

## 時間軸とダウンサイド・リスクを考慮する積立投資のポートフォリオ選択

山口勝業・小松原幸明・服部陽一\*

July 7, 2021

### 【要旨】

NISA や iDeCo など税制優遇制度のもとでもなかなか投資に踏み切れない日本の個人投資家のために、本研究は実務的に有効なポートフォリオ選択手法を提案すると共に、投資家が一般的に避けている元本割れリスクの定量化を行った。

ポートフォリオの選択手法は、積立投資の拠出額のキャッシュフローと目標金額から内部収益率を算定し、それに見合った基本ポートフォリオを効率的フロンティア上で特定する。

次に、基本ポートフォリオにおける将来のダウンサイド・リスクや目標達成確率を、モンテカルロ・シミュレーションで確率的に予想し、長期的な時間軸上でそれらがどのように変化するかを可視化した。また、基本ポートフォリオとリスク水準の異なる複数のポートフォリオのダウンサイド・リスクも比較した。

積立投資を継続すると、当初数年間はダウンサイド・リスクを被る確率が高いが、積み立てた元本が少ないため損失金額も少ない。10 年、20 年と長期になるにつれてダウンサイド・リスクは減少し、目標達成の確率は高まる。これに対して標準偏差で定義したリスクが最も低いポートフォリオでは、長期的な視点ではかえってダウンサイド・リスクが残存し、目標達成にむけた運用戦略としては劣後する傾向が見られた。

投資における長期的な元本割れの確率や平均損失額を時系列的に明示することは、投資家にとって投資を行うリスクと投資を行わないリスクを計量的客観的に把握できるため、投資家の心の準備を促し、短期的価格変動リスク回避から長期的元本割れ回避に投資の選好を促し、投資家育成に寄与するものと思われる。

### [キーワード]

ポートフォリオ・マネジメント、統計的方法、データ分析

---

\* イボットソン・アソシエイツ・ジャパン株式会社

山口勝業 [yamaguchi@ibbotson.co.jp](mailto:yamaguchi@ibbotson.co.jp) / 小松原幸明 [komatsubara@ibbotson.co.jp](mailto:komatsubara@ibbotson.co.jp)

服部陽一 [yhattori@ibbotson.co.jp](mailto:yhattori@ibbotson.co.jp)

## 1. はじめに

税制優遇がある個人投資家向けの確定拠出年金制度や少額非課税投資（つみたて NISA）が近年導入されてきたが、実際にリスク性資産に投資している人は一部にとどまっている。リスク性商品に投資をしない様々な理由が考えられるが、投資未経験あるいは初心者にとっては、投資のリスク体験が少ないため、数多い金融商品（投資信託）から何をどう選べばよいか判断できない、その結果将来の資産価値がどうなるのか想像できないなどのため、投資の実行に躊躇してしまっているケースが多いのではないだろうか。

こうした人々に対しては、一般的な金融リテラシーを向上させる投資教育だけでは不十分で、積立投資による将来にわたるリスクとリターンを具体的に数値やグラフで「見える化」し、それぞれの個人がどのようなポートフォリオを選択すればよいかを判断できるような情報を提供することが望ましい。

行動経済学のプロスペクト理論が示唆するように、個人の効用は利得よりも損失に対する感応度が高いため、将来にわたってダウンサイド・リスクがいつ、どの程度発生するのかをあらかじめ想定して、それが許容できるか、また実際に起きたときに対処できるかを投資家自身が判断できるようにすることが必要であろう。

本研究では、将来の目標金額にむけて定額積立を継続する場合、累計積立金額に対する元本割れが投資期間のなかでいつ、どれだけ起こりうるかを、モンテカルロ・シミュレーションによって数値化する。ポートフォリオ選択は従来の M-V アプローチではなく、投資家の拠出するキャッシュフローと目標金額から求める内部収益率（IRR）から効率的フロンティア上で選択し、個人投資家が回避する傾向にあるダウンサイド・リスクに主に焦点を当て時間軸上で比較する。

## 2. 少額投資非課税制度（NISA）の利用状況

近年、我が国では金融庁が主導して個人の金融資産形成を促成する目的で少額非課税投資制度（NISA）が導入された。通常の課税口座では利子・配当などインカム収入と資産売却時の実現益に対して所得税 20%が課されるが、NISA では上記の期間中は非課税なのでその節税効果は大きい。

NISA の口座数の年々の推移を【図表 1】に示す。NISA 口座数は順調に伸びているといえる。

### 2.1 買付額ゼロの不稼働口座が多い

口座を保有しているだけでは資産形成はできない。年間の買付枠を利用して、株式や投資信託を買い付けて初めて資産形成が始まるからだ。口座は開設したものの、何も投資していない人がなんと多いことか！実際には空っぽの口座を「不稼働口座」と呼ぶことにしよう。

【図表 2】【図表 3】で口座を保有している人の買付額の分布を積み上げグラフで色分けしてみると、一番下の買付額ゼロが一般 NISA ではどの年齢層でも 6 割強、つみたて NISA ではややマシだが中核の 20～40 歳代若年層で 5 割弱、口座保有者数が多くはない 50～60 歳代の熟年層では 30%台、僅かしかいない 80 歳代では 60%と、やはり全年齢層で不稼働口座が圧倒的に多い。

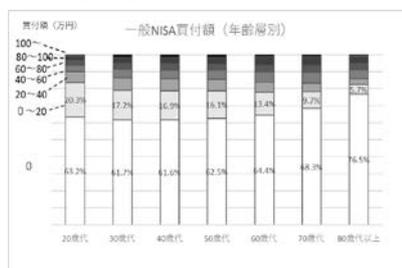
実際に投資している人に限っても、投資金額は非課税枠を十分に活用していない。一般 NISA では非課税枠 120 万円のなかで、買付額 20 万円未満の人が 20%弱、それ以上になるとだんだんと減り、非課税枠を概ねフルに（80 万円以上）利用している人は 1 割ほどだ。つみたて NISA でも同様に、非課税枠の半分以下しか買付していない人が 4 割、半分以上から上限までの人が 2 割といった状況だ。

【図表 1】NISA の口座数の伸び

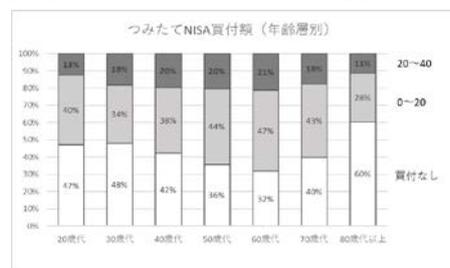


出所：金融庁

【図表 2】一般 NISA の買付額



【図表 3】つみたて NISA の買付額



### 2.2 NISA の認知度・関心度は低い

日本証券業協会の調査では NISA に興味がない理由や、興味があるが口座は開設しない無関心層や消極層にその理由（選択肢の中から複数回答）を尋ねている。【図表 4】はその理由のトップ 5 を抽出して多い順に列挙してみた。

投資をしない理由のトップは、「投資の方法が分からないから」となっており、口座開設後、株式や投資信託を購入する段になると「何を、いつ買ったらいいか分からない」と途方に暮れるのだろう。多くの日本人は、税制優遇制度の下でもなかなか投資に踏み込めないのが現状である。

【図表 4】 NISA が活用されない理由、投資をしない理由

NISAに興味がない理由	
NISAについて良くわからない	44.0
口座開設手続きが面倒	9.7
他の口座と二重管理が面倒	4.1
非課税投資額が少額	3.8
投資商品を売却しても損益通算できない	3.1
興味があるが口座は非開設	
口座開設手続きが面倒	55.1
他の口座と二重管理が面倒	13.8
確定拠出年金制度を利用したい	5.3
投資したい金融商品が対象外	4.9
投資商品を売却しても損益通算できない	4.7
NISA口座を開設済みで投資しない理由	
投資の方法がよく分からないから	24.9
投資する資金が確保できなかったから	21.5
市場動向から投資時期を見極めている	18.2
口座開設されるまでに投資意欲が減退	17.2
投資商品を見極めている	15.3

出所：日本証券業協会

その理由の一つは後悔回避バイアスである。投資経験がない人にとっては「リスクがある」と聞いただけで躊躇して投資行動を控えてしまう傾向があると考えられる。行動経済学のプロスペクト理論が示す非対称な効用の下では損失のマイナスの効用が大きいことに加え、投資した結果で将来損失が発生する場合に後悔することを予期して後悔回避バイアス(Pompian[2006],Gazel[2015])が働き、行動した場合の損失と行動しなかった場合の機会損失では前者の後悔が大きいため、何もしない現状維持バイアスが優勢になる。

もう一つは、新しい制度が開始されたばかりで周囲に経験者から NISA のメリットの体験談を聞く機会がなく、ピア効果 (Bursztyn et.al.[2014], Ivkovich[2007]) がないためだ。既に経験済みの他者から実際のメリットを聞けば、それを参考にして自分の判断に役立てることができるはずだ。しかし、NISA 制度が始まって間もないので体験を聞ける他者は少なく、その投資成果も期間が短いこともあり見聞きすることができない。このためピア効果が少ないのである。

上記の個人投資家にとっての二つの問題、すなわち①将来の損失がどれほど起こりそうかわからない、②経験者から体験談を聞くことができない、を解決するため、一般個人にもわかりやすい形で将来にわたるリスクとリターンの情報を提示し、それぞれの人が持つ目標を達成するために最適なポートフォリオを選択できるように工夫が必要であろう。本稿は以下に述べるモンテカルロ・シミュレーションによって将来の資産価値の予想範囲と元本割れリスクを可視化することを試みる。

### 3. ゴールベースのポートフォリオ選択

#### 3.1 従来のポートフォリオ選択法の問題点

現代ポートフォリオ理論 (MPT: Modern Portfolio Theory) に基づく標準的なポートフォリオ選択方法では、「安全資産を含む効率的ポートフォリオの集合に対して、ある投資家のリスク回避度を表す上に凹の効用無差別曲線が接する点が、その投資家にとっての最適ポートフォリオになる」とされる。だが、じっさいの投資家のリスク回避度は人によってさまざまで、リスク回避度がどれくらいかを数値で示せる投資家は現実にはまずいない。したがって、この方法は理論家が構築したフィクションにすぎない。

一方、実務上の便法としては、「リスク許容度質問票 (RTQ: Risk Tolerance Questionnaire)」でいくつかのリスクに関する質問を用意し、顧客である投資家の回答をアドバイザーや顧客担当職員が点数化して、それぞれの顧客のリスク許容度を推計する方法が広く使われてきた。しかしながら、認知バイアスがあるために同じ人でも時によって回答が異なる、投資経験の長さによって異なる、学歴や性別によっても異なる傾向がある。とりわけ投資経験がない初心者や若年層では、投資対象のファンドや銘柄にどれだけのリスクがあるのかを認知することは難しい。したがって、一般に利用されているリスク許容度質問票は、「顧客本位の業務運営」のためのコンプライアンス上の形式的な事務手続きに終わるかもしれない。

このように、MPT にしる RTQ にしる、従来のポートフォリオ選択手法はこれを実際に個人の資産運用に適用するうえでは問題がある。どちらも将来にわたる時間軸を考慮していない点とその最大の難点だ。MPT の平均-分散アプローチでは、期待リターンと標準偏差を一期間上の平面でしか比較していない。RTQ の質問では、いま現在の投資家の反応しか得られていない。長期にわたる積立投資では、リスクとリターンを時間軸も考慮して比較考量する必要がある。これら従来の手法に代替する一つの方法として、積立投資に適用できるゴールベース・アプローチが考えられる。

### 3.2 ゴールベース・アプローチ

ゴールベース・アプローチでは資産運用の目的を、具体的に将来の時点（例えば退職時）で達成したい目標金額を設定し、それに向けて毎期の積立金額を拠出する計画を立てたとき、目標金額に到達するために必要なポートフォリオの期待リターンを内部収益率（IRR: Internal Rate of Return）として求める。そして、その期待リターンを持つ資産配分に合致するバランス型ポートフォリオ（基本ポートフォリオ）を、効率的フロンティア上で特定すればよい。

ただし、安全資産利子率を上回る期待リターンにはその変動リスク（標準偏差）があるので、目標金額に向けた途中の資産価値の変動や、とりわけ積立している元本を下回るダウンサイド・リスクを考慮し、投資家はそのリスクを許容できるかどうかを計画策定時点および運用継続期間の途中で検討する必要がある。

行動経済学のプロスペクト理論が示唆するように、積立元本を参照点とすると、投資家は参照点に対しては効用が非対称な価値関数を持ち、損失が生じたときの痛みは、利益を得たときの喜びよりもはるかに大きく感じる。長期にわたる積立投資では、参照点は運用開始時点からの累計積立元本であり、時間と共に増加する。また将来的に最終的な目標金額が達成できるか否か、その達成確率や未達成金額が大いに気になるはずだ。

本研究では第4節で述べるように、具体的な事例として20年後の目標金額1,000万円に向けて毎年36万円（月額3万円）を20年間にわたって積立てを継続する場合を想定する。この場合IRRを計算すると年率3.3%が得られるので、これを期待リターンに持つバランス型ポートフォリオ（基本ポートフォリオ）を想定条件の下で特定し、投資継続期間の途中において累計積立元本を下回るダウンサイド・リスク（確率および損失期待値）を、モンテカルロ法によるシミュレーションで推計する。また同時に、積立元本を上回るアップサイド・リターン（確率と期待値）も計測する。次節では、シミュレーションの前提条件と方法を提示したうえで、その結果の一部を示す。

ダウンサイドとアップサイドを両方提示したときに、投資家のポートフォリオ選択がどう変化するかは興味深い行動ファイナンスの研究課題になろう。行動科学者のMurphy and Wendel(2019)は、顧客である個人投資家に投資計画をアドバイザーが提示する際に、将来直面するポートフォリオの価格変動の想定範囲を示し、それに対する事前の「心の準備」を投資家が持つように情報提供を行ったうえで、投資家が許容できるポートフォリオを策定することが重要だ、と説いている。また将来、市場の変動を受けて資産価値が減った場合でも、それが事前に想定した範囲内であることを顧客に思い出させることが大事だと述べている。

### 3.3 先行研究と本研究の貢献

個人投資家を念頭においた上記の問題意識は、すでに多くの先行研究があると想像していたが、管見のかぎり適当な先行研究は多くは見当たらない。米国では個人の資産運用に行動ファイナンスの知見を取り入れた著作（例えばPompian(2006), Widger and Crosby(2014), Brunel(2015), Statman(2017)など）が近年多く出版されてきたが、これらの多くは富裕層へのWealth Managementを念頭においており、すでに多額の資金を運用している富裕層・準富裕層を念頭に彼らへのサービスを提供している投資アドバイザー向けに書かれているものが多い。行動経済学者のBenartzi(2015)は一般読者向けだが、定性的なハウツー本で読みやすいが数値の分析による提案はない。日本では第2節に見たとおり、個人の多くははまだ投資に踏み入れておらず、米国の知見を適用するには時期尚早の感がある。

一方、我が国では数理統計的な分析手法に学術的論文はあるものの分析手法や推計モデルの比較検討という方法論が主題で、個人の資産運用における現実の実務的な課題に対処する洞察を得られにくい。例えば高見(2011)が積立投資の成功確率を分析対象に取り入れている点で本稿の問題意識に最も近く、同論文はモンテカルロ・シミュレーションを用いて積立投資の成功確率を推計するにあたって、対象データの非正規性及び非IID性を反映したカーネル密度ブロックブートストラッピング法を用いて乱数を生成することで、一般的な正規乱数モデルと比較して目標到達確率や平均到達年数等に差異が生じるという結果を報告しているように、技術的な論点が主題である。また高屋・枇々木(2012)もモンテカルロ法での動的ポートフォリオ最適化を論じているが、ここでも最適化手法に関わる複数のモデルの比較検討が主題である。

最新の吉野・津曲(2021)も本研究と同様に元本割れに対するリスク回避行動をとりあげて、標準的なポートフォリオ理論のM-Vアプローチをもとに実証分析を行っているが、時間軸上で積立投資によるダウンサイド・リスクの変化を明示的には検証してはいない。ただし同論文の分析結果は、短期的な元本割れリスクを回避しようとする行動が長期的には最適でないポートフォリオ選択に陥ることを示唆している。

やや乱暴に総括すれば、米国では個人投資家向けアドバイス業務という課題に対して実務家や行動経済学者から多くの提案がなされているが、数値分析による裏付けがいま一つという感がある。反対に日本では数理統計的な学術研究はなされているが、実務上の応用という点では現実の課題からはかなり距離があるといえる。

本研究に先行して山口・小松原(2020)では、配分比率を固定したバランス型ファンドと同様の期待リターンを持つターゲット・デート・ファンドにおける積立投資を比較し、時間軸上でダウンサイド・リスクの予想発生確率と期待値を計測した。そこでは、基本ポートフォリオを投資家の拠出額と目標金額から

IRR で求めたわけではなかった。本研究ではつみたて NISA の制度的設定のもとで、より現実的な想定で期待リターンならびに基本ポートフォリオを求め、その将来シミュレーションを行った点が新しい試みである。

第 2 節で指摘したように、我が国では近年制度的な整備が進みつつあるにも関わらず、個人がなかなか資産形成に踏み出せないという現実の問題がある。これに対処するべく、本研究は資産形成に関心がある個人が、自らの資産形成に展望を持ち、ポートフォリオ選択の判断に資する情報を提供することにある。本研究の貢献は、①投資家がコミットできる将来のキャッシュフロー（拠出額）と目標金額から IRR 法でポートフォリオの期待リターンを導出し、②その基本ポートフォリオから発生しうるダウンサイド・リスク（損失確率と損失期待値）を時間軸上で数値化し、③投資家が選択できる代替的なポートフォリオ群でそれら予想値がどう変化するかを感応度分析する。

#### 4. 積立シミュレーションの前提条件

本研究では積立による長期投資の本質的な効果や実態を把握するために、平均リターンに基づく資産額の推移予想や過去の実績だけでなく、運用環境が良い時、悪い時など様々な局面を想定し、投資家が腑に落ち、納得感が得られるように、見える化を重視し、さまざまなリスク・リターンのポートフォリオを用いて 1 万通りのランダムパスを発生させて将来 40 年間の積立投資のモンテカルロ・シミュレーションを行った。

##### 4.1 積立金額は毎年 36 万円（月額 3 万円）

本研究では、実際の勤労者の積立投資を想定し、積立は定額とし、金額は月額 3 万円（年額 36 万円）とした。実際のモンテカルロ・シミュレーションでは、年末に毎年 36 万円を積み立てる前提とした。

##### 4.2 7 つのモデル・ポートフォリオの資産配分

分析対象となる 7 つのモデル・ポートフォリオ（以下、MP）を構成する 5 つの個別資産クラスは、短期金融資産、国内債券、外国債券、国内株式、外国株式とする。

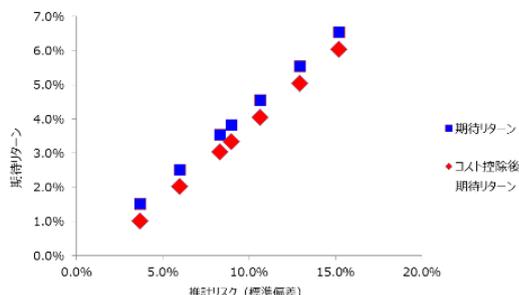
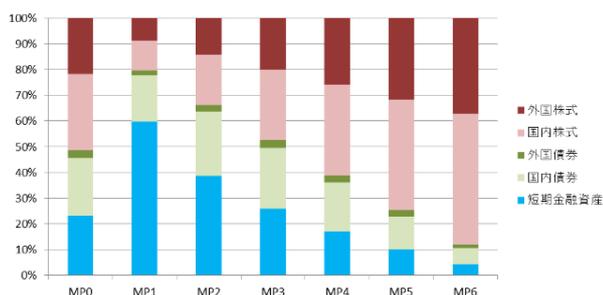
各資産クラスの期待リターン、標準偏差、相関係数はイボットソン・アソシエイツ・ジャパンによる最近時点での概算推計値を利用した。これら 7 つのモデル・ポートフォリオは各々の資産クラスが市場指数のインデックス・ファンドで構成されていると想定している。このポートフォリオを構成する資産クラスならびに市場指数は、短期金融資産：銀行 1 年物定期預金、国内債券：野村 BPI 総合、外国債券：FTSE 世界国債（除く日本）、国内株式：配当込み TOPIX、外国株式：MSCI kokusai を想定しているが、これらはインデックス・ファンドの一般的なベンチマークとして広く利用されている。

具体的な 7 通りの MP の組入比率、期待リターン、標準偏差を【図表 5】に示す。それぞれの MP は効率的フロンティア近傍に位置するように策定した。

本研究のベンチマークとして、20 年後に最終金額が 1000 万円になる運用コスト（年間 0.5%）控除後のネット IRR が 3.33% となる基本ポートフォリオ MP0 を設定する。この MP0 を資産額分布の推移やダウンサイド・リスクを分析評価する際のベンチマークとする。本研究では MP0 以外に 6 つの異なる期待リターン・推計リスクのモデル・ポートフォリオ（MP1~6）を用意し、資産額分布の推移やダウンサイド・リスクを比較する。

【図表 5】 7 つのモデル・ポートフォリオの資産構成比率と期待リターン、推計リスク

モデル・ポートフォリオ	短期金融資産	国内債券	外国債券	国内株式	外国株式	合計	(参考) 株式比率	期待リターン	コスト控除後 期待リターン	推計リスク
MP0	23.1%	22.5%	3.0%	29.6%	21.8%	100.0%	51.4%	3.8%	3.3%	9.0%
MP1	59.8%	18.1%	1.8%	11.6%	8.7%	100.0%	20.3%	1.5%	1.0%	3.7%
MP2	38.6%	25.1%	2.6%	19.3%	14.4%	100.0%	33.7%	2.5%	2.0%	6.0%
MP3	25.9%	23.7%	2.9%	27.3%	20.2%	100.0%	47.5%	3.5%	3.0%	8.3%
MP4	17.1%	18.9%	2.9%	35.2%	25.9%	100.0%	61.1%	4.6%	4.1%	10.6%
MP5	10.2%	12.8%	2.4%	43.0%	31.6%	100.0%	74.6%	5.5%	5.0%	12.9%
MP6	4.4%	6.2%	1.3%	50.9%	37.2%	100.0%	88.1%	6.5%	6.0%	15.2%



### 4.3 モンテカルロ・シミュレーション

7つのモデル・ポートフォリオの資産価値の変動は、40年間のリターンの経路を1万回発生させてモンテカルロ・シミュレーションを実施し、1年後から40年後の各期において上位0.5パーセントから下位99.5パーセントで予想される資産価値、元本割れ確率、目標達成確率、LPM1（元本）、LPM1（目標金額）、LPM1/元本を推計した。

なお、7つのモデル・ポートフォリオの資産配分の違いを同一条件で比較するために1万通りの40年間のリターンの経路を同一とした。

各時点kの資産価値 $V_k$ は、毎年の積立額をCF、収益率を $r_k$ とし以下の計算式で推計した。

- ① スタート時点  $V_0=0$
- ② 1年後  $V_1=CF$
- ③ 2年後  $V_2=CF\exp(r_2)+CF$
- ④ 3年後  $V_3=CF\exp(r_2+r_3)+CF\exp(r_3)+CF$
- ⑤ n年後  $V_n=CF\exp(\sum_{k=2}^n r_k)+\dots+CF\exp(r_n)+CF$
- ⑥ 40年後  $V_{40}=CF\exp(\sum_{k=2}^{40} r_k)+\dots+CF\exp(r_{40})+CF$

ただし、 $\ln(r_k) \sim N(\mu_k, \sigma_k^2)$ であり、 $r_k$ は各時点kの期待リターン、推計リスクに基づく独立した同一(i.i.d)の対数正規分布に従う確率変数とする。

上記の方法による7つのポートフォリオの将来の資産額の予想推移（確率分布）は、末尾の【補論1】および【補論2】の図表にまとめて提示した。また、過去20年間でIRR3.3%を実現した一例を、バックテストの結果（1995.10末～2015.10末）として【補論3】に図示した。

### 4.4 ダウンサイド・リスク評価方法

あなたがMP0ではなく、リスク低めのMP1もしくはリスク高めのMP6を選んだ場合、期中における資産価値がMP0に比べて少ない場合や期末に目標額に達していない可能性がある。これを本稿ではダウンサイド・リスクと呼ぶことにする。ダウンサイド・リスクに直面したとき投資家は「MP0にしておけば良かったのに」と後悔したり、積立投資を放棄して資産運用を停止したりするかもしれない。

同様にMP1とMP6でも同様の比較は起こる。MP1で運用してきた同期入社の方の職場の同僚と確定拠出年金の運用報告書を見比べたとき、あなたが選んだMP6の資産価値が同僚に比べて劣後していたら、「MP1にしておけば良かったのに」と後悔するかもしれない。ここでMP6のダウンサイド・リスクの比較対象は、MP0に加えてMP1も基準になる。

資産価値が目標水準を下回る大きさ（不足分）をリスクと考えるダウンサイド・リスク尺度の1つが下方部分積率である(Bawa and Lindenberg(1978), Harlow(1991))。xを各時点の資産価値、 $\tau$ を目標金額、kをリスク評価尺度を表すパラメータとすると、下方部分積率（Lower Partial Moment） $LPM_k$ は(1)式のように記述できる。

$$LPM_k(\tau) = \int_{-\infty}^{\tau} (\tau - x)^k f(x) dx \quad \dots (1)$$

この(1)式は、k=0のとき目標金額が未達になる未達成確率を表す。またk=1のとき目標金額に対する未達額の期待値である平均不足額を意味する。

本研究では一般的に個人投資家がダウンサイド・リスクとして認識している「元本割れ」と「目標金額（1000万円）未達」に着目し、これらが発生する確率ならびに平均不足額を推計するために、1万通りのモンテカルロ・シミュレーションを行い、0次ならびに1次の下方部分積率 $LPM_0$ 、 $LPM_1$ を算出し、7通りのモデル・ポートフォリオの資産配分の違いを比較した。

本研究では、引退時点の資産価値だけでなく、期中のダウンサイド・リスクに注目し、リターン評価尺度として「各時点における資産価値の分布（上位0.5%～下位0.5%）」を、リスク評価尺度として「各時点における目標金額に対する未達成確率」ならびに「1次の下方部分積率：目標に対する平均不足額」を設定した。

本稿ではダウンサイド・リスクを下方部分積率 $LPM_k$ で定義し、元本割れ確率 $LPM_0$ および元本に対する平均不足額 $LPM_1$ で計測する。計測時点は40年後の期末時点だけでなく期中の各年で計測して、期間を通じてダウンサイド・リスクがどのように変化するかを計測する。

### 4.5 アップサイド・ポテンシャルはウサギとカメの速さ比べ

♪もしもし♪カメよ～♪カメさんよ～♪で始まる童謡を思い出してみよう。毎年36万円ずつ順調に行けば20年で目標1000万円を達成出来るペースのMP0で積み立てるカメさん、より早いペースのMP6で積み立てるウサギさん。さて、どちらが早く山の頂上にたどり着くだろうか？

ところでカメと競争するウサギは6羽いる。平均ペースで行けば無事に20年間で目標1000万円を達成出来るペースメーカーのMP0と比べ慎重なMP1、MP2、MP3の3羽と、MP0と比べ積極的なMP4、MP5、MP6の3羽である。ただし童謡と違って、どのウサギも途中で寝込んでサボらないと仮定する。

ダウンサイド・リスクとともにアップサイド・ポテンシャルも存在する。本稿が対象とする一般の個人投資家にとっては、老後生活に必要な資金を準備することが目標であり、大富豪になることが目標ではな

い。したがって利回り 3.33%の MP0 の平均資産額をどれだけ上回るかは、主要な関心事ではない。もちろん多いに越したことはないが、MP0 で資産運用するカメは目標額 1000 万円に到達するのに平均的には 20 年かかるはずだが、元本割れリスクはどの程度あるのであろうか？また、MP0 よりもリスクの小さなウサギや、リスクの大きなウサギはどうだろうか？

シミュレーションでは各々の MP が目標額 1000 万円に到達する時期の確率的期待値を計測する。リスクと到達速度にはどのような関係があるだろうか。直感的に言えば、リスクが高いほどリターンが高いので到達速度は速くなるが、その分だけ到達する前に損失を被って資産価値が棄損する可能性も高まる。「善は急げ」「早いもの勝ち」なのか、あるいは「急いては事を仕損じる」「急がば回れ」なのか？

## 5. シミュレーションの結果と解釈

さまざまなリスク・リターンのポートフォリオの資産額の分布の推移を、ダウンサイド・リスクに着目して長期的な時間軸上で比較した。

その結果、リスク・リターン水準にかかわらず、当初数年は、元本割れ確率は比較的大きいものの、投資期間が長くなるほど元本割れ確率は低減していくことが分かった。投資期間にかかわらず、低リスクのポートフォリオよりも高リスク・高リターンのポートフォリオの方が、多少ではあるが元本割れリスクが低いことが分かった。この理由は、近年の金融緩和政策のため内外債券の金利が低下したために、内外債券よりも内外株式のリスク・リターン比が相対的に高くなり、リスク水準を高めるほど、リスク・リターン比が上昇するためだと考えられる。

他方、平均リターンで推移した金額の推移や目標金額（1 千万円）への目標達成確率なども計測した。その結果、リスクを取った方が低リスクのポートフォリオよりも平均的な資産価値が高くなり、目標到達時間も早まることが確認された。

このことから、いわゆる「リスクとリターンのトレードオフ」は、「短期のリスクと長期のリターンのトレードオフ」と解釈できるが、リスクを標準偏差など「変動リスク」と元本割れリスクなど「テールリスク」と区別すると、短期的には高変動リスク⇒高テールリスク、低変動リスク⇒低テールリスクであるが、長期的には短期的とは逆になり、高変動リスク⇒低テールリスク、低変動リスク⇒高テールリスクとなることが分かった。

### 5.1 ダウンサイド・リスクを可視化すると・・・

最初に、40 年間の投資期間中に損失を被る確率がどれくらいあるかを検討しよう。期中の各年度末までに積立てた元本に対して、同時点の資産価値が下回る確率  $LPM_0$  を【図表 6A】に示す。時間経過に伴い 7 つの全てのモデル・ポートフォリオ (MP) について元本割れ確率が低下することが分かるが、最も低リスクの MP1 が他より元本割れ確率が高いことが分かる。その他の MP で顕著な差は見られず、元本割れ確率だけでは MP の優劣を論ずることは難しいといえる。例えば「10 年目に 15% の確率で損失が発生する」と言っても、損失額が 3 万円なのか 5 万円なのかという損失額の規模に違いがある。このため損失が発生した場合の損失額を比較する必要がある。

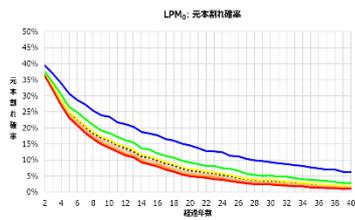
そこで各年度末までに積立てた元本に対して資産価値が下回る場合の評価損の期待値（平均損失額）を【図表 6B】に示す。平均損失額（以下  $LPM_1$ ）については、リスク水準が最も低位な MP1 以外の MP2 から MP6 の平均損失額はリスクが大きいほど 13 年目まで大きくなるが、13 年末での水準は最もリスクの高いポートフォリオでも 6 万円程度であり、元本 468 万円に対して 1.3% と軽微であった。その後、13 年目以降投資期間が長くなるほど平均損失額が縮小し、24 年目に順序が入れ替わり、24 年目以降はリスクが大きいほど平均損失額が減少し、40 年末でいずれのポートフォリオも平均損失額は 3 万円程度になり、元本 1440 万円に対して 0.2% と元本割れを気にする水準ではないことが分かった。

一方、リスク水準が最も低位な MP1 は、当初 17 年間は  $LPM_1$  が他のポートフォリオと比べて最も低位であるものの、その後も増加し、22 年を超えて  $LPM_1$  が 5 万円程度で推移したことが分かった。このことから、投資家は短期的な価格変動リスクを恐れて、低リスクポートフォリオを選択することよりも、自分のリスク許容度を見定めて、適切なリスク水準のポートフォリオを選択することが、長期投資において重要なことが分かる。

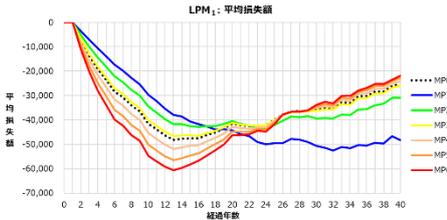
また損失額ではなく、平均損失額を積立元本で除した平均損失率で表示すると【図表 6C】になる。平均損失率（平均損失額/積立元本）については、リスクが大きいほど 4 年目まで大きくなるが、4 年末での水準は最もリスクの高いポートフォリオでも 2% 程度で軽微であった。その後、平均損失率は低下し 4 年目以降投資期間が長くなるほど平均損失率が縮小し、22 年目に順序が入れ替わり、22 年目以降はリスクが大きいほど平均損失率が減少し、40 年末でいずれのポートフォリオも平均損失率は 0.5% 未満と僅になり、元本割れを気にする水準ではないことが分かった。これは経過年数が長くなるにしたがって積立元本が増加して分母が大きくなることに加え、時間の経過に伴い資産価値が増大し分子が小さくなるためである。

以上から運用当初は、リスクが高いほど平均損失額も平均損失率も高いが、20 年を超す頃からリスクが高いほど平均損失額も平均損失率も低下し、後半では平均損失率は極めて軽微になることが分かった。

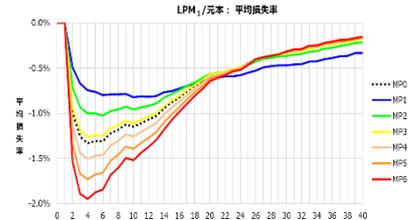
【図表 6】 元本割れ確率



【図表 6B】 平均損失額



【図表 6C】 平均損失率(平均損失額/元本)



## 5.2 アップサイドの目標達成の速さは・・・？

さて、ウサギとカメの競争はどうだろうか？6羽のウサギのうちで誰が一番だろうか？

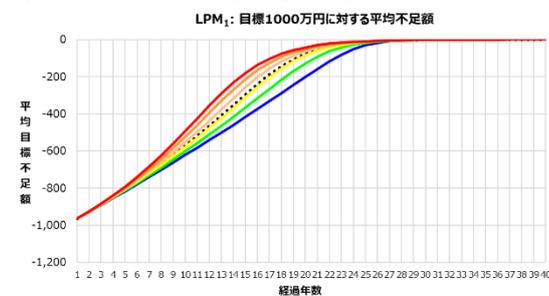
想定する投資家の積立開始20年後の目標額は1000万円で、それ以上の大富豪をめざしているわけではない。そこで各年の期末時点で目標金額までの実現性を表す平均不足額を【図表 7A】に示す。経過年数が長くなる程、積立元本の額が多くなるため、平均不足額は少なくなり、いずれのMPでも27年目以降にほぼ達成できることが分かる。このことから元本確保型で放置するよりも、何らかの分散投資を長期間行うことが目標に早く近づくことが分かる。

目標額1000万円の未達成確率をLPM<sub>0</sub>で計測すると、【図表 7B】が示すように、30年目にはすべてのMPで未達成確率が概ねゼロとなり、目標額を達成することが予測できるが、当初想定していた積立開始20年目の目標未達成状況は、リスク水準の一番大きなMP6が約20%（目標達成確率は約80%）に対し、リスクが最も低いMP1は約100%（目標達成確率は約0%）と大きな差異が生じたことが分かる。

一方、目標未達成確率が10%（目標達成確率が90%）の達成時期は、リスクが高いほど早く、MP6で23年目、MP0が25年目、MP1が28年目となり、リスクを取るほど目標金額に速く到達できることが分かった。

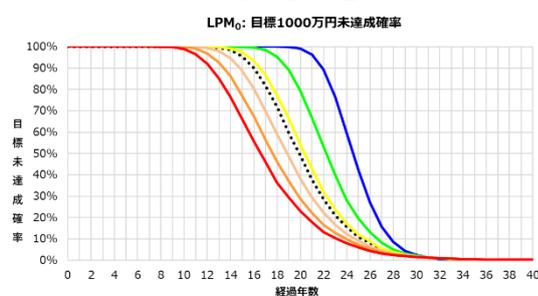
【図表 7A】

目標1000万円に対する平均不足額



【図表 7B】

目標1000万円に対する未達成確率



## 6. 個人向け資産運用実務への適用

近年、資産運用業界では金融庁の提唱に応じて「顧客本位の業務運営」が合言葉になっており、各金融機関は「フィデューシャリー・デューティ (FD) 宣言」を公表している。だが多くは宣言だけの掛け声で、具体的に現場での顧客対応にどう実践するかが具体化されていないのではないだろうか。

個人の資産運用では顧客一人ひとりの知識・経験・財政状態・投資の目的などが違うため適合性の原則（金融商品取引法40条）に照らして、それぞれの顧客に適合した金融商品を勧奨することが求められている。これに加えてFDでは、たんに適合するだけでなく、可能な限り最善のサービスを提供することが求められる。

一般にベスト・プラクティスとしての実践手順としては、まず投資計画書（IPS: Investment Policy Statement）を策定することから始まる。IPSにおいては投資の目的、具体的な資金計画（拠出額、目標額）、投資期間、リスクの許容範囲などを明記し、それに見合った資産クラス別の配分比率で構成される基本ポートフォリオを決定する。

本研究の実務的貢献は、基本ポートフォリオの策定に際して①想定された資金計画と投資期間から目標到達に必要な内部収益率（IRR）を求め、②その期待リターンを実現できると予想されるポートフォリオを効率的フロンティア上で特定し、③選択されたポートフォリオが将来にわたる時間軸上でダウンサイド・リスクとアップサイド・ポテンシャルを計量的に「見える化」したことにある。このIPS策定サービスは、顧客に向き合う金融機関の担当者または独立アドバイザーの役割である。説明を受けた顧客自身はその将来直面する可能性があるリスクを許容できるかどうかを自ら判断し、具体的な金融商品（投資信託やETFなど）を選択することになる。

なおIPSは当初策定して放置するだけでなく、数年（3から5年毎）に見直して、必要に応じて改訂することになる。なぜならば長期にわたる継続的な投資期間のなかでは、顧客の財政状況や目標が変化するかもしれないし、市場環境が変化して選択したポートフォリオのリスク・リターン特性が大きく変わるかもしれないからだ。こうした状況の変化に応じて、適切なアドバイスを適時に提供することも「顧客本位の業務運営」に必要なサービスである。

## 7. まとめと今後の課題

本稿は、税制優遇制度のもとでもなかなか投資に踏み切れない日本人のために、投資のリスクとリターンを時間軸上で可視化し、積立投資の拠出額のキャッシュフローと目標金額から内部収益率を算定し、それに見合った基本ポートフォリオを効率的フロンティア上で特定した。そして基本ポートフォリオを含む複数のモデル・ポートフォリオが持つダウンサイド・リスクや目標達成確率をモンテカルロ法で確率的に予想し、長期的な時間軸上でそれらがどのように変化するかを可視化すると共に、複数のポートフォリオでどのように変化するか之感応度分析を行った。

積立投資を継続すると、当初数年間はダウンサイド・リスクを被る確率が高いが、積み立てた元本が少ないため損失金額も少ない。10年、20年と長期になるにつれて、ダウンサイド・リスクは減少し、目標達成の確率は高まる。また標準偏差で定義したリスクが低いポートフォリオでは、長期的な視野ではかえってダウンサイド・リスクは残存し、目標達成にむけた運用戦略としては劣後する傾向がみられた。

本研究にもとづく今後の課題は、長期的な時間軸上でのリスクとリターンの情報を提示されたとき、人々の反応が変わって投資により積極的になるかどうか、また効果的な情報の提示方法は何か、行動経済学の知見を応用したナッジ(nudge)を考案できるか、など実務への応用可能性をさらに追究することである。

### 【参考文献】

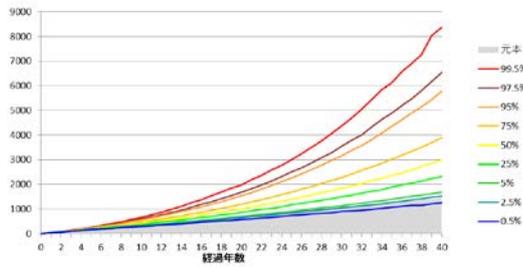
- ・ 高見茂雄 (2011)「積立証券投資の成功確率：カーネル密度ブロックブートストラッピング法の適用」経営財務研究、Vol.30 / No. 1.2. pp.83-100.
- ・ 高屋圭介・枇々木規雄 (2012)「モンテカルロ・シミュレーションを用いた動的ポートフォリオ最適化モデル」Vol.55, pp.84-109
- ・ 山口勝業・小松原幸明(2020)「積立投資でリスクはいつ取るべきか？バランス型ファンド vs. ターゲット・デート・ファンドのLPM（下方部分積率）比較」日本ファイナンス学会第28回大会報告論文
- ・ 吉野直行・津曲真樹 (2021)「元本割れリスク回避行動と最適ポートフォリオ選択」金融庁金融研究センター、ディスカッションペーパーDP2020-15.
- ・ Bawa, V.S. (1978), "Safety First, Stochastic Dominance and Optimal Portfolio Choice", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, June 1978.
- ・ Benartzi, Shlomo (2015), *Thinking Smarter: Seven Steps to Your Fulfilling Retirement and Life, Portfolio*/Penguin,
- ・ Brunel, Jean L.P. (2015), *Goal-Based Wealth Management*, Wiley.
- ・ Bursztyjn, Leonardo, F. Ederer, B.Ferman and N. Yuchtman [2014] *Econometrica*, Vol.82, No.4.
- ・ Gazel, Sumeyra[2015]. "The Regret Aversion as An Investor Bias", *International Journal of Business and Management Studies*, 04(02) pp419-424.
- ・ Harlow, W.V. (1991), "Asset Allocation in a Downside Risk Framework" *Financial Analysts Journal*, September/October 1991.
- ・ Ivokovich, Zoran and Scott Weisbenner[2007], "Information Diffusion Effects in Individual Investors' Common Stock Purchases", NBER Working Paper Ni,13201.
- ・ Murphy, Ryan O. and Stephen Wendel (2020), "Keep Their Eyes on the Prize With a Goals Based Risk framework," *Morningstar Magazine*, Q3/2020. (山口勝業訳「目標から目を離さないように」投資信託事情, 2021年1月号.)
- ・ Pompian, Michael M., (2006) *Behavioral Finance and Wealth Management*, Wiley.
- ・ Statman, Meir. (2017), *Finance for Normal People*, Oxford University Press.
- ・ Widger, Chuck and Daniel Crosby (2014), *Personal Benchmark: Integrating Behavioral Finance and Investment Management*, Wiley.

## 【補論1】 資産額の分布の推移

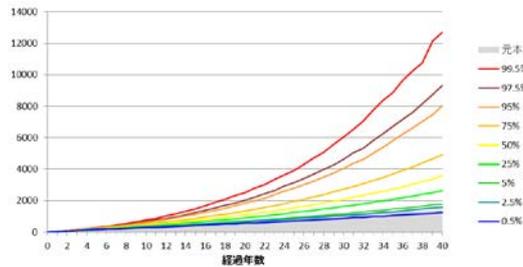
本研究の分析対象である MP0 から MP6 の資産額の分布の推移を【付表 1A】から【付表 1G】に示した。リスク・リターン水準にかかわらず、投資期間が長くなる程、分布の上限 99.5%から下限 0.5%の幅は拡大するが、50%タイルの中央値が高くなるため、元本を下回るテールリスクが限定的であることが確認できる。

このことから、いわゆる「リスクとリターンのトレードオフ」は、「短期のリスクと長期のリターンのトレードオフ」と解釈できるが、リスクを標準偏差など「変動リスク」と元本割れリスクなど「テールリスク」と区別すると、短期的には高変動リスク⇒高テールリスク、低変動リスク⇒低テールリスクであるが、長期的には短期的とは逆になり、高変動リスク⇒低テールリスク、低変動リスク⇒高テールリスクとなることが分かった。

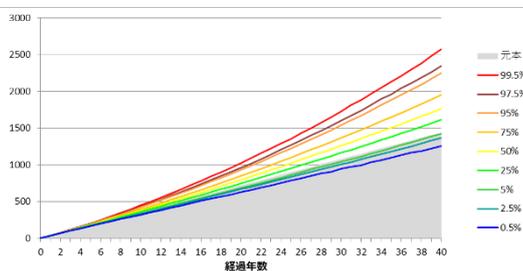
【付表1A】



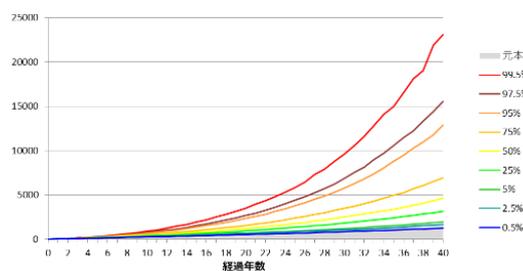
【付表1E】



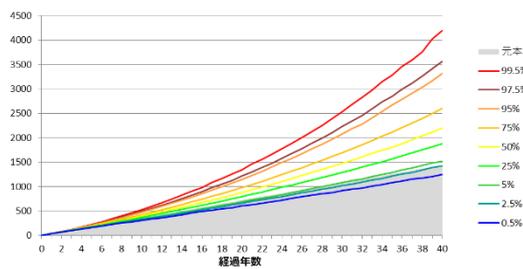
【付表1B】



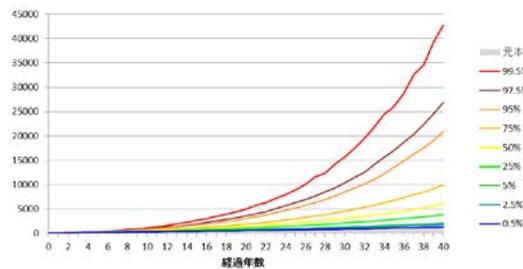
【付表1F】



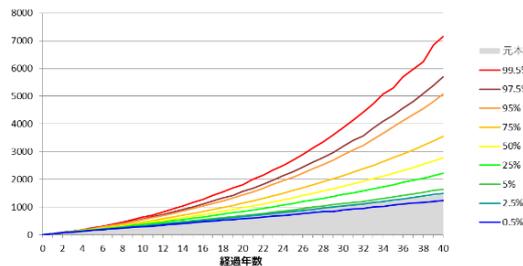
【付表1C】



【付表1G】



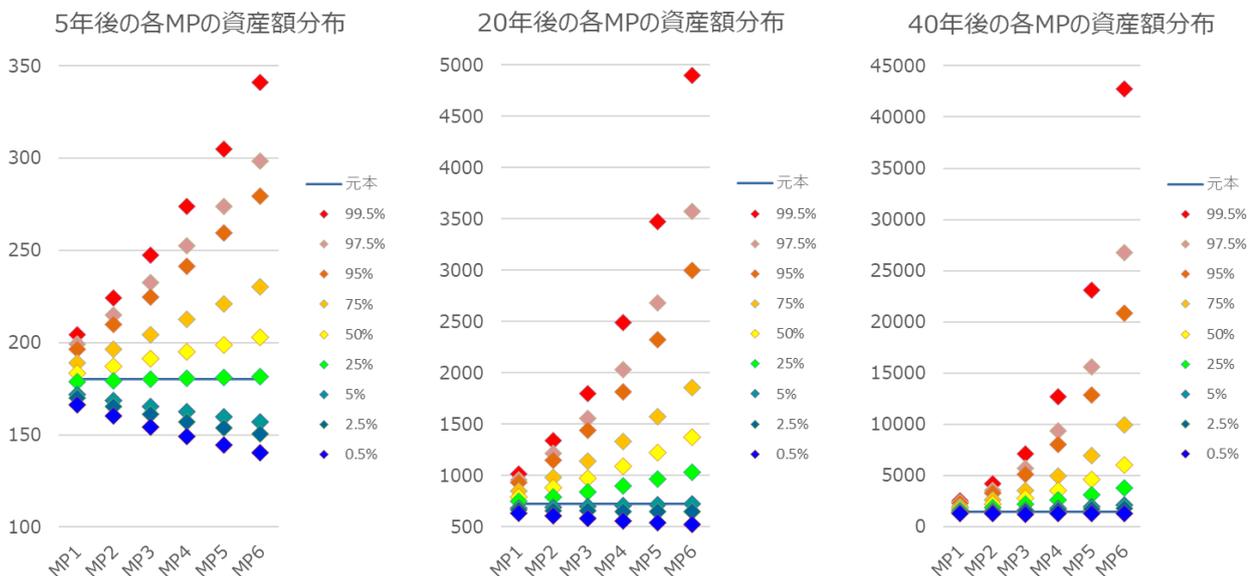
【付表1D】



## 【補論2】 5年、20年、40年経過後の資産価値の分布

各MPの分布を比較するために、投資期間が5年間、20年間、40年間の資産価値の分布の推移を【付表2】に示した。運用期間が比較的短い5年間では、リスク・リターンを高めるほど元本割れ確率LPM0が小さくなるものの平均不足額LPM1が大きくなり、高い変動リスクが高いテールリスクになっている。20年間では、リスク・リターンを高めるほど元本割れ確率LPM0が小さくなるものの平均不足額LPM1の差異は小さく、変動リスクがテールリスクに与える影響が少ないと言える。一方、40年間では、リスク・リターンを高めるほど元本割れ確率LPM0も、平均不足額LPM1も小さくなり、高い変動リスクが低いテールリスクになっている。

### 【付表2】 経過年数5年、20年、40年後の資産分布比較



MP	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6
μ	1.0	2.0	3.0	4.1	5.1	6.1
σ	3.7	6.0	8.3	10.6	12.9	15.2
経過年数	5	5	5	5	5	5
0.5%	166	160	154	149	144	140
2.5%	170	165	161	157	154	150
5%	172	169	165	162	160	157
25%	179	179	180	181	181	182
50%	184	187	191	195	199	203
75%	189	196	204	212	221	230
95%	197	210	225	241	259	279
97.5%	199	215	232	252	274	299
99.5%	204	224	247	274	305	341
平均値	184	188	193	198	203	209
元本	180	180	180	180	180	180
元本割れ確率	30.7%	26.5%	25.0%	24.2%	23.6%	23.1%
目標未達成確率	100%	100%	100%	100%	100%	100%
LPM1 (元本) (円)	-13,771	-18,089	-22,369	-26,451	-30,219	-33,756
LPM1 (目標) (万円)	-816	-812	-807	-802	-797	-791
LPM1/元本	-0.8%	-1.0%	-1.2%	-1.5%	-1.7%	-1.9%

MP	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6
μ	1.0	2.0	3.0	4.1	5.1	6.1
σ	3.7	6.0	8.3	10.6	12.9	15.2
経過年数	20	20	20	20	20	20
0.5%	631	605	581	559	540	521
2.5%	667	661	655	650	648	646
5%	686	691	697	704	712	722
25%	746	791	844	901	963	1,031
50%	794	878	977	1,090	1,220	1,370
75%	847	978	1,139	1,335	1,572	1,859
95%	931	1,148	1,440	1,818	2,322	3,001
97.5%	961	1,212	1,560	2,034	2,681	3,577
99.5%	1,018	1,340	1,803	2,488	3,473	4,898
平均値	799	893	1,009	1,152	1,328	1,549
元本	720	720	720	720	720	720
元本割れ確率	14.6%	9.2%	7.2%	6.0%	5.4%	4.9%
目標未達成確率	99%	79%	54%	38%	29%	23%
LPM1 (元本) (円)	-44,269	-40,514	-41,039	-42,855	-44,711	-46,374
LPM1 (目標) (万円)	-201	-129	-85	-63	-50	-42
LPM1/元本	-0.6%	-0.6%	-0.6%	-0.6%	-0.6%	-0.6%

MP	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6
μ	1.0	2.0	3.0	4.1	5.1	6.1
σ	3.7	6.0	8.3	10.6	12.9	15.2
経過年数	40	40	40	40	40	40
0.5%	1,259	1,246	1,244	1,244	1,251	1,263
2.5%	1,363	1,422	1,498	1,584	1,679	1,779
5%	1,418	1,520	1,638	1,778	1,935	2,121
25%	1,611	1,876	2,213	2,628	3,147	3,797
50%	1,769	2,197	2,783	3,564	4,624	6,055
75%	1,949	2,596	3,550	4,924	6,940	9,939
95%	2,249	3,315	5,086	8,030	12,857	20,883
97.5%	2,342	3,564	5,699	9,326	15,578	26,799
99.5%	2,571	4,189	7,151	12,700	23,100	42,753
平均値	1,791	2,277	2,994	4,051	5,640	8,114
元本	1440	1440	1440	1440	1440	1440
元本割れ確率	6.3%	2.8%	1.8%	1.4%	1.2%	1.1%
目標未達成確率	0%	0%	0%	0%	0%	0%
LPM1 (元本) (円)	-48,173	-31,004	-25,957	-24,081	-22,874	-21,897
LPM1 (目標) (万円)	0	0	-0	-0	-0	-0
LPM1/元本	-0.3%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%

### 【補論3】 バックテスト（期間 1995 年 10 月末～2015 年 10 月末の過去 20 年間）

【付表3】は基本ポートフォリオMP0が事前の想定通り、20年間でIRR3.3%を達成したバックテストの一例である。1995年10月末を起点に2015年10月末までの20年間、MP0に毎年末36万円の積立投資を継続した場合の資産価値の推移が黒色の実線である。この黒色の実線が事前に想定される資産価値の確率分布図にどのように収まるかを確認するために、1995年10月末を起点とした資産価額の上限に近い99.5パーセンタイルから資産価額の下限に近い0.5パーセンタイルまでの確率分布図を合わせて示した。

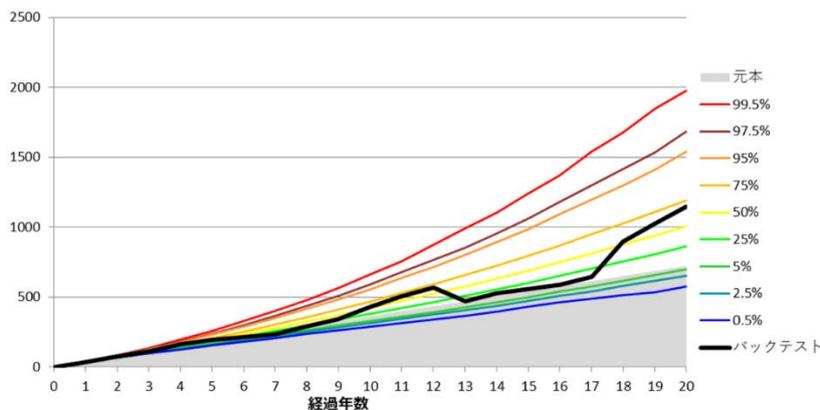
この期間の日本経済と市場環境はたびたび危機に見舞われた。90年代末期は不良債権の処理で大手銀行や証券会社が破綻、2000年前後にはITバブルが起きて一瞬株価上昇が見られたがほどなく破裂、その後新興国ブームで上昇基調になったかと思いきや2008年秋にはリーマン・ショックから世界的金融危機に突入。この間、基本ポートフォリオMP0が辿った経路では、途中で何度か元本割れを経験しているが、確率分布図の下限に近い0.5パーセンタイルを割り込んでいないことがわかる。

「百年に一度の危機」といわれた2008～2009年は運用環境が最悪であったが、それでも元本割れで負った傷はそれほど深くなく、その後は元本を概ね維持しつつ、2012年以降我が国のアベノミクス相場と好調な米国市場の追い風で資産価値は回復し、このバックテストの期末の2015年10月末には目標の1千万円をやや上回って終わっている。

この期間の後半には株式相場の回復で「たまたま」目標額1千万円は達成できたが、これは歴史的な偶然で、いつもウマイ話で終わるとは限らないことは心に止めておこう。

むしろ注目していただきたいのは、途中何回かの激震に見舞われても元本割れで負った傷は浅かったという事実である。もうひとつは、バブル崩壊や世界的金融に見舞われても、実際の資産価値は事前の確率分布の下限に収まっていたという事実である。

#### 【付表3】 バックテスト・シミュレーション 1995.10末-2015.10末



経過年数 0 年 = 1995 年 10 月末、経過年数 20 年 = 2015 年 10 月末