

## EXECUTIVE SUMMARY

- ▶ PEファンドの運用パフォーマンスを、市場のパフォーマンスであるベータ部分(伝統資産の運用パフォーマンス)とアルファ部分(超過リターン)に切り分けるための手法に関しては、2023年4月24日付のワーキングペーパー『PEファンドの運用パフォーマンス計測法としてのスプレッドに基づくダイレクト・アルファ(SBDA)』において提示した。
- ▶ 本研究では、SBDAを出発点にして、超過リターンに関する種々の新しい概念を導入することで、オルタナティブ資産のトラッキング・エラーを計量する。これにより、超過リターンとトラッキング・エラーに基づくアクティブ運用を、伝統的資産にオルタナティブ資産を含めて統合的に行う枠組みが可能となる。

(注)本ワーキングペーパーは、GPIF 職員の研究成果をとりまとめたものであり、文章中で示された内容や意見は GPIF の公式見解を示すものではありません。

## 1. はじめに

表題にある「統合的アクティブ運用」とは、債券や株式といった伝統的資産を対象とした既存のアクティブ運用にオルタナティブ資産を組み込むことで、更なる超過リターンを狙いリスクリターンの観点からパフォーマンスの向上を目指すような運用を意図したものである。まず、既存のアクティブ運用について、国内債券アクティブ運用に関しては、荻島・山本(2003)と菊川ら(2017)を、株式アクティブ運用に関しては竹原(2012)を主にレビューする。

荻島・山本(2003)は、低金利下において求められる国内債券アクティブ運用として、(1)従来の金利選択(デュレーション・残存期間構成の変更)からセクター選択(セクター構成比の変更)や銘柄選択(銘柄構成比の変更)にシフトするとともに、超過リターンの源泉をうまく複合させることで投資効率の改善に努めること、(2)市場の非効率性を利用すること、(3)新商品(CDS、ABS など)を組み入れること、の3点を挙げている。これらの中で、(1)、(2)を主に取り込んだ国内債券アクティブ運用に菊川ら(2017)がある。

菊川ら(2017)は、わが国の年金運用における国内債券アクティブファンドは同質的で、主にクレジットファクターを超過リターンの源泉にしており、クレジットには株式投資の代替という側面があることから、経済環境の悪化時に株式とともにリターンが低下するリスクを指摘している。一方、キャリーロールダウンはプレミアムが高く、クレジットや株式との相関が低いため、このファクターを既存の債券アクティブファンドに36.9%組入れた場合に、BPI 総合対比のトラッキング・エラーが27.58BPに維持されたまま、平均超過リターンは17.25BPから33.52BPに高まるとしている。

株式投資について深い考察を与えるため、竹原(2012)は、「実証的に否定されるCAPMをベンチマークモデルとすることは誤りなのか? Barra AEGISを用いた株式運用とリスク管理は不適切なのか?」という本質的には「アクティブ運用 vs. パッシブ運用」の論争にもつながる問いを立てて議論を展開している。まず、効率的フロンティア上のポートフォリオを用いてCAPMでの評価式を導き、平均分散効率性とCAPM評価式の成立が実は同等であること

---

を示している。次に、米国の S&P500 や日本の TOPIX といった代表的な時価加重型株価インデックスは、ユニバースに属する銘柄により張られるポートフォリオ・フロンティア(双曲線)における最小分散ポートフォリオの若干右側に位置することがほとんどであることから平均分散効率性が満たされず、先に指摘した同等性より CAPM では説明不可能なリターン(=ジェンセン・アルファ)が存在することになる。よって、パッシブ運用の明確な優位性は存在しないし、アクティブ運用の持つ可能性が否定されるものでもないとしている。

ベンチマークが効率的でない場合には、どのようなベンチマークを使用するかによって、ファンドの評価順位に大きな変動が生じる。このことは、アルファをどう定義するか、つまり、シングルベンチマーク、マルチベンチマークのどちらと相対的に測定するかとの議論につながる。竹原(2012)は、実務家の多くにとってのアルファとは対ベンチマーク超過リターンであるし、研究者にとってはマルチベータモデルによるリスク調整後リターンであるとしたうえで、このような定義の違いは株式資本コストの推定を介して、株式価値評価結果にも影響を与えると指摘している。実際、研究者の立場から久保田・竹原(2007)では、Fama-French3ファクターモデル、あるいはスタイル・インデックスの平均分散効率性は長期モデルとして棄却され、マルチベータモデルの下でもアルファはゼロとはならないと指摘しているのに対し、実務家の立場から新井・山田(2002)は、マルチベータモデルの下でのアルファは小さいから、アクティブ運用ファンドへの投資の合理性を運用目的に合致した適切なファクター・リスク・エクスポージャーを可能にすることに見出しているのは、竹原(2012)の指摘を裏付けている。

ここで紹介した論文以外にも国内債券アクティブ運用に関して、山田(2000)、高津・山崎(2000)、前田・小池(2002)、中谷(2010)、宮崎・阿部・島田(2021)など、株式アクティブ運用に関して、小原沢(1991)、伊藤ら(2009)、四方(2010)、駒井・岡(2012)、大森・矢野(2013)などが挙げられ、これらの分野に関する研究の蓄積は資産運用業界の進歩と共に順調に進んでいるように見える。一方、オルタナティブ資産のアクティブ運用に関する研究、ましてや、既存のアクティブ運用にオルタナティブ資産を組み込んだ統合的アクティブ運用についての研究は、著者らの知る限り、見当たらない。

わが国の年金運用にオルタナティブ資産が組み込まれ始めたのは 2000 年代入り後と考えられ、この時期における年金基金や年金コンサルの取り組みについてビビッドに記録した文献に座談会メモとして取り纏められた宮井・山口・中村・石田・山田(2005)がある。本メモは、20 年程度も前に取り纏められたものであるが、オルタナティブ資産に対して持たれていた当時の問題意識は、今日においても取り組むべき課題として残っている。主な問題意識は、(1)オルタナティブ資産は時価評価が難しい、(2)分散効果が得られるというが、相関係数をどうやって測るのか、(3)ファンドそれぞれの個性が非常に大きく影響するので本当に分散効果が得られているか、(4)コミットメント額と実額投資が異なるため実額ベースでのアセットミックスをコントロールしにくい、などである。

著者らも宮崎・島田(2023-a)を取り纏めるなかで、問題意識の(1)、(2)について再確認した。J-REIT に関して、不動産鑑定士が付ける不動産価格から有利子負債を引いた出資総額(投資口)の価格と、これを上場して J-REIT となった時価総額(投資口)はどちらも同じ不動産を対象とした時価評価であるが、これらの評価に乖離が見られることから時価評価の難しさを改めて認識した。また、不動産の鑑定価格は、過去の価格も参考にして値付けされるために鑑定価格に基づくリターンは平滑化の影響を受ける。このため、不動産リターンと伝統的資産との相関係数を求める際に、不動産リターンとして J-REIT リターン、鑑定価格に基づくリターン、鑑定価格に基づくリターンに非平滑化を施したリターン、の何れを利用するかによって依存して相関係数は相応に異なる。このような問題意識の下で、絶対的に正しいといえるリターンやリスクマトリックスの設定、伝統的資産にオルタナティブ資産を含めることによる分散投資効果の正確な計量は、極めて困難である。よって、オルタナティブ資産は、伝統的資産とはリスク特性が異なることを十分に認めつつ(トラッキング・エラーに基づくリスク管理の下で)、伝統的資産のリターンを上回る超過リターンの獲得を目指すツールと考えるのがよさそうである。

座談会メモでは、オルタナティブ資産(ヘッジファンド)の場合「投資成果の要因が、ベータとアルファにきちっと分解されている状態で説明されていないケースが非常に多い」との指摘も見られた。現状、オルタナティブ資産のパフォーマンス評価として絶対リターンを表す IRR が主流であることもこの指摘の対象となろう。トラッキング・エラーに対するリスク制約の下で、伝統的資産のリターンを上回る超過リターンの最大化を試みれば、指摘事項や主な問題意識(1)、(2)の克服につながる。宮崎・島田(2023-b)が提案する SBDA (Spread Based Direct Alpha、以下、「SBDA」という。)を用いると、PE ファンドの運用パフォーマンスを、市場のパフォーマンスであるベータ部分(伝統資産の運用パフォーマンス)と PE ファンドの純粋な運用能力を表現するアルファ部分(竹原(2012)が指摘する実務家にとってのアルファ)に分けることが可能になり、超過リターン最大化のツールとして SBDA を利用すればよい。残すは、オルタナティブ資産におけるトラッキング・エラーの計量であり、これを克服する手法の提案が本研究の目的である。

本論文の構成は、以下の通り。節 2 では、SBDA を出発点として、オルタナティブ資産の超過リターンに関する種々の新しい概念を導入する。節 3 では、節 2 で導入した新しい概念を利用して、超過リターンとトラッキング・エラーに基づくアクティブ運用をオルタナティブ資産も含めて統合的に行うための枠組みについて述べる。節 4 においては、新しい概念のメカニズムを数値例により確認する。最終節では、まとめと今後の課題を付す。

## 2. オルタナティブ資産の超過リターンに関する種々の新しい概念

### 2.1 オルタナティブ資産の超過リターン(SBDA)

パフォーマンス評価期間(N年)におけるオルタナティブ資産の超過リターンは、SBDA で把握できる。SBDA の詳細なメカニズムに関しては、宮崎・島田(2023-b)を参照されたい。ここでは、SBDA の定義のみを述べるに留める。定義において用いる時点  $i$  は、月単位を表し、 $i = 0$  は、オルタナティブ投資のコミットメントした月を表し、以降、 $i = 1, 2, \dots$  は、1 か月後、2 か月後、 $\dots$ を表す。また、SBDA を評価する時点は、コミットメントした月から数えて  $n$  か月後とする。以下、レートやリターンを表す記号は月率として取り扱う。

(定義 1) SBDA

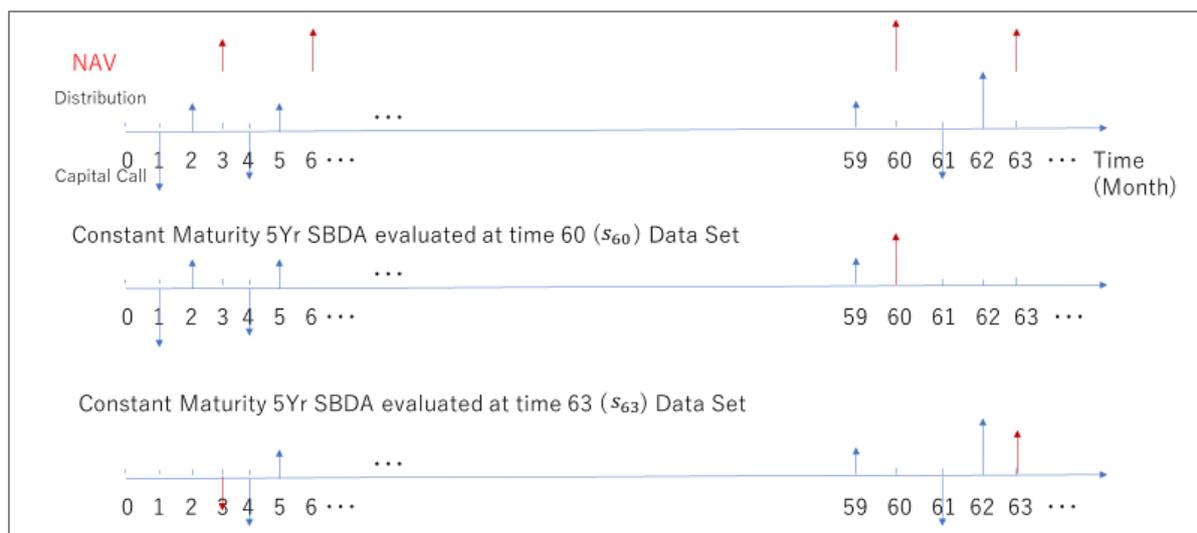
オルタナティブ資産へのコミットメント時点である時点 0 月から  $n$  か月後の評価時点における SBDA は、次の等式を満たす  $s_n$  のことである。

$$\sum_{i=1}^n \frac{Call(i)}{(1+r_i^B)^i} = \sum_{i=1}^n \frac{Dist(i)}{(1+r_i^B+s_n)^i} + \frac{NAV_n}{(1+r_n^B+s_n)^n} \quad (1)$$

ここで、 $Call(i)$ 、 $Dist(i)$ 、 $r_i^B$  は、それぞれ、時点  $i$  か月後におけるキャピタルコールの額、ディストリビューションの額とベンチマーク・レート(時点 0 月から時点  $i$  か月後までのベンチマーク・リターンを月率表示したものを)、 $NAV_n$  は、評価時点  $n$  か月後における運用中のオルタナティブ資産の評価額を表す(ここではキャピタルコールとディストリビューションが月末時点に発生するとしている)。式(1)において、時点  $i$  か月後においてキャピタルコールやディストリビューションが無い場合には、 $Call(i) = Dist(i) = 0$  となる。

図 1 の最上段の模式図を用いて、評価時点を 60 か月後とする SBDA  $s_{60}$  を求める際に用いる情報を確認する。時点 0 月から時点 60 か月後までの期間にわたり、キャピタルコールやディストリビューションが月次、NAV が四半期次(3 か月後、6 か月後、 $\dots$ )の情報を利用する。時点 0 月から 6 か月後までを確認すると、キャピタルコールは 1 か月後と 4 か月後に発生し、ディストリビューションは 2 か月後と 5 か月後に発生していること、59 か月後から 60 か月後では、キャピタルコールは無く、ディストリビューションは 59 か月後に発生していることなどがわかる。評価時点が 60 か月後なので、 $NAV_n$  は、60 か月後に示された  $NAV_{60}$  を採用する。ベンチマーク・レート  $r_i^B$  は、時点

$i = 1 \dots 60$ の各カ月後の満期のものを用いる。



【図 1:コンスタントマチュリティー5 年 SBDA 計算のための模式図】

(出所:筆者ら作成)

## 2.2 コンスタントマチュリティー5 年 SBDA

ここで新たに導入するコンスタントマチュリティー5 年 SBDA とは、将来のどの評価時点(5 年経過後から 3 カ月ごとに現れる)においても、評価時点から 5 年間遡った時点からの情報に基づいて評価した SBDA のことである。このような SBDA を考えるのは、SBDA をクレジットスプレッドの類似として捉えているからである。例えば、満期 6 年の社債が発行された場合、そのクレジットスプレッドは満期 6 年のクレジットスプレッドであるが、1 年経過するとこの社債のクレジットスプレッドは満期 5 年のクレジットスプレッドとなり、2 年経過するとこの社債のクレジットスプレッドは満期 4 年のクレジットスプレッドなどとなる。この様に、ある社債のクレジットスプレッドを追いかけていくと、クレジットスプレッドの変動を観測する際に、クレジットスプレッドの期間構造も込みで観測してしまう。この影響を取り除くために、しばしば、ジェネリックなコンスタントマチュリティー5 年社債利回りとジェネリックなコンスタントマチュリティー5 年国債利回りとのスプレッドであるコンスタントマチュリティー5 年クレジットスプレッドの変動を観測する。これに対応するオルタナティブ資産を対象にした概念として、コンスタントマチュリティー5 年 SBDA を導入する。

(定義 1)にある SBDA も社債のクレジットスプレッドと同様の観測上の問題が内在する。評価時点を 4 年後、5 年後、6 年後とした SBDA (順に、 $s_{48}, s_{60}, s_{72}$ )などを追いかけていくと、SBDA の変動を観測する際に、SBDA の期間構造も込みで観測してしまう。この影響を取り除くために、コンスタントマチュリティー5 年 SBDA を提案する。

まず、時点 0 月から 5 年経過後の時点 60 カ月後におけるコンスタントマチュリティー5 年 SBDA を求める。これは、節 2.1 に示した SBDA  $s_{60}$  を求めることに他ならないが、以下では、5 年経過後から更に  $j$  カ月経過した時点におけるコンスタントマチュリティー5 年 SBDA を表す  $s_{j,60}$  を導入し、この SBDA  $s_{60}$  を SBDA  $s_{0,60}$  と新たに表記する。

次に、5 年経過後から更に 3 カ月経過した時点 63 カ月後におけるコンスタントマチュリティー5 年 SBDA  $s_{3,60}$  を求める。これは、時点 63 カ月後から 5 年間遡った時点 3 カ月後からの情報に基づいて評価した SBDA のことである。よって、SBDA  $s_{3,60}$  を求める際のキャッシュフローには、図 1 中段にあった時点 0 月から 3 カ月後までのキャピタルコールやディストリビューションは無く、3 カ月後の NAV の評価値である  $NAV_3$  相当額が新たにキャピタルコールされたものとする。一方で、時点 61 カ月後のキャピタルコールと時点 62 カ月後のディストリビューションが加わる。また、時点 60 カ月後にあった  $NAV_{60}$  は、時点 63 カ月後にその時点の NAV である  $NAV_{63}$  に置き換わる。

これらを勘案すると、SBDA  $s_{3,60}$  を求める際のキャッシュフローは、図 1 下段のようになる。コンスタントマチュリティー5年 SBDA  $s_{3,60}$  を求めるには、このキャッシュフローを用いて、式(2)で定義される  $s_{j,60}$  を  $j = 3$ として求めればよい。

(定義 2)コンスタントマチュリティー5年 SBDA

オルタナティブ資産へのコミットメント時点である時点 0 月から 5 年プラス  $j$  カ月経過した時点において計量されるコンスタントマチュリティー5年 SBDA は、次の等式を満たす  $s_{j,60}$  のことである。但し、評価時点は、 $j = 3, 6, 9, \dots$  の四半期毎の時点とする。

$$\sum_{i=j}^{60+j} \frac{Call(i)}{(1+f_{j,i}^B)^{i-j}} = \sum_{i=j}^{60+j} \frac{Dist(i)}{(1+f_{j,i}^B+s_{j,60})^i} + \frac{NAV_{j+60}}{(1+f_{j,j+60}^B+s_{j,60})^{60}} \quad (2)$$

ここで、 $Call(i)$ 、 $Dist(i)$  は、それぞれ、時点  $i$  カ月後におけるキャピタルコールの額(但し、 $Call(j) = NAV_j$ )、ディストリビューションの額を表す。 $f_{j,i}^B$  は、ベンチマーク・フォワードレート(時点  $j$  カ月後から時点  $i$  カ月後までのベンチマーク・フォワードリターンを月率表示したものを)、 $NAV_{j+60}$  は、評価時点  $j + 60$  カ月後における運用中のオルタナティブ資産の評価額を表す。式(2)においても、時点  $i$  カ月後においてキャピタルコールやディストリビューションが無い場合には、 $Call(i) = Dist(i) = 0$  となる。

時間が経過するに従って、キャピタルコールの額、ディストリビューションの額、NAV、ベンチマーク・レート、ベンチマーク・フォワードレートに関する情報が蓄積され、5 年経過後から 3 か月ごとにコンスタントマチュリティー5年 SBDA  $s_{j,60}$ 、 $j = 3, 6, 9, \dots$  が得られる。

### 2.3 2 種類のコンスタントマチュリティー5年パフォーマンス評価債券価格と価格変化率

社債(ここでは倒産リスクまでは織り込む必要の無い高格付のものを想定)の超過リターンであるクレジットスプレッドを得るために必要な信用リスクは、クレジットスプレッドが変動することによる社債の価格変動リスクと考えられる。社債の場合には、クーポンや額面が確定しているため、社債の信用リスクを求めるにはクレジットスプレッドの変動を追いかければよい。オルタナティブ資産に関しては、これらの資産価格に相当するものが無く(各時点の NAV を見ても投資金額が時点によって異なるため)、適切なものを想定したうえでオルタナティブ資産の価格変動リスクを計算する必要がある。ここでは、オルタナティブ資産のトラッキング・エラーを導出するために、2 種類のコンスタントマチュリティー5年パフォーマンス評価債券価格を導入する。1つは、現実コンスタントマチュリティー5年パフォーマンス評価債券価格(定義 3)で、もう一つは事前コンスタントマチュリティー5年パフォーマンス評価債券価格(定義 4)である。

(定義 3)現実コンスタントマチュリティー5年評価債券の価格( $P_j$ )

5 年プラス  $j$  カ月( $j = 3, 6, 9, \dots$ )経過した時点から 5 年間遡った時点である  $j$  カ月後における現実コンスタントマチュリティー5年評価債券の価格( $P_j$ )は、式(2)を満たすコンスタントマチュリティー5年 SBDA  $s_{j,60}$ を用いた式(2)の右辺として、式(3)のように定義する。

$$P_j = \sum_{i=j}^{60+j} \frac{Dist(i)}{(1+f_{j,i}^B+s_{j,60})^i} + \frac{NAV_{j+60}}{(1+f_{j,j+60}^B+s_{j,60})^{60}} \quad (3)$$

(定義 4)事前コンスタントマチュリティー5年評価債券の価格( $P_{j,pre}$ )

5 年プラス  $j$  カ月( $j = 3, 6, 9, \dots$ )経過した時点から 5 年間遡った時点である  $j$  カ月後における事前コンスタントマチュリティー5年評価債券の価格( $P_{j,pre}$ )は、(定義 3)で用いた現実のディストリビューションの額  $Dist(i)$  や  $NAV_{j+60}$  を運用能力が 3 か月前に測定した SBDA  $s_{j-3,60}$  のままであったとした場合に想定されるディストリビューションや NAV に置き換えて得られる価格として、式(4)のように定義する。

$$P_{j,pre} = \sum_{i=j}^{60+j} \frac{Dist(i)(1+f_{j,i}^B+s_{j-3,60})^i}{(1+f_{j,i}^B+s_{j,60})^{2i}} + \frac{NAV_{j+60}(1+f_{j,i}^B+s_{j-3,60})^{60}}{(1+f_{j,j+60}^B+s_{j,60})^{120}} \quad (4)$$

2 種類のコンスタントマチュリティー5 年パフォーマンス評価債券価格を用いて、コンスタントマチュリティー5 年 SBDA の変動のみ(ベンチマーク・リターンの変動を除去した)による  $j-3$  カ月後から  $j$  カ月後までのコンスタントマチュリティー5 年パフォーマンス評価債券価格の価格変化率  $R_{j-3,j}^P$  を式(5)で定義する。

$$R_{j-3,j}^P = \frac{P_j - P_{j,pre}}{P_{j,pre}} \quad (5)$$

#### 2.4 価格が指数値として与えられるオルタナティブ資産のケース

5 年プラス  $j$  カ月 ( $j = 3, 6, 9, \dots$ ) 経過した時点から 5 年間遡った時点である  $j$  カ月後におけるオルタナティブ資産の指数値を ( $P_j$ )、5 年プラス  $j$  カ月後におけるオルタナティブ資産の指数値を ( $P_{j+60}$ ) とすると、両者の関係は、式(3)において、 $Dist(i) = 0, NAV_{j+60} = P_{j+60}$  とした式(6)を満たす。式(6)から SBDA  $s_{j,60}$  が得られる。

$$P_j = \frac{P_{j+60}}{(1+f_{j,j+60}^B+s_{j,60})^{60}} \quad (6)$$

見通しを良くするため、式(6)を連続複利ベースで記述し直すと、式(6)'を得る。

$$P_j = P_{j+60} \cdot \exp(-(f_{j,j+60}^B + s_{j,60}) \cdot 60) \quad (6)'$$

全く同様にして、5 年プラス  $j-3$  カ月 ( $j = 3, 6, 9, \dots$ ) 経過した時点から 5 年間遡った時点である  $j-3$  カ月後におけるオルタナティブ資産の指数値を ( $P_{j-3}$ )、5 年プラス  $j-3$  カ月後におけるオルタナティブ資産の指数値を ( $P_{j-3+60}$ ) とすると、両者の関係は、式(7)を満たす。式(7)から SBDA  $s_{j-3,60}$  が得られる。

$$P_{j-3} = P_{j-3+60} \cdot \exp(-(f_{j-3,j-3+60}^B + s_{j-3,60}) \cdot 60) \quad (7)$$

また、事前コンスタントマチュリティー5 年評価債券の価格 ( $P_{j,pre}$ ) は、運用能力が式(7)にある 3 か月前に測定した SBDA  $s_{j-3,60}$  のままであったとした場合に想定される価格として、式(8)のように定義される。

$$P_{j,pre} = \exp(-(f_{j,j+60}^B + s_{j,60}) \cdot 120) P_{j+60} \cdot \exp((f_{j,j+60}^B + s_{j-3,60}) \cdot 60) \quad (8)$$

コンスタントマチュリティー5 年 SBDA の変動のみ(ベンチマーク・リターンの変動を除去した)による  $j-3$  カ月後から  $j$  カ月後までのコンスタントマチュリティー5 年パフォーマンス評価債券価格の対数価格変化率  $R_{j-3,j}^P$  は、式(9)で表される。これは、SBDA の変化にデフレーションの 60(カ月)を掛けたものである。

$$\begin{aligned} R_{j-3,j}^P &= \ln \frac{P_j}{P_{j,pre}} = \ln \frac{P_{j+60} \cdot \exp(-(f_{j,j+60}^B + s_{j,60}) \cdot 60)}{\exp(-(f_{j,j+60}^B + s_{j,60}) \cdot 120) P_{j+60} \cdot \exp((f_{j,j+60}^B + s_{j-3,60}) \cdot 60)} \\ &= (s_{j,60} - s_{j-3,60}) \cdot 60 \end{aligned} \quad (9)$$

### 3. 統合的アクティブ運用

#### 3.1 単一のオルタナティブ資産に関する期待超過リターン、トラッキング・エラー、期待インフォメーションレシオ

節 2.1 から節 2.4 までで準備したものを利用して、オルタナティブ資産の期待超過リターン(年率)、トラッキング・エラー(年率)、期待インフォメーションレシオを定義する。

(期待超過リターン(年率))

コンスタントマチュリティー5 年 SBDA  $s_{j,60}$  ( $j = 3, 6, 9, \dots$ ) の期待値

$$E(s_{j,60} \cdot 12)$$

(トラッキング・エラー(年率))

コンスタントマチュリティー5年パフォーマンス評価債券価格の四半期価格変化率

$$R_{j-3,j}^P \quad (j = 3, 6, 9, \dots) \text{の標準偏差を年率換算: } \sigma(R_{j-3,j}^P) \cdot 2$$

(期待インフォメーションレシオ)

期待超過リターン(年率)をトラッキング・エラー(年率)で割ったもの

$$I.R. = E(s_{j,60} \cdot 12) / (\sigma(R_{j-3,j}^P) \cdot 2)$$

### 3.2 統合的アクティブポートフォリオの最適化

統合的アクティブ運用とは、債券や株式における種々のアクティブ戦略のみならず、オルタナティブ資産への投資も1つのアクティブ戦略と捉えて、これら全てのアクティブ戦略を対象とした、リスクリターンの観点から最適なポートフォリオを運用することである。これまでに導入した記法を複数の資産において用いるために、資産  $k$  のものであることを記号の右上に  $(k)$  を付して表す。例えば、オルタナティブ資産  $k$  に関するコンスタントマチュリティー5年SBDAの変動のみ(ベンチマーク・リターンの変動を除去した)による  $j-3$ カ月から  $j$ カ月後までのコンスタントマチュリティー5年パフォーマンス評価債券価格の対数価格変化率  $(R_{j-3,j}^P)$  は、 $R_{j-3,j}^{P,(k)}$  などと記す。また、債券や株式における種々のアクティブ戦略の超過リターンは、節2.4の価格が指数値として与えられるオルタナティブ資産のケースと同じであるため、ここでの記法は全てオルタナティブ資産のものに統一する。統合的ポートフォリオの最適化には、節3.1で導入した指標に加えて、オルタナティブ資産  $k$  とオルタナティブ資産  $l$  との共分散が必要となる。オルタナティブ資産  $k$  とオルタナティブ資産  $l$  とのコンスタントマチュリティー5年パフォーマンス評価債券価格の四半期価格変化率  $R_{j-3,j}^P (j = 3, 6, 9, \dots)$  の共分散(年率換算)は、 $Cov(R_{j-3,j}^{P,(k)}, R_{j-3,j}^{P,(l)}) \cdot 4$  で与えられる。

オルタナティブ資産への投資もアクティブ戦略の1つとした統合的アクティブポートフォリオの最適化とは、統合的アクティブポートフォリオのトラッキング・エラーを所与の制約条件以内(式(11))、各アクティブ戦略への配分量を所与の制約条件以内(式(12))に留めたうえで、期待超過リターン(式(10))の最大化を試みるものである。

[統合的アクティブポートフォリオの最適化モデル]

$$\max_{w_1, \dots, w_n} \sum_{k=1}^n w_k \cdot E(s_{j,60}^{(k)} \cdot 12) \quad (10)$$

$$\text{Constraints; } \mathbf{w}^T \mathbf{COV} \mathbf{w} < \text{risk limit} \quad (11)$$

$$0 \leq w_k \leq \text{weight}(k) \text{ limit} \quad (k = 1, \dots, n) \quad (12)$$

ここで、 $\mathbf{w}^T = (w_1, \dots, w_n)$ 、 $\mathbf{COV}$ は、 $(k, l)$ 成分が  $Cov(R_{j-3,j}^{P,(k)}, R_{j-3,j}^{P,(l)}) \cdot 4$ となる分散共分散行列である。

(Remark)

統合的アクティブポートフォリオの期待インフォメーションレシオは、期待超過リターン(年率)をトラッキング・エラー(年率)で割ったものであり、式(13)で与えられる。

$$I.R. = \sum_{k=1}^n w_k \cdot E(s_{j,60}^{(k)} \cdot 12) / \sqrt{\mathbf{w}^T \mathbf{COV} \mathbf{w}} \quad (13)$$

統合的アクティブポートフォリオの期待インフォメーションレシオを最大化するための最適ウエイトを求めるには、式(13)を目的関数に組み込み、制約条件から式(11)を取り除けばよい。ここでの最適ウエイトの考え方は、春日(2009)が主張するクレジットアクティブ運用におけるインフォメーションレシオ水準に応じた資金配分の考え方に同じである。

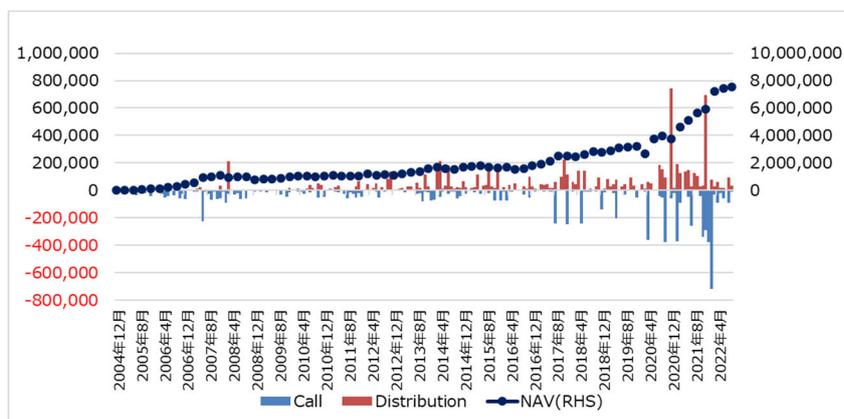
## 4. 種々の新しい概念に関する数値例

ここでは、数値例を通して、コンスタントマチュリティー(3年・5年)SBDA、現実コンスタントマチュリティー(3年・5年)評価債券の修正デュレーション、及びコンスタントマチュリティー5年SBDAの変動のみ(ベンチマーク・リターンの変動を除去した)による  $j-3$  カ月後から  $j$  カ月後までのコンスタントマチュリティー5年パフォーマンス評価債券価格の価格変化率  $R_{j-3,j}^P$  の時系列推移を確認する。これらの概念に対応する数値例を導出する際に用いるファンドが積みあがっていく際の仮想的なキャッシュフロー(図1の模式図における上段に相当)を図2に示した。図2において、下向きの青棒はキャピタルコールの額、上向きの赤棒はディストリビューションの額、群青色の丸はNAVの評価値をそれぞれ表す。図2から、キャピタルコールがあった直後にNAVが上昇し、ディストリビューションがあった直後にNAVが低下していること、ファンドの積み上がりに応じてNAVが徐々に積みあがっていく様子が確認できる。

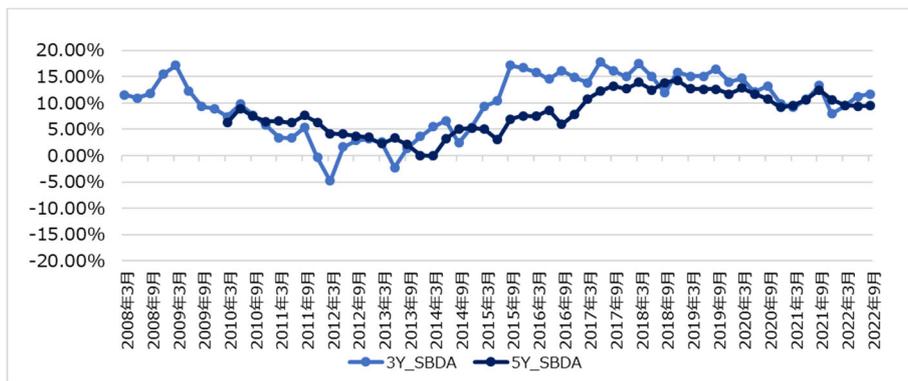
コンスタントマチュリティー(3年・5年)SBDAの推移を図3に示した。(3年・5年)SBDAを求めるためには、それぞれ、過去3年・5年のデータが必要となるため、3年SBDAに関しては2008年3月、5年SBDAに関しては2年後の2010年3月が出発点となる。全期間を通してみると、3年SBDAは-5%~18%の範囲を5年SBDAは0%~15%の範囲を推移しており、前半の期間における3か月毎の変動は、3年SBDAの方が5年SBDAよりも大きい。何れのSBDAも計測期間が長くなるに従って安定的に推移することが確認される。また、2017年以前は3年SBDAと5年SBDAが大きく乖離する局面も見られたが、2018年以降では両者の乖離は僅かである。

現実コンスタントマチュリティー(3年・5年)評価債券の修正デュレーションの推移を図4に示した。修正デュレーションは、式(3)で与えられる現実コンスタントマチュリティー5年評価債券の価格( $P_j$ )式において、コンスタントマチュリティー5年SBDA  $s_{j,60}$ を1BP小さくした場合の価格を計算して、元の価格からの変化率を求めたものである。図4から全期間を通してみると、3年修正デュレーションは1.3~2.9の範囲を、5年修正デュレーションは2.1~4.3の範囲を推移しており、修正デュレーションは計測期間が長くなるに従って大きく変動することが確認される。これは、計測期間の前半にキャピタルコールが多く後半にディストリビューションが多い場合に修正デュレーションは小さくなり逆の場合に大きくなる傾向が、計測期間を長くするに従って強く表れるからである。

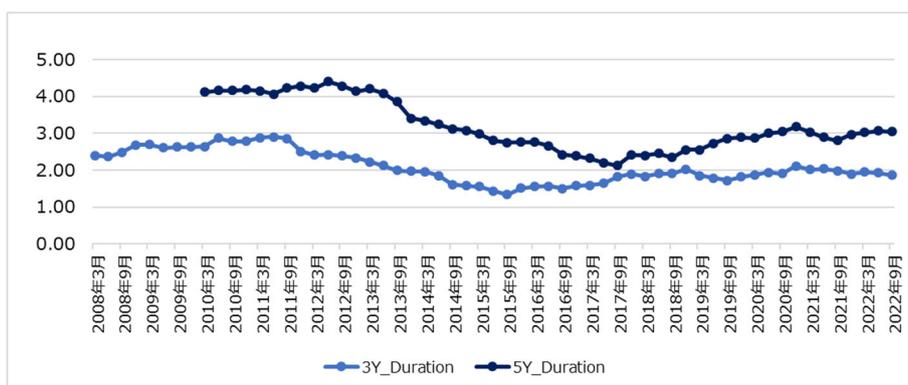
SBDAの変動によって生じるコンスタントマチュリティー(3年・5年)評価債券リターンの変動を図5に示した。前半の期間においては、3年SBDAの変動が5年SBDAの変動よりも大きいことを反映して、リターンの変動も3年の方が5年のものよりも大きい。後半の期間では何れの年限のリターンも変動は低位安定していることが確認される。



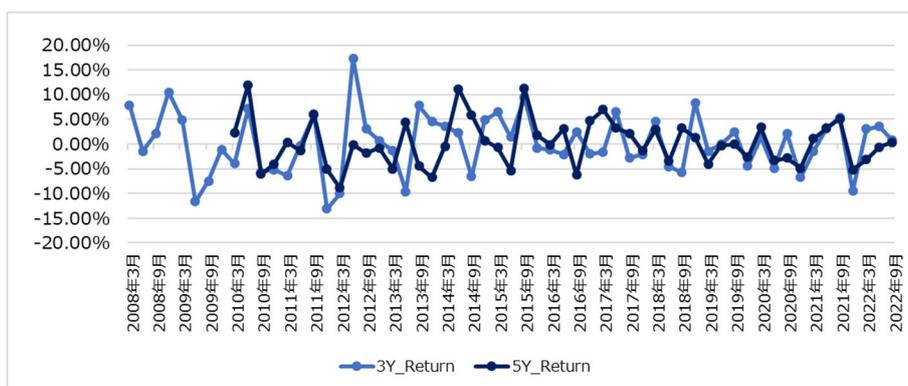
【図2: キャッシュフローとNAVの推移】



【図 3:SBDA の推移】



【図 4:デュレーションの推移】



【図 5:リターンの推移】

(出所:図 2 から図 5 についていずれも筆者ら作成)

## 5. まとめと今後の課題

オルタナティブ資産に対するこれまでの問題意識や分析からの知見によると、オルタナティブ資産を伝統的資産に組み込む際には、計量が難しい分散投資効果に期待するよりは、トラッキング・エラーに基づくリスク制約の下で、伝統的資産のリターンを上回る超過リターンの獲得を目指すのが無難と考えられる。オルタナティブ資産に関する超過リターンを計量する指標として SBDA をこれまでに考案したが、本論文では、統合的アクティブ運用に必要なトラッキング・エラーの計量手法を、SBDA の考え方を応用する形で提案した。今後の課題として、主に、次の 3 点が挙げられる。

- 
- (1) ファイナンス理論からの課題は、SBDA の分解である。竹原(2012)に照らし合わせると、SBDA は、「実務家にとってのアルファ(対ベンチマーク超過リターン)」であるが、SBDA の中に研究者にとってのアルファ(マルチベータモデルによるリスク調整後リターン)がどの程度残るのかを何らかの手法によって検証する必要がある。ここでのマルチベータとしては、主に、流動性リスクとクレジット・ファシリティなどに由来するクレジットリスクなどが考えられる。これらが可能になれば、「1. はじめに」で述べたような他の伝統的資産に関するアクティブ戦略を含む統合的アクティブ運用が可能となる。
  - (2) ファイナンス実務からの課題は、まず、PE に対するベンチマークとして政策ベンチマークと異なるものを採用する場合には、最終的な超過リターンとトラッキング・エラーの導出において、この部分を調整する必要がある。次に、為替リスクをニュートラルにするなら、政策ベンチマークの通貨構成とオルタナティブ資産の通貨構成を為替ヘッジなどにより調整することが必要である。また、コンスタントマチュリティーN 年パフォーマンス評価債券価格のNとして、どのような値を選択すれば、推定トラッキング・エラーと実現トラッキング・エラーが整合するかについても検証する必要がある。
  - (3) ファイナンスの理論と実務を橋渡しするような課題として、資産運用会社が採用するリスクモデルによるトラッキング・エラーと本研究におけるトラッキング・エラーとの比較検討が挙げられる。リスクモデルは、通常、ファクターモデルが採用されているため、ファクターに依存する形でリスクモデルのトラッキング・エラーを詳細に調べれば、(1)で述べた課題を解決するための手掛りが得られるかもしれない。理論と実務がエンタングルする興味深い分析対象に思われる。

## 参考文献

- [1] 新井富雄、山田浩之 (2002)「アクティブ運用ファンドへの投資は合理的か」、『証券アナリストジャーナル』、40 (11), pp. 74-95.
- [2] 伊藤敬介、池田悟、城戸豊和(2009)「投資スタイル、流動性とアクティブ運用」、『証券アナリストジャーナル』、47 (6), pp. 48-60.
- [3] 大森孝造、矢野学 (2013)「リスクに基づくポートフォリオとアクティブ運用」、『証券アナリストジャーナル』、51 (11), pp. 17-26.
- [4] 荻島伸和、山本継 (2003)「低金利下における国内債券アクティブ運用」、『証券アナリストジャーナル』、41 (9), pp. 48-63.
- [5] 小原沢則之(1991)「ファクター・モデルとそのアクティブ戦略への適用」、『証券アナリストジャーナル』、29 (9), pp. 36-55.
- [6] 春日謙一 (2009)「クレジット運用の課題 —インフォメーションレシオに見合ったリスク配分の必要性—」、『証券アナリストジャーナル』、47 (10), pp. 71-80.
- [7] 菊川匡、内山朋規、本廣守、西内翔 (2017)「国内債券アクティブ運用のパフォーマンスとスマートベータ戦略」、『証券アナリストジャーナル』55 (2), pp. 69-80.
- [8] 久保田敬一、竹原均 (2007)「Fama-French ファクターモデルの有効性の再検証」、『現代ファイナンス』、22、83-23.
- [9] 駒井隼人、岡修平 (2012)「日本株アクティブ・ファンドのパフォーマンス：分散化と規模の経済」、『証券アナリストジャーナル』、50 (8), pp. 38-46.

- 
- [10] 四方健彦 (2010)「株式アクティブファンドの運用能力評価」、『証券アナリストジャーナル』、48 (9), pp. 76-87.
- [11] 高津学、山崎誠 (2000)「イールドカーブ分析による債券ポートフォリオ運用の考察」、『証券アナリストジャーナル』、38 (12), pp. 16-31.
- [12] 竹原均 (2012)「株式投資：アセット・プライシングの視点からの再検討」、『証券アナリストジャーナル』、50 (11), pp. 22-36.
- [13] 中谷吉宏 (2010)「イールドカーブの曲率と金利ボラティリティとの関係について—バタフライトレードのリターン測定による検証—」、『証券アナリストジャーナル』、48 (8), pp. 26-35.
- [14] 年金積立金管理運用独立行政法人(2022)『業務概況書』
- [15] 前田克二、小池拓自 (2002)「市場の過剰反応を利用したイールドカーブ戦術について」、『証券アナリストジャーナル』、40 (11), pp. 125-140.
- [16] 宮井博、中村明弘、山口登、石田英和、山田正次(2005)「座談会：年金運用とオルタナティブ投資」、『証券アナリストジャーナル』、43 (6), pp. 77-102.
- [17] 宮崎浩一、阿部友樹、島田和裕 (2021)「因子分析に基づく債券投資戦略：再訪 米国債市場のキャリーロールダウン戦略への応用」、『GPIF ワーキングペーパー』
- [18] 宮崎浩一、島田和裕 (2023-a)「日本の私募不動産モデルとポートフォリオ選択」、『GPIF ワーキングペーパー』
- [19] 宮崎浩一、島田和裕 (2023-b)「PE ファンドの運用パフォーマンス計測法としてのスプレッドに基づくダイレクト・アルファ(SBDA)」、『GPIF ワーキングペーパー』
- [20] 山田聡 (2000)「日本国債のリスク・プレミアムと投資戦略への応用」、『証券アナリストジャーナル』、38 (12), pp. 32-62.