

Title	CAPMによる株式資本コストの推定方法
Sub Title	Estimation of the equity cost of capital through the CAPM
Author	辻, 幸民(Tsuji, Yukitami)
Publisher	慶應義塾大学出版会
Publication year	2023
Jtitle	三田商学研究 (Mita business review). Vol.66, No.1 (2023. 4) ,p.25- 53
JaLC DOI	
Abstract	<p>本稿は , CAPMの式から株式資本コストの値を実際に計算するための方法をまとめる。無危険利子率には国債利回りを用い , マーケットポートフォリオ収益率には , マーケットポートフォリオをTOPIXで代用し , その収益率の値は次のような計算をする。TOPIXの値の変化率でもって , 収益率の中の値上り益 (値下り損) 利回りとみなし , 東証発表の「東証1部平均利回り (有配会社) 」をTOPIX構成銘柄全体の配当利回りとみなして , 両者の和を取ってTOPIX収益率とする。次にCAPMに登場する平均・分散および共分散の統計パラメタの標本統計量の計算は , サンプルの開始時点をデータベース初期時点に固定することで , 最長期間のサンプルを作るべきである。データベースの初期時点が異なると , 標本統計量の推定値も変化するが , サンプル開始時点を1977年とする場合と比べて , もっと古い1964年を開始時点とすると , 株式資本コストの推定値は3%ほど大きくなる。収益率データにマナの収益率を用いる場合や超過収益率を用いる場合 , あるいはFama-Frenchの3ファクターモデルに依拠して株式資本コストを推定したが , これらは概ね一定のスプレッドでもって連動している。</p> <p>This paper studies how to compute the equity cost of capital from the CAPM using Japanese capital market data. Government bond yields are employed as the riskless rate and return on the market portfolio is assumed to be the sum of two kinds of percentage concerned with the TOPIX. The one is the ratio of a monthly change in the TOPIX. The other is the dividend ratio Tokyo Stock Exchange releases as the "average yield" of the 1st section. The return on the market portfolio is a proxy variable and this paper investigate whether this approximation is appropriate or not. Next topics are to make a sample estimate of the statistics parameter like means, standard deviations, and covariance which appear on the CAPM equation. When we build a sample for estimation, a sample period should be as long as possible by setting the beginning of the sample to the initial date of a database. Different databases provide another sample estimate due to differences in their initial date. Estimated equity cost of capital is larger by about 3 % when the sample data begin with 1964 than with 1977. This paper compares equity costs of capital for three cases; the CAPM using raw return data, the CAPM using excess return data, and the Fama-French 3-factor model. These are comoves each other within a range of spreads.</p>
Notes	論文
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234698-20230400-0025

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

CAPM による株式資本コストの推定方法

Estimation of the Equity Cost of Capital through the CAPM

辻幸民 (Yukitami Tsuji)

本研究は、テンション・マネジメントとしての管理会計という視座に立ち、管理会計の機能・役割を探索することを意図する。具体的には、原価企画と業績管理を取り上げ、「業績目標水準」と「コントロール・モード」に焦点を当て、成果との関係を実証的に明らかにする。分析の結果、第1に、製造業での原価企画においてある程度の挑戦的目標原価が有効であること、第2に、業種を問わず原価企画における部門間協働が有効であること、第3に、業種を問わずインターラクティブ・コントロールも診断的コントロールも業績目標の達成に有効であることが示唆された。

This paper studies how to compute the equity cost of capital from the CAPM using Japanese capital market data. Government bond yields are employed as the riskless rate and return on the market portfolio is assumed to be the sum of two kinds of percentage concerned with the TOPIX. The one is the ratio of a monthly change in the TOPIX. The other is the dividend ratio Tokyo Stock Exchange releases as the “average yield” of the 1st section. The return on the market portfolio is a proxy variable and this paper investigate whether this approximation is appropriate or not. Next topics are to make a sample estimate of the statistics parameter like means, standard deviations, and covariance which appear on the CAPM equation. When we build a sample for estimation, a sample period should be as long as possible by setting the beginning of the sample to the initial date of a database. Different databases provide another sample estimate due to differences in their initial date. Estimated equity cost of capital is larger by about 3 % when the sample data begin with 1964 than with 1977. This paper compares equity costs of capital for three cases; the CAPM using raw return data, the CAPM using excess return data, and the Fama-French 3-factor model. These are comoves each other within a range of spreads.

CAPM による株式資本コストの推定方法

辻 幸 民

<要 約>

本稿は、CAPMの式から株式資本コストの値を実際に計算するための方法をまとめる。無危険利率には国債利回りを用い、マーケットポートフォリオ収益率には、マーケットポートフォリオをTOPIXで代用し、その収益率の値は次のような計算をする。TOPIXの値の変化率でもって、収益率の中の値上り益（値下り損）利回りとみなし、東証発表の「東証1部平均利回り（有配会社）」をTOPIX構成銘柄全体の配当利回りとみなして、両者の和を取ってTOPIX収益率とする。次にCAPMに登場する平均・分散および共分散の統計パラメタの標本統計量の計算は、サンプルの開始時点をデータベース初期時点に固定することで、最長期間のサンプルを作るべきである。データベースの初期時点が異なると、標本統計量の推定値も変化するが、サンプル開始時点を1977年とする場合と比べて、もっと古い1964年を開始時点とすると、株式資本コストの推定値は3%ほど大きくなる。収益率データにマナの収益率を用いる場合や超過収益率を用いる場合、あるいはFama-Frenchの3ファクターモデルに依拠して株式資本コストを推定したが、これらは概ね一定のスプレッドでもって連動している。

<キーワード>

CAPM, 株式資本コスト, マーケットポートフォリオ, TOPIX

1 はじめに

ファイナンスで登場する最も重要な理論的ツールはCAPMであろう。CAPMとして登場する式は、理論的には資本市場均衡におけるリスクとリターンの関係を記述するものであるが、現実の応用としては、上場企業の株式資本コストを推定するための式として利用されることが多い。CAPMの式を利用して株式の資本コストを推定し、これと負債の資本コストとを合わせて平均資本コストWACCの値を算出する。WACCの値は投資の意思決定に利用されたり、あるいはDCF法の割引率として企業価値の算定に利用されたりする。本稿は、CAPMの式から株式資本

コストの値を実際に計算するための方法をまとめたものである。初めに断っておくが、本稿は CAPM の現実妥当性、あるいは CAPM のモデルとしての計量経済学的な検証を目的とする研究ではない¹⁾。

CAPM の式から株式資本コストを実際に算出しようとするとき、何が問題となるのか。具体的な問題点を指摘するために、今日では余りにも有名な CAPM の式を次に記す。

$$E(R_i) = R_F + [E(R_M)R_F] \frac{\text{cov}(R_M, R_i)}{\sigma(R_M)^2}$$

ある株式銘柄 i の収益率を R_i で、マーケットポートフォリオ収益率を R_M で、無危険利子率を R_F で表す。 $\sigma(R_M)$ は R_M の標準偏差である。式の末尾の分数は、分散 $\sigma(R_M)^2$ に対する共分散 $\text{cov}(R_M, R_i)$ の比率となっている。この比率をベータ係数と称し β_i と表現することも多いが、本稿ではこのような分数で記しておく。この式の本来的の意味を説明することから議論を始めよう。

現在のお金と（1年後の）将来のお金を比較すると、将来のお金には、現在のお金には存在しない不便益が伴う。「待ち」と「リスク」である。お金から消費の満足を得るのに、現在の（手にしている）お金は「待つ」必要もなければ、「リスク」を被ることもない。対して将来のお金は、将来まで「待つ」必要があるし、（今そのお金を入手しているわけではないから）本当に入手できるかどうかという「リスク」を伴う。投資とは、現在のお金を手放して現在の消費をあきらめる代わりに、将来のお金の入手見込みでもって将来の消費を期待させる行為である。これは、現在のお金を将来のお金に変換するということであるから、投資とは必然的に「待ち」と「リスク」という2種類の不便益を被る。これら不便益を償って余りある代償が見込めなければ、投資をしてこれら不便益を誰も被ろうとはしないであろう。

CAPM の式は、これら不便益に対する代償を表したものである。式右辺の第1項は無危険利子率であるから、「待ち」に対する代償である。式右辺の第2項は「リスク」に対する代償（リスクプレミアム）である。これらの和である式右辺は要求利回りである。要求利回りとは、投資

1) CAPM の計量経済学的な検証、つまり CAPM が現実データにどれくらい当てはまっているかのテストは、CAPM が登場した初期の1960年代後半頃には盛んに研究されていたように思う。文献としては Black-Jensen-Scholes (1972) や Miller-Scholes (1972), Jensen (1972) など、今日ではファイナンスの大家の著者達の若い時代の論文が代表であろう。ただその後の時代になって、Roll (1977) がデータを使った CAPM の検証は不可能であるという議論を主唱した。この Roll の主張は、誰でも理解できるように容易な論理とは言いがたいのであるが、それでもどういふわけか学界で広く受け入れられるに至り、その結果ゆえに、CAPM の実証的な研究は学界ではほとんどなされなくなってしまったように思う。他方で、株式資本コストを何とかして実際に推定したいという実務界の強い要望と、CAPM 以外に簡単に利用できる他の手段は少ないという事情も影響して、株式資本コストの推定にはデータから CAPM を数値化するというのが実務の一般的慣行になっているものと考えられる。世界中の実務家みんなが少なくとも一度は勉強したであろうファイナンスの代表的テキストブックでは、例外なくこの数値化に触れられている。テキストブックとは例えば、古い時代のものなら Sharpe (1970) や Fama-Miller (1972), Fama (1976) といった大家の手によるものから、版を重ねて広く読まれている Berk-DeMarzo (2019) や Brealey-Myers-Allen (2019), Ross-Westerfield-Jaffe-Jordan (2018) などである。しかし、あくまでも触れられているだけであって、どうやって CAPM を現実データから数値化すべきかの詳細な検討はほとんど存在しないことも事実である。これら著者は学界の人々であり、詳細な検討のない理由が Roll (1977) の主張に引張られているのであるなら、それはそれで大変不幸なことではないか。このような現状に鑑みて本稿では、どうやって CAPM を現実データから数値化するのがよいかを、わが国のデータを使って検討するものである。

で現在のお金を手放す際に求める必要最低限の報酬という意味でそのように称される。また式左辺 $E(R_i)$ は、その株式（銘柄 i ）の収益率 R_i の期待値であるから期待利回りである。仮に期待利回りが要求利回りを上回れば、必要最低限以上の報酬が期待できるから、買いが増えて株価が上がる。逆に期待利回りが要求利回りを下回れば、必要最低限以下の報酬しか期待できないので、売りが増えて株価が下がる。従って、期待利回りと要求利回りが等しいとき、株価はもうそれ以上に動かないので、ある種の均衡状態に到達したと考える。左辺（期待利回り）と右辺（要求利回り）の等しいこの式は、資本市場均衡を表現しているのである。ところで、式右辺第2項のリスクプレミアムにおいては、ベータ係数（分数の値）がリスクの量的指標とみなされ、マーケットスプレッドの $E(R_M) - R_F$ が比例定数となって、リスクに比例する形でリスクプレミアムが定式化される。この式は、資本市場均衡におけるリスク（ベータ係数）とリターン（左辺あるいは右辺全体の値）の関係を表現している。

以上が CAPM の式の理論的な意味であるが、実務的にはこの式を用いて株式資本コストを計算することが多い。資本コストとは要求利回りと同じ意味である（少なくとも筆者はそのように定義する）。株式資本コストを推定するのは、この式の右辺に相当するものを関連データを使って計算することである。それでは、どうやって計算すればよいか。問題は2つある。

データは何か？ マーケットポートフォリオ収益率 R_M と無危険利子率 R_F とは。

統計量の計算方法 平均や分散、共分散といった統計パラメタをどうやって数値化するか。

マーケットポートフォリオも無危険利子率も抽象的な理論概念である。実際に株式資本コストの値を CAPM から推定したいなら、これら理論概念に近いものを近似物としてデータに使うしかない。マーケットポートフォリオの収益率 R_M と無危険利子率 R_F の値をどうやって求めればよいか。結論を言えば、マーケットポートフォリオとして TOPIX を取り上げ、TOPIX の生み出す収益率を R_M のデータに、また安全資産を国債とみなし、国債の利回りでもって無危険利子率のデータとするしかない。実際にそうせざるを得ないという事情もあるが、本当にその近似が適切な判断なのかどうかあらためて検討しておく必要はあろう。これが1番目の問題である。

2番目の問題について、平均や分散・共分散の統計パラメタはデータから推定する必要があり、

2) 株式資本コストを現実データから推定しようとするとき、TOPIX が非常に重要なデータである。TOPIX とは東証株価指数とも称され、東京証券取引所第1部に上場する全銘柄の株価を平均した株価指数である。2022年4月に東京証券取引所の再編に伴い、従来の第1部・第2部等の区別は廃止され、新たにプライム・スタンダード・グロースという3つのグループが設けられた。すなわち、東京証券取引所第1部という市場は2022年3月末をもって消滅したが、その株価指数である TOPIX は、4月以降も相変わらず算出され続けている。のみならず再編から1年近く経過した現在においても、TOPIX は日経平均と並ぶ主要な株価指数であり続けている。しかしいずれは、現在のグループに所属する銘柄から計算される、新しいグループ別株価指数が TOPIX に取って代わることも明らかで、本稿をまとめる契機は株価指数の主役交代という点にあることも事実である。従来の TOPIX をデータとする場合の知見をここでまとめておくことも少なからず意義あることであろうと考えた。従って本稿では、旧い第1部および TOPIX が検討対象であって、取引所再編後の新しいグループについての言及は一切ない。

通常は標本統計量を計算して、その値をもって統計パラメタの推定値とする。問題は、その計算をするのにどのような標本（サンプル）を作ればよいかという点である。原則としては、できる限り大きなサンプルであるほど、標本統計量は真の統計パラメタに一致すると考えられている。つまり、データの数が多いほど多いほどよい。しかし、同じデータであっても、データベースのデータ収録期間はまちまちであるから、収録データの初期時点の違いでサンプルは異なるものとなる。そうだとすると、利用するデータベースに応じて、計算される標本統計量は異なる値となる。その差異の大きさはどれほどであろうか。またより重要な問題として、構造変化の問題がある。データの数が多いほどサンプルとして望ましいというのが原則ではあるが、数十年に及ぶ非常に長い期間を1つのサンプルとするのは、途中の構造変化を無視していることを意味する。そこで、一定のサンプルサイズを確保しつつも、サンプルのデータ期間は10年間とか20年間ぐらいの長さに限定した方が1つのサンプルとしては適切かもしれない。それでは、データベースの初期時点からデータを集めてサンプルにするのと、期間を10年（あるいは20年）に限定してサンプルにするのと、どの程度の大きさの差異が結果に表れるのか。これらは実際に計算して結果を見るしかない。

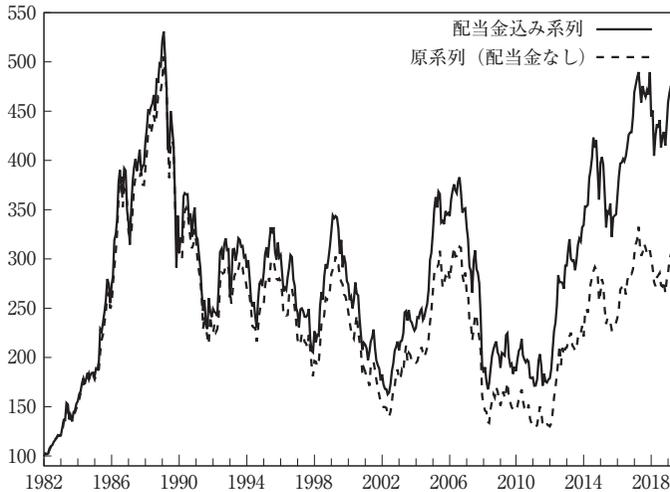
この小論では、以上の2つの問題について、CAPMから株式資本コストを推定する際の問題点を整理検討する。まず第2節ではTOPIXの動向について配当利回りという観点から概観する。次に第3節では無危険利子率 R_F に何が相応しいか述べる。第4節では、 R_M のデータを比較的容易に入手するにはどうすればよいか検討する。第5節ではCAPMを数値化する際の問題点をまとめる。第6節は本稿の検討結果の結論である。

2 TOPIXの動向

この節では、TOPIXの動向についてその時間的推移を検討し、TOPIXからマーケットポートフォリオ収益率 R_M のデータを取る際の問題点を指摘しよう。

TOPIXとは東証株価指数とも称され、東京証券取引所（以下、東証と略記）第1部に上場している全銘柄を対象にした株価指数である。株価指数とは多数の銘柄から成る株価の平均値のことを言う。どのように平均値を求めるかで単純平均型と加重平均型がある。単純平均型とは統計の標本平均と同様の計算をする。つまり、対象個々の値を足し上げ、その合計値を足し上げた個数で割る。TOPIXと並ぶ有名な株価指数に日経平均がある。日経平均は、わが国の代表的企業225社を予め選別し、その225銘柄の単純平均型の株価指数である。対してTOPIXの方は東証第1部全銘柄を対象にした加重平均型の株価指数である。加重平均とは株式数でウエイトして平均値を取る。この株式数とは、かつては発行済株式数であったが、近年では流通株式数という独自概念を東証が算出してTOPIXの計算に用いている。また、TOPIXや日経平均は確かに平均値なのであるが、これらの値が普通の平均値と異なるのは、数値の時間的推移の連続性を保持するために、各々独自の調整を施しているからである。例えばTOPIXであれば、ある時点で新規上場や上場廃止があれば、それ以前とは「全銘柄」の中身が異なることになって、その前後の平均値は

図1 TOPIX：原系列（配当金なし）と配当金込み系列



厳密には比較できない。そこでこの不連続性を排除することを目的にして、平均値を独自の方法³⁾で調整するのが株価指数である。

図1は、TOPIXの値をグラフにしたものである。この図はTOPIXの原系列（点線）と配当金込み系列（実線）の2つの推移を表現している。両者の比較を容易にするため、1982年11月の値を100に基準化してグラフを描いている。TOPIXの原系列では、構成銘柄の生み出す配当金を無視している。もう少し正確に言う、TOPIXの値を計算する際、その構成銘柄に配当金の権利落ちが発生しても、その権利落ち分の修正は施されない。つまり、配当金の権利落ち日にその金額に相当する分だけ株価が下落するが、TOPIXの算出では配当落ちした株価をそのまま用いる。TOPIXは東証第1部上場全銘柄の株価に関する平均値であるから、配当落ちした株価を対象にしたTOPIXとは、支払済みの配当金を含まない価格系列と考えることができよう。これに対し、配当金の影響を含んだ価格系列を人為的に作ることもできる。その作り方は後で詳述するが、この図で言う「TOPIXの配当金込み系列（実線）」とはそのようにして筆者が作った価格系列である。

さて、図1をよく見ると、配当金を含まないTOPIX原系列と配当金の分を加味した価格系列との間には、興味深い差異の存在が確認できる。両者の差異は1990年代前半ぐらまではほとんどなく、2つの系列はほぼ重なっている。1990年代中頃から両者は徐々に乖離し始めるが、それでもまだ2000年過ぎぐらまでは差異は比較的小さかった。この差異が無視できないほどの大きさ

3) 株価指数とは、もちろんこれだけの説明では不十分なのであり、代わりに十分詳細な解説が他にあるかと問われれば、若干心許ないのが現状である。肝心要の東証にすら、新しいTOPIXの計算に用いる「流通株式数」に関する詳細な資料は存在しないような印象を受ける。東証のHPで公開されている情報は通り一遍の杓子定規な解説だけで、「流通株式数」の算定は謎のボールに包まれている感を筆者は持つ。もっとも、本稿の目的は株価指数の妥当性を検討することではないから、株価指数そのものの説明は省略したい。詳しくはWikipedia他を参照願いたい。

となるのは2000年代中頃からで、特に2010年過ぎからこの差異の大きさは時の経過とともに拡大していく傾向が見て取れる。

ここで指摘した「差異」がどのような意味を持つのか。TOPIXに対する配当金の影響が無視できないくらい大きくなったことは言うまでもないが、そのことがもたらす意味について筆者は次のように考える。マーケットポートフォリオ収益率 R_M を具体的に数値化しなければならない場合、TOPIXの動向から R_M のデータを作ろうとしても、TOPIXは権利落ちした配当金を含まないから、それは無理な話なのである。通常の収益率とは、配当利回りと値上り益（値下り損）利回りという2種類の利回りの合計と考えられる。権利落ちした配当金とは実際にキャッシュフローとして支払われた金額であり、TOPIXの原系列が権利落ちした配当金を無視して計算されるわけであるから、TOPIXからどれぐらいの配当金が支払われたかを知ることはできず、TOPIXの原系列を見ていても配当利回りは分からない。当然である。TOPIXの原系列の変化率を取ることで、マーケットポートフォリオ収益率のうち、値上り益（値下り損）利回りの部分を知ることができるが、それは決して配当利回りではない。

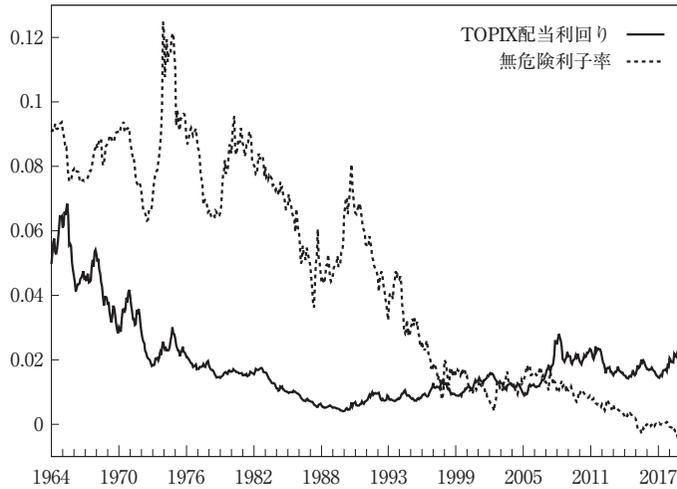
そこで R_M のデータを入手するにはどうすればよいか。歴史的には1つの便法が適用できることを図1は示している。それはTOPIXにおける配当金の有無による差異が軽微であるなら、配当利回りの方を無視してしまうという方法である。TOPIXの原系列の変化率だけでもって、 R_M とみなすのである。図1の2系列の動向は、1990年頃までならこの便法が一定の正当性を持つことを示している。ところがそれ以降のデータ、特に2000年代以降では配当金の影響を無視できないので、近年においてその便法はもはや通用しない。

R_M のデータを得るには、近年では配当金の影響を加味することが必要不可欠であるが、それではTOPIXに代わるような他の指標が存在するか。まったく存在しないわけではないが、容易に利用可能な状況とも言い難い。後の節では、比較的簡単に利用可能なデータを用いて、どうやったら R_M の値を得ることができるか検討したい。

次の図2は、TOPIXの配当利回りについての歴史的な推移である。図2では参考として、無危険利利率の値もグラフに描いた。これらのデータの出所は後で詳しく述べる。このTOPIX配当利回りは東証の発表している月次データで、その定義について実はキチンとした説明資料があるわけではないが、恐らくはTOPIX構成銘柄（東証第1部上場全銘柄）の直前1年間の配当金合計額をそのときそのときのTOPIXの値で割った値であると考えられる。TOPIX配当利回りは、1980年代には歴史的に最も低い水準にあって1%から1.5%ほどであった。その後、TOPIX配当利回りはほぼ一貫して上昇基調にあることは間違いないが、それでもその水準は近年において3%に達するかどうかといったレベルである。近年TOPIXに対する配当金の影響が大きくなったとはいえ、大きさとしてはその程度なのである。実はもっと古い時代、1960年代から70年頃まで、TOPIX配当利回りの水準は優に3%を超えていて、5%を超えるような時代もあった。

そこで重要なのは、他の利回りとの差異である。広く様々な利回りの一般的水準をここでは一般的金利水準と称しよう。図2の無危険利利率とは一般的金利水準を代表するような1つの指標である。配当利回りが同じ3%であっても、一般的金利水準が6%から8%という時代とほとん

図2 TOPIX 配当利回りと無危険利子率



どゼロという時代とでは、配当金の与える影響には当然に差があろう。無危険利子率の歴史的推移を見ると、TOPIX 配当利回りが3%を超えるような昔の時代、利子率は6%を優に超えている。これに対し近年では、1990年代後半からの低金利政策や2000年代以降のリーマンショックおよび東日本大震災を契機としてゼロ金利政策あるいはマイナス金利政策が長期間展開され、利子率がゼロあるいは負の値を記録する状況が継続している。そのような経済状況の中で配当利回りは3%に到達しつつある。近年の配当金の影響の大きさが伺い知れよう。

以上のように、 R_M における配当金の影響の大きさを評価することは、マーケットポートフォリオのデータを取り扱うときに非常に大切な論点である。 R_M をデータ化する際の具体的な手続きについては、また後の節で詳しく触れる。

3 無危険利子率 R_f について

この節では無危険利子率 R_f をデータ化するのに何が適切かを検討する。前で、無危険利子率とは一般的金利水準の代表的な一指標であると述べた。ここで言う一般的金利水準のもう少し具体的なイメージを定義しておこう。利子を生み出す源の債券はこの世で非常に多数かつ多様に存在していて（より広くは「債権」とすべきかもしれないが、以下では「債券」という用語を用いる）、これら債券を満期とリスクという2つの要因で分類すると、必ず類似の債券が存在しているであろうと考える。要求利回りは「待ち」と「リスク」という不便益の代償であると前で述べたが、「待ち」の時間の長さを満期という用語で表現している。満期という要因とリスクという要因とでグループ分けして類似の債券を集め、各グループに所属する債券の利回りを平均する。この平均値が一般的金利水準を構成する一要素となる。満期やリスクが異なるグループに所属している債券の利回りを平均するとまた異なる平均値が得られるであろう。このようにそれぞれの満期と

リスクに応じてそれに対応する利回りの平均が求められ、様々な満期とリスクについて計算される利回りの体系をここでは一言で一般的金利水準と称している。従って無危険利子率とは、一般的金利水準の中で、リスクのない債券グループの平均的な利回りという意味になる。

ところで、リスクのない資産のことを安全資産と言って、その安全資産が1年間に提供する収益を元本1円当りで表示した値が無危険利子率となる。リスクのない資産であるから、安全資産の提供する収益にはリスクがない。つまりその収益の値が絶対確実に実現する。無危険利子率という言葉の意味としてはそのとおりなのであるが、実際に無危険利子率に当たるデータを探そうというとき、つまり現実の金融資産で何が安全資産なのかという点は意外と難問なのである。

一言で利子率と言っても現実には様々な利子率があって、リスクよりもまず満期の違いについて説明しよう。満期まで半日から数十年に及ぶものまで、期間の違う様々な利子率が現存する。ここで問題にするファイナンスの議論の対象は、具体的には資産運用とか資金調達の問題である。このとき念頭にある「満期」は通常、長期であろう。ファイナンスの今日の議論は、明日・明後日の資産運用・資金調達の問題を扱い得るほど発展してないからということも理由にあらう。ただ一言で「長期」と言っても、1年超を長期という場合もあるし、あるいは数年超といった文字どおりの長期を想定している場合もある。それでは具体的に何年よりも長ければ「長期」なのか、それ自体は答えようもない話であるから、あまり突き詰めることはせず、今とにかく「長期」が問題なのだとしておく。そこで無危険利子率とは、とりあえず長期の利子率のことと考えておく。

本稿では、無危険利子率の値に国債利回りのデータを利用する。図2や図3に示された無危険利子率とは、財務省が公表している「国債金利情報」の残存7年から残存10年までの4種類の利回りを平均した値である。大雑把に言えば、この利回りの平均値は長期国債の市場利子率と称してよかろう。ただし「国債金利情報」では、昭和49年(1974年)9月からの国債利回りを発表しているが、当時は人為的低金利政策の時代であるから、国債流通市場で自由な売買はなされていなかった。国債流通市場における自由売買が解禁されたのは昭和52年(1977年)7月からである。従ってそれ以前の国債利回りは、市場の需給で値が決まる市場利子率とはみなせない。その値は政策当局によって人為的に低位に抑制された利子率であろう。そこで時々需給を反映した市場利子率のデータを求めるなら、市場実勢を反映する別の債券の利回りが必要となる。ここでは利付電債利回りを採用することにする。電債については現在もはやキチンとした資料も残っていないのであるが、国債に比べて取引量は矮小であるものの、当時比較的自由に(市場実勢を反映して)取引されていたであろうほとんど唯一の長期債券と考えられる。そこで、本稿の無危険利子率とは、1978年以降に長期国債の利回りをあて、1977年までは電債利回りを採用することにする。図2の無危険利子率はこれらデータをプロットしたものである。

さて次に、「無危険」という言葉について検討する。期間が長期の利子率であったとしても、具体的なデータとして、どの利子率が無危険利子率として相応しいか。この間の答えは簡単なようで難しい。「無危険」とは言っても、本当にリスクのない資産は厳密には存在しないからである。安全資産の代表は貨幣(通貨)であろう。貨幣は現金と預金から成る。紙幣や補助貨といった現金は、強制通用力と言って額面が公的に保証されている。1万円という紙幣は必ず1万円と

いう金額で相手に受け取らせることができる。しかしそうではあっても、物価が継続的に上昇するインフレーションにわれわれが直面していたらどうか。1万円で購入できるモノの量は、物価が上がるなら時間の経過で少なくなっていく。時間の経過で将来どれぐらい物価が上がるか、現時点では不確実だから、1万円という紙幣で将来購入できるモノの数量は不確かである。すなわち、公的な強制通用力が付与される紙幣であっても、それは完全に確実な安全資産とは言えない。

しかも現金は通常、無利子である。貨幣の中で利子が付与されるのは預金である。預金の利子を支払い、預金元本を返済するのは、預金の発行者である銀行である。銀行はあくまでも民間企業であって、決して公的機関ではない。民間企業であるなら、将来銀行が倒産する可能性がある。つまり預金はインフレリスクに加えてその発行者（銀行）の倒産リスク（これを信用リスクと言ったりする）にも直面した資産であり、やはり厳密な意味での安全資産とは言い難い。国債はどうであろう。国債は国家の借金であり、国家は民間企業の銀行に比べれば、信用リスクは格段と小さいはずである。しかし、厳密には国も信用リスクがゼロとは言えないし、実際のところ財政破綻する国は周期的に現れる。だからやはり、国債も厳密な意味での安全資産とはみなせない。このように、本当の安全資産はこの世に存在しないと考えるのが正しい認識なのかもしれない。

とはいえ、この安全資産とは、相対的な程度の問題と考えればどうであろう。確かに国の破綻リスクや銀行の信用リスクは決してゼロではない。しかし、金融機関ではないイチ民間企業の信用リスクに比べれば、国や銀行の信用リスクは著しく小さいと考えてもよいのではないか。ちなみに銀行は預金という貨幣の発行者でもある。貨幣が貨幣であるためには、それが額面どおり通用するという社会の信認が必要不可欠である。この社会的信認を人々から勝ち得るべく、政府は銀行の経営状況に一定の介入をする。認可と検査という手段でもって、政府が銀行の経営に一定の関与を保つことで、公的な強制通用力が付与されなくても、銀行の預金には額面通用力の社会的信認が担保される。

またインフレリスクも決してゼロとは言えない。しかし、ハイパーインフレというごく特殊な状況も考えられないわけではないが、普通の経済状況におけるインフレリスクの大きさは、日々市場で成立する証券価格の値動きリスク（これを市場リスクという）に比べれば、遙かに小さいものとみなすことができよう。本稿が問題にしたいのは、主に証券市場の値動きに関する問題であるから、以下ではインフレリスクはゼロとみなして無視される。また国家や銀行が破綻する信用リスクもゼロとしよう。このようにリスクを相対的な程度の問題と考え、今、1つの民間企業に関連するリスクを主な考察対象として想定するなら、その大きさに比べれば、銀行預金や国債に関連するリスクはほとんどゼロと考えて支障ないことも多かろう。ファイナンス理論でいう安全資産とはそのような資産と考えるべきである。

ただ誤解のないようもう少し付言するなら、インフレリスクをゼロとし、国家と銀行の信用リスクもゼロとみなすとしても、それで銀行預金や国債を安全資産とすることができるのか。厳密に考えればまだ不十分なのである。預金利子率や国債利回りには次に述べる不確定要因がまだ存在する。預金や国債の利子や元本返済の金額は、発行者の信用リスクがゼロであるなら、発行時点で値は確定する。しかし、国債は満期前に売却すると、将来の売却価格は現在では未知である

から、国債の利回りは危険資産と同様の市場リスクに直面していて、とても無危険利子率とはみなせない。しかし国債を満期まで保有することを前提にするなら、インフレリスクや信用リスクが無視されるなら、将来の利子や元本返済額は発行時点で確定する。ここで注意すべきことは、そうだとした場合、受取者の将来収益の値まで確定するわけではないという点である。将来の再投資収益率が不確かだからである。例えば半年後に受け取る利子が5万円だとしたら、発行者の信用リスクがゼロなら、半年後に5万円を確実に受け取ることになる。しかし、この人が受け取る1年後のお金はいくらになるか。半年後に受け取る5万円は、さらに半年の間、1年に至るまで再投資されていくばくかの収益を生むが、その収益率（将来の再投資収益率）が実際のところいくらになるかまで、当然現在時点で知る由もない。従ってやはり将来収益の値にはリスクが存在する。

インフレリスクや信用リスクを無視すれば安全資産のように思える銀行預金や国債でも、将来の再投資収益率の不確かさまでも考慮すれば、銀行預金や国債からの将来収益はとても絶対確実な値とは言えない。将来収益にリスクがあるということでは、銀行預金・国債もやはり安全資産とは言いがたい。とはいえ、先に述べたようにモノゴトの相対的な程度が重要で、もっと言うなら、分析したい問題の種類に応じて、何が安全資産であるか、その見解は異なり得るということではないだろうか。将来の再投資を無視するなら、確かに銀行預金や満期保有の国債は現在時点でその将来収益は確定する。従って、将来の再投資の問題を無視するなら、銀行預金の利子率や国債の利回りを無危険利子率と考えることに一定の妥当性はある。

ところで前で述べたように、国債は満期前に売却するなら、売却価格は将来の市場価格であるから、国債の利回りは危険資産としての市場リスクに直面している。しかし、リスクとは相対的な程度の問題であるとも述べた。それでは国債の利回りは株式のそれに比べ、どれくらい不確かなのか。言い換えるなら、国債の価格の変動性は株式の価格と比べてどれほどか。国債価格の変動性を長期的な時系列データとしてどうやって測るかは、意外と難しい問題なのであるが、長期的に一貫した数字としては国債先物価格が容易に入手できる。これを国債の価格変動の指標とみなそう。また株式の価格変動性はTOPIXの変化率を求めてみる。国債とTOPIXの前月からの変化率⁴⁾について、各年の標準偏差を計算したのが表1である。若干例外的な年もあるが（2017年など）、国債の価格変動性はTOPIXに比べ概ね10分の1ほどなのである。国債の利回りは、国債の途中売却を考慮すれば、確かに危険資産としての市場リスクを含んだ数字ではあるが、そうであっても、株式の価格変動性に比べればごく微細な大きさと考えすることはできないだろうか。それ故、株式の市場リスクを分析対象としたい場合、国債は安全資産で、国債の利回りが無危険利子率であると考えてよからう。

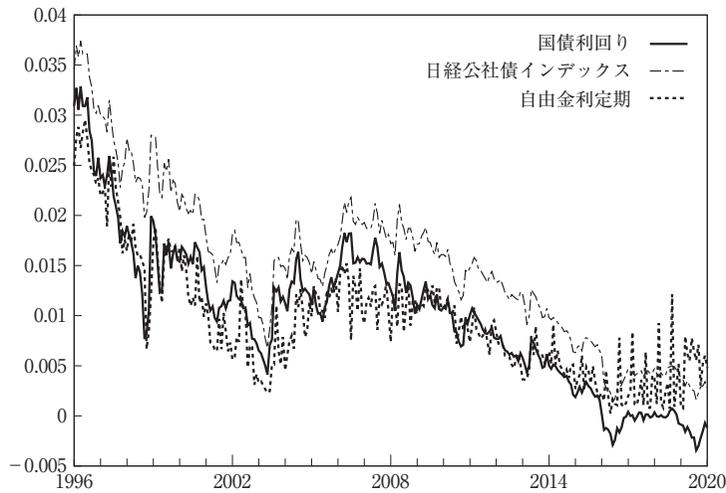
ところで、安全資産の候補としては他に銀行預金がある。長期国債の利回りとレベル的にどれ

4) 表1の価格変動性は次のように計算されている。月次データの任意の第 t 時点の価格系列を P_t とすると（ P_t はTOPIXあるいは国債先物価格の月末値）、 $P_t/P_{t-1}-1$ により毎月の対前月変化率を計算する。この変化率の各年1月から12月までの12個の値から算出される標準偏差に対し、 $\sqrt{12}$ を乗じて得られた値が表1の価格変動性である。

表 1 株式と国債の価格変動性

年	TOPIX	国債先物
2010	0.1813	0.0266
2011	0.1289	0.0100
2012	0.2113	0.0138
2013	0.1599	0.0245
2014	0.1166	0.0120
2015	0.1825	0.0105
2016	0.1921	0.0218
2017	0.0607	0.0123
2018	0.1535	0.0115
2019	0.1154	0.0159

図 3 無危険利子率いろいろ



ぐらい異なるのか。満期7年以上10年以下の自由金利定期預金（新規受入）の金利の平均を求め、その値と先の国債利回りとをグラフに描いたのが図3である。この図には他に、日経公社債の長期債インデックスも参考値として描いている。図は1996年以降から近年までを描いているが、2015年ぐらいまでは、自由金利定期は国債と連動してほぼ同水準にあった。他方、日経公社債インデックスは、国債に加えて民間企業の社債を含んでいるので、インデックスの値は民間企業の信用リスクを含んだ利回りを反映している。そのためか日経公社債インデックスと国債利回りとの間には、一定のスプレッド（差異）の存在が見取れる。しかし大変興味深いことに、2015年までは国債利回りに連動して同水準にあった自由金利定期の金利がそれ以降徐々に解離していき、近年ではむしろ公社債インデックスの方に近くなっているように見える。この図は、何を無危険利子率として選ぶかは、やはりそのときそのときの状況に依存して決めるべきであることを示唆しないだろうか。そして無危険利子率として普遍的な選択肢はないという意味で、候補の中

から何を選んだとしても、結果にそれほど大きな影響を及ぼさないということではないだろうか。

4 マーケットポートフォリオの収益率 R_M について

ここではマーケットポートフォリオ収益率をどうやって計算すればよいかを検討しよう。CAPM の式に登場する $E(R_M)$ や $\text{cov}(R_M, R_i)$ の R_M をどうやって求めればよいかという問題である。

マーケットポートフォリオとは、すべての危険資産について、その存在量の総合計に対する各資産の現存量の比率を、投資比率として構成されるポートフォリオのことであるが、この世に現存するあらゆる危険資産を含んだポートフォリオなど実在しないのは、想像に難くない。不動産や社債等の債券を無視し、危険資産を株式に限定したとしても、そしてその株式をわが国株式市場に上場している株式銘柄に限定したとしても、それでもわが国の全銘柄を対象にした株価指数は実在しない。マーケットポートフォリオをストレートに体现したとみなせるデータはこの世に存在しないのである。確かにそうなのであるが、危険資産が株式のみから成ると考えているなら、そしてわが国の株式市場だけを分析対象にしているのであれば、実質的にはマーケットポートフォリオは TOPIX で近似できる。であるなら、マーケットポートフォリオ収益率 R_M は TOPIX の値から計算される収益率を当てればよい。

前でも述べたが、TOPIX は、東証第1部上場全銘柄の平均株価を時系列的な比較ができるよう（連続性を維持するよう）に調整を施した数字である。ただし TOPIX の計算に配当金の権利落ちに関する調整は施されない。TOPIX の値動きから計算される利回りでは、それは収益率の中の値上り益（値下り損）利回りの部分に相当し、配当利回りを含まないことになる。近年の配当利回りの役割の大きさからして、配当金を含むようにして TOPIX 収益率を計算しないと、マーケットポートフォリオ収益率のデータとしては大変に都合が悪い。それでは配当金込みの TOPIX 収益率をどうやって求めればよいか。ここでは3つの方法によって得た収益率の数字を相互に比較検討したい。

系列1：自分で作る TOPIX の配当利回りに該当する別のデータを使って、配当金込みの TOPIX 収益率を自作する。

系列2：NPM データ FDS（金融データソリューションズ）社の作成した「日本上場株式月次リターンデータ」（NPM 関連データ）に収録されている TOPIX の配当金込み収益率を利用する。

系列3：FF3 モデル 同じく FDS 社が提供している Fama-French 3 ファクターモデルのマーケットファクター（ R_M ）のデータを利用する。

系列1は、TOPIX のデータに配当利回りのデータを併せて、自分で TOPIX 収益率を作ろうというものである。TOPIX の値動きから求められる価格変化率を値上り益（値下り損）利回りとも

なし、これに別データの TOPIX の「配当利回り」を加え、その合計値をもって TOPIX 収益率と考える。系列 2 は FDS 社が独自に計算したもので、TOPIX 構成銘柄すべてについて各期の配当金を加味して計算された TOPIX 収益率である。本物の TOPIX 収益率として、現在入手可能な最も正確なデータと考えられる。系列 3 も FDS 社が独自に作成して発表しているデータで、東証第 1 部市場のみならず、東証第 2 部市場や JASDAQ 他、わが国すべての株式市場を対象にしている点で、本当のマーケットポートフォリオに近い構成になっている点が特徴である。各市場の株価指数をそれぞれの時価総額で加重平均した値から値上り益（値下り損）利回りを計算し、さらにすべての構成銘柄の配当利回りを考慮している。わが国株式市場のデータを用いて、Fama-French モデルのマーケットファクターを体現した数値と考えてよい。

系列 2 と系列 3 を比較すれば、TOPIX のマーケットポートフォリオに対する近似の善し悪しが判明しよう。本当はマーケットポートフォリオではない TOPIX を、あたかもマーケットポートフォリオとみなすことがどの程度の差異をもたらすのか。この差異が十分に小さいなら、マーケットポートフォリオの指標をわざわざ作らずとも、TOPIX でもってマーケットポートフォリオの代理指標とすればよからう。また系列 2 や系列 3 が、TOPIX あるいはマーケットポートフォリオの収益率として利用するに最も信頼に足るデータではあろうが、これらは有料データベースであるから利用するには当然お金がかかる。のみならず、誰でも容易にアクセスできるかという意味で、データベース自体がそれほど汎用性の高いものとは言えない。系列 2 や系列 3 は、データ環境に恵まれた一部の人のみが利用できるデータと考えた方がよい。それでは、それ以外の多くの人々はどうやってマーケットポートフォリオ収益率を入手すればよいのか。対してこの系列 1 は、比較的に入手が容易なデータから値を算出できる。そして系列 1 が系列 2 あるいは系列 3 と大差ないことを示せるなら、容易に入手可能な系列 1 の値でもってマーケットポートフォリオ収益率の近似値として利用すればよい。そこで系列 1 について以下若干詳しく検討してみよう。

系列 1 から系列 3 のデータベース上の収録期間の先頭（これを「初期時点」と称す）は、系列 1 は 1955 年 1 月、系列 2 が 1982 年 11 月、系列 3 が 1977 年 9 月である。系列 1 では、配当利回りを意味する「東証 1 部平均利回り（有配会社）」が 1955 年 1 月から利用でき、これが実際の初期時点となる。系列 2 と系列 3 の依拠する FDS 社の NPM 関連データでは、個別銘柄の収益率は 1977 年 1 月から収録されているが、系列 2 の TOPIX 配当金込み収益率は 1982 年 11 月が初期時点である。Fama-French の 3 ファクターモデルの各ファクターは 1977 年 9 月から収録されていて、これが系列 3 のデータベース初期時点である。系列 1 から系列 3 までの 3 系列を比較するのに、1982 年 11 月以降であればこれら 3 つのデータが揃う。

図 4 は系列 1 を実際に計算したエクセルシートである。TOPIX データと TOPIX の配当利回りから TOPIX 収益率を計算している。シート B 列は TOPIX の原系列である。これは新聞誌上などから容易に入手できる数字である。月次データとして、このシート B 列の数字は TOPIX の毎月末終値である。他方、配当利回りの方であるが、シート D 列の数値が原系列で、これは NEEDS マクロデータベースに収録されている「東証 1 部平均利回り（有配会社）」（コード JSAY）

図4 TOPIXの計算方法

	A	B	C	D	E	F	G
1		TOPIX	変化率	TOPIX配当利回り	TOPIX収益率	年平均	
619	200606	1586.96	0.004443	1.19	0.000992	0.005435	
620	200607	1572.01	-0.00942	1.23	0.001025	-0.0084	
621	200608	1634.46	0.039726	1.18	0.000983	0.04071	
622	200609	1610.73	-0.01452	1.21	0.001008	-0.01351	
623	200610	1617.42	0.004153	1.22	0.001017	0.00517	
624	200611	1603.03	-0.0089	1.24	0.001033	-0.00786	
625	200612	1681.07	0.048683	1.19	0.000992	0.049674	0.0372
626	200701	1721.96	0.024324	1.16	0.000967	0.02529	
627	200702	1752.74	0.017875	1.15	0.000958	0.018833	
628	200703	1713.61	-0.02233	1.18	0.000983	-0.02134	
629	200704	1701	-0.00736	1.18	0.000983	-0.00638	
630	200705	1755.68	0.032146	1.18	0.000983	0.033129	
631	200706	1774.88	0.010936	1.25	0.001042	0.011978	
632	200707	1706.18	-0.03871	1.29	0.001075	-0.03763	
633	200708	1608.25	-0.0574	1.38	0.00115	-0.05625	
634	200709	1616.62	0.005204	1.37	0.001142	0.006346	
635	200710	1620.07	0.002134	1.38	0.00115	0.003284	
636	200711	1531.88	-0.05444	1.47	0.001225	-0.05321	
637	200712	1475.68	-0.03669	1.55	0.001292	-0.0354	-0.111
638	200801	1346.31	-0.08767	1.69	0.001408	-0.08626	
639	200802	1324.28	-0.01636	1.72	0.001433	-0.01493	
640	200803	1212.96	-0.08406	1.84	0.001533	-0.08253	
641	200804	1358.65	0.120111	1.71	0.001425	0.121536	
642	200805	1408.14	0.036426	1.63	0.001358	0.037784	
643	200806	1320.1	-0.06252	1.8	0.0015	-0.06102	

と称されるデータである。東証のHPでも発表されているので誰でも入手可能な数字と言えよう。本稿では、これを毎月の東証第1部上場全銘柄の配当利回りとみなす。このデータの計算方法は、東証HP上の資料によると、各銘柄の配当利回りをすべての銘柄について平均したものであることが記されているが、それ以上の詳細は明らかにされていない。恐らくは、(各月から見て)過去1年間に支払われた配当金をその月末のTOPIXで割った数字をパーセント表示したものと考えられる。その月次データの系列なら古くからデータが存在し、1955年1月から利用可能である。これらのデータは、大学等のNEEDSマクロデータベースが利用可能であれば、容易に一括入手できる。

さて、図4のシートC列では、B列のTOPIXの値の変化率を計算している。当月の値を P_t 、前月の値を P_{t-1} とすると、 $\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1$ を計算したのがC列の値である。この価格変化率は、値上り益(値下り損)利回りを意味している。この数値は前月末から今月末への変化率であるから、1か月単位の価格変化率であることを注意しておく。配当利回りの方は、D列の利回りを100で割って小数点表示にし、さらに12で割って1か月当りに換算した数値をE列に記しておく。このように両方とも1か月当りの数値にした上で、これらC列とE列を加えた値がF列のTOPIX収益

率となる。すべての月で同様な計算をして F 列に値が並ぶ。こうしてできた F 列の数値が TOPIX 収益率の月次データである。これ⁵⁾で R_M に該当する毎月のデータは用意できた。次に求めたいのは R_M の平均 $E(R_M)$ や標準偏差 $\sigma(R_M)$ である。複数個の月々の R_M をデータとするサンプルから、標本平均や標本標準偏差を計算すればよいが、それではどのようにして複数個の月々を取り上げればよいのか。これを今、サンプルの抽出方法と称しよう。

サンプルの抽出方法には 2 つの考え方がある。どちらがよいかの定説はない。1 つはできる限り多くのデータをサンプルに入れるべきという考え方である。もう 1 つは一定の期間に限定してサンプルを抽出すべきという考え方である。前者については、統計理論における「一致性」の概念に依拠して、サンプルサイズ（サンプルを構成するデータの個数）を大きくすればするほど、標本統計量は真の値に近付いていくと考える。サンプルを構成するデータの数をできる限り多くしたいのであれば、データベースのデータが収録されている初期時点をサンプルの先頭としていつも使うようにすればよい。ここでは計算に用いる先頭データのことをサンプルの開始時点と称する（「初期時点」と意味が異なる。初期時点はデータベース上の収録先頭データを言う）。この考え方に沿うなら、サンプルの開始時点はデータベースの初期時点に固定されることになる。

これに対し、何事にもサンプル期間の途中で構造変化があるから、あまり古いデータをサンプルに入れてしまうと、標本統計量がかえって真の値に近付かない。構造変化で真の値そのものが変化したかもしれないからである。これが後者の立場の考え方、サンプル抽出されるデータ期間は適当な長さ限定の方がよいということになる。その結果サンプルサイズは、ある程度の大きさを確保しながらも一定の値に固定される。標本統計量を推定する際のデータのサンプル開始時点は（想定上の）計算時点に応じて変化していく。

もう少し具体的に述べた方が分かりやすかろう。図 4 のシート F 列には、全体で 1982 年 11 月から 2016 年 12 月までの期間（34 年 2 か月あるいは 410 か月）の各月について TOPIX 収益率 R_M の値が並んでいるとしよう。今欲しいのは、 $E(R_M)$ や $\sigma(R_M)$ の標本統計量である。例えば、2007 年 12 月時点の標本平均・標本標準偏差を求めたいとする。前者の考え方（サンプルサイズはできる限り大きい方がよい）によれば、標本統計量の計算には 1982 年 11 月から 2007 年 12 月までの R_M の値を用いる。1 年後の 2008 年 12 月時点の標本平均・標本標準偏差は、1982 年 11 月から 2008 年 12 月までの R_M を用いる。……このようにサンプルの開始時点はデータの初期時点 1982 年 11 月に固定される。他方、後者の考え方（サンプルサイズは固定すべき）によれば、例えばサンプルのデータ期間を 3 年間に固定するなら、2007 年 12 月時点の標本統計量は、2005 年 1 月から 2007 年 12 月までの R_M の

5) 図 1 にある TOPIX の「配当金込み系列」とは、この F 列で計算された TOPIX 収益率の月次データを使って算出される。今、 T 個の月次収益率データがあって、これらを R_t (ただし $t=1, \dots, T$) で表すなら、第 T 時点の価格 P_T は

$$P_T = 100 \times \prod_{t=1}^T (1 + R_t)$$

として計算される。基準時点の 1982 年 11 月の価格が 100、1982 年 12 月が P_1 、1983 年 1 月が P_2 、… である。

データを用いて計算する。2008年12月時点なら、2006年1月から2008年12月までのデータから推定する。

当然のこと、後者の考え方による標本統計量は前者のそれに比べ、値の変動性は大きくなる。また同じ後者の考え方であっても、サンプルのデータ期間が長いほど変動性は小さくなっていく。どの抽出方法が優れているかに関する学問上の定説は存在しない。がしかし、筆者の個人的な印象では、後者の考え方では、データ期間の長さ次第で標本統計量は大きく変化し得るので、どれを選ぶかで分析者の恣意性が入り込む余地を排することはできない。そういう意味で、前者の考え方が好ましいように筆者個人は思うが、分析の目的に応じてケースバイケースで決めて構わないであろう。

まとめると、前者の考え方に基づく方法では、サンプルの開始時点をデータ先頭の1982年11月に固定し、標本統計量を計算する各時点までのデータをサンプルとする。このサンプルを用いて標本平均を推定するなら、これを今、累積収益率平均と称しておく。もう1つは、後者の考え方に基づいてサンプルのデータ期間を1年に固定する。このサンプルから標本平均を推定する場合、これを年収益率平均と称しよう。今ここの分析目的は、先に述べた3つのデータ、系列1と系列2、系列3をそれぞれ R_M のデータとみなす場合、それぞれの $E(R_M)$ や $\sigma(R_M)$ の標本統計量はどれぐらい異なるのかという問題である。3つの系列における、1983年から2016年までの各年12月における標本統計量をグラフに記して比較してみる。サンプル抽出方法を累積収益率平均として計算した場合が図5、年収益率平均として計算した場合が図6である。

年収益率平均は累積収益率平均に比べて、年ごとの値はかなり変動している。これら2つの図は、サンプルの抽出方法いかんで、分析結果は少なからず影響を受けることを示唆するものである。しかしそうではあっても、系列1から系列3までの差異はほとんどないようである。累積収益率平均で見ても年収益率平均で見ても、初期の2年間ほどを除けば、それ以後の3つの系列はグラフ上でほとんど一致して重なっている。次に標本標準偏差はどうであろうか。同じ期間の3つの系列について、サンプル抽出方法を年収益率とした場合の標本標準偏差をグラフにプロットしたのが図7である。標本標準偏差も、初期の数年間を除いて、以後の期間で3つの系列はほぼ完全に一致している。累積収益率で標本標準偏差を推定しても事情はまったく同じで、グラフの掲載は省略する。

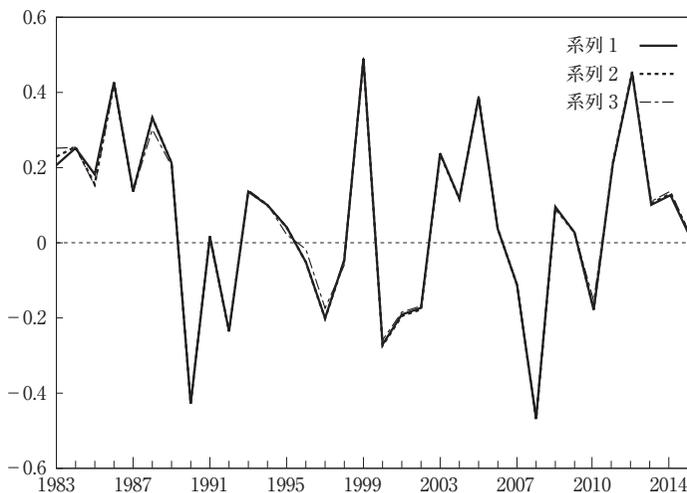
以上の図から分かることは、まず系列2と系列3の標本統計量がほとんど一致しているということで、それはTOPIXがマーケットポートフォリオの代理変数として十分であるということの意味している。TOPIXと、TOPIX以外の株価指数を考慮した加重平均とが実質的に同じ動きをするというのは、ある意味当然のことではある。TOPIXの時価総額は、わが国株式市場においては他のどの市場と比べて極めて圧倒的な大きさである。従ってTOPIXに加えてわが国のあらゆる株式市場を時価総額で加重平均しても、その平均値は事実上TOPIXそのものということなのである。従って、マーケットポートフォリオの指標としては、TOPIXを取り上げれば十分であろう。

次に、それではTOPIXの収益率をどうやって計算するか、特に配当利回りをどう加味すれば

図5 系列間の比較：累積収益率平均

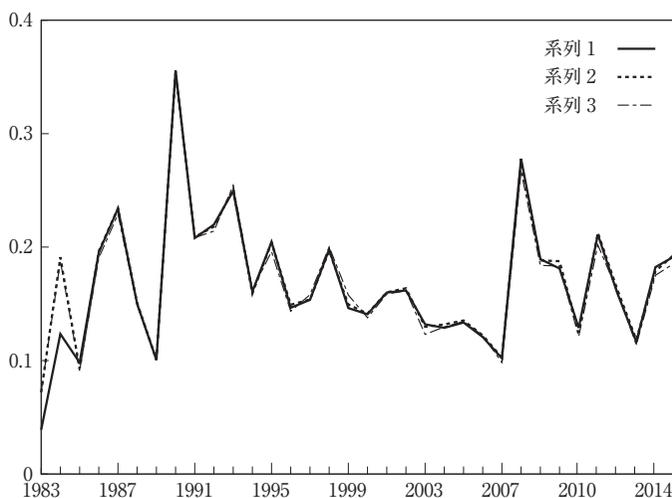


図6 系列間の比較：年収益率平均



よいかという問題である。TOPIX は東証第 1 部全銘柄を対象にしているから、2000社超の企業の配当金をカバーしていく必要があるが、TOPIX の構成銘柄すべての企業一つ一つについて、その配当金を調査・把握し、その結果として TOPIX 収益率を算出したのが系列 2 である。しかし、イチ個人がこれをマネするのは事実上無理であり現実的な手法ではない。そこで、上記の系列 1 で示したように、配当利回りについては、東証が発表している「東証 1 部平均利回り (有配会社)」を用いれば、比較的簡単な手間暇でイチ個人であっても TOPIX 収益率の十分なデータを計算することができる。いわば系列 1 は TOPIX 収益率の簡便法であるが、上記のグラフを見る限り、系列 1 は系列 2 とほとんど一致しているから、簡便法であっても十分使いものになると

図7 系列間の比較：年収益率標準偏差



判断できよう。以上のことから、系列1の計算方法によるTOPIX収益率は、マーケットポートフォリオ収益率の代理変数として利用に耐え得ると考えられる。

5 CAPMの数値化について

CAPMに登場する変数は、無危険利子率 R_F を除いて他はすべて平均等の統計パラメタとして登場する。 $E(R_i)$ や $E(R_M)$ 、 $\sigma(R_M)$ 、 $\text{cov}(R_M, R_i)$ である。これら統計パラメタはデータから推定する必要がある。例えば平均の推定量は標本平均を計算するが、前で述べたように、サンプル抽出方法について確固たる手法が存在するわけではないというのが現状である。唯一サンプルサイズの大きいことが必要条件ではあろうが、どれぐらいの大きさで十分となるのか。CAPMを数値化して株式資本コストを推定しようとするとき、サンプルの抽出方法いかんで、推定結果にどれぐらい差異が生じるかを知っておくことは、CAPMを実用に供する上で必要不可欠な情報のはずである。

CAPMに関わる標本統計量の推定では、実はもう1つ重要な論点がある。CAPMの式を変形すれば、

$$E(R_i) - R_F = [E(R_M) - R_F] \frac{\text{cov}(R_M - R_F, R_i - R_F)}{\sigma(R_M - R_F)^2}$$

という具合に書き直すことができる。CAPMでは R_F を定数とみなしているので、 $\text{cov}(R_M, R_i) = \text{cov}(R_M - R_F, R_i - R_F)$ 、 $\sigma(R_M) = \sigma(R_M - R_F)$ という関係が成立する。これがこの式変形を可能にする前提である。もしそうであるなら、CAPMの式は $X_i = R_i - R_F$ および $X_M = R_M - R_F$ で定義される新しい変数 X_i と X_M でもって、

$$E(X_i) = E(X_M) \frac{\text{cov}(X_M, X_i)}{\sigma(X_M)^2}$$

と書き直すことができるので、この X_i と X_M を使って CAPM の式に登場する統計パラメタを推定することも可能であろう。 X_i と X_M は両者とも R_F に対する超過収益率である。 X_i は銘柄 i の超過収益率、 X_M はマーケットポートフォリオの超過収益率である。現代の視点で見れば、回り道の印象を拭えない手法にも感じるが、CAPM の実証分析という研究分野では、超過収益率を用いた計測方法が歴史的にメインな手法のように考えられている。

このように定義される超過収益率と、 R_F を控除しないナマの収益率とは、 R_F を定数と仮定する理論の世界においては、どちらを使っても構わないということになるが、現実のデータでは、もちろん R_F は定数（一定の固定された値）ではなく刻々と値が変化する。従って、ナマの収益率と超過収益率とは当然のこと、どちらをデータに用いるかで標本統計量は異なる値となる。問題はどれぐらいの差異が生じるかということである。ほとんど微妙な差異しか存在しないのであれば、その差異を無視することもできようが、看過できない大きさなら、やはり何らかの対応を検討しなければならないであろう。

5.1 標本統計量からの CAPM 推定

CAPM の式右辺に登場する平均 $E(R_M)$ と分散 $\sigma(R_M)^2$ および共分散 $\text{cov}(R_M, R_i)$ は、その値を各々の標本統計量から推定する必要がある。標本統計量を計算する際、その依拠するサンプルを次のように表現しよう。マーケットポートフォリオ収益率 R_M のデータには、配当金込み TOPIX 収益率を当てる。前節の系列 1 である。 t 時点の配当金込み TOPIX 収益率の値を、 t 時点のマーケットポートフォリオ収益率のデータとみなし、添字 t を付けて $R_{M,t}$ と記す。 R_M は確率変数であるが、 t という添字を付けて $R_{M,t}$ と記すことで確率変数の実現値、つまりデータであることを表している。また銘柄 i の株式収益率 R_i の t 時点におけるデータの値を $R_{i,t}$ と記す。今、データの時点が始めから終わりまで全部で T 個あるものとし、 $t = 1, \dots, T$ とする。今現在は T 時点において、われわれは 1 時点から T 時点までの値が既知のデータであると考えている。

$E(R_M)$ の標本平均を \bar{R}_M で、 $E(R_i)$ の標本平均を \bar{R}_i で表す。 T 個のデータから成るサンプルを使って計算される標本平均は、言うまでもなく、

$$\bar{R}_M = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_{M,t} \quad \bar{R}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_{i,t}$$

と定義される。次に、分散 $\sigma(R_M)^2$ の標本統計量を $\hat{\sigma}(R_M)^2$ で、共分散 $\text{cov}(R_M, R_i)$ の標本統計量を $\widehat{\text{cov}}(R_M, R_i)$ で表すと、これらは次のように

$$\hat{\sigma}(R_M)^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (R_{M,t} - \bar{R}_M)^2$$

$$\widehat{\text{cov}}(R_M, R_i) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (R_{M,t} - \bar{R}_M) (R_{i,t} - \bar{R}_i)$$

と定式化しておけばよい。この定式化のように T で割ると不偏性は成り立たないが、そのこと

が問題を引き起すことはない。

CAPM から株式資本コストを推定する際、残る無危険利子率 R_F をどう取り扱えばよいか。 R_F のみ統計量を推定する必要はない。 T 時点の R_F のデータを $R_{F,T}$ で表すと、 T 時点における CAPM からの推定は、式右辺の統計パラメタに標本統計量を当てて

$$R_{F,T} + [\bar{R}_M - R_{F,T}] = \frac{\widehat{\text{cov}}(R_M, R_i)}{\widehat{\sigma}(R_M)^2}$$

として計算すればよい。これが銘柄 i の株式資本コストの推定値である。

次に、収益率データが無危険利子率からの超過収益率である場合、CAPM の推定はどうやって計算すればよいか。前で述べた超過収益率 X_i と X_M は、 t 時点におけるデータを表すのに、元の変数に添字 t を付けるとすると、 $X_{M,t}$ および $X_{i,t}$ は

$$X_{M,t} = R_{M,t} - R_{F,t} \quad X_{i,t} = R_{i,t} - R_{F,t}$$

とするのが適当である。ナマの収益率を使って CAPM を推定した場合は、今の T 時点の無危険利子率 $R_{F,T}$ を利用したが、超過収益率を用いて CAPM を推定する場合、 t 時点の超過収益率を計算するのに、 T 時点ではなく $t (\leq T)$ 時点の無危険利子率 $R_{F,t}$ を使うことになる。 t 時点が T 時点よりも前（過去）にある限り、 t 時点で将来の T 時点の無危険利子率の値を既知と想定するのは奇妙だから、 t 時点の超過収益率は t 時点の無危険利子率を使わざるを得ない。そして $t = 1, \dots, T$ の $R_{F,t}$ は、 t が異なれば異なるのが普通で、定数ではない。この点が CAPM を推定する際、ナマの収益率を用いるか超過収益率を用いるかで結果の差異を生み出す。

超過収益率の場合、 $E(X_M)$ と $E(X_i)$ 、 $\sigma(X_M)^2$ 、 $\text{cov}(X_M, X_i)$ の標本統計量は、

$$\bar{X}_M = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T X_{M,t} \quad \bar{X}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T X_{i,t}$$

$$\widehat{\sigma}(X_M)^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (X_{M,t} - \bar{X}_M)^2$$

$$\widehat{\text{cov}}(X_M, X_i) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (X_{M,t} - \bar{X}_M)(X_{i,t} - \bar{X}_i)$$

というように定義され、 T 時点における CAPM の推定は

$$R_{F,T} + \bar{X}_M \frac{\widehat{\text{cov}}(X_M, X_i)}{\widehat{\sigma}(X_M)^2}$$

から計算される値となる。この第 1 項であるが、 $R_{F,T}$ ではなく、

$$\bar{R}_F = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_{F,t}$$

で定義される \bar{R}_F を用いて、

$$\bar{R}_F + \bar{X}_M \frac{\widehat{\text{cov}}(X_M, X_i)}{\widehat{\sigma}(X_M)^2}$$

とすべきではないだろうか。なぜなら \bar{X}_i から \bar{R}_i を得るには、定義的に $\bar{R}_i = \bar{R}_F + \bar{X}_i$ だからである。

しかしそのような習慣はないようにも思うので、ここでは第1項に T 時点の $R_{F,T}$ を当てている。ところで CAPM の式右辺に登場する分数、分散に対する共分散の比率（ベータ係数）は、次のような回帰分析の回帰係数と考えることもできる。ナマの収益率で表すと、

$$R_{i,t} = a_i + b_i R_{M,t} + \epsilon_{it}^{(rw)} \quad t = 1, \dots, T$$

という単純回帰の式を想定する。この $\epsilon_{it}^{(rw)}$ は攪乱項である。この回帰式の係数 b_i の推定値 \hat{b}_i は

$$\hat{b}_i = \frac{\widehat{\text{cov}}(R_M, R_i)}{\hat{\sigma}(R_M)^2}$$

として計算されるから、回帰分析で得られる係数推定値 \hat{b}_i は、ベータ係数の推定値になっていることが分かる。同様のことを超過収益率で表現すれば、

$$X_{i,t} = g_i + h_i X_{M,t} + \epsilon_{it}^{(ex)} \quad t = 1, \dots, T$$

という単純回帰の式があつて、この $\epsilon_{it}^{(ex)}$ が攪乱項である。この回帰係数 h_i の推定値 \hat{h}_i は次のように書ける。

$$\hat{h}_i = \frac{\widehat{\text{cov}}(X_M, X_i)}{\hat{\sigma}(X_M)^2}$$

従つて同様に回帰分析の係数推定値 \hat{h}_i は（超過収益率を用いた）ベータ係数の推定値でもある。

このようにベータ係数は、共分散と分散の比率から計算しても、回帰分析の係数推定値を当てても、CAPM の場合ならばどちらでも同じである。両者の計算の手間暇も大差ない。しかし、次に説明する3ファクターモデルの場合は、ベータ係数が簡単な比率で書けなくなるので、もっぱら回帰分析の係数推定値を利用することになる。

Fama-French の3ファクターモデルとは、

$$E(R_i) = R_F + \beta_{M,i}[E(R_M) - R_F] + \beta_{SMB,i}E[SMB] + \beta_{HML,i}E[HML]$$

という式から株式資本コストを定式化するものである。マーケットスプレッドの $E(R_M) - R_F$ が1番目のファクターで、これはマーケットファクターとも称される。 $E(SMB)$ は2番目のファクター、 $E(HML)$ は3番目のファクターである。 SMB は次のように定義される値を表す。時価総額の大きい企業から小さい企業まで、例えば3つのグループに分割して、時価総額の大きいグループに所属する企業の株式収益率の平均から時価総額の小さいグループの企業の株式収益率の平均を引いた、両者の差を SMB として表している。また HML の方は分類に簿価時価比率 (book to market ratio) を用いる。この比率の高いものから低いものに3分割し、簿価時価比率の高い企業に関する株式収益率のグループ平均から低い企業に関する株式収益率のグループ平均との差を取ったものが HML である。

これら SMB や HML のデータを自分で作るなら、少なからず大変な作業なのであるが、わが国なら FDS 社の NPM 関連データの中に、 SMB や HML の月次データが公開されている。 t 時点

のデータであることを表すのに添字を付け、 SMB_t や HML_t と記す。これらと前の超過収益率のデータとを用いて、次のような重回帰式を推定する。

$$X_{i,t} = \alpha_i + \beta_{M,i} X_{M,t} + \beta_{SMB,i} SMB_t + \beta_{HML,i} HML_t + \epsilon_i^{(3f)} \quad t = 1, \dots, T$$

$\epsilon_i^{(3f)}$ は攪乱項である。この重回帰式における回帰係数の推定値を $\hat{\beta}_{M,i}$ と $\hat{\beta}_{SMB,i}$ 、 $\hat{\beta}_{HML,i}$ として、さらに SMB_t と HML_t の標本平均を

$$\overline{SMB} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T SMB_t \quad \overline{HML} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T HML_t$$

で表すとすると、3ファクターモデルによる株式資本コストの推定値は、

$$R_{F,T} + \hat{\beta}_{M,i} \overline{X_M} + \hat{\beta}_{SMB,i} \overline{SMB} + \hat{\beta}_{HML,i} \overline{HML}$$

として計算することができる。以上の3つ、ナマの収益率から推定したCAPM、超過収益率から推定したCAPM、そしてFama-Frenchの3ファクターモデル、これら推定方法の差が、株式資本コストの推定値にどれぐらいの影響を与えるのかを次に比較検討する。

5.2 推定方法の違いによる結果の差異

推定結果の差異をこの節でまとめるが、この差異の原因には2種類の違いがある。1つは「サンプル抽出方法」の差異による違い。もう1つはデータにナマ収益率を使うか、超過収益率を使うかの違い。後者については、前節で具体的に定式化したので、ここでは前者に関する若干の追加説明から始めよう。

ここの「サンプル抽出方法」とは前で説明した。この問題は、この節での記号を使うなら、 t 時点の $t = 1, \dots, T$ にある、1時点や T 時点はどうすればよいのかという議論に他ならない。できる限り長い最長期間のサンプルを取るべきか、それとも一定の長さで制限した期間をサンプルにするべきか。最長期間のデータを取るなら、データベースの初期時点がサンプルの開始時点となるが、データベースに応じて初期時点が異なるなら、データベースいかにサンプルの開始時点も異なるので、標本統計量も異なる値になる。それではその差の影響はどれぐらいか。

株式収益率の代表的なデータベースである、FDS社作成のNPM関連データでは、月次データの収録の初期時点が1977年1月となっている。またFDS社は、Fama-Frenchの3ファクターモデルの各ファクターも算出していて、ファクターの月次データが1977年9月を初期時点としている。本稿では、この3ファクターのデータに合わせて、NPM関連データの初期時点を1977年9月とみなそう。他方、株価を収録した電子媒体として最も古い歴史を持つのは、東洋経済新報社『株価CD-ROM』であり、その月次データの収録は1964年1月が初期時点である。『株価CD-ROM』には基本的に株価しか収録されていないが、筆者は、この『株価CD-ROM』をベースに配当金および資本移動の情報を独自に付け加えることで、月次収益率を計算している。いわば筆者の手作りデータベースであるが、その初期時点が1964年10月であり、FDS社のNPM関連データよりも10年以上昔のデータを追加している。他に日経NEEDSの『株価』データベースは株価

の収録は1985年1月からであるが、配当金および資本移動のデータが1997年以降であるため、収益率の計算は1997年以降の期間に限定されてしまう。

FDS社のNPM関連データは全上場企業（約3000社）を収録しているが、筆者作成のデータベースには800社ほどが存在する。この800社をNPM関連データと接合し、NPM関連データよりも古い期間について、月次収益率のデータ期間を延長できたものが415社である。この415社を本稿の共通の企業群として、サンプル期間など条件をいろいろ変更することで、415社の株式資本コストがどれくらい異なるかを比較する。415社の結果を平均したのが表2である。表の「年月」とは T 時点に相当し、その時点までのデータをサンプルにして推定した結果であることを表す。表2は T 時点として、1987年12月から1年毎に2018年12月まで、32個の T 時点を取り上げる。また次のような名称でサンプル期間を区別しよう。サンプルの開始時点($t=1$)を1964年10月に固定する場合を「最長」と称し、開始時点を1977年9月に固定する場合を「NPM」と称する。表2の左側4列の「収益率」とは、（無危険利子率との差を取らず）ナマ収益率のデータから推定した結果であり、また表2の右側4列の「超過収益率」とは、無危険利子率からの差である超過収益率を用いた推定値である。表2の「FF3f」は、Fama-Frenchの3ファクターモデルの推定結果である。

以上のことを具体例で説明しよう。1987年12月における「最長」の値は、1964年10月から1987年12月までをサンプルとしてCAPMを推定した値であり、最下行の2018年12月は、開始時点と同じ1964年10月に固定し、2018年12月までをサンプルとした推定値である。1987年12月の「NPM」は、1977年9月から1987年12月の収益率をサンプルとする推定値で、最下行の2018年12月は、開始時点1977年9月から2018年12月までをサンプルとする推定値である。このように「最長」と「NPM」との違いは、サンプル期間の開始時点を1964年10月にするか、1977年9月にするかの差である。

次の「10年」と「20年」は、開始時点を固定するのではなく、サンプル期間の長さを固定して計算する。10年はサンプル期間を10年に固定し、「年月」が1987年12月の場合、そのサンプル期間は1978年1月から1987年12月のデータから成り、最下行2018年12月の場合には2009年1月から

図8 全415社の平均

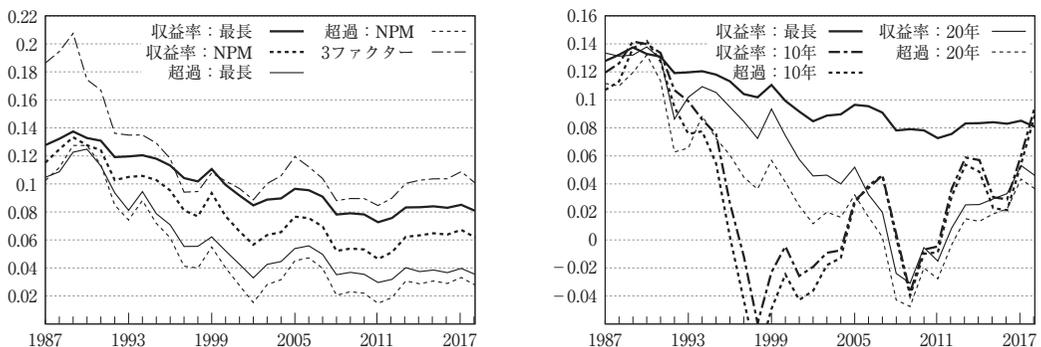


表2 株式要求利回り(全415社の平均)の差異

年月	収益率				超過収益率				FF3f
	最長	NPM	10年	20年	最長	NPM	10年	20年	
198712	0.1277	0.1152	0.1195	0.1334	0.1048	0.1025	0.1070	0.1117	0.1863
198812	0.1322	0.1247	0.1260	0.1312	0.1087	0.1117	0.1132	0.1099	0.1945
198912	0.1374	0.1333	0.1417	0.1319	0.1227	0.1275	0.1368	0.1195	0.2074
199012	0.1328	0.1276	0.1398	0.1378	0.1249	0.1275	0.1420	0.1320	0.1745
199112	0.1309	0.1240	0.1335	0.1294	0.1128	0.1137	0.1274	0.1136	0.1669
199212	0.1191	0.1027	0.1069	0.0864	0.0936	0.0849	0.0949	0.0628	0.1361
199312	0.1196	0.1050	0.0991	0.1019	0.0811	0.0742	0.0757	0.0656	0.1348
199412	0.1205	0.1058	0.0860	0.1095	0.0945	0.0882	0.0775	0.0886	0.1349
199512	0.1180	0.1028	0.0756	0.1053	0.0788	0.0719	0.0547	0.0725	0.1291
199612	0.1132	0.0953	0.0261	0.0949	0.0708	0.0616	0.0022	0.0606	0.1182
199712	0.1042	0.0812	-0.0115	0.0846	0.0554	0.0413	-0.0429	0.0449	0.0941
199812	0.1018	0.0768	-0.0596	0.0725	0.0554	0.0400	-0.0861	0.0363	0.0946
199912	0.1106	0.0935	-0.0231	0.0934	0.0622	0.0549	-0.0493	0.0569	0.1079
200012	0.0993	0.0770	-0.0046	0.0745	0.0522	0.0400	-0.0246	0.0414	0.1020
200112	0.0917	0.0661	-0.0257	0.0575	0.0427	0.0275	-0.0428	0.0243	0.0967
200212	0.0847	0.0566	-0.0192	0.0457	0.0329	0.0153	-0.0363	0.0115	0.0887
200312	0.0888	0.0635	-0.0091	0.0463	0.0426	0.0282	-0.0180	0.0199	0.1003
200412	0.0897	0.0656	-0.0074	0.0401	0.0446	0.0316	-0.0128	0.0162	0.1058
200512	0.0965	0.0766	0.0281	0.0520	0.0539	0.0452	0.0264	0.0322	0.1195
200612	0.0955	0.0756	0.0370	0.0324	0.0558	0.0472	0.0388	0.0164	0.1122
200712	0.0909	0.0696	0.0461	0.0197	0.0497	0.0397	0.0461	0.0021	0.1038
200812	0.0782	0.0522	0.0043	-0.0239	0.0352	0.0205	0.0016	-0.0429	0.0881
200912	0.0791	0.0538	-0.0375	-0.0309	0.0369	0.0230	-0.0397	-0.0475	0.0895
201012	0.0782	0.0533	-0.0069	-0.0055	0.0355	0.0220	-0.0099	-0.02	0.0896
201112	0.0727	0.0464	-0.0046	-0.0151	0.0296	0.0148	-0.0088	-0.0277	0.0845
201212	0.0757	0.0512	0.0366	0.0085	0.0319	0.0189	0.0311	-0.0033	0.0898
201312	0.0832	0.0623	0.0589	0.0251	0.0402	0.0307	0.0537	0.0151	0.1004
201412	0.0834	0.0633	0.0570	0.0253	0.0374	0.0287	0.0487	0.0133	0.1026
201512	0.0840	0.0648	0.0305	0.0294	0.0386	0.0307	0.0227	0.0186	0.1036
201612	0.0830	0.0638	0.0290	0.0331	0.0367	0.0289	0.0212	0.0222	0.1037
201712	0.0851	0.0672	0.0602	0.0532	0.0397	0.0332	0.0540	0.0434	0.1088
201812	0.0808	0.0618	0.0949	0.0460	0.0354	0.0278	0.0891	0.0365	0.1007

2018年12月がサンプル期間である。期間を10年に固定してサンプルを形成するので、「年月」の変化でサンプルの開始時点($t=1$)も逐次変更される。「20年」というのは、サンプル期間の長さを20年に固定する場合であり、「年月」が1987年12月であれば、そのサンプル期間は1968年1月から1987年12月のデータである。また「FF3f」の3ファクターモデルでは、1977年9月を開始時点に固定したサンプルを用いている。

表2をグラフにしたのが図8である。開始時点固定する場合が左側の図、サンプル期間固定の場合が右側の図である。両方の図で、横軸と縦軸の長さの尺度は共通化している。(その結果)左側と右側とで縦軸の値がズレていることに注意して欲しい。これらの図の凡例にある「収益率」というのは、ナマの収益率をデータにした場合、「超過」とは超過収益率をデータに推

定した場合である。またナマの収益率の「最長」のケースを比較の目安として、左側と右側の両図に太い実線で描いている。当然のことであるが、左側と右側を見比べると、開始時点固定する「最長」および「NPM」が、期間固定の「10年」および「20年」よりも、推定値が安定して推移している。そして期間固定の「10年」は「20年」よりも、推定値の振幅はかなり激しい。

それでは次にもう少し細かく見てみよう。まず開始時点固定する場合の左側の図である。CAPMとして4つのパターンおよび3ファクターモデルの5系列が描かれている。興味深いのは、これら5系列が比較的一定幅の差異（スプレッド）でもって連動しているように見える点である。超過収益率の場合、「最長」と「NPM」とのスプレッドは小さく、1%ほどの差であるが、ナマ収益率の場合、スプレッドは当初は1%少々であるが、90年代後半から徐々に拡大し、3%ほどの大きさを長期間維持している。サンプルの開始時点が1964年とするか1977年とするかで、CAPMの推定値には3%ほどの差が発生するという点である。また3ファクターモデルの推定値は、当初の90年代前半までの間、ナマ収益率のCAPM推定値と大きく乖離しているが、90年代後半以降は概ね2%ほどのスプレッドを維持して連動している。

次はサンプル期間を固定する場合の右側の図である。ナマ収益率と超過収益率との間のスプレッドは、10年の場合でも20年の場合でも概ね一定である。つまりナマ収益率と超過収益率は連動している。明らかにスプレッドは20年よりも10年の方が小さい。開始時点固定の場合より、サンプル期間固定の方が変動性が大きくなるのは当然としても、10年固定の場合と20年固定の場合とで、両者の差は看過できないほど大きい。2000年頃の推定値では、株式資本コストが10%を超えているときに、10年固定で計算すると負値となってしまう。2009年でも同様である。固定期間を20年とする場合は、10年固定よりも変動具合は穏やかであるが、例えば2009年で負の推定値の株式資本コストを算出する。もちろん、開始時点固定すべきか、サンプル期間を固定すべきか、どちらがよいのか確たる根拠は存在しないのであるが、実用上の使い辛さということを勘案するなら、サンプル期間固定よりも開始時点固定の方が使い勝手がよいのは間違いない。

以上の表2と図8は、1964年からデータを確保できる415社すべての平均であるが、個別の企業で見るとどうであろうか。紙幅の都合ですべてを掲載するわけにはいかないが、適当に抽出した5社の結果を図に描いてみよう。図8と同じ書式で、次の5つの企業に関する推定値である。東レ（図9）、日本ガイシ（図10）、横河電機（図11）、トヨタ自動車（図12）、四国電力（図13）の5社である。細かく見れば異なる点も見受けられるが、先に指摘した415社すべての平均のケースとほとんど同じような形に見えないだろうか。全体の平均に関する先の指摘が、この5社についてもほとんど当てはまる。実はここに掲載した5社のみならず、他の410社についてもだいたい同じなのである。まったく別々の企業の株式資本コストがほぼ同じ動きで連動・推移しているということである。

CAPMにおいては、企業間の差異はベータ係数の違いで把握されるが、どの企業で見ても同じような株式資本コストが推定されるということは、ベータ係数の企業間の差異に余り意味がないということかもしれない。だとするならば、株式資本コストの推定はベータ係数を1と想定して、 $E(R_M)$ の値を当てればよいということになってしまう。なぜ企業間の差異が顕著に表れないの

図9 東レ (3402)

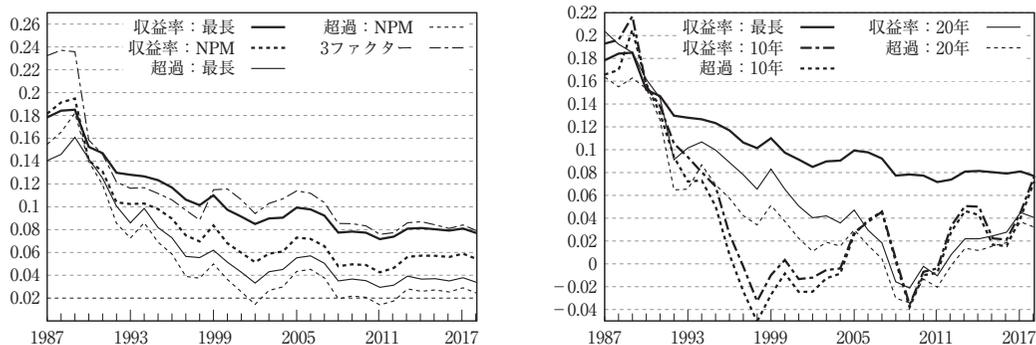


図10 日本ガイシ (5333)

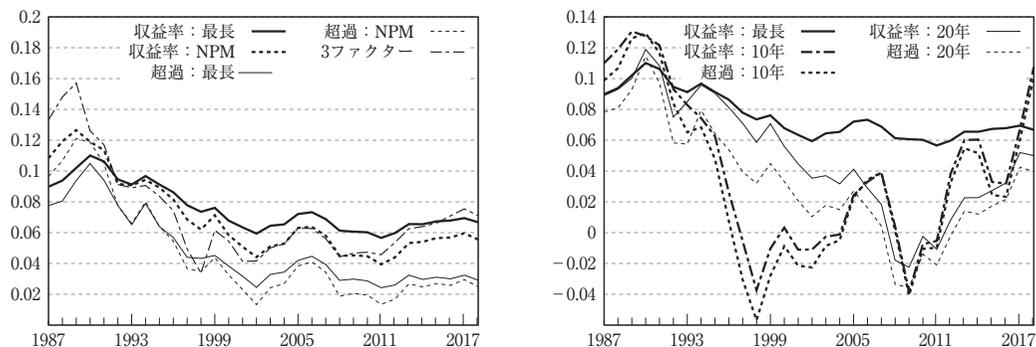
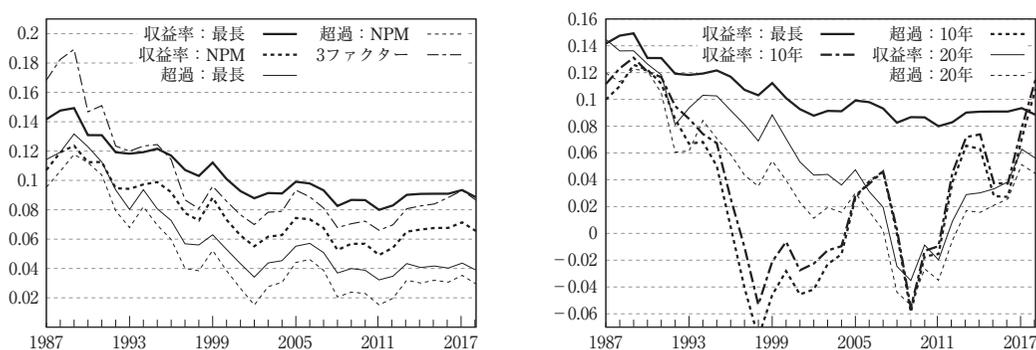


図11 横河電機 (6841)



だろうか。この点をむしろ筆者は興味深く感じるが、より詳細な検討は別の機会が必要であろう。

もう1つ特徴的な点は、Fama-Frenchの3ファクターモデルとの差異である。3ファクターモデルによる株式資本コストの推定値は、ナマ収益率を使ったサンプル開始時点を固定する場合と概ね連動している。サンプル開始時点が1964年に固定する場合（最長）と1977年に固定する場合

図12 トヨタ自動車 (7203)

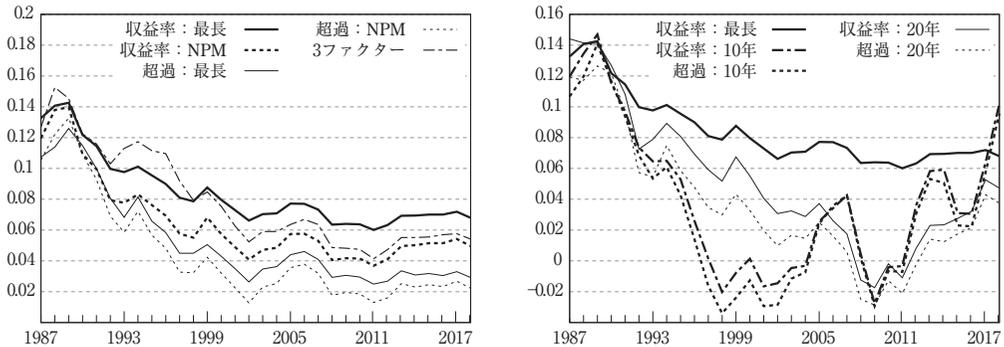
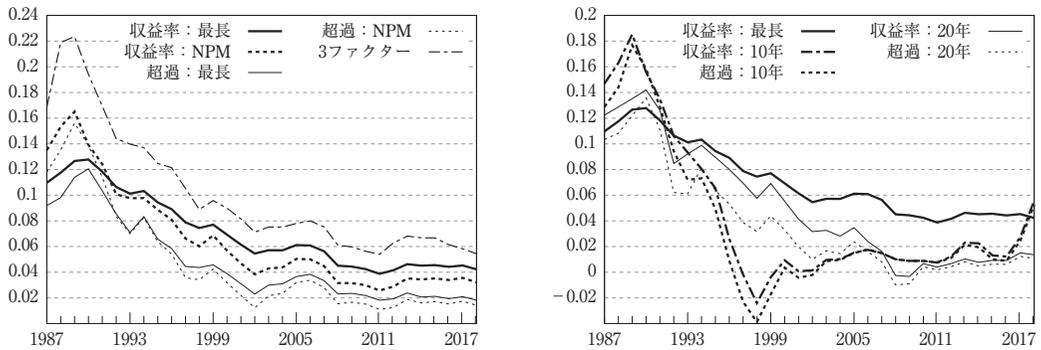


図13 四国電力 (9507)



(NPM), 両者の中間にある場合が多い。この5社すべてで概ね同じような感じであるが、3つの値の大小関係は時期によって、また企業によってまちまちである。それでもこれら3つが大きく乖離する動きとはならない。3ファクターモデルのうち2つのファクターはCAPM(のマーケットファクター)とはまったく無関係であるから、株式資本コストの推定値は大きく乖離し得るのであるが、それでも両者は概ね連動して動いている。これも筆者には非常に興味深く思う点である。

6 結びに代えて

本稿の議論により、CAPMを用いた株式資本コストの推定は次のように行うべきである。

無危険利率 R_F には、国債利回りを用いる。満期までの残存期間が7年~10年の利回りの平均値を当てる。なお、1977年以前の無危険利率には電債利回りを代用する。

マーケットポートフォリオ収益率 R_M には、マーケットポートフォリオをTOPIXで代用し、収益率の値は次のような計算をする。TOPIXの値の変化率でもって、収益率の中の値上り益(値下り損)利回りとみなし、これに加えて、東証発表の「東証1部平均利回り(有配会社)」を

TOPIX 構成銘柄全体の配当利回りとみなして、両者の和を取り TOPIX 収益率を計算する。この TOPIX 収益率の値が R_M のデータとなる。

平均・分散および共分散の統計パラメタの標本統計量の計算は、どうやってサンプルを作るべきか、サンプル抽出方法に関する理論的な定説は存在しないが、実用上は、サンプルの開始時点をデータベース初期時点に固定することで、最長期間のサンプルを作るべきである。サンプル期間を固定したとすると、いつの時点を計算対象とするかで、サンプル開始時点は動くから、標本統計量の推定値も大きく変化し得る。この恣意性を排除するため、サンプル開始時点を固定しておく方が好ましい。

データベースの初期時点が異なると、それに依拠する標本統計量の推定値も変化する。サンプル開始時点を1977年とする場合と比べて、もっと古い1964年を開始時点とすると、ナマ収益率データの場合、株式資本コストの推定値は3%ほど大きくなる。超過収益率データの場合、差異は1~2%ほど大きい。

Fama-French の3ファクターモデルによる株式資本コストの値は、ナマ収益率データの1964年開始の場合(最長)の推定値と1977年開始の場合(NPM)の推定値の間にある場合が多い。中間エリアにない場合であっても、3ファクターモデルの推定値が両者を大きく乖離することはない。

サンプルの開始時点を固定するか、サンプル期間を固定するか、どちらにするかで、株式資本コストの推定値は大きく異なり得るが、他の違い、開始時点の違いやナマ収益率が超過収益率かの違いは概ね一定のスプレッドで連動しているように見える。

本稿では415社個々について、推定を行ったが、すべての企業で概ね同じような傾向が観察される。ということは、CAPMにおける企業間の違い、つまりベータ係数の違いは実用上それほど重要ではないのかもしれない。

参 考 文 献

- [1] Berk, Jonathan, and Peter DeMarzo, 2019. *Corporate Finance (fifth edition)*, Pearson. 久保田敬一ほか(訳)『コーポレートファイナンス 入門編および応用編』ピアソン桐原。
- [2] Black, Fischer, Michael C. Jensen, and Myron Scholes, 1972. "The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Tests," *Studies in the Theory of Capital Markets*, Michael C. Jensen, ed., Praeger.
- [3] Brealey, Richard A., Stewart C. Myers, and Franklin Allen, 2019. *Principles of Corporate Finance (13th edition)*, McGraw-Hill. 藤井眞理子・國枝繁樹(監訳)『コーポレートファイナンス 上・下』日経BP社。
- [4] Fama, Eugene F., 1976. *Foundations of Finance*, Basic Books.
- [5] Fama, Eugene F., and Merton H. Miller, 1972. *The Theory of Finance*, Dryden.
- [6] Jensen, Michael C., 1972. "The Foundations and Current State of Capital Market Theory," *Studies in the Theory of Capital Markets*, Michael C. Jensen, ed., Praeger.
- [7] Miller, Merton H., and Myron Scholes, 1972. "Rates of Return in Relation to Risk: A Reexamination of Some Recent Findings," *Studies in the Theory of Capital Markets*, Michael C. Jensen, ed., Praeger.
- [8] Roll, Richard, 1977. "A Critique of the Asset Pricing Theory's Tests Part I: On Past and Potential Testability of the Theory," *Journal of Financial Economics*, Vol.4, No.2 (March, 1977), pp.129-176.
- [9] Ross, Stephen A., Randolph W. Westerfield, Jeffrey F. Jaffe, and Bradford Jordan, 2018. *Corporate Finance (12th*

- edition*), McGraw-Hill. 大野薫 (訳) 『コーポレートファイナンスの原理』 金融財政事情研究会 .
[10] Sharpe, William F., 1970. *Portfolio Theory and Capital Markets*, McGraw-Hill.