

ノーベル経済学賞を受賞した証券投資理論

Nobel Prizes in Investment Theories

倉澤 一 孝

KURASAWA Kazutaka

【概要】

本稿はノーベル経済学賞を受賞した証券投資に関する研究を初学者や実務家を対象に解説する。平均・分散モデル、CAPM、ブラック・ショールズ方程式、効率的市場仮説、行動ファイナンスについて、数学を使わず、直感的に理解できるよう解説する。

【キーワード】

ノーベル経済学、証券投資理論

はじめに

著名な投資コンサルタントで金融史の研究者でもあるピーター・バーンスタインは、証券投資の世界が1970年代以降経験した大きな変化を振り返り、次のように述べている。

1952年から73年にかけて、ごく少数の学者たちの集団がその後のウォール街と証券投資の世界に革命的变化をもたらした一連の知識体系を作り上げてきた。はじめは象牙の塔にいた人々がほとんど無から生み出した驚異的な業績は、その後の投資の意思決定を導くために、あるいは金融市場の動きを分析するために不可欠の体系へと展開されていった¹。

この「革命的变化」とは、1970年代に始まった金融技術革新のことである。それ以前の証券投資の世界では、投資の意思決定は経験と勘が頼りであった。投資家は、革新的な製品を開発した企業や独創的な経営手法を持った起業家を発見し、その企業に投資した。経営分析が系統

的に行われることもあったが、それは将来の利益を予測し、その現在価値を計算する程度のものであった。

しかし、1970年代になると、この経験と勘の世界に数学的理論が導入され始める。例えば、資産配分の問題（ポートフォリオ選択）は二次計画法という数学的手法で解決され、リスクは統計学的に推定される「 β 」で語られるようになった。コンピュータの発展がこれら数学的理論の利用を後押しし、多くの投資家が二次計画法の問題をノートブック上で解き、データベースから β を推定するようになった。また、1970年代以降取引が拡大しているデリバティブの商品開発には確率微分方程式が用いられている。この数学的手法なしには、今日取引されている複雑な金融商品が誕生することはなかったであろう。

バーンスタインによれば、証券投資の世界に「革命的变化」をもたらしたのは経済学者たちである。資産配分の問題に二次計画法を応用したのはハリー・マーコウィッツであり、リスクの測定方法として β を開発したのはウィリア

ム・シャープである。また、確率微分方程式を使ってデリバティブの価格評価モデルを開発したのはロバート・マートンとマイロン・ショールズである。この4人は高等数学を得意とする経済学者であり、いずれもノーベル経済学賞を受賞している。

本稿では、この4人の研究をはじめとする、ノーベル経済学賞を受賞した証券投資に関する研究を、数学に詳しくない初学者や実務家を対象に解説する。ノーベル経済学賞は「人類のために最大の貢献をした」経済学者に授与される。証券投資に関する研究は数多くあり、そのほとんどは記号と方程式で書かれているため、初学者や実務家が詳細を理解するのは難しい。しかし、ノーベル賞を授与された最も重要な研究を概観すれば、証券投資理論の全体像を把握し、実務に役に立つアイデアを理解することは可能であろう。

1969年に始まったノーベル経済学賞は、2012年までに71人が受賞している。この中で、証券投資に直接関係する研究が受賞理由となったのは、1990年のハリー・マーコウィッツ、マートン・ミラー、ウィリアム・シャープと1997年のロバート・マートン、マイロン・ショールズの5人である。さらに、2013年のノーベル経済学賞は、ユージーン・ファーマ、ラズ・ピーター・ハンセン、ロバート・シラーの3氏に授与されることが決定している。3氏とも資産市場の研究で世界的に著名であり、スウェーデン王立アカデミーは「資産価値に関する実証分析」を受賞理由に挙げている。

本稿では、マーコウィッツとシャープ、マートンとショールズ、ファーマとシラーを中心に、これらの研究が証券投資の実務にどのような意味を持つのか、直感的に理解できるよう解説する。

1. マーコウィッツとシャープ(1990年)

1990年のノーベル経済学賞は、ハリー・マーコウィッツ、マートン・ミラー、ウィリアム・シャープの3氏に授与された。受賞理由は「資産形成の安全性を高めるための一般理論形成を称えて」である。ここでは、ミラーの研究には触れず、証券投資の実務に革新をもたらしたマーコウィッツとシャープの研究を解説する²。

まず、マーコウィッツであるが、彼の開発した理論は「平均・分散モデル」と呼ばれている。「卵を一つのかごに盛るな」という格言があるように、分散投資の利点は昔から理解されていたが、どの資産に資産総額の何パーセントを振り分けるべきか、具体的に解答を出す方法はなかった。マーコウィッツの平均・分散モデルは、この資産配分の問題に解答を出すことを可能にした。実際に、証券投資の実務では、資産配分を決定する際に平均・分散モデルが幅広く使われている。

平均・分散モデルを開発するにあたってマーコウィッツが注目したのは、投資家は予想リターンだけでなく、予想の不確実性も考慮して投資する、という事実である。例えば、株式に投資する場合、予想リターンだけを考慮する投資家は、リターンが最も高いと予想される1銘柄に集中投資するであろう。しかし、多くの投資家は予想が外れる可能性も考慮して複数の銘柄に分散投資している。A社の株式は大きく値上がりするかもしれないが、将来の予想はいつも不確実である。予想が外れた場合に備えてB社やC社の株式にも投資しておこう。このように考えて多くの投資家は分散投資を実践している。

では、予想リターンを大きく、かつ、予想の不確実性を小さくするためには、どのように資産を配分すればよいだろうか。マーコウィッツ

は二次計画法という数学的手法でこの問題を解決した。予想リターンにはリターンの平均、予想の不確実性にはリターンの分散を使い、「予想リターン（リターンの平均）がXパーセントになる資産配分の中で、予想の不確実性（リターンの分散）を最小にする資産配分」を数学的に探していく。予想リターンが同じポートフォリオであれば、予想の不確実性が最小になるようにするのが効率的であり、合理的な投資家はそのように投資すべきであろう。

つぎに、シャープであるが、彼は「CAPM (Capital Asset Pricing Model の略で、キャップエムと読む)」と呼ばれる理論を開発し、マーコウィッツの理論を発展させた。マーコウィッツが平均・分散モデルで「投資家はどのように資産を配分すべきか」という問題を解決して投資方針を示したのに対して、シャープは平均・分散モデルを資産市場全体に当てはめて「予想リターンは何パーセントになるか」という問題を解明した。この理論的發展により投資家の資産市場に対する理解は深まり、特に、資産市場の「リスク」を正しく捉えられるようになった。

CAPM はジェームズ・トービンの「分離定理」を前提としている（トービンはマクロ経済学に対する貢献で1981年にノーベル賞を受賞している）。分離定理によると、不確実性を許容できる投資家は株式などの危険資産に多く投資し、不確実性を許容できない投資家はリターンが確定している国債などの安全資産に多く投資すべきであるが、危険資産の中身についてはどちらの投資家も同じにすべきである。ギャンブラーは多額の資金を危険資産につき込み、年金生活者は資産の大部分を安全資産に置いておくであろう。しかし、危険資産の部分については、ギャンブラーも年金生活者も、A社の株式にはXパーセント、B社の株式にはYパーセント、と同じ比率で投資すべきである（この

危険資産のポートフォリオは「市場ポートフォリオ」と呼ばれる)。このように、危険資産と安全資産の間で資産総額を振り分けるかの問題と、危険資産内の資産配分を決める問題は分離して考えるべきである、というのが分離定理である（分離定理はマーコウィッツの平均・分散モデルを応用して導き出される）。

ここから、シャープは「 β （ベータ）」と呼ばれる新たなリスク尺度を考え出した。 β は市場ポートフォリオに対する個別資産の感応度を表す。例えば、ある株式のリターンが市場ポートフォリオのリターンと完全に連動していれば、この株式の β は1となる。市場ポートフォリオよりも変動が大きければ、 β は1より大きくなる。変動が小さければ、 β は1より小さくなる（市場ポートフォリオのリターンがプラスのとき、ある株式のリターンがマイナスになれば、この株式の β はマイナスになる）。 β は回帰分析によって統計学的に推定することができる。実務上では、個別資産と市場平均インデックス（例えば、TOPIX）のデータから β を推定することが多い。

なぜ β がリスク尺度になるのだろうか。分離定理を前提にすると、全ての投資家は市場ポートフォリオを保有する。では、現在保有している市場ポートフォリオに新たな資産が1つ加わったら、投資家が抱える不確実性はどう変化するだろうか。この資産の β が1よりも大きければ市場ポートフォリオの変動は大きくなり、投資家はより大きな不確実性を抱えることになる。逆に、この資産の β が1よりも小さければ市場ポートフォリオの変動幅は小さくなり、投資家の抱える不確実性は減少する。したがって、値動きが激しい資産でも β が1よりも小さければ、その資産を保有することによって市場ポートフォリオの変動幅を小さくすることができる。投資家はこのような資産を好み、その資産のリスクは低いと見なすである

う。こう考えると、個々の資産のリスクは値動きの激しさではなく、市場ポートフォリオに対する感応度で測定すべきであることが分かる。

このリスクに対する洞察から、シャープは、予想リターンは β によって決まる、というCAPMの中心命題を導き出す。これは

$$R_a = R_0 + \beta_a (R_m - R_0)$$

という線形関数で表される³。 β が大きい資産は市場ポートフォリオの変動を大きくするため、高いリターンが予想できなければ投資家は保有しないであろう。一方、 β が小さい資産は市場ポートフォリオの変動を小さくするため、リターンが低くても投資家は保有したいと思う。つまり、リターンはリスクを抱えることに対する補償であり、 β の大きさによって補償されるリターンも決まる、ということを上の式は意味している。

2. マートンとショールズ(1977年)

1977年のノーベル経済学賞はロバート・マートンとマイロン・ショールズに授与された。受賞理由は「デリバティブ価格決定の新手法に対して」である。この「新手法」は、ショールズとフィッシャー・ブラックの共同研究で開発されたため、「ブラック・ショールズ方程式」と呼ばれている（マートンはこの方程式に厳密な数学的証明を与えた）。しかし、ブラックは1995年に他界してしまい、ノーベル賞を受賞できなかった。もし生きていたら共同受賞したであろうと言われている。

ブラック・ショールズ方程式は、オプションという金融商品の価格を算出するための方程式である。オプションとは、「A社の株式を○月○日にX円で買う権利」や「B社の株式を△月▽日にY円で売る権利」のような、「権利（義務ではない）」を与える契約である。買う権利

は「コール・オプション」、売る権利は「プット・オプション」と呼ばれる。オプションを保有している投資家は、権利行使日の株価を見て、権利を行使するか決定する。コール・オプションを保有している投資家は、権利行使日の株価が権利行使価格（X円）よりも高ければ、権利を行使して利益を得る。権利行使日の株価が権利行使価格よりも低ければ、権利は行使されず、オプションは失効する。プット・オプションを保有している投資家は、権利行使日の株価が権利行使価格（Y円）よりも低ければ、権利を行使して利益を得る。権利行使日の株価が権利行使価格よりも高ければ、権利は行使されず、オプションは失効する。

このように、オプションは権利が行使されるか不確実であるため、その価格を決めるのが難しかった。マートンとショールズ（とブラック）は確率微分方程式を応用し、

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial S} rS + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 = rf$$

という方程式を導き出した⁴。この方程式に、権利行使価格、現在の株価、予想される変動率、オプションの残存期間、現在の利子率を代入すれば、オプションの価格が算出される。現在では、金融電卓にもブラック・ショールズ方程式が収録されており、誰でも（確率微分方程式を知らなくても）この計算をすることができる。

3. ファーマとシラー(2013年)

2013年のノーベル経済学賞は、ユージーン・ファーマ、ラーズ・ピーター・ハンセン、ロバート・シラーの3氏に授与されることが決定した。受賞対象となったのは「資産市場の実証研究」である。この発表は「正反対の理論が受賞」と驚きをもって報じられた⁵。ここでは、ハンセンの研究には触れず、異なる市場観を持つファーマとシラーの研究を解説する⁶。

ファーマは「効率的市場仮説」の提唱者として知られている。この説によると、金融市場は情報を効率的に処理するので、資産価格は入手可能な情報を完全に反映している。例えば、株式市場では、新製品の開発や経済政策の変更など、新しいニュースが株価にどのくらい影響を与えるか正確に理解され、即座に株価に織り込まれる。株価はいつでも正しく、割安でもなければ、割高でもない。したがって、どんな投資戦略を使っても市場を打ち負かすことはできない、ということになる。

ファーマのこの市場観は、ポール・サミュエルソンの研究に強い影響を受けている（サミュエルソンは経済学の分析水準を向上させた功績で1970年にノーベル賞を受賞している）。サミュエルソンによると、金融市場に限らず、様々な市場が効率的に機能する理由の一つは情報をめぐる競争にある。市場では、多くの人々が誰よりも早く情報を入手しようと競争している。しかし、多くの人々がこの競争に参加すればするほど、割安なものには買い注文、割高なものには売り注文が素早く集まるようになる。その結果、市場価格が適正水準から乖離している時間は短くなり、利益を得る機会は少なくなる。そして、競争が進み、市場が効率的になれば、市場価格はその時点で利用可能な情報を全て反映した価格になり、将来の価格は無作為な「ランダム・ウォーク」をするようになる。情報をめぐる競争と市場の効率性に関するサミュエルソンの研究は経済学全般に大きな影響を与え、このアイデアを金融市場に応用したのがファーマの効率的市場仮説である。

ファーマの効率的市場仮説では、金融市場の効率性は「利用可能な情報」の違いによって3つに分類される。まず、過去の価格データを使っても将来の資産価格を予測できない場合、金融市場は「弱度 (weak)」に効率的だと言われる。金融市場がこの意味で効率的であるなら

ば、チャート分析によって市場平均を上回る投資はできないことになる。次に、過去の価格データに加えて、企業の財務情報など、公表されているいかなる情報を使っても将来の資産価格を予測できない場合、市場は「準強度 (semi-strong)」に効率的だと言われる。この意味では、ファンダメンタル分析でも市場を打ち負かせないことになる。最後に、一般に公表されていないインサイダー情報を使っても将来の資産価格を予測できない場合、金融市場は「強度 (strong)」に効率的だと言われる。株式市場を対象とした実証研究では、弱度、準強度の効率性が確認されることが多い。したがって、これらの実証研究を信じる株式投資家は市場平均のリターンで満足しなければならない（インサイダー取引は違法である）。

一方、「行動ファイナンス」を研究するシラーによると、金融市場は効率的市場仮説が想定するほど効率的ではない。シラーは株価と配当の変動を比較し、株価の変動の方が大きいことを実証的に示した。株価を「将来の配当の予測」と考えれば、予測対象の変動より予測の変動の方が大きくては合理的な予測とは言えない。これは、投資家が情報に過剰（あるいは、過少）反応していることの証拠であり、効率的市場仮説と矛盾する。

行動ファイナンスは、心理学や社会学などの知見を取り入れて金融市場を研究する分野である。行動ファイナンスでは、投資家の「認知バイアス」が特に重視される。例えば、投資家はランダムな資産価格の動きにパターンを見ることがある。また、投資家は自信過剰になることがある一方、稀な出来事の確率を高く見積もる傾向もある。このような認知バイアスは実験で確認されている（認知バイアスに関する研究では、ダニエル・カーネマンとパーノン・スミスが2002年にノーベル賞を受賞している）。

認知バイアスは金融市場に「ノイズ」を生み

出す。そして、ノイズが金融市場に「フィードバック」されれば、ノイズは次第に大きくなり、バブルを生み出す可能性もある。投資家はノイズによって値上がりした株価を見て、株価の上昇が今後も続くと思うかもしれない。キャピタル・ゲインを狙って多くの投資家が株式市場に参加すれば、株価はさらに上昇し、ノイズは増幅する。効率的市場仮説では、このようなフィードバックが起こることは想定されていない。しかし、行動ファイナンスでは、心理学や社会学で研究されているフィードバック理論を応用し、金融市場でバブルが起こるメカニズムを説明しようとする。

ただし、行動ファイナンスは、金融市場が常に非効率的である、と主張しているのではない。行動ファイナンスの研究が意味しているのは、金融市場は完全に狂っているわけではないが、ノイズを無視できるほど効率的でもない、ということである。資産価格はランダム・ウォークから外れ、持続的に上昇することもある。バブルの可能性の排除できない、という市場観をシラーをはじめとする行動ファイナンスの研究者は持っている。

4. おわりに

本稿では、ノーベル経済学を受賞した証券投資に関する研究を解説した。これらの研究は証券投資の世界に「革命的变化」をもたらした。マーコウィッツの平均・分散モデルは資産配分の問題を解決し、シャープのCAPMは客観的なリスク測定を、ブラック・ショールズ方程式はオプション価格の算出を可能にした。また、ファーマの効率的市場仮説とシラーの行動ファイナンスは市場に対する投資家の理解を深め、多くの投資家が科学的視点から資産運用を考えるようになった。

また、本稿で紹介した経済学者は様々な形で証券業界に関わりを持ち、研究から得られた知

見を実務で活用しようとしている。例えば、マートンとショールズはヘッジファンドを設立し、ファーマは投資アドバイザーとして機関投資家などに助言している⁷。また、シラーは「ケース・シラー住宅価格指数」を開発し、これは米国不動産市場の代表的な指標として幅広く使われている。このように、証券投資理論は経済学の中でも特に実践的な分野である。

- 1 パーンスタイン(2006)。
- 2 ミラーは「株価を決定するのは企業の収益性のみであり、負債で資金調達をするか、株式発行で資金調達をするか、配当をどれだけ支払うかは無関係である」とするモディリアーニ・ミラーの定理で受賞した。なお、フランコ・モディリアーニは貯蓄と金融市場に関する研究で1986年にノーベル賞を受賞している。
- 3 R_a は資産 a の予想リターン、 R_0 は無リスク金利、 R_m はマーケットポートフォリオのリターン、 β_a は資産 a の β である。
- 4 株価 S は期間 $[0, T]$ に $dS = \mu S dt + \sigma S dz$ に従う (μ は平均リターン、 t は時間、 σ はボラティリティ (標準偏差)、 z は標準ブラウン運動である)。ブラッ・ショールズ方程式において、派生証券の価格は $f(S, t)$ 、 r は利子率である。
- 5 「東洋経済オンライン」2013年11月4日付。
- 6 ハンセンは先物市場に関する研究で効率的市場仮説が成立しないことを示した。
- 7 マートンとショールズが設立、運営に参加した Long Term Capital Management は1998年に破綻した。

[参考文献]

- [1] トーマス・キャリアー(2012)「ノーベル経済学賞の40年(上・下)」筑摩選書
- [2] ピーター・パーンスタイン(2006)「証券投資の思想革命(普及版)」東洋経済
- [3] ピーター・パーンスタイン(2009)「アルファ

を求めらるる男たち」東洋経済

- [4]デービッド・G・ルーエンバーガー(2002)「金融工学入門」日本経済新聞出版社
- [5] Fama, E. F. and French, K. R. "The Capital Market Pricing Model: Theory and Evidence". *Journal of Economic Perspectives* 18, 25-46
- [6] Markowitz, H. M. (1990). "Foundations of Portfolio Theory". Nobel Lecture
- [7] Sharp, W. F. (1990). "Capital Asset Prices with and without Negative Holdings". Nobel Lecture
- [8] Shiller, R. J. (2003). "From Efficient Markets Theory to Behavioral Finance". *Journal of Economic Perspectives* 17, 83-104
- [9] Varian, H. (1993). "A Portfolio of Laureates: Markowitz, Miller, and Sharp". *Journal of Economic Perspectives* 7, 159-169