

98-J-3

イン・ザ・マネーになった経済理論

東京大学大学院経済学研究科
小林孝雄

カリフォルニア大学バークレー校ビジネススクール
テリー・マーシュ

1998年1月

このディスカッション・ペーパーは、内部での討論に資するための未定稿の段階にある論文草稿である。著者の承諾なしに引用・複写することは差し控えられる。

イン・ザ・マネーになった経済理論*

1998年1月28日

東京大学大学院経済学研究科教授
小林 孝雄

カリフォルニア大学バークレー校ビジネス・スクール準教授
テリー・マーシュ

* 『現代ファイナンス』（日本ファイナンス学会機関誌掲載予定）

An Economics Contribution that is In-the-Money

Abstract

This paper is written as a tribute to Professors Robert Merton and Myron Scholes, winners of the 1997 Nobel Prize in Economics, as well as to their collaborator, the late Professor Fischer Black. We first provide a brief review of their option pricing theory and illustrate how it is different from equilibrium valuation models that are based on the standard price theory. We also discuss how the Black-Scholes Formula and the option-replication technique which underlie the B-S model led the financial technology innovation in the last quarter century. We then give a selective overview of the works of Merton and Scholes beyond option pricing. Finally we briefly address how these two great scholars in finance, as well as late Fischer Black, have been successful in steering prominent Wall Street firms.

昨年 10 月、ロバート・マートン現ハーバード大学ビジネス・スクール教授とマイロン・ショールズ現スタンフォード大学ビジネス・スクール教授に 1997 年度のノーベル経済学賞が授与された。スウェーデン王立科学アカデミーが発表した授与理由を引用すると、「二人は、故フィッシャー・ブラックも加わった共同研究において、株式オプションの価値を示す画期的な公式を発見した。彼らが開発した方法は、経済的な価値を算出する一般的な方法として多方面で利用されるようになった。さらに、彼らの発見はさまざまな新しい金融装置を誕生させ、リスク・コントロールの面で社会の効率性を促進させることを通じて、経済社会にも大きく貢献した」ということである。

マートン教授は、1990 年度に同賞を受賞されたウィリアム・シャープ教授、マートン・ミラー教授とならんで、日本ファイナンス学会の海外顧問を勤めていただいている方であり、今回の出来事は『現代ファイナンス』の読者にとっても大変めでたいことである。この小論は、お二人の業績を整理しその意義を論じて両教授のノーベル経済学賞受賞のお祝いとするために、著者二人が寄稿したものである¹。

1. オプション契約とオプション価格理論

オプションは先渡し契約（フォワード・コントラクト）や先物契約（フューチャーズ・コントラクト）と同様に、その価値が裏付けとなる変数や原資産から導出されることから、派生証券と呼ばれる。原資産や変数とは、金、小麦、原油等の商品価格や、利子率、債券価格、為替レート、株価指数等の金融・経済変数である。例えば、今から 1 年後に金 1 オンスを 320 ドルで受け渡すことを約束する金先物契約の価値は金の現物価格に依存し、金の現物価格が上昇すれば先物契約の価値も上がり、金の現物価格が下落すれば先物契約の価値も下がる。先物、先

¹ 経済理論の歴史から見たブラック=マートン=ショールズのオプション価格理論の性格や理論的特徴については、「デリバティブと金融イノベーションの経済学」（『証券アナリストジャーナル』1997 年 12 月号）に整理した。また、オプション価格理論の理論的拡張に関する将来展望については、“The Work of Fischer Black, Robert Merton, and Myron Scholes, and its Continuing Legacy” (*Japanese Journal of Financial Economics*, No.3, February 1998) に詳しく論じた。

渡し契約の買い手側は、期日前に反対売買をしないかぎり、受渡日に現物の受渡しを受けるか、差金決済を行う義務を負うことになる。したがって、先物契約の買い手側が得る利得は、図 1 の太線で示すように、金の価格と右上がりの直線で結ばれる。買い手側の利益（損失）はそのまま売り手側の損失（利益）になるので、売り手側の利得は横軸に関してこの太線と対称な直線となる。

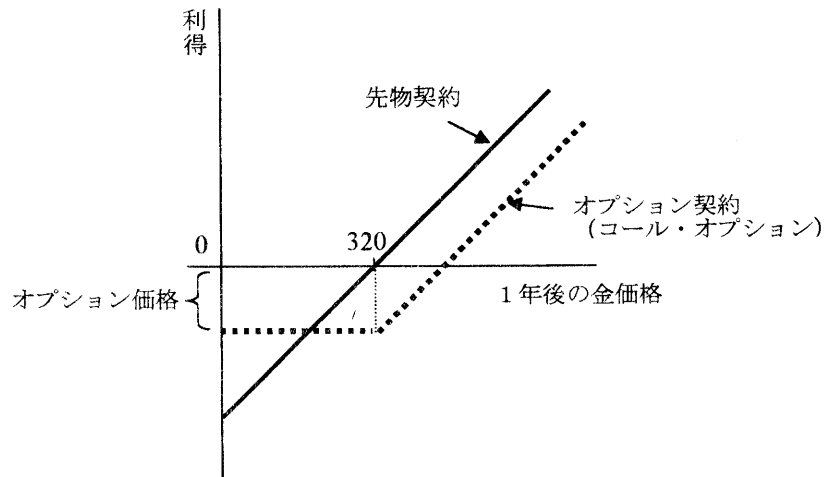


図 1

オプションも派生証券であるが、先物契約やフォワード契約と異なり、オプションの所有者に選択権を与える契約であり、義務を負わせる契約ではない。例えば、1 オンス 320 ドルで金を取引するコール・オプションは、オプションの売り手から1 オンス 320 ドルで金を買取る権利をオプションの所有者に与える。したがって、満期日（「アメリカン」タイプのオプションの場合には満期日以前）に1 オンスが320 ドル以上になった場合にだけ、オプション所有者はオプションを権利行使して金を買えばよい。このため、オプションの利得は、図1に点線で示したように、金の価格に対して非線型（凸型）となる。

代金を支払って権利さえ得てしまえば、後は下方のリスクを負わずにすむところがオプションの特徴であり、これは映画、コンサート、スポーツ観戦などの前売り券と同じ理屈である。東京ドームで行われる野球の試合の前売り券は、当日の天候が良ければ高い価値を持つが、雨

天でびしょ濡れになるのがいやであればゲームに行かなければよいわけであり、観戦シートを空席にしたからといって主催者から罰金を払わされることはない。

株式を例にとって、コール・オプションの価値が何に依存するかを考えてみよう。満期日の株価が高いほどコール・オプションから得られる利得も高くなるのであるから、オプションの価値を求めるには、なりよりもまず第一に将来の株価をできるだけ正確に予測しなければならない。こう考えるのがおそらく普通であろう。しかし 1970 年代のはじめにマサチューセツ工科大学で研究を競っていたブラック、マートン、ショールズの 3 人が発見した決定的に重要な原理は、オプションの価値が株価の予測経路には依存しないということであった。株価の将来見通しに関する市場の予測はすでに現在の株価に織り込まれているはずである。したがって、現在の株価を所与としたときのオプションの相対価値は、市場の株価予想とは独立に決まることになる。オプションと株価のこの相対関係は、裁定機会が排除されるかぎり市場で維持されるという極めて頑健な関係であり、投資家の効用関数のパラメータをはじめ多くの未知変数を含む伝統的な需給均衡モデルから得られる予測よりも、はるかに信頼性が高い。

株価が幾何ブラウン運動に従うと仮定してオプション価格が満たすべき偏微分方程式を導くというのが、彼らのとったアプローチであった。カリフォルニア工科大学で数学を専攻していたマートンは、この偏微分方程式が物理学で登場する熱伝導方程式と同じ形をしていて、きれいな解析解を持つことに、すぐ気づいた。オプション価格理論を構築するために 3 人が用いた連続時間確率過程、確率微分方程式、伊藤の公式、偏微分方程式といった数学的道具は、当時のファイナンス研究、広くは経済学研究にとって決してなじみのあるものではなく、当初は彼らの展開した理論の正当性に異論を唱える研究者も存在した。著者たちは、ブラック=ショールズとマートンが別々にオプション価格理論に関する論文を発表したほんの数年後に、それぞれスタンフォード大学、シカゴ大学のファイナンス博士課程に在籍したので、この当時の学会の興奮に満ちた状態を今でも生き生きと記憶している。その後、彼らの発見の理論的一般化や、今日「リスク中立化法」や「マーチンゲール定理」という名で知られる別の角度からの理論構

築が、10年余りにわたってファイナンスの理論研究のフロンティアとなっていた。しかしながら、こうした理論の普遍化に最も大きな役割を果たしたのは、離散時間、離散状態を仮定した「二項モデル (バイノミアル・モデル)」によって彼らの理論の簡単な理解方法を示したウィリアム・シャープであった。彼の頭にこのアイデアが浮かんだのは、イスラエルの死海のそばで行われたコンファレンスの期間中であったという。ある日の昼間の休憩時間に、死海の水面を眺めながら、新しく登場したオプション価格理論をもっと簡単に理解する方法があるはずと考えている最中に、シャープはこの基本的なアイデアに思い至った。そばにいた若き日のマーク・ルビンシュタインにアイデアを説明し、二人でコンファレンス会場に戻って、大会そっこのけで部屋に戻り、アイデアを定式化し、数式展開を行って二項モデルの極限を求め、それがブラック=ショールズの公式にピッタリと一致することを確認した。樹形図を用いたこの二項モデルは、その後オプション価格理論の実務への普及に大きな役割を果たしたのであり、オプションという商品そのものに負けないほど、今では世の中に知れ渡っている²。

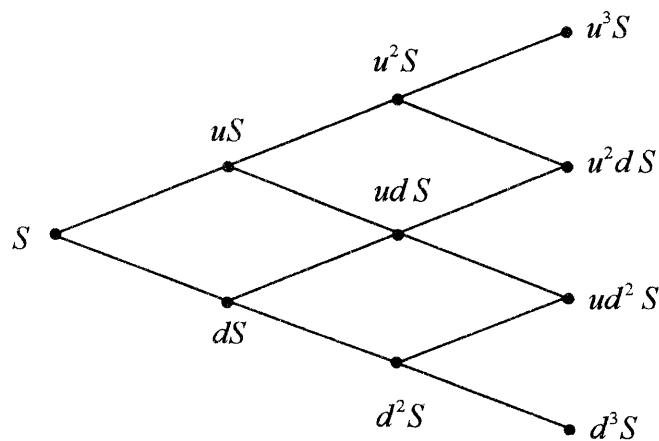


図 2

² シャープはスタンフォードに戻ってから、早速、二項モデルの極限としてブラック=ショールズ理論を理解するというラフなアイデアを彼の博士課程学生に与え、その経路からきちんとブラック=ショールズの公式を導ける学生が何人いるかを試そうとした。当時博士課程の勉強を始めたばかりの1番目の著者は、このときの学生の一人で、シャープから A+の評点を貰ったそのときのレポートを今も大切に保存している。

二項モデルによってオプション価値を求める方法を簡単に要約しておこう。図 2 の樹形図の左端は今日を表している。今日の株価は S 円であるが、1 期先の株価は uS へ上昇するか dS へ下落するかの 2 種類の結果しかないと仮定する。2 期先、3 期先、そしてそれ以後についても、株価は u 倍になるか d 倍になるかの 2 種類しかないと仮定する。話を具体的にするために、 S が 3,000 円、 uS が 4,500 円、 dS が 2,000 円として、権利行使価格 3,000 円で満期まで 1 期間しかないコール・オプションを考えてみよう。利子率は 10% とする。1 期後に株価が上昇すればオプションの最終価値は 1,500 円となり、下落すれば 0 円となる。このオプションの最終価値は、1,091 円の資金を借りて 0.6 単位の株式に投資することによって合成することが可能である。これは、つぎのように簡単に確かめられる。もし株価が 4,500 円に上昇すれば、0.6 単位の株式の価値は $0.6 \times 4,500 = 2,700$ 円となり、他方ローンの元利合計は $1,091 \times 1.10 = 1,200$ 円となる。したがって、ローン債務を返済した後に残る価値は 1,500 円で、これはオプション 1 枚の最終価値と全く同じである。株価が 2,000 円に下落する場合には、0.6 単位の株式の価値は $2,000 \times 0.6 = 1,200$ 円となり、これを売却してローンの元利合計を支払えば、手元に残るのは 0 円である。つまりこの場合にもオプションの最終価値に一致する。以上のように、上記のレバレッジ付きの株式の買いポジションを組むことによりオプションの最終価値を完全に複製することができることから、オプションの今日の価値は上のポジションをとるために今日必要な資金額に等しくなければならない。すなわち、オプションの今日の価値は $0.6 \times 3,000 - 1,091 = 709$ 円でなければならない。オプションにこの金額よりも高い価値をつける投資家がいれば、その投資家にオプションを売って、裏側で上記のオプション合成ポジションを組めば、オプションの売りによって発生するリスクは合成ポジションから得られる最終価値で完全にヘッジされ、オプションと合成ポジションの今日の価格差だけが裁定利益として手元に残る。逆に、市場がオプションにこの金額よりも安い価格をつけていれば、オプションを買う一方で上記の合成ポジションと正反対のポジションをとれば、やはりリスクなしで価格差だけの裁定利益が獲得できる。裁定の論理からオプション価値を導く以上の原理は、図 2 に示すような多期間モデ

ルに拡張することができる。そして、期間の数をある適切な方法で増やしていくと、二項モデルで決定されるオプションの価値はブラック＝ショールズの公式に収束する（この収束の数学的原理は、二項分布が試行回数を増加させたときに正規分布に収束するという統計学の有名な定理と全く同じである）。

株式オプションは、株式の買い持ち戦略よりもはるかに広くて柔軟なリスク・ヘッジや投機
の機会を投資家に提供する。株価の上昇を予想するときに株式を買い、株価の下落を予想する
ときに株式を売ることは、株価の確率分布の 1 次モーメント（平均値）に 賭けることを意味
する。この相場の方向に対する賭けは、時に「ディレクショナル・ベット」と呼ばれる。オプ
ションは、二項モデルを使った先の説明でも分かるように、レバレッジ付きの株式投資と同等
であるので、当然のことながら、株価の方向性を狙った投機や株価の方向性に対するヘッジに
大変効果的に使うことができる。しかし、オプションはいわゆる「ボラティリティー・プレイ」
を可能にする。これは、株価の方向ではなく、株価の確率分布の 2 次モーメントに賭けをする
ことを意味する。

オプションの価値が株価のボラティリティーを反映することは、上述の例で簡単に確認できる。
1 期後の株価が 4,500 円と 2,000 円の幅ではなく、6,000 円と 1,500 円の幅であると市場が予
想しているとしよう。このときには、先と同じ計算をすると、オプションの価値は 1,091 円に
上昇し、オプションを合成するのに 0.67 単位の株式が必要となることが分かる。このように、
株価のボラティリティー（変化幅）が大きくなるほどコール・オプションの価値は高くなり、
オプションの利得を複製するのにより多くの株式が必要になる。これは株価のボラティリテ
ーが大きくなるほどオプションの上方ポテンシャルは拡大する一方、下方リスクは依然として
権利行使価格のところまでフロアーがかかっているからである。

代表的なボラティリティー・プレイの例を示したのが図 3 である。図の点線と破線は同一の
権利行使価格をもつコール・オプションとプット・オプションの満期における利得であり、コ
ールとプットを 1 枚ずつ買った場合の利得は、図の直線になる。このポジションをとれば、満

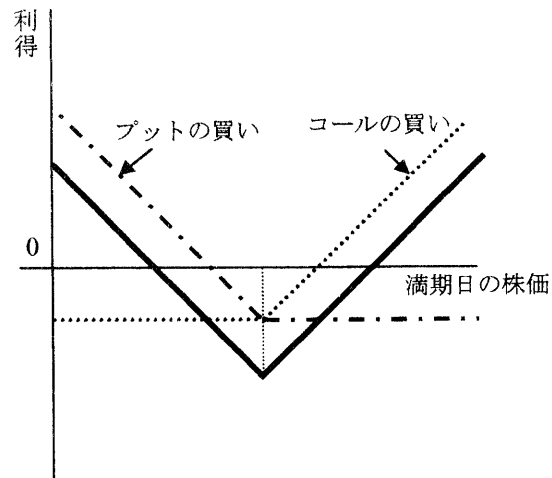


図 3

期日にかけて株価が大きく上昇あるいは下落すれば大きな利得が発生するが、株価があまり動かなければオプション料だけの損になる。株価に大きく影響を与えそうなニュースや事件が直前に予想されるが、それが良いニュースか悪いニュースか分からない場合には、投資家はこのような利得パターンを作りたいはずである。また、図 4 の実線は、株価がある値近辺になった

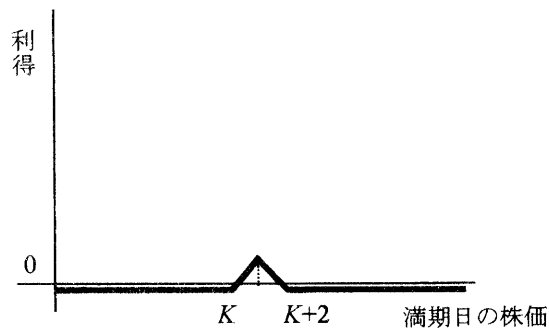


図 4

ときにだけ利益が生まれるという利得図である。これは権利行使価格が K 円と $K+2$ 円のコール・オプションを 1 枚ずつ買い、権利行使価格が $K+1$ 円のコール・オプションを 2 枚売ることによって合成できる。この場合、株価が $K+1$ 円の近辺になったときにだけ、つまりある特定の「状態」が起きたときにだけ利得が発生する。図 4 は特定の状態にかけた保険と同じ役割を果たす。また、これを組み合わせれば、どのような利得のパターンも合成可能である。このよ

うに、オプションは化学元素のようなもので、それを組み合わせることによって様々な利得パターンを合成できる。逆に言うと、資産のペイオフを個別の化学元素に分解すれば、その資産の価値をオプション価格理論を利用して求めることができる。株価指数や消費財バスケットを原資産にするオプションがあれば、それらを取引することによって株式市場の動向に連動した利得や景気・個人所得に連動した利得パターンがいかようにも合成可能になる。こうした作用をファイナンスの理論では、「市場の完備化」と呼んでいる。

2. オプション理論の広範な意義

オプションの歴史は古く、ギリシャ時代のオリーブ圧搾器のオプション契約にまでさかのぼると言われている。17世紀後半には当時世界貿易の中心であったアムステルダムの証券取引所で盛んに取引されていた。1970年頃の米国では、オプションは証券会社の店頭で、事業会社の発行するオプションであるワラントはニューヨーク証券取引所やアメリカン証券取引所で取引されていた。図1のように特殊な利得を投資家にもたらすオプションやワラントの合理的な価格を探るのは、勘と経験とガッツだけが頼りのやっかいな作業であった。ブラック=ショールズの論文が世に出た1973年5月は、世界初のオプション取引所であるシカゴ・オプション取引所が事業を開始した直後であった。ちょうどこの時期にはプログラム付き電卓が急速に普及し始めていたので、ブラック=ショールズの公式を記憶した電卓にパラメータを入力してオプションの理論値を求めるトレーダーの姿は、まもなく取引所の日常的な光景になった。これが取引の迅速化と適正な価格の形成に大きく貢献したことはいうまでもない。今日では株式、債券、通貨、金利、商品など、あらゆるオプション・マーケットでブラック=ショールズ・モデルは日常会話の用語であり、このモデルなくしては取引が成立しないといわれるほどである。

しかしながら、オプション理論に関するマートンとショールズの貢献はオプションの価格公式にはとどまらない。彼らのオプション理論の革新的なところは、それがオプション価値の計量器の役割を果たすだけでなく、オプション複製の方法をも教えていたことである。おそらく

は文明が始まったときから、あるいは遅くとも「アービトラージ」というフランス語の用語を人々が使うようになったときから、商人たちほどのように証券を静的に複製するかを理解したと思われる。例えば、ドルを円に交換する契約は、ドルをマルクに交換する契約とマルクを円に交換する契約を同時に結ぶことによって複製できる。しかし、株式を多期間にわたって連続的に取引することによってオプションを動的に複製できることを発見したのは、ブラック、マートン、ショールズの 3 人が最初であろう。例えば、株式のコール・オプションは株価が上昇すれば株式の保有枚数を増やし、株価が下落すれば保有枚数を減らすことによって複製できる。ここでは説明は割愛するが、これも先の二項モデルの図を使って簡単に示すことができる。

この単純な原理は、現在めざましい勢いで進行中の金融イノベーションを支えるエンジン部分の原理につながるものである。その一般原理とは、ごく短期間先の少数の状態でのみ利得を発生させる取引戦略を持てば、それを建築用ブロックにして極めて多様な証券を複製することができるという原理である。つまり、今から何期間も先の時点で起きるあらゆる経済シナリオの個々についてさまざまな形で発生する投機やヘッジの需要に応えるために、別個の保険商品の市場を何十、何百も別々に作る必要がないのである。市場の完備化のために多くの市場の創設が必要なのではなく、1 期先の 2 つの状態のそれぞれで利得を約束する 2 種類の「元素」証券さえあれば、多数の個別市場の創設と同じ結果が得られるのである。これは経済理論の世界だけの抽象的な話に聞こえるかも知れないが、日頃証券会社や投資銀行が投資家や事業会社に提供している数え切れないくらいのオーダー・メイドの店頭商品や仕組商品の提供を可能にしているのは、まさにこの動的複製の原理なのである。つまり、これらの店頭商品群を提供することによって証券会社が抱える膨大なリスクに対しては、少数の市場を使ったダイナミック・トレーディングによって毎日緻密なヘッジが行われている。例えば、一定の期間中に 1 ないし 2 銘柄の株価の最高値と（もしくは）最安値に依存して利得が決まる「ダブル・ルックバック・オプション」を発行した証券会社は、取引の裏側では当該株式のダイナミック・トレーディングによってリスクをヘッジしている。

資産をリスクの元素、あるいは元素を組み合わせた「切り身」（仏語でトランシェと呼ばれる）に切り分けるというアイデアは、投資家、金融機関、事業会社がヘッジしたいと考えるリスクと積極的に負担したいと考えるリスクを分離可能にする。また個々の切り身に発生するミス・プライシングから裁定利益を得ようとする裁定業者の登場が、切り身の価格形成の歪みを矯正する。そして、適正な価格の形成は切り身の交換プロセスの効率性を高め、個々の経済主体にきめ細かなリスク管理を可能にするだけでなく、リスク負担能力の再配分を通じて経済のパフォーマンスを引き上げる。また、こうしたテイラー・メードの切り身を商品として提供する銀行や証券会社は、切り身の適正価格をはじくためにオプション価格理論を利用するとともに、オプション複製のアイデアを適用してリスクをヘッジする。これがオプション価格理論の登場によって可能になった金融イノベーションのサイクルである。

この金融イノベーションのもう一つの重要な側面は、リスクの社会的配分を資本の移動から切り離すという点である。株価変動のリスクを一時的に避けたいと考える投資家は、従来ならば、保有株を売却して時期が来れば買い戻すといった、コストのかかる取引を行うしかすべはなかった。しかし、株価指数の先物を使えば、ほとんど資金の移動なしにこれが可能になる。変動金利と固定金利を交換する金利スワップも、従来では、元本込みで変動利付債と固定利付債を交換するしかそれを実現する方法はなかった。資本流出規制の強い途上国の人々は、従来ならば、先進諸国の株式を購入してそのリターンで国内経済の高いボラティリティーをヘッジすることなど考えもできなかったが、エクイティー・スワップを行う金融仲介機関の手を借りれば、資本流出なしに、またきわめて低いコストで、国内株と海外株のリスクを交換することが可能である。リスクの交換といえば保険会社を連想させるが、オプション市場は保険会社の強い競争相手にもなり、銀行、信託、保険、証券といった従来型の金融業務の区分法は、リスクの社会的再配分という経済機能からみれば、もはや適切な区分法ではなくなっているのである。

派生証券は、取引コスト、流動性の不足、会計制度、税金、規制などが資源配分に与える摩

擦や歪みを回避したり軽減したりするためにも、効果的に利用できる。しかし、このような非効率性によって利益を受けている人々にとっては、市場の摩擦を取り除き取引に大きな柔軟性をもたらす金融イノベーションは攻撃の標的となる。また、超特急列車やジェット旅客機に多数の犠牲者を生む大事故の危険性が避けて通れないように、派生証券もそのリスク移転のスピードと効率性ゆえに、大きな不幸を引き起こすことがある。米カリフォルニア州オレンジ郡の破産問題（ただしオレンジ郡の行った取引は、実は派生証券とは余り関係がなく、経済用語を使えば、エージェンシー契約の不完全性のもたらした問題であった）や伝統ある英国の投資銀行であったベアリング社の倒産事件が、派生証券の危険性に警鐘を鳴らしたのは、記憶に新しい。

こうした攻撃が起きるほどまでに、ブラック、マートン、ショールズの理論的発見は金融、証券のビジネスを大きく拡大したわけである。また、派生証券を中心にした金融イノベーションは、実物経済への作用を通じて国内経済、世界経済のパフォーマンスを大きく左右してきたし、今後その影響はより強くなると思われる。経済理論がこれほどまでに現実の経済に影響を与えたのはケインズ革命以来であり、また、ビジネスのあり方を根底から覆すほどのイノベーションを金融・証券実務にもたらした点で、それはまさに「イン・ザ・マネーになった経済理論」の希有な例である。

ここで著者たちは、ブラック、マートン、ショールズが開発したオプション価格モデルが完璧だと言うつもりはない。彼らのモデルを制約するもっとも大きな仮定は、原資産の価格ボラティリティーが一定という仮定である。これは彼らが、株価が幾何ブラウン運動に従うという仮定を設けたことに由来する。現実の株価がこれに反する確率的挙動を示すことは、以後行われた多くの研究が明らかにするところである。例えば、S&P500種や日経225種といった株価指数のオプションについて、それらがイン・ザ・マネーの状態である程度とブラック＝ショールズの公式から求めたインプライド・ボラティリティーの間に「スマイル効果」と呼ばれる単純な関係が観察されることが知られている（このスマイル効果が、個別株オプションやワラン

トの場合には株価指数オプションと正反対の関係になっているように見えることは興味深い)。
この現象は、株価が対数正規分布という 3 人の仮定からある方向に離れている可能性を示唆するものである³。

「実物オプション」の話も、ブラック、マートン、ショールズのオプション理論が生み出した経済学の新しい考え方である。実物オプションとは、事業への投資といった戦略的意思決定やより日常的な事業上の意思決定における選択権のことであり、そうした意思決定における柔軟性の価値を反映する。この柔軟性の価値は企業の無形資産と見なすべきものであるが、ハイテク企業などの評価を行うときには、有形資産よりもずっと重要である。企業評価といえば正味現在価値法の計算方法や加重資本コストといった概念が想起されるが、そうした伝統的な企業評価法では実物オプションの価値をほとんど捉えることができない。例えば、ある有能な経営チームが企業環境の変化に柔軟に適応する能力を持っていたとしても、その経済価値を現在価値法で評価することは難しい。意思決定の柔軟性を実物オプションの概念を用いて評価することのメリットは、勘や経験が頼りの定性分析を体系的で定量的な分析に置き換えられることである。

実物オプション理論の有名な適用例は、1980 年代初頭に米国エネルギー省が行ったオフショア石油鉱区のリース契約の入札に関する分析である。同省が IBM のシステム 370 汎用機を数台使って何日間もシミュレーションを行って求めた正味現在価値の推定値は、いつも石油会社が入札してくる価格を下回っていた。これがどうしてなのかを解明するために、同省は MIT の研究者をコンサルタントに加えて研究を進め、その差が実物オプションの価値分であると結論づけた。採掘権を落札した業者は、実際には、大きなコストのかかる試掘を開始するかどうかを決定するまでに数年間の余裕を持つことができる。また仮に石油が発見された場合にも、本格的な鉱区の開発に踏み切るかどうかを決定するのに、さらに数年の余裕を残すことができる。石油市況が下落して石油事業の利益が薄くなることが将来明らかになれば試掘や開発をス

³ 脚注 1 に挙げた *Japanese Journal of Financial Economics* (No.3, February 1998) の論文を参照のこと。

ロー・ダウンすべきであるし、反対に石油市況が高騰すれば開発をスピード・アップすべきである。したがって、試掘や開発のタイミングを選択できるオプションには大きな価値がある。MIT の研究者がこのオプション価値の推定を行った結果、鉱区リースの実際の入札価格と従来の方法で推定された正味現在価値の違いは、ほぼこのオプションの価値に相当することを発見した。石油会社はエネルギー省のコンピューターが計算に入れていなかった要素を、長年の経験からきちんと入札価格に織り込んでいたのである。

実物オプションの例をもう一つ追加するとすれば、土地の評価が上げられる。土地の上に建築物もなく居住者もない更地は、オフィス賃貸料の割引現在価値の期待値（ないしは隣接地の土地・建物の価格）からオフィス・ビルの建設費を引いた差額よりも高く売られるのが普通である。これは、更地のまま残された土地であれば、実際にどういった建物を建てるか、何階建てのビルにするか、贅沢な仕様のインテリジェント・ビルにするか、コストの安いビルにするか、あるいはまた居住用のアパートにするかなど、将来の経済情勢に応じて土地の利用方法を柔軟に決定する自由度を保証しているからである。実物オプションのモデルを用いて東京の空き地価格の分布を説明した研究も、最近発表されている⁴。

3. その他の研究業績

マートンとショールズは、オプション理論関連以外にも、ファイナンスの分野で数多くの重要な研究業績を残している。このあたりで、それらについて整理しておこう。

マートンは、理論経済学者として歩み始めた当初は、新古典派成長モデルの領域で研究していた。その頃の有名な業績としては、労働装備率に不確実性がある場合の定常成長経路の導出が挙げられる。労働装備率の不確実性は人口増加や技術進歩の不確実性に由来するが、マートンは不確実性のない場合に比べて、一人当たりの消費量、生産量、資本投下量の期待値が大き

⁴ Hiroshi Yamaguchi, Nobuya Takezawa, Ushio Sumita, and Ted Azarmi, "A Note on the Real Option Premium in Japanese Land Prices," Working Paper, Graduate School of International Management, International University of Japan, September 1995.

くなり、資本1単位当たりの産出量と利子率は低くなることを示した。

マートンが成長理論の研究で培った動学的最適化の数学的技術をファイナンスの領域に持ち込んだ最初の仕事は、最適消費・投資問題に関する研究であった。この研究においてマートンが仮定したのは、時間加法的で絶対危険回避度関数が双曲線型 (Hyperbolic Absolute Risk Aversion) の効用関数と、資産価格が幾何ブラウン運動に従うという仮定である。確率的ダイナミック・プログラミングの手法を用いてこの問題の解析解を導いたのがこの問題での彼の業績であるが、今日アセット・アロケーションの技法として知られる「コンスタント・ミックス戦略」や「コンスタント・プロポーション・ポートフォリオ・インシュランス戦略」の理論的基礎は、マートンのこの仕事で与えられた。

異時点間の消費・投資問題の分析を市場均衡の枠組みに持ち込んでシャープの静学的な資本資産評価モデルを動学化した「系時的資本資産評価モデル」(Intertemporal Capital Asset Pricing Model)も、ファイナンス理論の基礎づけとなった仕事として、オプション価格理論に引けをとらない。毎期末に実現する資産リターンが翌期の投資機会集合と相関しているとしよう。この相関が負であれば、その資産が今期低いリターンをあげるときには翌期の投資機会が好転する傾向があることを意味する。債券はその一例である。なぜなら、今期末に金利が上昇するときには、今期末に債券価格が下落し今期のリターンを低めるが、翌期は高金利環境となり良好な投資機会になるからである。こうした性質を持つ資産は将来の予測できない投資機会の悪化のために発生するリスクのヘッジとして有効に使えるので、これに投資をした投資家は消費の流列をなめらかにすることができる。したがって、このような資産の価値は相対的に高いはずである。1 期間モデルを前提にするシャープの資本資産評価モデルは、資産のリスク・プレミアムが市場ベータに比例することを主張するが、マートンは上記のような資産のリスク・プレミアムはシャープの予測する値よりも低いはずであることを示した。1 期間モデルの枠組みでは、リスク・プレミアムは今期のシステムティック・リスクだけに対する補償と考えることになる。これに対して、多期間モデルの枠組みで考えると、今期の資産リターンと翌期の投

資機会のシフトが、上の説明とは逆に、正方向に相関していれば、リスク・プレミアムは当期のリスクだけでなく、翌期のリスクに対する補償も提供しなければならないことになる。

マートンは、社債を企業資産の上にかかれたオプションと見なして「利子率のリスク構造」を理論的に求める方法を編み出した。社債の評価についてのこのマートンの発想は、信用リスクやクレジット・デリバティブの評価に持ち込まれ、ここ 5 年ほどの間に盛んに利用されるようになっていく。

また、企業の配当行動との関連で株価の合理性を検証した論文⁵や、(個別銘柄ではなく)株式市場のリスク・プレミアムをどう推定するかについての実証論文も書いている。コロンビア大学の世界的に有名な社会学者を父に持つマートンは、金融システムの機能についても大きな関心を持っていて、最近では社会保険制度、預金保険機構、金融イノベーションの経済学に関しても重要な論文を発表している。

企業金融論から銀行論、保険論、証券市場論に至る分野は、従来記述的分析が幅をきかせる経済学の僻地であったが、この分野を経済学の理論的、実証的研究の最先端分野に引き上げ金融経済学(フィナンシャル・エコノミクス)という新分野に統合させた第一人者はマートンであり、経済学界の大御所ポール・サミュエルソンの言葉を借りれば、彼は文句なしにこの分野のアイザック・ニュートンである。

ショールズは、シカゴ大学に在籍したせいでもあろうが、ファイナンス分野の初期のいくつかの代表的な実証研究に名を連ねている。有名なものの一つは、株式分割に関する「イベント・スタディ」である。この論文は、株式分割のニュースが市場に伝わった後に株価が上昇する傾向があることを検証したものであった。彼はこの論文で、株式分割後に株価の上昇が起きるのは株式分割後の実質配当増加に起因することを示した(もっとも、株価が一定期間上昇したあとには増配が実施されることが多く、また株式分割が行われることも多いから、という別の解釈もありえるのだが)。ショールズの別の共著論文で、頻繁に引用されるのは、資本資産評価モ

⁵ これは本稿の 2 番目の著者とマートンの共同論文である。

デルに則したリスク・プレミアムとベータの比例関係（別の表現をすれば、市場ポートフォリオの効率性）を検証するための2段階の統計的検定方法である。この方法は、ブラック=ジェンセン=ショールズ法とか時系列法と呼ばれる。また、ショールズはスタンフォード大学に移ってからは、租税が企業活動に及ぼす影響を研究し、その斬新な分析を本にまとめている。子供の頃には法律家を夢見たという彼は、年齢を重ねるとともに企業の制度的、法律的环境に対する関心を深め、スタンフォードのロー・スクールで数年間教鞭を取っている。

4. 金融実務界との関わり

ところで、マートンとショールズは、金融実務の世界でも積極的な役割を果たしている。ショールズは91年に米大手証券ソロモン・ブラザーズのデリバティブ部門にヘッドハントされたのであるが、その後93年に同社のジョン・メリウェザー元副会長がロング・ターム・キャピタル・マネジメント(LTCM)社を旗揚げした際、共同経営者（パートナー）として名を連ねることになる。マートンも少し遅れてLTCM社の共同経営者に加わる。

このLTCM社は米コネチカット州を本拠に60億ドルの投資家の拠出金を運用するヘッジ・ファンドである。LTCM社の投資家は利益の25%のインセンティブ・フィーと年間2%のマネジメント・フィーを支払うことを要求されるが、過去4年間のフィー控除後の投資リターンは平均で年率28.7%という、輝かしい「戦績」を上げている。

LTCM社の運用資産がこのように高いリターンを稼ぎ出すことができるのは、オプション理論を駆使した精緻なリスク・コントロールをかけながら、「コンバージェンス・トレード」に大胆な賭けを行うからである。ときには20倍ものレバレッジをかけ、運用資産規模は1,000億ドルを超えることもあるという。最近の例では、同社は、経済が弱いイタリアのような高金利国と、ドイツのような低金利国の利回りが「長期的には」収束するにちがいないという賭けを行った。このような賭けを個別のリスク要因に還元することでリスクを外科的に施術し、市場のミス・プライシングによるさやだけを抜くような証券のバスケットを持つことが可能になる。

LTCM 社の収益が 1997 年に入って減少したため（年初から 9 月までで 14.6%）、同社は投資家から預かった資金の約半分を投資家に返還すると伝えた（アメリカのその他のいくつかのヘッジ・ファンドも同様の行動をとった）。これを、市場が LTCM 社の技術に追いつきはじめた証拠と解釈することも可能である。しかしながら、LTCM 社はまだそうは考えていないようである。同社のオフィス網はまだ拡大中で、昨年 12 月には、ファイナンスの高等レベル教科書の著者として名高いチャー・フー・ファン元MITファイナンス教授をヘッドとして、東京オフィスも設立された。

最後に、フィッシャー・ブラックについて触れなければならない。ブラックは、オプション価格について研究を進めていた時期は米コンサルティング会社アーサー・D・リトルに勤める数学者であったが、それ以後 10 年余りの期間MITでファイナンスの教鞭をとった。その後、1984 年に米大手証券ゴールドマン・サックス社に共同経営者として迎えられ、投資研究部門を長年統括した。残念なことに、米ファイナンス学会の会長職を勤めた後、1995 年にがんのために 57 歳の若さで他界した。ノーベル経済学賞がオプション価格理論に対してあと 2 年早く贈られていれば、フィッシャー・ブラックもまちがいに同賞を受賞することになったであろう。マートンとショールズは、ノーベル賞の賞金 100 万ドルの一部をMITのフィッシャー・ブラック記念教授ポストに寄付することを公表している。ファイナンス学会の偉大な奇才であった同教授のご冥福をお祈りして、稿を閉じたい。