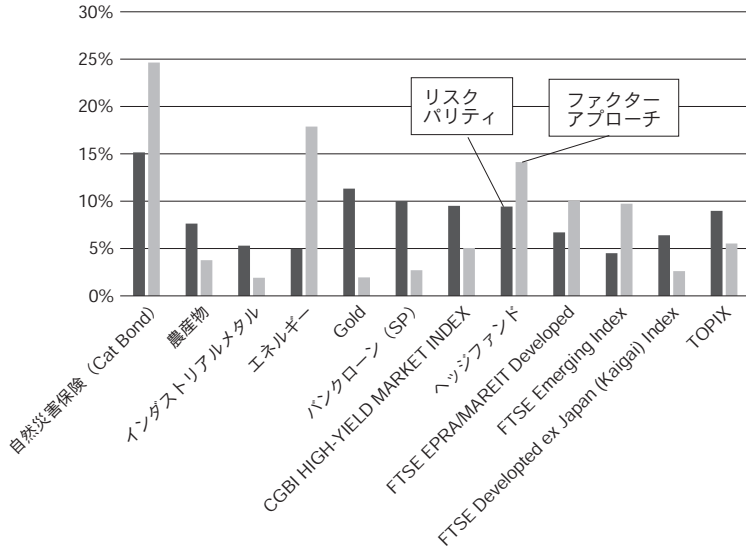
図表6-8にファクターベースアプローチのパフォーマンスを資産クラスベースのリスクパリティと比較して示している。また、図表6-9に各年の平均ウェイトも示してある。図表6-10はファクターベースアプローチにおける各アセットクラスの各年のリスク寄与度である。なお、リスクパリティポートフォリオの場合は、リスク寄与度は各資産で等しくなっている。これらの結果から、ファクターアプローチによるポートフォリオはリスクパリティに比較して一部のアセットクラスのリスク寄与度が高いポートフォリオになっていることが分かる。これは、リスクパリティではリスクの低い資産クラス群へのウェイトが高まる一方、ファクターアプローチでは、ファクターのリスクの分散に目標が置かれているため、必ずしもリスクの低い資産クラスだけがオーバーウェイトされることがないためである。今回のシミュレーションでは、リスクファクターを分散させることにより、リスクが実現してしまったファクターに対するエクスポージャーを高めてしまった可能性がある。ファクターアプローチの各アセットクラスへのウェイトを見ると、保

自然災害保険 (CaT Bond)	Swiss Re Cat Bond インデックス
農産物	S&P GSCI AGRICULTURE インデックス
インダストリアルメタル	S&P GSCI INDUSTRIAL METALS インデックス
エネルギー	S&P GSCI ENERGY インデックス
Gold	S&P GSCI Gold Total Return インデックス
バンクローン	S&P/LSTA Leveraged Loan インデックス
ハイイールド債券	CGBI HIGH - YIELD MARKET インデックス
ヘッジファンド	HFRI ファンド加重インデックス
先進国 REIT	FTSE EPRA/NAREIT Developed インデックス
新興国株式	FTSE Emerging インデックス
先進国 (除く日本) 株式	FTSE Developed ex Japan (Kaigai) インデックス
日本株式	TOPIX

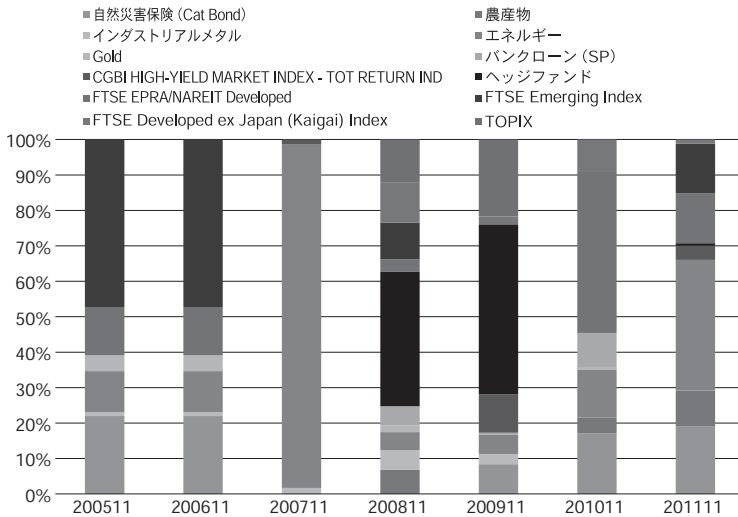
図表 6-7 12 アセットクラス

	リスク パリティ	ファクター・ アプローチ
リターン a	0.156	0.208
標準偏差 b	4.476	6.336
a/b	0.035	0.033
skew	-1.436	-1.881
kurtosis	4.223	7.382
5%VaR	-7.338	-7.810
1%VaR	-13.672	-20.740
0.5%VaR	-16.790	-26.017
min	-19.907	-31.295
max	7.621	13.016
ジニ係数 c	0.209	0.704
a/c	0.750	0.295

図表 6-8 ファクターアプローチとリスクパリティパフォーマンス比較



図表 6-9 ファクターアプローチとリスクパリティウェイト比較



図表 6-10 ファクター・アプローチ アセットクラス毎のリスク寄与率

[巻頭のカラー図表参照]

険、エネルギー、ヘッジファンドへの配分が大きい。これらのアセットクラスが大きなエクスポージャを有するファクターにおいてリスクが大きく互いに独立しているためと考えられる。また、各アセットクラスのウェイトに対する制約も十分に分散しきれない原因であると考えられる。これらは今後の課題である。

4. 株式ポートフォリオ構築のファクターアプローチ

① リスクファクターによる実質的な銘柄数の測定

リーマンショックでテールリスクの脅威を経験した投資家は、ポートフォリオのリスク評価方法を再検討する必要に迫られている。リターンの正規分布を前提とした分散（あるいは標準偏差）をリスク指標としてリスク管理しても、そこには大きなテールリスクが存在することを投資家は経験を通して知ることになったからである。リスク指標としての分散は簡便で使いやすいが、リスク管理が最も重要な異常時における信頼性が低いのである。その欠点を補うため、歪度や尖度などの高次のリスク指標やダウンサイドリスクを用いる研究も多くなされている（付録 A 参照）。しかし、多くの銘柄からなる株式ポートフォリオのリスク評価や最適化に高次の指標を使おうとすると極めて多くのパラメータを推定を推定する必要が生じる。加えて異常値への感応度の高さなどから Esch (2010) が指摘するように高次の指標の利用は簡単ではない。

例として3銘柄の分散共分散行列（図表6-11(a)）とこれら3銘柄からなる2つのポートフォリオ、つまり、最小分散ポートフォリオ（図表6-11(b)）と等ウェイトポートフォリオ（図表6-11(c)）のリスク（過去のリターン時系列の分散）を示す。最小分散ポートフォリオの方が等ウェイトポートフォリオよりリスクが低く（最小分散：28.33、等ウェイト：42.31）なっている。しかし、1銘柄に72%も集中投資された最小分散ポートフォリオの方がリスクが低いと考える投資家は少ないであろう。個別の企業に大きな影響を与えるイベントが実際に起こることを投資家は学んでいるからである。Stoyanov, S. & Goltz (2011) が指摘するように、分散（variance）で計ったリスクが低くても分散（diversify）されていないポートフォリオはありえるの

分散共分散	鹿島建設	王子製紙	武田薬品工業
鹿島建設	124.09	40.73	22.71
王子製紙	40.73	71.10	12.09
武田薬品工業	22.71	12.09	34.51

データ：月次リターン(%), 2005年1月-2009年12月

図表 6-11 (a) 3銘柄の分散共分散行列

	鹿島建設	王子製紙	武田薬品工業
ウェイト	1%	27%	72%
分散	28.33		

図表 6-11 (b) 最小分散ポートフォリオとリスク

	鹿島建設	王子製紙	武田薬品工業
ウェイト	33%	33%	33%
分散	42.31		

図表 6-11 (c) 等ウェイトポートフォリオとリスク

である。

さて、ポートフォリオ投資の原点に立ち返ってその最大のメリットを考えると、それは分散投資によってリスクを低減できることである。リスクを下げるためには、やはり広く分散して投資することが基本である。とすれば、どれだけ分散投資、つまりダイバーシフィケーション（diversification）されているのかを測定することが重要になる。分散投資の水準を評価する方法としてはそのポートフォリオに含まれる銘柄数はもちろん重要である。しかし、銘柄のリターンの間には相関が存在しており、相関によっては同じ銘柄数のポートフォリオでもその分散投資の効果が異なってくる。つまり、相関を考慮に入れた上での「実質的な銘柄数」が必要になる。この「実質的な銘柄数」をファクターによって表すことにする。このファクターを測定し、それをリスク指標として考える。ここでは、Rudin & Morgan (2006) で提案されているポートフォリオ分散度指数（Portfolio Diversification Index ; PDI）を「実質的な銘柄数」として採用する。そして、この指標がポートフォリオ構築（最適化）にも利用できることを以下に示す。

② ポートフォリオの PDI (Portfolio Diversification Index)

まず Rudin & Morgan (2006) に沿って PDI を具体的に定義する。ポートフォリオに属する各銘柄のリターン時系列が与えられた時、それらをお互いに独立した同数の主成分（ファクター）に変換する。主成分は各銘柄リターンが共通に持つ変動特性を大きい順に集約したものである。ポートフォリオのリスク管理において主成分分析は広く使われている。その利用方法としては、市場全体から抽出された上位主成分を使ってマルチファクターモデルを構築し、与えられたポートフォリオを分析するというものが一般的である。これに対し、PDI では与えられたポートフォリオ母集団内における主成分の構成を分析することによりそのポートフォリオのリスク構造を評価する。最も寄与率の高い第 1 主成分がポートフォリオの大半の変動性を説明してしまうのであれば、そのポートフォリオは相関の高い銘柄を多く含んでおり、その分散度は低いと考えることができる。逆に、上位の主成分の寄与率が低く、下位の主成分まで加えないと全体の変動性が十分に説明できないようであれば、そのポートフォリオは多数の主成分に分散されており、分散度は高いと考えることができる。

PDI の定義

実際に PDI を定義する。まず、与えられたポートフォリオから主成分を求める。主成分の考え方と計算方法については、すでに解説した。以下、各主成分の分散から考える。

C : ポートフォリオに含まれる銘柄リターンの分散共分散行列

E : 固有ベクトル

λ : 固有値

I : 単位行列

とすると、

$$\begin{aligned} CE &= \lambda E \\ (C - \lambda I)E &= 0 \end{aligned}$$

と表すことができる。ここで求められる固有ベクトル E が主成分の結合

係数になる。固有値 λ は主成分の分散（バリエンス）を表す。各主成分 $i=1, 2, \dots, N$ に対してそれぞれの固有値 λ_i が求められる。このとき、 λ_i は第 i 主成分の分散になる。なお、分散共分散行列は各銘柄のリターンにそれぞれのウェイトを加重したリターンから計算される。このように得られたポートフォリオの主成分を用いることによって、実質的な銘柄数である分散度を表す指標、PDI を次のように定義する。

$$PDI = 2 \times \sum_{i=1}^N (i \times v_i) - 1$$

ただし、

$$v_i = \lambda_i / \sum \lambda_i \quad (\text{寄与率})$$

λ_i : 第 i 主成分の分散

N : 銘柄数

主成分の番号にその主成分の寄与率を乗じている。つまり、上位の主成分の分散（寄与率）が高いほど PDI は低くなり分散度が低いことを示している。逆に下位の主成分の分散（寄与率）が高い程 PDI は高くなり、分散度が高いことを示す。ポートフォリオの分散が第 1 主成分 1 個のみで 100% 説明されてしまうのであれば、そのポートフォリオの PDI は 1 になる。これは PDI の最小値でありポートフォリオが全く分散投資されておらず、実質的に 1 銘柄からなるポートフォリオと考えることができる。逆に、すべての銘柄の相関がゼロでありすべての主成分が同じ寄与率を持つ場合、ポートフォリオは可能な限り分散投資されており、PDI は銘柄数 N （これが PDI の最大値である）になり、銘柄数と同じ分散度を持つポートフォリオと考えることができる。通常は銘柄間には相関があるので PDI は N より小さくなる。つまり、PDI は銘柄数を最大値として、銘柄間の相関が高い程 PDI は小さく最小で 1 になる。このように PDI はそのポートフォリオが実質的に何銘柄からなるポートフォリオなのかを示す指標と考えることができる。

③ PDI の計算例

いくつかのポートフォリオを例にとって、PDI を具体的に計算してみる。主成分の計算に使用するリターンデータ（週次）は、2006 年 1 月第 1 週から 2010 年 12 月最終週の 260 サンプルである。なお、対象母集団は東証一部

	P1(1-30)	P2(1-50)	P3(1-100)	P4(1-200)	P5(401-500)	P6(ew1-100)
PDI	5.43	6.53	8.64	10.73	24.01	20.95

ポートフォリオ P は時価総額加重型（P6 は除く）

カッコ内は総銘柄数、P6 の ew は等ウェイトポートフォリオを表す

時価総額：2009 年 12 月末時点の時価総額

データ：週次リターン（2006 年 1 月第 1 週から 2010 年 12 月最終週、260 時点）

東証一部上場銘柄のうち 1995 年 1 月第 1 週から 2010 年 12 月末最終週まで連続してリターンデータが存在する銘柄を母集団とする

図表 6-12 PDI の計算例

上場銘柄において 1995 年 1 月第 1 週から 2010 年 12 月最終週まで連続してリターンデータを取得可能な銘柄（後のシミュレーションの目的のため）である。この母集団の中から、次の 6 つのポートフォリオ（P6 以外は時価総額加重型）の PDI を計算する。

P1：時価総額上位 30 銘柄・時価総額加重型ポートフォリオ

P2：時価総額上位 50 銘柄・時価総額加重型ポートフォリオ

P3：時価総額上位 100 銘柄・時価総額加重型ポートフォリオ

P4：時価総額上位 200 銘柄・時価総額加重型ポートフォリオ

P5：時価総額 401-500 位の 100 銘柄・時価総額加重型ポートフォリオ

P6：時価総額上位 100 銘柄・等ウェイト型ポートフォリオ

（* 銘柄選択のために使った時価総額は 2009 年 12 月末時点で計算）

なお、図表 6-12 は各ポートフォリオの PDI である。

例えば、上位 30 銘柄のポートフォリオ P1 の PDI は 5.43 であり、独立した 5.43 主成分の分散効果があることを示している。

これらの結果を見ると、PDI は

- 銘柄数が多いポートフォリオほど PDI の値が大きいが、銘柄数の増加に比較すれば PDI の増加率は低くなる。（銘柄間の相関の存在）
- PDI は小型株ポートフォリオの方が大型株ポートフォリオより大きい。（大型株は一般的にお互いの相関が高い）
- 等ウェイトポートフォリオの PDI は時価総額加重型ポートフォリオより

大きい（大型株へのウェイトが相対的に少ない）

PDIによって、そのポートフォリオが実質的に何個の独立した主成分に分散投資されているのかを把握できる。

④ PDIの最大化

ある銘柄母集団が与えられると、各銘柄に与えるウェイトを調整することにより、その銘柄母集団でPDIを最大にするようなポートフォリオ（つまり各銘柄のウェイト）を求めることができる。つまり、次のような最大化によってウェイトを求めるのである。

$$PDI(w_1, w_2, \dots, w_N) = 2 \times \sum_{i=1}^N (i \times v_i) - 1 \rightarrow \text{最大化}$$

ただし、

$$w_1 + w_2 + \dots + w_N = 1$$

$$w_1, w_2, \dots, w_N : \text{各銘柄のウェイト}$$

これが最も分散度の高いポートフォリオであり、その時のPDIがその銘柄母集団の最大PDIである。

⑤ ポートフォリオの分散余地率

このように、ある銘柄母集団が与えられると、各銘柄へのウェイトの与え方によって、その銘柄母集団の中でPDIを最大化したポートフォリオを構築することができる。この時のPDIはその母集団において可能な最大のPDIになる。逆に言えば、与えられたポートフォリオはそのPDIが最大値より低ければ、各銘柄のウェイトを変更することにより、PDIの最大値まで分散度を向上させることができる。そこで、最大値から与えられたポートフォリオのPDIを引いたものを最大値で除したものを分散余地率と定義する。

$$\text{分散余地率} = (PDI_M - PDI_P) \div PDI_M$$

ただし、 PDI_M ：PDIの最大値

PDI_P ：与えられたポートフォリオのPDI

	P1(1-30)	P2(1-50)	P3(1-100)	P4(1-200)	P5(401-500)
時価総額加重	5.43	6.53	8.64	10.73	24.01
最大 PDI	9.54	13.98	24.05	39.79	32.45
分散余地率	43%	53%	64%	73%	26%

ポートフォリオ：200912 時点で時価総額上位銘柄、カッコ内は含まれる銘柄の順位を示す（P1（1-30）は1番目から30番目まで、P5（401-500）は401番目から500番目まで）

時価総額：200912 時点での時価総額

データ：週次リターン（2006年1月第1週から2010年12月最終週、260サンプル）東証一部上場銘柄のうちデータ期間中連続してデータが存在する銘柄を母集団とする

図表 6-13 分散余地率

分散余地率が高い程、分散投資という観点では銘柄母集団を有効に使っておらず、ウェイトを変更して分散度を向上できる余地が高いことを示している。図表 6-13 は先ほどの例の時価総額加重型ポートフォリオの分散余地率である。一般的に時価総額加重型のポートフォリオの PDI は、同じ銘柄母集団における最大の PDI に比べてかなり低く、分散余地率が高いことが示される。つまり、時価総額加重ポートフォリオは分散度が低いという観点からはリスクの高いポートフォリオであることが分かる。これは、大型銘柄同士の相関が比較的高くそれらに大きなウェイトを与えているため、結果として上位の主成分（ファクター）に対するエクスポージャーが大きくなってしまいうからである。一方、小型株ポートフォリオである P5 の分散余地率は相対的に低い。小型株はお互いの相関が低い銘柄が多く、時価総額加重型であっても大型株に比べて株ポートフォリオの分散は進んでいると言える。

⑥ PDI 最大化ポートフォリオ

リーマンショック以降、スマートベータと呼ばれるポートフォリオが注目を浴びている。これらは時価総額加重型ポートフォリオの非効率性に着目し、プレミアムを産むファクターへのエクスポージャーをシステムティックに高めたポートフォリオである。例えばその1つである最小分散ポートフォリオはボラティリティを低下させることにより、リスクプレミアムやアノーマリーを獲得しようとするものであり、リスク許容度が低くなった機関投資家の注

目を浴びている。ただし、Stoyanov, S. & Goltz (2011) は、最小分散ポートフォリオはリスクの低い銘柄にウェイトが集中してしまう傾向があり、見かけのリスクは低くなるものの分散投資が十分にされず、結果的にテールリスクが実現してしまう可能性が残っていると指摘している。このようなリスク低減に関する不十分さを補うのが、PDI 最大化ポートフォリオである。

ここでは、PDI を最大化したポートフォリオのパフォーマンスを評価する。PDI 最大化ポートフォリオが分散度の高いポートフォリオであるとすれば、幅広い銘柄母集団の上で同ポートフォリオを構築すればそれが優れたコアポートフォリオの候補になると考えられる。

ここでは、前掲の 100 銘柄で構成されるポートフォリオ (P3) について、時価総額加重型ポートフォリオと PDI 最大化ポートフォリオのパフォーマンスを比較検討する。また、等ウェイトポートフォリオ (P6) も同様に比較する。図表 6-14 はその 2000 年 1 月 - 2010 年 12 月における時価総額加重型、等ウェイト、および PDI 最大化ポートフォリオのパフォーマンスを示している。図表 6-15 は累積パフォーマンスのグラフである。ただし、各ポートフォリオのリバランス（ウェイトの再推定）は年 1 回で年末に行う。シミュレーションの期間は 2000 年 1 月から 2010 年 12 月とする。PDI 最大化ポートフォリオの推定は、各年末（1999 年 12 月末、2000 年 12 月末、...、2009 年 12 月末の 11 回）において、それぞれその時点から過去 5 年間の週次リターンデータ（260 サンプル）を使用して行っている。

図表 6-14 から分かるように、PDI 最大化ポートフォリオは時価加重型ポートフォリオに比べてリスクは低くリターンは高い。これは、年間平均 20% の回転率を考慮しても十分大きな差である（取引コストを 0.5% とすると PDI 最大化ポートフォリオのリターンは月率で 0.08% 程度低くなる）。また、実現したテールリスク（最小値や各 VaR）も小さいことが分かる。図表 6-16 は 36 か月のローリングボラティリティの推移を示している。ボラティリティについても、PDI 最大化ポートフォリオは時価加重型ポートフォリオに比べて変化が小さく、安定していることが分かる。

また、広く分散されているという観点からは PDI 最大化ポートフォリオと等ウェイトポートフォリオは似ていると言えるが、PDI 最大化ポートフォリオの方が下方リスク等が低減されている。2つのリ

月次リターン (%)	PDI 最大化 ポートフォリオ	時価総額加重 ポートフォリオ	等ウェイト ポートフォリオ
平均リターン	0.39	-0.12	0.39
標準偏差	4.43	5.00	4.99
SR	0.09	-0.02	0.08
max	12.11	10.92	13.07
min	-14.89	-18.21	-17.07
0.99percentile	-11.47	-13.88	-12.45
0.98percentile	-9.15	-10.27	-9.68
0.95percentile	-6.70	-8.02	-7.56
年平均回転率	20.14%	2.30%	19.57%

リターンデータ：月次

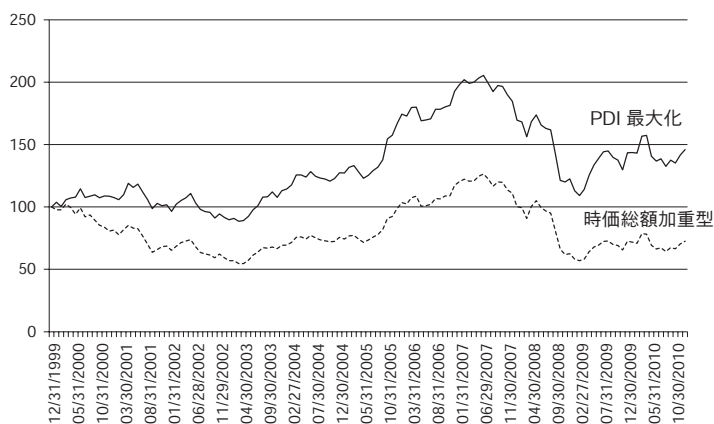
期間：2000年1月～2010年12月

リバランス：1年に1回毎年末

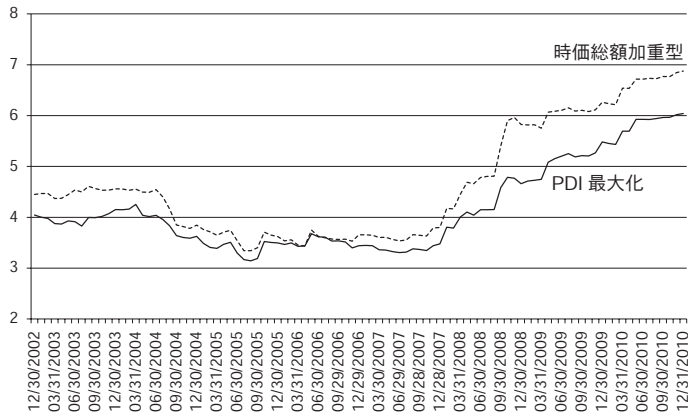
銘柄母集団：期間中に連続してデータが取得できる母集団（915銘柄）の中から、2010年9月ベースで時価総額上位100銘柄

PDIの推定に利用したデータ：各リバランス時点にて週次リターンデータ（過去260サンプル）

図表 6-14 PDI 最大化ポートフォリオのパフォーマンス



図表 6-15 PDI 最大化ポートフォリオの累積パフォーマンスグラフ



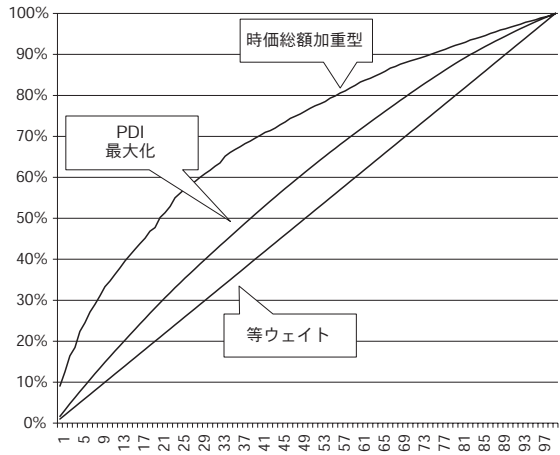
図表 6-16 36 か月ローリングボラティリティ（月次標準偏差 %）

ターンの相関を計算すると 0.95 となり、極めて高い結果となる。一方、リスクは標準偏差やテールリスクを比較しても、等ウェイトポートフォリオに比べて PDI 最大化ポートフォリオの方が低いことが分かる。図表 6-17 は時価総額加重型、PDI 最大化、等ウェイトポートフォリオのそれぞれの累積ウェイトである。PDI 最大化ポートフォリオの上位銘柄のウェイトが時価総額加重と等ウェイトの間にあることが分かる。つまり、時価総額加重に比較すればウェイトの集中度が低い（分散度が高い）ことが分かる。

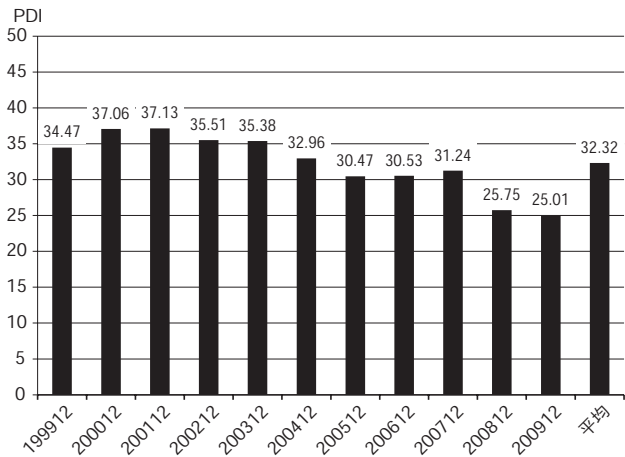
図表 6-18 は最大 PDI の推移である。平均は 32.32 であるが、2008 年、2009 年に低下している。これは、リーマンショックの影響で銘柄間の相関が高まったためと考えられる。市場全体として分散効果が効きにくくなっていたことが分かる。

超過リターンの源泉

次に PDI 最大化ポートフォリオの対 TOPIX 超過リターンの源泉を分析してみる。そのために、同じ 100 銘柄の母集団を時価総額、PBR でそれぞれ半分に分割し、時価総額の大小、PBR の高低の 4 つの等ウェイトポートフォリオを構築する。再構築は毎年末の年 1 回で、分析期間は 1999 年 12 月末から 2010 年 12 月末までとする。そして、時価総額の小型ポートフォリオのリターンから大型のそれを引いたリターン（SMB）、PBR の低いポートフォリ



図表 6-17 ポートフォリオの累積ウェイト



図表 6-18 最大 PDI の推移

オのリターンから高いそれを引いたリターン (LMH) を計算する。そして、PDI 最大化ポートフォリオから時価総額加重型ポートフォリオのリターンを引いた超過リターンを SMB と LMH で回帰分析する。

結果(図表 6-19)を見ると, SML (小型株効果) および LMH (バリュー効果) の t 値がそれぞれ 12.17, 0.71 となっており, 小型株効果が効いていることが

		SMB 小型株効果	LMH バリュエ効果	R2
PDI 最大化	係数	0.47	0.03	0.66
	t 値	12.17	0.71	
等ウェイト	係数	0.36	0.12	0.63
	t 値	9.99	2.96	

図表 6-19 PDI 最大化ポートフォリオの対 TOPIX 超過リターン源泉

分かる。また、バリュエ効果はそれほど高くない。R2 は 0.66 で 34% がこの 2 つのファクターでは説明できない。

等ウェイトポートフォリオとの比較

PDI 最大化ポートフォリオとの相関が高い等ウェイトポートフォリオに対しても同様な分析を行い比較する。SML(小型株効果)および LMH(バリュエ効果)の t 値がそれぞれ 9.99, 2.96 となっており、小型株効果とバリュエ効果の双方が効いていることが分かる。これは、Plyakh, Uppal and Vilkov (2012) や Chow et al. (2011) の結果と整合している。また、R2 は 0.63 で PDI 最大化ポートフォリオとほぼ同じである。

等ウェイトにバリュエ効果が観測されるのは、PBR と等ウェイトがそれぞれ内包するリバーサル効果が影響を及ぼしているからだと思われる。この等ウェイトポートフォリオのリバーサル効果については、Plyakh, Uppal and Vilkov (2012) でも指摘されている。それに比べて PDI 最大化ポートフォリオは等ウェイトのような単純なリバーサルでないことがその差の要因になっていると考えられる。Chow et al. (2011) の分析でも、分析対象のほとんどのスマートベータポートフォリオがサイズ効果とバリュエ効果を有しており、バリュエ効果が低い PDI 最大化ポートフォリオの特性が注目される。

5. 今後の課題

本章で検討したファクターベースのアプローチはリスク管理のさらなる精

緻化を進める可能性を示している。しかし、マルチアセットクラス運用の場合、結局最後は資産クラスの配分に帰着することになる。したがってそこにアセットクラス、つまり、市場インデックスの限界がある。最後にアセットクラスに帰着してしまうと、せっかく立案したファクターの配分が100%反映されないこともある。そこで、アセットクラスとして通常の市場型インデックスの代わりに、よりリスク管理に適したインデックスに進化させることが考えられる。つまり、最終的な配分もファクターで配分することが望ましいのではないだろうか。スマートベータはこの目的としても使える。これはについて第7章のスマートベータで議論する。

— 参考文献 —

- Chen, N., Roll, R., and Ross, A. 1986. "Economic Forces and the Stock Market", *The Journal of Business*, Vol. 59, No. 3, pp. 383–403.
- Chow, T., Hsu, J., Kalesnik, V., and Little, B. 2011. "A survey of Alternative Equity Index Strategies", *Financial Analysts Journal*, Volume 67, Number 5, pp. 37–57.
- Elton, J. E., Gruber, M. J. 1988. "Multi-Index Risk Model of The Japanese Stock Market", *Japan and the World Economy*, 1, pp. 21–44.
- Esch, D. N. 2010. "Non-Normality Facts and Fallacies", *Journal of Investment Management*, 8 (1), pp. 49–61.
- Meucci, A. 2010. "Managing Diversification", <http://ssrn.com/abstract=1358533>.
- Plyakh, Y., Uppal, R., and Vilkov, G. 2012. "Why Does an Equal-Weighted Portfolio Outperform Value- and Price-Weighted Portfolios?", *EDHEC-Risk Institute*, March, 2012.
- Rudin, A. M., Morgan, J. S. 2006. "Measuring Portfolio Diversification", *The Journal of Portfolio Management*, Winter 2006, Vol. 32, No. 2: pp. 81–89.
- Shannon, C. E. 1948. "A Mathematical Theory of Communication", Reprinted with corrections from *The Bell System Technical Journal*, Vol. 27, July, October, 1948, pp. 379–423, 623–656.
- Stoyanov, S., Goltz, F. 2011. "Advantages and shortcomings of minimum variance portfolios", *EDHEC-Risk, Asset Management Research, Portfolio Management* - November 15, 2011.
- 加納学. 2002. 「主成分分析」, 京都大学大学院工学研究科化学工学専攻プロセスシステム工学研究室.

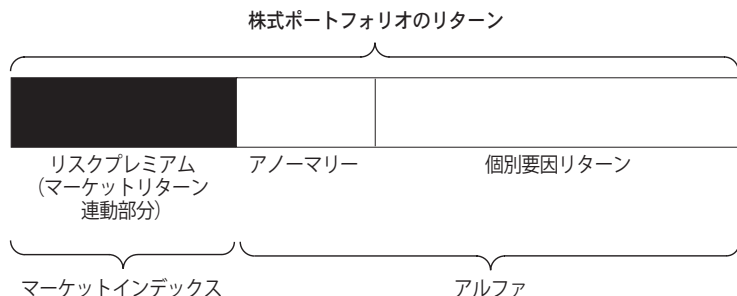
—— 第7章 ——

リスクプレミアムとスマートベータ

第5章、第6章ではリスクに着目し、分散投資によってリスクを低減させるポートフォリオの構築方法を検討した。それはリスクの低減が退職者の資産運用にとって極めて重要だからである。一方でリターンを高める機会を拡大することも重要である。本章では、リスクプレミアムに注目し、リターン機会を拡大させるため市場ベータ以外のリスクプレミアムも取得しようとする非伝統的なベンチマークインデックス、つまりスマートベータの考え方を示す。

1. リスクプレミアムとベンチマークインデックス

米国では50年代のGM年金設立以来、日本では、80年代末～90年代初期の年金運用の自由化以来、機関投資家による運用が資産運用市場の主流を担ってきた。（米国年金の黎明期については井出（1980）に詳しく述べられている。）そして、機関投資家運用ではベンチマークインデックスが運用の中核的な役割を果たしてきた。ベンチマークインデックスでは、CAPMの影響もあり、市場ポートフォリオ型、あるいは、時価総額加重型のインデックスが基本形として利用されてきた。しかし、リーマンショック以降、市場ポートフォリオでない、あるいは時価総額加重型でないインデックスが注目を浴びようになっている。これらは「スマートベータ」と呼ばれ、パッシブ運用やアクティブ運用といった具体的な運用手法のみならず、リスクプレミアムの考え方にも大きな影響を与えている。そして、スマートベータはリスク管理が重要となる退職者の資産運用においても重要な役割を果たすことになると期待されている。また、多くのスマートベータがETFとして個人投資家にとっても具体的な投資対象として検討できるようになっている。本章で



図表 7-1 リスクプレミアムの考え方とインデックスの変遷
伝統的 (CAPM 的) な考え方

は株式のパフォーマンスの源泉であるリスクプレミアムについて検討し、退職者にとって適切なポートフォリオの構築法をスマートベータの観点から検討する。なお、ベンチマークインデックスの過去の進展や課題については付録 C を参照のこと。

まず、リスクプレミアムを理解するために、株式ポートフォリオ投資のリターンを分解してみよう。ポートフォリオ投資のリターンは次の 3 つに分解できる。

① リスクプレミアム

リスクを取ることによって得られる対価

② アノマリーによるリターン

市場の非効率性を利用して、追加的なリスクを取らずに得られるリターン

③ 個別要因リターン (アルファ)

市場平均以上のリターンをもたらす銘柄を事前に予測し選択することによって得られるリターン

リスクプレミアムを生み出すリスクファクターとして市場ベータのみを考える CAPM (Capital Asset Pricing Model ; 資本資産価格モデル) 的な考え方を前提とすれば、株式ポートフォリオのリターンはこの 3 つの分類によって図表 7-1 のように示すことができる。ここで、リスクプレミアムを代表するのがマーケットインデックスになる。つまり、リスクさえ取れば誰でも

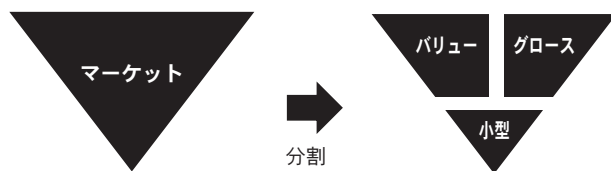
得ることができるリスクプレミアムをマーケットインデックスのリターンと考えるわけである。ここで、CAPMとマーケットインデックスの導入について振り返ってみよう。80年代、日本でアクティブな機関投資家と言えば、企業による財テクであった。企業が余資を積極的に株式市場で運用したのである。株式市場も上昇相場の真最中であり、パフォーマンスも良かった。(もっとも、この後、バブル崩壊で財テクに積極的であった企業は大きな痛手を被ることになる。)この時、主に使われたインデックスは日経平均であった。それは、日経平均が最も良く知られたインデックスであったからであろう。一方、80年代後半になり、年金基金を中心とした機関投資家の時代が幕開けする。1986年に投資顧問業法が、1990年に改正厚生年金保険法が施行され、機関投資家の裁量範囲が拡大した。機関投資家の時代に入り、ファンドの資産規模が大型化したため、機関投資家のベンチマークは市場全体に近いインデックス(市場型インデックス)であるTOPIXにより一層シフトしていった。市場型インデックスの妥当性については、Sharpe (1964)によるCAPMという理論的な背景もあり、説明責任を負っている機関投資家にとって受け入れやすいものであった。

一方、CAPMはシンプルで分かりやすい理論であったが、それに関しては、その発表直後から前提の妥当性などに関して問題点が多く指摘されてきた。それは、CAPMが次のようにかなり強い前提を仮定しているからである。

- すべての投資家は、期待収益率、リスク、収益率相関係数に関して、同じ予測を持つ。
- すべての投資家はリスク回避的である。
- 同一の利子率で無制限に貸借可。
- 市場は無摩擦、完全競争的、任意の単位で取引可。
- 空売り制約が無い。

どの前提も現実的には難しいと思われるが、これによってCAPMという整合的な理論を展開することができるのである。CAPMの批判にはいくつかのパターンがあるが、以下に主なものを挙げておこう。

- 空売り、借入に関する制限は存在し、そうだとするとポートフォリオの



図表 7-2 投資スタイルによるマーケットの分割

効率性は担保できない。(Black 1972)

- 投資家はそれぞれの投資期間に合わせたポートフォリオを選択する。(Gressis et al 1976)
- 投資家はリスク回避的でない (Kahneman & Tversky 1979)

なお、CAPM 批判のまとめについては Goltz & Sourd (2010) に詳しい。

また、実証的にもマーケットポートフォリオが効率的でないことが示されている。三木 & 小守林 (1992) は、代表的な市場ポートフォリオである TOPIX が事後的に構築した効率的フロンティアより内側にあることを示している。また、Roll (1977) はマーケットポートフォリオの構築は不可能であり、CAPM はテストできないとしている。これら多くの批判もあったが、マーケットポートフォリオはその使いやすさ（時価総額という入手しやすい指標によるウェイト付けや低い回転率など）や市場にあるものをすべて含むという分かりやすさから、現在でも中核的なベンチマークインデックスあるいはポートフォリオとして利用されている。

2. 市場ポートフォリオと投資スタイル

90 年代中頃になると、運用の評価においてマーケット全体を複数の母集団（投資スタイル）に分割した上で評価するという考え方が出てきた（図表 7-2）。そして、その分割された母集団に対応するインデックス、つまり、スタイルインデックスが登場する。投資スタイルとはアクティブ運用の方法論を示し、市場の何に着眼して超過リターンを得るのかを示すものである。結果的に、投資対象であるマーケット全体を分割することになる。これは、

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
1	運用機関 のユニ バース	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	均 収 益 率 11 年 間 の 年 率 換 算 平 均	運 用 機 関 の 最 高 値 と 最 低 値 の ス プ レ ッド
2		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%pts
3	割 安 型	7.77	27.30	29.36	8.07	28.84	16.78	1.95	22.29	22.34	-7.84	28.72	16.21	6.7
4	市 場 型	0.92	25.69	21.09	5.48	31.80	17.86	5.62	15.38	28.45	-2.52	32.86	15.97	11.5
5	成 長 型	-1.89	27.75	18.90	-0.96	32.47	16.96	6.51	10.70	34.56	-0.11	46.84	16.41	9.14
6	小型株型	-	31.36	29.95	-7.27	30.38	11.08	-1.32	19.36	23.89	-8.77	53.76	16.68	10.2
7	ユニバースの最高 値と最低 値のスプレッド	9.66 %pts	5.67 %pts	11.05 %pts	15.34 %pts	3.63 %pts	6.78 %pts	7.83 %pts	11.59 %pts	12.22 %pts	8.66 %pts	24.54 %pts	0.71 %pts	Avg: 9.39 %pts
8	ラッセル 3000	-4.43	20.74	22.74	3.39	32.16	16.71	1.94	17.82	29.32	-5.06	33.66	14.54	

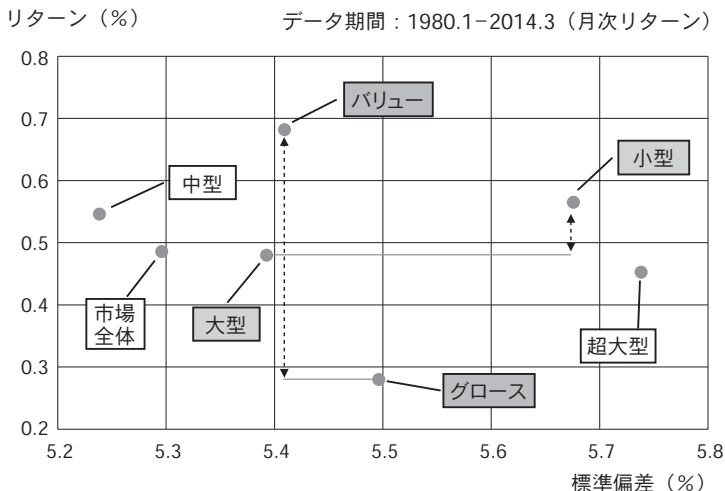
大きな差

差がない

図表 7-3 投資スタイルとパフォーマンス

出所：Hansen, J. M., 1992, 「米国株式の運用スタイル」, 証券アナリストジャーナル, 1992.11, p11-28

米国の投資会社であるラッセルインベストメント社が80年代に提唱したものである。多くの運用機関の評価を行っている同社は、運用機関のパフォーマンスがいくつかの塊に分類できることに気が付いた。ハンセン (1992) は実際に運用されているファンドを割安 (バリュエ), 成長 (グロース), 小型, 大型 (ここでは市場型で代替) に分類してそのパフォーマンスを検証すると、各年毎に大きな差が発生することを示した (図表 7-3)。このうち、割安と成長、小型と大型がそれぞれ対をなす投資スタイルである。つまり、スタイルに偏ったポートフォリオを保有していると、市場平均に比べて大きく負けてしまうというリスクがあることを示したのである。したがって、ポートフォリオがスタイルに偏っているかどうかを評価するためにスタイルインデックスが導入されるようになった。日本でも 1996 年に Russell/Nomura 日本株スタイルインデックス (Christopherson & Hansen & Kato 1996) が導入された。日本市場においては特にバリュエとグロースのスタイルの差が大きいことが知られている (図表 7-4)。

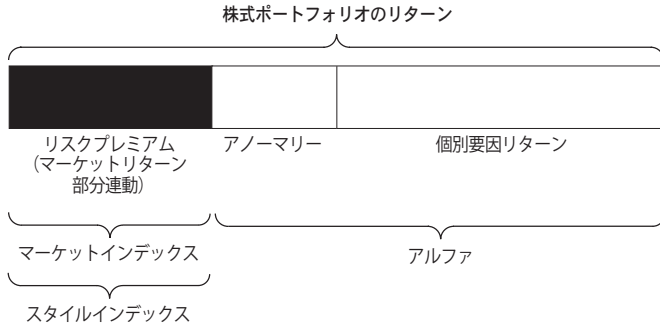


図表 7-4 日本株式市場の投資スタイルパフォーマンス Russell/Nomura 日本株式スタイルインデックス

出所：野村證券のデータをもとに著者作成

スタイル別のスタイルインデックスを利用するスタイル別運用においても、最終的にはマーケットポートフォリオをアウトパフォームすることが目的になる。つまり、全体のポートフォリオを投資スタイル別に分割し、それぞれの投資スタイルでアルファを獲得することにより、全体として安定的にマーケットインデックスにアウトパフォームすることを目指すのである。投資スタイルのパフォーマンスの短期的な良し悪しに関わらず、投資スタイル毎に最良のファンドマネージャを選択するというのがスタイルインデックスの利用方法である。つまり、図表 7-5 で示されるように、スタイルインデックスはマーケットインデックスにオーバーレイされるものなのである。

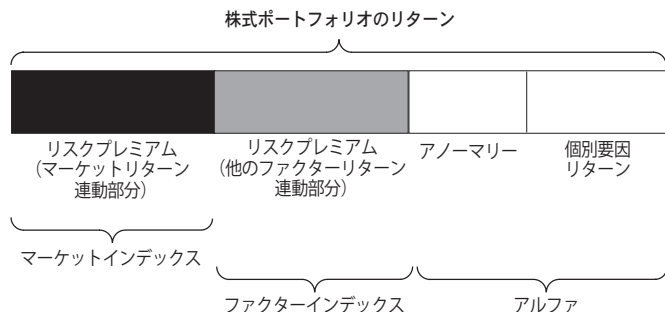
なお、この時点では各スタイルはあくまでも市場の変動を説明するファクターであり、リスクプレミアムという認識はなかったと考えられる。実際、ハンセン (1992) でも、各スタイル間の長期的なパフォーマンス格差は示されていない。



図表 7-5 リスクプレミアムの考え方とインデックスの変遷 投資スタイル的な考え方

3. 新たなリスクプレミアムと3ファクターモデル

1990年代になり、投資スタイルの議論はリスクプレミアムの議論へと進展する。実際、80年代に入ると Banz (1980) の小型株式プレミアムに関する研究や Rosenberg & Reid & Lanstein (1985) のバリュウプレミアムに関する研究などといった市場ベータ以外のリスクプレミアムに関する研究が続いた。そして、これらの研究が統合された Fama & French (1993) による3ファクターモデルの影響が特に大きかったと言えよう。彼らはCAPMが指摘した唯一のリスクプレミアムである市場ベータは統計的に有意ではなく、代わりに小型やバリュウなどのファクターにリスクプレミアムがあることを実証的に示した。つまり、バリュウファクター（[バリュウポートフォリオのリターン]－[グロースポートフォリオのリターン]）や小型ファクター（[小型ポートフォリオのリターン]－[大型ポートフォリオのリターン]）にリスクプレミアムがあるということである。これにより、リスクプレミアムを代表するインデックスの範囲が拡大したわけである。つまり、図表7-6に示すように、マーケットインデックスに加えて、サイズやバリュウなどのファクターインデックスが追加されたのである。さらに、Carhart (1997) はこれにモーメントムのファクターを付け加えることを提案している。（ただし、モーメントムファクターは日本株式市場では有効でないとも指摘されている。）これらの認識により、アクティブ運用のパフォーマンスに対する評価も大きく変わ



図表 7-6 リスクプレミアムの捕捉とインデックスの進化 マーケットリスク以外のリスクプレミアム

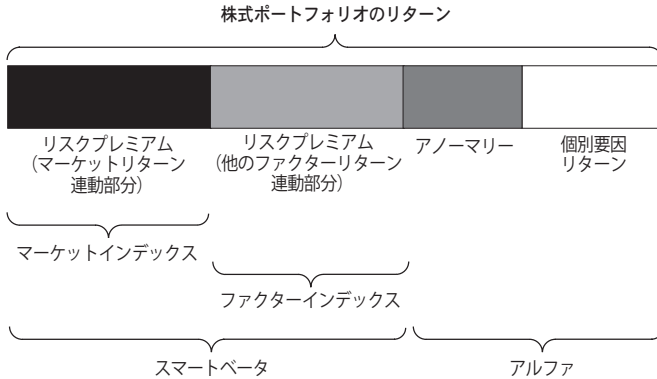
ることになる。つまり、市場インデックスに対する超過リターンとして捕捉されていたアルファの多くが、バリューや小型のリスクプレミアムなどで説明されてしまい、アルファが少ししか残らないということである。実際、次のようにそれを実証する研究結果も多く報告されている。

- Bender & Hammond & Mok (2014) はアルファの 80% は複数のリスクプレミアムインデックスで説明されることを、
- Barras & Scaillet & Wermers (2010) は米国株式投資信託 2067 ファンドを 75-06 年にわたり調べたところ 75% は 4 ファクター調整後のアルファがゼロであることを、
- Busse & Goyal & Wahal (2010) は米国株式投資ファンド 4167 ファンドを 91-08 年にわたり調べたところ 4 ファクター調整後のアルファはゼロと区別できないことを、

示している。

4. ベンチマークの進化とスマートベータ

以上のような進化をしてきたベンチマークインデックスは、リスクプレミアムやアノーマリーのあらゆる機会を取得しようとする包括的なスマートベータというインデックスに進化してきている（図表 7-7）。スマートベータ



図表 7-7 スマートベータへの進化

タに関しては明確な定義があるわけではない。図表 7-7 に示したように、市場に存在するリスクプレミアムを代表し、かつ、持続しているアノーマリーまで取り込んでいるベンチマークというところであろう。つまり、真のアルファを除き、リスクプレミアムやアノーマリーをベンチマークインデックスにしようという考え方である。ここでは、まずスマートベータについて良く引用される 3 つ定義を示しておく。

スマートベータの 3 つの定義

- ① 時価総額加重型でないインデックス
- ② システムティックなルールで作られたもので、市場インデックスをアウトパフォームしようとするインデックス
- ③ 市場ベータに加え、それ以外のリスクファクター（リスクプレミアムをもたらずファクターや持続するアノーマリー）にもエクスポージャーを持つインデックス

これらの定義では、それぞれが表そうとしているものが異なっていると言える。①は結果的に出来上がるインデックスの形状、つまり、時価総額加重型でない形状、を示している。②はインデックスの作り方を示しておりアルファを狙うルールをインデックス化したものという定義である。③はこれま

	売上高	キャッシュフロー	配当	株主資本		ファンダメンタルインデックス構成比
銘柄 1	1.23%	3.98%	2.22%	1.12%		2.14%
銘柄 2	2.23%	2.54%	3.37%	2.01%		2.54%
銘柄 3	3.32%	1.12%	1.23%	1.98%		1.91%
・	・	・	・	・	平均 ➡	・
・	・	・	・	・		・
銘柄 N	4.11%	5.13%	3.98%	1.27%		3.62%
合計	100%	100%	100%	100%		100%

図表 7-8 ファンダメンタルインデックスのウェイト

で説明してきたが、スマートベータの意義を示している。ここで、代表的なスマートベータであるファンダメンタルインデックスと最小分散ポートフォリオを取り上げ、スマートベータ導入の歴史を振り返ってみよう。

ファンダメンタルインデックス

スマートベータが登場したのは、2005 年にファンダメンタルインデックス（Arnott & Hsu & Moor (2005)）が提案された時であると言える。ファンダメンタルインデックスは、株価はオーバーシュートしやすいという考え方のもとで提案された。時価総額加重型インデックスでは時価総額のウェイトで投資することになり、ある銘柄の株価が上がればより大きなウェイトで投資し、株価が下がればより少ないウェイトで投資することになる。株価が適正であれば問題無いが、そうでなければ、結果的に、割高の銘柄をオーバーウェイトし、割安の銘柄をアンダーウェイトしがちになってしまうという考え方である。そこで、企業規模のフェアバリューとして、時価総額ではなく株主資本や売上高などのファンダメンタルバリューを用いることを提案した。具体的には、4つのファンダメンタル指標、つまり、株主資本、売上、キャッシュフロー、配当を採用し、それぞれの指標を母集団企業について合計して各企業のウェイトを計算する。そして、各企業の4つのウェイトの平均値を当該企業のファンダメンタルインデックスにおけるウェイトとする（図表 7-8）。

最小分散ポートフォリオ

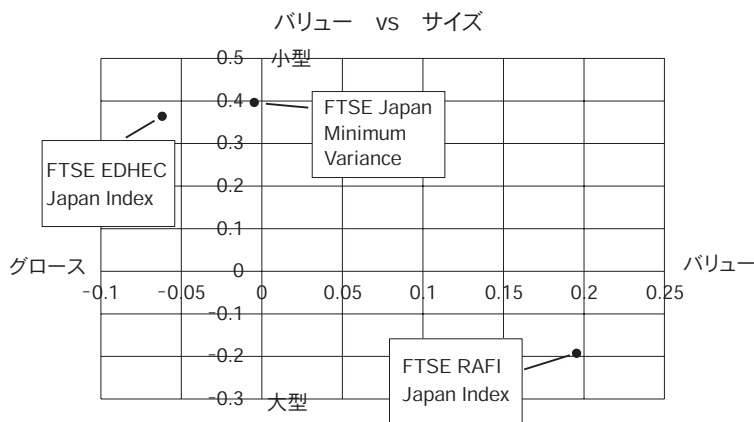
もう1つの代表的なスマートベータは最小分散ポートフォリオであるが、その最初の提案は90年代の初めまで遡る。Haugen & Baker (1991) は市場ポートフォリオの非効率性を指摘し、最小分散ポートフォリオがより高いパフォーマンスをもたらすことを示した。また、Haugen & Baker (1996) は、最小分散ポートフォリオの相対的に高いパフォーマンスの根拠となる、リスクのより低いポートフォリオがより高いリターンを示すというリスクパズルを指摘した。このリスクパズルはその要因がリスクの高低によるものであれば文字通りパズルであり、アノマリーと言うことができよう。ちなみに、このリスクパズルはAng et al. (2006) によって個別リスク (idiosyncratic risk) のリスクパズルとしてより精緻化されることになる。この最少分散ポートフォリオはリーマンショック後、株式投資の低ボラティリティに対するニーズが高まる中で、脚光を浴びるようになった。最小分散ポートフォリオの構築方法については第5章を参照のこと。

ところで、スマートベータは時価総額加重型の市場インデックスに比べて一般的にパフォーマンスが高いことが多くの研究で実証されている。これは、Arnott & Hsu & Moor (2011) も示しているように、ファンダメンタルインデックスや最小分散ポートフォリオがバリュファクターや小型ファクターなどのリスクプレミアムに対するエクスポージャを有しているためと考えられる。実際に検証してみよう。次の3つの代表的なスマートベータをスタイルファクターで回帰分析し、それらのファクターエクスポージャを評価してみる。

- FTSE RAFI Japan インデックス (RAFI)
- FTSE Japan Minimum Variance インデックス (MinVal)
- FTSE EDHEC Japan Risk Efficient インデックス (EDHEC)

ファクターインデックスとしては Russell/Nomura 日本株式スタイルインデックス (以下 R/N インデックス) を利用し、次の2つのファクターを使う。

$$\begin{aligned} \text{バリュファクター} &= \text{R/N バリュインデックスリターン} \\ &\quad - \text{R/N グロースインデックスリターン} \end{aligned}$$

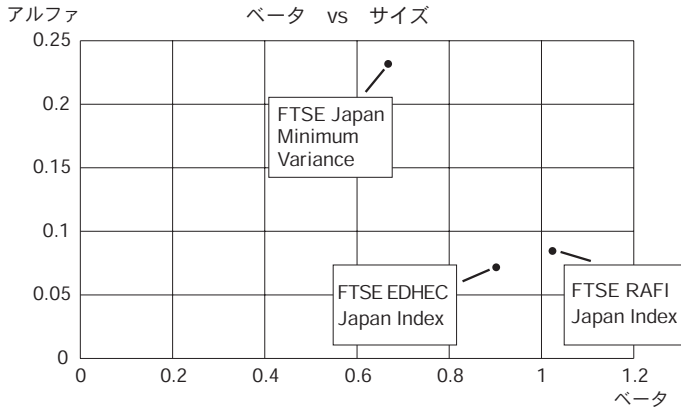


図表 7-9 スマートベータのスタイルマップ (バリュー vs スタイル)
 データ期間は 2005 年 10 月～2014 年 9 月出所：FTSE、野村證券、
 東京証券取引所のデータをもとに筆者作成

$$\begin{aligned} \text{小型ファクター} &= R/N \text{ スモールインデックスリターン} \\ &\quad - R/N \text{ ラージインデックスリターン} \end{aligned}$$

ただし、リターンは月次で期間は 2005 年 10 月～2014 年 9 月。また、バリューとグロースインデックスはトータルマーケットインデックスのものである。回帰分析は、スマートベータのリターンを TOPIX、バリューファクター、サイズファクターの 3 変数で回帰する。ただし、スマートベータと TOPIX のリターンは国債利回り (月率) を控除しておく。図表 7-9 はバリューファクターとサイズファクターに対する回帰係数を図表化したスタイルマップ、図表 7-10 は TOPIX ベータと回帰切片 (アルファ) によるスタイルマップである。2 つのスタイルマップから、RAFI がバリューファクターへのエクスポージャーが最も高く、EDHEC はややグロースよりであることが分かる。また、MinVal はサイズファクターへのエクスポージャーが高いことが分かる。また、RAFI はややベータが高いが、MinVal のベータはかなり低くなっていることが分かる。

以上スマートベータのファクター特性について実証的に分析したが、これらの結果は次のようにスマートベータの作り方からも理解できる。



図表7-10 スマートベータのスタイルマップ（ベータ vs アルファ）
 データ期間は2005年10月～2014年9月出所：FTSE, 野村證券, 東京証券取引所のデータをもとに筆者作成

ファンダメンタルインデックス

簡略化のため、銘柄*i*のファンダメンタルウェイトは株主資本価値 B_i のみから計算されると考える。すると、銘柄*i*のウェイトはそれぞれのインデックスにおいて次のように表すことができる。

$$\text{ファンダメンタルインデックス } x_i = B_i / B \quad (B = \sum B_i)$$

$$\text{時価総額加重型インデックス } w_i = M_i / M \quad (M_i = \sum M_i)$$

M_i ：銘柄*i*の時価総額

すると、

$$x_i / w_i = (B_i / B) / (M_i / M) = (B_i / M_i) \times (M / B) = (1 / PBR_i) \times C$$

($C = M / B$; i に無関係)

$$x_i = w_i \times (1 / PBR_i) \times C$$

つまり、ファンダメンタルインデックスにおける各銘柄のウェイト x_i は時価総額加重型インデックスにおけるウェイト w_i にPBRの逆数を掛けたものに比例していることが分かる、したがって、ファンダメンタルインデックスは時価総額加重型インデックスに比べて、バリュー株（低PBR株）にオー

バーウエイトしていることが分かる。これは、図表7-9で実証的に示されている結果と同じになる。

低ボラティリティインデックス

簡略化のため、 i 銘柄のウェイトをボラティリティ V_i の逆数と考える。すると、銘柄 i のウェイトはそれぞれのインデックスで次のように表すことができる。

$$\begin{array}{ll} \text{低ボラティリティインデックス} & x_i = (1/V_i)/V \quad (V = \sum 1/V_i) \\ \text{時価総額加重型インデックス} & w_i = M_i/M \quad (M = \sum M_i) \text{ 時価総額} \end{array}$$

すると、

$$\begin{aligned} x_i/w_i &= ((1/V_i)/V)/(M_i/M) = (1/V_i)(1/M_i) \times (M/V) \\ &= (1/V_i)(1/M_i) \times C \quad (C = M/V; i \text{ に無関係}) \\ x_i &= w_i \times (1/V_i) \times (1/M_i) \times C \end{aligned}$$

つまり、低ボラティリティインデックスにおける各銘柄のウェイト x_i は時価総額加重型インデックスにおけるウェイト w_i にボラティリティの逆数と時価総額の逆数を掛けたものに比例していることが分かる。したがって、低ボラティリティインデックスは時価総額加重型インデックスに比べてボラティリティが低く、かつ小型株にオーバーウエイトされたインデックスであることが分かる。後者は小型株プレミアムということになるが、前者の低ボラティリティについてはこのことをアノマリーと考えるのかあるいは何らかのリスクプレミアムがそこに内在していると考えerのかは今後の検討課題である。

等ウェイトインデックス

N 銘柄からなる等ウェイトインデックスの i 銘柄のウェイトは $1/N$ になる。すると、それぞれのインデックスの銘柄 i のウェイトは

$$\begin{array}{ll} \text{等ウェイトインデックス} & x_i = 1/N \\ \text{時価総額加重型インデックス} & w_i = M_i/M \quad (M = \sum M_i) \text{ 時価総額} \end{array}$$

すると,

$$\begin{aligned}x_i/w_i &= 1/N/(M_i/M) = (1/M_i) \times (M/N) = (1/M_i) \times C \quad (C=M/N) \\x_i &= w_i \times (1/M_i) \times C\end{aligned}$$

つまり, 等ウェイトインデックスのウェイト x_i は時価総額加重型インデックスのウェイト w_i に時価総額の逆数を掛けたものに比例し, 小型株にオーバーウェイトされたインデックスであることが分かる.

以上のように, インデックスの構成方法から, スマートベータは市場ベータに加え, それ以外のリスクプレミアムを獲得しようとするベンチマークインデックスであることが分かる.

5. リスクプレミアムの源泉

さて, 本章のこれまでの議論で株式投資においては何がリスクプレミアムかを評価することが極めて重要であることが分かる. Fama & French (1993) 以来, バリュファクターや小型ファクターがリスクプレミアムとして広く認識されてきている. しかし, なぜバリュファクターや小型ファクターがリスクプレミアムをもたらすのかは必ずしも明確になっているわけではない. Fama & French (1993) でも, その論文の最終章(第7章)に Open Question (未解決の問題)として, 「収益性等のファンダメンタルズは, マーケットリターンによって説明できず, 規模(訳者注: 小型ファクター)や BE/ME (訳者注: バリュファクター) に連動した共通の変動性をどうやって生み出すのか?」(筆者訳)としている. つまり, バリュファクターや小型ファクターは実証的にリスクプレミアムをもたらしているが, それにどのようなファンダメンタルな理由があるのかはまだ明確でないとしているのである. また, Pukthuanthong & Roll (2014) はバリュファクターや小型ファクターのような観測可能な特性は市場に影響を与えられずファクターになりえないとしている. これらに関しては現在に至るまで様々な議論がなされている.

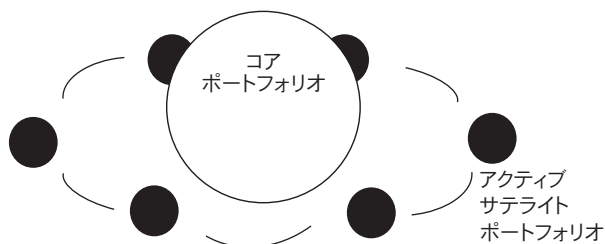
まず、そもそもバリューファクターや小型ファクターがリスクプレミアムかどうかについての議論を見てみよう。Lakonisho & Shleifer & Vishny (1994) はバリューによる高いリターンは投資家の非合理的な行動の結果（つまり、アノーマリー）であり、リスクが高いからではないとしてリスクプレミアムであることを否定している。また、Daniel & Titman (1997) はリターンを説明するのはリスク構造を表すファクターではなく、企業の特徴（characteristics）であるとしている。これに対し、Fama & French (2000) は、投資家の過剰反応や企業の特徴（characteristics）の影響もその要因として含めた上で、バリューファクターの有意性を主張している。

さて、バリューファクターがリスクプレミアムであるとすれば、どこにリスクがあるのだろうか。これに関しても様々な指摘がされている。Obreja (2013) は、バリュー企業（バリューファクターに対するエクスポージャーが高い企業）は営業レバレッジ（営業利益の変化／売上高の変化）が高い。つまり、それらは損益分岐点周辺にある企業であり、バリューファクターのリスクプレミアムは営業レバレッジのリスク（赤字への転落のしやすさ）に対するプレミアムであるとしている。Choi (2013) は、バリュー企業は不況期に資産ベータや財務レバレッジが上昇する傾向があると指摘している。つまり、不況期に倒産リスクが高まるのである。バリューファクターのリスクプレミアムはこれらのリスクに対するプレミアムということになる。Sylvain (2014) は、バリュー企業は人的資産のリスクが高いとしている。人的資産リスクとは、企業が企業固有の人的資産を有する場合、資産の成長と人的資産利益率の間の相関が強いことである。この人的資産リスクがバリューリスクプレミアムをもたらすことになる。以上、バリューファクターのリスクプレミアムに関するファンダメンタルな評価の例を示したが、これらの評価は数多く存在し、決定版があるというわけではない。また、Fama & French (2013) は既存の3ファクターモデルに収益性と成長性のファクターを加えた5ファクターモデルを提案しており、このモデルでは、バリューファクターが冗長になると示唆している。収益性と成長性というファンダメンタルなファクターによりバリューファクターが説明されるということだろう。しかし、収益性や成長性のリスクプレミアムをもたらすリスクについてはまだ明確な回答があるとは言えないと思われる。

6. リスクパズル

投資家が最小分散ポートフォリオを導入する理由は大きく分けて2つあると考えられる。1つはマーケットポートフォリオに比べてボラティリティの絶対値が低いことである。もう1つは一般的にマーケットポートフォリオに比べてリターンが高いと考えられていることである。後者のことをリスクパズルと呼んでいる。それは、リスクが低いのにリターンが高いというCAPMの世界ではアノーマリーが実現しているからである。このリスクパズルに関しては、Haugen & Baker (1996) がトータルリスクとリターンの関係について指摘したが、Ang et al. (2006) が個別リスク (idiosyncratic volatility) との関係としてさらに精緻化している。このアノーマリーについては、過去にいろいろな説明が試みられている。

第5章の検証でも示したが、リスクパズルと思われるリターンの中には小型株プレミアムなど既存のリスクプレミアムで説明される部分がある。しかし、それ以外の部分については様々な解釈がある。山田 & 永渡 (2010) は、高ボラティリティ銘柄に対する強気な業績予想が高ボラティリティ銘柄の低リターンを産んでいると指摘している。Huang et al. (2010) は、ボラティリティの上昇は一時的な株価の変動によって起こっており、株価は元に戻る傾向を示すと述べている。時価加重の分位ポートフォリオでは株価が上昇して時価が膨らんだ銘柄のウェイトが高くなり、それによってその下落の影響が強く出るためアノーマリーが生じる。すなわち低ボラティリティ効果はリターンリバーサル of 1つにすぎないとしている。また、Hou & Loh (2014) は宝くじに対する強い選好、短期的なリターンリバーサル、アーニングスサブライズがアノーマリーを説明するとしている。一方 Bali & Cakici (2008) は、検証のためのポートフォリオの作り方に問題があり、それらを修正するとアノーマリーが消失すると指摘している。以上のように様々な説明が提示されているが、バリュウの議論と同様に決定版があるとは言えない。これまでのリスクプレミアムの議論はあくまでも実証的な結果から言えるものなのである。

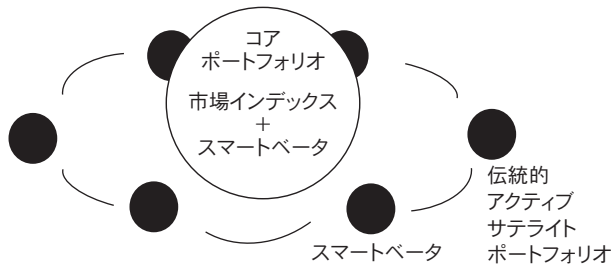


図表 7-11 ポートフォリオのコアサテライト構造

7. スマートベータの利用とファクター投資

① コア・サテライト構造

複数のリスクプレミアムの存在を前提としたスマートベータの登場でベンチマークの利用法も変わってくる。投資家はどのようにベンチマークを使えばいいのであろうか。ここでは、スマートベータの利用法について検討する。年金基金などの一般的な機関投資家の運用する株式ポートフォリオの多くはコア・サテライト型である。つまり、図表 7-11 にあるように、コアポートフォリオ（マーケットポートフォリオによるパッシブ運用が一般的）を中心に多様なアクティブ運用をサテライト（衛星）として組み合わせるというものである。この方法論の前提は、リスクプレミアムを生み出すファクターは市場リスクのみという考えである。つまり、市場リターンを超えるものはすべてアルファとなる。したがって、ポートフォリオの構造は株式のリスクプレミアムをもたらすコアポートフォリオを中心にアルファを生み出すアクティブポートフォリオが複数組み合わせあったものになる。ちなみに、この全体ポートフォリオにおけるコアポートフォリオの比率をどのくらいにするべきかという議論は重要である。これは、アクティブ運用の超過リターンの大きさとそのリスクによって決まる。大庭 (1999) は、パッシブ比率が資産規模から影響を受けることを示している。パッシブ比率はアクティブ運用の期待アルファに反比例し、アルファのボラティリティに比例することを導いている。つまり、アクティブ運用の期待アルファが大きいほどパッシブ比率は下がり、アルファのリスクが大きいほどパッシブ比率は高くなる。そして、規模が大きくなればコスト控除後のアルファの期待値は下がりそのリスクは



図表 7-12 コアサテライト構造とスマートベータ

高くなり、結果としてパッシブ比率が高まるということになる。

② コア・サテライト構造とスマートベータ

コア・サテライト構造を前提とするポートフォリオにおけるスマートベータの利用法は次の2つが考えられる。

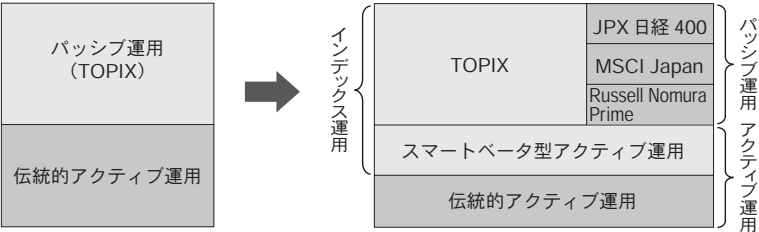
- ① アクティブサテライトにおける伝統的アクティブ運用の1つとして
- ② コアポートフォリオの代替

（図表 7-12）

このうち、①ではコアポートフォリオのベンチマークとして使っている市場インデックスに対して超過リターンを狙う通常のアクティブ運用と位置付けてスマートベータを使うことになる。したがって、コアポートフォリオのように長期的に使い続けることもあるが、ファクターの短期的な変動を利用して適宜入替えていくこともある。②ではコアポートフォリオで使っている市場インデックスの代替あるいは第2のインデックスとしてスマートベータを使う。この場合、使用するスマートベータはコアポートフォリオとしての性格上、回転率が低く、市場ポートフォリオから大きく乖離しないことが必要であろう。

図表 7-13 は 2014 年 4 月に発表された GPIF の新しいベンチマークインデックス（国内株式）の体系である。今までは TOPIX をベンチマークインデックスとして使ってきた GPIF がスマートベータを含めた多様なイン

【運用受託機関構成の変更
のイメージ図】



○スマートベータ型アクティブ運用

運用受託機関名	ベンチマーク
ゴールドマン・サックス・アセット・マネジメント株式会社 (ゴールドマン・サックス・アセット・マネジメント・エル・ピー)	S&PGIVI Japan (グロス・トータル・リターン)
野村ファンド・リサーチ・アンド・テクノロジー株式会社 (ディメンショナル・ファンド・アドバイザーズ・エル・ピー)	MSCI Japan Small (グロス)
野村アセットマネジメント株式会社：RAFI ※	野村 RAFI 基準インデックス

(注) ()内は再委託先, ※は既存の運用受託機関

図表 7-13 GPIF のベンチマークインデックス (国内株式)

出所：GPIF, 2014.4.4, 「国内株式運用受託機関の選定及びマネジャー・ストラクチャーの見直しについて」

デックスの組合せに移行したことで注目を浴びた。ちなみに、GPIF の国内株式ポートフォリオはコア・サテライト構造になっていることが分かる。そして、アクティブサテライトの代替として3つのスマートベータが採用されている。さらに、コア部分にも、スマートベータと言える JPX 日経 400 (収益性ファクターへのエクスポージャを持っている) を採用し、コア部分にも市場ベータ以外のリスクプレミアムを導入している。先ほど指摘したスマートベータの使用法①, ②の両方を実践している。

③ ファクター投資

ところで、市場ベータ以外のリスクプレミアムに対しても市場ベータと同レベルで重視するのであれば、市場ベータを含めた複数のリスクプレミアム

市場ベータ	バリュー ファクター	小型 ファクター	クレジット ファクター	...
-------	---------------	-------------	----------------	-----

図表 7-14 ファクター配分

に対する配分（ファクター配分）を考えるとということになる。つまり、市場ベータのリスクプレミアムをもたらすマーケットポートフォリオに加えてリスクプレミアムを生み出すバリューファクターや小型株ファクター等のポートフォリオに対する配分を決めることになる（図表 7-14）。そしてこの配分がコアポートフォリオを決めることになる。コアポートフォリオから多様なリスクプレミアムを取得することによってアクティブサテライトポートフォリオのアクティブリスクが減少し、ポートフォリオのトータルリスクを下げようという考え方である。ところで、ファクター配分を決めることは、どのファクターでリスクプレミアムを取るのかを決めることになる。この決め方としては、次の 2 つが考えられる。

- ① リスクプレミアムに対する見通しから決める
- ② 投資の目的（あるいは必要な機能）に沿って取るべきリスクファクターを決める

ところで、リスクプレミアムはあくまでも長期的なプレミアムであり、当然だが短期的には低いリターンをもたらすリスクがある。図表 7-15 は Russell/Nomura 日本株式スタイルインデックスの周期表である。これは、各年度におけるスタイル別リターンを大きい順に上から並べたものである。図表から分かるように、長期的にバリューインデックスのリターンは高くても短期的には逆のケースも起こる。例えば、2010～2013 年にかけてバリューインデックスのリターンは最下位であり続けた。したがって、ファクター配分は慎重に行う必要があることは言うまでもないが、同時に、短期的な市場環境に左右されない運用者の組織的体制も重要である。例えば、ノルウェー公的年金は運用上の基本ポートフォリオとしてリフェレンスポートフォリオを設定し、ファクター配分を行っている。その報告書（Ang &

年度 順位	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1	小型 26.28	割安 -10.14	割安 -26.41	コア 7.20	割安 12.23	割安 -11.78	割安 28.84	コア -7.34	成長 -0.80	コア 4.69	成長 49.70	小型 -6.17	小型 -9.35	小型 -13.39
2	市場 -8.40	コア -10.22	コア -27.22	成長 2.94	小型 11.53	コア -14.66	コア 27.75	割安 -9.85	コア -2.40	成長 4.03	コア 41.95	割安 -6.25	割安 -14.31	割安 -22.74
3	割安 -12.16	市場 -10.92	成長 -27.37	割安 2.51	コア 10.64	市場 -15.98	市場 25.81	成長 -11.14	市場 -6.14	市場 3.48	市場 34.74	市場 -22.14	市場 -15.35	市場 -24.85
4	成長 -16.65	成長 -11.10	市場 -27.41	市場 1.12	市場 9.62	成長 -18.31	成長 24.12	市場 -13.07	割安 -9.20	割安 3.26	小型 26.80	コア -29.41	成長 -16.96	成長 -29.55
5	コア -21.29	小型 -12.55	小型 -29.69	小型 -6.23	成長 6.59	小型 -20.05	小型 22.64	小型 -25.99	小型 -21.87	小型 0.18	割安 17.00	成長 -36.35	コア -17.63	コア -30.17

2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
小型 62.56	小型 11.59	コア 52.67	コア 6.55	成長 -26.77	小型 -28.50	割安 30.93	小型 -3.80	小型 6.73	小型 26.05	成長 19.48
割安 61.10	割安 3.82	成長 51.67	割安 5.77	市場 -27.76	割安 -30.45	コア 29.51	成長 -7.21	市場 0.44	コア 25.02	市場 18.68
市場 50.54	市場 1.68	市場 49.75	市場 0.97	コア -28.14	市場 -35.35	市場 29.42	市場 -9.20	成長 -0.36	成長 24.91	小型 18.66
コア 42.58	コア -2.04	割安 48.73	成長 -0.57	割安 -28.76	コア -39.38	小型 28.98	コア -10.48	コア -0.76	市場 23.48	割安 17.59
成長 38.94	成長 -2.59	小型 43.41	小型 -12.11	小型 -29.14	成長 -41.30	成長 28.04	割安 -13.04	割安 -0.88	割安 21.28	コア 17.30

図表7-15 スタイルインデックスの変遷 [巻頭のカラー口絵参照]

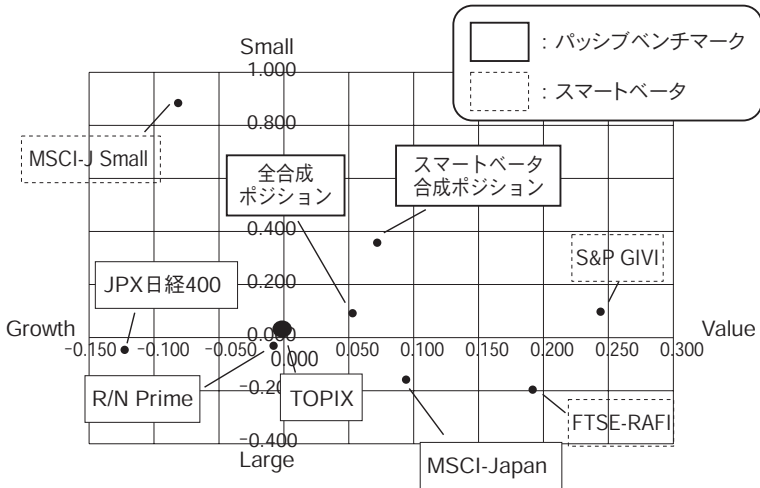
出所：野村證券

Brandt & Denison (2014)) では、ファクター配分の投資意思決定体制のガバナンスが重要であるとしている。ファクター配分は資産配分よりボラティリティが高いため、より充実した体制が必要になろう。

ファクター配分が決まれば、後はスマートベータによりそのファクター配分を実現させることになる。スマートベータには複数のリスクプレミアムに対するエクスポージャーがあることをこれまでに指摘した。したがって、そのスマートベータを組み入れることによりファクター配分を実現することになる。

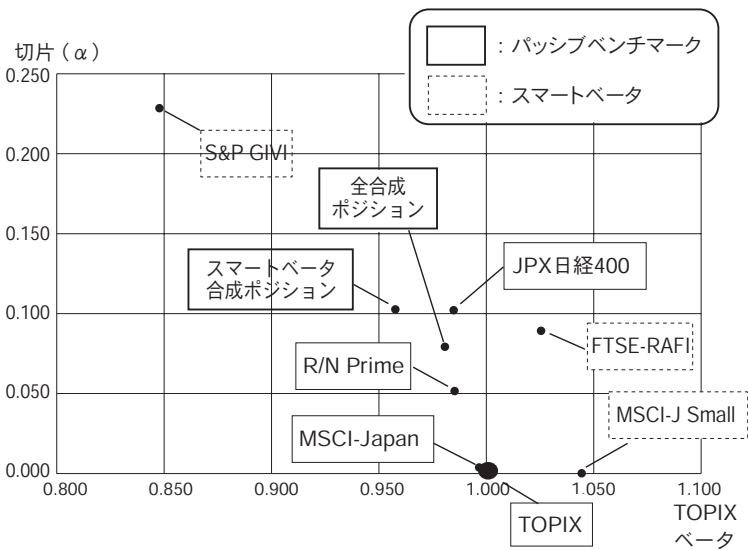
8. GPIF のケーススタディ

図表7-13で示したGPIFのケースを例にスマートベータによる全体ポートフォリオの構成を検討してみよう。図表7-16、7-17はGPIFが採用したベンチマークインデックスを、コアであるパッシブインデックス4つとス



図表 7-16 GPIF が採用したインデックスのスタイルマップ (1)

出所：FTSE、野村證券、MSCI、S&P、東京証券取引所のデータをもとに筆者作成



図表 7-17 GPIF が採用したインデックスのスタイルマップ (2)

出所：FTSE、野村證券、MSCI、S&P、東京証券取引所のデータをもとに筆者作成

マートベータ3つをスタイルマップ上に図示したものである。図表7-16はバリュエファクターと小型ファクターに対する回帰係数を図表化したスタイルマップ、図表7-17はTOPIXベータと回帰切片（アルファ）によるスタイルマップである。ただし、野村RAFIは代わりにFTSE-RAFIを使用している。分析方法は図表7-9と同じくTOPIX、バリュエファクター、小型ファクターの3変数で回帰して計算する方法で行っている。データ期間はJPX日経400は2006年9月～2014年3月、MSCI-Japanは1997年8月～2014年3月、Russell/Nomura Primeは1997年8月～2014年3月、S&P GIVIは2000年1月～2014年3月、MSCI-Japan Smallは2001年2月～2014年3月、FTSE-RAFIは2005年10月～2014年3月である。また、この図表には、TOPIXを除く6つのインデックスを等ウェイトで合成した全合成ポジションおよびスマートベータ3つ（S&P GIVI、MSCI-Small、FTSE-RAFI）のみを等ウェイトで合成したスマートベータ合成ポジションも示されている。

図表7-16から、バリュエあるいは小型ファクターへのエクスポージャを取っているインデックスが中心であることが分かる。一方、JPX日経400はROEという収益性ファクターに着目しているため、グロースファクターへのエクスポージャが高くなっていることが注目される。また、全合成ポジションも示してあるが、穏やかな小型バリュエへのエクスポージャとなっている。一方、スマートベータ合成ポジションはバリュエや小型へのエクスポージャがより高くなっている。一方、図表7-17から、パッシブインデックスに比べてスマートベータのTOPIXベータが1から乖離していることが分かり、パッシブインデックスとの差が明確になっている。低リスクファクターのエクスポージャを持つS&P GIVIのTOPIXベータは低く、逆にFTSE-RAFIとMSCI-Japan SmallのTOPIXベータは高くなっている。スマートベータ合成ポジション全体では、全合成ポジションに比べてTOPIXベータが低くなっている。これはS&P GIVIの効果が大きい、全体としてベータを下げたいということであろう。また、スマートベータながら、コアポートフォリオのパッシブインデックスとして採用されたJPX日経400のTOPIXベータは他のパッシブインデックス同様1に近く、コアポートフォリオとしての役割も果たしていると考えることができる。

— 参考文献 —

- Ang, A., Brandt, M. W., and Denison, D. F. 2014. "Review of the Active Management of the Norwegian Government Pension Fund Global"
- Arnott, R. D., Hsu, J., and Moore, P. 2005. "Fundamental Indexation", *Financial Analysts Journal* Vol61, No.2, pp. 83–99.
- Bali, T., Cakici, N. 2008. "Idiosyncratic Volatility and the Cross Section of Expected Returns", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 43, No. 1, March 2008, pp. 29–58.
- Banz, R. W. 1980. "The Relationship Between Return and Market Value of Common Stocks", *Journal of Financial Economics* 9 (1981) 3318, pp. 3–18.
- Barras, L., Scaillet, O., and Wermers, R. 2010. "False Discoveries in Mutual Fund Performance: Measuring Luck in Estimated Alphas", *Journal of Finance*, vol. 65, no. 1 (February):179–216.
- Bender, J., Hammond, B., and Mok, W. 2014. "Can Alphas be Captured by Risk Premia?", *The Journal of Portfolio Management* 2014 Winter, pp. 18–29.
- Black, F. 1972. "Capital market equilibrium with restricted borrowing", *Journal of Business* 45 (3): 444–54.
- Busse, J. A., Goyal, A., and Wahal, S. 2010. "Performance and Persistence in Institutional Investment Management", *Journal of Finance*, vol. 65, no. 2 (April): pp. 765–790.
- Carhart, M. M. 1997. "On Persistence in Mutual Fund Performance", *Journal of Finance*, 52,1, pp. 57–82.
- Choi, J. 2013. "What Drives the Value Premium? : The Role of Asset Risk and Leverage", *Review of Financial Studies* vol. 26, No. 1, pp. 1–31.
- Christopherson, J., Hansen, J. A., and Kato, Y. 1996. "Japanese Equity Style Indices: Tools for Performance Evaluation and Plan Management in the Japanese Market", *Russell Research Commentary*.
- Daniel, K., Titman, S. 1997. "Evidence on the characteristics of cross sectional variation in stock returns", *Journal of Finance* 52, pp. 1–33.
- Davis, J., Fama, E., and French, K. 2000. "Characteristics, Covariances, and average Returns: 1929 to 1997", *The Journal of Finance* 55, pp. 389–406.
- Fama, E. F., French, K. R. 1993. "Common risk factors in the returns on stocks and bonds", *Journal of Financial Economics* 33, 3–56.

- Fama, F. F., French, K. R. 2013. "A Five-Factor Asset Pricing Model"
- Goltz F., Sourd, V. L. 2010. "Does Finance Theory Make the Case for Capitalisation Weighted Indexing?", EDHEC Risk Institute Publication.
- Gressis, N., Philippatos, G. C., and Hayya, J. 1976. "Multiperiod performance analysis and the inefficiency of the market portfolio", *Journal of Finance* 31 (4): pp. 1115–26.
- Hansen, J. A. 1992. 「米国株式の運用スタイル」, 証券アナリストジャーナル, 1992.11, p11–28.
- Harvey, C. R., Liu, Y., and Zhu, H. 2013. ". . and the Cross-Section of Expected Returns" working paper, Duke University, Fuqua School of Business.
- Haugen, R. A., Baker, N. L. 1991. "The efficient market inefficiency of capitalization-weighted stock portfolios", *Journal of Portfolio Management*, 1991 Spring pp. 35–40.
- Haugen, R. A., Baker, N. L. 2008, "Case Closed".
- Hou, K., Loh, R. K. 2014. "Have we solved the idiosyncratic volatility puzzle?", Fisher College of Business Working Paper Series, Ohio State Univ.
- Huang, W., Liu, Q., Rhee, S. G., and Zhang, L. 2010. "Return Reversals, Idiosyncratic Risk, and Expected Returns", *Review of Financial Studies*, 23, pp. 147–168.
- Kahneman, D., Tversky, A. 1979. "Prospect theory: Analysis of decision under risk", *Econometrica* 47: pp. 263–91.
- Lakonishok, J., Shleifer, A., and Vishny, W. 1994. "Contrarian Investment, Extrapolation, and Risk", *The Journal of Finance* 49, pp.1541–1578.
- Obreja, I. 2013. "Book-to-Market Equity, Financial Leverage, and the Cross-Section of Stock Returns", *The Review of Financial Studies* v26n5 2013, pp. 1146–1189.
- Pukthuanthong, K., Roll, R. 2014. "A Protocol for Factor Identification".
- Roll, R. 1977 "A Critique of the Asset Pricing Theory's Tests: Part I On Past and the Potential Testability of the Theory", *Journal of Financial Economics*, 4, pp. 129–176.
- Rosenberg, B., Reild, K., and Lanstein, R. 1985. "Persuasive Evidence of Market Inefficiency", *The Journal of Portfolio Management*, 11, 3, pp. 9–16.
- Sharpe, W. F. 1964. "Capital asset prices—A theory of market equilibrium under Conditions of risk", *Journal of Finance* 19 (3), pp. 425–42.
- Sylvain, S. 2014. "Does Human Capital Risk Explain The Value Premium Puzzle?",

working paper.

井出正介 . 1986. 「アメリカのポートフォリオ革命」, 日本経済新聞社 .

大庭昭彦 . 1999. 「年金運用におけるパッシブ運用の理論と最適パッシブ比率」, 証券アナリストジャーナル 1999.8, pp. 23–35.

— 第3部 —

キャッシュフロー管理技術

—— 第8章 ——

タイミングリスクとドルコスト平均法

本章では、退職者がまとまった退職金（現金）を手にした場合、いつ投資すべきかという投資タイミングの方法論について検討する。多くの退職者は退職時点で退職金を受け取る。多くの人にとって、人生で最大の現金を手にするタイミングであろう。そして、それをどのようなポートフォリオで運用していくのかは極めて重要な意思決定である。しかし同時に、どのようなタイミングでポートフォリオに移管していくのかも重要な意思決定である。本章では、そのタイミングのリスクとそのリスクを回避する方法論に関して検討する。

1. タイミングリスク

例えば退職金を元手に株式投資をした人が2人（Aさん、Bさん）いたとしよう。Aさんが退職したのは2008年3月末、Bさんは2009年3月末だったとする。二人とも退職したタイミングで退職金の一部（同じ金額）を株式に投資したとする。投資した株式を二人がそのまま保有していたとしたら、2013年3月末時点でこの二人の株式資産の差はどうなっているだろうか？

二人の株式投資のパフォーマンスがTOPIXと同じで投資額が1000万円だったとする。2013年3月末時点で2人のパフォーマンスを評価すると、Aさんの保有する株式は947万円と元本割れしているが、Bさんは1452万円と約5割増えている（受け取った配当金も直後に株式に再投資したとする）。その差は天国と地獄である。ちなみに、アベノミクス前の2012年10月末時点における2人の資産はAさんが673万円、Bさんが1031万円であり、Aさんは投資した資産を半分近くにまで減らしたことになる。この差の原因が2008年秋に起こったリーマンショックであることは言うまでもない。投資

のプロでも予想できなかったこの「想定外」の金融危機に出会ってしまうかどうかはその人の退職のタイミングによるのであり、投資の巧拙というよりは運と言った方が良いだろう。

この退職後の初期における市場変動の影響はその後の資産運用に大きな影響を与えてしまうことは容易に想像できるが、この退職後初期のリスクは Sequence of returns (SOR) リスクと呼ばれており、米国のリタイアメント・マネジメント研究の分野でも大きな研究テーマになっている。この影響の大きさについては、第10章で検証する。

リスク資産の投資パフォーマンスにおいて投資するタイミングは極めて重要である。資産価格が上昇する直前に買えばすぐに利益が得られる。一方、資産価格が下落する直前に買えばすぐに損失が出てしまう。株式などのリスク資産の価格は一般的に大きく変動する。したがって、投資のタイミングにより投資パフォーマンスは大きく変わってしまう。しかも、その変動のタイミングを予測することは困難である。投資パフォーマンスに運が大きく影響することは否定できない。しかし、そうは言っても全く諦めるわけにもいかない。そこで、できるだけ運に影響されない投資方法を考えてみる必要がある。

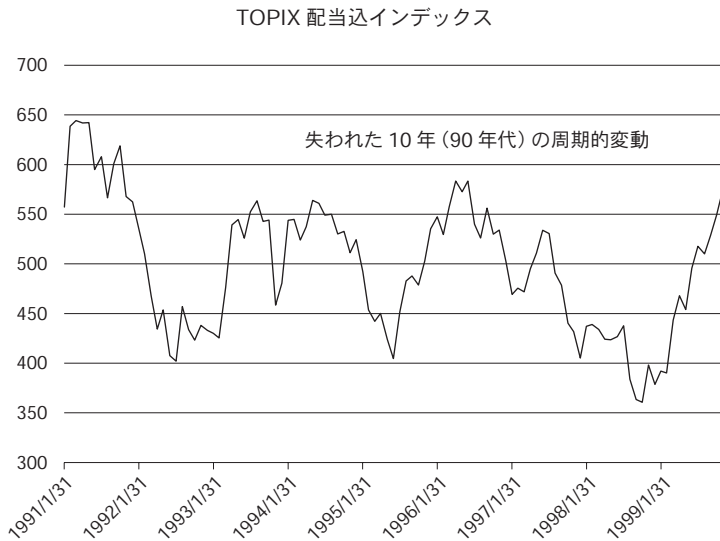
2. 市場の周期と時間分散

市場にはサイクル（周期的変動）があると言われる。時代の変化に伴う長期的な変動から景気サイクルに伴う中期的な変動、そして、需給の変化に伴う短期的な変動まで様々な変動がある。加えて、リーマンショックのような突発的かつ大きな変動もある。図表8-1はTOPIX 配当込インデックスの長期的な推移を示している。80年代の不動産バブル、90年代の失われた10年、90年代末のITバブル、そして、それに続くITバブル崩壊、世界的な好景気、リーマンショック、アベノミクスと周期的に上げ下げを繰り返していることが分かる。もう少し短いスパンで見ても同様な周期があることが分かる。図表8-2は失われた10年（90年代）の間のTOPIXの推移であるが、この10年という期間内でも周期的変動があることが分かる。さらに、図表8-3はリーマンショック後からアベノミクス前までのTOPIXの推移であるが、こ



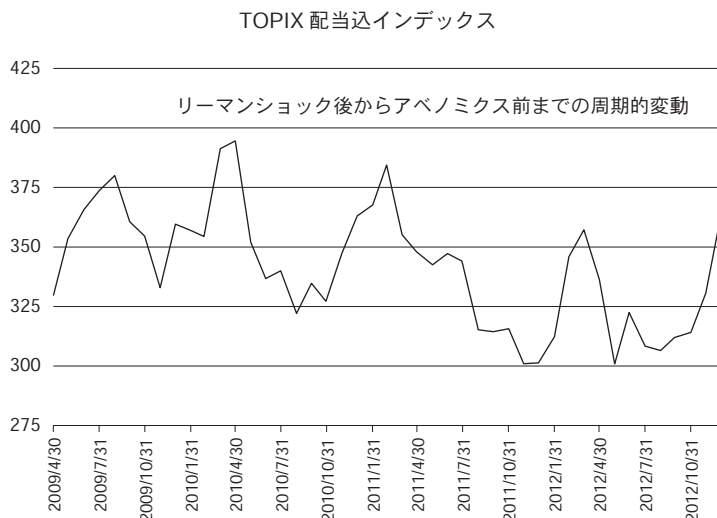
図表 8-1 TOPIX の長期的変動 (1973 年 1 月末 =100)

出所：東京証券取引所のデータから筆者作成



図表 8-2 TOPIX の中期的変動 (1973 年 1 月末 =100)

出所：東京証券取引所のデータから筆者作成



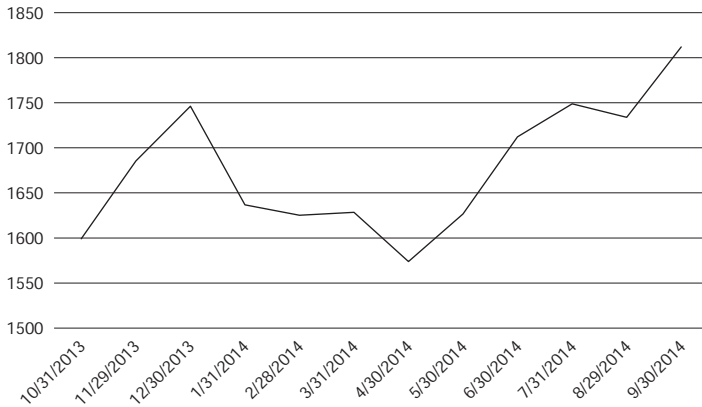
図表 8-3 TOPIX の短期的変動 (1973 年 1 月末 =100)

出所：東京証券取引所のデータから筆者作成

の3年半の間にも周期的変動が見られる。また、直近の1年間の変動(図表8-4)を見ても周期的変動が見られる。このように、周期的変動は長期的にも短期的にも常に起こっていることが分かる。そもそもこれがリスク資産の特性である。したがって、この周期的変動に影響されにくい投資手法あるいはリスク管理方法が必要になる。

もちろん、これらの周期的変動を予想することは極めて難しい。リスク資産への投資においては、このような市場リスクを想定し、運に左右されにくい投資の考え方がある。それが「時間分散」である。リスク資産に投資する時は、価格が安くなったところで買うのがベストであることは言うまでもない。しかし、その安い時を予想するのはほとんど不可能である。もう少し安くなったら買おうと思っていたらどんどん高くなってしまい結局高い価格で買ってしまった、ということはよくあることである。逆に安くなったと判断して投資したら思いもかけない危機が発生し暴落してしまったということもあるかもしれない。そこで、時間を分けて投資を行うようにするのである。つまり、投資資金を細かく分け、時間をかけて投資を行うということである。例えば、100万円分の資金を株式に投資する時は、一度に

TOPIX 配当込インデックス



図表 8-4 TOPIX の直近の変動（1973 年 1 月末=100）

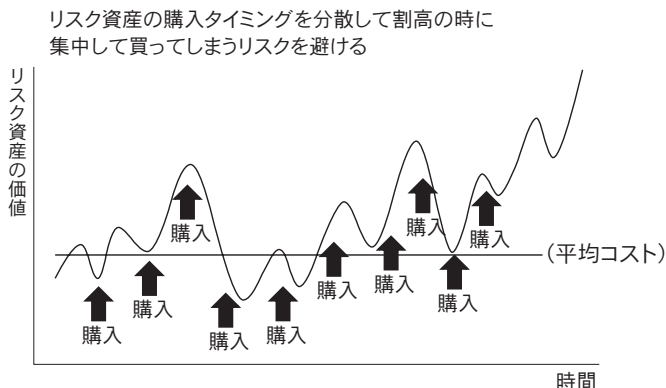
出所：東京証券取引所のデータから筆者作成

100 万円投資するのではなく、毎週（あるいは毎月）10 万円ずつ 10 回に分けて投資を行うようにする。これにより、すべて高値で買ってしまうというリスクを避けるのである。

10 回に分けて買えば、高い時も安い時もあり、平均すれば、一番高い時に買ってしまうリスクを避けることができる（図表 8-5 参照）。もちろん、最も安い時点で買った場合よりは高い価格で買うことになるが、そもそも最も安い価格で買うことは無理と考えるのである。この方法は時間を分散して投資することから「時間分散」と呼ばれている。時間分散はタイミングというリスクを低減する方法なのである。なお、この時間分散による投資法は「ドルコスト平均法」とも呼ばれている。

3. ドルコスト平均法の分類と有効性

ドルコスト平均法については古くから提案されてきている。Ketchum (1947) や Weston (1949) などはドルコスト平均法に関する 60 年以上前の研究であるが、その有効性を指摘している。多くの証券会社や投資アドバイザーも有力な投資方法として個人投資家に進めている。証券会社で毎月一定の



図表 8-5 時間分散によるリスクの低減

金額を規則的に投資する「るいとう」という商品があるが、「るいとう」はまさに時間分散を利用した投資方法である。しかし、ドルコスト平均法の有効性については様々な議論があり、評価が定まらないことも事実である。どのような買い方をしてもリスクは変わらない (Sharpe (1978)) という否定的な意見から、悪いタイミングで株式や債券に投資してしまうリスクを避ける方法である (Malkiel (1996)) という肯定的な意見まで多様である。また、Brennan & Li (2005) は、学術的な研究は多くないと指摘しているが、市場は効率的であり株価の変動はランダムであるという伝統的な投資理論の前提がドルコスト平均法の方法論にそぐわないことや、ドルコスト平均法が理論的に証明することが困難であることがその理由であろう。それゆえ、結局実証的に示すしかないと考えられている。しかし、証券価格変動の特性に関する研究が進み、ドルコスト平均法に対する見方も変わってきていると言える。Poterba & Summers (1988) に代表されるように証券価格には平均回帰性があることが知られるようになってきており、ドルコスト平均法の有効性に関して肯定的な見方をする流れもある。しかし、多くの実証研究も行われているが結果の評価は多様であり、白黒をつけることは困難である場合が多い。Brennan & Li (2005) はすでにマーケットポートフォリオを保有している投資家が追加的に投資を行う際に高い効用を得られるという指摘している。一方で、Vangurd (2012) は株式の安全資産に対するパフォーマンスの優位性から

ドルコスト平均法の有効性を否定している。つまり、ドルコスト平均法は結局のところ買うタイミングを遅らせているだけだという指摘である。これらの異なる評価は実証分析の困難さを表している。

ところで、実証研究を行う場合、次のような多くの課題がある。

- どの時期で検証を行ったのかというタイミングの問題
- どのくらいの期間ドルコスト平均法を行のかという期間の長さの問題
- どんな戦略と比較するのか
- 何に投資するのか

つまり、比較対象の選択肢の多様性が、実証分析を困難にしている。当然だが、市場が上げ続けている時はドルコスト平均法よりも最初にすべて買ってしまった方がパフォーマンスは良くなる。逆に市場が下げ続けている時は逆の結果になる。分析期間が1年間と5年間では、ドルコスト平均法で現金で保有し投資していない期間の差が長過ぎるため評価が困難になるだろう。また、比較の対象も当初にすべて買った場合と株式と債券を50%ずつ保有した場合では、投資元本などによって、パフォーマンスが異なる。Brennan & Li (2005) は、期初に株式と債券に50%ずつ投資して毎月リバランスした場合、ドルコスト平均法で時間分散して購入した場合より高いパフォーマンスを示す場合が多いと指摘している。

一方、保守的な個人投資家から見れば、ドルコスト平均法には少額から投資できるという大きなメリットがある。また、本章の冒頭で指摘したように、退職金を受け取ったばかりの退職者にとって、まとめて投資した後に大きなリスクが実現した場合の復元は困難であり、長期的なリターンが低いとしても、リーマンショックのようなショックに巡り合ってしまうという致命的なリスクを下げられるとすれば、保険としてドルコスト平均法の有効性は低くないと言える。これについては、ドルコスト平均法について否定的な結論を示している Vanguard (2012) でも同様な指摘がされている。

ところで、以上の議論では、2つの異なる目的が混在していることに気付く。そして、ドルコスト平均法の評価を考える上では、その目的を分けた上で別々に評価する必要がある。その2つとは次のような分類である。

- ① まとまった資金のない個人投資家が長期的な投資・資産運用をする際に、毎月の収入から少額の資金を株式に投資する方法として
- ② まとまった資金を持っている投資家が、その資金を株式に投資する際の買い付けタイミングの方法として

このうち、①はタイミングリスクを考えているというよりは、まとまった投資資金のない投資家がフローとして受け取る収入の一部を預金などで保有しておく代わりに株式に投資し続けた、ということであり、株式に投資せずに預金で保有した場合（あるいは他の資産に投資した場合）との比較という問題になる。つまり、投資のタイミングではなく、株式という資産のパフォーマンスが評価の対象になると言える。②については、まさに、投資のタイミングリスクを考慮した投資手法ということでありタイミングリスクのヘッジが有効かどうかという問題となる。そして、基本的には期初にすべての資金を株式に投入する場合との比較による評価ということになる。退職者が退職金をどのタイミングで投資するのかというタイミングリスクヘッジのためのドルコスト平均法の効果という議論は②に該当することになる。

4. ドルコスト平均法のシミュレーション

前節の最後で指摘したように、ドルコスト平均法には2つの分類があるが、ここでは、タイミングリスクのヘッジとして②についてのシミュレーションを行い、そのヘッジ機能を評価する。シミュレーションは、ドルコスト平均法による月1回の購入を1年間継続するものとして、そのパフォーマンス（1年後の資産残高）を期初に一括で購入した場合と比較する。投資対象は世界株式インデックスポートフォリオ（FTSE All-World インデックス）とし、2000年5月から2013年4月まで分析する。シミュレーションは2000年5月からスタートし、12か月間ドルコスト平均法で毎月1万円ずつ投資した場合と期初（2000年5月）に12万円投資した場合の12か月間のパフォーマンス（期末残高）を計測し、得られた2つの結果を比較する。次に、スタートを1か月ずらしてスタートし、同様なシミュレーションを行う。以上をデータが許す限り繰り返す。全部で回数は144回（144サンプル）になる。なお、

ドルコスト平均法では、株式に投資されていない分は投資するまで現金（待機資金として MRF などが考えられるが期間が短くまた金利が極めて低いいためここでは無視して考える）として保有したと仮定し、併せたものでパフォーマンスを計測する。

結果を見ると、投資元本が12万円となる各1年間の期末の金額ベースでドルコスト平均法から期初一括投資を引いた差の平均値は▲0.17万円である。t値は▲1.30であり、ゼロであることを10%でも棄却できない。つまり、1年後の期末残高の平均値のみから考えれば、ドルコスト平均法と期初一括投資は変わらないということになる。なお、総サンプルの144回中株価が上昇しているのは85回とサンプル中60%であり、期初一括投資の優位性が予想される中で、ドルコスト平均法が健闘していると考えることができる。ところで、双方のリスクを調べるために、この144サンプルの期末資産残高の統計値を調べてみる（図表8-6および8-7参照）。これを見るとドルコスト平均法の方が期初一括投資より期末資産残高のばらつきが小さく、テールリスクが小さいことが分かる。また、元本割れした回数を比較すると、ドルコスト平均法が51回であるのに対し、期初一括投資は59回となっている。ドルコスト平均法は十分考慮に値するものと言えよう。

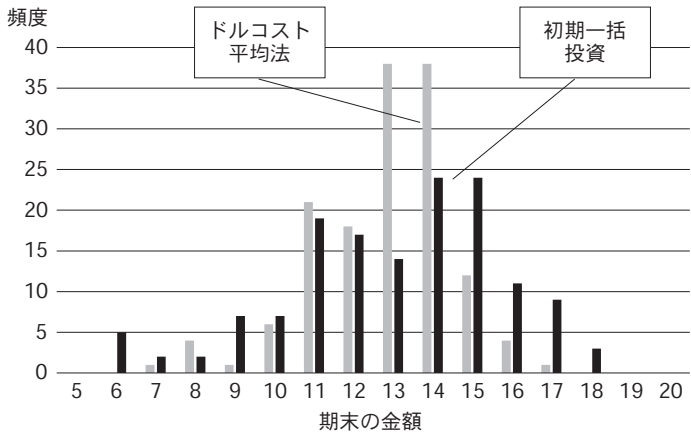
冒頭の例であげたAさんも、退職後の株式投資を2008年の3月末に一度に1000万円分行うのではなく、12回に分けて毎月投資したとすれば、2013年3月末時点で1105万円になり、時間分散しない場合（947万円）に比べて16%高いパフォーマンスとなっている。もちろんそれでもリーマンショックの影響を大きく受けているが、元本割れもなく影響が緩和されていることが分かる。リーマンショックのような歴史的なリスクがめったに実現しないとしても、一生に一度しかない退職金の投資というイベントにおいて、ショックに出くわすことを避けるという意味でドルコスト平均法には意義があると言えよう。ドルコスト平均法はまさにタイミングリスクに対応する投資手法と言える。

なお、図表8-8は、期初に160万円の現金を保有していると仮定し、1万円ずつ160か月間という長期にわたって投資した場合の株式投資残高と保有

期末金額	ドルコスト平均法	期初一括投資	サンプル回数：144 株価上昇回数：85
平均値	12.31	12.48	
最小値	6.99	5.67	
1パーセンタイル	7.20	5.76	
期末元本割回数	51	59	

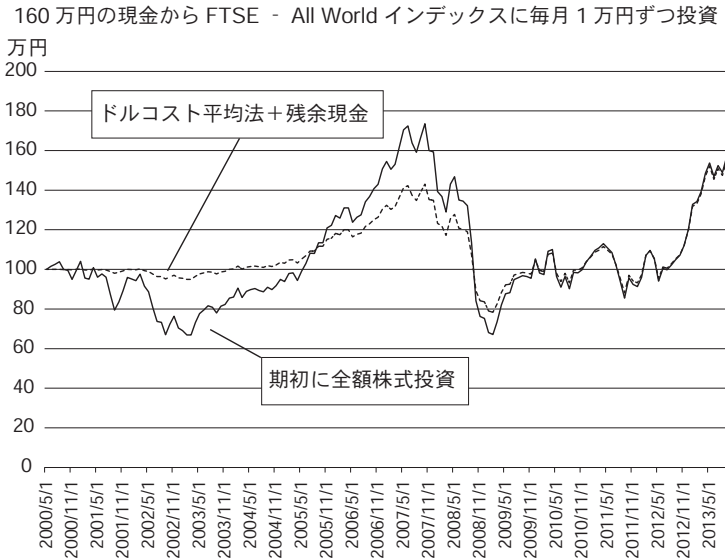
毎月1万円ずつ12か月投資した場合の1年後の資産残高

図表8-6 ドルコスト平均法と期初一括投資
出所：FTSE のデータをもとに筆者作成



図表8-7 ドルコスト平均法と期初一括投資（分布）

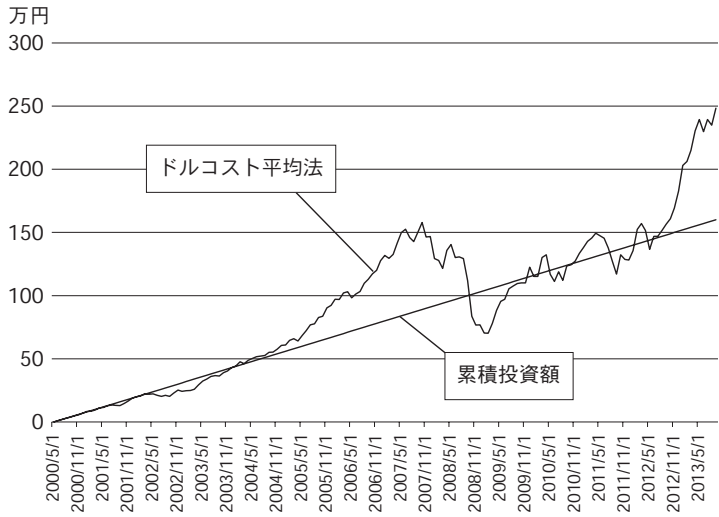
している現金の合計値（1か月目は1万円を株式に投資し、現金が159万円残っていることになる）と期初に160万円すべてを株式に投資した場合の株式投資残高の推移を示している。ドルコスト平均法では、前半は現金の比率が高いためボラティリティが小さいが、後半になれば現金比率が減り、ボラティリティ上がってくるのが分かる。この2つのシミュレーションから分かることは、長期的に見れば、ドルコスト平均法も期初一括投資も双方株式に投資していることに変わりはなく大きな差がないということである。これは、1年毎の比較で平均値に差がなかったことや Sharpe (1978) の指摘と共通する結果である。



図表 8-8 長期的なドルコスト平均法のパフォーマンス

出所：FTSE のデータをもとに筆者作成

参考までに、前節で分類した①の長期的な投資手法としてのドルコスト平均法のパフォーマンスを検証してみよう。例えば、2000年5月から2013年9月まで毎月1万円ずつ世界株式インデックスポートフォリオ（FTSE All-World インデックス）にドルコスト平均法で投資を続けた場合の投資元本と株式投資残高の推移を比較してみる。投資期間は160か月になり、累積投資元本は160万円になる。図表8-9は累積投資元本と株式投資残高の推移を示している。期初に資産はなく、毎月1万円ずつ新たに投資した場合を想定している。直線が累積投資元本の推移を示している。一方、株式市場の変動により株式投資残高は大きく変動していることが分かる。リーマンショックの影響で2008年に大きく落ち込んでいるが、その後回復している。しかし、再度リーマンショックのようなイベントが起こり50%下落というようなことが起これば、2013年9月末の資産残高248.3万円は144.2万円まで下落し、投資元本を割ってしまうことになる。ドルコスト平均法による長期的な投資も結局は株式市場の変動に大きく影響されることを理解しておく必要がある。



図表 8-9 長期的なドルコスト平均法のパフォーマンス

出所：FTSE のデータをもとに筆者作成

— 参考文献 —

- Bawa, V. S. 1975. "Optimal rules for ordering uncertain prospects", *Journal of Financial Economics*, 2, pp. 95-121.
- Brennan, M. J., Li, F., and Torous, W. N. 2005. "Dollar Cost Averaging", *Review of Finance* (2005) 9: pp. 509-535.
- Estrada, J. 2008. "Mean-Semivariance Optimization: A Heuristic Approach", *Journal of Applied Finance* Spring/Summer 2008, pp. 57-72.
- Harlow, W. V. 1991. "Asset allocation in a downsiderisk framework", *Financial Analysts Journal* 47, No. 5, pp. 28-40.
- Ketchum, M. D. 1947. "Investment management through formula timing plans", *Journal of Business* 20, pp. 157-158.
- Lo, A., MacKinlay, C. A. 1988. "Stock market prices do not follow random walks: Evidence from a simple specification test", *Review of Financial Studies* 1, pp. 41-66.
- Malkiel, B. G. 1996. "A Random Walk down Wall Street: The Best Investment Advice for the New Century", W. W. Norton & Co., New York.
- Markowitz, H. 1952. "Portfolio Selection", *The Journal of Finance*, Vol. 7, No. 1. (Mar. 1952), pp. 77-91.
- Markowitz, H. 1959. "Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments", New York, NY, John Wiley & Sons.
- Markowitz, H. 1991. "Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments, 2nd ed.", Cambridge, MA, Basil Blackwell.
- Poterba, J., Summers, L. H. 1988. "Mean reversion in stock prices: Evidence and implications", *Journal of Financial Economics* 22, pp. 27-60.
- Statman, M. 1995. "A behavioral framework for dollar-cost averaging", *Journal of Portfolio Management*, 22, pp. 70-78.
- Sharpe, W. F. 1978. "Investments", Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Vanguard. 2012. "Dollar-cost averaging just means taking risk later", Vanguard Research.
- Weston, J. F. 1949. "Some theoretical aspects of formula timing plans", *Journal of Business* 22, pp. 249-270.

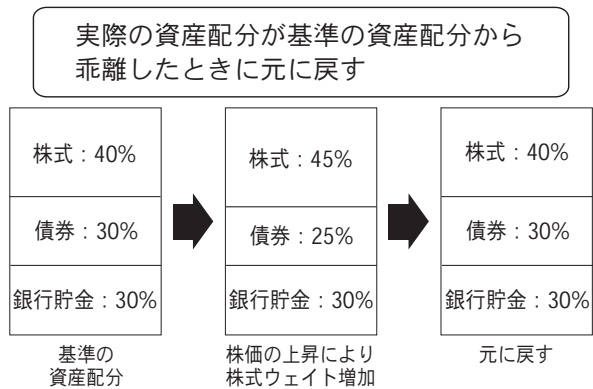
第9章

継続的なリスク管理とリバランス

本章では資産運用で忘れられがちなポートフォリオのメンテナンス、つまり、リバランスについて検討する。大きなリスクの取れない退職者はこのメンテナンスに十分に気を付ける必要がある。それは、メンテナンスをせずに放置しておくと思図しないリスクを取ってしまう可能性が高まるからである。

1. なぜリバランスするのか

最初は時間をかけて自分に適したポートフォリオを作ったのだが、いったん投資をしてしまったら後はそのまま放っておく、という投資家が多い。しかし、放置しておくで資産配分が当初決めたものと大きく異なってしまうと思図しないリスクをもたらす可能性がある。放っておくことは適切なアプローチではないだろう。特に大きなリスクを取れない退職者にとってはリスク管理のためのメンテナンスが重要である。証券市場は日々変化しており、ポートフォリオを放っておいた場合、知らないうちに大きなリスクを取ってしまう可能性が出てくる。資産運用では投資した後の継続的な管理が極めて重要なのである。その継続的な管理の1つがリバランスである。リバランスとは当初決めた資産配分比率が時間の経過とともに変わってしまった場合、元の資産配分比率（基準資産配分比率あるいは政策的資産配分比率）に戻すということである。例えば投資した当初の資産配分の比率が（株式 40%、債券 30%、銀行預金 30%）だったとしよう。証券価格は時間とともに変動するため、この比率も変動する。例えば、株価が上昇、債券価格が下落して、その比率が（45%：25%：30%）になったとする。これをもとの（40%：30%：30%）に戻すために売買することをリバランスと言う（図表 9-1）。



図表 9-1 リバランス

ところで、なぜリバランスを行う必要があるのだろうか？ それはもともと基準資産配分比率を決める時に、効用関数を最大化するように決めているはずだからである。効用関数の前提が変わっていないとすれば、証券価格が変動して実際の資産配分比率が変わってしまった場合、効用は低下してしまっているはずである。したがって、元に戻し、効用を回復させる必要があるのである。とすれば、本来は微小でもずれたら元に戻すべきである、ということになる。これは、Merton (1969) がポートフォリオ問題として示したものである。しかし、実際には連続的に売買することは運用上不可能であるし、売買には取引コストがかかる。連続的にリバランスすることは現実的ではない。取引コストを考えながら適切なタイミングで元に戻すということを行うのが一般的である。ちなみに、何らかの理由で効用関数の前提が変わり、最適な資産配分比率が変わったために売買を行うことは再構築 (re-allocation リアロケーション) と呼び、リバランスと区別している。本章ではリバランスについて検討する。

ところで、証券価格の変動は Merton (1969) が仮定しているような幾何ブラウン運動ではないことも知られている。一般にリスク資産の価格には平均回帰性 (ミーンリバージョン) という性格がある。これは、上がったものは下がり下がったものは上がる、という平均に戻る特性である。De

2. リバランスの方法

それではどのようにリバランスをすれば良いのであろうか。様々な機関投資家がいろいろな方法を検証しているが、山下（2000）などを参考にして、次の2つに分ける。

- ① 定期的にリバランスを行い基準資産配分比率に戻す。
- ② 資産配分比率に許容できる乖離幅の閾値を設定し、資産配分比率の乖離幅が閾値を超えたところで当初の基準資産配分比率に、あるいは、ある事前に決めた所に戻す。

ここで、①で言う定期的とは、例えば、毎月1回、四半期に1回、あるいは、半年に1回リバランスを行うという方法である。リバランスのタイミングで資産配分が元の比率から少しでも乖離していれば、リバランスを行い元の配分比率に戻すことになる。この方法は分かりやすくプロでない投資家にとっては管理しやすいが、どのタイミングが最適なのかを理論的に導くことはできない。また、リバランスの間隔を長くした場合、次のリバランスタイミングまでに資産配分比率が基準資産配分比率から大きく乖離してしまい大きなリスクを取ってしまう可能性もあるので注意する必要がある。したがって、大きなリスクを取れない投資家は短い期間でリバランスを行い、リスクが取れる投資家は長めの期間を設定できる。ただし、間隔を短くすれば、売買回数が増加してコストが余計にかかってしまうため、そのトレードオフの中で適切な時間の間隔を決める必要がある。

一方、②では、乖離幅の大きさがある値（閾値）を超えたところでリバランスを行うという方法である。例えば、閾値を当初の配分比率 $\pm 5\%$ と決めたとすれば、株式の配分比率が当初の基準資産配分比率（例えば30%）を上か下に5%以上超えたところ（つまり、25%を下回るか、35%を上回るところ）で基準資産配分比率である30%、あるいは、その閾値を加えた比率（下に行った場合は25%、上に行った場合は35%）に戻すというものである。ここで問題になるのは閾値の決め方であろう。そもそも、この乖離幅によるリバランスの理論的根拠は効用の最大化にある。リバランスは最大効用に戻すことが目的であるとすれば、この閾値の設定は効用関数最大化問題と考え

ることができる。Leland (1995) は株式と債券の2資産の資産配分問題で最適な閾値を解析的に導いているが、その閾値は、金利、株式と債券の期待リターンの差、株式と債券のボラティリティの相対値、トラッキングエラーのコスト、株式と債券の取引コストに依存するとしている。浅野 (1998) は株式と債券の離散的な2資産モデルにおいて投資家の効用関数から、次のように閾値を導いている。このモデルを使うと閾値の設定方法を分かりやすく説明できるので、以下、その要旨を示す。

まず、投資家の効用関数 $U(x)$ を次のように定義する。 x は株式への配分比率である。

$$U(x) = \mu - \frac{1}{2\tau}\sigma^2$$

ただし、

$$\begin{aligned}\mu &= x\mu_S + (1-x)\mu_B \\ \sigma^2 &= x^2\sigma_S^2 + (1-x)^2\sigma_B^2 + 2x(1-x)\sigma_{SB}\end{aligned}$$

ここで、

τ リスク許容度

μ_S 株式の期待リターン

μ_B 債券の期待リターン

σ_S 株式リターンの標準偏差

σ_B 債券リターンの標準偏差

σ_{SB} 株式リターンと債券リターンの共分散

ここで、効用を最大化する x を求めるために $U(x)$ を微分しゼロと置く。

$$\begin{aligned}\frac{dU}{dx} &= D - \frac{x A - B}{\tau} = 0 \\ A &= \sigma_S^2 + \sigma_B^2 - 2\sigma_{SB} \\ B &= \sigma_B^2 - 2\sigma_{SB} \\ D &= \mu_S - \mu_B\end{aligned}$$

ここで、最適な x (基準資産配分比率) を x^* とすれば、次のように求められる。

$$x^* = \frac{\tau D + B}{A}$$

ここで、株式の比率が増えた場合、効用が減ってしまうため投資家は効用を増やすために株式比率を減らす必要がある。以下、離散的な問題として扱う。ここで、 Δx だけ減らした場合、取引コストを c とすれば、この場合の効用の変化 ΔU は次のように表せる。

$$\Delta U = \left\{ -D + \frac{x_A - B}{\tau} - c \right\} (-\Delta x)$$

ここで、 $\Delta U > 0$ であれば、 $\Delta U = 0$ となるまで株式を減らしていくことになる。この時 ($\Delta U = 0$) の x が閾値となり、ここまで戻せば、コスト控除後で効用が最大になることになる。このときの x を x_U とすれば、次のようになる。

$$x_U = \frac{\tau D + B}{A} + \frac{\tau c}{A} = x^* + \frac{\tau c}{A}$$

同様に下側の閾値は、

$$x_L = x^* - \frac{\tau c}{A}$$

元の基準資産配分比率まで戻さないのは取引コストがあるため、効用が下がってしまうからである。以上の議論から次のことが分かる。

- リスク許容度 τ が高いほど閾値は大きくなる。つまり、大きなリスクが取ることができ、大きな乖離が許容できる。
- 取引コストが大きいほど閾値は大きくなる。つまり、頻繁な取引が行われないようにしている。

これらの結果は極めて直観に合っていると言えよう。ここで示唆されることは実際にリバランスのルールを構築する際に参考になろう。ただし、実際には効用関数やリスク許容度の設定が難しいため、閾値は実証的に決定しリバランスも基準資産配分比率まで戻すのが実務上一般的であると思われる。以下のシミュレーションでもこの方法で行う。

3. シミュレーションによる検証

シミュレーションでは、実際に良く用いられる定期リバランスと乖離幅リバランスについて行い、パラメータの変化がどのような影響を与えるのかを実証的に分析する。なお、リスク許容度や資産の期待リターン の推定など効用関数の推定に困難な問題があるので、乖離幅リバランスにおいては効用関数を用いず複数の閾値を設定し、その効果を測定する。また、リバランスは基準資産配分比率まで戻すことにする。シミュレーションは以下の条件で行う。

- 資産クラスは4つ
 - 国内株式：TOPIX
 - 外国株式：MSCI-KOKUSAI
 - 外国債券：CITI World Government Bond Index
 - 国内債券：NOMURA-BPI 総合
- データ期間：

2000年1月末～2013年9月末
- 基準資産配分（3つのケースを想定）
 - (A) 国内株式 25%，外国株式 25%，外国債券 25%，国内債券 25%，
 - (B) 国内株式 30%，外国株式 30%，外国債券 30%，国内債券 10%
 - (C) 国内株式 12%，外国株式 12%，外国債券 11%，国内債券 65（内5%は短期資産）

* (C)はGPIFのケース（2014年10月に発表された新配分の前の資産配分）である
- リバランスの方法
 - 定期リバランス（月に1回，四半期に1回，半年に1回の3ケース）
 - 乖離幅リバランス（閾値は1%，2%，3%，4%，5%の5ケース；4資産クラス同じ閾値を使う）ただし，GPIFの閾値は国内株式6%，外国株式5%，外国債券5%，国内債券8%
- 取引コスト
 - 0.5%

なお、基準資産配分(C)はGPIFの資産配分であり、GPIFが指定している閾値に基づいて乖離幅リバランスのみを行う。(GPIFは2014年10月31日に資産配分の変更を発表し、国内株式25%、外国株式25%、外国債券15%、国内債券35%となったが、ここではそれ以前の資産配分比率を用いる。)また、計測する指標は、ポートフォリオのリターンと標準偏差、リバランス回数、回転率、基準配分比率からの乖離幅である。リバランスのリスクとしては、ポートフォリオのリターンの標準偏差に加え、基準資産配分比率からの乖離状況が重要になる。

① 定期リバランス

図表9-3は異なる資産配分

(A)：国内株式25%、外国株式25%、外国債券25%、国内債券25%

(B)：国内株式30%、外国株式30%、外国債券30%、国内債券10%

に関する定期リバランスの結果である。(A)に比べ(B)はリスク資産の比率が高い。それぞれ異なる基準資産配分比率にたいして、月、四半期、半年の頻度によるリバランスの結果を示している。また、比較のためにリバランスを一切行わないバイ&ホールドのケースを付してある。上段から、ポートフォリオ全体のリターン、リターンの標準偏差、ポートフォリオ全体の年率回転率、年間のリバランス回数(月1回のリバランスであれば年12回になる)、基準資産配分比率からの乖離幅の平均値(毎月末の4資産の乖離幅の最大値の時系列平均)、基準資産配分比率からの最大乖離幅(毎月末の4資産の乖離幅の最大値の時系列99パーセンタイル、つまり、上位1%の値)である。また、図表9-4は乖離幅(毎月末の4資産の乖離幅の最大値)の推移を示している。図表9-5は資産配分が(B)の場合の各取引コストに対するポートフォリオリターンの値であり、取引コストの変化に対するリターンへの影響を示している。これらの結果から、次のことが分かる。

リターン、回転率、コストへの影響

- ・ 頻度が低くなるほどコスト控除後のリターンが高まる。これは平均回帰

基準資産配分比率：国内株式 25%，外国株式 25%，
外国債券 25%，国内債券 25%

頻度	月	四半期	半年	バイ & ホールド
リターン（年率％）	3.45	3.66	3.69	3.40
標準偏差（年率％）	10.18	10.15	10.06	9.14
回転率（年率％）	27.31	17.48	12.41	0
リバランス回数（年率）	12	4	2	0
基準比率からの 平均乖離（％）*1	0.97	1.46	1.84	12.23
基準比率からの 最大乖離（％）*2	2.29	4.76	7.61	18.51

以上の数値はすべてコスト（0.5％）控除後

データ期間：2000年1月末～2013年9月末

*1) 各月における4資産の乖離幅の最大値の時系列平均

*2) 各月における4資産の乖離幅の最大値の時系列99パーセンタイル

図表9-3(A) 定期リバランス (A)

基準資産配分比率：国内株式 30%，外国株式 30%，外国債券
30%，国内債券 10%

頻度	月	四半期	半年	バイ & ホールド
リターン（年率％）	3.79	4.00	4.02	3.80
標準偏差（年率％）	12.29	12.26	12.19	11.00
回転率（年率％）	26.58	17.20	12.11	0
リバランス回数（年率）	12	4	2	0
基準比率からの 平均乖離（％）*1	0.98	1.49	1.89	14.62
基準比率からの 最大乖離（％）*2	2.65	4.64	5.81	23.17

以上の数値はすべてコスト（0.5％）控除後

データ期間：2000年1月末～2013年9月末

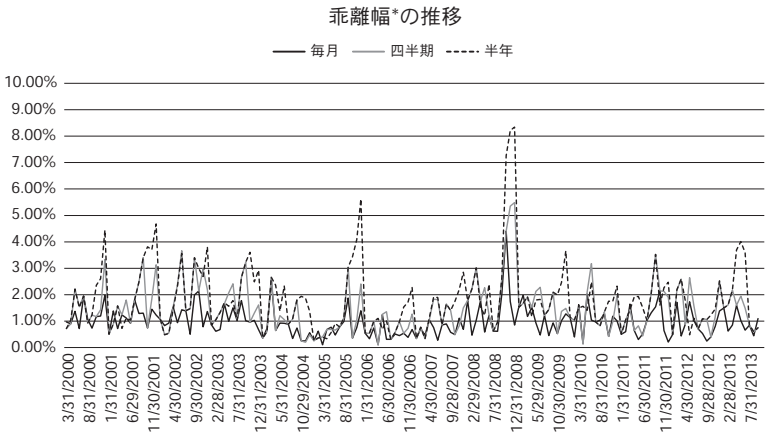
*1) 各月における4資産の乖離幅の最大値の時系列平均

*2) 各月における4資産の乖離幅の最大値の時系列99パーセンタイル

図表9-3(B) 定期リバランス (B)

定期リバランス

基準資産配分比率：国内株式 25%，外国株式 25%，外国債券 25%，国内債券 25%

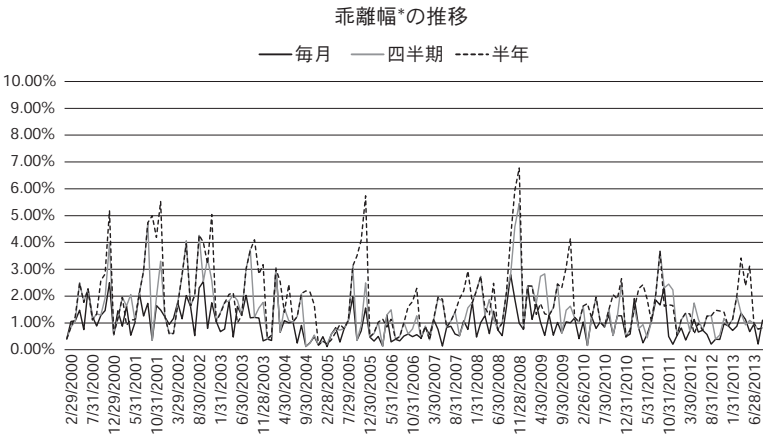


*) 各月における4資産の乖離幅の最大値の時系列

図表9-4(A) 定期リバランス (A) 乖離幅の推移

定期リバランス

基準資産配分比率：国内株式 30%，外国株式 30%，外国債券 30%，国内債券 10%



*) 各月における4資産の乖離幅の最大値の時系列

図表9-4(B) 定期リバランス (B) 乖離幅の推移

定期リバランス

基準資産配分比率：国内株式 30%，外国株式 30%，
外国債券 30%，国内債券 10%

取引コスト (%)	月	四半期	半年
0.1	3.90	4.07	4.07
0.5	3.79	4.00	4.02
1.0	3.66	3.91	3.96
1.5	3.53	3.82	3.90

図表 9-5 定期リバランスコストの影響

性のためと思われる。標準偏差の差はあまりない。

- リスク資産の多い(B)の方がリターンは高いがリスクも高まっている。
- 回転率は頻度が高い方が高い。月の場合の回転率は半年に比べて2倍大きい。
- 取引コストはリターンに直接影響を与え、特にリバランス頻度の高い月リバランスで取引コストの差がリターンの差に大きく影響している。

乖離幅への影響

- まず、頻度、つまり、月、四半期、半年の差でみると、頻度が大きくなる順に平均的な乖離は大きくなるが、1～2%程度に収まっている。また、最も大きくなる半年リバランスでも2%程度であり、10%を超えるバイ&ホールドに比べれば大幅に低い。
- 一方、乖離幅の最大値は頻度によって大きく異なる。長く放っておくと大きな乖離が出てしまうリスクがあることが分かる。それでも、平均値と同様にバイ&ホールドに比べると大幅に低い。
- 次に資産配分の違い((A)と(B)の違い)で見ると、平均的な乖離幅は、資産配分の違いにあまり影響を受けていないことが興味深い。
- 一方、乖離幅の最大値でみると、半年リバランスで(A)の方が大きく、リスク資産が多いからと言って必ずしも最大乖離幅が大きくなるわけではないことが分かる。なお、最大乖離幅ではバイ&ホールドとの差が縮

まる。これは、リーマンショックなど大きな変動があった場合であり、リバランスを行っても短期的に大きくずれてしまうリスクがあることが分かる。ただし、乖離幅の推移の図表から分かるように大きな乖離はすぐに縮小する。

② 乖離幅リバランス

図表 9-6 は図表 9-3 と同様に、異なる資産配分に関する乖離幅リバランスの結果である。図表 9-6 (A) に比べ図表 9-6 (B) はリスク資産の比率が高い場合である。また、図表 9-7 は乖離幅の推移を示している。図表 9-8 は資産配分が (B) の場合のコストの変化に対するリターンへの影響を示している。これらの結果から次のことが分かる。

リターン、回転率、コストへの影響

- ・ 閾値を上げていくとリターンが向上していく。これは定期リバランスで頻度を低くするとリターンが高まる理由と同じ平均回帰性のためと思われる。ただし、標準偏差の差はない。
- ・ リスク資産の多い (B) の方がリターンは高いがリスクも高まっている。
- ・ 回転率は閾値の小さい方が高い。1% 閾値の回転率は 5% 閾値の 2 倍以上ある。
- ・ 取引コストはリターンに直接影響を与え、閾値の低いリバランスで取引コストの差がリターンの差に大きく影響している。

乖離幅への影響

- ・ まず、閾値の違いで見ると、閾値の大きい方が乖離幅が大きい。ただし、バイ&ホールドに比べればかなり低い。
- ・ 平均乖離幅は閾値以下になっており、平均で見れば閾値が機能していることが分かる。一方、最大値は閾値を超えており、大きく変動する場合は閾値を小さくしておいてもある程度の乖離は覚悟しておく必要がある。

基準資産配分比率：国内株式 25%，外国株式 25%，外国債券 25%，
国内債券 25%

乖離幅 (%)	1	2	3	4	5	バイ & ホールド
リターン (年率%)	3.52	3.65	3.69	3.76	3.73	3.40
標準偏差 (年率%)	10.20	10.08	10.15	9.98	10.07	9.14
回転率 (年率%)	21.16	16.20	12.30	10.34	8.91	0.00
リバランス回数 (年率)	6.44	3.44	1.98	1.39	0.95	0.00
基準比率からの 平均乖離 (%) *1	1.23	1.56	1.98	2.29	2.70	12.23
基準比率からの 最大乖離 (%) *2	3.03	3.72	5.21	6.52	6.91	18.51

以上の数値はすべてコスト (0.5%) 控除後

データ期間：2000 年 1 月末～2013 年 9 月末

*1) 各月における 4 資産の乖離幅の最大値の時系列平均

*2) 各月における 4 資産の乖離幅の最大値の時系列 99 パーセンタイル

図表 9-6 (A) 乖離幅リバランス (A)

基準資産配分比率：国内株式 30%，外国株式 30%，外国債券 30%，
国内債券 10%

乖離幅 (%)	1	2	3	4	5	バイ & ホールド
リターン (年率%)	3.83	4.01	3.98	4.14	4.14	3.80
標準偏差 (年率%)	12.31	12.22	12.22	12.17	12.16	11.00
回転率 (年率%)	21.02	16.77	11.92	11.65	9.34	0
リバランス回数 (年率)	7.02	3.66	1.98	1.54	1.02	0
基準比率からの 平均乖離 (%) *1	1.20	1.61	1.99	2.36	3.05	14.62
基準比率からの 最大乖離 (%) *2	2.94	4.13	4.74	6.02	6.82	23.17

以上の数値はすべてコスト (0.5%) 控除後

データ期間：2000 年 1 月末～2013 年 9 月末

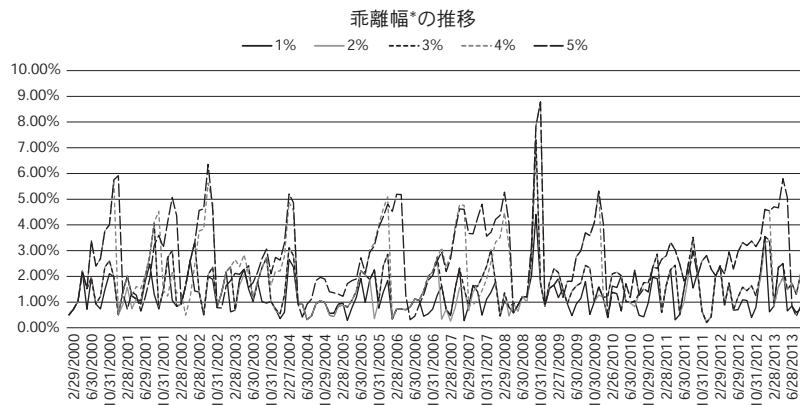
*1) 各月における 4 資産の乖離幅の最大値の時系列平均

*2) 各月における 4 資産の乖離幅の最大値の時系列 99 パーセンタイル

図表 9-6 (B) 乖離幅リバランス (B)

乖離幅リバランス

基準資産配比率：国内株式 25%，外国株式 25%，外国債券 25%，国内債券 25%

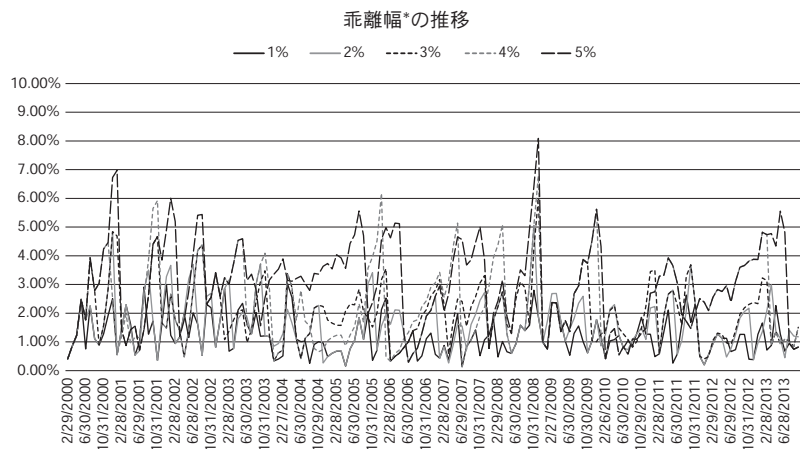


*) 各月における4資産の乖離幅の最大値の時系列

図表9-7 (A) 乖離幅リバランス (A) 乖離幅の推移 [巻頭のカラー口絵参照]

乖離幅リバランス

基準資産配分比率：国内株式 30%，外国株式 30%，外国債券 30%，国内債券 10%



*) 各月における4資産の乖離幅の最大値の時系列

図表9-7 (B) 乖離幅リバランス (B) 乖離幅の推移 [巻頭のカラー口絵参照]

乖離幅リバランス

基準資産配分比率：国内株式 30%，外国株式 30%，外国債券 30%，
国内債券 10%

ポートフォリオリターン（年率）

取引コスト（%）	乖離幅（%）				
	1	2	3	4	5
0.1	3.92	4.08	4.03	4.19	4.18
0.5	3.83	4.01	3.98	4.14	4.14
1.0	3.73	3.92	3.92	4.08	4.09
1.5	3.62	3.84	3.86	4.02	4.04

図表 9-8 乖離幅リバランスコストの影響

本シミュレーションは月次データを使っているため、1 か月間のうちに大きな変動があると大きく乖離してしまう。リアルタイムでモニターしてリバランスを起動できれば大きな乖離は防ぐことができるだろう。

- 閾値が高い方は回転率が低い、基準配分比率から乖離するリスクが高い。
- バイ&ホールドに比べて高いリターンが観測された。

さて、定期リバランスと乖離幅リバランスの差はどうであろうか。資産配分の相違に関わらず、ポートフォリオのリターン、標準偏差、乖離幅の平均値、最大値などの指標で見ると、定期リバランスの半年と乖離幅リバランスの3%、あるいは、月と1%の値が近いことが分かる。つまり、現在は使われることが少なくなっている定期リバランスでも乖離幅リバランスとほぼ同様のパフォーマンスやリスク管理を実現することが可能であり、管理の容易な定期リバランスの有用性も無視できない。ただし、半年定期リバランス(B)の乖離幅の最大値に見られるように、長い期間を置いてしまうと大きな乖離が発生してしまうリスクがあることに注意する必要がある。

③ GPIF のケース

最後に GPIF のケースを検証しよう。GPIF の政策資産配分（(C) 国内株式 12%，外国株式 12%，外国債券 11%，国内債券 65（内 5% は短期資産））を基準資産配分とし、また、その許容乖離幅を各資産クラスの乖離幅とする。

なお, GPIF の場合, 乖離幅の閾値は資産クラス毎に決まっているためそれ(国内株式 6%, 外国株式 5%, 外国債券 5%, 国内債券 8%)を使う。図表 9-9 はそのパフォーマンスであり, 図表 9-10 は乖離幅の推移である。GPIF の場合, 閾値が大きいため, これまでに分析したケースに比べてリバランス回数が少ない。したがって, 回転率も低くなっている。一方, 乖離幅は大きくなっており意図しないリスクが起こってしまう可能性が高い。図表 9-9 からは, リバランスとバイ & ホールドの相違が小さいことが分かる。GPIF はその資産規模が巨額に及ぶため, ある程度の乖離幅のリスクは許容し, 市場へのインパクトや取引コストを低減させようとしていると考えられる。

乖離幅リバランス

基準資産配分：国内株式 12%，外国株式 12%，外国債券 11%，
国内債券 65%（短期資産含む）

* 閾値：国内株式 6%，外国株式 5%，外国債券 5%，国内債券 8%

乖離幅（%）	* 閾値	バイ＆ホールド
リターン（年率%）	3.07	2.45
標準偏差（年率%）	4.87	4.34
回転率（年率%）	5.72	0
リバランス回数（年率）	0.59	0
基準比率からの平均乖離（%）*1	3.75	5.96
基準比率からの最大乖離（%）*2	8.69	8.59

以上の数値はすべてコスト（0.5%）控除後

データ期間：2000年1月末～2013年9月末

*1) 各月における4資産の乖離幅の最大値の時系列平均

*2) 各月における4資産の乖離幅の最大値の時系列99パーセンタイル

図表9-9 GPIFの資産配分のケース



*) 各月における4資産の乖離幅の最大値の時系列

図表9-10 GPIFの資産配分のケース乖離率の推移

— 参考文献 —

- De Bondt, Werner, F. M., and Thaler, R. 1984. "Does the Stock Market Overreact?", *The Journal of Finance*, vol.40, pp. 793–805.
- Jegadeesh, N. 1990. "Evidence of Predictable Behavior of Security Returns." *The Journal of Finance*, vol. 45 (July, 1990), pp. 881–898.
- Leland, H. E. 1996. "Optimal Asset Rebalancing In The Presence of Transactions Costs", SSRN-id1060.
- Merton, R. C. 1969. "Lifetime portfolio selection under uncertainty: The continuous-time case", *The Review of Economics and Statistics* 51 (Aug. 1969), pp. 247–257.
- Perold, A. F., Sharpe, W. F. 1995. "Dynamic Strategies for Asset Allocation", *Financial Analysts Journal*, Jan-Feb, pp. 149–160.
- Poterba, J. M., Summers, L. H. 1988. "Mean Reversion in Stock Prices: Evidence and Implications", *Journal of Financial Economics*, vol. 22, pp. 27–59.
- 浅野幸弘 . 1998. 「基本アロケーションのリバランス」, 『年金情報』 (1998.12.7 号), 日本格付投資情報センター .
- 企業年金連合会 . 2014. 企業年金資産運用実態調査結果 (2013 年度) の概要 (速報値) .
- 年金積立金管理運用独立行政法人 . 2014. 平成 25 年度 業務概況書 .
- 門田伸一 . 2002. 「資金移動の伴う場合のリバランス」, 証券アナリストジャーナル 2002.2, pp. 72–85.
- 山下隆 . 2000. 「政策アセットミックスへのリバランスについて」, 証券リストジャーナル 2000.5, pp. 87–103.

第10章

資産の引出しと資産枯渇リスク

これまで、ポートフォリオの構築法など投資することを中心に検討してきたが、本章では逆に資産を引き出す方法論を検討する。一般的に退職者のキャッシュフローはマイナスである。つまり、現役時代に蓄積した資産を引き出して行くプロセスに入る。したがって、生きているうちに資産が枯渇しないために、どのように引き出して行くのかは資産運用の重要な部分になるのである。本章では、引出し率に関して、過去シミュレーションとモンテカルロシミュレーションの双方によりその影響を分析する。

1. 資産の引出しと引出し率

退職者は基本的に労働収入がないことから、日々の生活費を工面するために定期的に資産を取り崩して現金化し引出して行く、という場合が多いであろう。資産に限りがある場合、その引出しはどの程度の範囲で行えば良いのであろうか？ どうすれば寿命のある間は資産が枯渇しないで済むのだろうか。投資と並んで重要な意思決定である資産の引出しとその資産残高に対する影響を検証し適切な引出し率について検討する。

一般的に、引出し率とは当初資産額から毎年（あるいは毎月）どの程度の比率の資産を引き出すのかということを示す。したがって、金額ベースで固定された引出しということになる。3000万円の当初資産から毎年120万円（毎月10万円）引き出すとすれば、引出し率は4%（ $120 \text{万円} \div 3000 \text{万円}$ ）の固定ということになる。この4%という引出し率を続ければ、当初資産は25年間（ $100\% \div 4\%$ ）でちょうどなくなるという計算ができる。しかし、実際には様々な不確実性が伴うため、そう簡単にはいかない。インフレが起こればもっとお金が必要になるし、緊急の出費もあるだろう。当初の4%で

間に合うという保証はない。25年以上生きたらどうするのかという問題もある。一方、資産運用によって資産を増やすことができれば、25年を過ぎても引き出すことができる。以上のような不確実性の下で引出し率を考えなくてはならない。引出し率を高くすれば潤沢な資金で生活をエンジョイできるかもしれないが、資産運用がうまく行かない場合、あるいは、寿命が予想以上に長くなってしまった場合、寿命のある間に資産が枯渇してしまうリスクがある。一方、引出し率を低く抑えれば枯渇するリスクは下がり資産も残せるかもしれないが、貧しい退職後生活を強いられることになる。適切な引出し率を決めることが重要である。

なお、上で紹介した引出し率は当初元本に対する引出し率という金額が固定されたものであるが、その時点の状況に依存する引出し率を決めるという方法もある。いろいろな要因で資産は増減するだろうから、何も当初元本をいつまでも基準にする必要はなく、より柔軟に管理すれば良いという考え方もある。その柔軟な方法としては、例えば、

- 資産運用のパフォーマンスにリンクした引出し率
- 直近の資産残高に対する一定の比率を引出し率とする（当初元本は考慮しない）

という考え方がある。本章ではこれらの2つの方法も加えて3つの引出し率の方法について検討する。そして、3つの方法について、それぞれどの程度の引出し率で資産を引き出していった場合、どの程度の期間で資産が枯渇するのかについて、過去に実際に起こったインフレ率や証券市場の変動の影響も取り入れて過去シミュレーションを行う。次に、証券市場の変動を確率モデルとして与え、モンテカルロシミュレーションにより、様々なケースにおける枯渇確率を計算する。

2. 引出し率（対当初元本）と資産枯渇リスクの評価（過去シミュレーション）

ここでは、当初元本に対する引出し率（つまり引出し額を固定、ただしインフレに対しては調整する）について月次データを用いて過去シミュレーショ

ンを行う。様々な引出し率に対して資産が何年程度で枯渇してしまうのかを過去のデータを使ってシミュレーションしてみる。ところで、引出し率が与えられた時、残り資産の推移に影響を与える不確定要素は次の変数である。

- 資産運用のパフォーマンス
- インフレ率（引出し額をインフレ調整するため）

以下のシミュレーションでは、資産運用のパフォーマンスとインフレ率に過去の時系列データを使い、資産運用の資産配分比率と引出し開始時点を複数設定した上で、それぞれの引出し率に対する当初資産が枯渇するまでの年数を計算してみる。なお、引出し率から決まる引出し額は固定されるが、引出し開始時点からのインフレ率にはリンクして増減するものとする。引出しは引出し率を月率に直して（年率4%の引出し率の場合、月率は0.33%）毎月行う。つまり、3000万円の当初資産で年率4%の引出し率であれば、引出し額は月間10万円（ $3000 \text{ 万円} \times 4\% \div 12$ ）である。ただし、消費者物価指数が当初時点に比べて5%上昇していれば、引出し額も5%上げて月間10万5千円（ $10 \text{ 万円} \times 1.05$ ）に調整する。なお、インフレ率は総務省統計局発表の消費者物価指数（月次）とする。また、資産運用の資産配分比率は3つのケースを想定するが、一度決めたら生涯固定され毎月リバランス（元の配分比率に戻すこと）されているものとする。金融市場のパフォーマンスは、短期資産利回りは郵便貯金金利、国内株式リターンはTOPIXリターン、外国株式リターンはMSCI-KOKUSAI（日本を除く先進国）インデックスリターンを使う。いずれも月次リターンである。資産運用のコストは含めていない。シミュレーションは、図表10-1の各場合についてそれぞれ行う。合計で30ケースになる。各ケースについて、資産が枯渇するまで何年かかるのかを計算する。なお、シミュレーションでは当初資産額は具体的にしていないが、引出し率は比率なのでどんな当初資産の金額でも同じ結果になる。

これらの結果を図表10-2にまとめてある。図表10-2は上から3つの各資産配分毎に結果をまとめてある。また、それぞれの資産配分で5つの引出し率、2つの引出し開始時点に対する当初資産が枯渇するまでの年数を示している。なお、2013年7月末時点（1980年3月開始で33年間が経過、1985年3月開始時点で28年間が経過）で枯渇していない場合はその残高の当初

●引出し率（年率） 4% 5% 6% 7% 8%
注）引出し率が4%の場合、当初資産が1000万円であれば年間40万円、3000万円であれば年間120万円になる。
●資産運用の配分 (A) 短期資産 100% (B) 短期資産 70%，日本株式 20%，外国株式 10% (C) 短期資産 50%，日本株式 30%，外国株式 20%
●開始時点 1980年3月末 1985年3月末

図表 10-1 シミュレーションの前提

枯渇する時期（年）
（ただし、2013年7月末時点で枯渇していない場合は％表示で当初元本に対する残高を示す）

資産配分：(A) 短期資産 100%

開始時期	引出し率（％）				
	4	5	6	7	8
1980年3月末	26年	20年	17年	14年	12年
1985年3月末	26年	21年	17年	14年	12年

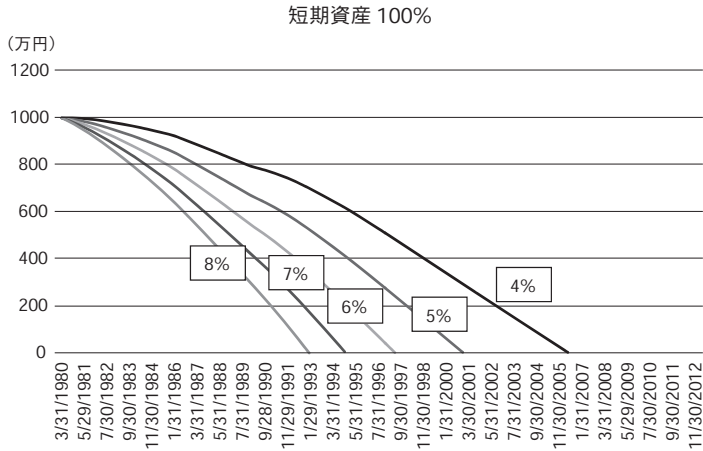
資産配分：(B) 短期資産 70%，日本株式 20%，外国株式 10%

開始時期	引出し率（％）				
	4	5	6	7	8
1980年3月末	41%	30年	24年	20年	17年
1985年3月末	31%	26年	21年	18年	15年

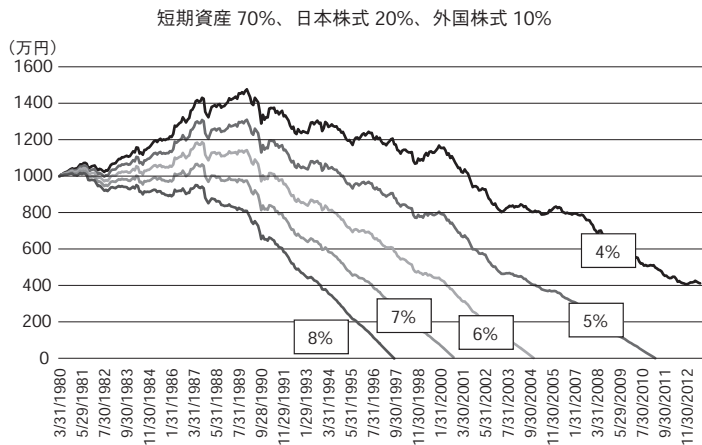
資産配分：(C) 短期資産 50%，日本株式 30%，外国株式 20%

開始時期	引出し率（％）				
	4	5	6	7	8
1980年3月末	148%	78%	8%	27年	22年
1985年3月末	77%	33%	26年	22年	18年

図表 10-2 引出し率の影響

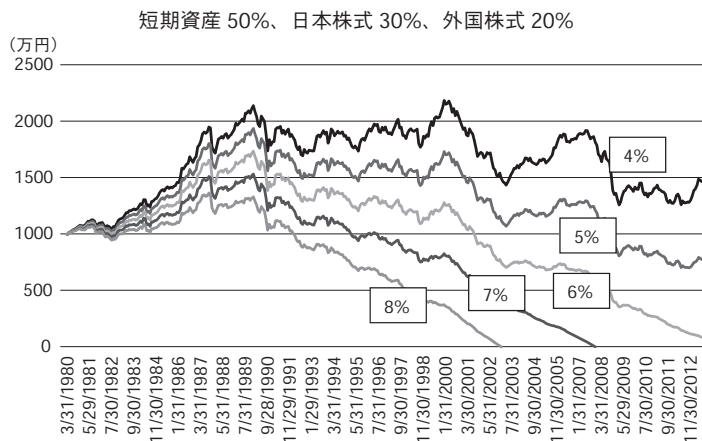


図表 10-3 (a) 残高の推移



図表 10-3 (b) 残高の推移

元本に対する比率(%)となっている。例えば、資産配分が(B)、つまり、短期資産 70%、日本株式 20%、外国株式 10%、そして、開始時点が 1980 年 3 月、引出し率が 5%であれば、当初資産が枯渇するまでの期間が 30 年になる。また、同じ条件で 4%の引出し率であれば、33 年間過ぎた 2013 年 7 月末時点でもまだ資産が当初元本に対して 41%残っていることを示している。図表 10-3 は、1980 年 3 月末開始で初期資産が 1000 万円の場合の残



図表 10-3 (c) 残高の推移

高の推移を各引出し率について示したものである。異なる資産配分に対応して3つある。以下、シミュレーション結果からの主な考察である。

- 当然だが、引出し率が高いほど、年数が短くなり、資産が早く枯渇するリスクが高まる。
- 引出し率4%まではどんな資産配分でも長期間持続する。資産運用を保守的に考えれば、4%が安全な引出し率と言える。この結果は、4%が可能な引出し率の上限として引用されることが多い米国のケース（Bengen (1994)）と似ている。
- 資産配分が短期資産のみの時（Aの時）は、開始時点による差はほとんどないが、株式への投資がある場合は、開始時点が年数に影響する。これは、株式市場のパフォーマンスの影響が大きいためと考えられる。
- 株式比率が高いほど枯渇するまでの年数が長くなり、資産の枯渇リスクが下がることが分かる。これは株式投資により資産が成長したからである。しかし、株式比率が高いと残高の推移の変動性も高くなり、リスクが高まることにも注意する必要がある。

以上のように、短期間であれば、株式などのリスク資産を多く組み入れる必要はないが、長期間では、リスク資産を組み入れると資産が枯渇するリスクが減る。ただし、リーマンショックなどの金融危機に備えるため、資産運

用のリスク管理が重要になる。

3. 資産運用パフォーマンスにリンクした引出し率と資産枯渇リスクの評価（過去シミュレーション）

前説では引出し率を当初元本に対して固定比率で求めてシミュレーションを行った。ここでは、資産残高に大きな影響を与える運用パフォーマンスにリンクした比率を考える。つまり、運用パフォーマンスによって引出し率を変えるわけである。例えば、運用パフォーマンスがマイナスになった月の翌月は贅沢をやめ引出し率を下げるというものである。マイナスのパフォーマンスは資産額を減らしてしまうので、その時は出費を抑制して資産を減らさないようにするという戦略である。

追加資金の入らないリタイアメント・ステージにおいては、資産額の減少をできるだけ少なくすることが資産を長持ちさせるために重要である。資産運用もある程度の資産額があってこそ効果がある。以下のシミュレーションでは、その月の運用パフォーマンスがマイナスの場合、翌月の引出し額を80%（パフォーマンスリンク率）に抑えるという設定で行う。その他の設定は(2)と同様である。

図表10-4にそのシミュレーション結果が示してある。なお、資産配分が(A)の場合は、安全資産が100%であるため、図表10-2の場合と同じ結果である。これらの結果から、パフォーマンスの悪い時に支出を抑えることにより、年数が通常の場合（図表10-2）に比べて2、3年伸びていることが分かる。もちろん、引出し額を減らしているので向上するのは当たり前であるが、引出し額の減額分に比べて資産残高の増加分が顕著になる。例えば、資産配分が(C)で引出し率が7%で、パフォーマンスにリンクした引出し率の場合、枯渇までの年数が3年間伸びている。この効果を直近の金額に換算すると、開始時点に比べて約35%のインフレで調整して約280万円分の効果があったことになる。一方、引出しで減額した金額は単純な合計で156万円であった。これは、資産残高が減ったところで引出し額を減らすことによりその後の資産運用効果が高まるからである。運用パフォーマンスに応じて引出し額を管理することで、枯渇するリスクを効果的に抑えられることが分かる。

枯渇する時期（年）
（ただし、2013 年 7 月末時点で枯渇していない場合は％表示で
当初元本に対する残高を示す
資産運用のパフォーマンスが負の時は引出し額を 80％に下げる）

資産配分：(A) 短期資産 100%

開始時期	引出し率（％）				
	4	5	6	7	8
1980 年 3 月末	26 年	20 年	17 年	14 年	12 年
1985 年 3 月末	26 年	21 年	17 年	14 年	12 年

資産配分：(B) 短期資産 70%、日本株式 20%、外国株式 10%

開始時期	引出し率（％）				
	4	5	6	7	8
1980 年 3 月末	59%	5%	27 年	22 年	19 年
1985 年 3 月末	44%	8%	24 年	20 年	17 年

資産配分：(C) 短期資産 50%，日本株式 30%，外国株式 20%

開始時期	引出し率（％）				
	4	5	6	7	8
1980 年 3 月末	168%	104%	39%	30 年	25 年
1985 年 3 月末	92%	51%	11%	25 年	21 年

図表 10-4 引出し率（パフォーマンスリンク比率）の影響

支出が収入より多いリタイアメント・ステージでは、引出し率をどの程度にするのかは資産残高に極めて大きな影響を与える。大き過ぎると枯渇してしまうが、少な過ぎれば貧しいリタイアメント・ライフになってしまう。適切な引出し率を設定することが重要である。米国では4%という引出し率がしばしば引用されるが、本節のシミュレーションから自分に適した引出し率を推定することができよう。また、資産残高は資産運用パフォーマンスに大きく影響する。したがって、資産運用パフォーマンスにも注意しながら資産残高の減少ペースをできるだけ抑えるようにする必要がある。

4. 引出し率（対直近資産残高比率）と資産枯渇リスクの評価 （過去シミュレーション）

これまでの例は、当初元本に対する固定比率の引出しであった。つまり、金額ベースで見れば固定（ただし、インフレ調整は行う）であった。本節では、引出し率として、当初元本ではなく、直近（前月末）の資産残高に対する固定比率として引出しを行う。つまり、年率4%の引出し率の場合、直近（前月末）の資産残高が3000万円であれば当月の引出し額は10万円（ $3000 \text{万円} \times 4\% \div 12$ ）になり、直近（前月末）の資産残高が1500万円であれば5万円（ $1500 \text{万円} \times 4\% \div 12$ ）ということになる。考え方としては前節で述べた資産運用パフォーマンスにリンクした引出し率に近いが、資産運用パフォーマンスに関係なく資産残高が減ってくれば引出し額も減ってくることになり、より安全な引出し方法と言えるだろう。より高齢になれば資産残高も減るが一般的に出費も減ることが予想されるため、現実的な方法の1つでもあろう。シミュレーションでは、各月の引出し額を前月の資産残高に引出し率（月次換算）を掛けたものとする。他は本章の2節で示した条件と同様である。インフレの影響も考慮して引出し額を調整する。

結果を図表10-5に、各資産配分における残高の推移を図表10-6、引出し額（月次）を図表10-7に示す。引出し額が対直近に対する固定比率になっているため、残高が減れば引出し額の絶対値も減少し、投資残高に対する固定比率のケースに比べて枯渇リスクが大きく減少していることが分かる。1980年3月末スタートのケースでは、すべての資産配分、すべての引出し率で枯渇していない。また、残高の推移も3つの資産配分のケースに関して似た形になっている。興味深いのは引出し額の推移である。本章の2節の当初残高に対する固定比率のケースではインフレの影響は受けるものの、基本的には一定額を引き出すことになるが、直近残高に対する固定比率のケースでは、かなり変動している。また、注目すべきは引出し率の低い方が後半になると引出し額が高くなるという逆転現象が起きていることである。これは引出し率の低い方が後半で残高が大きくなり結果として金額ベースの引出し額も大きくなったためである。したがって、対直近資産残高比率の場合は、生涯ある程度の引出し額を確保し続けるためには、引出し率を始めから下げ

枯渇する時期（年）
（ただし、2013 年 7 月末時点で枯渇していない場合は％表示で
当初元本に対する残高を示す。
直近の資産残高に対する引出し率で、引き出していく）

資産配分：(A) 短期資産 100%

開始時期	引出し率（％）				
	4	5	6	7	8
1980 年 3 月末	26%	17%	11%	7%	5%
1985 年 3 月末	25 年	21 年	17 年	15 年	13 年

資産配分：(B) 短期資産 70%、日本株式 20%、外国株式 10%

開始時期	引出し率（％）				
	4	5	6	7	8
1980 年 3 月末	49%	32%	21%	14%	9%
1985 年 3 月末	31%	28 年	22 年	19 年	16 年

資産配分：(C) 短期資産 50%、日本株式 30%、外国株式 20%

開始時期	引出し率（％）				
	4	5	6	7	8
1980 年 3 月末	77%	50%	33%	21%	14%
1985 年 3 月末	77%	33%	27 年	22 年	19 年

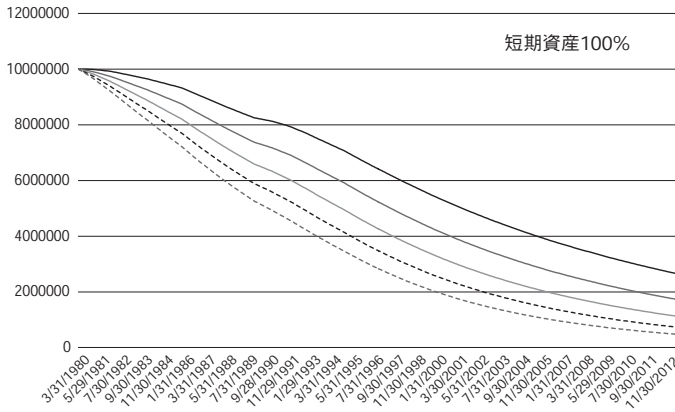
図表 10-5 引出し率（対直近資産残高比率）と資産枯渇リスク

ておき、引出し額の安定を図る必要がある。なお、引出し額については、資産配分が短期資産 100% の場合、減少し続けるため生活に十分な資金を引き出せないこともありえよう。したがって、対直近資産残高比率で引出しを行う場合は、元本が十分に大きいか資産運用によってある程度のリターンを上げていくことが必要になる。

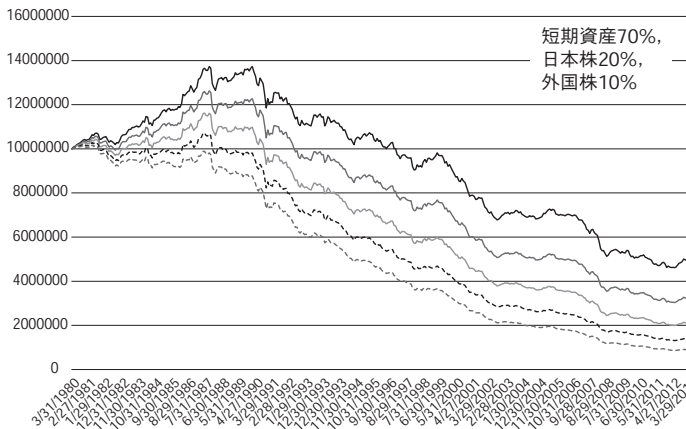
5. リスクの確率的評価と枯渇確率

① モンテカルロシミュレーションによる評価

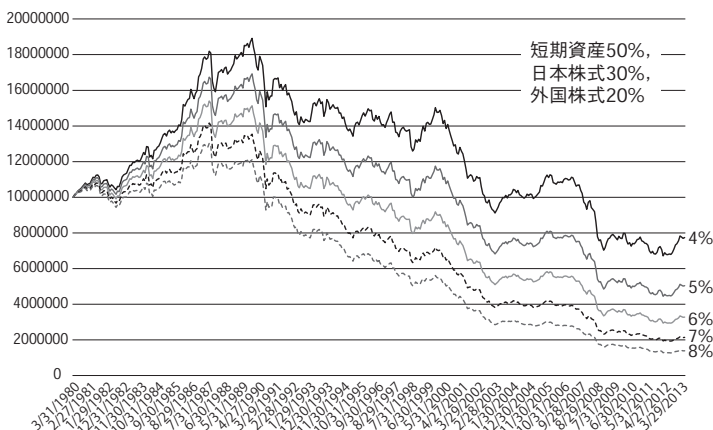
本章ではこれまで、ある引出し率でお金を使っていくとどのくらいの年月



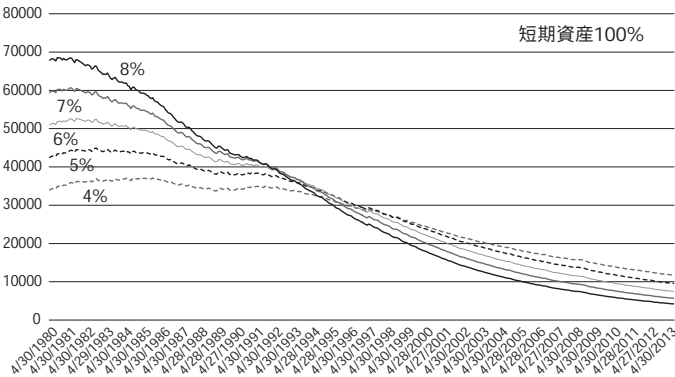
図表 10-6 (a)
残高（対直近資産
残高比率）の推移
(A)



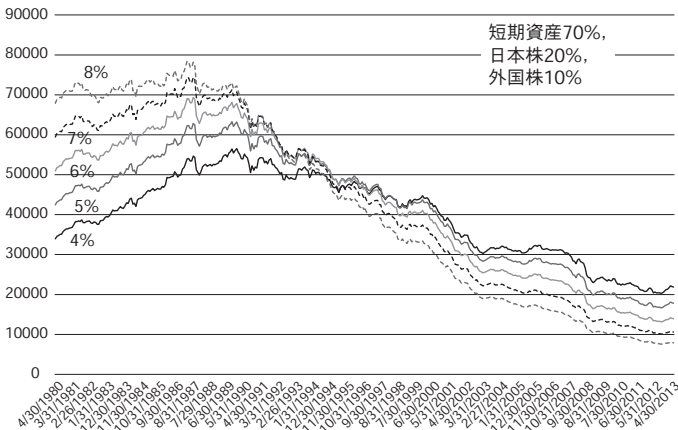
図表 10-6 (b)
残高（対直近資産
残高比率）の推移
(B)



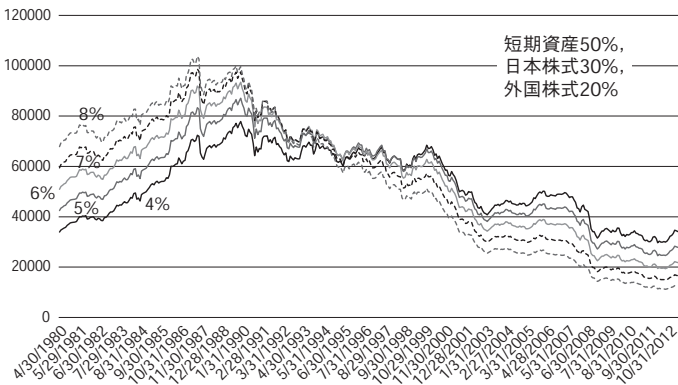
図表 10-6 (c)
残高（対直近資産
残高比率）の推移
(C)



図表 10-7 (a)
引出し額 (対直近
資産残高比率) の
推移 (A)



図表 10-7 (b)
引出し額 (対直近
資産残高比率) の
推移 (B)



図表 10-7 (c)
引出し額 (対直近
資産残高比率) の
推移 (C)

で当初資産が枯渇してしまうのかを、過去の実際のインフレ率や各資産のリターンデータ（1980 年 4 月～2013 年 7 月）をもとに検証してきた。これらの分析は過去の実際のデータを使ったという点で重要であるが、将来枯渇するリスクを確率という形で表現しにくい。そのため、本節ではモンテカルロシミュレーションを利用して枯渇確率の推定を試みる。以下では、現在ある年齢の人が存命中に当初資産が枯渇するリスク（枯渇リスク）を確率として計算することを考える。なお、引出し率は当初元本に対する引出し率であり、固定引出し額（ただし、インフレ調整）のケースを取り上げる。確率はモンテカルロシミュレーションによって計算する。この場合、確率変数として考えるのは、インフレ率と資産運用のリターンである。なお、自分の寿命も確率的であるが、ここでは、平均余命を定数として与え、平均余命の期間に枯渇する確率を考える。場合分けは、本章で使用してきた 3 つの資産配分と 5 つの引出し率である。この 15 通りについて現年齢が 60 歳（平均余命 26 年）、64 歳（平均余命 22 年）、70 歳（平均余命 17 年）の場合の平均余命内における枯渇確率を計算する。なお、平均余命は厚労省が発表する男女の平均余命をそれぞれの年齢で男女で平均したものである。また、枯渇確率とは余命が終わった時点で資産残高がマイナスになっている確率である。

インフレ率と資産運用リターンという 2 つの確率変数であるが、それぞれ、モンテカルロシミュレーションを行うために、まず、次のような幾何ブラウン運動を共通のモデルとして仮定する。

$$dS_t = rS_t dt + \sigma S_t dB_t$$

ここで、 S_t は対象の確率変数、 r は平均リターン、 σ はリターンの標準偏差、 B はブラウン運動である。すると、伊藤のレマにより、

$$S_T = S_0 e^{(r - \sigma^2/2)T + \sigma \varepsilon \sqrt{T}}$$

と表すことができる。なお、 ε は標準正規分布である。これをモンテカルロシミュレーションに応用するため、離散モデルで近似する。

$$dS_t = rS_t dt + \sigma S_t dB_t \quad \text{において}$$

$$dS_t \cong \Delta S_t = S_{t+\Delta t} - S_t$$

$$dt \cong \Delta t = T/N \quad (\text{期間 } T \text{ を } N \text{ に分割})$$

$$dB_t \cong \varepsilon \sqrt{\Delta t}$$

$$\Delta S_t = r S_t \Delta t + \sigma S_t \varepsilon \sqrt{\Delta t}$$

$$S_{t+\Delta t} = S_t + \Delta S_t = (1 + r \Delta t) S_t + \sigma S_t \varepsilon \sqrt{\Delta t}$$

この離散モデルを使って、シミュレーションを行う。なおシミュレーションは、 Δt を1か月として月次のプロセスとして行う。具体的には過去データ（1980年4月～2013年7月）からインフレ率と資産運用リターンの平均値と標準偏差を推定し、それらを幾何ブラウン運動の期待値 r と標準偏差 σ として与えてモデル化する。そして、正規乱数によりパスを発生させる。各パスの長さは最大312か月である。これは現年齢が60歳で平均余命が26年の場合、 $26 \times 12 = 312$ か月となるからである。また、インフレ率と資産運用リターンには相関があるため、過去のデータから相関を推定し、相関のある乱数を発生させる。モンテカルロシミュレーションにおけるこれらの前提は図表10-8にまとめてある。資産配分は(A)から(C)に向けて株式比率が高くなっており、資産運用のリターンが高くなっている。また、インフレ率は0.87%（年率）であり、この期間のインフレ率が低かったことが示されている。

モンテカルロシミュレーションでは、各資産配分と各引出し率のもと、インフレ率や投資パフォーマンスについて1000個のパスを発生させ、余命の最終時点における残高を計算し、マイナスになっている回数を1000で割ることにより、枯渇確率を計算する。以上の試行をさらに1000回繰り返すことにより推定値を安定させる。そして、各試行の枯渇確率の平均値を最終的な枯渇確率とする。

図表10-9は、資産配分が(C)、つまり、短期資産50%、日本株式30%、外国株式20%、および、引出し率が8%として、1000個のパスを発生させた場合の余命最終時点の資産残高のヒストグラムである。現年齢が60歳(a)、65歳(b)、70歳(c)の3つの場合について描いたものである。頻度の合計は1000回であり、残高がゼロ未満で終わった場合の回数を1000で割った数値が枯渇確率になる。例えば、資産配分(C)、引出し率8%、現年齢65歳の場合、資産残高がゼロ未満で終わる回数が870回あり、枯渇確率は $870 \div 1000 =$

- 3つの資産配分による運用
 - (A) 短期資産 100%
 - (B) 短期資産 70%、日本株 20%、外国株 10%
 - (C) 短期資産 50%、日本株式 30%、外国株式 20%

資産配分	(A)	(B)	(C)
期待リターン(年率)	1.149%	3.127%	4.651%
標準偏差(年率)	0.379%	4.678%	7.534%
インフレ率との相関	0.255	0.042	0.034
平均インフレ率(年率)	0.87%		
インフレ率の標準偏差(年率)	1.49%		

(データ推定期間:1980年4月～2013年7月)

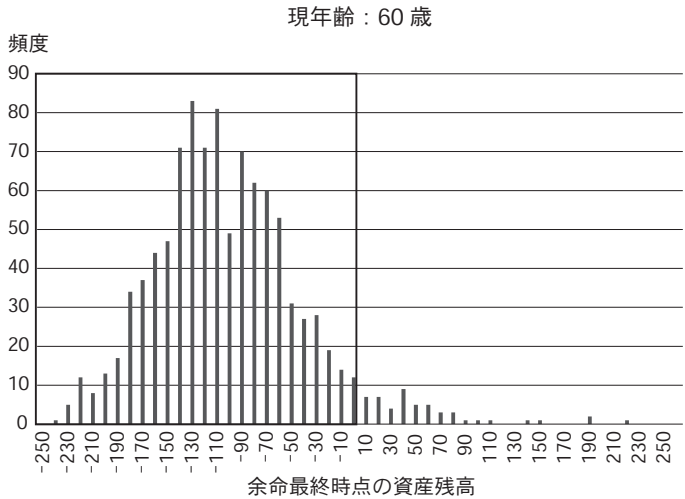
- 1期間は月次、各パスの長さは最長312か月(60歳の余命26年×12か月)
- パスを1000個発生させ枯渇確率を計算する
- 以上のプロセスを1000回繰り返し枯渇した回数の平均値を計算しこれを最終的な枯渇確率とする

図表 10-8 確率変数の前提

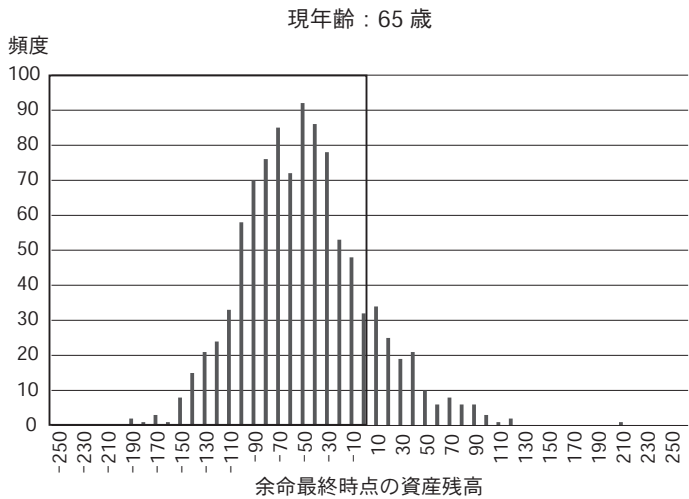
87%になる。これと同様なヒストグラムが、資産配分、引出し率、現年齢の組合せ分の合計45個＝3(資産配分)×5(引出し率)×3(現年齢)ある。

その結果を図表10-10(a)～(c)にまとめてある。これらの結果から次のようなことが分かる。

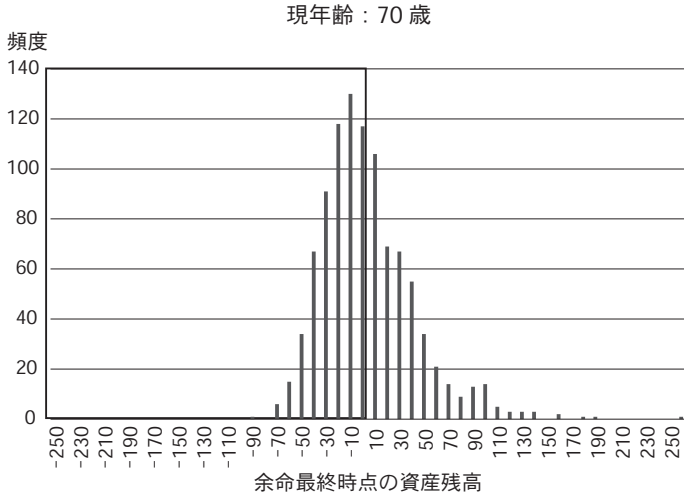
- どの資産配分のケースについても4%の引出し率であれば枯渇確率が低い。ただし、安全資産100%で60歳の場合は枯渇確率が50%を超えており、余命が長い場合は、安全資産だけでは枯渇するリスクがあることを示している。
- 引出し率が6%を超えると、リスク資産が多くても枯渇確率は高い。
- リスク資産の比率が高い方が枯渇確率は低く、ある程度の割合で成長資産を保有することが必要になる。



図表 10-9 (a) 余命最終時点の資産残高のヒストグラム（現年齢 60 歳）



図表 10-9 (b) 余命最終時点の資産残高のヒストグラム（現年齢 65 歳）



図表 10-9 (c) 余命最終時点の資産残高のヒストグラム（現年齢 70 歳）

② インフレ率の影響

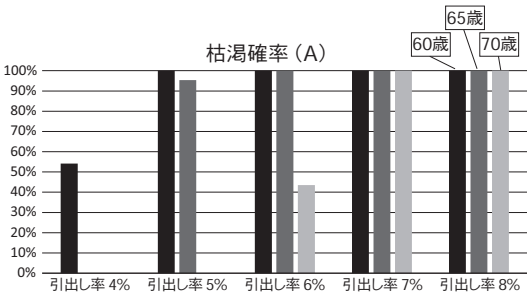
日本経済はバブル崩壊以降長期間にわたりデフレ基調の下にあった。しかし、アベノミクス以降、長い間日本人が忘れていたインフレが再び姿を現そうとしている。すでに議論したが、インフレはキャッシュフローがマイナスの高齢者には大きな脅威となる。そこで、インフレがアベノミクスの想定する 2%、および、さらに高い 3% になった場合、資産の枯渇確率にどのような影響を与えるのかを検証する。なお、(1) で示したシミュレーションにおけるインフレ率は 0.87% であった。そこで、インフレの確率過程の期待値をそれぞれ、2% および 3% に変更してシミュレーションを行う。ただし、インフレ率標準偏差は (1) の設定と同じとする。また、本来であればインフレ率から影響を受けるであろう資産運用のリターンの期待値もここでは変わらないものとする。

図表 10-11 と図表 10-12 は、それぞれインフレが 2%、3% になった場合の枯渇確率である。また、図表 10-13 はインフレの影響を引出し率毎に分けて整理し直し比較したものである。インフレ率が高まるほど枯渇確率が高まっていることが分かる。特に安全資産 100% である (A) のケースでは、枯

資産配分：(A) 短期資産 100%

枯渇確率			
現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
引出し率 4%	54%	0%	0%
引出し率 5%	100%	95%	0%
引出し率 6%	100%	100%	44%
引出し率 7%	100%	100%	100%
引出し率 8%	100%	100%	100%

注) 平均余命は男女平均

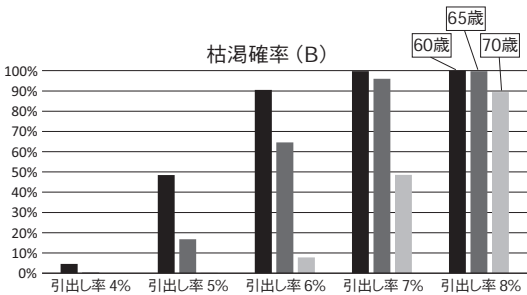


(a)

資産配分：(B) 短期資産 70%，日本株 20%，外国株 10%

枯渇確率			
現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
引出し率 4%	5%	0%	0%
引出し率 5%	49%	17%	0%
引出し率 6%	91%	65%	8%
引出し率 7%	100%	96%	49%
引出し率 8%	100%	100%	89%

注) 平均余命は男女平均

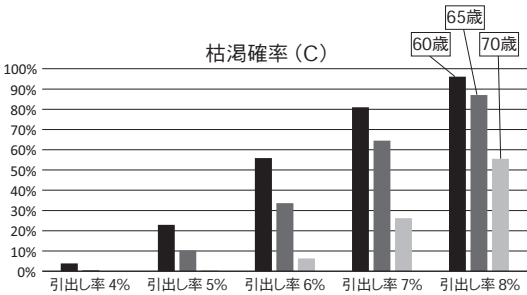


(b)

資産配分：(C) 短期資産 50%，日本株式 30，外国株式 20%

枯渇確率			
現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
引出し率 4%	4%	1%	0%
引出し率 5%	23%	10%	1%
引出し率 6%	56%	34%	6%
引出し率 7%	81%	65%	26%
引出し率 8%	95%	87%	57%

注) 平均余命は男女平均



(c)

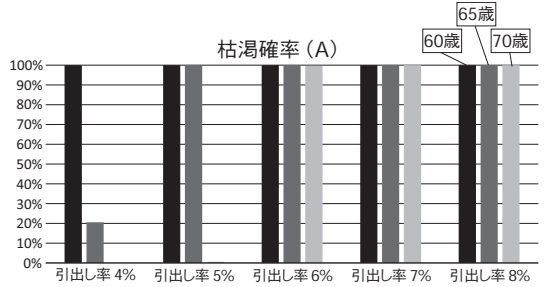
図表 10-10 モンテカルロシミュレーションによる枯渇確率

資産配分：(A) 短期資産 100%

枯渇確率

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
引出し率 4%	100%	21%	0%
引出し率 5%	100%	100%	1%
引出し率 6%	100%	100%	100%
引出し率 7%	100%	100%	100%
引出し率 8%	100%	100%	100%

注) 平均余命は男女平均



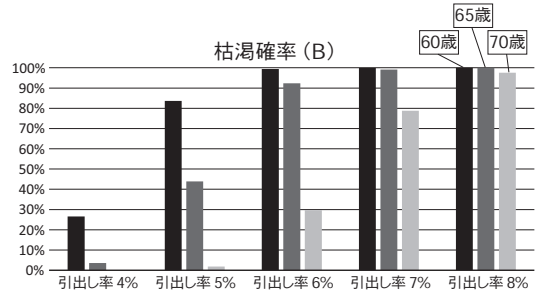
(a)

資産配分：(B) 短期資産 70%，日本株 20%，外国株 10%

枯渇確率

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
引出し率 4%	27%	4%	0%
引出し率 5%	84%	44%	2%
引出し率 6%	99%	92%	30%
引出し率 7%	100%	99%	79%
引出し率 8%	100%	100%	98%

注) 平均余命は男女平均



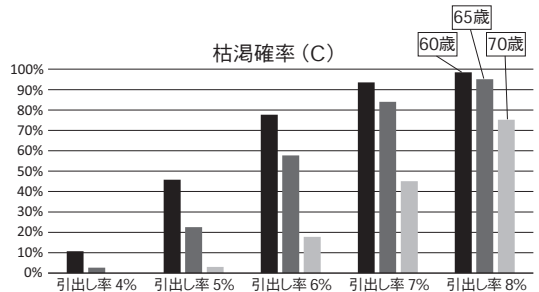
(b)

資産配分：(C) 短期資産 50%，日本株式 30%，外国株式 20%

枯渇確率

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
引出し率 4%	11%	3%	0%
引出し率 5%	46%	23%	3%
引出し率 6%	78%	58%	18%
引出し率 7%	94%	84%	45%
引出し率 8%	99%	95%	75%

注) 平均余命は男女平均



(c)

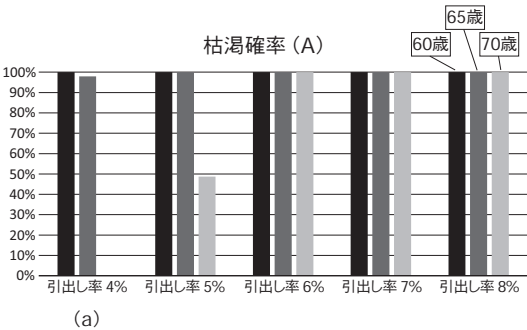
図表 10-11 モンテカルロシミュレーションによる枯渇確率、平均インフレ率：2%

資産配分：(A) 短期資産 100%

枯渇確率

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
引出し率 4%	100%	98%	0%
引出し率 5%	100%	100%	49%
引出し率 6%	100%	100%	100%
引出し率 7%	100%	100%	100%
引出し率 8%	100%	100%	100%

注) 平均余命は男女平均

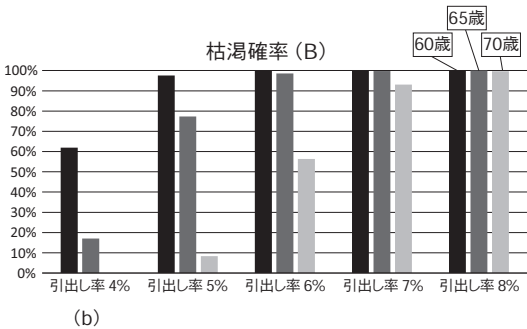


資産配分：(B) 短期資産 70%，日本株 20%，外国株 10%

枯渇確率

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
引出し率 4%	62%	17%	0%
引出し率 5%	98%	77%	8%
引出し率 6%	100%	99%	56%
引出し率 7%	100%	100%	93%
引出し率 8%	100%	100%	100%

注) 平均余命は男女平均

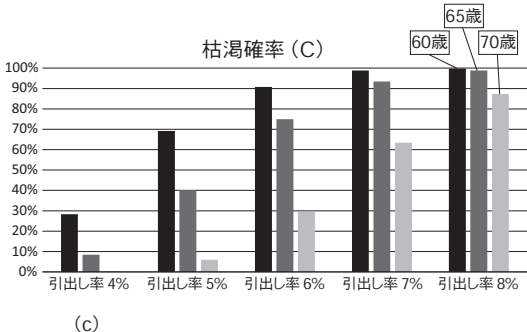


資産配分：(C) 短期資産 50%，日本株式 30%，外国株式 20%

枯渇確率

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
引出し率 4%	28%	8%	0%
引出し率 5%	69%	40%	6%
引出し率 6%	91%	75%	30%
引出し率 7%	99%	93%	63%
引出し率 8%	100%	99%	87%

注) 平均余命は男女平均



図表 10-12 モンテカルロシミュレーションによる枯渇確率、平均インフレ率：3%

引出し率 4%

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
インフレ率			
0.87%	54%	0%	0%
2%	100%	21%	0%
3%	100%	98%	0%

引出し率 5%

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
インフレ率			
0.87%	100%	95%	0%
2%	100%	100%	1%
3%	100%	100%	49%

引出し率 6%

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
インフレ率			
0.87%	100%	100%	44%
2%	100%	100%	100%
3%	100%	100%	100%

引出し率 4%

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
インフレ率			
0.87%	5%	0%	0%
2%	27%	4%	0%
3%	62%	17%	0%

引出し率 5%

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
インフレ率			
0.87%	49%	17%	0%
2%	84%	44%	2%
3%	98%	77%	8%

引出し率 6%

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
インフレ率			
0.87%	91%	65%	8%
2%	99%	92%	30%
3%	100%	99%	56%

引出し率 7%

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
インフレ率			
0.87%	100%	100%	100%
2%	100%	100%	100%
3%	100%	100%	100%

引出し率 8%

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
インフレ率			
0.87%	100%	100%	100%
2%	100%	100%	100%
3%	100%	100%	100%

図表 10-13 (a)

モンテカルロシミュレーションによる枯渇確率 (A)
平均インフレ率の差を引出し率毎に比較
資産配分: (A) 短期資産 100%

引出し率 7%

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
インフレ率			
0.87%	100%	96%	49%
2%	100%	99%	79%
3%	100%	100%	93%

引出し率 8%

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
インフレ率			
0.87%	100%	100%	89%
2%	100%	100%	98%
3%	100%	100%	100%

図表 10-13 (b)

モンテカルロシミュレーションによる枯渇確率 (B)
平均インフレ率の差を引出し率毎に比較
資産配分: (B) 短期資産 70%, 日本株 20%, 外国株 10%

引出し率 4%

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
インフレ率			
0.87%	4%	1%	0%
2%	11%	3%	0%
3%	28%	8%	0%

引出し率 5%

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
インフレ率			
0.87%	23%	10%	1%
2%	46%	23%	3%
3%	69%	40%	6%

引出し率 6%

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
インフレ率			
0.87%	56%	34%	6%
2%	78%	58%	18%
3%	91%	75%	30%

引出し率 7%

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
インフレ率			
0.87%	81%	65%	26%
2%	94%	84%	45%
3%	99%	93%	63%

引出し率 8%

現年齢	60	65	70
平均余命	26	22	17
インフレ率			
0.87%	96%	87%	56%
2%	99%	95%	75%
3%	100%	99%	87%

図表 10-13 (c)
モンテカルロシミュレーションによる枯渇確率 (C)
平均インフレ率の差を引出し率毎に比較
資産配分：(C) 短期資産 50%, 日本株式 30%, 外国株式 20%

渇確率が急速に高まる。逆にリスク資産を多く有する (C) ではインフレ率増
加で枯渇確率は高まるものの、その速度は遅い。ただし、図表 10-8 からも
分かるように、短期資産とインフレ率との相関は高く、インフレ率の上昇に
伴い短期資産のリターンも高まる可能性はある。その場合は、(A) のケース
の枯渇確率はそれほど上がらない可能性もある。しかし、枯渇確率の上昇の
仕方が大きく、短期資産の平均リターンが若干上がってもあまり影響がない
ものと思われる。いずれにしろ、インフレが退職者にとって大きな脅威にな
ることは間違いない。

③ ターゲットデート型運用の場合の枯渇確率

(1) では、3つの資産配分のケースについて検討したが、そこではそれぞ
れの資産配分を生涯一定にしたままという前提をおいた。しかし、実際には
歳とともに資産配分も変わっていくのが一般的であろう。退職後でもその直
後であればまだ若いし、ビジネス経験もまだ記憶に新しくリスク資産の管理

も見当がつく。しかし、高齢になってくれば、市場の変動をフォローするのは大変であり、またリスクもほとんど取れないので、安全資産への配分を大きくしたいはずである。退職後に向けた現役時代の資産形成プログラムとしてDC（確定拠出）型年金があるが、米国のDC型年金では歳とともに資産配分が自動的に変更されていくターゲットデート型ファンドが人気である。これは、退職するタイミングに合わせて資産配分比率を自動的に変更していくというファンドである。若いうちは株式の比率が高いが、徐々に減らし、安全資産に移していくというものである。つまり、若いうちはリスクを取り高いリターンを狙うが、徐々にリスクを減らしていくのである。我々のシミュレーションは退職後であるが、ターゲットデートファンドと同様の資産運用方法を採用してみる。つまり、資産配分を歳とともに変化させて行く。退職直後はリスク資産比率を高くするが、徐々に減らしていくという方法である。なお検討するケースは現年齢が60歳で余命が26年の場合である。ここでは、次のような資産運用を考える。なお、その他の前提は(1)の場合と同じである。

当初10年（60～69歳）：

（D）短期資産 30%，日本株式 40%，外国株式 30%

次の5年（70～74歳）：

（C）短期資産 50%，日本株式 30%，外国株式 20%

次の5年（75～79歳）：

（B）短期資産 70%，日本株式 20%，外国株式 10%

最後の6年（80～85歳）：

（A）短期資産 100%

図表10-14はこの方法で運用した場合の結果である。(A)、(B)、(C)の各資産配分で固定した場合の結果と比較して示してある。ターゲットデート型運用では各引出し率において枯渇確率が低下していることが分かる。しかも、最後の6年間は安全資産100%であり、資産運用に気を使う必要がないこともメリットであろう。DC年金で提供されるターゲットデート型のファンドは退職するまでの期間に提供されているが、退職後の資産運用においても意義のある投資手法であることが分かる。

	ターゲットデート	(A) で固定	(B) で固定	(C) で固定
引出し率 4%	4%	54%	5%	4%
引出し率 5%	21%	100%	49%	23%
引出し率 6%	46%	100%	91%	56%
引出し率 7%	70%	100%	100%	81%
引出し率 8%	85%	100%	100%	96%

ターゲットデート型運用

当初 10 年 (60~69 歳) : (D) 短期資産 30%, 日本株式 40%, 外国株式 30%
次の 5 年 (70~74 歳) : (C) 短期資産 50%, 本株式 30%, 外国株式 20%
次の 5 年 (75~79 歳) : (B) 短期資産 70%, 日本株式 20%, 外国株式 10%
最後の 6 年 (80~85 歳) : (A) 短期資産 100%

図表 10-14 モンテカルロシミュレーションによる枯渇確率
ターゲットデート型

4 退職後前期の資産運用リスクと枯渇率

退職後当初（前期）における市場変動の影響がその後の資産運用に大きな影響を与えてしまうリスクは Sequence of returns（SOR）リスクと呼ばれており、米国のリタイアメント・マネジメント研究の分野でも大きな研究テーマになっている。つまり、引き出す金額が当初元本に対する固定比率、つまり、金額ベースで固定されている場合、退職後を通して資産運用の平均リターンは同じであっても、退職後前期の資産運用リターンが低い場合、枯渇する確率が高まるというものである。これは、第2章でも指摘したが、キャッシュフローがマイナスである退職後の資産運用は山下りの資産運用であり、資産残高が減少して行くため、金額ベースのリターンが加速度的に減少してくる傾向がある。したがって、退職後当初の期間のリターンが低い場合、金額ベースのリターンが低くなり、資産残高の減少がさらに早くなってしまう。以下、SOR リスクをこれまでと同様なモンテカルロシミュレーションで検証してみよう。

(1) の標準のケースので現年齢が 60 歳（つまり平均余命 26 年）、資産運用が (C)、引出し率が 6% の場合を例にとり、SOR リスクを評価してみる。なお、このケースの枯渇確率は 56% である。そこで、次の手順で SOR リス

クを評価する。つまり、(1)と同様に1000回のパスを発生させ、各パスにおいて、

- 当初3年間(36か月)の年率リターンが26年通期(312か月)の年率リターンより低かった場合(a)の回数、
- (a)でかつ枯渇した場合(b)の回数、

を調べる。そして、(b)の回数÷(a)の回数を計算する。つまり、通期のリターンに対し、初期の資産運用リターンが悪かった場合、枯渇してしまう場合はどのくらいの比率であるのかを調べようとしている。以上の試行を1000回繰り返し、その平均値を計算する。すると、この値は66%になり、初期リターンを考慮しない場合の枯渇確率56%を上回る値になることが分かる。つまり、退職後当初、まだ資産残高が大きい間の資産運用リターンが低い場合、枯渇する確率が高まることが分かる。また期初の期間を5年間にした場合の枯渇確率は68%とさらに高くなる。SORリスクは退職期特有のリスクである。退職期初期における資産運用は慎重に行う必要があることが分かる。もちろん、慎重過ぎる資産運用はかえって枯渇確率を高めてしまうというリスクをもたらす。ダウンサイドリスクにより焦点を当てたリスク管理が求められる。

— 参考文献 —

Bengen, W. P. 1994. "Determining Withdrawal Rates Using Historical Data", Journal of Financial Planning, October.

Milevsky, M. A., Robinson, C. 2005. "A Sustainable Spending Rate without Simulation", Financial Analysts Journal, Volume 61, Number 6, pp. 89-100.

— 付録 A —

金融の機能的視点と金融イノベーションとの関係性と今後の展望¹加藤康之²鈴木勘一郎³**はじめに**

リーマンショックは高度に発展した現代の金融市場構造が持つ脆弱性を浮き彫りにした。80年代に始まった金融技術革命やその後のIT革命は多くの金融イノベーションを起こし、金融サービスを大きく変貌させた。それを推進したのが、機能的に分化した金融システムであった。金融を機能としてとらえる機能的視点はMerton & Bodie (1995)らによって指摘されており、金融システムの進展に関して重要な示唆を与えた。この高度な専門性によって分化した機能は多くの金融イノベーションを生み出し、金融システムの効率性を高めるものであると評価された。しかし、こうした機能の高度化や金融イノベーションは、その一方でシステムとしての脆弱性をも高めていったことがリーマンショックによって明らかとなった。現在、様々な規制案が検討されているが、これらの規制が金融システムの健全な発展に悪影響を及ぼさないかどうかは熟慮する必要がある。特に、金融システムの発展に大きな影響を与える金融イノベーションとの関係が重要である。リーマンショック後、金融危機の原因に関する研究は多くなされたが、ここでの目的は特に金融の機能的視点に立って金融システムや金融イノベーションを整理・分類し、それらの関係性を探ることによって金融システムの課題と今後の方向性を探ることである。

本稿では、まずMerton & Bodie (1995)が指摘した「金融の機能的視点」

1 日本ファイナンス学会第19回大会（2011年5月）で発表されたものである。

2 京都大学大学院

3 立命館アジア太平洋大学大学院

とこれに類する研究を整理する。そして、これらの研究をベースに、金融機能を新たな観点から分類する。さらに、金融機能の発展状況を整理した上で、金融機能を実現する金融機関の業態について分類を示す。次に、金融システムの進展に重要な役割を果たす金融イノベーションについて、その変遷を整理した上で、その定義と分類を行う。最後に、過度の機能化によって金融システム全体の歪弱性が進んだことを示した上で、今後の金融システムの進展について、個別の金融機能と全体との整合性への対応とそのために必要な3つのプルーデンス、および金融イノベーションの新しい方向性を展望する。

1. 金融機能 —— 機能的視点から見た金融システムの変遷 ——

① なぜ金融機能なのか？

まず、なぜ金融を機能的視点で見ることが重要なのかを整理しておこう。金融は実際に金融サービスを提供する金融機関を通して考えることが一般的である。銀行は預貯金を預かり企業に融資する、生命保険会社は生命保険を販売し運営する、証券会社は株式や債券を引受け販売するなどである。これらの金融機関はそれができた段階では、最も必要とされた金融機能により形成された業態である。しかし、時とともに、法律（業法）が制定されると、金融機関が固定化されてしまう傾向が生じてしまう。しかし、必要とされる金融機能は変化し、金融技術やICTなど周辺技術の進化により、提供できる金融サービス、金融機能も大きく進化している。そして、新しい金融機能に適さない金融機関が陳腐化してしまうのである。つまり、金融システムにおいて「金融機能」は、伝統的な「金融機関」という見方より実態を反映する安定した視座を与えてくれるのである。金融機関はあくまでも必要とされる金融サービス、金融機能を提供する組織形態であり、それ自体にこだわる理由は少ない。逆に、既存の金融機関にこだわることによって、金融機能の進化に滞りをもたらし危険がある。金融システムを考える上では、金融機能という視点が重要なのである。

② 金融機能の分類

Merton & Bodie (1995) は、金融を機能的視点で見ることの重要性を示し、

その機能を以下の6つに分類した。

- (1) 資金決済
- (2) 資源のプール化および小口化
- (3) 資源の時間および場所を超えた移転
- (4) リスクの管理
- (5) 情報提供
- (6) 情報の非対称性に伴うインセンティブ問題への対処

これらの機能は、それぞれ次のように説明されている。もちろん、金融機関という概念はそこには出てこない。

(1) 資金決済

金融システムは、財、サービス、そして資産の交換を容易にするように取引を清算し、支払いを決済する方法を提供する。

(2) 資源のプール化および小口化

金融システムは、大規模な事業を行うために必要な資金をプール化し、分散投資を促進するためにそのような事業の持ち分を小口化する手段を提供する。

(3) 資源の時間および場所を超えた移転

金融システムは、経済的資源を異時点、異地点あるいは異なる産業のあいだで移転するための手段を提供する。

(4) リスクの管理

金融システムは、不確実性に対処し、リスクをコントロールする手段を提供する。

(5) 情報提供

金融システムは、経済の様々なセクターで行われる分散化された意思決定を調整する価格などの情報を提供する。

(6) 情報の非対称性に伴うインセンティブ問題への対処

金融システムは、取引の一方が他方の持たない情報を持っているとか、一方が他方の代理人である場合に生じ得る（いわゆる情報の非対称性に伴う）インセンティブ上の問題に対処する方法を提供する。

金融の機能的アプローチは多くの研究者によって指摘されており、以下に示すように同様な機能の分類が紹介されている。

- BIS (1986)
リスクの移転, 流動性の提供, 企業ファイナンスのためのファンド
- Finnerty (1992)
リスクの移転, エージェンシーコストの低減, 流動性の提供
- Sanford (1993)
トランザクション処理, 資金調達, リスク管理, アドバイス
- Kohn (1994)
流動性の提供, 融資, リスク管理, インセンティブの問題への対処
- Rose (1994)
流動性の提供, 融資, リスク管理
- Levine (1997)
財, サービスの交換の実現, 貯蓄の活用, 資源配分, プーリング, リスク管理, 企業ガバナンス
- Hubbard (2000)
流動性の提供, 貯蓄と投資のマッチング, リスク分散, 情報提供

これらの研究における機能の分類は Merton&Bodie (1995) を含めて共通しているものが多い。金融の機能が明確であることを示しているといえよう。ところで、これらで指摘されている金融機能を、対応する金融サービスが有する特徴に焦点を当てることによってさらに分類することができる。それらは、お金の流れそのものが関わる実物的な側面, 新たな金融商品（機能）を生み出す生産的な側面, 付加価値のある情報を提供する情動的側面, 情報構造の非対称性を解消させる組織的側面, である。これらを整理して、以下のように金融の持つ4つの側面から金融機能を再分類してみる。

- (1) トランザクション管理（金融の実物的側面）
決済，清算，執行，その他窓口業務など
- (2) アセット管理（金融の生産的側面）
資金のプール化，投資対象のプール化，プール化された資産の運用
- (3) リスク管理（金融の情動的側面）
情報（価格など）の提供，リスクの評価，リスクのコントロール
- (4) ガバナンス管理（金融の組織的側面）
情報の非対称性に伴うインセンティブ問題への対処

(1)は金融取引の処理を管理する機能であり，お金という物の流れを管理する実物的側面，(2)はプール化などによってお金のフローを管理し新たな金融商品を生産し提供するという生産的側面，(3)はリスクや資産価格の評価，リスクヘッジのためのアイデアなどの付加価値情報を提供するという情動的側面，そして，(4)は情報の非対称性などシステムや組織が持つ構造的問題を解決するための手段を提供するという組織的側面である。

なお，(4)において，情報の非対称性，インセンティブ，エージェンシー問題等は金融のみならずシステム・組織からの理解が必要であり，前3項目とはやや異なった視点と言える。図表 A-1 は既存の研究における機能の分類と金融サービスの特徴による新しい4分類との対応表である。

また Merton and Bodie (1995) によれば，機能的視点により，次の4つのレベルにおいて分析対象を評価することができるとしている。

- (1) システム全体
国家が運営している制度（株式会社制度，年金制度など）の評価
- (2) 企業（金融機関）
銀行や保険会社などの組織の評価
- (3) 業務
取引，融資，引受けなどの業務の評価
- (4) 商品
保険商品や債券などの金融商品の評価

この見方は重要である。個別の金融商品からシステム全体に至るそれぞれ

	Merton & Bodis	Kohn	Rose	Sunford	Levine	Hubbard	Finney	BIS
トランザクション管理	・資金決済			・トランザクション処理	・財サービスの交換			
アセット管理	・プール化 ・資金の移転	・流動性の提供 ・融資	・流動性の提供 ・融資	・資金調達	・資金配分 ・貯蓄の活用 ・プール化	・流動性の提供 ・貯蓄と投資のマッチング	・流動性の提供	・流動性の提供 ・株式ファンデ
リスク管理	・リスク管理 ・情報の提供	・リスク管理	リスク管理	・リスク管理 ・アドバイス	・リスク管理	・リスク管理 ・情報の提供	・リスク管理	・リスク管理
ガバナンス管理	・インセンティブ問題	・インセンティブ問題			・企業ガバナンス		・エージェンシーコストの低減	

図表 A-1

のレベルにおいて同じ機能的視点で評価対象を分析することによって、機能を軸に全体の整合性を取ることができるのである。

③ 機能的視点から見た金融システムの変遷

ここでは金融システムの過去の変遷を機能的視点（新しい4分類）から代表的な事例を取り上げて振り返ってみる。

(1) トランザクション管理（金融の実物的側面）

規制緩和、および、情報技術の進歩とシステムコストの低減により、金融取引の処理機能を担うトランザクション管理の効率化は飛躍的に高まった。例えば、長岡 (2008)、根本 (2008)、菅原 (2008) らによれば、ATM 機能の拡大などシステム化により窓口業務の多様化、効率化が飛躍的に進んだ。特に日本においては高い技術基盤をベースに ATM は高度な発展を遂げた。

ネット証券、ネット銀行、送金業者などトランザクション処理に特化した業者が登場し、さらに同業務の効率化が一層進展した。この傾向は今後も続くだろう。上田 (2009) は、資金決済法の導入が送金業務などの電子マネービジネスにおける広いビジネス機会を銀行以外の機関にも提供することになると指摘している。これは、法律自体が銀行法といった既存の金融機関を前提とするビジネスモデルから資金決済法という機能的視点に立ったビジネスモデルに転換していることを示している。

(2) アセット管理（金融の生産的側面）

プール化技術の進展から投資信託（ETF 含む）の対象資産が大幅に拡大した。これにより、小口投資家が投資できる金融商品の種類が劇的に拡大した。杉田 (2009) によれば、リーマンショックの影響は受けたが、新興国における投資家の台頭や ETF の増加を中心に投資信託市場は成長を続けていることを示している。Kothari (2006)、Fabozzi (2008)、遠藤 (1999) 等は証券化が金融業に開発・生産機能をもたらし、金融商品と企業の資金調達手法の多様化を進めたことを指摘している。また、様々な個人年金商品や保険商品は個人が消費タイミングをコントロールできるようにしている。Lo (2008)、Diamond and Rajan (2009)、祝迫 (2009) は、銀行による既存の「与信」とい

う機能が、「証券化」、「資産運用（ヘッジファンド）」、「レバレッジの付与」という機能を合成することにより新たに創出されたと指摘している。これは、リーマンショック後の評価においてシャドーバンクと呼ばれるようになり、その合成された機能が規制の対象外となっていることが課題となっている。

（3）リスク管理（金融の情動的側面）

様々な金融商品の登場によって、伝統的な資産に加え、デリバティブやETFを利用してコモディティや不動産等非伝統的な資産、さらに、企業の信用など非リアルアセットの価格が市場で評価されるようになった。Gürkaynak & Wolfers (2006), 山中 & 内山 & 田村 (2010) 等の研究にあるように、企業のクレジット、市場のボラティリティ、資源、天候、経済統計（物価、雇用等）など様々なリスクの市場化が進み、リスク管理のための道具が多様化した。また、甲斐 & 加藤 (2004) が紹介しているように、事業会社の様々なリスク管理にこたえる多様な金融商品やファイナンススキームが登場している。

（4）ガバナンス管理（金融の組織的側面）

証券の保有によるガバナンスの管理は現代においてとても重要なテーマになっている。さらに新しい証券の開発により、複雑なガバナンス構造にも対応しようとする努力も行われている。また、転換社債をはじめとしてデリバティブを組込んだ証券により、資金調達における株主と債権者の間のエージェンシー問題を克服する努力がされている。谷本 (2007) はSRIファンドなどの登場により、ファンドマネージャによる企業のガバナンスが監視されるようになってきていることを指摘している。遠藤 (1999) は、証券化は、「特定のキャッシュフローを分離して投資家に提供する仕組みを通じて、借り手の経営能力や返済意志といった要素に影響を受けない仲介方法、つまり金融取引における情報の不確実性、非対称性に基づく取引コストの低減が図られている」としている。

以上のように、金融ビジネスの進展は金融の機能化の進展と言っても過言ではないであろう。個別の金融機能により特化することによって新しいサー

	トランザクション管理	アセット管理	リスク管理	ガバナンス管理
システム集約型	◎			
知識集約型		○	◎	◎
資本集約型		◎	○	

新業態分類

図表 A-2

ビスを生み出してきたのである。

④ 機能的視点から見た金融機関の進化 —3つの新業態分類—

さて、機能的視点において進化した金融サービスはどのような業態の金融機関によって提供されるようになっていくのであろうか？ 加藤 (2002) は、機能的視点で金融機関を分析し、金融機能を実現する金融機関の業態は今後の3つのタイプに収斂されていくとしている。

(1) トランザクション処理業（システム集約型企业）

一部大手業者（システム集約型）による寡占

(2) 付加価値情報サービス業（知識集約型企业）

多数のベンチャー型の企業が参入し、多種多様な情報サービスを提供する

(3) リスクマネジメントサービス業（資本集約型企业）

一部大手業者（資本集約型）による寡占

つまり、多種多様な (2) 付加価値情報サービス業者が金融サービスのアイデアを生み出し、それを、(1) トランザクション処理業者や (3) リスクマネジメントサービス業者が物理的に実現させるということである。図表 A-2 は新機能と新業態の対応を示したマトリックスである。システム集約型の (1) トランザクション処理業はトランザクション管理機能を担い、(3) リスクマネジメントサービス業はアセット管理機能を提供し、その中でも特に物理的な実施機能を担う、そして、(2) 付加価値情報サービス業は新しい機能を創造していくことになる。

2. 金融イノベーション — 金融イノベーションと金融機能の進化 —

① イノベーションと金融イノベーション

(1) シュンペーターとイノベーション

イノベーションの概念を唱えたのはシュンペーターであり、彼はイノベーションとは従来と異なる生産的諸力の「新結合」neue Kombination であるとした。すなわち、生産要素を新しく組み合わせることによって、新製品（財貨）、新生産方式、新組織、新供給源、新販先などの5つ新結合が需要を創造すると考えた (Schumpeter 1926)。

Schumpeter は、そのイノベーションを生み出す主体こそが企業者 entrepreneur であると述べている。そして企業家は事業そのものを作り出す役割が期待されるが、リスクのある事業に対してその投資資金を提供（信用創造）する役割は、企業家ではなく銀行家が果たすべきであると考えていた。そして銀行家とは、『国民経済の名において新結合を遂行する全権能を与えることのできる、いわば「交換経済の監督者」』Schumpeter(1926)の役割を果たすとし、イノベーションにおける金融の役割を重要視した。『(シュンペーターの思想において) 企業者による「革新」こそ、一国の経済発展の原動力であるとされるが、革新に不可欠な信用を供与する銀行家は企業者と同程度に一国の経済発展において重要な役割を担っている』（加藤峰弘 2001）。

ところが、シュンペーターは、事業創造としてのイノベーションを資金面から支える機能が信用創造であると位置付けてはいたが、金融機能そのものが新たなイノベーションを起こすということを明示的には想定していなかったように見える。しかし様々な資源や方法の新結合によって、新しい価値を創造することをイノベーションと呼ぶのであれば、信用創造という金融における「生産プロセス」の新結合によって価値を生み出す金融イノベーションは、明らかにシュンペーターが定義するイノベーションの一例であろう。

(2) 金融イノベーションとは

金融イノベーションの定義としては様々なものがあるが、Tufano (2002) は金融イノベーションを、「新しい金融技術、制度、市場と同様に新しい金

融商品を創出し普及させる行為」とし、そこに2つのタイプがあるとした。つまり「プロダクト・イノベーション」と「プロセス・イノベーション」である。この2つの分類はイノベーション研究においてしばしば利用されるキーコンセプトと言えよう。

まずプロダクト・イノベーションとは創造的な技術や製品を生み出すことで事業価値を生み出すものである。金融イノベーションの分野においては、例えば新しいデリバティブ契約、社債、投資商品などの創出がこれにあたる。一方、プロセス・イノベーションとは、生産や職務機能、バリューチェーンなどの事業活動のプロセスに創造的なやり方を導入することによって、事業価値を高めるやり方で、例としては証券販売や取引処理についての新しい手段の創出が挙げられよう (Tufano 2002)。

一方で、シュンペーターが明らかにした事業イノベーションは実物への直接的な事業創造であったが、金融イノベーションの役割については、やはり事業イノベーションとは異なったものが存在する。Merton (1990) は金融イノベーションの役割を、(1) リスク共有やヘッジなどによる「市場の完全化」への対応、(2) 取引コストの低下や流動性の向上、(3) 情報、税や会計制度の非対称性によるエージェンシーコストの低下、などと規定した。そして「これらによって経済パフォーマンスを改善する」と述べている (Merton 1990, Grinbla & Longstaff 2000)。

また Lerner (2006) も 金融サービス産業におけるイノベーションのダイナミズムは、次に述べる3点から、製造業と全く異なったものとなっていると述べている。すなわち金融の場合には、① Appropriability (専有化) に関して、製造業に比べて特許などの保護が弱い、② Regulation (規制) については、規制機関が日頃から経営や新サービスに関して詳細に監視している、③ Collaboration (協働) の面で、シンジケートやジョイントベンチャーなどによる協働や標準化などが業界の中で重要な役割を果たしている、などが存在するとした。

② 金融イノベーションの分類と変遷

(1) 金融イノベーションの分類

さて本節では、金融イノベーションを議論するにあたって、いくつかの特

色を整理する。

まず金融イノベーションの分類には多種多様なものがあるが、Tufano (2002) は近年の金融イノベーションに関わる文献研究によって、いくつかの分類方法を抽出している。例えば、①商品名による分類、②商品タイプによる伝統的分類（負債、転換社債、株式等）、③商品特性による分類（満期、償還条項等）、④機能による分類（Merton 他）などである。また Merton (1994) は、金融イノベーションは①多種類の新しい証券設計、② ICT 技術の発達、③金融理論の発達などによって生まれてきた比較的新しい革新であることを指摘している。

またマートン・大野編 (1996) では、金融技術のエッセンスとして、①デリバティブ技術、②リスク管理、③債券投資技術、④投資技術、⑤証券化技術、⑥コンピュータ技術（アルゴリズム技術、分散処理技術、データベース）などを挙げている。

これらを概観しても、残念ながら明確な分類というものは出てこないが、様々な分類に共通しかつ普遍的な要素技術で括してみると次のようなものとなろう。つまり金融イノベーションとして、(1) 金融技術と (2) IT 技術という 2 つの次元における様々な要素技術の新結合というものである。まず金融技術で言えば、デリバティブやリスク管理などに関する①金融理論（新しい概念やモデル）という基本技術と、②金融商品（新しい証券）のようなプロダクトがイノベーションを引き起こしている。他方情報技術では、③ ICT 技術（コンピュータによる高速処理の実現、ネットワーク化、データベース化）という要素技術が、金融技術のプロダクトやプロセス・イノベーションを加速させている。

(2) 金融イノベーションの変遷

さて、Merton (1994) や Partnoy & Thomas (2006) によれば、実務における金融イノベーションは 1960 年代の前後から始まったとされる。

2.1 1960 年代とそれ以前

それまでの金融論における議論は専ら組織と法律の記述的学問によってなされていたが、60 年代以降は貨幣の時間価値を導入した数理モデルが導

入されて、より論理的な議論、実証的な議論がなされるようになった。また GM が年金制度を導入したのは 1950 年であったが、50 年代後半から 60 年前後にかけて株式の年金運用が本格的に始まり、現代の機関投資家の大きなバックボーンが形成されることにつながった。理論的には、1900 年にフランスの数学者 Bachelier が「投機の理論」という先駆的業績を 1900 年に挙げていたにもかかわらず、それは長年にわたって日の目を見ることがなかった。その意味では、実質的な金融イノベーションは、Markowitz (1952) による資産選択理論の構築を待って幕開けしたと言えよう。その後は、Sharpe (1964) や Lintner (1965) による資本資産評価モデル (CAPM) の開発、Samuelson (1965) や Fama (1965) による効率的市場仮説の提示、Fisher & Lorie (1964) による過去の株式リターンに関する研究、Jensen (1968) による投資ファンドの実証研究など、一連の創造的な研究がその発展を支えたのであった。

2.2 1970 年代

70 年代に入ると、金融技術は徐々に新商品開発に導入されるようになり、株式や株式関連派生証券で応用されるに至る。また内容的により洗練され、時間と不確実性を含む動学的ポートフォリオ理論や条件付き請求権分析 (CCA) などが生まれてきた。さらに派生証券取引所が創設されて、市場が拡大すると共に、年金関係のエポックメイキングとして、従業員退職所得保障法 ERISA(1974) が制定された。理論的には、Black&Sholes(1973) のオプション価格モデル (OPM) や Ross(1976) による裁定価格理論 (APM) などの革新的な金融理論が次々に生み出されるなど、金融イノベーションの成長前期であったとも言えよう。

2.3 1980 年代

続く 80 年代は金融イノベーションの裾野はさらに広がり、債券や証券化商品等への応用、CCA 手法がさらに多変量に拡張されるなど、数理モデルの精緻化の進展と金融実務への応用が急速に進んでいった。こうした金融イノベーションの発展の背景には、マクロ経済の実態や各国の政府的状況が絡んでいた。すなわち、欧米・日本などの先進国は、巨大な財政赤字を抱えな

がら、一方で小さな政府を実現するために各国とも規制緩和に力を入れた。さらに機関投資家、特に年金基金は長期的なパフォーマンスのみならず短期的なパフォーマンスを気にしてリスクマネーへの投資を拡大させていった。こうした金融イノベーションの実務面での発展とは裏腹に、金融理論の観点から見ると、基本的な金融イノベーションは相対的に低調であったということは否定できない。しかしその一方で、計算手段と通信技術など ICT 技術の進歩によるデータベース開発やその精緻化が格段に進歩し、学習曲線効果と相俟って取引コストが激減した。またデリバティブの取引のドメインは、取引所から店頭取引契約へとシフトしていった。まさに金融イノベーションにおける成長中期の様相を呈していた。

2.4 1990 年代とその先

90 年以降は、80 年代の傾向がさらに顕著になり、取引コスト低下と学習曲線でさらにコストが低下したが、一方で競争によって金融イノベーションによる限界利益も低下すると共に、他方でそれは革新スピードを加速化し、さらなる競争がグローバルレベルで拡大するに至った。またリスク管理のポリシーも、従来のような大きな資本を持っていれば安全というステイックなものから、リスクの計量モデルを導入したダイナミックな評価へと代わっていったのであった。その背景には、ヘッジファンドの未曾有の急拡大と実務応用面での金融イノベーションの発展という強烈な 2 つの牽引ドライバーが存在した。理論的には革新的なものは特にはなかったものの、Scholes & Wolfson (1992) らの税金と規制に関する金融の道具・代替としての制度的デザインの理論など、従来にはないアプローチが出て来ている。金融イノベーションの成長後期に入っているとも言える。

2.5 金融イノベーションの将来の方向

以上のような金融イノベーションの変遷を概観した上で、Merton (1994) は金融イノベーションによっていくつかの特徴を指摘した。

- (i) 数理モデルは、近年理論的な革新は少なくなっているが、リスク管理などの応用面で正確かつ数量的な評価手段を提供できるようになってきた。

- (ii) 伝統的な業態をベースに定義された株式と負債、BISの自己資本規制などの概念は、代替契約の発達によってますます不明瞭になった。

さらに、Merton (1994) は 90 年代の半ばに、その後の金融イノベーションの発展方向を次のように予想した。すなわち、今後は先物のような標準化された証券の新しい取引市場が増加し、裾野がさらに広がることによって、同時に新しいテラーメード型の金融商品の創造が可能になる。また新しい金融商品の出現によってヘッジを拡大すればするほど、さらに新市場の取引量が拡大するであろう。その結果、限界取引コストはさらに低下し、新商品や新トレーディングの実践が可能になり、これが結局はさらなる取引量の増大に結びつく。そして、市場は「ゼロ限界取引コスト」と「動態的に完全化した市場」に向けてスパイラル的に拡大していく。マートン・大野編 (1996) はこれを「金融スパイラル効果」と呼んで楽観的なビジョンを展開しているが、今振り返れば、こうした合理的な予想はフリクションのない世界における論理的なメカニズムであり、不完全情報、硬直的な制度、限界合理的な意思決定を前提にした現実世界では、そのスパイラルのプロセスの途中で、投資家は「理想と現実との乖離」に気付き、周りの投資家と自らの行動そのものに疑問を投げかけるようになった。

(3) まとめ

最後に、金融イノベーションと金融機能との相互関係を見てみよう。金融機能としては先に 4 つの機能、すなわち、①トランザクション管理、②アセット管理、③リスク管理、④ガバナンス管理などに集約した。

まずトランザクション管理は、主に ICT 技術の発達によって処理時間・処理量・処理タイミングなどの面で、格段の効率化がはかられることで、従来では不可能であったような新しいプロダクトやプロセスのイノベーションが起きる可能性が高い。アセット管理は、主に新しい金融商品（プロダクト）の多様化・高度化によって機能が向上する。リスク管理は、いかにリスクを計測し把握するかがポイントであり、革新的な金融理論によって大きな進展がもたらされると考えられる。またそれを実現するのが、新しい金融商品と ICT 技術である。さらにガバナンス管理は、主に新しい金融商品の創出を

金融イノベーション	新機能分類			
		トランザクション管理	アセット管理	リスク管理
	ガバナンス管理			
金融理論			○	◎
金融商品			◎	○
ICT 技術	◎	○	○	

図表 A-3

通して、よりきめ細かい管理が可能となる。図表 A-3 は以上の関係をマトリックスにしたものである。

以上述べたように、個別の金融機能は過去において金融イノベーションの発達によって高度化してきた。今後はそれらのイノベーションがより複合的に発達することにより、金融機能を加速化していく方向に進んでいくものと考えられる。

3. 金融システム ー今後の課題と方向：歪弱化への対応と多様化ー

① 金融システムの歪弱化

さて、機能的視点により進展し、効率化が進んだ金融システムだが、機能化、効率化の追求が次のような問題を生み出している。

Purnanandam (2010), Berndt and Gupta (2008) は originate to distribute モデル（機能の分化）をとる金融機関によってオリジネートされたローンがパフォーマンスや質において劣ることを示している。Sufi (2007) はシンジケートローンにおける情報の非対称性が産むモラルハザードを示している。Keys et al.(2008) は証券化がサブプライムローンのスクリーニングプロセスを甘くしていることを示している。Crouhy et al. (2008) は金融危機の原因として、エージェンシー問題、証券化による引受基準が低下している問題、情報の不透明性の問題、金融商品の過度な複雑さなどの問題を指摘している。Brunnermeier (2008) は分化した金融システムが流動性スクイズをもたらす構造を持っていることを示している。つまり、機能化が進展すると、効率化を目指してその機能に特化した金融機関が登場して機能分

化がさらに進展するが、全体の整合性が崩れ、システム全体としては歪弱性が出現するのである。

その歪弱性をまとめると次のように分類できる。

- 不適切なインセンティブを産みやすい構造
他との関係性より自己機能だけを最適化し、目先の利害にとらわれ規範意識の低下が起こる。これは、利益相反を個別金融機関内では管理しにくいためであり、全体の規範があるかどうかが問題となる。
- 情報の非対称性の進行
専業化、分業化により他機関の業務が分からなくなる。また、金融商品の高度化・複雑化が進み、開発者以外はその商品の正確なリスク特性を理解できなくなる。つまり、商品リスクの不透明化が進むのである。
- リスクが連鎖しやすい構造
複雑化によって相互の依存関係が見えにくくなり、システミック・リスクが起こりやすくなる。そして、ハブ機関に支障が出るとシステム全体が動かなくなる。

つまり、各機能、各部分を最適にしようとする努力が全体にとって最適になるとは限らないのである。これは、一般的にシステム内の相互依存性が高まると起こる問題であり、各機能とシステム全体との整合性を取りながら部分最適化を行う必要がある。

② 金融機能と全体システムとの整合性

健全な金融機能の発展のためには、個別機能の効率性の追求と同時に、金融システム全体の頑健性を高めるための制度設計が重要である。これについては今までに様々な提案がなされている。

翁 (2010)、小立 (2010)、白塚 (2011) らは、中央銀行による「マクロプルードンスの視点」の重要性を指摘している。首藤 (2010) は複雑化、多様化する金融市場においてゲートキーパー・ビジネスの健全な発展が重要であることを指摘している。Duffie and Zhu (2010) は CDS のようなデリバティブの清算における中央清算機関の有効性を示している。

Joseph (2009) はシステミック・リスクを防ぐために、カウンターパー

ティ・エクスポージャや担保を管理する中央機関を提案している。Gründl and Post (2009) は証券化の透明性を高めるため、証券化のプロセスを細かく捕捉できるメカニズム（データセンター）を提案している。Utzig (2010) や Katz et al. (2009) は格付け機関規制の状況を報告し、その有効性がまだ未知であることを示している。一方、Hunt (2008) は格付け機関にとってレピュテーションリスクは低く、格付けに対して事後的な評価とペナルティを課すことを提案している。

これらの提案はその一部であるが、個別機能の効率性をできるだけ損なわないように全体に規制を課すことが重要であろう。

ところで、Perrow (1984) は、原子力発電、アポロ計画、化学プラントなどでなぜ大事故が起こるのかを分析している。その主要な原因は次のようなものである。

- システムの相互関係の複雑性（Interactive Complexity）
- 密接な関連性（Tight Coupling）
- 全体把握困難性（Incomprehensibility）
- 人的ミス（Operator Error）

各機能が密接に関連している状況で全体の整合性を管理することには困難が伴う。常に想定外は起こる。事故が起こることを前提とした対応策が必要となろう。その際、次の3つのブルーデンスが重要である。

- 個別ガバナンス策の強化（マイクロ・ブルーデンス）
- 巡航速度の安定化（マクロ・ブルーデンス）
- 早期警報システムと防災シミュレーション（システムズ・ブルーデンス）

これらのブルーデンスを組み合わせることにより、リスクを下げるができる。

③ 金融イノベーションの多様化

(1) 周辺技術の発展や規制の変化への対応

本論文の「2. 金融イノベーション」で述べたように、金融イノベーショ

金融イノベーション

社会問題			
	高齢化問題	環境問題	グローバル化
金融理論	◎		
金融商品	○	◎	○
ICT 技術			○

図表 A-4

ンにおいて大きな創造をもたらすべき金融理論の発展は、80年代以降徐々に停滞してきているように思えるが、応用的な金融技術や ICT 技術の革新や新しい金融商品や情報サービスの誕生などの金融イノベーションの多様化は、その勢いを加速しているとも言えよう。

金融イノベーションはその定義から、市場参加者にとってメリットがあれば、金融における多様化した要素技術の新結合によって、既存の金融の規則や規制に制約されない創造的アプローチを生み出し続けるであろう。このプロセスは別な角度から見れば、既存の規則・規制が捉えられない状況（対象や範囲という面で）、すなわち規則・規制の有効性を「破壊」する「創造」というシュンペーターのイノベーションそのものである。それゆえに金融イノベーションは、これまでの過去の各種バブル崩壊や近年のリーマンショックにも関わらず、今後とも一層の多様化の方向を推進・加速化させていくものと予想される。

(2) 社会的問題への対応

これから将来の世界や日本を取り巻く環境を考えてみると、いくつかの社会的メガチェンジ（巨大変化）がすでにその姿を現しつつある。具体的には、①高齢化社会の出現、②環境問題の深刻化、③グローバル化の発展などである。これらの社会的メガチェンジに対しては官民双方からの対応が求められるが、金融サービスにおいても、金融イノベーションの要素技術を組み合わせた形での新たな金融イノベーションが起きることが期待される。図表 A-4 にその関係がマトリックスとして示されている。

2.1 高齢化への対応

高齢化は投資家のリスク許容度を低下させ、投資家は資産運用で徐々に大きなリスクが取れなくなってしまう。この制約の克服がまた新たなニーズを作り出していく。こうした市場のリスクと投資家の取れるリスクのミスマッチをいかに解決するかが、逆に金融イノベーションの源になりうる。Mitchell et al. (2006) や Sherris & Wills (2007) らが指摘するように、ライフアニユイティ、インデックストアニユイティ、リバースモーゲージなど、長寿リスクに対応した商品はすでにいくつか開発されている。長寿リスクの市場化とリスクの移転手法は、今後さらに発展するだろう。また年金制度（確定給付型）の崩壊や既存金融機関に対する規制強化も、金融機能の主要ユーザーに変化をもたらし、新しい時代の新しい制度に向けた金融イノベーションを生み出す可能性が指摘される。

2.2 環境問題への対応

Labatt & White (2002) や Park (2005) などが強調するように、新興国の発展に伴い環境リスクは今後高まることが予想されるが、一方で環境意識の高まりからエコファンドなどの環境関連金融商品がすでに登場し、環境リスクの取り手となる新たな投資家層も生まれている。今後、環境リスクの市場化とリスク管理手法が発展することで金融イノベーションが促されるだろう。

2.3 グローバル化への対応

Kaul (2006) や Lane (2009) らが指摘するように、新興国の台頭により、先進国と新興国の間の所得のみならず、成長・文化・ニーズ等に関するミスマッチが顕在化していくであろう。このミスマッチを管理するために金融イノベーションが重要な役割を果たすだろう。

(3) 社会的問題と金融イノベーション

以上述べてきたように、これから起きることが予想される社会的メガチェンジに対しても、金融イノベーションの果たすべき役割は少なくないと思われる。そこで、これらの社会的問題と金融イノベーションの要素技術をクロスさせてみると、次のようなマトリックスが浮かび上がってくる。

- (1) 高齢化への対応に関しては、低いリスク許容度下の運用という現代的な社会背景を受けた新しい投資理論と金融スキームが求められるのではないだろうか。
- (2) 環境問題への対応に関しては、環境保全やリスク管理に対応する新しい金融商品が求められよう。
- (3) グローバル化への対応に関しては、主に ICT 技術の発展による新しい情報サービスがさらに進展し、それに触発された形での新しい金融サービスが生まれてくる可能性がある。

おわりに

不幸にも 2011 年 3 月に東日本を襲った大地震と大津波（東日本大震災）は千年に一度の大災害をもたらした。一方、数年前のリーマンショックに代表される株式市場の大暴落は、百年に一度の出来事と言われている。この両者の違いを見ると、片や歴史上稀に見る超大型の自然災害であり、それが直接もたらした被害による死者行方不明者の数は数万人に上っている。もう一方は人間の投資や投機の行き過ぎが生み出した市場の反応であり、被害は直接人命に結びつくものではないものの、世界中の人々や企業、社会に巨額の損失と災難を発生させた。逆に両者に共通している要因としては、①周期が長いこと、②いつ起きるか分からない（不確実）こと、そして③歴史的に繰り返されることである。その間隔が千年であれ百年であれ、人生においてそうした過去の社会的な大ショックを実体験した人たちの大部分は、すでに亡くなっているか、ビジネスから離れてしまっていることは確かである。一方、好況の後に不況を迎えるという景気循環は、どの国でもどの時代でも繰り返していることを確認できる。一世代の労働年数は大体 35 年前後（大学卒を前提にすれば 20 歳前半から始まり 60 歳前後まで）とすると、50 ～ 60 年周期と言われる経済のコンドラチェフ・サイクルに比べても、高々その半分程度の年数しかビジネスを経験してはいない上に、次の世代もまた 35 年前後しか経験しないため、繰り返されると分かっているにもかかわらず学習したことがまた風化せざるを得ない。私たちは、周期が長くて不確実な事象に対して

は、知識的にも、経験的にも、また感情的にも、過去の経験を十分に生かすきれない存在であることを十分に認識する必要がある。

シュンペーターがイノベーションというコンセプトを導入した世界は、新結合によって革新が起きて様々な事業活動が拡大する「好況」や「ブーム」を享受するプラスの時期と、その後反動として出現する「不況」や「恐慌」というマイナスの時期が交互に循環する世界として分析されていた。しかし第二次世界大戦以降は、世界的に比較的長期にわたる景気上昇期が長く続いたために、それまで伝統的経済学の中で重要な地位を占めてきた景気循環論は、経済学の正統派から外れてしまった観がある。しかし Schumpeter の世界観を、加藤 (2001) は「世界恐慌は『資本主義的發展の活力の証左であり、資本主義的發展に対する、実質上、一時的な反作用』… (中略) …であると見做した。すなわち、彼にとって資本主義過程は革新を原動力として景気循環を伴って進化していくものであり、彼の描く三循環図式の下では世界恐慌とてその一環にすぎなかったのである。このように、彼は世界恐慌を必然性を持った現象と考えていた」と述べている。こうした景気循環的な世界観は、我々の将来の期待形成において長期という有用な視点を与えてくれる。

翻って、リーマンショックのような金融市場の暴落とそれに続く金融システムの大混乱は、投資家の期待がコントロールできない限り、将来においても必然的に繰り返すであろう。我々にできることを考えてみると、①市場や制度の不備を監視しその行き過ぎを是正することは当然の責務であるが、むしろそれと同じくらいに大切なのは、②暴落が起きた時にそれを金融システムの大混乱に波及させないような仕組みを制度設計に具体的に取り込むことに加え、③混乱の程度を最小化するために平時から監督官庁と金融業界が共同で様々な想定シミュレーションに基づく対応訓練を積むことが非常に有効ではないだろうか。これは災害対策のアナロジーであるが、自然災害への防災だけではなく金融システム混乱への防災としても活用されるべき共通課題であるように思える。そしてその②と③の目的を達成するために、金融イノベーションをもっと活用することができるのではないだろうか。

— 参考文献 —

- Bank for International Settlements. 1986. "Recent innovations in international banking", Bank for International Settlements Report April 1986.
- Berndt, A., Gupta, A. 2009. "Moral Hazard and Adverse Selection in the Originate-to-Distribute Model of Bank Credit", *Journal of Monetary Economics*, Vol.56 Issue 5, July 2009, pp. 725–743.
- Brunnermeier, M. K. 2009. "Deciphering the Liquidity and Credit Crunch 2007–2008", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 23, No. 1, Winter 2009, pp. 77–100.
- Crouhy, M. G., Jarrow, R. A., and Turnbull, S. M. 2008. "The Subprime Credit Crisis of 2007", *The Journal of Derivatives*, Fall 2008, pp. 81–110.
- Diamond, D. W., Rajan, R. 2009. "The Credit Crisis : Conjectures about Causes and Remedies", NBER Working Paper No. 14739.
- Duffie, D., Zhu, H. 2010. "Does a Central Clearing Counterparty Reduce Counterparty Risk?", Stanford University Graduate School of Business Research Paper No. 2022.
- 遠藤幸彦. 1999. 「証券化の歴史的展開と経済的意義」『フィナンシャルレビュー』 June – 1999 大蔵省財政金融研究所.
- Fabozzi, F. J., Kothari, V. 2008. *Introduction to Securitization*, Wiley.
- Finnerty, J. D. 1992. "An overview of corporate securities innovation", *Journal of Applied Corporate Finance*, 4 (Winter): pp. 23–39.
- Gorton, G. 2008. "The Panic of 2007", Prepared for the Federal Reserve Bank of Kansas City, Jackson Hole Conference, August 2008.
- Grinblatt, M., Longstaff, F. A. 2000. "Financial Innovation and the Role of Derivative Securities: An Empirical Analysis of the Treasury STRIP Program", *The Journal of Finance*, VOL. LV, NO. 3, June 2000: pp. 1415–1436.
- Gründl, H., Post, T. 2009. "Transparency through Financial Claims with Fingerprints –A Free Market Mechanism for Preventing Mortgage Securitization Induced Financial Crises", SFB 649 Discussion Paper 2009–018.
- Gürkaynak, R. S., Wolfers, J. 2005. "Macroeconomic Derivatives: An Initial Analysis of Market-Based Macro Forecasts, Uncertainty, and Risk", Discussion Paper No. 1899 December 2005 IZA P.O. Box 7240 53072 Bonn Germany.
- Hubbard, R. G. 2000. *Money, The Financial System and The Economy*, third

- edition, Addison – Wesley publishing Company, Inc.
- Hunt, J. P. 2009. “Credit Rating Agencies and the Worldwide Credit Crisis: the Limits of Reputation, the Insufficiency of Reform, and a Proposal for Improvement”, *Columbia Business Law Review*, Vol. 2009, No. 1.
- 祝迫得夫 . 2009. 「アメリカ発世界金融危機とヘッジファンド, 影の金融システム (Shadow Banking System)」『フィナンシャルレビュー』平成 21 年第 3 号 (通巻第 95 号) 2009 年 7 月, 財務省財務総合政策研究所.
- Joseph, V. 2009. “Managing Systemic Counterparty Risk through a Redesigned Financial Architecture”, *Financial Analysts Journal*, November/December 2009, Vol. 65, No. 6: pp. 28–33.
- 甲斐良隆, 加藤 進弘 . 2004. 『リスクファイナンス入門—事業リスクの転移と金融保険の融合』, 金融財政事情研究会.
- 神田秀樹 . 2011. 「進む取引所再編」経済教室, 日本経済新聞 朝刊 2011.3.10.
- 加藤峰弘 . 2001. 「シュンペーター経済学と銀行家 : 『景気循環論』(1939 年) の再検討」『金沢大学経済学部論集』21(1): pp. 85–144, 2001-01-18.
- 加藤康之 . 2002. 「新金融工学入門」『財界観測』10 月 pp.24–43.
- Katz, J., Salinas, E., and Stephanou, C. 2009. “Credit Rating Agencies: No Easy Regulatory Solutions”, World Bank.
<http://rru.worldbank.org/documents/CrisisResponse/Note8.pdf>
- Kaul, I. 2006. “Balanced Globalization: the Role of Financial Markets”, Paper presented at the session “Financial markets and growth” OECD Forum 2006: “Balancing Globalisation”, Paris, May 23, 2006.
<http://www.oecd.org/dataoecd/10/43/36770031.pdf>
- Keys, B. J., Mukherjee, T. K., and Seru, A., Vig, V. 2008. “Did Securitization Lead to Lax Screening? Evidence From Subprime Loans”, EFA 2008 Athens Meetings Paper.
- Kohn, M. 1994. *Financial Institutions and Markets*, New York: McGraw Hill.
- 小立敬 . 2010. 「システミックリスクの再発防止を図る国際的な金融制度改革と欧米の動向」『証券アナリストジャーナル』2010.10, pp. 28–37.
- Kothari, V. 2006. *Securitization-The Financial Instrument of the Future*, Wiley Finance.
- Labatt, S., White, R. R. 2002. *Environmental Finance: A Guide to Environmental Risk Assessment and Financial Products*, John Wiley & Sons, Inc.
- Lane, P. R. 2009. “Innovation and Financial Globalisation”, Institute for International

- Integration Studies Discussion Paper No. 299, Trinity College Dublin. <http://www.tcd.ie/iis/documents/discussion/pdfs/iisd299.pdf>
- Purnanandam, A. K. 2010. "Originate-to-Distribute Model and the Subprime Mortgage Crisis", AFA 2010 Atlanta Meetings Paper.
- Lerner, J. 2006. "The new new financial thing: The origins of financial innovations", *Journal of Financial Economics*, Volume 79, Issue 2, February 2006, pp. 223-255.
- Levine, R. 1997. "Financial Development and Economic Growth : Views and Agenda", *Journal of Economic Literature*, vol. 35, pp. 668-726, June.
- Lo, A. 2008. "Hedge Funds, Systemic Risk, and the Financial Crisis of 2007 - 2008", Written Testimony for the House Oversight Committee Hearing on Hedge Funds.
- Merton, R. C. 1990. "The Financial System and Economic Performance", *Journal of Financial Services Research*, 4 pp. 263-300.
- . 1994. "Influence of Mathematical Models in Finance on Practice: Past, Present and Future", *Philosophical Transactions: Physical Sciences and Engineering*, Vol. 347, No. 1684, Mathematical Models in Finance (Jun. 15, 1994), pp. 451-463.
- . 1995. "Financial innovation and the management and regulation of financial institutions," *Journal of Banking and Finance* 19, 461-481.
- Merton, R. C., Bodie, Z. 1995. "A Conceptual Framework for Analyzing the Financial Environment", edited by Crane, D. B., *The Global financial system: a functional perspective*, Harvard Business Press [邦訳マートン他 (2000) 『金融の本質—21世紀型金融革命の羅針盤』 (原著名: *The Global Financial System A Functional Perspective*), 野村総合研究所.
- Merton, R. C., Bodie, Z. 2005. "Design Of Financial Systems: Towards a Synthesis of Function and Structure", *Journal of Investment Management*, Vol. 3, No. 1, pp. 1-23.
- マートン, R. C., 大野克人編著. 1996. 『金融技術革命』 東洋経済新報社.
- Mitchell, O. S., Piggot, J., Sherris, M., and Yow, S. 2006. "Financial Innovation for an Aging World", PRC WP 2006-11 Pension Research Council Working Paper, Pension Research Council The Wharton School, University of Pennsylvania.
- 長岡壽男. 2008. 「ATM 戦略の発展過程とその考察」『RCSS ディスカッションペーパーシリーズ』 第65号, 2008年5月.
- 根本忠明. 2008. 『銀行 ATM の歴史』, 日本経済評論社.

- 翁百合 . 2010. 「国際的な規制監督改革の動向と今後の金融システム」『証券アナリストジャーナル』 2010.10, pp. 66-69.
- Park, J. 2005. "Enhancing Security, Reducing Vulnerabilities: Climate Change and Financial Innovation", Human Security and Climate Change An International Workshop Holmen Fjord Hotel, Asker, near Oslo, 21.23 June 2005.
- Partnoy, F. S., Thomas, R. S. 2006. "Gap Filling, Hedge Funds, and Financial Innovation", University of San Diego School of Law Legal Studies Research Paper No. 07-72.<http://ssrn.com/abstract=931254>.
- Perrow, C. 1984. Living with High-Risk Technologies, Basic Books NY.
- Richard, D. I., Sanford, C. S., Jr. 1993. "Financial Markets in 2020", Federal Reserve Bank of Kansas City Economic Symposium (August 20).
- Rose, P. S. 1994. Money and Capital Markets, 5e, Burr Ridge, IL.
- Schumpeter. 1926. Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung, 2. Aufl., Dunker & Humblot, (邦訳: 塩野谷祐一, 中山伊知郎, 東畑精一訳『経済発展の理論』岩波書店, 1980 年).
- Schumpeter, J. 1939. Business Cycle, McGraw-Hill [邦訳:『景気循環論』吉田昇三監修, 金融経済研究所訳 全 V 巻, 有斐閣, 1958-64]
- Sherris, M., Wills, S. 2007. "Financial Innovation and the Hedging of Longevity Risk", prepared for presentation at the Third International Longevity Risk and Capital Market Solutions Symposium, Taipei Taiwan July 21-22, 2007 Westin Hotel, Taipei.
- Sufi, A. 2007. "Information Asymmetry and Financing Arrangements: Evidence from Syndicated Loans", The Journal of Finance VOL. LXII, NO. 2, APRIL 2007, pp. 629-668.
- 白塚重典 . 2011. 「中央銀行の政策運営におけるマクロブルーデンスの視点」『日本銀行金融研究所ディスカッションペーパー』.
- 首藤恵 . 2010. 「ファイナンシャルゲートキーパーとコーポレートガバナンス再考」『証券アナリストジャーナル』 2010.9, pp. 50-56.
- 菅原尚雄 . 2008. 「日本における ATM の技術開発と企業組織」『オイコノミカ』 第 45 巻 第 1 号, 2008 年, pp. 99-121.
- 杉田浩治 . 2009. 「金融危機発生後の世界の投資信託の動向」, 平成 21 年 6 月 16 日, 日本証券経済研究所サイトから. http://www.jsri.or.jp/web/topics/pdf/0906_01.pdf.
- 谷本寛治 . 2007. 『SRI と新しい企業金融』, 東洋経済新報社.

- Tufano, P. 2003. "Financial innovation", Handbook of the Economics of Finance, Elsevier.
- 上田恵陶奈 . 2009. 「資金決済法の制定と電子マネーの進化」『Financial Information Technology Focus』 2009.5, pp. 12-13.
- Utzig, S. 2010. "The Financial Crisis and the Regulation of Credit Rating Agencies: A European Banking Perspective", ADBI Working Paper No. 188 January 2010.
- 山中智, 内山朋規, and 田村浩道 . 2010. 「日経平均ボラティリティーインデックスのすべて」『野村證券レポート』 2010 年 12 月 7 日 野村證券.

— 付録 B —

伝統的投資理論におけるリスク構造の再考

—リーマンショック後の投資理論研究の動向と今後の展望—¹

<目次>

1. はじめに
2. 資産運用の特徴と伝統的な投資理論の前提
3. 非正規性とその要因
4. 非正規性とポートフォリオ構築
5. ダウンサイドリスクとポートフォリオ構築
6. マーケット・ポートフォリオの効率性と代替ポートフォリオ
7. おわりに

<要約>

リーマンショックはこれまでの投資理論の前提に大きな疑問符を投げかけた。伝統的な投資理論が前提とする市場のリスク構造は実勢を十分に表さず、そのギャップが資産運用に大きな不確実性をもたらすことを改めて示した。本稿ではまず伝統的投資理論の前提となるリスク構造を再考する。そして、それを資産運用に応用しようとする最近の研究動向を探る。これらを通して、今後の資産運用と新しいパラダイムを展望する。

1. はじめに

Markowitz のポートフォリオ理論, Sharpe の CAPM, Black = Scholes = Merton の無裁定価格理論など一連の理論は、現在の投資理論の基盤をなすものであり、まさに 20 世紀の金字塔と言える。今やこれらの理論なしに機関投資家の資産運用はありえない。しかし、これらの投資理論には前提があり、それらは実際の市場を必ずしも正確に反映しているとは言えない。それでも、計算の簡便さや説明のしやすさ等コストの低さを考慮して目をつぶってきたのが実情であろう。しかし、いったんショックが起これば損失を取り戻すのに膨大なコストがかかることは、今回のリーマンショックの経験

1 証券アナリストジャーナル 2011.8 に掲載。

を通して身をもって理解することになった。一方、相関を高めに設定するなど極端に保守的な前提を置いてしまうと投資理論は機能しなくなってしまう。実際の市場を緻密に反映しながらできる限り丁寧に調整することが投資理論の応用には不可欠である。機関投資家のリスク許容度が下がる中、より緻密な資産運用が求められている。本稿では、リーマンショック後の伝統的投資理論研究を中心にその動向をレビューする。

2. 資産運用の特徴と伝統的投資理論の前提

まず、機関投資家の運用手法を考えてみよう。主に次のような特徴がある。

- 証券価格変動プロセスを何らかの分布（多くは正規分布）をベースにモデル化する
- 分散投資によってリスクを低減する
- 平均分散法によって最適資産配分の決定を行う
- 時価総額加重のマーケット・ポートフォリオをベンチマークあるいはコア・ポートフォリオとして用いる

これらの特徴は運用実務担当者にはお馴染みのものである。そして、これらのベースになっている投資理論には前提がある。それらは次のようなシンプルなものである。

- リターンの分布は正規分布である
- リターンの相関は線型で定常である
- 投資家は標準偏差（あるいは分散）で表されるリスクを最小化したいと考えている
- マーケット・ポートフォリオは効率的である。

これらの前提はリスク構造に関するものである。つまり、リスク構造をシンプルに捉えることにより、ポートフォリオ構築などその後の応用を展開しやすくしているのである。実務上これらの前提を許容しながらも、それらが完全に成り立つと考えている研究者や投資家は少ないだろう。次節以降で議論するように実際には次のような前提がより直観に合っている。

- リターンは正規分布に比べて、大きなテールやスキューがある
- リターンの相関は非線形で非定常である
- 投資家はダウンスайдリスクを最小化したいと考えている
- マーケット・ポートフォリオは必ずしも効率的ではない

3. 非正規性とその要因

Bachelier (1900) や Markowitz (1952) によって導入された投資理論以来、リターンの分布には正規分布を仮定することが基本となってきた。この仮定は統計的処理を簡便にしてくれるため、研究者や実務家に重宝されてきた。一方、この正規分布の仮定に疑問を呈する研究もまた古くから提示されてきた。Mandelbrot (1963) や Fama (1965) は、資産のリターンが正規性を持たないことを示している。また、内 (2009) は TOPIX の過去データから正規分布とはかけ離れた厚いテールがあることを示している。

実際の証券リターンの分布に非正規性が存在する理由については、様々な要因が指摘されている。以下、代表的な 4 項目を挙げておこう。

① 流動性の枯渇

過去の金融危機では多くの資産で流動性の枯渇が起こった。そしてそれが非正規性につながると考えられている。市場の流動性は多くの場合、マーケットメーカーによって提供される。彼らのポジションには大きなレバレッジがかかっているのが一般的であり、その資金調達環境に大きく影響される。一方、その資金調達環境は金融機関のリスク管理政策や取引所の証拠金政策に影響され、相互に負の連鎖を産むことが観測されている。Brunnermeier and Pedersen (2009) はこの連鎖を投資家、トレーダー、資金提供者の 3 者でモデル化し、流動性枯渇のスパイラル現象を検証している。また、Thurner and Geanakoplos (2010) や Adrian and Shin (2009) はレバレッジのあるポジションが流動性に負の連鎖をもたらすことを示している。このようにレバレッジが高いプレイヤーの多い金融市場では、ショックによって流動性の枯渇が発生しやすく非正規性をもたらすと考えられる。

② 相関の非線形性、非定常性

2つの変数間の相関は一般的に線型相関という1つの数値で表される。平均分散法でもこの線型相関が使われる。しかし、ある条件を付けてその関係を計測してみると、2つの変数間の相関が一定ではなくなる場合がある。これがポートフォリオリターン of 非正規性をもたらし、それがボラティリティやトレンドとの関係で起こると指摘している研究もある。Longin and Solnik (2001) は、ボラティリティの高まりと相関の上昇という関係を表し、それが下落相場において特に顕著に起こることを示している。一方、コピュラを用いて相関の非線形性を研究しているものも多い。新谷幸平、山田哲也、吉羽要直 (2010) は、相関関係を下方の裾に強い依存性を持つコピュラを用いて表している。Patton (2004) は為替市場、Okimoto (2008) は株式市場における相互依存性を、それぞれコピュラを用いてモデル化している。このように下落相場や高ボラティリティ相場での相関の高まりなどでみられる非線形性、非定常性が指摘されている。その極端な場合が次の伝染現象である。

③ デフォルトの伝染 (Contagion)

リーマンショックの中心の1つであったクレジット証券市場の崩壊は予想を超えるものであった。それは、デフォルトが想定以上に多くしかも同時に起こってしまったからである。この同時崩壊現象にはデフォルトの伝染 (Contagion) 現象があったと指摘されている。

Das et al. (2007) や Duffie et al. (2009) は、従来の代表的なデフォルト相関モデルはデフォルトに共通なマクロファクターで説明されるものであったがそのモデルではテールの大きさを十分に説明できないことを示している。そして、マクロでは観測できない伝染を引き起こすファクターの存在を示唆している。ボトムアップでモデル化する試みもある。Jorion and Zhang (2009) は、倒産がその債権者のクレジットにも影響することを指摘している。これに関連するが、ECB (2010) や Chan-Lau et al. (2009) は、金融システムのネットワークを評価するモデルを提案している。いずれにしろデフォルト相関のモデル化は極めて難しいテーマである。しかし、これまで実務で使われていたモデルが単純過ぎたのではないかという指摘はもっともなことであろう。

④ 為替リスク

外貨建て資産へのエクスポージャが高い日本の機関投資家には為替リスクが大きな脅威である。特に海外でイベントが起こる時には外国株式の株価の下落と同時に円高（外貨安）になり、これらが併さってテールリスクの実現をもたらす場合がある。さらに、輸出入に対する感応度が高いという日本の産業構造から日本株式も為替のエクスポージャが高く、為替に連動（円高で株安）しやすい特性を有している。これも合わせりテールリスクをさらに大きくしている。

日本においては機関投資家の外国株式投資のベンチマークは為替ヘッジなしが一般的と思われる。それは、為替ヘッジは長期的には必要ではないという Froot (1993) の考え方が浸透しているため、また、長らく続いている低金利からヘッジコストが高いためと思われる。しかし、外貨建て資産の比率を高めている日本の機関投資家の取っている為替リスクは大きい。加藤 (2009) は、イベント時に、為替、外国株式、日本株式の相関が高まり大きなテールリスクが存在することを指摘している。図表 B-1 で為替ヘッジなしの場合にテールが厚くなっていることを示している。

4. 非正規性とポートフォリオ構築

ハイリスク・ハイリターンな資産の組入れは既存資産との相関が低ければポートフォリオ全体としてはリスク・リターン特性が向上する。これは、ヘッジファンドを含めリスクの高い資産を組み入れるときに良く主張される議論である。しかし、リーマンショックはその期待の多くを打ち砕いた。それは、当該資産のテールリスクの大きさなどの非正規性を勘案しなかったからである。一般に正規分布を仮定する平均分散法ではポートフォリオを最適化する時、期待リターンと分散しか考慮しない。正規分布の前提を見直し、平均分散法を適用することによって起こるエフィシエントフロンティアの過大評価を修正する必要がある。(図表 B-2 参照) 以下、これに対する 2 つのアプローチについて検討しよう。

イベント時に実現するテールリスク

		株式	債券	ヘッジ ファンド	全体
		MSCI Kokusai	WGBI World ex Japan	HFRI Fund Weighted Composite	全体 *1
¥ベース (為替オープン)	平均 (%)	0.156	0.387	0.569	0.176
	標準偏差 (%)	5.526	2.973	3.638	2.133
	歪度	-0.951	-0.605	-0.445	-1.209
	尖度	2.623	3.421	1.214	4.593
	ドロウダウン	-25.33	-13.349	-13.7	-10.726
\$ベース (為替ヘッジ*2)	平均 (%)	0.281	0.535	0.69	0.216
	標準偏差 (%)	4.832	2.341	2.105	1.904
	歪度	-0.723	0.068	-0.244	-0.986
	尖度	1.622	0.788	1.801	3.18
	ドロウダウン	-19.395	-6.549	-6.842	-8.804
差 (¥-\$)	平均 (%)	-0.125	-0.148	-0.121	-0.04
	標準偏差 (%)	0.694	0.631	1.533	0.229
	歪度	-0.228	-0.672	-0.201	-0.223
	尖度	1.001	2.633	-0.587	1.413
	ドロウダウン	-5.933	-6.8	-6.858	-1.921

期間：1998年12月－2010年1月（月次データ）

*1) 全体：日本の平均的資産配分（企業年金連合会）で毎月リバランスを行った場合のポートフォリオ全体のパフォーマンス

*2) ドルベースでの表示であり、厳密な意味での為替ヘッジではない

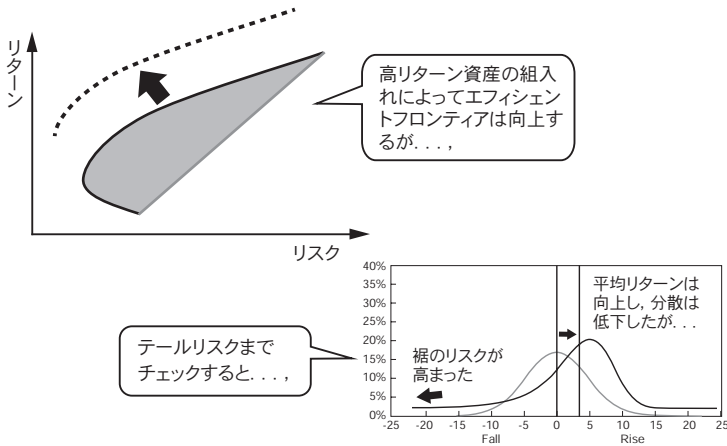
図表 B-1 日本人投資家にとっての為替リスク

出所：MSCI, シティグループ, HFRI, 東京証券取引所, 野村證券のデータを使って筆者作成。

① 尖度，歪度を考慮したポートフォリオ構築

Xiong and Idzorek (2011) が示しているように，尖度や歪度は最適化によって計算される資産配分に異なる結果をもたらす．尖度や歪度の影響を最適化のフレームワークに組み込むために次のような研究が行われている．

- 尖度や歪度等のパラメータを最適化の目的関数に直接組み入れる方法（多目的最適化）
- 対象証券の実際のリターンの分布の表現にできるだけ近い代表的な分布を使う方法



図表 B-2 歪度、尖度の存在がもたらす問題

出所：筆者作成

- リターンの分布を仮定せずにリターンの過去のデータをそのまま取り込む方法

Jana et al. (2007) や Davies et al. (2006) はリスクとして分散に歪度や尖度を加えた目的関数を最適化する多目的な最適化法を提案している。Anson et al. (2007) はその応用を非正規性の高いヘッジファンドポートフォリオで例示している。また、Sheikh and Qiao (2010) は分布の下方部分をパレート分布（厚いテール構造を持つ分布）で表現している。Shaw (2011) はリターンが学生t分布、Xiong and Idzorek (2011) はレビー分布に従う場合の最適化についての方法論を示している。そして、Adler and Kritzman (2006) は特定の分布を仮定せずに過去のデータの分布をそのまま使って最適化する方法を提案している。一方、Esch (2010) が指摘しているように、非正規性を仮定して高次モーメントを用いているモデルの利用がもたらす弊害（推定する必要があるパラメータ数の増加）に関する議論にも十分に注意を向ける必要があろう。

② 相関の非線形性、非定常性を考慮したポートフォリオ構築

最適化の際に相関の非線形性、非定常性をどうやってモデルに取り込むの

かは極めて難しいテーマである。そのアプローチにいくつかのパターンがある。

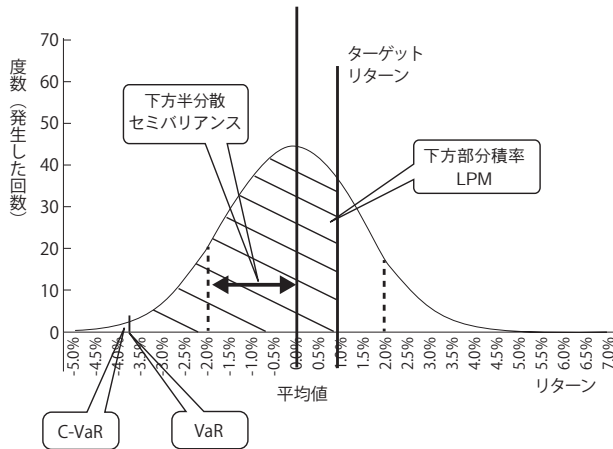
- レジームを分ける
- 変化をリプリケートしダイナミックにヘッジする
- 相関構造をコピュラで表現する

Ang and Bekaert (2002) は相関とボラティリティの関係を分析し、ボラティリティの時間的変動をその水準でレジームに分けて別々にモデル化している。Billioy et al. (2006) は株式市場の相場動向でレジームを分けている。また、Buraschi et al. (2010) はボラティリティと相関が多変量拡散過程に従う場合、これらのリスクをダイナミックにヘッジするポートフォリオ構築手法を提案している。これは相関リスクの市場化という考えである。一方、Sheikh and Qiao (2010) は資産クラス間の相関を裾依存性が表現できるコピュラモデルで表し最適化を行う方法を提案している。

5. ダウンサイドリスクとポートフォリオ構築

ポートフォリオの最適化を行う場合、左右対称の標準偏差（あるいは分散）をリスクとして最小化するのが一般的な平均分散法である。しかし、投資家にとって最小化したいのはあくまでもダウンサイドのリスクである。ただし、ダウンサイドリスクと言ってもそれにはいくつかの定義がある（図表 B-3 参照）。それぞれの目的に合ったダウンサイドリスクを使えば良い。ダウンサイドリスクについては、あまり知られていないが Roy (1952) が 1952 年、つまり、Markowitz がポートフォリオ選択論の論文を発表した同年に下方リスクを考慮したモデルを発表している。この時、もし Markowitz の代わりに Roy が注目を浴びていれば、ポートフォリオ構築手法も大きく違っていたのかもしれない。

ダウンサイドリスクについては Markowitz (1959) も半分散（セミバリエンス、下方のみの分散）としてダウンサイドリスクを導入している。ただし、これは最適化計算の難しさもありほとんど実用化されて来なかった。しかし、Estrada (2008) 等がセミバリエンスの最適化をヒューリスティックに行う方



図表 B-3 ダウンサイドリスクの定義 (下方半分散, 下方部分積率, VaR, CVaR)

出所：筆者作成

法を提案しており実用化技術が進んでいる。また、Bawa (1975) によって研究された下方部分積率 (Lower Partial Moments, LPM) は与えられた目標リターンを下回る分布という直観に合う指標でダウンサイドリスクを表している。Harlow (1991) は LPM を資産配分に応用しており、それが平均分散法による解を含む広い概念であることを示している。また、竹原 (2008) が指摘するように、目標リターンを設定する LPM は負債を意識した資産運用 (LDI) の優れた指標になる可能性がある。山口 & 小松原 (2005) は、インフレを目標リターンにした LPM を研究している。また、金融機関のリスク管理に用いられてきた VaR や C-VaR が資産運用のダウンサイドリスクとしても広く使われるようになってきている。Rockafeller and Uryasev (2000) は、C-VaR をリスクとして効率的に最適化する手法を示しており、実用化の進展に貢献している。企業年金連合会 (2010) は年金の典型的なリスク指標である積立水準をダウンサイドリスクとした最適化ポートフォリオを求めている。

リーマンショックによる損失に加えて制度や規制の強化により機関投資家のリスク許容度は下がっている。リターン分布の非正規性を考えればダウンサイドリスクに着目したポートフォリオ構築は今後より重要なテーマになるう。

6. マーケット・ポートフォリオの効率性と代替ポートフォリオ

リーマンショックで投資家は株式市場のシステムティックリスクの大きさを再認識した。リスク量を減らすために機関投資家は株式ウェイトの低下を進めている。しかし、そもそも株式ポートフォリオのシステムティックリスクをもう少し下げることにはできないのかという問題提起がある。時価総額加重型のマーケット・ポートフォリオの代替についての議論が活発である。

McLean (2010) や山田徹 & 永渡学 (2010) は市場の非効率性を指摘し、ボラティリティの低い証券のリターンがボラティリティの高い証券のリターンより優れていることを検証している。このボラティリティに関しては、Haugen and Baker (1991) が20年前からリスクを最小化したミニマムバリエーション・ポートフォリオを提案しており、山田徹 & 上田勲 (2009) にみられるようにリーマンショック以降再度研究されている。一方、Arnot et al. (2005) は、株価はフェアバリューから乖離しているとして、マーケット・ポートフォリオは割高な銘柄をオーバーウェイトし、割安な銘柄をアンダーウェイトしていると指摘している。そして、企業のファンダメンタルバリューで加重することが適切であり、よりパフォーマンスの良いポートフォリオ（ファンダメンタル・インデックス）が構築できることを示している。なお、Chow et al. (2010), Amenc et al. (2010) は、マーケット・ポートフォリオの代替に関する包括的なレビューを行っている。もっとも、これらの代替案はあくまでもマージナルなものであり、コア・ポートフォリオとしてマーケット・ポートフォリオの優位性が揺らぐことはないだろう。Levy and Roll (2010) は、マーケット・ポートフォリオはそこそこ効率的であると議論している。

7. おわりに

伝統的な投資理論に取って代わる全く新しい投資理論は産まれるのだろうか？ Marowitz や Sharpe の投資理論とともに生きてきた筆者には想像も及ばないことである。その結論を得るには天才の登場を待つしかあるまい。それまでは伝統的な投資理論をいかに現実に沿って緻密なものに改良していくのが我々の使命である。本稿で示したように、その方法は多岐に及び、多

くの研究も蓄積され始めている。これらの成果を有効に活用すれば、資産運用も投資家が期待するものに少しでも近づいて行こう。本レビューがその道程を示す一助になれば幸いである。

— 参考文献 —

- Adler, T., Kritzman, M. 2006. "Mean-Variance versus Full-Scale Optimization: In and Out of Sample", MIT Sloan Research Paper No. 4589-05, http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=881813.
- Adrian, T., Shin, H. S. 2009, "Liquidity and Leverage", Federal Reserve Bank of New York, Staff Reports No. 328.
- Amenc, N., Martellini, L., and Goltz, F. 2010. "Improved Beta? A Comparison of Index-Weighting Schemes", An EDHEC-Risk Institute Publication, September 2010.
- Ang, A., Bekaert, G. 2002. "International Asset Allocation with Regime Shifts", *Review of Financial Study*, Vol. 8, No. 1, (2010), pp. 49-61.
- Anson, M., Ho, Ho, and Silberstein, K. 2007. "Building a Hedge Fund Portfolio with Kurtosis and Skewness", *The Journal of Alternative Investments*, Summer 2007, Vol. 10, No. 1, pp. 25-34.
- Arnott, R., Hsu, J., and Moore, P. 2005. "The Fundamental Indexation", *Financial Analysts Journal*, Volume 61, Number 2, pp. 83-99.
- Bachelier, J. B. A. 1900. "Theorie de la speculation", Paris: Gauthier-Villars, Reprinted in Paul H. Cootner (ed.) [9], pp. 17-78.
- Bawa, V. S. 1975. "Optimal rules for ordering uncertain prospects", *Journal of Financial Economics*, 2, pp. 95-121.
- Billioy, M., Getmanskyz, M., and Pelizzon, L. 2006. "Dynamic Risk Exposure of Hedge Funds: A Regime-Switching Approach", <http://www.finance.uni-frankfurt.de//master/brown/160.pdf>.
- Brunnermeier, M. K., Pedersen, L. H. 2009. "Market Liquidity and Funding Liquidity", *The Review of Financial Studies*, v 22 n 6 2009, pp. 2201-2238.
- Buraschi, A., Porchia, P., and Trojani, F. 2010. "Correlation Risk and Optimal Portfolio Choice", *The Journal of Finance*, Vol. LXV, No. 1. February 2010, pp. 393-420.
- Chan-Lau, J., Espinosa-Vega, M. A., Giesecke, K., and Sole, J. 2009. "Assessing the Systemic Implications of Financial Linkages", IMF Global Financial Stability Report Chapter 2 April 2009, <http://www.imf.org/external/pubs/ft/gfsr/2009/01/pdf/chap2.pdf>
- Chow, T., Hsu, J., Kalesnik, V., and Little, B. 2010. "A survey of Alternative Equity Index Strategies", http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_

id=1696333

- Das, S. R., Duffie, D., Kapadia, N., and Saita, L. 2007, "Common Failings: How Corporate Defaults Are Correlated", *The Journal of Finance*, Vol. LXII, No. 1, February 2007, pp. 93–117.
- Davies, R., Kat, H., and Lu, S. 2006. "Fund of Hedge Funds Portfolio Selection: A Multiple-Objective Approach", *Journal of Derivatives and Hedge Funds*, Vol. 15, No. 2, 2009, pp. 91–115.
- Duffie, D., Aeckner, A., Horel, G., and Saita, L. 2009. "Frailty Correlated Default", *The Journal of Finance*, Vol. LXIV, No. 5, October 2009, pp. 2089–2123.
- Esch, D. N. 2010. "Non-Normality Facts and Fallacies", *Journal of Investment Management*, Vol. 8, No. 1, (2010), pp. 49–61.
- Estrada, J. 2008. "Mean-Semivariance Optimization: A Heuristic Approach", *Journal of Applied Finance*, Spring/Summer 2008, pp. 57–72.
- European Central Bank. 2010. "Recent Advances in Modeling Systemic Risk Using Network Analysis", <http://www.ecb.int/pub/pdf/other/modellingsystemicrisk012010en.pdf>.
- Fama, E. F. 1965. "The behaviour of stock prices", *Journal of Business*, 37, 34–105.
- Froot, K. A. 1993. "Currency hedging over long horizons", NBER Working Paper, No. 4355, May. 1993.
- Haugen, R. H., Baker, N. L. 1991. "The Efficient Market Inefficiency of Capitalization-Weighted Stock Portfolios", *Journal of Portfolio Management*, Spring 1991, Vol. 17, No. 3: pp. 35–40.
- Harlow, W. V. 1991. "Asset Allocation in a Downside-Risk Framework", *Financial Analysts Journal*, September-October 1991, pp. 28–40.
- Jana, P., Roy, T. K., and Mazumdar, S. K. 2007. "Multi-objective Mean-variance-skewness model for Portfolio Optimization", *Advanced Modeling and Optimization*, Volume 9, Number 1, 2007, pp. 181–193.
- Jorion, P., Zhang, G. 2009, "Credit Contagion from Counterparty Risk", *The Journal of Finance*, Vol. LXIV, No. 5, October 2009, pp. 2053–2087.
- Levy, M., Roll, R. 2010. "The Market Portfolio May Be Mean/Variance Efficient After All", *Review of Financial Study*, vol 23, issue 6, 2010, pp. 2464–2491.
- Longin, F., Solnik, B. 2001. "Extreme Correlation of International Equity Markets", *The Journal of Finance*, Vol. LVI, No. 2, April 2000, pp. 649–676.
- Mandelbrot, B. 1963. "The Variation of Certain Speculative Prices", *Journal of*

- Business, vol. 36, no. 4 (October), pp. 394–419.
- Markowitz, H. 1952. “Portfolio Selection”, *The Journal of Finance*, Vol. 7, No. 1, March 1952, pp. 77–91.
- Markowitz, H. 1959. “Efficient Diversification of Investment”, Wiley.
- McLean, R. D. 2010. “Idiosyncratic Risk, Long-Term Reversal, and Momentum”, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 45, August 2010, pp. 883–906.
- Okimoto, T. 2008. “New Evidence of Asymmetric Dependence Structures in International Equity Markets”, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 43 (3), 2008, pp. 787–815.
- Patton, A. J. 2004. “Modelling Asymmetric Exchange Rate Dependence”, Working Paper Series WP04-04, Financial Econometrics Research Center, London School of Economics.
- Rockafeller, R. T., Uryasev, S. 2000. “Optimization of conditional value at risk”, *The Journal of Risk*, Volume 2 / Number 3, Spring 2000, pp. 21–41.
- Roy, A. D. 1952. “Safety First and the Holding of Assets”, *ECONOMETRICA*, Vol. 20, No. 3 (Jul. 1952), pp. 431–449.
- Shaw, W. T. 2011. “Risk, VaR, CVaR and their associated Portfolio Optimizations when Asset Returns have a Multivariate Student T Distribution”, <http://ssrn.com/abstract=1772731>.
- Sheikh, A. Z., Qiao, H. 2010. “Non-normality of Market Returns A framework for asset allocation decision-making”, *The Journal of Alternative Investments*, Winter 2010, Vol. 12, No. 3, pp. 8–35.
- Thurner, S., Farmer, J. D., and Geanakoplos, J. 2010. “Leverage Causes Fat Tails and Clustered Volatility”, Cowles Foundation Discussion Paper No. 1745, Cowles Foundation for Research in Economics, Yale University.
- Xiong, J. X., Idzorek, T. M. 2011. “The Impact of Skewness and Fat Tails on the Asset Allocation Decision”, *Financial Analysts Journal*, Volume 67, Number 2, pp. 23–35.
- 内誠一郎. 2009. 「わが国のブラックスワン」, 証券アナリストジャーナル 2009.8, pp. 78–85.
- 加藤康之. 2009. 「分散効果を阻むもの」, 野村年金コンサルティング, 2009年7月, 野村証券.
- 企業年金連合会. 2010. 「政策アセットミックスの見直しについて—ダウンサイドリスクモデルを使った積立水準に応じた動的資産配分モデル—」, 企業年金連合会ホームページ.
- 新谷幸平, 山田哲也, and 吉羽要直. 2010. 「金融危機時における資産価格変動の相互

- 依存関係：コピュラに基づく評価」, 日本銀行金融研究所 / 金融研究 / 2005.12.
- 竹原均 . 2008. 「ダウンサイドリスク再考」, 証券アナリストジャーナル 2088.11-12, pp. 99-106.
- 山口勝業, 小松原宰明 . 2005. 「年金運用におけるダウンサイドリスク最小化のための最適アセットアロケーション」 オペレーションズリサーチ 2005 年 10 月号, pp. 694-700.
- 山田徹, 上田勲 . 2009. 「低ボラティリティ株式運用」, 証券アナリストジャーナル 2009.6, pp. 97-110.
- 山田徹, 永渡学 . 2010. 「投資家の期待とボラティリティパズル」, 証券アナリストジャーナル 2010.10, pp. 47-57.

— 付録 C —

ベンチマークインデックスアンケート調査

はじめに

京都大学加藤康之研究室では FTSE 社の協力を得て 2013 年 1 月に主要な年金基金・共済年金等に対して「ベンチマークインデックス利用実態に関する調査^{注1}」を行った。本稿では、前半でその結果を紹介しながら最近のベンチマークインデックスの課題を検討する。後半に加藤 (2002) が指摘したベンチマークインデックスの課題を参考にしながら、過去からの進展を検証する。

1. 株式ベンチマークとしての市場ポートフォリオの適性

バブル崩壊以降、失われた 20 年を通して TOPIX でみた株式市場全体のパフォーマンスは低迷状態が続いてきた。一方、堀江 (2012) が指摘するように個別に見れば健闘している銘柄も少なくない。その結果、TOPIX、つまり、時価総額加重型の市場ポートフォリオの効率性に対する懸念が広く議論されるようになった。特に 2005 年に Arnott et al. (2005) が時価総額加重型インデックスの問題点を指摘し、ファンダメンタルインデックスを発表してからこの議論がアカデミックスも巻き込み広く注目を浴びるようになった。

アンケート調査 (Q1: 図表 C-1) によれば、31 基金 (回答した 61 基金の 50.8%) が、時価総額加重型インデックスは株式のベンチマークとして適当でないが代替手段がないと回答しており、問題意識の高さがうかがえる。その理由も様々 (Q2: 図表 C-1) である。なお、適当と考えている基金の

注 1 京都大学大学院経営管理研究部・加藤研究室が FTSE 社の協力で、主要な年金基金、共済年金等に対してアンケート調査(無記名)を行った。有効回答数は 61 基金であり、小型から大型まで幅広い基金を含んでいる。

(Q1) 時価総額加重型インデックスは適切か？

		基金数
①	すべての目的において適当	8
②	アクティブ運用の評価には適当	4
③	パッシブ運用には適当	13
④	すべてにおいて適当ではないが、代替手段がない	31
⑤	その他	5

(Q2) 時価総額加重型インデックスにはどんな問題があるか？

		基金数
①	特定銘柄のウェイトが過大になることがある	32
②	ボラティリティが大きい	9
③	割高な銘柄のウェイトが大きく、割安な銘柄のウェイトが小さくなる	34
④	アクティブ運用者の自由度を縛る	10
⑤	その他	2

図表 C-1 (アンケート結果) 株式時価総額加重インデックスについて

中では、13 基金がパッシブ運用で適当と回答している一方で 3 基金のみがアクティブ運用で適当と回答している。時価総額加重型インデックスの回転率が低いことを反映していると思われる。

さて、市場ポートフォリオが効率的ではないという実証研究はかなり以前からある。三木 & 小守林 (1992) や Grinold (1992) は、TOPIX や S&P500 が事後的に計測された平均分散平面上の効率的フロンティア上にないことを実証している。ところで、市場ポートフォリオの効率性の理論的背景を提供するのは CAPM 理論だが、それを疑問視する研究も Black (1972) や Mayers (1973) 等古くからある。CAPM の否定という観点では、市場ベータ以外のファクターが存在するというマルチファクターの議論が実務的には重要である。マルチファクターの議論についてはバリュエーションやサイズファクターを導入した 3 ファクターモデルが広く知られており、その成果はスタイルベンチマークとしてすでに利用されている。これらに加え、ボラティリティや流動性のファクターも指摘されている。山田徹 & 永渡 (2010) は低ボラティリティが、また、Ibbotson et al. (2012) は低流動性銘柄がリスクプレミアムを有している

ことを実証している。リスクプレミアムを持つファクターは市場ベータ以外にも存在するということはすでに市場のコンセンサスになっていると言えよう。これらの研究はスマートベータ(アンケートではオルタナティブベータ)と呼ばれるベンチマークとして登場してくるのである。しかし、市場ポートフォリオがベンチマークとして使われなくなることはないだろう。市場ポートフォリオはその構造上回転率が低く、また、各ファクターのリスクプレミアムが短期的に不安定だからである。

2. 株式スマートベータの活用

株式スマートベータの決まった定義はないが、ここでは「市場リスク以外のリスクプレミアムを取得するために広い母集団をカバーするインデックス」と考える。代表的なものとしては、ファンダメンタルインデックス、最大シャープレシオポートフォリオ、最小分散ポートフォリオなどがある。アンケート調査(Q3:図表C-2)によれば、14基金(株式ベンチマークを使用している58基金のうち24.1%)がすでに採用しており、これらの基金を含め43基金(同74.1%)がスマートベータに関心があると答えている。一方で、15基金(同25.9%)が関心はあるがどれを選ぶべきか分からない、12基金(同20.7%)が関心はあるが納得できるものがない、と答えており提供者と投資家の間にはまだミスマッチがあると思われる。ところでスマートベータは加重方式が時価総額でないため、回転率など運営コストにも注意する必要がある。

さて、投資家は具体的にどのようなスマートベータを求めているのであろうか。アンケート調査(Q4:図表C-2)によれば、多様な条件を提示している。ただし、株式資産全体としてリスクの低減を推進するための手段としてスマートベータを重視している点は共通していると言える。

3. 外国株式ベンチマークの対象市場

日本人投資家の外国株式投資は伝統的に先進国が中心であった。アンケート調査によると、53基金(外国株式の資産配分にベンチマークを使用して

(Q3) 非時価総額加重型インデックスを採用しているか？

		基金数
①	採用している	14
②	採用を検討している	2
③	関心があるが、どれを選ぶべきか分からない	15
④	関心があるが、納得できるものがない	12
⑤	関心が無い	13
⑥	その他	2

(Q4) オルタナティブベータに必要な条件は？

		基金数
①	低リスクの実績がある	18
②	高リターンの実績がある	8
③	ユニークな投資スタイル	7
④	既存のインデックスとの低い相関	19
⑤	その他	7

図表 C-2 (アンケート結果) 株式非時価総額加重インデックスについて

いると回答した 59 基金のうち 89.8%) が資産配分のベンチマークとして MSCI-KOKUSAI など先進国中心のベンチマークを使用していると回答しており、資産配分レベルでは以前と変わらず先進国中心である。一方で、7 基金（同 11.9%）が新興国を含めた世界株式ベンチマークである MSCI-ACWI を先進国の代わりに使っており、投資対象を新興国まで拡大している。また、7 基金（同 12%）が新興国株式のベンチマークである MSCI-Emerging インデックスや FTSE-Emerging インデックスを資産配分のベンチマークとして使っていると回答しているが、それらが先進国株式ベンチマークと併用されており、新興国株式のウェイトを政策的に決めていると思われる。さらに、マネージャーベンチマークで見ると、その傾向はさらに顕著である。23 基金（同 39.0%）がアクティブ運用に、6 基金（同 10.2%）がパッシブ運用に新興国ベンチマークを使っている。実際の運用では新興国への分散が着実に進んでいると言えよう。

4. 国内債券デュレーションのミスマッチ

国内債券保有の目的を負債ヘッジと考えるのであれば、デュレーションが7.3年（2013年1月末時点）と一般の年金負債に比較して短いNOMURA-BPI総合は目的に適さないと考えられる。しかし、アンケート調査（Q5：図表C-3）によれば、56基金（国内債券の資産配分にベンチマークを使用していると回答した59基金のうち94.9%）がNOMURA-BPI総合を資産配分のベンチマークとしており、4基金（同6.8%）のみがNOMURA-BPI長期などデュレーションの長いベンチマークを使用していると回答している。負債を意識した資産運用（LDI：Liability Driven Investment）という考え方は浸透してきたと思われるが、負債ヘッジの主要資産である国内債券のデュレーションについては負債に比べて短いままとなっており、つまり、ミスマッチが続いていると言える。これは、市場希望・流動性の問題や長期金利の上昇に対する懸念などがその背景にあると考えられる。ただし、一部には問題意識を持っている基金もある。アンケート調査（Q6：図表C-3）によれば、9基金（同15.3%）がNOMURA-BPI総合のような時価総額加重型インデックスの問題点として負債とのギャップを挙げており、また、アンケート調査（Q7：図表C-3）によれば、10基金（同16.9%）が非時価総額加重型インデックスを採用するとすれば負債へのマッチングがその理由であるとしている。一方で、アベノミクス以降、国債発行も増加し、また金利上昇懸念も強くなる方向にあり、負債への配慮と金利上昇への配慮との両にらみの国内債券運用が求められることになろう。

5. ソブリンリスクへの対応

世界的な低金利であるが、国内に比べて相対的に高金利の外国債券は相変わらず重要な投資対象である。外国債券の資産配分ベンチマークとして現在最も広く使用されている外国債券インデックスは、シティグループのWGBI（除く日本）である。WGBIは世界の国債市場の時価総額加重型インデックスであり、結果的に、財務状況の悪い国のウェイトを高くしているベンチマークと考えることもできる。これまでは、先進国の国債はデフォルトリスクが

(Q5) 資産配分ベンチマークとして何を採用しているか? (日本債券)

基金数

①	MOMURA-BPI 総合	56
②	MOMURA-BPI/Extended 総合	1
③	MOMURA-BPI 長期	3
④	MOMURA-BPI/Ladder	1
⑤	その他	3
⑥	ベンチマークインデックスを使っていない	2

(Q6) 債券の時価総額加重型インデックスにはどんな問題があるか?

基金数

①	特定銘柄 (あるいは市場) のウェイトが過大になることがある	26
②	ボラティリティが大きい	1
③	割高な銘柄のウェイトが大きく, 割安な銘柄のウェイトが小さくなる	13
④	発行額と経済的規模との不一致	29
⑤	負債とのギャップ	9
⑥	その他	8

(Q7) 非時価総額加重型インデックスを採用する理由は?

基金数

①	リスクの低減	35
②	負債へのマッチング	10
③	高金利国・セグメントの選択的な投資	8
④	地域や為替に対する機敏な変更	7
⑤	インフレ等リスクシナリオへの対応	5
⑥	その他	5

図表 C-3 (アンケート結果) 債券インデックスについて

低いと考えられており特に問題はなかった。バーゼル規制でも2007年にバーゼルⅡが導入されるまでOECD諸国の発行する国債のリスクポイントは0とみなすことが可能であり、リスク資産としてみなしていなかった。しかし、欧州危機を発端に先進国国債のデフォルトリスクが顕在化した。そこで、既存の時価総額加重型ベンチマークの妥当性が疑問視されるようになったのである。アンケート調査(Q6:図表C-3)でも、29基金(同49.2%)が時価

ベンチマーク	加重方式
PIMCO Global Adbantage Bond Index (GDADI)	GDP ウェイト
Barclays Global Aggregate GDP Weighted	GDP ウェイト
Barclays Global Treasury Fiscal Strength Weighted	財務健全度ウェイト *1

*1) 時価総額に加え Debt/GDP, Deficit/GDP, Current Account Balance/GDP 等を加味

図表 C-4 債券の非時価総額加重型グローバルベンチマーク

出所：PIMCO、Barclays ホームページをもとに筆者作成

総額加重型ベンチマークの問題点として発行額と経済的規模との不一致を上げており、問題意識が高いことが分かる。

この問題に対応するために、パッシブ運用をアクティブ運用に変更して、市場間の大胆なウェイト調整をファンドマネージャに任せる基金も見受けられる。一方で、ベンチマーク自体を時価総額加重型のベンチマークから別のベンチマークに見直すことも検討されている。現在、非時価総額加重型の外国債券ベンチマークがいくつか公表されているが、これらは GDP や財務健全度などを用いた加重方式を使い、当該国の経済的実体とウェイトを近づけようとするものである。なお、アンケート調査によれば、すでに GDP 加重型ベンチマークなどに移行している基金も見られるが、まだ限定的のようである。ただし、問題意識が高いことから今後ベンチマークの選択にも変化が現れると予想される。参考までに、図表 C-4 に代表的な非時価総額加重型債券インデックスを示した。

6. 2002 年に指摘した課題とその後の進捗

「ベンチマークインデックスの課題」(加藤 (2002)) が証券アナリストジャーナル誌に掲載されたのは 2002 年 8 月であった。10 年が経過した今、ベンチマークの重要性には何ら変化はないが、それを取り巻く環境はリーマンショックを経て大きく変わり、ベンチマークの利用も変化している。アンケートからも分かるように、株式、債券ともに伝統的なベンチマークでは不十分であるという認識が高まり、新しい試みも多く登場している。ベンチマークは資産運用の大きなテーマになっている。以下、アンケート調査の結果をも

とにして、ベンチマークインデックス利用の変化と新しい課題を検討する。

まず前回のレポート（加藤 (2002) を参照）で指摘した課題を列挙しその後の進捗を検証する。それらの課題とは以下の通りであった。

- ① スタイルベンチマーク導入の効果
- ② 資産クラスベンチマークとしての TOPIX の課題
- ③ 先進国のみカバーする外国株ベンチマークの問題
- ④ マルチナショナル企業の台頭と外国株式投資フレームワークの革新
- ⑤ 国内債ベンチマークのカスタマイズ化（デュレーションの長期化）
- ⑥ 外国国債市場の縮小と外国債券ベンチマーク

以上の6項目のうち、③と⑤についてはすでに言及しているため省略する。以下、①、②、④、⑥の各課題の進捗を検証する。

① スタイルベンチマーク導入の効果

国内株式のスタイル分析は市場に広く定着し、その基本ツールであるスタイルベンチマークは株式市場の分析や運用のパフォーマンス分析には不可欠なものになったと言えよう。それはリスク分析手法の中心が市場ベータのみを用いる CAPM 型のモデルから、バリュエーションやサイズのファクターを加えた3ファクターモデルに移行していったという分析手法の変化の影響も大きかったと思われる。一方、運用機関に提示するベンチマーク（マネージャーベンチマーク）としても、分析的な利用の広がりレベルまでには至っていないものの、浸透しつつある。アンケート調査では、8基金（アクティブ運用を行っている56基金のうち14.3%）がアクティブ運用のベンチマークとして TOPIX と Russell/Nomura インデックスを併用していると回答しており、マネージャーベンチマークとして市場型ベンチマークに加えてスタイルベンチマークを併用していると考えられる。さらに、2基金が Russell/Nomura インデックスのみをアクティブ運用として使っていると回答している。ところで、マネージャーベンチマークとしての広がりには妨げがあると考えれば、それは運用機関が受ける制約にあるだろう。ベンチマーク提供会社が定義したスタイルや狭い母集団は運用会社にとっては必ずしも自分たちのス

タイトルに合っていない場合もあろう。スタイルベンチマークがより普及するためには、投資家と運用機関の対話が極めて重要になろう。なお、スタイルベータはファクターの数や母集団の広さにおいてスタイルベンチマークの延長線上にあると言える。

② 資産クラスベンチマークとしての TOPIX の課題

資産クラスベンチマークとしての TOPIX の課題ということで提示したのは次の5点であった。つまり、①組み入れ銘柄が限定されている、②浮動株ベースになっていない、③銘柄の自然淘汰が進みにくいルールで超小型の流動的でない銘柄が残ってしまう、④使用されている銘柄が東証の株価に限定されている、⑤合併企業の処理が実際のパッシブ運用を前提とすると不適切である。以上の内、①の新興市場が含まれていないという問題は相変わらず残るが東証と大証の合併など国内市場の統合が進む方向にあり、②、⑤はテクニカルな課題であり、これらはその後改良されている。

③については、実質的な債務超過銘柄など本来は上場廃止されるべき銘柄が滞留してしまい高いリスクに対してリターンが伴わなくなっている可能性を前回指摘した。債務超過に関する東証の上場基準については当時「3年連続債務超過」であったが、現在は、「債務超過の状態となった時」に市場二部に指定替えとなり（東証二部指定替え基準）、さらに、「その後1年以内に債務超過の状態でなくならなかった時」に上場廃止になる（東証上場廃止基準）^{注2}、となっておりより厳格になっている。東証のデータによれば、2002年半ば時点で過去20年間の内に債務超過で東証1部から上場廃止になったのは1銘柄のみであったが、基準改正後の2003年－2012年で債務超過により東証一部から二部に指定替えになったものは14銘柄になり、直接比較はできないものの、基準改正の効果が出ていると言える。なお、母集団の適性については企業価値向上というよりハードルの高い基準を新しい課題として後で取り上げる。

④は東証以外（主に大証）を主市場としながら東証にも重複上場されている銘柄がTOPIXの中に少なからず存在しているが、その株価として東証で

注2 原則として連結貸借対照表による。指定替え、廃止基準の出所は東証ホームページ。

付いた株価が使われているため、TOPIX の値が実勢の市場価格から乖離してしまうという問題である。これに関しては、東証と大証の合併により、現物市場が統合され解消される方向に動いている。ただし、当時はほとんどなかったPTSが大きく躍進し、2012年12月におけるシェアは売買金額ベースで5.9%（出所：日本証券業協会）になっている。PTSを日本全体の取引システムの一部として位置付けるのであれば、PTSも含めた株価報道システムといったインフラが求められよう。

③ マルチナショナル企業の台頭と外国株投資フレームワークの革新

トヨタ自動車やGMなど世界の主要企業は海外での売上高が国内のそれを超えている^{注3}。つまり、それらの業績は国内より海外の経済状況からより大きな影響を受け、「各国の株式」というよりは「同じグローバル株式」と考える方が自然である。この傾向は国内需要の頭打ちから新興国シフトを行う先進国企業においてますます顕著である。一方、国内投資家は相変わらず日本株式、外国株式という資産クラスを別々に設定し、なおかつ、この2つの資産配分において日本株式の方が多いというホームアセットバイアスが起きている。そのため、海外のマルチナショナル企業を過小評価してしまうことになる。しかし、その状況にも変化が起こっている。日本株式市場の長期的低迷もあり、多くの投資家が日本株式への配分比率を下げている。さらに日本株式と外国株式という別々の資産配分を廃して日本株式を含めたグローバル株式という資産クラスに移行する動きもある。この場合、日本株式のウェイトは7%程度に下がる^{注4}。アンケート調査によれば、10基金（ベンチマークを使用していると回答した59基金の内16.9%）が日本株式を含めたグローバル株式ベンチマークを株式全体のベンチマークとして使用している。つまり株式資産におけるホームアセットバイアスを解消しているのである。企業年金連合会の資産運用実態調査をもとに企業年金の日本株式と外国株式の配分割合を計算すると、62:38（2002年3月末）から52:48（2012年3月末）に変化している。絶対値としてホームアセットバイアスは存在し

注3 例えば、トヨタ自動車の2011年における海外販売比率は83%。（出所：トヨタ自動車ホームページ）

注4 2012年12月末時点でFTSE All-World インデックス（全47市場）に占める日本の比率は7.09%になる。

ているが解消される方向にあることも確かであろう。

④ 外国国債市場の縮小と外国債券ベンチマーク

2002年当時、欧米では債券市場における国債の比率が年々低下していた。米国では債券市場（投資適格債）における国債の比率は24%まで下がっていた。そのため、国債のみを対象とするベンチマークでは外国債券市場のごく一部しか対象としていないという状況になりつつあった。また、高い利回りを必要とする機関投資家にとって、国債利回りはやや魅力に欠けるものであった。そのため、対象を国債だけから社債等も対象とした幅広いベンチマークに変更することが課題となっていた。ところが、リーマンショック以降、各国による財政出動が続き、IMFの統計（Fiscal Monitor, Oct. 2012）によれば政府負債の対GDP比率は先進国合計で、2008年の81.5%から2012年には110.7%（IMF予想）に増加するとしている。したがって、国債市場の縮小という「問題」は解消される方向にあると言える。その代わりに、ギリシャやスペイン市場で見られるように国債のリスク（ソブリンリスク）が注目されるようになった。

ベンチマークの利用実態はどうであろうか。アンケート調査によれば、51基金（外国債券の資産配分にベンチマークを使用していると回答した55基金のうち92.7%）が外国債券の資産配分ベンチマークとして国債ベンチマークであるシティグループのWGBI（除く日本）を、4基金（同7.3%）が社債など国債以外の債券を含めたパークレイズのGlobal Aggregate（除く日本）インデックスを使用していると回答している。資産配分では相変わらず国債中心の配分になっている。しかしながら、アクティブ運用のベンチマークでは状況はやや異なっている。39基金（同70.9%）がWGBI（除く日本）インデックスを、14基金（同25.5%）がGlobal Aggregate（除く日本）インデックスを使用しており、実際の運用では国債にこだわらない柔軟な運用を行うところが増えていることも分かる。

7. まとめ

前著を執筆した2002年から10年が過ぎ、当時指摘したテクニカルな問題は解決されていると言える。しかし、伝統的な時価総額加重型ベンチマークを前提とする根本的な問題は解決されておらず、逆にそれがリーマンショック以降に顕在化した。アンケート調査から、投資家のベンチマーク利用に関する変化と問題意識を見ることができた。今回新たに提示した課題は過去の課題の延長線上にあり、それらがより深化したと言える。つまり、ベンチマークの大きな変化は実はこれから起こると考えられる。リーマンショック以降、投資理論そのもののパラダイム変化の必要性が指摘されているが、同様にベンチマークにも必要であろう。ベンチマークの選択は資産配分と同様にパフォーマンス上極めて重要であり、それにかかる時間はパフォーマンスとして返ってくることになろう。

— 参考文献 —

- Barclays, Russell Investments. 2012. “BARCLAYS-RUSSELL LDI INDEX SERIES May 2012”.
- Black, F. 1972. “Capital market equilibrium with restricted borrowing”. *Journal of Business*, 45 (3): pp. 444–54.
- Grinold, R. 1992. “Are Benchmark Efficient?”, *Journal of Portfolio Management*, Fall 1992, Vol. 19, No. 1: pp. 34–40.
- Ibbotson, R. G., Chen, Z., Kim, D. Y-J, and Hu, W.Y. 2012. “Liquidity as an Investment Style”, <http://ssrn.com/abstract=1817889>.
- Mayers, D. 1973. “Non-marketable assets and the determination of capital asset prices in the absence of a riskless asset”, *Journal of Business*, 46, pp. 258–276.
- Robert D. Arnott, Hsu, J., and Moore, P. 2005. “Fundamental Indexation”, *Financial Analysts Journal*, March/April 2005, pp. 83–99.
- 加藤康之. 2002. 「ベンチマークインデックスの課題」, *証券アナリストジャーナル* 2002.8, pp. 45–65.
- 川北英隆. 2002. 「平均的な日本株式は投資対象となり得るか」, *証券アナリストジャーナル* 2012.6, pp. 43–52.
- 堀江貞之. 2012. 「日本株式の集中投資の現状と課題—原点回帰した株式の運用スタイル—」, *証券アナリストジャーナル* 2012.6, pp. 28–42.
- 本多俊毅, 高橋克典. 2011. 「株式市場インデックスの再検討—リスク削減とインデックスへの分散投資効果—」, *証券アナリストジャーナル*, 2011.12, pp. 91–101.
- 三木隆二郎, 小守林. 1992. 「TOPIX は有効フロンティア上にあるのか」, *証券アナリストジャーナル* 1992.8, pp. 21–37.
- 山田徹, 永渡学. 2010. 「投資家の期待とボラティリティパズル」, *証券アナリストジャーナル* 2010.12, pp. 47–57.

索引

■数字・欧文

3ファクターモデル 161

AHP：Analytic Hierarchy Process（階層分析法） 72

ALM：Asset Liability Management 10

CalPERS 49

CAPM（Capital Asset Pricing Model：資本資産価格モデル） 156

C-VaR 89

DB型（確定給付型） 18

DC型（確定拠出型） 18

ETF市場 52

FTSE社 104

GPIF 173, 213

LDI：Liability Drive Investment 49

MSCI社 104

pairwise comparison（一対比較） 75

PDI最大化ポートフォリオ 147

Portfolio Diversification Index；PDI 141

Sequence of returns（SOR）リスク 240

VaR 89

■あ行

アスクビッドスプレッド 65

アセット管理 249

アノマリー 156, 170, 171

アルファ 156

閾値 202

一対比較（pairwise comparison） 75

一対比較行列 75

インカム機能 48

インカム機能インデックス 63

インフレのリスク 20

インフレヘッジ機能 48

インフレヘッジ機能インデックス 57

インフレヘッジ資産 58

エントロピー 133, 136

オイラーの定理 93

■か行

改正厚生年金保険法 157

階層分析法（AHP；Analytic Hierarchy Process） 72

乖離幅 202

乖離幅リバランス 210

確定給付型（DB型） 18

確定拠出型（DC型） 18

家計の金融行動に関する世論調査 8

ガバナンス管理 250

貨幣要因型インフレ 57

下方部分積率 279

簡易生命表 6

幾何ブラウン運動 229

幾何平均による近似 79

機関投資家の運用手法 272

企業年金 18

基準資産配分比率 199

機能インデックス 51

機能的視点 39

機能ポートフォリオ 51

狭義のリスクベースポートフォリオ 88

- 供給型インフレ 57
 共通のファクター 126
 狂乱物価 20
 金融イノベーション 252
 金融機能の分類 244
 金融の機能的視点 243
 金融の実物的側面 249
 金融の情報的側面 250
 金融の生産的側面 249
 金融の組織的側面 250
- グレートキーパー・ビジネス 259
 限界リスク寄与度 (Marginal Risk Contribution; MRC) 92
- コア・サテライト 172
 コアポートフォリオ 172
 広義のリスクベースポートフォリオ 87
 厚生年金保険・国民年金事業の概況 8
 効用関数 71
 効用関数最大化問題 202
 高齢化率 14
 高齢社会白書 25
 小型ファクター 108, 161
 枯渇確率 229
 枯渇リスク 229
 コストプッシュ型インフレ 58
 コヒーレント (coherent) 92
 コピュラ 274
 個別要因リターン 156
 固有价值 78
 固有のリスク 126
 固有ベクトル 78
- さ行
 最小分散ポートフォリオ 89, 165
 財政検証 15
 最大乖離幅 206
 最大シャープレシオポートフォリオ 89
 最大分散度ポートフォリオ 89
 最大分散ポートフォリオ 107
 サテライト 172
- 時間分散 188
 資産負債管理 (Asset Liability Management : ALM) 10
 システミック・リスク 259
 システム集約型企業 251
 システムズ・プルーデンス 260
 実質賃金 22
 実質的な銘柄数 141
 シニアの生活意識調査 4
 ジニ係数 96
 資本集約型企業 251
 シャープレシオ 90
 収益追求ポートフォリオ 50
 従業員の介護ニーズに関する調査報告書 26
 就業構造基本調査 25
 主成分分析 133
 需要型インフレ 57
 消費者物価指数 23
 情報理論 136
 所得代替率 15
- スタイルインデックス 158
 スタイルベンチマーク 294
 スマートベータ 155, 289
- 生活保障に関する調査 6
 整合度 (Consistency Index) 80
 成長機能 48
 成長機能インデックス 55
 政策的資産配分比率 199
 世代間扶養型年金 18
 セミバリエーション 278
 尖度 276
- た行
 ターゲットデット型 238
 退職金 8
 退職後の生活費 4
 退職リアルライフ調査 5
 ダイバーシフィケーション 141
 タイミングリスク 185
 ダウンサイドリスク 278
 多目的最適化 276
- 時価総額加重型ポートフォリオ 87

知識集約型企業 251

長寿のリスク 24

定期リバランス 206

低ボラティリティインデックス 168

ダイヤモンドプル型インフレ 57

テールリスク 32

テールリスクの影響度 31

デュレーション 291

伝染 274

伝統型ポートフォリオ 88

等ウェイトインデックス 168

統計的ファクターアプローチ 129

投資顧問業法 157

投資信託の分類 43

投資スタイル 158

トータルリスク寄与度 (Total Risk Contribution) 93

トップダウン型 130

トランザクション管理 249

トランザクション処理業 251

取引コスト 65, 204

ドルコスト平均法 189

■な行

年金制度のリスク 14

年金 100 年安心プラン 14

■は行

バイ&ホールド 206

パッシブ比率 172

バリューファクター 108, 161

引出し率 217

非正規性 273, 275

非線形性 274, 277

非定常性 274, 277

ヒューリスティック型ポートフォリオ 88

ヒューリスティックな方法 95, 105, 117

ファクターアプローチ 125

ファクターの抽出方法 130

ファクターの分散 129

ファクター配分 175

ファンダメンタル・インデックス 280

ファンダメンタルインデックス 87, 164

付加価値情報サービス業 251

負債主導投資 49

負債ヘッジポートフォリオ 50

分散度 137

平均回帰性 190, 200

平均分散法 86

平均余命 3

ベンチマークインデックス 287

ポートフォリオの分散余地率 145

ポートフォリオ分散度指数 (Portfolio Diversification Index : PDI) 141

ポートフォリオ問題 200

ホームアセットバイアス 296

ボトムアップ型 130

ボラティリティの逆数比 105

ボラティリティバズル 89

■ま行

マーケットポートフォリオ 86

マイクロ・ブルーデンス 260

マクロ・スライド 14, 22

マクロ・ブルーデンス 260

マクロ・ブルーデンスの視点 259

マルチアセットクラス運用 110

マルチナショナル企業 296

モンテカルロシミュレーション 229

■や行

輸入物価指数 60

■ら行

リアロケーション 200

リスク管理 250

リスク寄与度 92

リスク寄与度
限界 92

- トータル 93
- リスク許容度 71, 86
- リスク最適化型ポートフォリオ 88
- リスク配分 87
- リスク配分型ポートフォリオ 88
- リスクバジェットイング (risk budgeting) 91
- リスクパズル 85, 171
- リスクバリティポートフォリオ 94
- リスクプレミアム 156
- リスクベースポートフォリオ 85
 - 狭義の—— 88
 - 広義の—— 87
- リスクマネジメントサービス業 251
- リバランス 199
- リフェレンスポートフォリオ 175
- 流動性枯渇 273
- 劣加法性 91
- ローベータファクター 108
- わ行
- 歪度 276

■著者

加藤 康之（かとう やすゆき）

京都大学大学院経営管理研究部特定教授。

1980年東京工業大学修士卒業後、(株)野村総合研究所入社、シカゴ、ニューヨーク、ロンドン勤務の後、システムサイエンス部長。1997年に野村證券(株)へ転籍、2005年に同社執行役に就任。金融工学研究センター長、フィデューシャリー・サービス研究センター長等を兼任。2011年から京都大学大学院教授。2015年から現職。他に日本証券アナリスト協会教育委員会委員、日本取引所グループアドバイザー、全国市町村職員共済組合連合会資産運用委員、国民年金基金連合会資産運用委員、FTSEアドバイザー、トムソン・ロイターアドバイザー、お金のデザイナー等。専門は投資理論、金融工学。著書に「金融工学辞典」、「初心者のための資産運用入門」（東洋経済）、「株式投資の科学」（角川書店）、「退職後の資産運用」（一灯舎）等。

テクニカル詳細 高齢化時代の資産運用手法

キャッシュフロー管理と機能的アプローチ

発行 2015年7月27日

著者 加藤 康之

発行者 平野 智政

発行所 株式会社 一灯舎

〒170-0003 東京都豊島区駒込 3-25-1

Tel: 03-6686-7456 / Fax: 03-6693-1830

印刷所 シナノ書籍印刷株式会社

<検印省略>許可なしに転載、複製することを禁じます。

乱丁本、落丁本はお取り替えます。

ISBN978-4-907600-33-4 C3033 <http://www.ittosha.co.jp>

Printed in Japan

© 加藤 康之 / 一灯舎

本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。本書を代行業者等の第三者に依頼してスキャンやデジタル化することは、たとえ個人や家庭内での利用でも著作権法違反です。