

金融オプション (その1)

栗 林 訓

Financial Options (1)

Satoshi Kuribayashi

Summary

Financial options are said to be rather complicated instruments. This would imply that they have higher added-values compared with other investment vehicles. In fact, options are the most fundamental tool and others can be created by combining options. In this sense, options are the basis of R & D for the financial industry and investors.

This article consists of two parts. Part I covers basic option strategies. Part II reviews international financial options markets. Two appendices take up statistical topics relevant to the practical applications of options.

本稿のパート I はオプションの基本戦略までをカバーする。パート II は世界の金融オプション市場の現況をレビューする。補論 1 は対数正規分布の特性とオプション投資の期待収益率を取り上げる。補論 2 はデルタ (Δ) が正規分布に等しいことを証明する。

パート I. オプションの基本戦略

1. オプションの多様性: It's all Greek to me.

“オプションのディーラーやトレーダーは、ヘッジを調整するためにプラスのガンマ(Γ)を維持しながらデルタ(Δ)ニュートラルのポジションをとろうとする。同時に、マイナスのセータ(Θ)がポジションを侵食しないように留意し、ポジションのカップパ(K)を追跡しながら、ボラティリティーの推計誤差から生ずる潜在的なコストを常に計算しなければならない。さらにポジションのラムダ(Λ)が大きくなると、ヘッジングのエラーは非常に高いものにつく。”

ここに出てくるデルタ、ガンマ、カップパ、セータ、ラムダなどはいずれもギリシャ語である。プロのオプション・トレーダーの間では日常的に使われている。

ところで、英語では「まるでチンプンカンプンだ」を “It's all Greek to me.” という。一昔前、MPT (Modern Portfolio Theory: 現代ポートフォリオ理論) が登場したとき、 α (アルファ)、 β (ベータ)、 σ (シグマ) が一世を風靡し、伝統的な投資手法に固執する人々から同じ言葉が溜め息

まじりに洩らされた。

一般的にオプションは複雑なインストルメントといわれる。それだけに付加価値が高いのは当然である。また応用範囲も限りなく広い。

株式のようなリスク商品をヘッジしたり、保険を付けたポートフォリオを構築することも可能である。また金融機関のALM(Asset Liability Management：資産・負債の総合的管理)にも不可欠なツールとなっている。もちろんスペキュレーション(投機)に利用することもできる。コールやプットを組み合わせて、金融新商品を作ることもできる。このような意味で、オプションは金融・投資にかかわるR&D(研究開発)の中心となるものである。

このように多様なオプションは、金融機関のみならず、投資家にとっても戦略的観点から重要な手段なのである。

オプションの世界はMPTとは比べものにならないほどギリシャ語が蔓延している。それゆえ、オプションに通暁しようとする人にとっては、It's all Greek to me.は通常とは逆の意味で解されなくてはならない。これもオプションの多様たる所以であるといえよう。

2. オプション取引の誕生：時代背景

オプション取引の沿革は古い。紀元前のギリシャにその原型があるという研究もある。また、オランダでは、16世紀末から17世紀にかけてチューリップの球根が投機の対象としてブームになったとき、天候不順に対するヘッジとしてオプションが利用された。

しかし本格的に取引所でオプション取引が開始されたのは1973年のことである。世界最大、最古の先物取引所であるCBOT(Chicago Board of Trade)は同年、子会社としてCBOE(Chicago Board Options Exchange)を設立した。個別株式の現物オプション取引が始まったのである。これを嚆矢として、為替、債券、指数先物等にも取引所取引としてのオプションが導入され、活況を呈するようになる。なお、その後CBOEはCBOTから組織的には独立した。CBOT、CBOEにCME(Chicago Mercantile Exchange)を加えてシカゴの3大取引所というが、パートIIでは3大取引所およびヨーロッパの主要なオプション取引所をレビューする。

さて、1973(昭和48)年は世界経済の大きな節目の年でもあった。戦後経済体制の要諦となったブレトン・ウッズ協定が根本から見直され、為替は固定相場制から変動相場制へと移行した。第一次オイル・ショックもこの年に起こっている。

つまり、経済のあらゆる側面で変動性(ボラティリティー)が飛躍的に増大する素地が築き上げられたのである。為替、金利、株価に関連する相場のリスクが上昇し、リスク回避の手法に対するニーズが高まってきた。

シカゴにおけるオプション取引の開始には、このような時代背景があったことを忘れてはならない。オプションは時代の要請でもあったのである。

理論の面でも革命的な貢献があった。フィッシャー・ブラック(Fischer Black)とマイロン・ショールズ(Myron Scholes)の共同論文がシカゴ大学の機関誌*Journal of Political Economy*に掲載されたのも1973年である。ここにオプション理論モデルの基盤が確立された。以下ではこのモデルをB・Sモデルと略称する。

B・Sモデル

$$C = SN(d_1) - \exp(-rT)KN(d_2);$$

$$d_1 = \{ \ell_n(S/K) + (r + 1/2v^2)T \} / v\sqrt{T},$$

$$d_2 = d_1 - v\sqrt{T}.$$

$N(\cdot)$: 累積正規分布、 ℓ_n : 自然対数、

C : コール価格、 S : 株価、 T : 期間、 K : 行使価格、 r : 金利、
 v : ボラティリティ。

B・Sモデルは、理論モデルとしてのみならず、実務的なオプション戦略の分野でも幅広く応用されている。モデルの導出は別の機会に譲るとして、まず、B・Sモデルを使って基本戦略をみていくことにする。

3. コールとプット：権利の売買

オプションとは、付加価値のある商品（たとえば株式）を売ったり買ったりする権利を一定の条件のもとで売買する取引のことである。オプションの買い手は、権利を行使するかしないかは自由であって、義務は一切負わない。しかし、オプションの売り手は、買い手が権利を行使したならば、それに応じる義務がある。この権利の売買というのがオプションの基本であって、先物などの取引とは根本的に異なる点である。オプションの満期が過ぎると、権利は消滅する。付加価値のある商品（原商品という）を売買する値段を行使価格とよび、 K で表わす。オプション（権利）の価格をプレミアムとよぶ。

オプションにはコールとプットがある。将来、原商品が値上がりすると予想する投資家もいれば、値下がりすると予想する投資家もいる。コールとプットは、様々な投資家の思惑に対応するものである。

コールは原商品を買う権利を売買する。コールの買い手は、原商品の値上がりを予想して投資する。将来、原商品の値段が行使価格 K を上回れば、権利を行使して利益を得る。予想に反して原商品が値下がりしたならば、権利を放棄すればよい。この場合には、コールへの投資額、すなわちプレミアム分だけが損失となる。

プットは原商品を売る権利を売買する。コールとは逆に、将来、原商品が値下がりすると予想する投資家がプットの買い手となる。

満期日におけるコール（ C ）とプット（ P ）の価値は次式のようになる（ただし S は原商品の満期日における価格を表わす）：

$$C = \text{Max}(0, S - K) \rightarrow C \text{は} 0 \text{と} S - K \text{の大きい方の値}$$

$$P = \text{Max}(0, K - S) \rightarrow P \text{は} 0 \text{と} K - S \text{の大きい方の値}$$

図1は、満期日における原商品の価格（ここでは株価）に対応したコールとプットの価値を示している（行使価格は100）。 S の価格が高い（低い）ほど、コール（プット）の価値が高くなることが分かる。

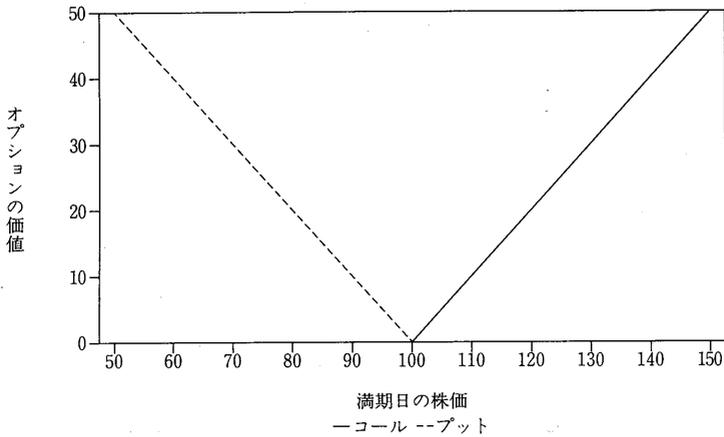


図1：満期日におけるコール、プットの価値
(行使価格=100)

4. オプションの損益比較：パソコンは不可欠

前節では満期日におけるコールとプットの価値を求めたが、これはオプションの本源的価値(intrinsic value)とよばれるものである。本源的価値は、満期日の株価と行使価格によって一意的に決まってくる。

では、満期日以前のオプション価格はどのように求められるか。これに答えるのが第2節で触れたB・Sモデルである。コールの場合、B・Sモデルはつぎようになる：

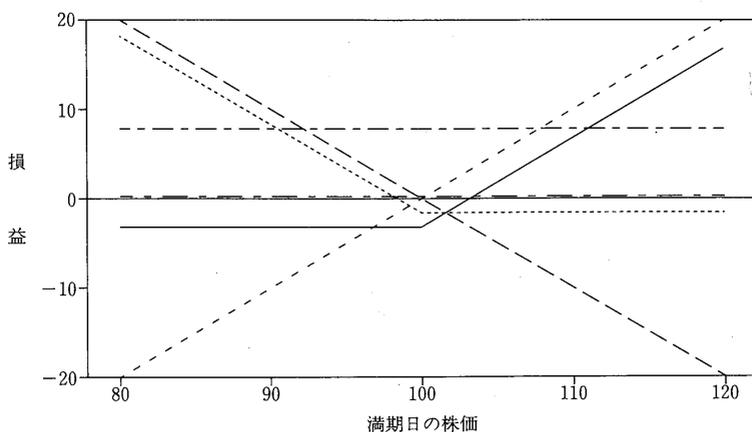
$$C = C(S, K, r, T, v)$$

すなわち、満期日以前のコールの価格は、株価、行使価格、金利、満期までの期間、ボラティリティの関数になっている。なお、プットの価格はプット・コール・パリティー(put-call parity)から求められる。これについては後述する。

例として、 $S=100$, $K=100$, $r=7.5\%$, $T=0.25$ (3ヵ月), $v=12\%$ とすると、B・Sモデルから $C=3.14$ が求められる。

B・Sモデルには指数、自然対数、累積正規分布等の計算が含まれるので、パソコンは不可欠である。ただし、FORTRAN、BASIC等の言語の知識は必須ではない。スプレッド・シートとよばれる表計算ソフトで必要かつ十分である。

図2は、B・Sモデルで求めたコールおよびプットの理論価格にもとずいて、満期日におけるオプションの損益曲線先物のロングおよびショート・ポジション、短期金融商品(TB)と比較したものである。このような損益図をペイオフ・ダイアグラム(payload diagram)という。ペイオフ・ダイアグラムは、オプション戦略を理解するうえで重要な役割を演じる。次節で詳しく説明することにしよう。



—コール—プット…先物ロング…先物ショート…TB
 図2：満期におけるペイオフ：B・Sモデル
 ($v=12\%$ 、 $T=.25$ 、 $r=7.5\%$)

5. ペイオフ・ダイアグラム（損益図）の基礎

前節ではペイオフ・ダイアグラムを使って、オプションの損益を先物、短期金融商品等と比較した。各種投資商品のパフォーマンスを簡単に分析することができる。本節ではペイオフ・ダイアグラムの描き方を説明する。

単純化のために、マネー・マーケット商品（たとえばCD、短期国債、定期預金等）の金利を年率5%、投資金額を100(億円)としよう。

①安全資産のペイオフ

手持ち資金100でマネー・マーケット商品に投資する。短期国債を買うことと、定期預金に預けることは、「投資」という観点からは変わりがない。相場がどのように動いても、1年後には確実に5(億円)の利子所得が得られる。この意味で確定利付きの安全資産への投資といえることができる。最も保守的な投資行動である。

②先物買い（ロング）のペイオフ

1年後の先物契約価格を100としよう。この先物契約を買った投資家は、1年後の現物価格が100を上回れば上回るほど、利益の幅が大きくなる。現物価格が150になれば、100の契約価格で買って150で売れるから、利益は50となる。逆に、1年後の現物価格が100を下回れば、損失はどんどん増大する。ブル（強気）戦略である。

③先物売り（ショート）のペイオフ

ロングとはちょうど反対で、1年後の現物価格が100を下回れば利益が出る。価格が上昇するにつれて、損失額は天井知らずになる。ベア（弱気）戦略である。

④コール・オプション買いのペイオフ

1年満期オプションの価格（プレミアム）を5、行使価格を100とする。満期に現物価格が120になれば、権利を行使して100で現物を買ひ、120で売れるから、投資金額（=プレミアム）の5を差し引いて、ネットでは15の利益が得られる。1年後の現物価格が行使価格の100を下回れば、

権利を放棄すればよい。損失はプレミアムの5に限定される。

⑤プット・オプション買いのペイオフ

プットは売る権利であるから、満期日に現物価格が行使価格を下回れば下回るほど、利益は大きくなる。価格が上昇したら、権利を放棄する。この場合も、損失額はプットのプレミアムに限定される。

6. ペイオフ・テーブルの作り方

ペイオフ・ダイアグラムは、現在の投資に対して将来の損益はどうかを見るものである。現時点における投資対象商品の市場での価格は分かっているが、将来の価格は誰にも分からない。神のみぞ知る不確実な世界である。しかし、起こり得る価格の分布をあらかじめ想定することはできる。ペイオフ・ダイアグラムは、種々の将来価格に対応する損益をビジュアルに表示する。

ペイオフ・ダイアグラム用のデータ表をペイオフ・テーブルとよぶことにしよう。

まずコールの買いを考える。コールの市場価格（プレミアム）を5、行使価格を100としよう。1年後、株価が110になった場合、権利を行使して100で株を買い、110で売れるから利益は5（＝売却益10－投資金額5）となる。株価が上がるほど利益は高くなるが、常に投資額＝プレミアムが差し引かれる。株価が行使価格以下になったならば権利を放棄する。損失はプレミアム分に限定される。すなわち、プレミアムは将来の不確実性（価格の上昇、下落）に対処するための保険料と考えることができる。

コールの買い手は保険を買ったわけだから、コールの売り手（ライター、writer）は保険の売り手になる。株価が上昇した時には、火災や事故が起こった場合の保険会社と同じリスクを負うが、そうでなければプレミアムを確保できる。

コール買いの特徴は、現物もしくは先物の買い（ロング）と比較すれば明きらかである。後者の場合、1年後、株価が上昇すれば売却益が得られるが、下落した場合、歯止めがなくなる。コールに比べて相対的な投資リスクは圧倒的に高い。つまり、現物や先物だけの買いにはリスク・ヘッジの機能が欠如している。

プットも同様である。売る権利の売買だから、プットの買い手は、1年後の株価が行使価格（100）を下回れば利益を得る。たとえば株価が80になった場合、権利を行使して100で売ることができるから、利益は15（＝20－プレミアムの5）となる。株価が上昇したならば権利を放棄する。損失は支払ったプレミアムだけで済む。

プットの特徴も現物・先物のショート（売り）と比較することができるが、これはペイオフ・テーブルを参照すれば理解できよう。

最後に、TB（短期国債）・定期預金等であるが、このような安全資産への投資から得られる利益は株式の価格とは無関係に確定している。最もリスクが低い故に、リターン（利益）も相対的に低いのは当然である。

以上の例をまとめたものがペイオフ・テーブル（表1）である。

ペイオフ・テーブルから、他の投資商品にはないオプションのメリットを要約しておこう。

第1に、オプションの投資資金は、少額で済むということである。コールの買いと現物の買いの例では、前者の投資額はプレミアムの5だけであるのに対して、後者では100の資金が必要になる。それゆえ、コールの投資金額当たりの収益率は、現物の何倍にもなる。このことを、「オ

プシヨンのレバレッジ（挺子）作用」という。

第2に、「オプションのペイオフ・ダイアグラムは折れ線になる」という点である。現物・先物・安全資産のダイアグラムはいずれも直線である。平面上では、折れ線を組み合わせて直線を描くことはできるが、逆は不可能である。次節で詳しくみることにしよう。

表1：ペイオフ・テーブル

満期の株価	50	80	90	100	110	120	150
コール買い	-5	-5	-5	-5	+5	+15	+45
プット買い	+45	+15	+5	-5	-5	-5	-5
先物 買い	-50	-20	-10	0	+10	+20	+50
先物 売り	+50	+20	+10	0	-10	-20	-50
TB @5%	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5

7. オプションの基本性格

本節ではオプションの基本性格を探ることにする。

前節のペイオフ・テーブルにコールとプットの売り（ショート）を追加しよう。表2中のLは買い(long)、Sは売り(short)を表わす。

表2：ペイオフ・テーブル

満期の株価	50	80	90	100	110	120	150
コール L	-5	-5	-5	-5	+5	+15	+45
コール S	+5	+5	+5	+5	-5	-15	-45
プット L	+45	+15	+5	-5	-5	-5	-5
プット S	-45	-15	-5	+5	+5	+5	+5
先物 L	-50	-20	-10	0	+10	+20	+50
先物 S	+50	+20	+10	0	-10	-20	-50

ペイオフ・テーブルからいくつかの興味ある関係式を導くことができる：

①コールのロング+プットのショート→先物のロング

コールの買いポジションとプットの売りポジションで先物の買いポジションを作る（再現する replicate）ことができる。この組み合わせで現物の買いポジションも作れる。すなわち、コールの買いとプットの売りは強気（ブル）戦略である。

②プットのロング+コールのショート→先物のショート

プットの買いポジションとコールの売りポジションで先物の売りポジションを作ることができる。これは現物の空売りに等しい。弱気（ベア）戦略である。

①と②の関係からオプションの基本的な特徴をみることができる。コール・オプションとプッ

ト・オプションがありさえすれば、現物、先物を自由に作れるわけで、極論すると、オプションがあれば現物、先物はいらなくなってしまふ。オプションが最も根源的な商品といわれる所以である。

逆は不可である。現物と先物を単純に組み合わせただけでは、オプションを作り出すことはできない。ペイオフ・ダイアグラム流にいえば、平面上でいくら直線を組み合わせても折れ線を再現することは不可能である。ただし、ダイナミックなトレーディング戦略を使えば、オプションを再現することができる。これについては後述する。

③プットのロング+先物のロング→コールのロング

この関係式を応用すれば、プットのショート+先物のショート→コールのショートとなる。これは合成コール(synthetic call)とよばれる。

④コールのロング+先物のショート→プットのロング

この応用から、コールのショート+先物のロング→プットのショートが導かれる。これは合成プット(synthetic put)とよばれる。CBOE(シカゴ・オプション取引所)では1973年に個別株式の現物オプションが導入されたが、当初はコール・オプションのみであった。プットは1981年まで取引ができなかった。この間、合成プットが代替の役割を果たしたのである。

⑤先物(現物)のロング+先物のショート→安全資産のロング

これはオプションとは直接関係はないが、ALM(資産・負債の総合管理)の基本となるもので、パーフェクト・ヘッジ(perfect hedging)とよばれる。すなわち、資産側にあるポートフォリオの価値を相場変動から防衛する手法である。

次節では、上記の関係をペイオフ・ダイアグラムでまとめることにしよう。

8. ペイオフ・ダイアグラムによる要約

前節、前々節では表と文章ばかりだったので、本節ではアナログ的に図でみることにしよう。単純化のためにコール、プットともに、行使価格は100、プレミアム(オプションの価格)は5とする。また先物の現在価格も100としよう。

図3、図4のペイオフ・ダイアグラムは、横軸に満期時の株価、縦軸に損益をとったものである。

図3は、コールの買い、プットの売り、先物の買いの関係を示している。

まず、先物の買いポジションであるが、投資金額100に対して、満期時の価格が100を越えれば越えるほど、利益は大きくなる。逆に、満期時の価格が下落すると、損失が増大してくる。コールの買いも強気戦略であるが、損失が限定される場所に特徴がある。満期時の株価が行使価格を下回ったならば(これをout of the money:アウト・オブ・ザ・マネーという)、権利を放棄してしまえばよい。損失はプレミアムの5だけである。株価が行使価格を上回った場合(これをin the money:イン・ザ・マネーという)、買う権利を行使すれば、売却益から初期投資のプレミアム分5を差し引いたものが利益となる。プットの売りは、株価が下がると損失幅(売却損と取得したプット・プレミアムの差)が大きくなる。

図3から、以下の関係が読み取れる:

コールの買い+プットの売り→先物の買い

すなわち、折れ線を二つ(コールの買いとプットの売り)組み合わせると直線(先物の買い)が作図できたわけである。

図4は、先物の売り、コールの売り、プットの買いを示している。

プットの買いの場合、満期時の株価が行使価格を下回れば利益がでるから、これをイン・ザ・マネー、株価が行使価格を上回れば損が出るから、アウト・オブ・ザ・マネーという。コールとちょうど逆である。

図4から、以下の関係が導かれる：

コールの売り+プットの買い→先物の売り

やはり、折れ線から直線を作り出している。

図3、図4はペイオフ・ダイアグラムの基本である。

株式の買いポジションをコールの売りでヘッジするカバード・コール(covered call)、プットの買いでヘッジするプロテクティブ・プット(protective put)なども同様の図で分析することができる。また、さらに複雑なストラドル(straddle)やストラングル(strangle)も、ペイオフ・ダイアグラムを使うと簡単にその特徴をビジュアルに捉えることができる。

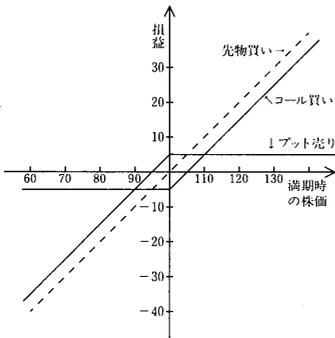


図3

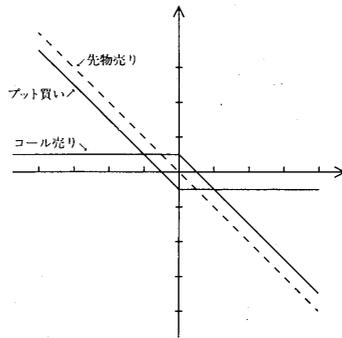


図4

9. オプションの基本戦略(1)

本節から株価指数(たとえば日経225種、S&P100種など)のオプションを例にして基本的なオプション戦略をみることにしよう。

① 上昇相場の波乗り

近い将来、相場が下降から上昇に転じると予想される場合を考える。行使価格150、満期5月のコール・オプションの3月12日におけるプレミアム(価格)は2.5であった(指数の値は147.5)。このコールの購入金額は250(=2.5×100)となる。10日後の22日に指数は予想通り152に上昇した。5月満期のコール・オプションはイン・ザ・マネーになり、価格は4.5、すなわち本源的価値2(=152-150)にタイム・プレミアムが2.5加わった水準に値上がりした。3月12日に250でコールを購入した投資家は、22日に手仕舞えば200の利益を得ることができる。

3月22日	5月満期のコールを売却(@4.5)	収入=450
3月12日	5月満期のコールを購入(@2.5)	支出=250
		利益=200

このコール投資の収益率は10日間で80%である！相場が予想通りに動けばよいが、外れた場合のリスクも大きいのは当然である。オプション固有のリスクについては後述する。

オプションを満期以前に手仕舞う戦略をローリング(rolling)とよぶ。

②株式ポートフォリオのヘッジ

株式はリスク商品であるが、多様化(分散投資)によってリスクを軽減することができる。インデックス・ファンドがその典型である。しかし相場全体が下落した場合、ファンドの目減りは避けようがない。そこでプット・オプションを使ってポートフォリオの価値を守ることにしよう。指数が下がれば下がるほど、プットの価値は上がるからである。

10月29日、ある株価指数の終値は179.10であった。相場は下がると予想されるので、ファンド・マネジャーはプットを買ってポートフォリオの目減りを相殺することにした。行使価格175、1月満期のプットのプレミアムは3(購入金額は300)であった。プットの満期(1月)に株価指数は165.20に下落した。満期日におけるプット・オプションの本源的価値は9.80(=175-165.2)である。ファンド・マネジャーはプットの権利を行使し、その利益でポートフォリオの目減りを相殺することにした。

1月の満期日	プットの権利を行使(指数は165.2)	収入=980
10月29日	行使価格175、1月満期のプット購入	支出=300
		利益=680

指数が179.10の場合、指数は17,910(=179.1×100)に等しいから、上記のプット購入戦略によって株式ポートフォリオの17,910をヘッジしたことになる。

すでに所有しているリスク資産をプット購入によって守る戦略はプロテクティブ・プットとよばれる。これはちょうど保険契約の購入に当たる。保険金はプットのプレミアムに等しい(図5参照)。

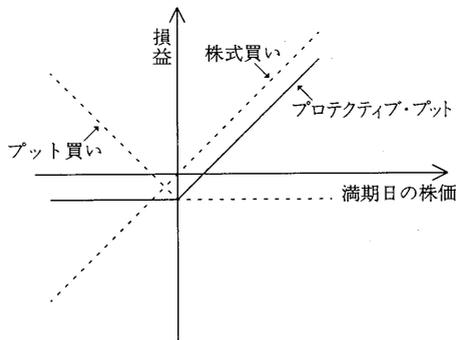


図5

10. オプションの基本戦略(2)

前節では、株式ポートフォリオの価値下落を回避する戦略としてプロテクティブ・プットをみた。この戦略は保険の購入に相当するので、ポートフォリオ・インシュアランス(Portfolio In-

surance)ともよばれている。逆に、オプションを使って保険の売却に等しいポジションを作ることできる。

③バイライト (Buywrite) : 保険の売り

株式では非常にポピュラーな戦略で、カバード・コールとかオーバーライトともよばれる。図6に示されているように、バイライトは株式の買いポジションとコールの売りで合成される(前節のプロテクティブ・プットと比較せよ)。

オプションを売って得られるプレミアムは当面のリターンを高め、また株価が下落した場合、部分的なクッションという防衛力も併せもっている。しかし、バイライトは投資家の利益機会に限界をつけてしまうという欠点がある。株価がコールの行使価格を上回ると、コールの買い手は権利を行使して株式を買うから、バイライト戦略をとった投資家は将来の利益機会を失うことになる。

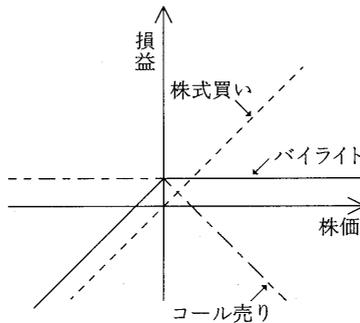


図6

投資家が相場について慎重な見通しをもち、当面の収益を最大にしたければ、イン・ザ・マネーかアット・ザ・マネー(at the money: 株価が行使価格に等しい)のコールを売るのが最善の戦略である。逆に強気の相場を予想し、当面の利益とともに潜在的な収益機会も得たい投資家にとっては、アウト・オブ・ザ・マネーのコールがベストであろう。

たとえば、ある投資家の保有株式が現在25(円)で、行使価格25(円)のコールが2で売れるとしよう。株価が下がると買い手は権利を行使しないから、この投資家のポジション価値はコールのプレミアム2と保有株式の時価を合計したものである。逆に、株価が上昇するとコールの買い手は権利を行使するから、この投資家の手元には2(円)程度しか残らない。

具体例でもう少し検討してみよう。表3はイン・ザ・マネーとアウト・オブ・ザ・マネーのバイライト戦略を比較したものである。

投資家の保有株数は100株で、1株45(円)とする。行使価格40のコール・プレミアムが8、行使価格50のプレミアムが1であるとしよう。前者がイン・ザ・マネー、後者がアウト・オブ・ザ・マネーである。

イン・ザ・マネーのバイライトは損益分岐点37で、8ポイント(=45-37)分の下落に対して防衛が可能である。一方、アウト・オブ・ザ・マネーでは、損益分岐点は44で1ポイントの防衛しかできない。すなわち、イン・ザ・マネーのバイライトのほうが株価下落に対する防衛度合は大きい。しかし表3に示されているように、最大利益はアウト・オブ・ザ・マネーのほうがはるか

に大きい。リスクとリターンとのトレード・オフである。

ヘッジ手段としてはバイライトには限界がある。株価の下落幅が大きいと、損失額はオプションを売って得られるプレミアムより大きくなる。とはいえ、バイライトはフレキシビリティに富んでおり、投資家の相場感やリスク許容度に応じて、オプションの行使価格、満期日などを組み合わせ、将来収益を最大化するようなポジションを作り出すことが可能である。

表3：バイライト戦略の比較

イン・ザ・マネー (行使価格40) (プレミアム8) 株価 利益		アウト・オブ・ザ・マネー (行使価格50) (プレミアム1) 株価 利益	
35	-200	35	-900
37	0	40	-400
40	300	44	0
45	300	45	100
50	300	50	600
60	300	60	600

11. オプションの基本戦略(3)

前節、前々節では保険機能をもつプロテクティブ・プットとバイライト(カバード・コール)を説明した。ここでまとめておこう。

④オプションの保険機能：まとめ

表4に示されているように、プロテクティブ・プットとバイライトは対照的な戦略である。前者は損失額を一定の底(floor)に限定するのに対し、後者では利益が天井(ceiling)以上になることはない。また、プレミアム(プット)を払って相場上昇で利益を得るのがプロテクティブ・プットであるが、バイライトは相場が下落すると損失を蒙るがプレミアム(コール)は確保できる。ゆえに相場が動かなかつた場合、前者はプレミアム分だけ損をかぶり、逆にバイライトはプレミアムが益となる。さらに、プロテクティブ・プットは、相場上昇時には100%株式投資したときと類似のペイオフが期待され、相場が下落したときには100%現金(たとえばTB)に投資した状況に似てくる。バイライトはまったく対照的で、相場上昇時には100%現金投資、下落時には100%株式投資に類似したペイオフになる。以上から、プロテクティブ・プットは保険の買い、バイライトは保険の売りということが明きらかである。

表4：保険機能の比較

	プロテクトティブ・プット	バイライト (カバード・コール)
損益	損失は限定(floor)	利益は限定(ceiling)
プレミアム	株式値上がり－プレミアム＝利益	株式値下がり＋プレミアム＝損失
相場不変	プレミアム＝損失	プレミアム＝利益
相場上昇	100%株式投資に類似	100%現金投資に類似
相場下落	100%現金投資に類似	100%株式投資に類似
保険	買い手	売り手

⑤マネー・マーケット商品との組み合わせ：キャピタル・ゲインの確保とリスク回避

オプションを使うことによって、相場リスクを回避すると同時に、相場上昇からもたらされるキャピタル・ゲインを享受することもできる。例としては、TBのような短期マネー・マーケット商品への投資と指数コール・オプションの買いの組み合わせがある。変動の激しい相場リスクへの対処法として、オプションのメリットが生かされる。

相場が上昇すれば、コールの価値もそれだけ上がる。逆に相場が下落しても、損失はコール買いのプレミアムだけで済む。いずれの場合も、マネー・マーケット商品から得られる金利収入は確保される。

手持ち資金の大半をTBに投資する人を考えよう。この投資家が6月25日に、11,000(円)の資金のうち10,000をTB投資に当て、残りの1,000で8月満期の指数コールを5(単位)買ったとしよう。6月25日の指数の水準は175、行使価格180のコールのプレミアムは2(円)であった。

1ヵ月後に指数は190に上昇し、コールの価値(市場価格＝プレミアム)も10に上がった。この時点でコールを手仕舞えば、コールの投資から4,000の利益が得られる。

7月25日	行使価格180のコール売却@10(5単位)	収入=5,000
6月25日	行使価格180のコール購入@2(5単位)	支出=1,000
		利益=4,000

この投資家の7月25日時点における総利益は、コールの利益4,000にTBから上がる1ヵ月分の金利収入を加えたものになる。相場が下落した場合には権利を行使しなければよい。

12. オプションの基本戦略(4)

保険機能のついたプロテクトティブ・プットやバイライト、またオプションとTBの組み合わせでは、オプションはポートフォリオのヘッジとして使われる。

⑥「裸の」オプション売り：投機家の戦略

これらとは逆に、オプションのみに投資する投機的な戦略もある。いわゆる「裸の」(naked)コールもしくはプットの売り買いである。特に、裸のオプション売りでは買い手の権利行使に対して履行義務が生じるから、注意が必要である。オプションがイン・ザ・マネーの場合、本源的価値より割安な場合、また満期日近くの場合には、履行義務のリスクが高くなる。権利を行使さ

れたならば、指数オプションの売り手は、行使日における株価指数と行使価格の差額を支払わなければならない。

オプションの満期日までの間、指数の水準が行使価格を下回っていれば、コールの売り手はプレミアムが利益となるし、逆に指数の水準が行使価格を上回ってれば、プットの売り手はプレミアムを手に入れることができる。相場が不変の場合も、プレミアムが利益となる。

手持ちポートフォリオのヘッジ戦略をとる投資家とは対照的に、「裸の」売り手は、相場の方向（コールの場合は下落、プットの場合は上昇）もしくは相場不変に賭ける投機家なのである。

ここで「投機」という行為について簡単に触れておこう。投機は純然たる経済合理的な行為であって、善悪とはまったく関係ない。投機を軽蔑的な(pejorative)意味で使うのは誤りである。ヘッジをしない売り(short)もしくは買い(long)のポジションをとることを「投機」と定義するのであって、それ以外の何物でもない。

例をあげよう。土地を担保にして住宅を購入する人は、不動産に対して借金をしながら投機的なポジションをとっている。現先で資金を調達して国債を買うディーラーは、国債に対して借金をしながら投機的なポジションをとっている。唯一の違いは、ディーラーは投機をしていることを理解しているが、住宅購入者は理解していないということだけである。

現在、株価指数オプション取引は投機的であるという理由で、個人投資家は実質的に排除されている。コールやプットの買いでも、証券会社に最低4000万円の預かり資産がなければ参加できない。悪名高い大蔵省の行政指導の一例である。投機に対する無知、無理解の結果であって、大蔵省こそ「投機的な」行政を実施しているのである。オプション市場の流動性や厚みを増すためにも、投機的な投資家の参加は必要不可欠といえる。一日も早い改善を望みたい。

少し横道にそれたが、コールの売りとプットの売りを同時におこなう戦略としてストラドルがある。

⑦ストラドルの売り：相場不変に賭ける

「裸の」ストラドル売りは、行使価格と満期が同一のコールとプットをとともに売る戦略である。ある投資家が今後、相場は動きそうもないと予想したとしよう。相場商品（たとえば株式）の現在の水準は45、1月満期で行使価格45のコール価格は4、プットの価格は3である。満期日にこの商品の価格が38と52の間であれば、投資家は利益を得る。もし相場が52以上に上昇したり、38以下に下落した場合には、損失はどんどん膨れあがる（表5と図7を参照）。ストラドル売りは非常にリスクの大きい投機的な戦略である。

表5：ストラドルの売り

満期日の価格	コールの損益	プットの損益	総損益
30	+400	-1200	-800
35	+400	-700	-300
38	+400	-400	0
40	+400	-200	+200
45	+400	+300	+700
50	-100	+300	+200
52	-300	+300	0
55	-600	+300	-300
60	-1000	+300	-800

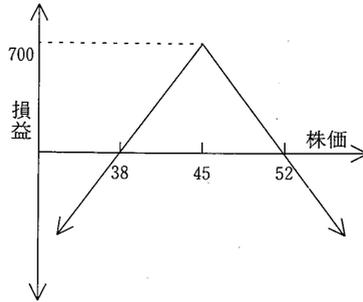


図 7

13. オプションの基本戦略（5）

基本戦略の最後として先物との組み合わせを取り上げることにしよう。より複雑なオプション戦略については節を改めてじっくりアプローチする。

先物はオプションとはまったく異なる商品である。例として株価指数先物を考えると、まず第1に、先物は将来の特定の期日において差金決済されるが、投資家は現金受け取りという「行使」をする必要はない。第2に、オプションの場合、買い手のリスクはオプション契約に支払われたプレミアムに限定されるが、先物では、将来の特定期日において事前に決められた価格に対して投資家は全責任を負う。ゆえに、相場が思惑とは反対に動いた場合には100%のリスクをかぶることになる。これは先物のペイオフ・ダイアグラムから明きらかであろう（第4節の図2を参照）。

⑧先物による売りヘッジ

先物のもっともポピュラーな利用法は売りヘッジで、これは株式のようなリスク商品をヘッジするときに用いられる。

投資家Aは、業績等から判断してあるメーカーB社の先行きに楽観的であったとしよう。しかしマーケット全体が今後どう動くかはよくわからない。1月5日のB社の株価は1株当たり28.75であった。Aは2,500株を買うことにした。投資金額は71,875である。この株式の買いポジションをヘッジするために、Aは3月限の株価指数先物を売ることにした。1月5日の指数先物契約は170(円)なので、500単位を売ることになる。

さて2ヵ月後、AはB社の株を売り、指数先物も手仕舞う（買い戻す）決心をした。この時点でB社の株価は予想に反して27.50に下落してしまったから、株式の現物ポジションでは1株当たり1.25、総額では3,125の損失を蒙った。一方、3月限の指数先物も相場の上降トレンドを反映して162.40にまで下がった。投資家Aの先物ポジションでは、 $3,800 (= \{170 - 162.4\} \times 500)$ の利益が出たことになる。結局、この指数先物の売りヘッジによるネットの利益は675である。

		現物ポジション
3月5日	B社2,500株売り@27.50	収入 = 68,750
1月5日	B社2,500株買い@28.75	支出 = 71,875
		損益 = -3,125
		先物ポジション
3月5日	指数先物売り @170.00	収入 = 85,000
	指数先物買い戻し @162.40	支出 = 81,200
		損益 = +3,800
		純益 = 675

このような先物を使った売りヘッジは一般投資家やファンド・マネジャーのほかに、証券会社の引受部門でも利用される。証券会社は企業の株式発行の際には、買い手である投資家と発行企業の仲立ちをする。証券会社は発行体から一定の価格で株式をいったん引き受け、これにスプレッドを乗せて投資家に販売する。引き受けから販売までの間は、証券会社は在庫リスクを負うことになる。このリスクをヘッジするためには、指数先物を売り建てておけばよい。

⑨オプションと先物の組み合わせ

オプションと先物を組み合わせると、さらに多様な戦略が可能になる。

ある投資家が指数先物を171.50で買ったとしよう。先物価格が174.60に上昇すれば、1,550 (= {174.6 - 171.5} × 500) の未実現利益があがる。さらに行使価格175の指数プット・オプションを5単位買っておけば、未実現の先物利益からプットのプレミアンを差し引いた額が利益として確定される。先物価格が175以下にいくら下がっても、プットの価値上昇によって先物から生じる損失は相殺される。プロテクティブ・プットの種類である。このほかに、TBと先物買いにプットの買いを組み合わせるとポートフォリオのリスクを限定することも可能である。

パートII. 世界の金融オプション市場

14. シカゴの3大取引所(1) : CBOE

パートIIではシカゴの3大取引所およびヨーロッパの主要なオプション市場をみることにしよう。特にシカゴの3大取引所は、オプションや先物などの派生的商品では世界のリーダー役を演じている。まず、CBOEである。

CBOEは「シーボー」という愛称でよばれているが、正式名称は“Chicago Board Options Exchange”である。わが国では時折りBoardとOptionsの間にofを入れている資料をみかけるが、誤りである。

CBOEは1973年、世界最大の先物取引所であるCBOTによって設立された。その後CBOTからは完全に独立している。管轄機関もCBOEはSEC(証券取引委員会)であるのに対し、CBOTはCFTC(商品先物取引委員会)という違いがある。ちなみに、73年はバッテリー・マーチとウェルズ・ファーゴが世界で初めて株式のインデックス・ファンドを売り出した年でもある。またB・Sモデルが発表された年でもある。

オプションはそれまでOTC(店頭)による取引のみであったが、CBOEの誕生によって個別株式の取引所取引によるオプションの幕が開けられたわけである。

73年の開設当初はコール・オプションのみであった。対象銘柄もATT、アルコア、マクドナルドなどのブルー・チップに限られ、わずかに16銘柄であった。契約数も911で、まさに前途遼遠のスタートであったといえよう。しかし、徐々に各投資家層の間でオプションの利便性が理解されるようになり、1年半後の75年10月には契約数も10万を突破するまでに成長した。CBOEの成功に刺激されて、AMEX(アメリカン取引所)、NYSE、PHLX(第22節参照)、PSE(パシフィック証券取引所)などの主要取引所もこぞってオプションを導入した。取引所のこのような動きが金融新商品の開発ラッシュに拍車をかけたのである。

表6：オプション取引高

(契約数)		(契約数)		
	個別株		S & P 100	S & P 500
1973	6,469	1983年 1 Q	---	
1974	22,462	2 Q	34,153	
1975	57,240	3 Q	53,917	
1976	84,972	4 Q	76,897	
1977	98,566	1984年 1 Q	176,942	
1978	136,021	2 Q	252,387	
1979	139,840	3 Q	289,451	
1980	209,158	4 Q	296,251	
1981	277,605	1985年 1 Q	371,339	
1982	299,295	2 Q	311,339	
1983	283,382	3 Q	318,678	
1984	231,917	4 Q	443,565	
1985	228,268	1986年 1 Q	485,551	
1986	255,906	2 Q	449,188	
1987	289,784	3 Q	478,543	8,896
1988	195,231	4 Q	381,867	10,806
1989	245,647	1987年 1 Q	482,206	26,644
		2 Q	414,600	25,972
		3 Q	435,889	27,346
		4 Q	279,181	22,872
		1988年 1 Q	221,008	13,704
		2 Q	232,441	17,377
		3 Q	220,759	20,937
		4 Q	234,453	23,803
		1989年	231,632	24,827

個別銘柄のプット・オプションは77年に始まったが（実際の取引は81年である）、CBOEが大飛躍を遂げたのは何と云っても株価指数のオプションを導入してからである。個人投資家や規模の小さい機関投資家は個別株式のオプションで満足していたが、大規模なファンドの大半はインデックスで運用されるようになっていたから、個別オプションではリスクの回避ができない。マーケット全体のリスクを管理するためには株価指数オプションが不可避であり、ニーズも高まってきた。

このような気運のなかで、CBOEは83年にS&P100種指数の現物オプション取引に踏み切った。これも世界初の商品で、CBOEのパイオニアとしての強い使命感が読み取れる。この指数は通称OEXとよばれ、大型のブルー・チップから構成されている。各株式の時価総額による加重平均で計算される。

そして、86年にはS&P500種指数のオプションを導入した。これはSPXとよばれる。アメリカを代表する株価指数で、製造業40社、公益業40社、運輸業20社、金融業40社で構成され、NYSE時価総額の80%を占めている。インデックス・ファンドのパフォーマンスはS&P500を対象とする場合が多い。機関投資家の間では最もポピュラーな指数である。

参考としてCBOE個別オプションの契約数、指数オプションの契約数の推移を示しておく（発足から15年間）。87年のブラック・マンデーまでは順調に伸びてきたことがうかがわれる（表6）。

15. シカゴの3大取引所（2）：CBOE（続き）

CBOEは83年3月に取引所としては初めてS&P100種指数のオプション（商品名はOEX）を上場した。OEXの成功に促されて3年後の86年にはS&P500種の指数オプション（商品名はSPX）も導入された。両指数オプションの取引高は急速に拡大し、全米指数オプション市場の出来高の85%以上を占めるまでに至っている。個別銘柄の現物オプションと併せて、CBOEは個人投資家から年金基金などの大口投資家に対してリスク管理に必要な商品を提供してきたのである。

さてCBOEの花形商品であるOEXとSPXには種々の特徴がある。OEXは満期前の行使が可能であるアメリカン・タイプのオプションであるのに対し、SPXは満期日のみに行使可能なヨーロッパ・タイプである。このほかにも以下のような差がある。

①新規取引のタイプ

89年3月のデータで、OEXの取引サイズと取引のタイプをみると、100契約以下のサイズでは新規の買い建てが76.1%、新規の売り建てが23.9%である。100契約以上のサイズでは、新規買い建ては62.3%、新規売り建ては37.7%となっている。新規の取引では買い建てに偏っていることが分かる。このことと1回の取引での平均契約数（16.1契約）が少ないことから、OEX取引の大部分は個人投資家によるものと考えられる。

一方、SPXでは、100契約以下の新規買い建てが65.3%、売り建てが34.7%、100契約以上の買い建てが37.7%、売り建てが62.3%となっており、取引のサイズで比較するかぎり、新規の買い建てと売り建ての比率が逆になっている。また、1回の取引平均契約数は52.8契約でOEXよりはるかに多い。すなわち、SPXには機関投資家が参加していることを示している。

②委託取引高の内訳

OEXの全委託取引高のうち、約60%が100契約以下で、また取引のタイプでは70%以上が新規の買い建てとなっている。これも個人投資家の参加が多いことを示している。

SPXでは委託取引高全体の85%以上が100契約を越えるものである。100契約以上のうち、新規売り建てが53.9%と高くなっており、ヨーロッパ・タイプのSPXではバイライト戦略がおこなわれていることが分かる。

要約すれば、OEXの主な参加者は個人投資家であるのに対し、SPXは主として機関投資家が利用しているといえよう。前節で契約数の推移表(表6)を掲げたが、SPXはOEXの1割程度である。しかし、オープン・インタレスト(建玉残高)をみると、SPXはOEXに拮抗するところまで近づいている(図8参照)。これもOEXとSPXの特徴をよく表わしている。

CBOEはコンピューター化にも積極的に取り組んでいる。現在CARS(Computer Assisted Rotation System)、RAES(Retail Automatic Execution System)、FBR(Floor Broker Routing)、AUTO QUOTE(Automatic Quotation System)の4システムが動いており、投資家の便宜を考慮した努力を続けている。

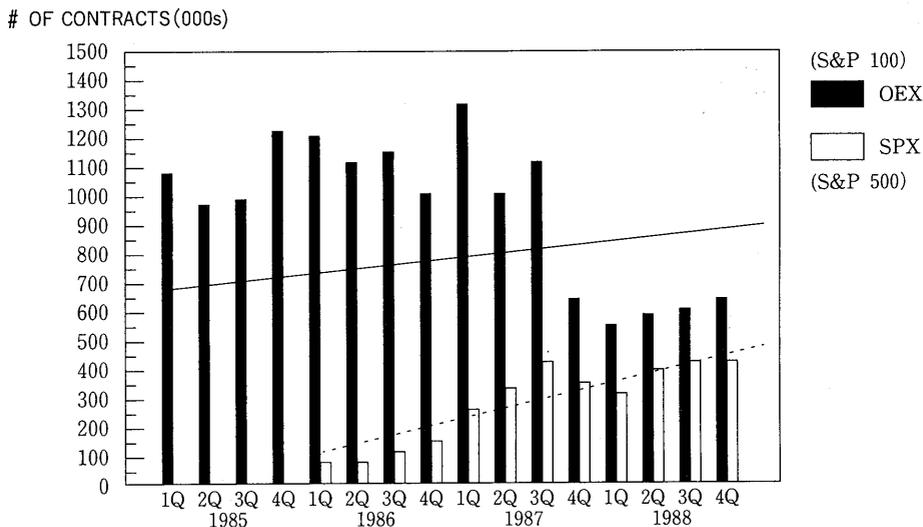


図8：OEX AND SPX OPEN INTEREST
建玉残高

16. シカゴの3大取引所(3)：CBOTの歴史的発展

アメリカの中西部(Mid-West)は東部から西部への玄関口であり、アメリカの経済発展を支えてきた地域である。まず5大湖周辺の工業地帯がある。自動車産業の中心地はいうまでもなくミシガン州のデトロイトである。ミシガンをはじめとしてその南の3州、オハイオ、インディアナ、イリノイは第2次産業と農牧業がうまくミックスした地域となっている。そしてミシシッピ川の流域にはコーン・ベルトとよばれる世界有数の大穀倉地帯が広がる。山らしい山はほとんどない。この大平原がロッキー山脈にぶつかるころまでが中西部である。ローハイドを付けたカウボーイたちが縦横無尽に駆け抜けた地域、いまでもアメリカの男たちの夢をそそる地域、それが中西部である。ニューヨークやボストンほど洗練されてはいないが、砂漠の果てのロサンゼルスほど

ドライでもない。アメリカ人の故郷といえよう。

シカゴの、そして3大取引所の成長と発展は、この大中西部の地域特性を抜きにしては語れない。シカゴは穀物や肉の集散地として出発した。小麦、とうもろこし、生牛、豚肉等々、中西部のあらゆる商品がシカゴに集まり、そして散っていった。時にはミシシッピを下り南部のニューオーリンズまで、時には5大湖から東部へ向かった。シカゴはアメリカの経済発展を支え続けたのである。

ところで意外な時代に意外な日本人がシカゴに来ている。あの勝海舟である。1871年のシカゴの大火はあまりにも有名である。一軒の厩から出た火はシカゴ中をなめ尽くし、一夜にしてシカゴは廃墟と化した。大火の翌72年、勝海舟はシカゴを訪れている。彼自身2回目の渡米である。シカゴの惨状を眼のあたりにして、勝は当時の金額で5,000ドルを見舞金として市に与えた。大金であった。日本政府からということになっているが、その場で即決したというから、勝の器が偲ばれる。海のようなミシガン湖を見ながら育ったシカゴワン（シカゴっ子）と太平洋の彼方を見続けた勝海舟の取り合わせは興味深い。シカゴには土佐出身者の日本料理屋が数軒ある。

その後のシカゴの発展はめざましい。1920年代（ローリング・トウェンティーズ）には希代のギャング、アル・カポネとFBI（連邦捜査局）のエリオット・ネスの死闘もあった。建築では世界をリードするものが数多く建てられた。旧帝国ホテルのライトもシカゴ学派に属する。世界で最も高いシアーズ・タワーもシカゴのシンボルである。

シカゴは第一次産品の大集散地であるといったが、これがシカゴの3大取引所の隆盛をもたらした。昔は現物の取引をやっていたが、天候不順などのリスクに対処するため、ヘッジングの手法が早くから定着した。先物によるリスク・ヘッジをシステムとして最初に取り入れたのがシカゴである。

3大取引所のなかでも、CBOT(Chicago Board of Trade)は最も長い歴史と世界最大の規模を誇っている。設立は1848年、82人のシカゴ商人が集まって作られた。当初は主として先渡し契約による穀物価格のヘッジングがおこなわれていた。大火前の65年に現在の先物の原型となる契約の標準化が実施されている。

下表は設立時と36年後のパフォーマンスを主要穀物の出荷数で比較したものである。この急膨張がCBOTの繁栄につながった。

	小麦粉	小麦	とうもろこし
1848年	45,200バレル	2,160,000ブッシェル	550,460ブッシェル
1884年	4,960,830バレル	26,397,587ブッシェル	59,580,445ブッシェル

1960年代に入ると、それまでの貯蔵可能産品に加えて、農産物の加工製品も先物取引の対象に含まれるようになった。これがCBOT飛躍のひとつの引き金となった。もうひとつは金融商品とオプションの導入である。

17. シカゴの3大取引所（4）：CBOT(続き)

CBOTは新商品の導入にはつねに積極的であった。1975年、初の金融先物商品として、政府保証の抵当証券であるGNMA(Government National Mortgage Association、通称ジニメー)債券

の取引を開始した。これ以降、金融商品の先物取引は爆発的に成長したが、CBOTはその火付け役となったのである。特にCBOTのTボンド（アメリカの長期国債）先物は世界最大の契約高を誇っている。

1982年には新たな金融革新があった。すなわち先物オプションの登場である。先物とは対照的に、先物オプションは投資家やリスク・マネジャーに対して、先物契約を売ったり買ったりする権利に支払われるプレミアムという形で、リスクを特定できると同時にリスクを限定することができるという手段を提供する。CBOTはTボンド先物オプションを試験的に取引したが、その成功に促されて大豆やとうもろこしのような農産物でも先物オプション取引が可能になった。現在、世界最大の先物オプションはCBOTのTボンドである。

グローバル化に本格的に取り組みだしたのは1987年である。同年4月30日、アジア市場の前場に合わせるために夜間取引を開始した。24時間取引の幕が切って落とされる。そしてここから全世界を相手にしたグローバル・エレクトロニック・トレーディングが始まるのである。取引所のコンピューター化が加速的に速まってきた。

CBOTの核となるシステムはAURORAとよばれている。AURORAは、CBOTの取引が終了している時間帯でも取引を可能にする。一言でいえば、CBOTのピット（場）がコンピューターの画面上に再現され、どこからでもリアルタイムの情報や取引にアクセスできる。つまりAURORAは取引をマッチさせるコンピューター・プログラムではなく、トレーダーに競争的なマーケットを作り出させるシステムである。

AURORAを支えているのがEOSと呼ばれるシステムで、顧客注文の入力と引渡しをエレクトロニクス化している。EOSはCBOTとAURORAのピットへの入り口を提供する。たとえば、外部顧客がブローカーに注文の電話をすると、この注文はAURORAを利用するブローカーに直接移送される。注文が執行されると、取引の確認がブローカーに電送され、バック・オフィスでの処理に向かうと同時に、CBOTの清算会社にも送られる。図9はEOSとAURORAの流れ図である。

AURORA、EOSの出現によって、24時間のリスク・マネジメントが可能になりつつある。CBOTのライバル取引所であるCMEもGLOBEXというグローバルなネットワーク・システムの実現を急いでいる。ヨーロッパではLIFFEとMATIFがしのぎを削っている。このような取引所の競争によって、金融取引はますます高度化していくであろう。

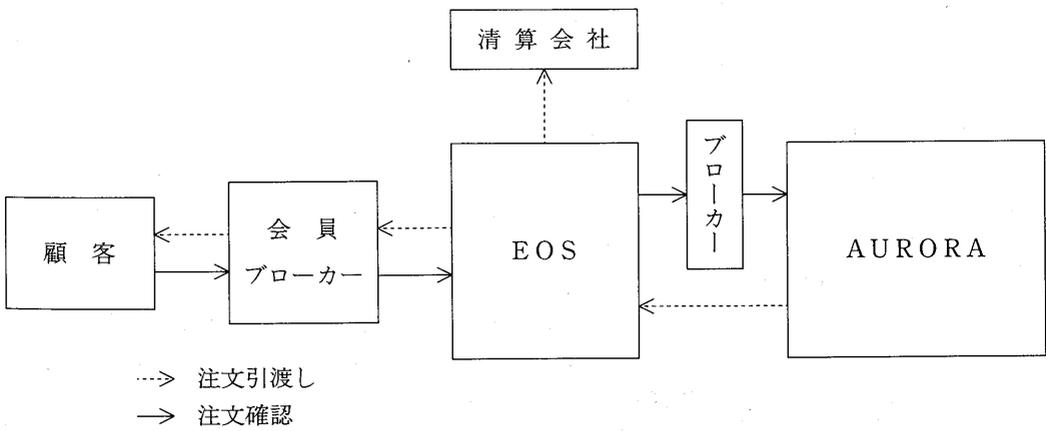


図9：AURORAとEOSのシステム図

18. シカゴの3大取引所(5) : CME

シカゴの3大取引所のしんがりはCME(Chicago Mercantile Exchange)である。CMEは通称マークとよばれている。CBOTはボード、CBOEはシーボーである。

CMEの設立は1874年であるから、CBOTに約四半世紀遅れてスタートしたことになる。当時の主要商品はバター、玉子、チーズであったという。以来、両取引所は第一次産品から金融商品にいたるまで、あらゆる面で新商品導入の競争をしてきた。それが今日のシカゴの隆盛をもたらしたのである。最近ではグローバルなコンピューター・ネットワークでも覇権を争っている。

競争によって効率性を高めるといえるのはアメリカ資本主義の鉄則であって、取引所も例外ではない。もちろん、目的は常に「ユーザー＝投資家のために」である。ヨーロッパでも、LIFFE(ロンドン)、MATIF(パリ)、DTB(フランクフルト)が熾烈な競争を展開しているが、そのヒナ型はCMEとCBOTの関係に見ることができる。

さて、CMEは3部門から構成されている。第1の部門はCMEそのもので、歴史的には最も古い農産物の先物、および先物オプション取引を統括している。牛、豚、木材、金などの商品が対象となっている。

第2の部門はIMM(International Monetary Market)で、1972年に設立された。当初は通貨取引のみであったが、後に金利関連商品も追加された。カバーされる通貨は日本円、独マルク、英ポンド、スイス・フラン、仏フラン、加ドル、豪ドル、それにECU(欧州通貨単位)である。このうち仏フラン、豪ドルおよびECUは先物取引のみで、他の5通貨については先物と先物オプションが利用できる。金利はユーロドル3ヵ月の先物と先物オプション、90日TB(短期財務省証券)の先物と先物オプション、それに国内CD3ヵ月先物である。1989年、最新の商品としてDIFF(Differential Futures)が導入されたが、これについては次節で説明する。農産物を押さえて、今や金融関連のIMMがCMEの中核になるまでに成長した。

第3の部門はIOM(Index and Options Market)で、1982年に創設された。いちばん新しい部門である。S&P500種株価指数の先物と先物オプションで、指数取引では他の商品を大きく引き離している。機関投資家のポートフォリオをヘッジするための必須商品である。またいわゆるプログラム・トレーディングの対象ともなっている。

ところでCMEでは毎日会員権の値段をスクリーン上に表示している。これを見ると各部門の人気度合が分かる。下表は1990年3月末における会員権価格である。

CMEの会員権価格

IOM (IOMのみ)	\$ 113,000	(3月24日)
IMM(IMMとIOM)	\$ 405,000	(3月30日)
CME(CME、IMM、IOMのすべて)	\$ 500,000	(3月22日)

CMEでは会員権価格は経済の法則、すなわち「需要と供給によって価格は決定されるがゆえに、日々変動する」と明記している。上表で見ると、IMMの価格が相対的に高いことがわかる。これはCME全体の出来高のうち、IMM関連が50%以上を占めるということを反映している。ちなみに、CME会員権価格の最高値は55万ドルであった。徐々にその水準に近づいてきている。ブラック・マンデーで暴落した会員権の値段もようやく反騰に転じたといえるかも

しれない。

なお、CMEの全会員数は2,124に固定されている。清算会社は80社、取引所のスタッフは約1,000名である。

次節はCMEの最新商品であるDIFFと、グローバルなネットワーク・システムを目指すGLOBEXを取り上げ、3大取引所をしめくくる。

19. シカゴの3大取引所(6)：CME (続き)

前節で触れたDIFFはCMEの最新金融商品である。これは金融取引のグローバル化を受けて開発された商品で、金利リスクの管理に利用される。

国際的な資金調達と投資活動には2種類のリスクが関係してくる。第1は通貨リスクで、これは通貨の派生的商品(先渡し、先物、オプションなど)を使ってヘッジすることができる。第2は金利リスクである。DIFFはこのリスクを管理するものである。

DIFFには、ユーロドル(米ドル建て)の3ヵ月預金金利(LIBOR)と他の通貨建ての金利の差を固定させるという機能がある。現在、ドルLIBORとユーロスターリングの3ヵ月預金金利との差(ドル/スターリングDIFF)、ユーロマルクの預金金利との差(ドル/マルクDIFF)、ユーロ円の預金金利との差(ドル/円DIFF)の3契約がある。

DIFFを使ったヘッジの例として、為替レートを\$1.70/£に固定して金利差が縮小するケースを考えてみよう。ヘッジの開始時にスポットのユーロドル金利が8.25%、ユーロスターリング金利が12%、ドル/スターリングのDIFFの売り値が103.70とする。X銀行はドルで資金調達をしてその資金をスターリングに投資しようとしている。X銀行はDIFFの期近先物を103.70で売ることによって、ユーロ金利の差を370ベース・ポイントに固定させることができる。

契約後にドル金利が8.75%に上昇、スターリング金利が11.5%に下落して金利差が縮小した。X銀行の戦略とその結果は以下ようになる。

①ユーロドルのスポットLIBOR(8.75%)で100万ドルを3ヵ月借入れる。金利費用は\$21,875(=\$100万×.875×1/4)。

②100万ドルをスポットの為替レート(\$1.70/£)で£588,235に変換。

③この£を11.5%のユーロスターリングで運用して£16,912の金融収益を得る(=£588,235×.115×1/4)。

④この収益を\$換算して\$28,750。

⑤金融収益と金利費用の差は\$6,875。

⑥最終決済時のドル/スターリングDIFFの価格は100-(8.75-11.50)=102.75。

⑦DIFFの売り値は103.7-102.75=95ポイント。ドル換算はポイントの価格変化分に1枚当り\$25を掛けて得られるから、\$25×95=\$2,375となる。

⑧ネットの収益\$6,875にヘッジからの収益\$2,375を加えて合計\$9,250が得られる。年利のスプレッドは3.7%。

以上は金利縮小のケースである。逆に金利上昇の場合には、ヘッジから損失が出るが、それを上回る金融収益が得られるから、やはりスプレッドを固定するすることができる。

ユーロ金利差を利用するDIFFは始まったばかりだが、グローバルな資金調達、投資活動にかかわるヘッジ手法の一環として大いに注目される。

最後にCMEのGLOBEXを簡単に紹介しておこう。一言でいうと、GLOBEXは先物とオプションのエレクトロニック・トレーディング・システムである。CMEのパートナーとなっている取引所（パリのMATIF、シドニーのSFE等）の立ち会い時間と組み合わせれば、24時間のグローバル取引が可能になる。GLOBEXの前身はPMT (Post Market Trade) とよばれていたが、「グローバル」を強調して名称を変えた。

GLOBEXはCMEとロイター社が共同開発したシステムである。ロイターは金融ニュースや情報を提供する企業として定評がある。特にモニター・ディーリング・サービスは外国為替取引には不可欠な情報源となっている。ロイターのノウハウの蓄積がGLOBEXにも取り入れられている。

GLOBEXでは以下の機能が備えられている：注文の入力、信用状況のチェック、注文の照会、照会された注文の確認、売買の起票、売買の清算、勘定の決済。

CBOTのAURORAと並んで今後の展開が楽しみである。

20. 世界の先物・オプション市場(1)：LIFFE

シカゴの3大取引所(CBOT、CME、CBOE)以外の主要市場についてレビューすることしよう。まず、ロンドン・シティのLIFFEである。

LIFFE (London International Financial Futures Exchange、ロンドン国際金融先物取引所)の開設は1982年9月30日であるから、歴史は比較的新しい。しかし、LIFFEのある The Royal Exchangeは1566年に建てられた。エリザベス1世の治下である。2度の大火のあと、1844年、ヴィクトリア女王臨席のもと今日の地歩が築かれた。

LIFFEは為替、金利、株価指数の先物、オプションをほぼ網羅している。対象商品は以下のとおりである。

①為替先物

ポンド／ドル

ドイツ・マルク／ドル

ドル／マルク

スイス・フラン／ドル

円／ドル

②金利先物オプション

英国長期債

3ヵ月ポンド

3ヵ月ユーロドル

米国長期債

独国債

③現物オプション

ポンド／ドル

ドル／マルク

④先物

英国長期、中期、短期国債

3ヵ月ポンド金利、ユーロドル、ユーロマルク

FTSE 100 種株価指数

米国、日本、独長期国債

為替 (ポンド/ドル、マルク/ドル、ドル/マルク、スイス・フラン/ドル、円/ドル)

LIFFEの品揃えは国際的であるが、会員数の構成からもその国際性がうかがえる。

LIFFEの会員構成比 (1989年9月現在)

英国 (連合王国)	31%
アメリカ合衆国	23%
日本	20%
ヨーロッパ大陸	18%
その他	8%

オプション (先物、現物) のシェアは10%から15%であるが、いずれの商品も順調に伸びている。ヨーロッパではパリのMATIFが急成長しており、また91年の春にはフランクフルトのドイツ先物取引所 (DTB) が開設されている。

70年代前半、シカゴのCBOTとCMEが新商品導入の競争を演じ、先物・オプション市場は急拡大した。欧州統合に向けて、ロンドン、パリ、フランクフルトの動きからは眼が離せない。

21. 世界の先物・オプション市場(2) : MATIF

MATIF (フランス国際先物市場: Marche a Terme des Instruments Financiers) は1986年、パリに開設されたが、その成長には眼をみはるものがある。88年の出来高成長率は50%を越え、89年9月1日時点でLIFFEを抜いてCBOT、CMEに次ぐ世界第三の先物市場の地位を占めるにいたった (図10参照)。成長の要因として、①新商品開発、②国際化、③取引の安全性の三つがあげられるが、LIFFEに対する強烈なライバル意識があったことも見逃せない。

会員は自己資本の大きさに四つのステータスに分けられている。トレーダー・ブローカー (12社) は7億フラン以上、個人クリアラー (74社) は2億以上、ゼネラル・クリアラー (14社) は7.5億以上となっている。シカゴのローカルズに相当するフロア・トレーダーはMATIF出来高の10%以上を占め、市場の流動性を高めるプロのスペシャリストの役割を担っている。

MATIFの主要な上場商品は以下のとおりである。

①NNN (10年仏長期国債先物) : 86年2月に上場された第1号商品で取引量は最大である。OAT (仏国債) が海外の投資信託に組み入れられ、NNNとの間で活発な裁定取引がおこなわれるようになった。

②ONN (NNNのオプション) : NNNに次ぐ取引量で流動性はきわめて高い。NNNと異なり値幅制限はない。行使価格は最低4種類が用意されている。MATIFにおける急成長商品である。

③PIB (3ヵ月物PIBOR先物) : PIBORはLIBORに相当するパリ銀行間レートで、基準金利として広く使われる。PIBは90年9月に上場されたが、PIBオプションは91年早々に導入された。

④EDM (3ヵ月物ユーロDM先物) : 90年4月に上場されたMATIFの国際商品である。PIBとの裁定が容易で、同一フロアで取引されている。PIBオプションのあとにEDMオプションの上

場が予定されている。

⑤BTA(4年仏中期国債先物)：この商品は取引所取引ではなく、すべて電話でなされる。MATIFはクリアリング・ハウスの役割だけで、取引はOMFという民間組織が請け負っている。

⑥CAC(CAC40種株価指数先物)：88年8月に上場されてから急速に伸びてきた商品である。CAC40種はフランスを代表する質の高い大規模企業40社からなる指数で、LIFFEのFTSE100種に相当する。

以上がMATIFの商品紹介であるが、一見してLIFFEを追いかけてきたことがうかがわれる。今後とも、両取引所はヨーロッパの覇者を目指してオプション、先物などの新商品開発の面で熾烈な競争を展開していこう。

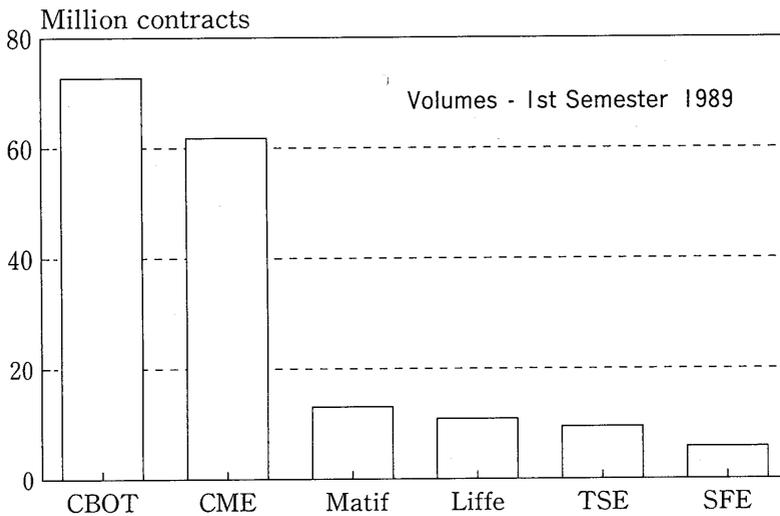


図10 : Matif is the 3rd
International Futures & Options Market

22. 世界の先物・オプション市場(3) : PHLX

海外レビューの最終回は、PHLX (Philadelphia Stock Exchange、通称フィレックス)を取り上げよう。

PHLXは1790年に創設された全米最古の取引所である。1776年の独立宣言は当地フィラデルフィアでなされており、取引所も歴史と伝統の重みを感じさせる。しかし新商品の導入にも積極的で、シカゴやニューヨークとの差別化を図り、棲み分けがうまくおこなわれている。なおPHLXは東京に事務所があり、大蔵省との折衝や日本の機関投資家に対するマーケティング活動を展開している。

取引所は、個別株式、株式オプション、通貨オプションの3つのトレーディング・フロアに分かれている。ただし同一の階を3つのセクションに区切っているだけだから、フロアとよぶのは多少誤解を招くかもしれない。

株式フロアには1,600銘柄が上場されているが、PHLX単独上場は100銘柄程度で大半はNYSE、AMEX(アメリカン取引所)と重複した銘柄である。1日の出来高平均は350万株、そのうちの100万株がシステム取引の対象になっている。

株式オプションは世界第3位の規模で、個別銘柄の現物オプションと指数オプションに分かれる。個別銘柄オプションはアメリカの大企業130社で、CBOE、NYSE、AMEX、PSE(パシフィック取引所)との重複銘柄はない。たとえばIBMやGMはCBOEであるが、MCAやモルガン銀行はPHLX銘柄となっている。

株価指数オプションはPHLXの大黒柱のひとつである。UTY(公益企業指数)、VLE(ヴァリュー・ライン総合指数)、XAU(金銀指数)、XOC(店頭銘柄指数)の4つで、UTY、VLE、XOCが活発に取引されている。

UTYはNYSE上場の電力株20社から成る指数オプションで、ヨーロピアン・タイプ(満期日のみ権利行使可能)である。アメリカの機関投資家のポートフォリオでは電力株の占めるウェイトが高いから、リスク・マネジメントの必須商品といえよう。またこの指数はダウ30種平均との相関が高いことも検証されている。

VLEは小規模(second-tier)1,700社の単純平均株価指数のヨーロピアン・オプションである。UTYとは対照的な商品で、ヘッジ取引やアービトラージに利用されている。88年5月に導入された。

XOCはOTC(店頭)銘柄の時価総額上位100社から成る指数のオプションである。アメリカのOTC市場(NASDAQ)は国内第2位の規模を誇っている。NASDAQの自動化システムは4,700銘柄を取引しているが、価格変動性はきわめて高い。そのために、XOCはリスク・ヘッジの手段として使われる。NASDAQの総合指数とXOCの動きはほぼパラレルであるから、OTCポートフォリオの運用には最適な指数オプションといえる。なおXOCは前二者と異なり、アメリカン・タイプ(満期日前に権利行使可能)である。

PHLXの存在価値を高めたのは何といっても通貨オプションであろう。82年に取引が開始され、世界最大の規模に成長した。アメリカではPHLXのみが取引所取引としてのオプションを扱っている。日々20億ドル以上が取引されている。

対象オプションは豪ドル(5.3%)、英ポンド(13.0%)、加ドル(3.4%)、独マルク(34.1%)、仏フラン(2.6%)、円(29.2%)、スイス・フラン(12.4%)の7通貨とECU(ヨーロッパ通貨単位)である。カッコ内は88年の比率だが、マルクと円が激しいトップ争いをしているのがうかがえる。いずれの通貨もヨーロピアンとアメリカンの両方が可能である。

PHLXは早くから夜間取引を導入してグローバル化に対応している。18時から22時までオープンしているが、これは東京の6時から10時に当たる。またロンドンとは6時間半のオーバーラップがある。

PHLXはオプションを核にすえた差別化で成功したが、これはわが国の取引所にとっても大いに学ぶべき点であろう。コンピューター化も急ピッチで進めている。

補論 1. 対数正規分布とオプション投資の期待収益率

B・Sのオリジナルな論文では、オプションの満期における株価は対数正規分布(Lognormal Distribution)に従うことが仮定されている。この仮定にもとづき、株式収益率の確率過程を特定化してオプションの理論価格が求められる。^{註1}

オプションの理論的研究の先駆者はフランス人のBachelierであるが、1900年に発表された論文^{註2}では正規分布から出発している。1950年代に入るとアメリカでは「ランダム・ウォーク仮説」の検証が精力的におこなわれ、対数正規分布の妥当性が支持されるようになった。^{註3} いわゆる「効率的市場仮説」の実証的研究がここからスタートする。

株価の分布については、対数正規分布のほかに安定パレート分布(Stable Paretian Distribution)が知られている。しかし、Mertonが指摘するように、無限のモーメントをもつ安定パレート分布を仮定すると、オプションの均衡価格が株価に等しくなり、現実とかけ離れた結果が出てくる。^{註4} 実証ともあわせて、対数正規分布の仮定は現在では最もポピュラーなものとなっている。

ところで対数正規分布については若干の誤解がみられる。^{註5} まずこの分布の基本的な特徴からみていくことにする。

正の値のみをとる確率変数 x (たとえば株価) を考える。 x の自然対数、 $y = \ln(x)$ が平均 μ 、分散 σ^2 の正規分布 $N(y | \mu, \sigma^2)$ に従うとき、 $x = \exp(y)$ は対数正規分布に従うといい、 $L(x | \mu, \sigma^2)$ と表わす。すなわち、対数正規分布は μ および σ^2 の2個のパラメーターで完全に記述される。ここで注意すべきは、 μ および σ^2 はオリジナルな確率変数 x の平均および分散ではないということである。

以上の定義はつぎのように書くことができる。ただし、 $N(\cdot)$ は正規分布、 $L(\cdot)$ は対数正規分布を表わす：

$$\left. \begin{aligned} y &= \ln(x), \quad x > 0, \\ N(y) &= N(y | \mu, \sigma^2), \quad -\infty < y < +\infty, \\ x &= \exp(y), \\ L(x) &= L(x | \mu, \sigma^2), \quad -\infty < y < +\infty. \end{aligned} \right\} \textcircled{1}$$

x の確率密度関数は、 $dy/dx = 1/x$ から

$$\frac{dL}{dx} = \frac{1}{x \sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma^2} (\ln x - \mu)^2 \right\} \quad \textcircled{2}$$

で与えられる。この関数は、 $x = 0$ で0、 $x = \exp(\mu - \sigma^2)$ で最大、 $x = +\infty$ で0となる。

対数正規分布の代表的なパラメーターをまとめておこう。^{註6}

$$\begin{aligned}
 \text{メディアン (中位数)} &= m = \exp(\mu), \\
 \text{モード (最頻値)} &= M_0 = \exp(\mu - \sigma^2), \\
 \text{平均} &= M_e = m \cdot \exp(1/2 \sigma^2) = \exp(\mu + 1/2 \sigma^2), \\
 \text{分散} &= V = \exp(2\mu + \sigma^2) \exp(\sigma^2) - 1, \\
 \text{変動係数} &= V/M_e = \sqrt{\exp(\sigma^2) - 1}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

各パラメーターの大小関係は、 $M_0 < m < M_e$ となる。また、③の第1式から②式は

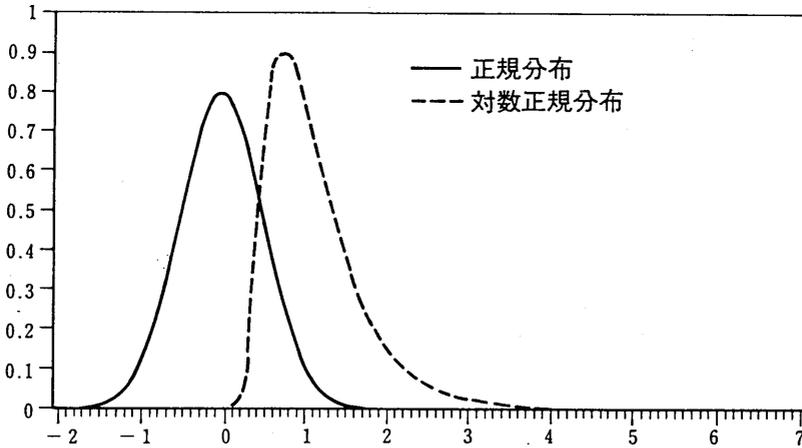
$$\frac{dL}{dx} = \frac{1}{x \sigma \sqrt{2\pi}} \exp - \frac{1}{2\sigma^2} \ln(x/m)$$

と書くことができる。

③の最後の式で変動係数が定義されているが、これは①式の正規分布の分散 σ^2 のみの関数となっていることに注意しなければならない。

補図1は $\mu = 0$ 、 $\sigma = 0.5$ について、正規分布と対数正規分布を比較したものである。対数正規分布のパラメーターは以下のように計算される：

$$\begin{aligned}
 m &= 1, \\
 M_0 &= 0.7788, \\
 M_e &= 1.1331.
 \end{aligned}$$



補図1：正規分布と対数正規分布
($\mu=0$ 、 $\sigma=0.5$)

対数正規分布のパラメーターは、オプション戦略の期待収益率を計算する際に決定的な重要性を有する。

まず、①の1式から、 $(y - \mu) / \sigma$ は平均0、標準偏差1の標準正規分布に従う。

すなわち

$$N\left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right) = N\left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma} \mid 0, 1\right)$$

である。③の第1式を代入して

$$N\left(\frac{\ln x / m}{\sigma}\right) = N\left(\frac{\ln x / m}{\sigma} \mid 0, 1\right) \quad ④$$

と書けるが、 m は元の確率変数 x のメディアン、 σ は $\ln x$ の標準偏差であることに注意しておこう。

つぎに、 x のボラティリティー (v) を変動係数で定義する。③の最終式から

$$v = \sqrt{\exp(\sigma^2) - 1} \quad ⑤$$

と表わされる。⑤式は、数学的な近似式を用いなくても、 v が50%以下の場合、ほぼ $\ln x$ の標準偏差 σ に等しくなる。^{#7} すなわち

$$v \doteq \sigma. \quad ⑥$$

⑥式を代入して

$$N\left(\frac{\ln x / m}{v}\right) \doteq N\left(\frac{\ln x / m}{v} \mid 0, 1\right) \quad ⑦$$

が得られる。オリジナルな正の確率変数 x のメディアン (中位数) と変動係数 (v) で規準化した変数は、標準正規分布に近似的に従うことが導かれている。

⑦式は、オプション戦略の期待収益率を計算する際の出発点となるものである。

x をオプション満期時における株価としよう。 x は確率変数であるから、“ランダムに”変動する。しかし、 x が対数正規分布に従うと仮定すれば、⑦式を使って x に対応する確率を計算することができる。

たとえば、満期時における株価が x_1 以下である確率 $\text{Prob}(x \leq x_1)$ は

$$\begin{aligned} \text{Prob}(x \leq x_1) &= N\left(\frac{\ln x_1 / m}{v}\right) \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x_1} \exp(-z^2/2) dz \end{aligned} \quad ⑧$$

(ただし、 $z = \ln(x - m)/v$)

で近似される。

実際の株価は、連続的 (continuous) ではなく、離散的 (discrete) に変化するから、各株価に対応する確率はつぎのように計算すればよい。すなわち、満期時の株価が a となる確率は

$$\text{Prob}(x = a) = \text{Prob}(x \leq a) - \text{Prob}(x \leq b) \quad \textcircled{9}$$

となる。ただし、 b は $b < a$ で、 a に一番近い離散的な株価である。株価が1円刻みで変化する場合、満期時の株価が95円となる確率は

$$\text{Prob}(x = 95) = \text{Prob}(x \leq 95) - \text{Prob}(x \leq 94)$$

で求められる。

オプション戦略の期待収益率は

$$E = \sum_i P_i \cdot \text{Prob}(x = x_i) \quad \textcircled{10}$$

で計算される。ただし、 P_i は満期時における株価が x_i である時のオプション戦略の利益（または損失）である。

行使価格が K のコール・オプションを買った場合、アウト・オブ・ザ・マネー（ $x \leq K$ ）の利益は0であるから、イン・ザ・マネー（ $x > K$ ）の収益率のみを計算すればよい。すなわち、

$$E = \sum_{x_i > K} (x_i - K) \text{Prob}(x = x_i)$$

⑧、⑨、および⑩式を使ってオプションの期待収益率を計算する際、留意すべき点がある。第1にランダム・ウォーク仮説から、メディアン（ m ）は現在の株価（オプション投資時点の株価）を用いることが多い。第2に、対数正規分布に従う確率過程の性質から、ボラティリティーは時間の長さ按比例して増加するという点である。^{註8} 年率換算のボラティリティーを v_a とすれば、満期までの残存期間 T のボラティリティー v_T は

$$v_T = v_a \sqrt{T} \quad \textcircled{11}$$

として計算される。

補論2. $\Delta = N(d_1)$ の証明

ヘッジ比率 Δ は、オプション・ポートフォリオの感応度分析で最も基本的なものである。これは、以下のように正規分布 $N(d_1)$ として与えられる。

まずB・Sモデルから、コール・オプションの価格 C は

$$C = S N(d_1) - \exp(-rT) K N(d_2)$$

である。ただし

$$d_1 = \{ \ln(S/K) + (r + 1/2 v^2) T \} / v \sqrt{T},$$

$$d_2 = d_1 - v \sqrt{T}.$$

N = 累積正規分布、 \ln : 自然対数、 C : コール価格、 S : 株価、 T : 期間、 K : 行使価格、 r : 金利、 v : ボラティリティー。

$\Delta \equiv \delta C / \delta S$ と定義されるから（ただし δ は偏微分の記号である）、

$$\begin{aligned}
\frac{\delta C}{\delta S} &= N(d_1) + S \frac{\delta N(d_1)}{\delta S} - K \exp(-rT) \frac{\delta N(d_2)}{\delta S} \\
&= N(d_1) + S N'(d_1) \frac{\delta(d_1)}{\delta S} - K \exp(-rT) N'(d_2) \frac{\delta(d_2)}{\delta S} \\
&= N(d_1) + \frac{1}{S \sqrt{T} \sqrt{2\pi}} \text{Sexp}(-d_1^2/2) - K \exp(-rT) \exp(-d_2^2/2)
\end{aligned}$$

しかし

$$-rT - d_2^2/2 = -\{d_1^2 - 2\ln(S/K)\}/2$$

であるから

$$\begin{aligned}
&\text{Sexp}(-d_1^2/2) - K \exp(-rT) \exp(-d_2^2/2) \\
&= \exp(-d_1^2/2) \{S - K \exp(\ln(S/K))\} \\
&= \exp(-d_1^2/2) (S - K \cdot S/K) \\
&= 0
\end{aligned}$$

ゆえに

$$\Delta = N(d_1).$$

オプション・ポートフォリオの感応度分析における他のパラメーター、たとえば Γ 、 Θ 、 Λ 等（第1節参照）も同じように求めることができる。

注1 平易かつheuristicな解説についてはRobert A. Jarrow and Andrew Rudd, *Option Pricing*, Irwin, 1983のpp.89-95を参照。

注2 Louis Bachelierの原論文は“Theory of Speculation”としてPaul H. Cootner, ed., *The Random Characters of Stock Market Prices*, M.I.T. Press, 1964年に英訳されている。

注3 たとえばM. F. M. Osbourne, “Brownian Motion in the Stock Market”, *Operations Research*, March-April, 1959.

注4 Robert C. Merton, “Theory of Rational Option Pricing”, *Bell Journal of Economics and Management Science*, Spring 1973, p.162.

注5 たとえばLawrence G. McMillan, *Options as a Strategic Investment*, 2nd ed., New York Institute of Finance, 1986, Chapter 28.

注6 J. Aitchison and J. A. C. Brown, *The Lognormal Distribution*, Cambridge University Press, 1957, Chapter 2.

注7 注6のAppendix A.

注8 Case M. Sprenkle, “Warrant Prices as Indicators of Expectations and Preferences”, *Yale Economic Essays*, Vol.1, No.2, 1961.