

金融システムにおけるリスクとリスク管理の考察

システム情報工学研究科 リスク工学専攻

福山 亮生

盛 凱

清水 建次

はじめに

金融(finance)とは、「時間軸上において希少資源をどのように分配するかを研究する学問」であり、金融システム(financial system)とは、「市場とその参加者からなる、金融に関する契約、資産、リスクの交換を行うシステム」である。

金融システムでは、古くからリスクの概念が導入されている。例えば、以下で述べるポートフォリオ理論では、諺「卵を一つの籠にいれるな」と一致した概念である。現代の金融システムは、さらに、合理的、理論的に分析が行われており、リスクについても同様である。よって、本課題において、金融システム全般のリスクの考え方をまとめることにより、他分野でのリスク解析などに応用の可能性もあり重要である。

金融システムのリスクには、大きく分けて2つリスクがある。

1つは「市場リスク」である。このリスクは資本市場における環境、状況の変化によって資産価値が変動するリスクである。つまり、ある時点では、価値のあるものが次の時点では、価値の無いものになってしまう。

もう一つが、「信用リスク」である。これは、ある貸付先の元本や、利子の支払いが滞ったり、支払い不能が生じたりするリスクのことである。

これらのリスクは分散することができる。このことは、「ポートフォリオ理論」で述べられていて、1証券あるいは、1貸付先のみならず投資するよりも、複数に分散投資することの方がリスク回避について効率がよいことが知られている。

本課題では、まず、金融システムにおいて基本的かつ重要な、「ポートフォリオ理論」についてまとめ、現実に行きうる証券の変動リスクを分散投資することで回避することができるのか、検証する。

次に、「市場リスク」について、株式や為替などの市場取引よりも、変動リスクを小さくした取引の形状である、先物取引や、スワップ取引やオプション取引等の「デリバティブ(金融派生商品)取引」のリスク回避のシステムについてまとめる。また、現在の取引でよく使用されているオプション価格の理論値をもとめることができる「ブラック=ショールズ(Black-Scholes)の価格公式」を使い、リスクを回避する売買の方策や、このモデルの現実への適応性を検証する。

最後に、「信用リスク」について、このリスクの回避する仕組みを考察する。

1. ポートフォリオ理論

1.1 ポートフォリオとは

ポートフォリオ(Portfolio)とは、もともと、「紙バサミ、書類入れ」という意味の言葉である。個々の機関や個人が保有する証券はそれぞれ、「紙バサミ、書類入れ」で保管されていたことが多かったため、保有者ごとに保管した複数の証券を一つの資産として見なし、それをポートフォリオと呼ぶようになった。そして、現在では証券、不動産等も含めた金融資産を組み合わせてできた資産全体をポートフォリオと呼ぶようになっている。

1.2 ポートフォリオ理論とは

ポートフォリオ理論は、上で述べたポートフォリオに対する投資の考え方を理論的に分析したものである。1990年のノーベル経済学賞の受賞者である、ハリー・マーコビッツ(Harry Markowitz)によって、1952年に発表された論文が、この理論の始まりと言われている。これは、分散投資のメリットを数学的に示したものである。

分散投資とは、特定の1銘柄に投資するのではなく、複数の銘柄に投資することである。大昔から投資の世界にある諺で「卵を一つの籠にいれるな」というものがある。この言葉は、「もし、籠を落としてしまった時、卵がすべて割れてしまえば取り返しのつかないことになる」という意味を持っていて、分散させることを薦めたものである。つまり、分散投資の考えは、全く新しいものではなく、先人の知恵とポートフォリオ理論は一致したものとなっている。

分散投資をすることで、リスクを回避することができる。本章で扱うリスクとは、価値変動のリスクを指している。以下で、この分散投資によるリスクヘッジの仕組みを、実際の株価と、最も簡単な構造の2証券ポートフォリオを用いて、説明を行っていくことにする。

1.3 ポートフォリオの収益率

$$R_j = \frac{P_{j,1} - P_{j,0} + D_{j,0}}{P_{j,0}} \quad (1.1)$$

まず、証券 j の収益率 R_j を、以上のように定義する。今期の証券価格を $P_{j,0}$ 、次期の価格を $P_{j,1}$ とし、次期に払われる配当金を $D_{j,0}$ とする。つまり、収益率とは、今期と次期の間でどのくらいの割合の収益があったかを表したものである。

また、証券の収益率を用いて、2証券ポートフォリオの収益率を求める。あるポートフォリオ p において、証券1と証券2を組み合わせるときに、証券1を所持している割合を α とすると、ポートフォリオ p の収益率 R_p は以下のように表すことができる。

$$R_p = \alpha R_1 + (1 - \alpha) R_2 \quad (0 \leq \alpha \leq 1) \quad (1.2)$$

1.4 ポートフォリオの期待収益率と標準偏差

ポートフォリオ理論では、収益率の期待値（期待収益率）と収益率の標準偏差を用いて議論を行う。これは、人間の行動を記述する期待効用理論に基づいており、投資家の意志決定の簡略化に役立てることができる。しかし、本課題では、投資家の意志とは無関係に、分散投資を行うことによってリスクを回避できることを説明したいので、期待効用理論について詳記をしない。

また、収益率の標準偏差は、収益の変動を表すので、この値が、ポートフォリオのリスクとして扱われる。

ポートフォリオ p の期待収益率は以下のように表される。

$$E(R_p) = \alpha E(R_1) + (1 - \alpha) E(R_2) \quad (1.3)$$

また、ポートフォリオ p の収益率の標準偏差は以下のように表される。

$$\begin{aligned} \sigma(R_p) &= \sqrt{\text{var}(R_p)} \\ &= \sqrt{\alpha^2 \text{var}(R_1) + (1 - \alpha)^2 \text{var}(R_2) + 2\alpha(1 - \alpha) \text{cov}(R_1, R_2)} \end{aligned} \quad (1.4)$$

1.5 検証

ある A , B 社の過去5年間までの各月の平均株価のデータ（図1.1）をあらかじめ入手し、その後3ヶ月の2社の証券からなるポートフォリオについて分散投資によるリスク回避の効果を調べる。ただし、今回の課題では、リスクを最小にするように分散投資の割合を決定する。また、2社の配当金については無視して、株価のみで検証を行う。

まず、図1.1のデータから、その時点まででリスクを最小にする証券の割合を決定する。その後、1ヶ月ごとに新しく入ってくる平均株価のデータ（図1.2）を追加し、証券の投資する割合を計算しなおしていき、リスクを最小にする投資割合の期待収益率、資産価値の変動を見る。

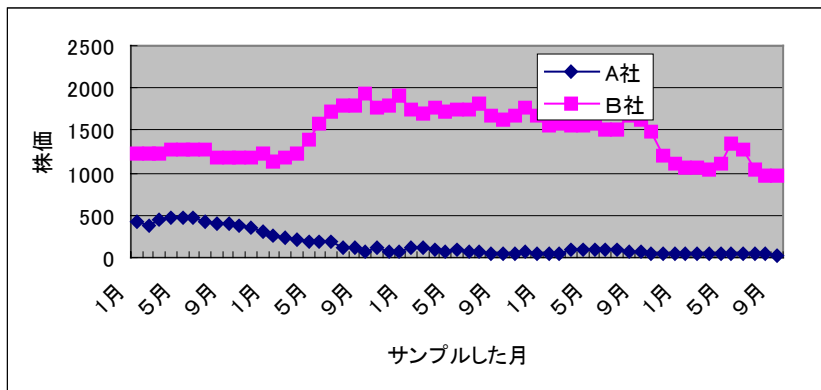


図 1.1 A社とB社の株価

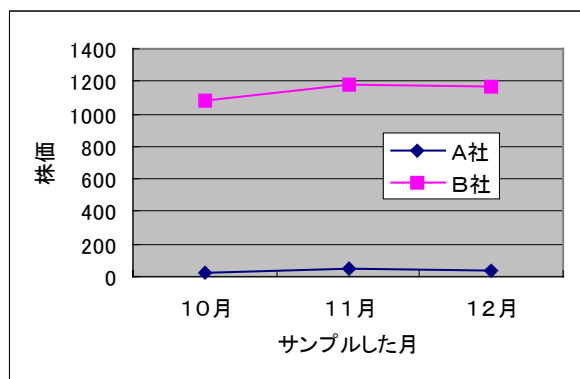


図 1.2 追加した3ヶ月のデータ

図 1.3 は、初期状態（図 1.1 のデータのみ）で、証券Aを持つ割合を 10% 刻みとしたとき、このポートフォリオの期待収益率と標準偏差をプロットしたものである。このときのリスク（標準偏差）を最小にするのは、「A社 10%、B社 90%（期待収益率 -0.45 標準偏差 6.30）」である。

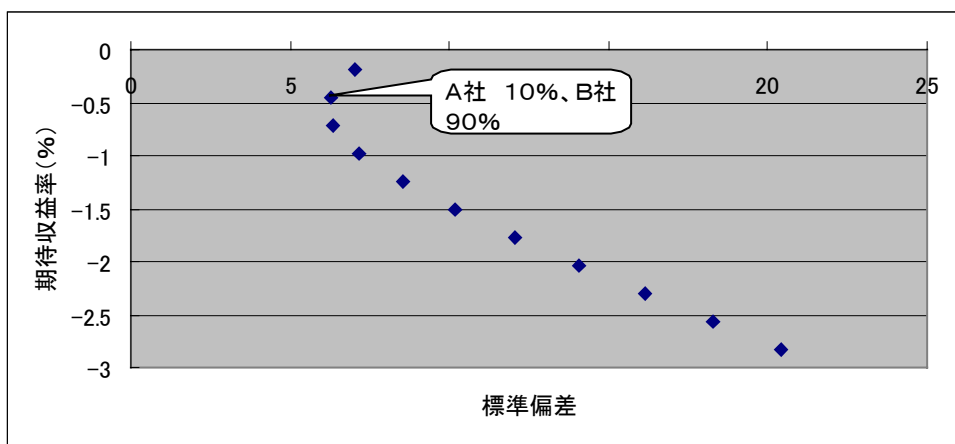


図 1.3 初期状態での期待収益率と標準偏差

このようにして、新たなデータを追加するたびに、リスクを最小にするものを取り出し、各月のポートフォリオの期待収益率をプロットしたものが図 1.4 となる。

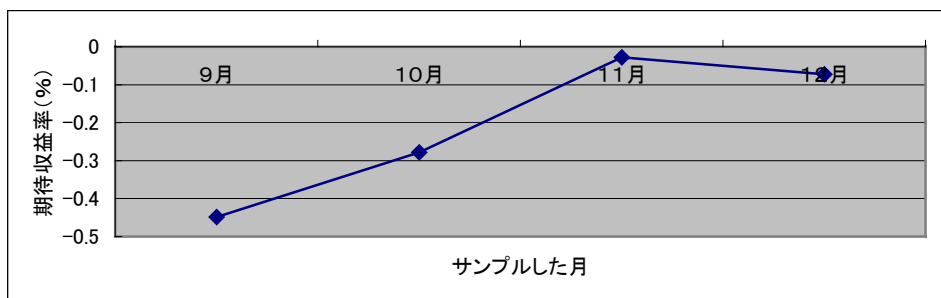


図 1.4 リスクを最小にした各月の期待収益率

図 1.4 のように得られた期待収益率をもとに、資産価値変動について考える。（図 1.5、但し、はじめに 100000 の資産を持っているとき）

さらに、分散投資の効果を比較して見るために、A社のみ、B社をみのポートフォリオを所持したときの資産価値変動の様子も図に示す。（図 1.6、図 1.7）

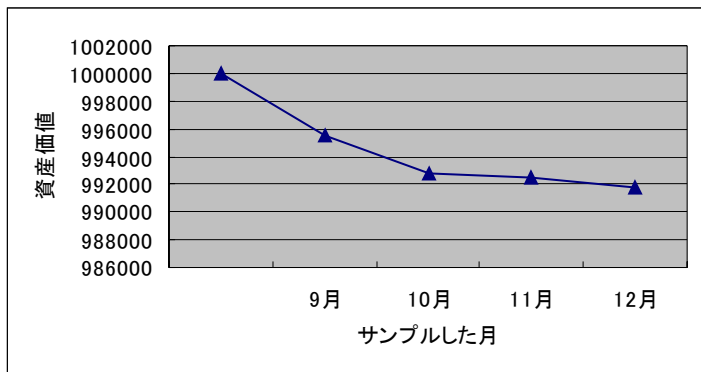


図 1.5 リスクを最小とする各月の資産価値

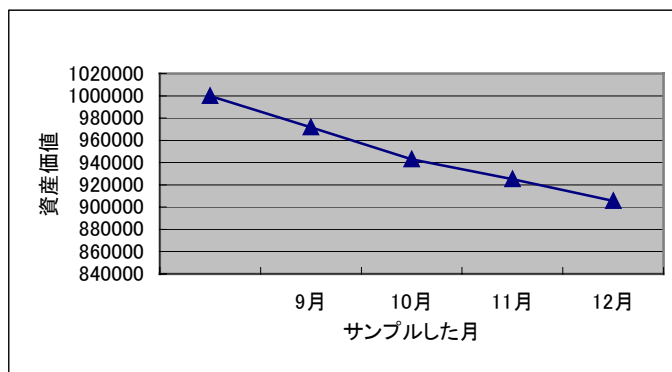


図 1.6 A 社のみ所持したときの各月の資産価値

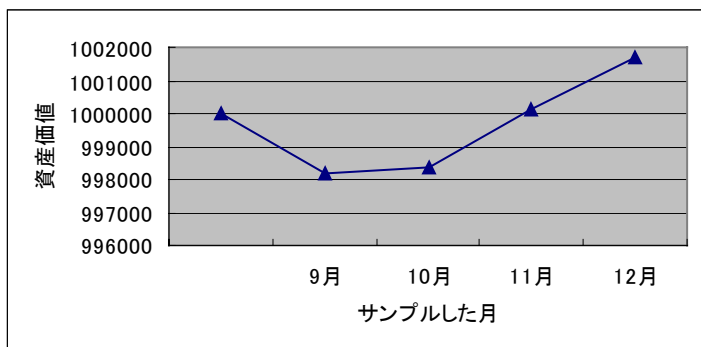


図 1.7 B 社のみ所持したときの各月の資産価値

図 1.5、図 1.6、図 1.7 から、分散投資を行った図 1.5 の方が、資産価値変動の幅があまりないことがわかる。最後の 12 月の時点で 1 社だけのポートフォリオを組んだ場合を見てみると、A 社だけのポートフォリオでは大きい損失が出て、B 社だけのポートフォリオでは、少しの利益が出ている。つまり、どちらの 1 社を選び、その証券を所持するかということによって収益に差が出てくるので、1 社だけのポートフォリオを持つことは資産価値の変動リスクを高くすると言える。反対に、分散投資を行ったことで資産価値は、ほぼ一定額となり、変動リスクを回避できていると言える。

1.6 まとめ

ここでは、ポートフォリオ理論を用いて「分散投資によるリスク回避」の検証を試みた。結果として、分散投資を行うことで、価値変動のリスクを回避できていることがわかった。

今回は、リスクを最小化することを前提においたが、現実問題では個人や機関は、リスクを回避するだけでなく、利益をも上げなければならない。そのためには、他の資産との組み合わせや、リスクを省みない行動を取らなければならない。今回の結果は、そのための最小単位となる考えであり、金融システムでは非常に重要なものである。

2 市場リスクの管理：デリバティブ取引

2.1 デリバティブ取引とは

デリバティブとは、既存の金融商品（株式、債券、為替）から派生してできた取引に付けられた総称で、正確には、金融派生商品（Financial derivative products：フィナンシャル・デリバティブ・プロダクツ）と言う。これらを取引することを、デリバティブ取引と言う。デリバティブ取引は、市場リスクを回避する機能がある。以下では、先物取引（フューチャー）、スワップ取引、オプション取引という代表的な取引を例にあげ、リスクの回避が行われているか、考察する。

2.2 先物取引

先物取引は、英語ではフューチャーズ（Futures）といい、取引所で行われる取引である。商品は定型化されていて、取引金額や予約日には一定の期限が決められている。先物は、この期限日まで、いつでも反対売買を行うこ

とができる。この期限日のことを「限月（げんげつ）」という。また、買う予約をすることを「買建て」、売る予約をすることを「売建て」という。

個人もしくは企業がリスクを回避するために先物市場を利用する場合、例えば、ある会社は、3ヵ月後にある商品10000個を500円で売却しようとする。そして3ヵ月後の価格が100円上がって600円になれば100万円の利益を得ることができるが、100円下落して400円になって、100万円の損失をこうむるとする。この会社の財務担当者がこのリスクを相殺するために先物を利用すると、先物による損失が3ヵ月あとの商品の価格が100円上昇した場合に100万円の損失、100円下落した場合に100万円の利益とならなければならない。これによって商品の価格が下落すれば先物による利益が本業の損失を補填し、逆に商品の価格が上昇した場合には先物による損失が本業の利益によって相殺される。

先物取引には、以下の4つの特徴がある。

1、商品が定型化されていること

先物取引は、予約の対象となる商品（為替や国債）の取引条件があらかじめ決められている。つまり、売買単位や受渡期日などの取引条件が規格化されたものだけが取引されている。この定型化した商品を「標準物」（ひょうじゅんもの）と呼ぶ。標準物は、対象銘柄を変更する必要がなく、価格の継続性が維持され、個別銘柄の属性にわずらわせられないため、取引の円滑化に役立っている。

2、決済期限日までに反対取引をして差金決済（さきんけっさい）すること

先物取引は、取引最終日までに、転売・買戻しと呼ばれる反対売買を行い、差金の授受によって決済する。もちろん、現物の商品を受渡しして決済する方法もある。債券先物取引の受渡決済の場合は、売買代金及び現物の債券の授受によって決済が行われる。標準物は実在する債券ではないため、実際には受渡適格銘柄と呼ばれる債券が受渡しに利用される。受渡代金の計算に当たっては、一定の算式により求められた交換比率（コンバージョン・ファクター）を受渡決済値段に乗じて、取引対象である標準物と受渡銘柄との価値を調整している。

3、取引所取引であること

取引の注文が一定の場所に集まるため、取引の流動性が確保されている。個人的な契約では、不当に高い価格で取引が成立してしまうことがあるが、取引所では多くの人達が取引に参加するため、一般に妥当と考えられる公正価格で取引することができる。

4、証拠金制度を導入していること

証拠金制度は、取引所に一定の証拠金を差し入れるだけで売買できる制度で、先物取引の履行（りこう）の安全性を図るためのものである。証拠金は、予約金額の3%前後である。少ない金額で大きな取引が行える。これをレバレッジ（槌の原理）効果と呼ぶ。

このほかに、値洗制度を取り入れており、毎日、その時点で契約を清算した場合に考えられる損益分を、証拠金のやり取りで決済しておく方法である。発生した損益の支払準備を行っておくことで、顧客が取引の決済ができなくなるという事態を回避している。

2.3 スワップ取引

スワップとは、交換という意味で、等価のキャッシュ・フローを交換する取引の総称である。2者間で同じ価値をもつ「将来の一連のお金の流れ」を交換する取引となっている。

契約では、お金をいつ交換するのか、その金額をどう計算するのかを決めておく。スワップの交換は1回だけではなく、長期間にわたって数回行われるのが普通である。取引は、売り手1人に買い手1人の相対（あいたい）取引で行われる。

スワップ取引は、何を交換するのかで、金利スワップと通貨スワップに分けられる。

金利スワップとは、同じ通貨間の異なる種類の金利を交換する取引である。この取引では、通常、元本の交換をしない。金利計算のために元本を名目上決めている。これを想定元本（そうていがんぽん）と呼んでいる。

一方、通貨スワップとは、異種通貨間の異なる種類の金利を交換する取引である。この取引では、元本の交換を行う。

スワップは、現物取引と比べてコストが小さく、事務手続が簡単である。例えば、債務を交換するには、面倒な法的手続きが必要だが、スワップ取引を使うと、金利支払い部分を交換するだけで、法的な手続なしに債務の交換を行うのと同じ経済的効果が得られる。

しかし、この交換を行うのはなぜか。最も一般にあげられる理由は、各企業は自分の比較優位が存在である。たとえば、Aは固定金利市場で比較優位にあり、B企業は変動金利市場で比較優位にある。企業は新規借入を行う場合、当然比較優位にある市場での資金調達望ましいが、その場合、変動金利調達を望んでいる企業が固定金利調達を行ったり、固定金利による借入を望んでいる企業が変動金利調達を行ってしまうという問題が生じる。ここに、固定金利借入を変動金利借入に変換する、あるいはその逆の方向に変換するというスワップの存在意義がある。具体的には、次の例で説明をする。

企業AとBはともに5年間1億円の借入を望んでおり、表2.1示すような金利がオファーされたとする。

	固定	変動
企業A	10.00%	変動金利+0.30%
企業B	11.00%	変動金利+1.00%

表 2.1

企業Aは6ヶ月の変動金利での借入を望んでおり、Bは固定金利での借入を望んでいるとする。企業Bは変動金利市場、固定金利市場ともに企業Aより高いレート水準がオファーされていることから、明らかに企業Bは、企業Aより信用度が低いことが分かる。

また企業A,Bにオファーされたレートを各々比較すると、企業Bは固定金利市場において企業Aより1.2%も多く支払わなければならないが、変動金利市場では、0.70%多く払いただけでよい。いずれにせよ、企業Aは企業Bとの関係において固定金利が比較優位であり、Bは企業Aとの関係において変動金利が比較優位にあるといえる。このような市場間のズレがスワップ取引を実現させる。

まず企業A,Bは各々が比較優位である市場で借入を行う。つまり企業Aは、固定金利資金を10%で借り入れ、企業Bは変動金利資金を変動金利+1.00%で借り入れる。そして、スワップ契約により企業Aの固定金利ローンを元来企業Aが望んでいた変動金利ローンに、また企業Bの変動金利ローンを元来企業Bが望んでいた固定金利ローン交換するのである。

スワップの効果を理解するため、次の表2.2で示す。

企業AとBの スワップ 取引	AはBに変動金利を支払い、Bは、企業Aに9.95%の固定金利を支払う契約をする
Aにおいて のキャッシ ュ・フロー	1. 外部の貸し手に対し、10.00%を支払う。 2. 企業Bより、9.95%を受け取る。 3. 企業Bに対し、変動金利を支払う。
固定金利ベースのキャッシュ・フローでは0.05%の持ち出しになるから、企業Aはトータルで変動金利+0.05%を支払うことになる。したがって、企業Aは、元来望んでいる変動金利での調達を行うべく変動金利市場から直接借り入れれば変動金利+0.30%のコストになるところを、0.25%コストを下げたことになる。	

B において のキャッシュ フロー	1. 外部の貸し手に対し、変動金利 + 1.00% を支払う。 2. 企業 A より、変動金利を受け取る。 3. 企業 A に対し、9.95% を支払う。
企業 B はトータルで 10.95% を支払うことになる。したがって、企業 B は、元来望んでいる変動固定金利での調達を行うべく、固定金利市場から直接借り入れるより 0.25% のコストを下げたことになる。	

表 2.2

ここでこのスワップ取引により、企業 A, B 各々において 0.25% ずつ調達コストの引き下げがなされる。これにはスワップの存在意義がある

2.4 オプション取引

“オプション(option)”とは、「ある資産を所定の期日またはそれ以前に、所定の価格で購入または売却できる権利」である。

2.4.1 オプション取引の簡単な例：ストック・オプション

本節ではオプション取引の簡単な例として、ストック・オプションを取り挙げて説明する。

“ストック・オプション(stock option)”とは、企業が役員や従業員などに、自社株を将来のある所定の期日にある所定の価格で購入できる権利を与えるものである。購入価格、オプションの行使期日などは、契約締結時に定めておく。例えば、「1年後に1株220円で1000株を購入できる」と契約する。

もし会社の業績が好調で、1年後の株価が500円になったとすると、その時点で50万(500円×1000株)の価値がある株式を、22万円(220円×1000株)で購入できる。従ってオプション行使による利益(これをオプションの価値とする)は、1株あたり280円、全体では28万円である。もし業績がさらに好調で株価が1万円になれば、1000万円の価値がある株式を22万円で購入できる。このようにオプションの価値は、1年後の株価が高い程大きくなる。

もちろん、1年後の株価が下落していることもあり得る。もし1年後の株価が100円であれば、これを220円で購入しようとする人はいない。従って、オプションは実行されずに終わる。この場合、オプションの価値は0である。

横軸に1年後の株価、縦軸にストック・オプションの価値をとり、グラフを描くと以下図1のようになる。

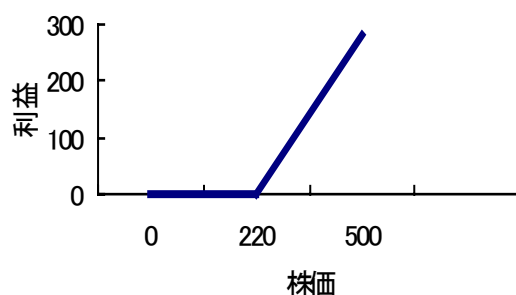


図 2.1 スtock・オプションの価値

2.4.2 オプション取引の概念と用語

オプションの対象になる資産を“原資産(underlying asset)”と呼び、その価値を $S(t)$ とする。原資産には様々なものが考えられる。前節のストック・オプションでは、原資産は株式である。

オプション取引とは、原資産を購入または売却できる“権利”の取引である。決して、原資産そのものを取り引きしているわけではない。オプションの所有者がオプションを行使したときのみ、原資産の取引がなされる。

オプション行使の期日を“満期日(maturity, expiration date)”と呼び、その値を $t = T$ とする。オプション取引を行い得ると約束された価格を“行使価格(strike price, exercise price)”と呼び、その値を K とする。

オプションは、オプションの行使時点について2つに分類される。満期日 $t = T$ のみで行使可能なオプションを“ユーロピアン・オプション(European options)”と呼ぶ。これに対し、契約締結($t = 0$)後、満期日までの任意の時点 $0 < t \leq T$ で行使可能なオプションを“アメリカン・オプション(American options)”と呼ぶ。以下では、理論的な取扱いの容易なユーロピアン・オプションの場合を想定し議論を進める。

原資産を購入する権利を“コール・オプション(call option)”, 売却する権利を“プット・オプション(put option)”と呼ぶ。前節のストック・オプションはコール・オプションに分類できるが、第三者への転売の禁止、行使可能になるまで一定の年数が必要など、市場で一般的に取引されているコール・オプションとは異なる点がある。この 2

つのオプションの購入と売却、また原資産の購入と売却を組み合わせることにより、リスク回避や利益の追求を行う。組み合わせのパターンは様々であるが、以下では簡単な組み合わせしか扱わない。

ある時点 $0 \leq t \leq T$ でのコール・オプションの価格を $C(S(t), t)$ 、プット・オプションの価格を $P(S(t), t)$ とする。ユーロピアン・オプションの場合、最も簡単なオプション取引は以下の手順に従って行われる。

- 1) 初期時点 $t=0$ で、オプションを価格 $C(S(0), 0)$ または $P(S(0), 0)$ を支払って購入する。
- 2) 満期日前 $0 < t < T$ に、オプションを価格 $C(S(t), t)$ または $P(S(t), t)$ で売却するか、持ちつづけるかを選択する。
- 3) 満期日 $t=T$ に、オプションを行使価格 K で行使するか、行使しないかを選択する。

上の 3) での、満期日のオプションの価値は、コール・オプションの場合、

$$C(S(T), T) = \begin{cases} S(T) - K & (S(T) > K) \\ 0 & (S(T) \leq K) \end{cases} \quad (2.1)$$

であり、プット・オプションの場合、

$$P(S(T), T) = \begin{cases} 0 & (S(T) \geq K) \\ K - S(T) & (S(T) < K) \end{cases} \quad (2.2)$$

であるのは明らかである。満期日においてはオプションの購入、売却は意味がなく、これらは価格ではなくオプション行使時に得られる利益を表している。グラフに描くと以下の図 2.2、2.3 のようになる。

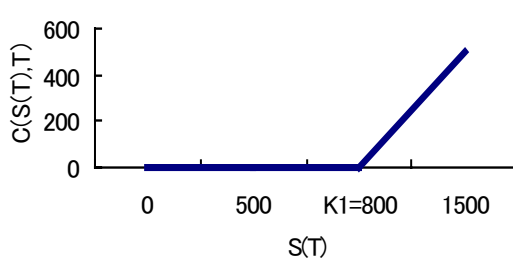


図 2.2 満期日のコールオプションの価値

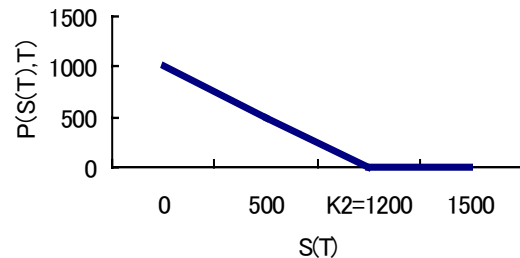


図 2.3 満期日のプットオプションの価値

上の 1)、2) での、初期時点から満期日前 $0 \leq t < T$ のオプション価格 $C(S(t), t)$ 、 $P(S(t), t)$ を決定することが、オプション取引を利用したリスク回避と利益の追求のためには必要不可欠である。

2.4.3 オプション取引を利用したリスク回避例：市場を介した農家(小麦の生産者)とパン屋(小麦の消費者)の小麦のオプション取引

本節では、オプション取引を利用したリスク回避を、市場を介した農家とパン屋の小麦のオプション取引を例に挙げて説明する。この例では、満期日前にオプションを売却せず、満期日まで持ちつづけているものとする。

農家は T 期間後に小麦を収穫し、それを売却して利益を得るとする。農家は T 期間後の小麦 1 単位の価格が $S(T) \geq 1000$ 円であることを期待する(小麦 1 単位を収穫するために必要な費用は 1000 円であり、 $S(T) < 1000$ 円だとそれを差し引くと損失をこうむるとする)。しかし T 期間後の価格は変動することが予想され、そのためのリスクが生じる可能性があるとする(小麦価格が値下がりすると、農家は損をする)。

そのため農家は値下がりによるリスクを回避するために、 T 期間後に $K_1 = 1200$ 円で小麦 1 単位を売却できるプット・オプションを価格 $P(S(0), 0)$ で市場から購入する。

パン屋は小麦を材料としてパンを作り、それを売却して利益を得るとする。小麦を確保しておくために、 T 期間後での小麦の購入を考える。パン屋は T 期間後の小麦 1 単位の価格が $S(T) \leq 1000$ 円であることを期待する(小麦 1 単位を購入するのに許される費用は 1000 円であり、 $S(T) > 1000$ 円だとそれを超えて損失をこうむるとする)。しかし T 期間後の価格は変動することが予想され、そのためリスクが生じる可能性があるとする(小麦価格が値上がりすると、パン屋は損をする)。そのためパン屋は値上がりによるリスクを回避するために、 T 期間後に $K_2 = 800$ 円で小麦 1 単位を購入できるコール・オプションを価格 $C(S(0), 0)$ で市場から購入する。

T 期間後、小麦 1 単位の価格が 1) $S(T) = 1500$ 円、2) $S(T) = 500$ 円になった場合を考える。グラフを描く

と図 2.2、2.3 のようになる。

T

1) $S(T) = 1500$ 円の場合

農家はプット・オプションを行使すると、 T 期間後に $K_1 = 1200$ 円で小麦 1 単位を売却できるため、オプション行使時の利益は $K_1 - S(T) = -300$ 円となり損をするため、オプションを行使しない。よって農家は $S(T) = 1500$ 円で小麦 1 単位を売却する。

パン屋はコール・オプションを行使すると、 T 期間後に $K_2 = 800$ 円で小麦 1 単位を購入できるため、オプション行使時の利益は $S(T) - K_2 = 700$ 円となり得をするため、オプションを行使する。よってパン屋は $K_2 = 800$ 円で小麦 1 単位を購入する。

2) $S(T) = 500$ 円の場合

農家はプット・オプションを行使すると、 T 期間後に $K_1 = 1200$ 円で小麦 1 単位を売却できるため、オプション行使時の利益は $K_1 - S(T) = 700$ 円となり得をするため、オプションを行使する。よって農家は $K_1 = 1200$ 円で小麦 1 単位を売却する。

パン屋はコール・オプションを行使すると、 T 期間後に $K_2 = 800$ 円で小麦 1 単位を購入できるため、オプション行使時の利益は $S(T) - K_2 = -300$ 円となり損をするため、オプションを行使しない。よってパン屋は $S(T) = 500$ 円で小麦 1 単位を購入する。

このようにして、農家は市場からプット・オプションを購入することにより値下がりによるリスクを回避することができ、パン屋は市場からコール・オプションを購入することにより値上がりによるリスクを回避することができる。

ここで重要なことは、満期日前のオプション価格を知ることである。この例では、農家は 1) $S(T) = 1500$ 円の場合には費用を差し引いて 500 円の利益、2) $S(T) = 500$ 円の場合には費用を差し引いて 200 円の利益を得る。またパン屋は、1) $S(T) = 1500$ 円の場合には費用から差し引いて 200 円の利益、2) $S(T) = 500$ 円の場合には費用から差し引いて 500 円の利益を得る。しかしこれらの利益から、さらにオプションの購入費用も差し引かなければならない。これらの全ての費用を差し引いた結果が損失をもたらすものであったら、上に述べたオプション取引を利用したリスク回避の戦略は誤っている可能性がある。行使価格の見直しや、小麦価格の推移によりオプションの満期日前の売却を考えたり、原資産そのものの取引とオプション取引を組み合わせたりなど、リスク回避の戦略を考え直さなければならない。または、どのような戦略をとっても損失を 0 にはできず、リスク回避のための損失をどの値までは許容できるかという問題なのかもしれない。そのためには、満期日前のオプション価格を正確に知る必要がある。

2.4.4 オプション価格の決定

前節で述べた例から、オプションを利用することにより価格変動によるリスクを回避できることがわかる。そのために必要なことは、オプションを売買するための、オプションの適正な価格を決定することである。

そのための解析的アプローチの一つとして、ブラック・ショールズのオプション価格公式と呼ばれるものがある。この公式により、ユーロピアン・オプションの価格を知ることができる。

$$C(S(t), t) = S(t)N(d_1) - Ke^{-r(T-t)}N(d_2)$$

$$P(S(t), t) = Ke^{-r(T-t)}N(-d_2) - S(t)N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln \frac{S(t)}{K} + \left(r + \frac{1}{2} \sigma^2 \right) (T-t)}{\sigma \sqrt{T-t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln \frac{S(t)}{K} + \left(r - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) (T-t)}{\sigma \sqrt{T-t}}$$

(2.3)

ここで、 $N(x)$ は標準正規分布の分布関数、 r は安全資産の収益率、 σ は株価の標準偏差である。安全資産の収益率とは、金利が一定でありリスクがないとされる、国債などの資産に投資したときの収益率である。この価格式では、 r と σ は一定だと仮定されている。従って r と σ が、大きく変動する場合には、この公式はあてはまらない可能性がある。

ここで、前節で述べた例についてオプション価格を求めてみる。 $r=1.06$ 、 $\sigma=0.3$ 、 $T=0.5$ （半年後）と値を固定する。初期時点の小麦1単位の価格を $S(0)=700$ 円とすると、プット・オプションの価格は $K_1=1200$ 円なので $P(S(0),0)=62.6$ 円、コール・オプションの価格は $K_2=800$ 円なので $C(S(0),0)=230.6$ 円である。グラフを描くと、以下の図2.3、2.4のようになる。前節の1)と2)の場合を考える。

1) $S(T)=1500$ 円の場合

費用を差し引いた農家の利益は500円、費用から差し引いたパン屋に利益は200円である。これからオプション価格を差し引くと、農家の利益は $500 - 230.6 = 269.4$ 円、パン屋の利益は $200 - 62.6 = 137.4$ 円である。よって農家とパン屋は、双方ともに損失を受けない。

2) $S(T)=500$ 円の場合

費用を差し引いた農家の利益は200円、費用から差し引いたパン屋の利益は500円である。これからオプション価格を差し引くと、農家の利益は $200 - 230.6 = -30.6$ 円、パン屋の利益は $500 - 62.6 = 437.4$ 円である。よって農家は損失を受けるが、パン屋は損失を受けない。

このようにブラック・ショールズの公式を利用すると、オプション価格が求まりリスク回避の戦略を立てることができるようになる。

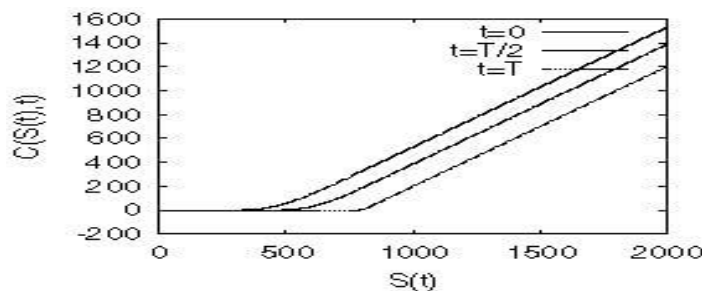


図2.3 コールオプションの価格
($K_1=800, T=0.5, r=1.06, \sigma=0.3$)

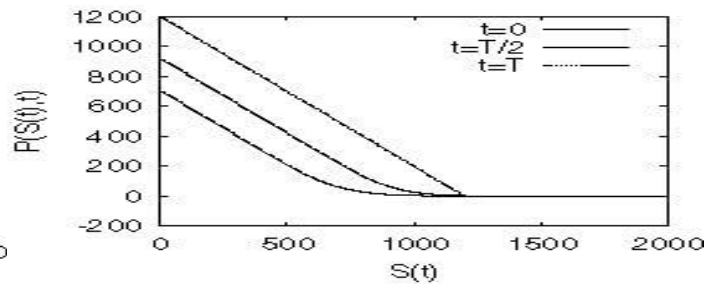


図2.4 プットオプションの価格
($K_1=800, T=0.5, r=1.06, \sigma=0.3$)

2.4.5 まとめ

オプション価格を決定することは、オプション取引において最も重要なことである。ブラック・ショールズの価格式により、オプション価格を決定が容易になり、オプション取引がおおいに促進された。理論が現実の取引を作り出したと言える。金融理論、特にオプション取引においては、高度な数学が使われており、理解するのは一苦労である。しかし、道具を使うだけ、という立場から用いると、さほど困難なことではないとわかった。

原物のみの取引では回避不可能なリスクが存在する。そのリスクを回避するために、デリバティブ取引が必要とされる。原物取引とデリバティブ取引を組み合わせ、それを動的に変化させていくことでリスク回避を可能にする。本章では、そのためのいくつかのデリバティブ取引を調べた。

3 信用リスクとその管理

前章までは、金融取引の契約は約束通り実行されるとし、その上で生じるリスクについて述べた。しかし現実では、契約は約束通り実行されとは限らない。信用リスクとは、契約が約束通り実行されない可能性に関するリスクである。本章では、銀行業務を例に挙げ、信用リスクとそのマネジメントについて調べる。

3.1 銀行業務におけるリスク

銀行業務におけるリスクは、以下の2つに分類できる。

1) 信用リスク

融資先の倒産や経営不振、または個人の破産により融資が返ってこないリスク。債務不履行のリスク（これをデフォルト・リスクと呼ぶ）。

2) 市場リスク

金利や為替の変化による収益変動リスクや、預金の満期と融資期間が一致しないことによる ALM(資産負債管理) ミスマッチ・リスク。

銀行業務は、この 2 つのリスクを上手にマネジメントして、貸金を運用することにより、はじめて収益をあげることができる。

3.2 銀行業務における信用リスク・マネジメント

信用リスク・マネジメントは、以下の 4 つに分類できる。与信とは、顧客の信用をランク付けすることであり、これに基づいて融資するか否かの判断を行うことである。信用リスク・マネジメントとは、意思決定のモデリングを意味する。

1) 与信審査マネジメント

個別の与信審査の段階でリスクを評価し、想定貸倒損失考慮後の期待収益を最大化すべく、与信判断を最適化すること。

2) 与信履歴マネジメント

個別の与信全期間における継続的なリスク評価、与信判断の最適化を行うこと。

3) 与信プロセス・マネジメント

与信の最終的な収益は、利鞘から貸倒損失と経費を引いたものである。低コストで効率のよい与信プロセスの構築を行うこと。

4) ポートフォリオ・マネジメント

与信全体のリスク管理を行うためにポートフォリオを組み、分散と集中の管理、リスクの許容量（償却引当に必要な自己資本）の把握を行う。

この 4 つのマネジメントのための、いくつかの工学的手法がある。

1) 信用スコアリング・モデル

これは、与信先の想定デフォルト率を算出することである。銀行が得られる様々なデータから、統計学的手法、ニューラル・ネットワークなどの工学的モデルを駆使し、可能な限り自動的に、デフォルト率をスコアリングする。そしてこのスコアリングを、融資決定時だけでなく、融資後返済が終了するまで、動的に行うことが重要である。

2) 信用ポートフォリオ・モデル

すべての与信案件の信用リスク値の変動（分散）の解析から、全体の分散が最小になるように与信案件のポートフォリオを組む。これは、市場リスク回避に利用されるものと、同じものである。

3.3 まとめ

銀行は、他の金融機関では入手不可能な重要な情報、預金残高の推移を知ることができる唯一の機関である。与信先の経済状況を逐一観察できるため、他の機関よりも優位に信用リスクを計測し、マネジメントすることができる。逆に言えば、銀行以外の機関は、特に私達のような個人では、信用リスクを計測するために必要な情報を知ることが非常に困難である。本課題では、信用リスクの種類やリスク・マネジメントの方法の、簡単な調査のみを行った。また一企業の信用リスクを計測することは、個人には難しい面もあることを理解した。

4. おわりに

本課題では、金融システムにおけるリスクとそのリスクを取扱う理論について調べ、例を挙げて実際に計算し、その理論の効果を確かめた。

将来、年金制度が危ういと言われている。年金が受給される老年者人口の増加とそれを支える若年者人口の減少により、将来において年金受給額は今よりも非常に少なくなる。それだけでなく、ある一定の額の年金を受給したいのならば、早い時期から資産運用を初める必要がある。詳細な理論が必要になる実際の運用は、金融機関などの専門家に任せばよい。しかし全体的な概念を知っていなければ、自分の生活プランにあったより良い資産運用はできないであろう。そのためには本課題で取り上げた金融システムのリスクの概念が重要である。

このように金融理論を用いたリスク回避は、個人の生活に密着したものである。リスク回避の概念を理解することで生活をより良くすることができるだろう。

参考文献

- [1] ツウィ・ボディ、ロバート・C・マートン著、大前恵一郎訳：現代ファイナンス論、第4部、株式会社ピアソン・エデュケーション出版、1999年12月。
- [2] 関野勝弘、杉山浩一著：リスクマネジメント、(社)金融財政事情研究会出版、平成5年8月。
- [3] ジョン・ハル者、三菱銀行商品開発部訳：デリバティブ入門、(社)金融財政事情研究会出版、平成6年10月
- [4] 野口悠紀雄、藤井眞理子著：金融工学 ポートフォリオ選択と派生資産の経済分析、ダイヤモンド社、2000.6
- [5] 久保田敬一著：ポートフォリオ理論、日本経済評論社、1989.10
- [6] 安田隆二、大久保豊 編著：信用リスク・マネジメント革命 創造的与信判定システムの未来、金融財政事情研究会、平成10年7月