

ファンダメンタル・インデックスとは

: CAPM 理論における時価総額加重インデックスとの比較から

【要旨】

CAPM 理論によれば、平均・分散アプローチにおける最も効率的なポートフォリオは、時価総額加重ポートフォリオで再現することができる。しかし、これまでの実証実験において時価総額加重ポートフォリオは CAPM の関係式を実証できていない。そうした中、時価総額加重によるインデックスよりも平均・分散アプローチの意味でより効率的であるファンダメンタル・インデックスを Robert D. Arnott らが考案した。このインデックスのパフォーマンスを時価総額加重インデックスと 43 年間のテスト期間で比較した結果、以下 3 点の結論が導かれた。①ファンダメンタル・インデックスは時価総額加重インデックスをアウトパフォームすること、②パフォーマンスが頑健で、歴史の偶然の産物ではないこと、③標準的な時価総額加重インデックスよりも、平均・分散アプローチの意味ではるかに効率的なこと、である。

当論文では Robert D. Arnott らのファンダメンタル・インデックスの論文に対するサーベイを行い、ファンダメンタル・インデックスの考え方を紹介する。

目次

【はじめに】	3
【第2章】 前提理論の説明	4
第1節 CAPM	4
第2節 インデックス運用	6
【第3章】 インデックスの特徴	7
第1節 時価総額インデックスの長所	8
第2節 ファンダメンタル・インデックスの長所	8
【第4章】 生成方法	9
第1節 ファンダメンタル・合成インデックスの生成方法	9
第2節 参照インデックスの生成方法	10
【第5章】 43年間のテスト結果	10
第1節 相対パフォーマンスとリターン特性	11
第2節 相対パフォーマンスとCAPM特性	17
第3節 ポートフォリオの流動性特性	19
第4節 リターンの外れ値	22
第5節 市場環境	24
【結論】	31
【おわりに】	31
【参考文献】	32
【補論1】 尖度・歪度	33

【はじめに】

CAPM 理論によれば、平均・分散アプローチにおける最も効率的な投資戦略とは、接点ポートフォリオを保有することである。接点ポートフォリオとは、ある一連の非現実的な仮定のもとで成立する、市場の需給均衡点である。よって市場の時価総額に投資する市場ポートフォリオを保有することが望ましいことになるが、市場の金融資産全てに投資する戦略は実現不可能である。そこで、市場の時価に連動した指数である時価総額加重インデックスが、市場ポートフォリオの代替として現在あらゆる資産運用のベンチマークとして採用されている。しかし、過去のファイナンスの研究によって、CAPM 理論が実際の市場では成立していないこと(David Mayers(1976))、時価総額加重インデックスにCAPM が成立していないことなどが実証されており (Roll and Ross(1994))、時価総額加重インデックスが市場ポートフォリオの代替として機能していないことが明らかになっている。その矛盾から着想を得て、米国リサーチ・アフェリエイツ社の Robert D.Arnett、Jason Hus、Philip Moore ら3名が「ファンダメンタル・インデックス」という、企業のファンダメンタル指標を用いたインデックスを考案した。

本論文の目的は、このファンダメンタル・インデックスのサーベイを行い、ファンダメンタル・インデックスの考え方を深く理解することにある。以降第2章では、前提理論である CAPM とインデックス運用について説明する。続いて第3章では、時価総額加重インデックスとファンダメンタル・インデックスの特徴を説明する。第4章では、ファンダメンタル・インデックス及び比較対象である参照インデックスの生成方法を説明し、第5章では、43年間のテスト期間における各インデックスのパフォーマンスの比較検証の結果を説明する。そして結論において、ファンダメンタル・インデックスが時価総額加重インデックスよりも平均・分散アプローチにおいて効率的である理由をまとめる。

【第2章】前提理論の説明

CAPMとは、1964年にWilliam Shapeによって導かれた資本市場における均衡価格のモデルである（William Shape (1964)）。このモデルによってWilliam Shapeは1990年にノーベル経済学賞を受賞した。本章では、CAPM理論の定義を示し、インデックス運用が誕生した背景を示す。

第1節 CAPM

CAPMとは、以下で定義される均衡価格モデルである。

$$E(R_i) = R_F + \beta_i(E(R_M) - R_F) \quad (1)$$

上式での R_i は個別証券のリターンの期待値、 R_F は無リスク利子率、 β_i は個別証券の市場に対する感応度であり、(2)式で定義される。

$$\beta_i = \frac{\text{Cov}(R_i, R_M)}{\text{Var}(R_M)} = \frac{\sigma_{iM}}{\sigma_M^2} \quad (2)$$

また、同様に任意のポートフォリオPのリターンを R_P とすると、ポートフォリオPの β_P は以下のように定義する。なお、市場ポートフォリオのベータは1となる。

$$\beta_P = \frac{\text{Cov}(R_P, R_M)}{\text{Var}(R_M)} = \frac{\sigma_{PM}}{\sigma_M^2} \quad (3)$$

そして $E(R_M) - R_F$ は市場ポートフォリオMの期待超過リターン、すなわち市場リスクプレミアムである。

この均衡式が成り立つ条件を以下に示す。

(1) 市場の完全性

…完全な競争市場であり、情報の完全性、無限分割可能性が成り立つ。

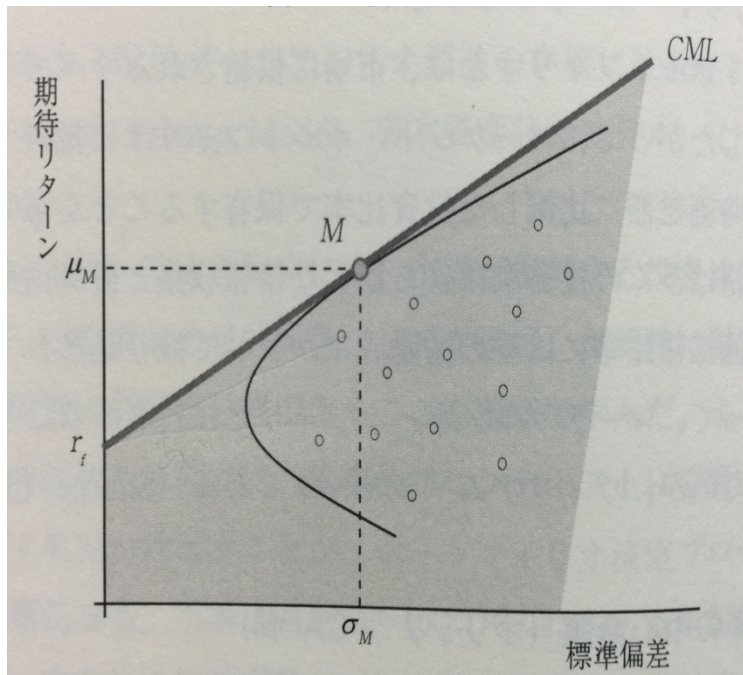
(2) 期待の同質性

…全ての投資家が株式のリターンの分布に関して共通の意見を持つ。

- (3) 市場の株式は所与で変わらない
 - …市場には一つの安全資産と複数の危険資産、複数の投資家が存在し、供給曲線は垂直である。
- (4) 投資家は合理的行動に従う
 - …投資家はリスク回避的であり、期待効用を最大化する行動をする。

これらの仮定により、全ての投資家が同一の接点ポートフォリオを持つことになる。以下の図1の資本市場線（CML）は、CAPMが成立する場合の資本市場線を示している。

【図1】



(引用元：小林・芹田(2009)、「新・証券投資論 I」、p66、図 3-1)

Harry Markowitz の平均・分散アプローチに基づくポートフォリオ理論によれば、効率的フロンティア上のポートフォリオに投資することが、投資家の効用を最大化する合理的な投資方法である (Harry Markowitz(1959))。また、トービンの分離定理によれば、無リスク資産の存在を仮定すると、期待収益率とベータリスクとの間に無リスク資産の収益率を切片とした接点ポートフォリオを結ぶ直線が引ける (James Tobin(1958))。さらにゼロベータ CAPM によれば、

無リスク資産が存在しない場合でもトービンの分離定理の場合と同様の線形関係を導ける(Fischer Black(1972))。つまり、市場が均衡している場合の効率的フロンティアは、無リスク資産の収益率等を切片として接点ポートフォリオを結ぶ資本市場線上にあり、個々の投資家のリスク回避度によってリスク資産・安全資産の投資比率が決定される。なお、需給が完全に均衡する状態での接点ポートフォリオとは市場の時価総額に当たるため、CAPM によれば、市場ポートフォリオを保有することが、最も低いリスクで高いリターンをあげる効率的な投資戦略であるという結論に至る。この考えが、現在のインデックス運用の前提理論である。

第2節 インデックス運用

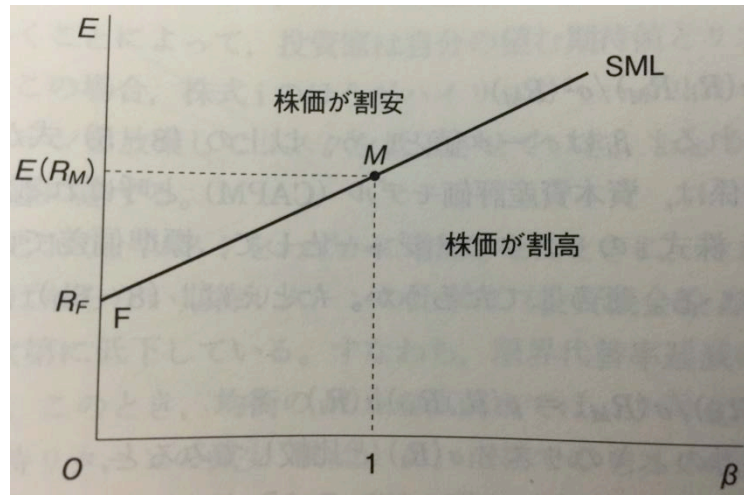
インデックス運用は、1970年代米国ウェルズ・ファーゴ社がCAPMの思想に基づき開発したインデックス・ファンドから始まった。

CAPMによれば、個々の証券バスケットの期待リターンと共分散構造を把握するまでもなく、S&P500やTOPIXといった株価指数を生成しそれに投資すれば良いことになる。その際に負担すべきは市場関連リスク、すなわちベータのみである。これがインデックス運用の支持される理由である。

しかし、実際の市場はCAPMで仮定するような効率的な状態ではなく、仮に均衡に達したとしても投資家の市場に対するバイアスによってすぐに均衡から乖離してしまう。それが銘柄選別の動機となり、時価総額加重インデックスをベンチマークとしてそれに追従したリターンをあげることが目的のパッシブ運用、アウトパフォームすることが目的のアクティブ運用という投資戦略のパターンが誕生する。

以下の図2は、CAPMにおける価格均衡時において、期待収益率とベータリスクとの間に線形関係が成立することを示した図である。これを証券市場線(SML)と呼び、これに対する垂直方向の乖離が(4)式で表される、ジェンセンのアルファである。(Michel Jensen(1968))

【図2】



(引用元：大村(2010)、「ファイナンス論」、p160、図表 8-4)

$$\alpha = E[R_P] - (R_F + \beta_P(E[R_M] - R_F)) \quad (4)$$

上式での α は付加価値（ジェンセンのアルファ）、 R_P はあるポートフォリオのリターン、 R_F は無リスク利子率、 β_P はあるポートフォリオの市場に対する感応度、 R_M は市場ポートフォリオのリターンを示す。

市場が効率的であれば時間の経過と共に株価が適正価格に収斂するため、ジェンセンのアルファがプラスに乖離すれば株価が割安で買い、マイナスであれば割高で売りのシグナルとなる。このジェンセンのアルファやベータによってポートフォリオの運用成果を測ることができる。このように、CAPMの誕生によって、インデックス運用やファンド評価のツールが作られた。

【第3章】インデックスの特徴

実際の市場が、CAPMで仮定される効率的な市場とはかけ離れているにもかかわらず、CAPMに基づくインデックス運用が現在も重宝されているのには理由がある。そこで本章では、まずインデックス運用の長所を述べる。次にファンダメンタル・インデックスの長所を述べ、ファンダメンタル・インデックスが、時価総額加重インデックスの長所の多くを踏襲していることを述べる。

第1節 時価総額加重インデックスの長所

時価総額加重インデックスの長所4点を以下に述べる。

(1) 売買代金が少なく、低い取引コストと運用報酬を可能にする。

…時価総額加重によるパッシブ運用戦略においては、自社株買いや増資などの影響を除くと、「銘柄再構成コスト」のみが唯一必要なリバランス・コストである。

(2) 市場に幅広く投資ができる。

…時価総額加重インデックスは、市場での時価ウェイトにリンクして幅広い銘柄を組み込んでいる。

(3) 売買コストを下げる効果がある。

…時価総額は売買流動性と高い正の相関関係にあるため。

(4) 巨額な運用資金のパッシブ運用戦略を可能にする。

…時価総額は投資可能金額とも高い正の相関関係にあるため。

時価総額加重インデックスは、時価総額の大きい銘柄から順に組み入れるため、1つの機関投資家だけである銘柄の全市場流通量を買いきり・売りにくくすることは限りなく不可能である。よって、極端に言えば、買うべき銘柄があれば資金の限度までいくらかでも購入することが可能であるとも言える。

第2節 ファンダメンタル・インデックスの長所

ファンダメンタル・インデックスの長所3点を以下に述べる。

(1) 高い流動性、大きな投資可能金額。

…企業規模の尺度は時価総額や売買流動性と高い正の相関関係にある。よってファンダメンタル・インデックスの構成銘柄も時価総額の大きな銘柄にウェイトが集中している。ボラティリティも時価総額加重と同水準である。

(2) 時価総額加重と同様の市場エクスポージャーを持つことが可能。

…各ファンダメンタル・インデックスの時価総額加重インデックスに対する平均CAPMベータ、相関関係は、それぞれ0.95、0.96となっている。

(3) 時価総額加重と比較してほぼ同様の売買コストを実現。

…時価総額が大きく流動性の高い銘柄にウェイトが集中しており、リバランス時の回転率が比較的強く抑えられる。

以上の点から、時価総額加重インデックスの生成は低コストで市場全体に幅広

く投資ができるため、機関投資家などに向けた投資商品としての魅力度が高い。そしてファンダメンタル・インデックスは、構成銘柄の内容やコストの面で時価総額加重インデックスと類似している。つまり、時価総額加重インデックスと同様に比較的低いコストで同様の市場エクスポージャーを得られるインデックスであることが分かる。

【第4章】生成方法

この章では、具体的な各インデックスの合成方法を示す。

第1節 ファンダメンタル・合成インデックスの生成方法

ファンダメンタル・インデックスとは、企業の経済規模に関する各ファンダメンタル尺度でランク付けを行い、上位1000銘柄で構成されるポートフォリオである。ファンダメンタル尺度は、「株主資本」、「過去5年平均のキャッシュフロー」、「過去5年平均の総収益」、「過去5年平均の総売上高」、「過去5年平均の総配当」、「従業員数」の6つであり、投資比率は各銘柄間の相対ウェイトに連動する。

また、合成インデックス（以下「合成」とする）とは、上記の各ファンダメンタル尺度のうち4つ、「株主資本」、「キャッシュフロー」「総売上高」、「総配当」を合成して生成したものである。合成の際に2尺度を除いた理由は、過去に遡ってデータが収集でき、且つデータとして意味が類似するものを除くためである。また、過去5年平均のデータを使用するのは、データの一時的な変動を修正するためである。過去5年の平均値を用いた場合、リバランスに伴うインデックスの回転率は低下したが、他のデータには重要な差異は現れなかった。以下の表1に、合成の算出方法を具体的に示す。

【表1】上位5社、総額100万円で構成された2指標合成インデックス

	投資比率				計算式 (投資比率a+投資比率b)+指標数	投資比率 (合成インデックス)	投資金額	順位
	a)売上高	順位	b)株主資本	順位				
トヨタ	27%	1	30%	1	$(27\%+30\%)/2$	28.5%	28.5万円	1
三菱UFJ	25%	2	16%	3	$(25\%+16\%)/2$	20.5%	20.5万円	3
ホンダ	24%	3	26%	2	$(24\%+26\%)/2$	25%	25万円	2
三井住友	18%	4	13%	5	$(18\%+13\%)/2$	15.5%	15.5万円	4
日産	6%	5	15%	4	$(6\%+15\%)/2$	10.5%	10.5万円	5
合計	100%		100%			100%	100万円	

表 1 の計算式の通り、合成の投資比率は、各ファンダメンタル・インデックスの加重平均となっている。

第 2 節 参照インデックスの生成方法

参照インデックス（以下「参照」とする）とは、43 年間に及ぶパフォーマンスの比較をする際のベンチマークとなるインデックスである。時価総額ランキングの上位 1000 社で構成されており、投資比率は各銘柄の時価総額に連動して決定される。このインデックスを構成することにより、浮動株、市場インパクト、主観的な銘柄選択、その他複雑な影響を排除して、時価総額加重インデックスとファンダメンタル・インデックスを比較できるようにした。

【第 5 章】 4 3 年間のテスト結果

この章では、参照とファンダメンタル・インデックスとのパフォーマンスの比較検証結果を示し、ファンダメンタル・インデックスのパフォーマンスの頑健性を説明する。

まず、インデックスを構成する際の取引条件だが、データのサンプル期間は Compustat のデータが利用可能な範囲で極力長い範囲を用いた（具体的には 1962 から 2004 年が最長である）。財務データは Compustat のデータベースを用い、株価情報は CRSP データベースと CRSP/Compustat の統合リストを使って Compustat の対応する情報と関連づけを行った。ポートフォリオは 1 年間保

有され、毎年1月1日に、前年の最終取引日の終値に基づいたリバランスが行われる。また、インデックスの構築にかかる取引コストを片道あたり1%とした。以降は、図・表の検証項目を一つずつ説明し、それぞれの図・表から分かることをまとめる。

第1節 相対パフォーマンスとリターン特性

以下の表2は、1962年から2004年までの43年間におけるファンダメンタル・インデックスと参照、S&P500のリターン特性を示したものである。

【表2】代替インデックス尺度のリターン特性（1962年～2004年）

	1ドルの 最終価値 (\$)	幾何平均 リターン (%)	変動 (%)	シャープ・ レシオ	参照に対 する超過 リターン (%)	参照に対 するトラ ッキング・エ ラー(%)	情報比	超過リター ンのt値
S&P500	73.98	10.53	15.1	0.315	0.18	1.52	0.12	0.76
参照	68.95	10.35	15.2	0.301	-	-	-	-
株主資本	136.22	12.11	14.9	0.426	1.76	3.54	0.50	3.22
キャッシュフロー	165.21	12.61	14.9	0.459	2.26	3.94	0.57	3.72
収益	182.05	12.87	15.9	0.448	2.52	5.03	0.50	3.25
売上	184.95	12.91	15.8	0.452	2.56	4.93	0.52	3.36
配当	131.37	12.01	13.6	0.458	1.66	5.33	0.31	2.02
従業員数	156.83	12.48	15.9	0.423	2.13	4.64	0.46	2.98
合成	156.54	12.47	14.7	0.455	2.12	4.21	0.50	3.26
平均(合成を除く)	159.44	12.50	15.2	0.444	2.15	4.57	0.47	3.09

(引用元：Robert D.Arnott(2005)、「ファンダメンタル・インデックス」、表1)

(1) 1ドルの最終価値

1ドルの最終価値とは、各ポートフォリオに1ドル投資していた場合の、検証期間最終時点の1ドルの価値のことである。表2を見ると、合成だけでなく全てのファンダメンタル・インデックスが参照の最終価値の2倍以上に成長していることが分かる。

(2) 幾何平均リターン

幾何平均リターンとは、毎年の収益率を掛け合わせ、複利ベースで年率を計算することで求める収益率のことである。以下の式で表わされる。

$$1 + r = \sqrt[n]{(1 + r_1) + (1 + r_2) + \dots + (1 + r_n)} \quad (5)$$

上式での r_n は、 n 年目の収益率である。

なお、算術平均との違いは、以下の具体例の通りである。

(例) X0 年末に 10,000 円であった株式の 4 年間の株価と収益率は、以下の通りである。この株式の算術平均リターンと幾何平均リターンを求める。ただしこの株式は無配当とする。

これを以下のように計算すると、算術平均では 0%、幾何平均では-1.264%が答えとなる。注目すべき点は、X0 年に 10,000 円で始まり X4 年には 9.504 円になっている株式の収益率が、算術平均では 0%となっている点である。一方、幾何平均の答えから、10,000 円を-1,264%の連続複利で計算した場合、X4 年は表の通り 9.504 円となる。

	X0年	X1年	X2年	X3年	X4年
株価(円)	10,000	12,000	10,800	11,880	9.504
収益率(%)	NA	+20	-10	+10	-20

算術平均 : $(20-10+10-20)=0\%$

$$\begin{aligned} \text{幾何平均} : 1 + r &= \sqrt[4]{(1 + 0.2) + (1 - 0.1) + (1 + 0.1) + (1 - 0.2)} \\ &= \sqrt[4]{1.2 \times 0.9 \times 1.1 \times 0.8} \\ &= \sqrt[4]{0.9504} \cong 0.98736 \\ r &= -1.264\% \end{aligned}$$

これが算術平均と幾何平均の違いである。

よって、各インデックスのリターン特性を検証する際も、当該リターンは連続複利で運用されているため、幾何平均で算出される。

表 2 をみると、平均には劣るものの、合成は参照を 2.12%もアウトパフォーマンスしている。ただし、最も高いのは売上高である。

(3) 変動

変動とは、標準偏差のことであり、リターンのバラつき、すなわちポートフォリオのリスクの大きさを表している。標本標準偏差の式は以下のとおりである。

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{(x_1 - \mu)^2 + (x_2 - \mu)^2 + \dots + (x_N - \mu)^2}{N-1}} \quad (6)$$

上式での σ_X は、株式 X の標本標準偏差、 x_N は N 時点の X のリターン、 μ は X のリターンの標本平均である。

表 2 をみると、全インデックス間での差は小さく、合成は平均よりも低い値で参照ともほぼ変わらないことが分かる。

(4) シャープ・レシオ

リスクの市場価値のこと。ある証券（もしくはポートフォリオなど）の期待リターンが μ 、標準偏差が σ 、リスクプレミアムが、 $\mu - r_F$ で表された以下の式を、ある証券のシャープ・レシオという。

$$\frac{\mu - r_F}{\sigma} \quad (7)$$

なお、マーケットポートフォリオのリスクプレミアムの場合は、資本市場線の傾きとなり、以下の式で表される。

$$\frac{E[R_M] - r_F}{\sigma_M} \quad (8)$$

CAPM の定理では、市場の均衡状態で成立する最も効率的なポートフォリオが市場ポートフォリオである。よって、CAPM が成立していれば、資本市場線の傾き以上のシャープ・レシオの数値は出ないということが重要な点である。

表 2 をみると、最も小さいのが参照で、次に S&P500 となっている。合成は最も高いわけではないが、参照よりも上で平均も上回っている。この時点で、時価総額加重インデックスが市場ポートフォリオの真の代理にはなれていないことは明らかである。

(5) 参照に対する超過リターン

参照に対して超過したリターンの値である。例えば合成の場合は、 $12.47\% - 10.35\% = 2.12\%$ といった具合に、引き算で求められる。表 2 をみると、参照と同じ時価総額加重インデックスである S&P500 は全ての中で最も小さい

値となっており、一方、ファンダメンタル・インデックスの超過リターンは多くが2%以上となっている。

(6) 参照に対するトラッキング・エラー

トラッキング・エラーとは、アクティブリターンの標準偏差のことであり、以下の(10)式が定義式である。また、アクティブリターンとは、(9)式で示す、ベンチマークに対する超過リターンのことである。ここでは、「参照に対する超過リターン」のことを指す。

$$R_A = R_P - R_I \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{Var}(R_A) &= \text{Var}(R_P - R_I) \quad (10) \\ &= \text{Var}(R_P) - 2\text{Cov}(R_P, R_I) + \text{Var}(R_I) = TE^2 \quad (11) \end{aligned}$$

上式での R_A がアクティブリターン、 R_I がポートフォリオIのリターン、 R_P がベンチマークPのリターンである。

なお、(11)式の式展開は、以下の分散の性質(12)式によって導かれる。

$$\text{Var}[aX + bY] = a^2\text{Var}[X] + b^2\text{Var}[Y] + 2ab\text{COV}[X, Y] \quad (12)$$

表2では、S&P500が最も超過リターンのばらつきが少ないことがわかる。一方、ファンダメンタル・インデックスの中では、合成の超過リターンが他のインデックスと比較して小さいばらつきに抑えられているのがわかる。

(7) 情報比 (インフォメーション・レシオ)

情報比とは、アクティブリターンの1標準偏差当たりのアクティブリターンの期待値のことであり、以下の式で表される。

$$\frac{E[R_I - R_P]}{\sigma_A} = \frac{E[R_A]}{\sigma_A} \quad (13)$$

つまり、アクティブリスク1単位当たりのアクティブリターンの期待値（超過リターン「 $\mu - r_F$ 」）を示している。よって、情報比はより高い方が良い。表2ではS&P500が最も低く、合成は平均よりも高い結果となった。

(8) 超過リターンのt値

t 値とは、仮説検定で用いられる値である。ある確率変数が標準化された t 分布上のどの位置にあるのかを表す。以下の式が、t 値の定義である。

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{s/\sqrt{n}} \quad (14)$$

上式での \bar{X} はサンプルの標本平均、 μ は母集団の平均、 s はサンプルの標準偏差、 n はサンプル数である。

また、仮説検定とは、ある数値が偶然の産物かどうかの仮説を立てて統計的に有意な情報であるかを明らかにすることであり、以下の手順で行われる。

【仮説検定の流れ】

- (1) 帰無仮説を設定する。
- (2) 対立仮説を設定する。
- (3) t 値を計算し、検定する。
- (4) 検定の結果 t 値が棄却域に入っていない場合は帰無仮説が、入っている場合は対立仮説が採択される。

棄却域とは、t 分布表上の帰無仮説を棄却する領域のことである。t 値がこの領域に入ると帰無仮説は棄却され、入っていなければ採択される。また、有意水準とは、判断の基準となる「起こり得なさの確率の大きさ」のことである。一般的にファイナンスでは 5% が用いられることが多い。以下の図 3 に、有意水準と棄却域のイメージを示した。

以下は仮説検定の計算例である。

(例) 過去 5 年間のある株式のアクティブリターンの標本平均が 3%、標準偏差 (s) が 2% のとき、「ある株式のアクティブリターンの母平均は 0 である」という帰無仮説を 5% 有意水準で仮説検定する。なお、この際の対立仮説は「アクティブリターンの母平均は 0 ではない」となる。

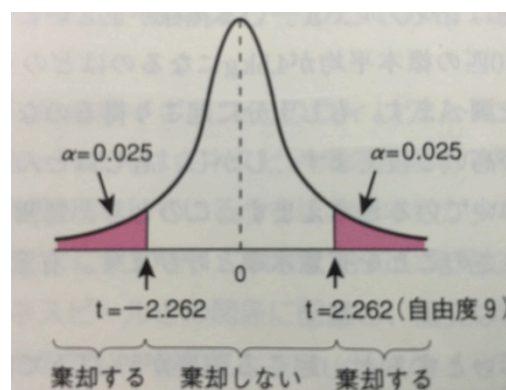
以下を(14)式に代入すると、t 値は 3.354 となる。

$$t = \frac{3-0}{2/\sqrt{5}} = 3.354 \quad (15)$$

t 分布表の自由度 4 ($n - 1$)、有意水準 (α) 0.025 (両側検定) のセルをみると、 $t = 2.776$ となっている。つまり、 ± 2.776 より絶対値の大きい値が棄却域となる。(15)式で導かれた t 値は 3.354 であるため、「アクティブリターンの母平均は 0 である」とする帰無仮説が棄却され、「アクティブリターンの母平均は 0 ではない」という対立仮説が採択される。

よって、この計算例では、「ある株式のアクティブリターンの母平均は 0 である」ことが統計的に有意ではないと言える。

【図 3】



(引用元：金子・佐井(2014)、「証券アナリストのための数学再入門」、p182,179)

表 2 では、各インデックスの参照に対する超過リターンが高い頻度で起こりうる事象であるか、それとも偶然の産物かどうかを確かめることで、超過リターンの結果がどの程度頑強であるかを確かめている。「超過リターン母平均は 0 である」という帰無仮説に対して、5%の有意水準 (t 値=2.776) で検定したところ、S&P500 は 0.76 であり、合成は 3.09 であった。

これにより、まず S&P500 の超過リターンが統計的に有意ではないことが言える。よってリスクもリスクあたりの超過リターンも小さいが、その超過リターンが 0 である可能性も高いことが分かる。一方合成は、 t 値の絶対値が大きく、 t 分布の棄却域の中でも比較的外側に位置していることから、「超過リターン 3.26 が実際は 0 である」という可能性は非常に低い、ということが分かる。

【代替インデックス尺度のリターン特性のまとめ】

シャープ・レシオの値から、参照と S&P500 は市場ポートフォリオの代替ポー

トフォリオとなれていないことが分かる。よって、平均・分散アプローチの面
 で見て、ファンダメンタル・インデックスの方が参照と S&P500 より優れてい
 る。また、超過リターンの性質は、ファンダメンタル・インデックスの方がハ
 イリスク・ハイリターンであり、アクティブ寄りであるとも言える。この結果
 は統計的にみて有意であった。一方、S&P500 は超過リターンが低く、リスク
 も低いが、この結果は統計的に有意とは言えず、超過リターンが望めない可能
 性もある。

第2節 相対パフォーマンスと CAPM 特性

以下の表3は、1962年から2004年までの43年間におけるファンダメンタル・
 インデックスと参照、S&P500のCAPM特性を示したものである。

【表3】代替インデックス尺度のCAPM特性（1962年～2004年）

	1ドルの 最終価 値(\$)	幾何平均 リターン (%)	参照に 対する 相関 (%)	参照に 対する CAPM ベータ	参照に対する 超過リターン (%)	参照に対する CAPMアルファ (%)	アルファの 情報比	CAPM アルファ のt値
S&P500	73.98	10.53	100	0.99	0.18	0.23	0.16	1.00
参照	68.95	10.35	-	-	-	-	-	-
株主資本	136.22	12.11	97	0.95	1.76	1.98	0.57	3.71
キャッシュフロー	165.21	12.61	97	0.95	2.26	2.51	0.65	4.21
収益	182.05	12.87	95	0.99	2.52	2.57	0.51	3.32
売上	184.95	12.91	95	0.99	2.56	2.63	0.53	3.46
配当	131.37	12.01	94	0.84	1.66	2.39	0.49	3.17
従業員数	156.83	12.48	96	1.00	2.13	2.15	0.46	3.00
合成	156.54	12.47	96	0.93	2.12	2.44	0.60	3.87
平均(合成を除く)	159.44	12.50	96	0.95	2.15	2.37	0.53	3.41

(引用元：Robert D.Arnott(2005)、「ファンダメンタル・インデックス」、表2)

(1) 参照に対する相関

相関係数とは、 $-1 \leq \rho \leq 1$ の間で2変数の変動性を表す係数であり、ここでは、
 参照に対する各インデックスのリターンの連動性を見ている。以下が定義式で
 ある。

$$\rho_{XY} = \frac{Cov[X,Y]}{\sqrt{Var[X]}\sqrt{Var[Y]}} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X\sigma_Y} \quad (16)$$

表3をみると、S&P500が100%の正の相関関係を示している。しかしその他のインデックスも高い正の相関を示しており、中でも合成は96%と比較的高い相関が見られる。よって、ファンダメンタル・インデックスを持った場合にも、時価総額加重インデックスと同様の市場エクスポージャーを受けることが可能であると分かる。

(2) 参照に対するCAPM ベータ

(2)式で示した、個別証券のベータの定義式に参照と合成インデックスのデータを代入したものである。市場ポートフォリオは参照ポートフォリオに、個別証券は合成の値に置き換えてある。これにより、各インデックスの参照に対する感応度を比較する。具体的に、 $R_{\text{参}}$ が参照のリターン、 $R_{\text{合}}$ が合成のリターンであるとき、合成のベータは以下のように計算できる。

$$\beta_{\text{合}} = \frac{\text{Cov}(R_{\text{合}}, R_{\text{参}})}{\text{Var}(R_{\text{参}})} = \frac{214.5024}{231.04} = 0.92842 \approx 0.93 \quad (17)$$

よって、合成は参照とほぼ同様の市場感応度がある。

(3) 参照に対するCAPM アルファ

CAPM アルファとは(4)式で示したジェンセンのアルファのことである。ここでは、参照に対する合成の付加価値のことを示す。表3をみると、S&P500のアルファが最も低く、ほぼ0であるが、他のファンダメンタル・インデックスのアルファは高い正の値で、合成も平均を上回った。

(4) アルファの情報比

情報比とは、付加価値の期待値を付加価値の標準偏差（トラッキング・エラー）で割ったものである。ここでは、参照に対するアクティブリスク1単位あたりのアクティブリターンの大きさを示している。表3によると、S&P500の情報比が最も低く0.16%であり、合成の情報比は0.60%と非常に高くなっている。よって、参照と同様の市場エクスポージャーを得ながら、非常に効率的なリターンをあげていることがわかる。

(5) CAPM アルファのt値

CAPM アルファを「 $\alpha = 0$ である」という帰無仮説を5%有意水準で検定した結

果である。この場合、 ± 1.960 より絶対値が大きい値が棄却域にあたる。表3によると、S&P500のt値が最も低く1.00となっており、棄却されないので「 $\alpha=0$ である」の帰無仮説が採択される。一方、合成のt値は3.87と非常に高くなっている。そこで「 $\alpha=0$ であるとは言えない」という対立仮説が採択される。よって、参照のアルファは統計的に有意ではなく、合成のアルファは有意であることがわかる。

【代替インデックス尺度のCAPM特性のまとめ】

参照とほぼ同水準であるがやや低い市場リスクを取り、ほぼ同様の市場インパクトを受けるが、合成は参照に対して2.44%もの α を獲得する。また、特に α を追求していない状況で合成の α の情報比は0.60と高く、統計的にも非常に高い有意であった。一方S&P500の α は統計的に有意ではなかった。

第3節 ポートフォリオの流動性特性

以下の表4は、1962年から2004年までの43年間におけるファンダメンタル・インデックスと参照の流動性特性を示したものである。流動性とは、金融市場における取引数・取引量の多さを表す。「流動性がある」とは、その資産の取引相手となる買い手・売り手が十分存在し、迅速かつ大量に且つ資産価格にあまり影響を与えることなく売買できる状況のことである。

【表4】代替インデックス尺度の流動性特性（1962年～2004年）

	1ドルの最終価値(\$)	時価総額比率	集中比率(%)	加重ドル取引量(百万ドル)*	加重取引日数*	回転率(%)	取引コスト1%当たり超過リターン(%)	超過リターン帳消取引コスト(%)
参照	68.95	1.00	55.06	191	0.9	6.3	-	-
株主資本	136.22	0.64	51.46	134	1.5	13.20	1.62	12.37
キャッシュフロー	165.21	0.65	57.06	126	1.3	12.14	2.14	19.34
収益	182.05	0.55	54.66	105	2.0	14.15	2.36	16.05
売上	184.95	0.54	52.48	99	1.7	13.41	2.42	17.99
配当	131.37	0.71	61.99	110	1.6	11.10	1.56	17.27
従業員数	156.83	0.38	42.76	70	9.3	14.56	1.96	12.89
合成	156.54	0.66	51.76	102	1.5	10.55	2.30	24.93
平均(合成を除く)	159.44	0.58	53.4	107	2.9	13.09	2.01	16.04

*1962年～2003年の情報に基づく。

(引用元：Robert D.Arnott(2005)、「ファンダメンタル・インデックス」、表3)

(1) 時価総額比率

各インデックスのファンダメンタルで加重した平均時価総額を、参照の時価総額加重の平均時価総額で割った値である。これによって合成の相対的な投資可能金額を測定する。以下に具体例を示す。

(例)ある3銘柄ずつで構成した2つのインデックスの投資可能金額を比較する。その結果、平均時価総額はそれぞれ参照で100万円、合成で66万円となった。

参照			合成		
	投資比率	時価総額		投資比率	時価総額
A社	50%	150万円	D社	50%	100万円
B社	33%	100万円	E社	33%	66万円
C社	17%	50万円	F社	17%	34万円
合計	100%	300万円	合計	100%	200万円
平均時価総額		100万円	平均時価総額		66万円

参照は時価総額に連動して投資比率も決定されるが、合成はファンダメンタルで加重した銘柄の平均時価総額を計算する。すると上記の図のような計算結果になる。仕組みとしては、参照が市場の時価に連動して投資比率が決定される分、合成よりも割高な銘柄を多く組み入れ易い傾向にあることが挙げられる。よって、仮に同額の資金でこれら2つのポートフォリオを構成する場合、割高株をより多く購入する参照よりも比較的割安株を組み入れ易い合成の方が、より多くの株式を購入できることになる。表4をみると、合成の構成に必要な平均時価総額は参照の2/3であるので、より小さい金額でポートフォリオに投資することが可能であることが分かる。

(2) 集中比率

ポートフォリオの大型株に対する集中度合いを示す。各インデックスのウェート上位100銘柄の時価総額合計を、当該インデックスの時価総額合計で割って求めた比率である。表4をみると、合成は参照とほぼ同水準であるため、時価総額と正の相関関係にある流動性に関するメリットを、参照と同じように受けることが出来るということが分かる。

(3) 加重ドル取引量

毎年1月1日に行うリバランスに伴う売買代金の加重平均値のことである。イ

ンデックスの流動性を表す。表4をみると、合成は、参照のおよそ半分以上の流動性があることが分かる。そもそも米国株式市場において1兆ドル以上の金額が時価総額加重方式の何らかのインデックスでパッシブ運用されていることを考慮すれば、この流動性は重大な制約とはならないと言える。

(4) 加重取引日数

10億ドルのポートフォリオを売買するために必要な平均取引日数のこと。取引がより早く成立する方が望ましい。表4をみると、流動性の高い銘柄を多く組み入れている参照が最も低いが、合成も平均を下回っていることが分かる。

(5) 回転率

一定期間における、総株式に対する株式の出来高比率（片道の売買成立代金）のこと。ここでは、一年間の総株式に対する再構成・リバランスによって調整された株式の出来高のことである。以下に具体例を示す。

(例) 一年間のリバランスによる株式の売買が630万ドル、一年間のポートフォリオ全体の出来高（約定価格×株数）は10,000万ドル。この時の年間回転率は、 $630/10,000$ 万ドルで、0.063（6.30%）となる。

なお、参照と合成との違いについてポイントとなるのは、リバランスの発生の仕組みである。参照は時価総額に連動して購入するので、基本はそのままリバランスが必要ないが、企業買収・合併で対象の銘柄が消えたりインデックス構成銘柄の基準に適合しなくなったりした銘柄は、インデックス銘柄の組み入れから外すことになる。こうした際にリバランスが必要となるので、回転率は低く抑えられている。一方合成は上記の要素に加えて、①当初に設定する投資比率からの乖離、②各銘柄の株価が変動することによる投資比率の乖離、の2点によって、参照よりも多くリバランスを行う必要が生じる。よって、片道1%の取引コストを前提にした場合、合成の回転率は参照よりも高くなる傾向にある。表4をみると、参照は6.3%と圧倒的に低い値となっているが、合成の10.55%も平均に比べて比較的強く抑えられている。これがどの程度低いかというと、例えば、モーニングスターによると、平均的なアクティブ運用の大型株ブレンド型投資信託の1996年から2006年までの年間回転率は64%から111%に及ぶ（Robert D. Arnott, Jason Hus, Philip Moore (2009)「ファンダメンタル・インデックス」、p141より）。

(6) 取引コスト1%あたり超過リターン

取引コスト1%に対して、参照を上回るリターンがどの程度であるかを示す。各

ファンダメンタル・インデックスの超過リターン平均値は、取引コストが1%であれば2.15%であるが、取引コストが2%になると2.01%に減少する。表4をみると、同じ取引コストでも、合成は平均を上回る2.30%という超過リターンを出している。

(7) 超過リターン帳消取引コスト

各インデックスの超過リターンを帳消しにする取引コストがいくらかを示す。表4をみると、各取引について平均16%以上の片道取引コストが必要である。また、回転率がより低い合成の α （付加価値）を相殺するには、片道24.9%の取引コストが必要である。合成の回転率は参照や各ファンダメンタル・インデックスと比較して低く抑えられているため、取引コストによる超過リターン押し下げ効果はそれほど問題ではないと言える。

【代替インデックス尺度の流動性特性のまとめ】

合成は参照よりも三分の二の金額で割安に投資することができる。また、流動性は参照の半分程度と劣るが、回転率が10.55と比較的低く抑えられている。よって、合成は参照よりも銘柄選定や投資比率の決定に手間がかかり、平均的な流動性も低いためリバランス・コストが多く発生するポートフォリオであるが、超過リターンが著しく低下するようなことはなく、リバランス・コストはそれほど大きな問題ではないと言える。

第4節 リターンの外れ値

以下の表5は、1962年から2004年までの43年間におけるファンダメンタル・インデックスと参照、S&P500のリスク特性を示したものである。なお、尖度と歪度の定義については補論1を参照されたい。

【表5】代替インデックス尺度のリスク（1962年～2004年）

	歪度	尖度	最良月次 リターン (%)	最悪月次 リターン (%)	最良3ヶ月 リターン (%)	最悪3ヶ月 リターン (%)	最良連続 12ヶ月リ ターン (%)	最悪連続 12ヶ月リ ターン (%)
S&P500	-0.32	1.79	17.0	-21.7	27.1	-29.7	61.6	-39.0
参照	-0.36	1.69	17.5	-21.3	27.0	-28.8	62.4	-41.0
株主資本	-0.3	1.94	17.9	-21.3	27.2	-28.3	62.8	-32.9
キャッシュフロー	-0.3	2.01	18.4	-21.0	28.0	-28.7	64.6	-34.3
収益	-0.33	2.36	21.3	-23.3	33.1	-30.7	72.9	-33.9
売上	-0.33	2.38	21.2	-23.3	33.1	-30.7	72.8	-33.9
配当	-0.23	2.00	17.8	-19.1	25.8	-26.3	58.8	-32.7
従業員数	-0.36	2.45	21.3	-23.5	32.2	-29.4	69.7	-36.8
合成	-0.29	2.11	18.9	-21.2	27.8	-28.5	64.4	-33.4
平均(合成を除く)	-0.31	2.19	19.7	-21.9	29.9	-29.0	66.9	-34.1

(引用元：Robert D.Arnott(2005)、「ファンダメンタル・インデックス」、表 4)

(1) 歪度

分布の歪み度合いを表す統計量。正規分布に対して非対称であることを示す。歪度が 0 よりも大きい、もしくは小さい場合、それだけ平均から正の値、もしくは負の値に大きく外れた値が発生していることを表す。よって、尖度はなるべく負ではない方が望ましい。詳しくは補論 1 を参照。表 5 をみると、歪度はすべて負であり、全インデックスが平均からマイナスに外れた（左に裾が伸びている）分布になっていることが分かる。しかし、中でも合成の数値が-0.29 と参照の-0.36 よりもわずかに小さくなっている。

(2) 尖度

正規分布に対して分布のピークが鋭いか、裾が重いかの度合いを示す。よって、リスク回避的な投資家にとっては、マイナスに大きく外れた値が発生する可能性が正規分布よりも高くなる「尖度が正」の分布は好ましくない。詳しくは補論 1 を参照。表 5 をみると、ここでは参照が最も低く 1.69、一方合成が 2.11 とやや高い値となっている。つまり参照と比較して合成の方が、外れ値がやや多い結果となった。

(3) 最良月次・3ヶ月・12ヶ月連続リターン

設定期間内での最良月次リターンのこと。期間ごとの正の外れ値を示す。

(4) 最悪月次・3ヶ月・12ヶ月連続リターン

設定期間内での最悪月次リターンのこと。期間ごとの負の外れ値を示す。

最悪のリターンでは合成がより良く、最良のリターンでも合成がより良いパフ

パフォーマンスであった。

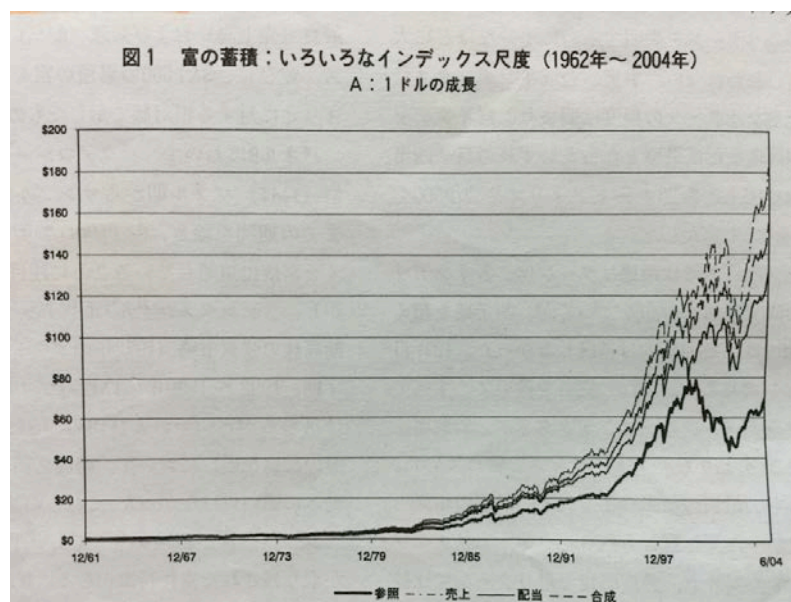
【代替インデックス尺度のリスクのまとめ】

歪度においては、全インデックスが平均からマイナスに外れたリターンが多い分布となっているが、合成のマイナスへの歪みは参照に対してわずかに少ない。また、尖度においては、ファンダメンタル・インデックスの方がやや外れ値の多い分布であった。よってテール・リスクの高さはファンダメンタル・インデックスの方があると言える。しかし、期間ごとに最大の外れ値を参照と合成で比較した結果、合成が最良・最悪リターンでいずれも参照をアウトパフォーマンスしており、最良・最悪の外れ値は参照の方が多い。

第5節 市場環境

ここでは、様々な市場環境において、ファンダメンタル・インデックスのパフォーマンスがどのような影響を受けるかを見ていく。そしてファンダメンタル・インデックスのパフォーマンスの頑健性について検証する。

【図4】

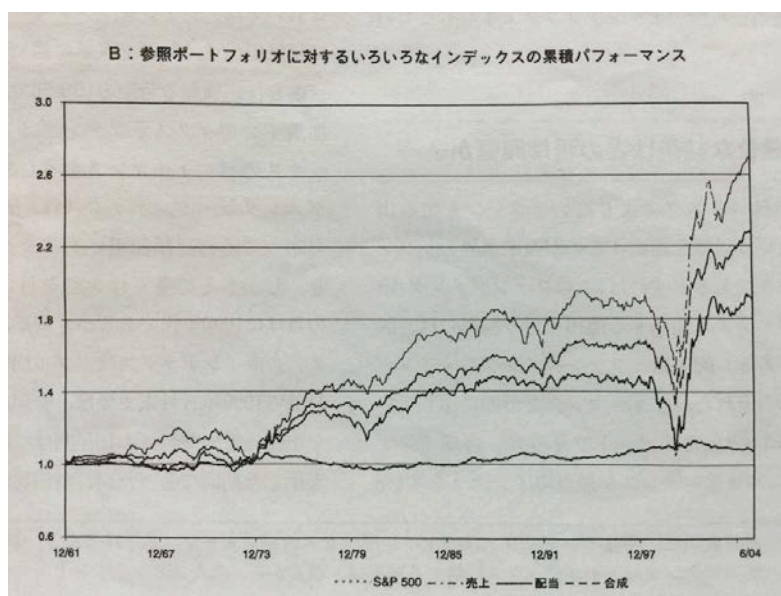


(引用元：Robert D. Arnott (2005)、「ファンダメンタル・インデックス」、図1)

図4は、参照、合成、パフォーマンスが最良のインデックス（売上高）、パフォ

パフォーマンスが最悪のインデックス（配当）にそれぞれ1ドル投資した場合の富の累積的な成長を示している。ファンダメンタル・インデックスの富が参照と比較して圧倒的に成長していることが分かる。

【図5】



(引用元：Robert D. Arnott(2005)、「ファンダメンタル・インデックス」、図1)

図5は、参照に対する、合成、売上高、配当、S&P500の富の累積を相対的に示したものである。S&P500が参照を密接に追随していることが分かる。また、大型・割高株の強気市場（バブルなど）においては、一部の割高株が相場を牽引し、ファンダメンタル・インデックスのパフォーマンスが劣っている。しかし、普通の強気相場では、ファンダメンタル・インデックスは時価総額加重インデックスをアウトパフォーマンスしている。

【表6】

表5 代替インデックス尺度のリターン特性 (10年ごと)(1962年～2004年)

A：幾何平均リターン (%)					
	1/62-12/69	1/70-12/79	1/80-12/89	1/90-12/99	1/00-12/04
S&P500	6.58	5.86	17.71	18.57	-2.15
参照	6.80	5.90	17.00	17.94	-1.73
自己資本	6.94	8.72	18.29	17.09	5.84
キャッシュフロー	7.04	8.64	19.04	17.65	7.60
収益	8.26	8.67	19.32	16.99	8.38
売上	8.26	8.70	19.47	16.84	8.66
配当	6.37	8.48	19.15	15.42	7.98
従業員数	9.94	8.69	17.74	15.65	7.82
合成	7.13	8.63	19.04	16.95	7.59
平均 (合成を除く)	7.80	8.65	18.83	16.61	7.71

B：参照ポートフォリオに対する付加価値 (%ポイント)					
	1/62-12/69	1/70-12/79	1/80-12/89	1/90-12/99	1/00-12/04
S&P500	-0.22	-0.05	0.71	0.63	-0.43
参照	-	-	-	-	-
株主資本	0.13	2.81	1.29	-0.85	7.57
キャッシュフロー	0.23	2.73	2.04	-0.29	9.33
収益	1.46	2.77	2.32	-0.95	10.10
売上	1.46	2.79	2.47	-1.10	10.39
配当	-0.44	2.57	2.15	-2.52	9.71
従業員数	3.14	2.78	0.74	-2.29	9.55
合成	0.33	2.73	2.04	-1.00	9.32
平均 (合成を除く)	1.00	2.74	1.84	-1.33	9.44

C：リターンの標準偏差 (%)					
	1/62-12/69	1/70-12/79	1/80-12/89	1/90-12/99	1/00-12/04
S&P500	12.38	16.11	16.56	13.55	17.98
参照	12.61	16.62	16.40	13.46	18.07
株主資本	12.40	16.58	15.61	13.22	18.18
キャッシュフロー	12.27	16.55	15.81	13.52	17.63
収益	13.38	18.23	16.59	13.96	18.22
売上	13.38	18.21	16.60	13.64	18.15
配当	11.80	15.47	14.45	11.95	15.27
従業員数	12.88	18.63	16.50	13.75	18.56
合成	12.43	16.63	15.56	12.99	17.22
平均 (合成を除く)	12.69	17.28	15.93	13.34	17.67

D：シャープ・レシオ					
	1/62-12/69	1/70-12/79	1/80-12/89	1/90-12/99	1/00-12/04
S&P500	0.19	-0.03	0.53	1.01	-0.27
参照	0.20	-0.03	0.49	0.97	-0.24
株主資本	0.22	0.14	0.60	0.93	0.17
キャッシュフロー	0.23	0.14	0.64	0.95	0.28
収益	0.30	0.13	0.63	0.87	0.31
売上	0.30	0.13	0.64	0.88	0.33
配当	0.18	0.14	0.71	0.89	0.35
従業員数	0.44	0.12	0.53	0.79	0.28
合成	0.23	0.14	0.65	0.93	0.28
平均 (合成を除く)	0.28	0.13	0.62	0.88	0.28

(引用元：Robert D.Arnott(2005)、「ファンダメンタル・インデックス」、表5)

表6は、10年間ごとの4期間別に見た、時価総額インデックスとファンダメンタル・インデックスのリターン特性である。

リターンの標準偏差では参照やS&P500とほぼ同じかやや大きい水準である。また、ファンダメンタル・インデックスは5期間のうち、90-99年までの一期間を除く4期間において時価総額インデックスに勝っており、その多くは大差をつけている。

【表7】

表 6 NBERビジネスサイクルでの代替インデックス尺度のリターン特性 (1962年～2004年)

	景気拡大期			景気後退期		
	幾何平均 リターン (%)	変動 (%)	シャープ・ レシオ	幾何平均 リターン (%)	変動 (%)	シャープ・ レシオ
S&P500	11.75	14.13	0.45	3.15	20.34	-0.25
参照	11.66	14.13	0.44	2.46	20.90	-0.28
株主資本	13.19	13.89	0.56	5.51	20.13	-0.13
キャッシュフロー	13.60	13.94	0.59	6.55	20.03	-0.08
収益	13.82	14.74	0.57	7.03	21.75	-0.05
売上	13.84	14.67	0.58	7.24	21.62	-0.05
配当	12.70	12.75	0.57	7.74	18.36	-0.03
従業員数	13.63	14.61	0.56	5.49	22.24	-0.12
合成	13.40	13.75	0.58	6.77	19.93	-0.07
平均 (合成を除く)	13.46	14.10	0.57	6.59	20.69	-0.08

表 7 強気市場・弱気市場での代替インデックス尺度のリターン特性 (1962年～2004年)

	強気市場			弱気市場		
	幾何平均 リターン (%)	変動 (%)	シャープ・ レシオ	幾何平均 リターン (%)	変動 (%)	シャープ・ レシオ
S&P500	20.81	13.62	1.21	-24.02	16.49	-1.89
参照	20.89	13.56	1.22	-24.89	17.01	-1.89
株主資本	21.20	13.51	1.25	-19.30	16.77	-1.58
キャッシュフロー	21.63	13.64	1.27	-18.62	16.49	-1.56
収益	22.24	14.46	1.24	-19.36	17.90	-1.48
売上	22.27	14.38	1.25	-19.30	17.85	-1.48
配当	19.68	12.63	1.21	-15.27	14.84	-1.51
従業員数	21.62	14.34	1.20	-19.08	18.43	-1.42
合成	21.26	13.48	1.25	-18.09	16.37	-1.54
平均 (合成を除く)	21.44	13.83	1.23	-18.49	17.05	-1.51

(引用元：Robert D.Arnott(2005)、「ファンダメンタル・インデックス」、表 6-7)

表 7-6 は、全米経済研究所 (NBER) が定義する、景気の後退局面と拡大局面における各インデックスのパフォーマンスを示している。景気後退局面において、超過リターンは特に大きかった。景気拡大期の年平均 1.8% に対し、年平均 4.13% にも及んだ。

また、表 7-7 は、弱気市場と強気市場におけるパフォーマンスを表している。強気市場とは、前回安値から 20% の上昇、弱気市場とは、前回高値から 20% の下落の状況と定義している。ファンダメンタル・インデックスは弱気市場において年平均 6.40% アウトパフォーマンスしており、強気市場においても年平均 0.55% アウトパフォーマンスしている。バリュー・バイアスの効果を考えると、弱気市場での凌駕は驚くべきことではないが、典型的な強気市場においても時価総額インデックスのグロース・バイアスにもかかわらず優れたパフォーマンスをあげていることは注目すべきである。なお、バリュー・バイアスとは、市場の先入観によって株価が適正価格よりも割安になっている状況であり、グロース・バイアスとは、市場の先入観によって株価が適正価格よりも割高になっている状態である。

【図 7】

表 8 金利上昇期・下降期の代替インデックス尺度のリターン特性 (1962年～2004年)

	金利低下期			金利上昇期		
	幾何平均 リターン (%)	変動 (%)	シャープ・ レシオ	幾何平均 リターン (%)	変動 (%)	シャープ・ レシオ
S&P500	18.05	16.31	0.75	5.08	13.99	-0.05
参照	18.13	16.31	0.76	4.73	14.19	-0.07
株主資本	19.81	16.04	0.87	6.53	13.78	0.06
キャッシュフロー	20.94	16.04	0.94	6.61	13.80	0.06
収益	20.99	16.84	0.90	7.00	14.91	0.08
売上	21.02	16.74	0.91	7.06	14.86	0.09
配当	20.38	14.47	1.01	5.99	12.75	0.02
従業員数	20.87	17.13	0.88	6.44	14.62	0.05
合成	20.56	15.74	0.94	6.63	13.75	0.06
平均 (合成を除く)	20.67	16.21	0.92	6.60	14.12	0.06

(引用元 : Robert D.Arnott(2005)、「ファンダメンタル・インデックス」、表 8-9)

図 7 は、金利上昇局面と金利低下局面におけるパフォーマンスを示している。まず定義であるが、金利上昇局面とは、米 90 日 T ビル利回りが前回の安値から 20%以上上昇した期間を示し、金利低下局面とは、米 90 日 T ビル利回りが前回の高値から 20%以上低下した期間を示すことである。ファンダメンタル・インデックスは、参照を金利低下局面で年平均 2.54%、金利上昇局面で年平均 1.87%、アウトパフォームした。

【図 8】

表 9 主要資産クラスとインデックスの相関 (1988年～2004年)

A : インデックス・リターンとの相関

	S&P 500	ヘッジ後 EAFE(a)	ワイルドキャット REIT	リーマン・ア グレート・ US債	リーマン USTIPS (b)	メリルUSハイ イールド、 B-BB	JPモルガン・ ヘッジ無し、 US外債	JPモルガン・ エマージング 市場債	ダウ・ジョーン ズAIG、 コモディティ
S&P500	1.00	0.54	0.30	0.20	-0.22	0.49	0.54	-0.05	
参照	0.99	0.54	0.31	0.19	-0.22	0.51	0.55	-0.04	
株主資本	0.96	0.52	0.41	0.19	-0.18	0.52	-0.01	0.54	
キャッシュフロー	0.95	0.51	0.42	0.21	-0.16	0.53	-0.02	0.55	
収益	0.92	0.50	0.46	0.17	-0.15	0.56	-0.04	0.52	
売上	0.92	0.51	0.46	0.16	-0.15	0.56	-0.03	0.52	
配当	0.90	0.45	0.42	0.25	-0.13	0.48	0.03	0.50	
従業員数	0.93	0.51	0.46	0.18	-0.15	0.55	-0.02	0.55	
合成	0.94	0.50	0.43	0.20	-0.16	0.53	-0.01	0.53	
平均 (合成を除く)	0.93	0.50	0.44	0.19	-0.16	0.53	-0.02	0.53	

B : 参照ポートフォリオに対する付加価値との相関

	S&P 500	ヘッジ後 EAFE(a)	ワイルドキャット REIT	リーマン・ア グレート・ US債	リーマン USTIPS (b)	メリルUSハイ イールド、 B-BB	JPモルガン・ ヘッジ無し、 US外債	JPモルガン・ エマージング 市場債	ダウ・ジョーン ズAIG、 コモディティ
S&P500	0.12	0.01	-0.08	0.09	0.03	-0.11	0.05	-0.06	
参照	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
株主資本	-0.17	-0.12	0.32	-0.03	0.12	0.00	-0.06	-0.05	
キャッシュフロー	-0.17	-0.13	0.28	0.02	0.16	0.02	-0.06	-0.03	
収益	-0.14	-0.08	0.36	-0.05	0.15	0.12	-0.11	-0.07	
売上	-0.17	-0.08	0.37	-0.08	0.15	0.10	-0.09	-0.09	
配当	-0.44	-0.31	0.10	0.05	0.19	-0.20	0.03	-0.23	
従業員数	-0.14	-0.09	0.44	-0.04	0.17	0.13	-0.06	-0.02	
合成	-0.26	-0.18	0.26	-0.01	0.16	-0.03	-0.05	-0.12	
平均 (合成を除く)	-0.21	-0.13	0.31	-0.02	0.16	0.03	-0.06	-0.08	

(引用元 : Robert D.Arnott(2005)、「ファンダメンタル・インデックス」、表 8-9)

図 8 は、ファンダメンタル・インデックスと時価総額加重インデックスが、一連の資産クラスとの間で持つリターンの相関を比較している。これらは統計的には極めて有意であった。しかし、内容は極めて個性に乏しい。参照も合成も、

リターンの相関関係はほぼ同じである。目立った例外は各ファンダメンタル・インデックスが、ウィルシャーREIT インデックスとのより強い相関関係を持っていたことである。

【図 9】

表10 時価総額加重および合成ファンダメンタル・インデックスによる上位銘柄 (2004年12月31日)

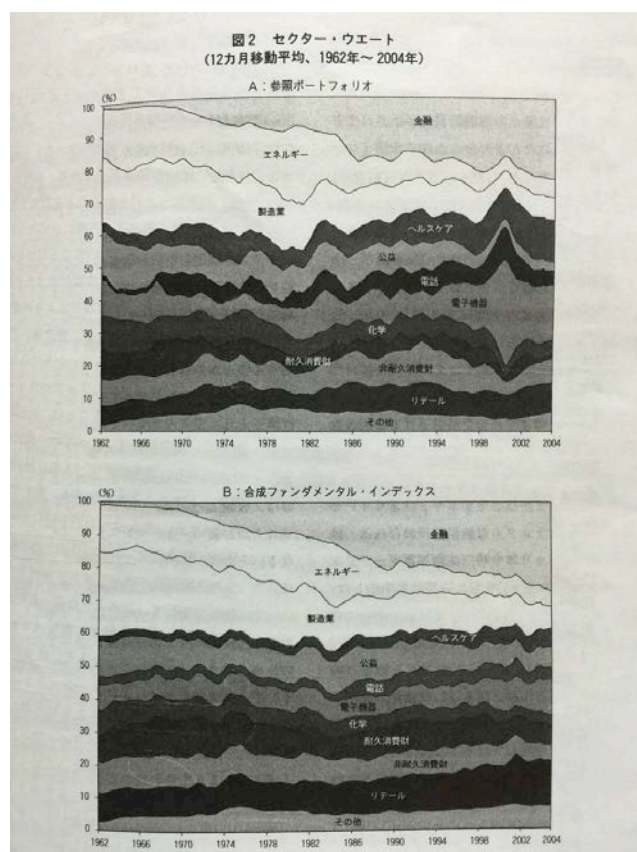
参照ポートフォリオ上位20銘柄	ウェイト (%)	合成ファンダメンタル・インデックス上位20銘柄	ウェイト (%)
GENERAL ELECTRIC CO	3.19	EXXON MOBIL CORP	2.76
EXXON MOBIL CORP	2.75	CITIGROUP INC	2.48
CITIGROUP INC	2.05	GENERAL ELECTRIC CO	2.45
MICROSOFT CORP	2.03	WAL-MART STORES	1.61
PFIZER INC	1.70	FANNIE MAE (注)	1.49
BANK OF AMERICA CORP	1.58	BANK OF AMERICA CORP	1.49
JOHNSON & JOHNSON	1.56	SBC COMMUNICATIONS INC	1.47
INTL BUSINESS MACHINES	1.37	CHEVRONTXACO CORP	1.38
AMERICAN INTL GROUP	1.24	GENERAL MOTORS CORP	1.34
INTEL CORP	1.24	AMERICAN INTERNATIONAL GROUP	1.31
PROCTER & GAMBLE CO	1.18	MICROSOFT CORP	1.31
JPMORGAN CHASE & CO	1.15	FORD MOTOR CO	1.23
WAL MART STORES INC	1.12	VERIZON COMMUNICATIONS	1.22
CISCO SYSTEMS INC	1.08	J P MORGAN CHASE & CO	1.19
ALTRIA GROUP INC	1.03	ALTRIA GROUP INC	1.14
VERIZON COMMUNICATIONS	0.93	PFIZER INC	1.00
CHEVRONTXACO CORP	0.93	MERCK & CO	0.95
DELL INC	0.88	MORGAN STANLEY	0.93
WELLS FARGO & CO	0.87	INTL BUSINESS MACHINES CORP	0.91
HOME DEPOT INC	0.79	WELLS FARGO & CO	0.85

(注) Federal National Mortgage Association

(引用元 : Robert D.Arnott(2005)、「ファンダメンタル・インデックス」、表 10)

図9は、参照と合成の上位20位の顔ぶれを比較している。注目すべきは両リストの4位にあたる企業の違いである。参照ではマイクロソフト(ウェイト2.03%)、合成ではウォルマート(ウェイト1.61%)となっている。マイクロソフトは明らかに現在から将来にかけて経済の重要な一部であり、その市場の見解と合致したウェイトが参照ではされている。一方、合成では現時点での経済における事業規模に応じてウェイト付けされる。ウォルマートの方がマイクロソフトよりも多額の配当を支払い、大きな利益を上げ、米国の株主資本でも大きな割合を占めている。つまり、将来マイクロソフトが現在よりも大きくなるだろう、という市場の認識は正しいかもしれないが、間違っているかもしれない。こうした市場の認識の変化によって生じる株価のボラティリティが、時価総額加重ポートフォリオのパフォーマンスを劣化させている可能性がある。

【図 10】



(引用元：Robert D.Arnott(2005)、「ファンダメンタル・インデックス」、図2)

図10は、ファンダメンタル・インデックスの業種配分は時間的推移に安定していることを示している。時価総額加重インデックスは、投資家の選好の移り変わりに強く反応して、1980年代初頭のエネルギー株や1998～2001年のテクノロジー株への配分に急増・急減をもたらした。対照的にファンダメンタル・インデックスは経済全体の安定的な発展を概ね反映し、経済の業種構成の推移に対応して、徐々に業種配分を変化させていく。

【市場環境分析のまとめ】

ファンダメンタル・インデックスは景気後退時、金利低下局面でより優れたパフォーマンスを上げるが、大型・割高株の強気相場（バブル）を除いた全ての状況下においても、時価総額加重インデックスをアウトパフォームしている。これは、異なる環境下においてもファンダメンタル・インデックスが時価総額加重インデックスよりも優れたインデックスであり、そのデータの頑健性も非常に高いことを裏付けている。それと同時に、市場バイアスが、時価総額加重

インデックスのパフォーマンスを悪化させる要因である可能性が高いことも読み取れる。一方ファンダメンタル・インデックスは、市場のバリュウ／グロース・バイアスといった不確実性を取り除いたことで、パフォーマンスを悪化させる要因を減らすことができたと考えられる。

【結論】

ファンダメンタル・インデックスのパフォーマンスの検証から導かれた結論は、以下の3点である。

- ・ 43年間のテスト期間を通じて、ファンダメンタル・インデックスは時価総額加重インデックスをアウトパフォームした。
- ・ 各期間、ビジネスサイクルの各局面、弱気・強気相場、金利上昇・低下局面を通じて、このパフォーマンスは頑健であった。つまり、歴史の偶然の産物ではない。(単なるアクティブ運用のアノマリー、データ・マイニング、データ・スヌーピングの結果などではないこと。)
- ・ ファンダメンタル・インデックスは標準的な時価総額加重インデックスよりも、平均-分散アプローチの意味ではるかに効率的だった。

【おわりに】

非現実的な仮定の下で成立するCAPMを論拠とする時価総額加重インデックスは、市場が効率的ではない場合、投資家の市場バイアスによって適正価格から大きく乖離した割高・割安株をそれぞれオーバーウェイト・アンダーウェイトし、パフォーマンスが悪化してしまう。また、世の中のあらゆる資産の適正価格を導くには、成長性やリスクなどの不確実な要素を正確に評価しなければならない。よって我々が真の適正価格を知ることは出来ない。しかし、我々は様々なファンダメンタル指標を用いることで、過去から現在までの経済の規模や成長性を断片的には把握できる。そうした意味で、ファンダメンタル・インデックスは現在の経済規模で企業を評価したインデックスであると言える。これにより、企業の成長性などの不確実な要素を排除して、実際の経済規模に見合った投資を行うことができる。

ファンダメンタル・インデックスの研究により、市場が効率的でない場合は、

市場バイアスによって価格付けされた株価の影響を受けない投資方法をとることで、最も効率的な投資戦略と言われる時価総額加重インデックスをアウトパフォームすることが出来ると証明された。

とはいえ、このファンダメンタル・インデックスはこれまでの CAPM に対する新たな市場原理を導いたものではなく、あくまでも CAPM 批判の延長線上にある研究である。言い換えれば、現在のファイナンス研究においても CAPM 理論がいかに画期的で優れた考え方であるか、ということである。

【参考文献】

- Robert D. Arnott, Jason Hus, Philip Moore (2005) 「ファンダメンタル・インデックス」、証券アナリストジャーナル、2005年10月号掲載
- David Mayers. 1976. “Nonmarketable Assets, Market Segmentation, and the Level of Asset Prices.” *The Journal of Finance and Quantitative Analysis*, vol.11, no.1(March):1-12
- Roll and Stephen A. Ross. 1994. “On the Cross-Sectional Relation between Expected Returns and Betas” *The Journal of Finance*, vol.49, no.1(March):101-121
- William F. Sharpe. 1964. “Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Condition of Risk” *The Journal of Finance*, vol.19, no.3 (sep, 1964)
- Markowitz, H. M. 1959. “Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments.” Yale University Press.
- Tobin James. 1958. “Liquidity preference as behavior towards risk” *Review of Economic Studies* 25(2):65-86
- Black Fisher. 1972. “Capital market equilibrium with restricted borrowing” *The Journal of Business* 45(3):444-445
- Jensen, Michel C. 1968 “The performance of mutual funds in the period 1945-1964” *The Journal of Finance* 23(2):389-416
- 大村敬一 (2010) 「ファイナンス論」、有斐閣ブックス
- 小林・芹田 (2009) 「新・証券投資論Ⅰ 理論編」、日本経済新聞出版社
- 伊藤敬介・荻島誠治・諏訪部貴嗣 (2009) 「新・証券投資論Ⅱ 実務編」、日

本経済出版社

- ・ 金子誠一、佐井りさ (2012)「増補改定 証券アナリストのための数学再入門」、ときわ総合サービス株式会社
- ・ 佐野三郎 (2014)「2015証券アナリスト第2次レベル合格最短テキスト」、ビジネス教育出版社
- ・ ロバート・D・アーノット、ジェイソン・C・スー、ジョン・M・ウェスト、野村アセットマネジメント (2009)「ファンダメンタル・インデックス」、東洋経済新報社
- ・ 山内英貴 (2013)「オルタナティブ投資入門 (第3版)」、東洋経済新報社

【補論1】尖度・歪度

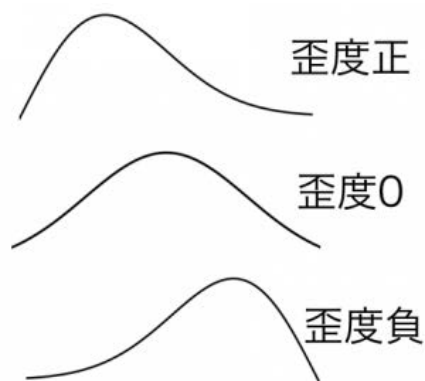
尖度・歪度は、データの分布を表す代表値である。以下にそれぞれの定義式を示す。

【歪度】

歪度とは、偏差の3乗の平均を、標準偏差の3乗で割ったもので、以下の定義式で表される。

$$\text{歪度} = \frac{E[(X - \mu)^3]}{\sigma^3}$$

【図11】



(参照 URL : mathtrain.jp/waidosendo)

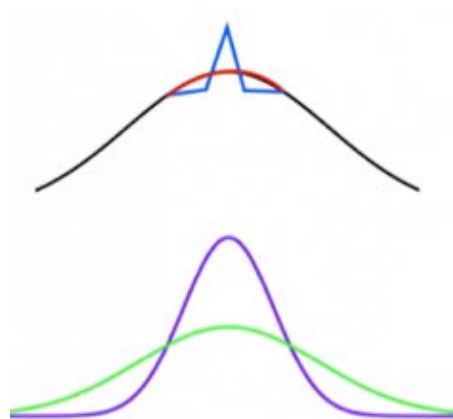
非対称度は、データが左右対称に分布している時に 0、左に歪んでいけば正、右に歪んでいけば負の値をとる。具体例としては、過去のリターンの外れ値が、平均からプラスに大きく外れた値が多かった場合のデータでは、歪度は正の値となる。

【尖度】

尖度とは、偏差の 4 乗の平均を標準偏差の 4 乗で割ったものである。

$$\text{尖度} = \frac{E[(X - \mu)^4]}{\sigma^4} - 3$$

【図 1 2】



(参照 URL : mathtrain.jp/waidosendo)

値が正の場合は重い裾と鋭いピークがあること（図 1 2 の上の曲線）、値が負の場合は軽い裾と平坦なピークがあること（図 1 2 の下の曲線）を示す。

重要なのは、過去のリターンの尖度が正の場合である。図 1 2 の分布の絶対値が大きい部分に注目すると、尖度が正の場合は、平均から大きく外れた値が発生する確率が正規分布より大きくなる。よって、リスク回避的な投資家にとっては、マイナスに大きく外れた値の発生する可能性が高い「尖度が正」の分布は好しくないものになる。