［論文］

経営情報の質的変化について
—投資情報の観点から—

星　野　　義　夫

〈目　次〉

1．まえがき

日本経営数学会において、文部科学省科学研究費の助成による研究プロジェクト「経営数学の体系と共通教材開発の方法についての研究」（平成11年度－12年度）で、注目すべきいくつかの大学の中で講義内容が取り挙げられていたが、その後同学会の平成13年度－14年度科学研究費の助成による研究プロジェクト「新しい経営数学のありかたと文学部における教育方法の研究」の中に、平成14年度の学会誌での報告論文がレビューされた[1]。新しい経営数学の体系で講義を実行していると考えているが、紙数の関係で表面に出せなかった部分について、ここでは補論として若干の考察をしたい。

その補論の内容を要約しておく。

私の研究として「企業行動における意思決定の構造」を経営科学[2]、経営数学的視点から研究してきたが、最近は意思決定要因として年金の問題は、個人ばかりでなく企業においても大変大きな経済的要因となっており、この４，５年はそこにまとを絞って研究してきた。

不況による年金の掛金の不払い等による年金制度の崩壊の危険性、金融工学によるリスク金融商品の運用の失敗等で年金制度の坂本的改革が必要とされている。

本論では、現代の金融工学の問題点とその代替案の若干の考察を経営情報、とりわけ投資情報の質的変化の観点から考察し、それがモデル構築のコンセプトまで影響していることを論ずる[3]。

2．経営情報[4]及び投資情報の質的変化

経営情報の経営資源としての有用性はいうまでもないことである。企業経営における情報システムは、いろいろな分類の仕方があろうが、議論の中心がここにあるわけではないので、ごく一般的な大別の仕方をすれば、マーケティング情報システム、生産情報システム、販売管理情報システム、財務管理情報システム、人事管理情報システム、経営計画・予算編成・利益計画システムに分類される[5]。ここで、金融機関のみならず一般の企業の財務担当者は、現在の金融工学によるリスクのある金融商品をヘッジをしながら取り扱っていることは良く知られていることであるが、財務管理情報システムとしての投資情報システムも完備していなければ投資行動及び日常業務は不可能であることも、後程出てくる議論のために、まず認識しておかなければならない。

ところで、経営情報は経営情報システムとして初めて、その有効性を発揮し、なおかつモデル化により更に有効な情報管理が可能になる。もちろん、モデル化しない方が良い結果が得られる場合もあることも考慮した上でという前提条件は常に念頭におかなければならない。

また、経営情報及び投資情報は高度情報技術によって、特にネットワーク化及びスピード化、情報の通信量及びその質、そして情報システムの形態の分散化等が急激に進行しているが、それらの中から後で必要になる項目について簡単にふれておく。

ネットワーク化は、ナローバンドからブロードバンドへと帯域幅が急激に広まっておりいまやＩＳＤＮからＡＤＳＬ、ケーブル・モデム、衛星回線へとさらにコミュニケーション・ネットワークの帯域幅は大きくなっている。光ファイバーの回線が広範囲に整備されたことが帯域幅の増大に寄与していると考えられる[6]。また、昨今の情報化に関する報道等で、有線の分野だけでなく、総務省の発表によると18ギガヘルツ帯の周波数の電波を開

1）臼井功研究代表（横浜国立大学大学院国際社会科学研究科教授）編、「新しい経営数学のありかたと文系学部における教育方法の研究」、日本経営数学会、平成13年～平成14年度科学研究費補助金研究成果報告書、星野義夫稿、「商学部における経営数学」、平成15年５月、56～70頁。
なお、平成14年度の学会報告は日本経営数学会誌、第24巻第１号、26～40頁である。

2）企業経営において情報が経営に有効になるように経営情報システムとしてモデル構築し情報を管理する。経営科学は経営情報システム・モデルの構築の手段として必要欠くべからざる手法であり経営情報科学と表裏一体の関係にある。

3）現代の金融工学におけるリスクとリターンとの関係において、リスクに対する考え方を改め、モデル構築の視点を見直す必要性があることを考察する。

4）本論では経営情報、経営情報システムについての深い議論はせず、一般的な認識のもとでの推論を進める。なぜなら議論の中心的対象が３章以下にあることをあえて断っておきたい。

5）前川良博他７名共著 『経営情報管理論』（改訂版）、日本規格協会、昭和61年９月、20頁。

6）大阪市立大学商学部編 『経営情報』「情報技術のもたらす新しいビジネス社会」平成15年３月、179頁。

放し、無線によるインターネット網の構築を支援し、光ファイバー網の普及が遅れてる地域でも高速インターネットに接続できるようにするとしている[7]。

次にとりあげるのが、情報システムの形態の分散化であるが、単に情報システムの形態の分散と言っても分散の対象が何かということを、まず明確にしておかなければならない。情報システムを構築する諸資源が対象であることが明らかであることから大別すると、コンピュータ資源の分散と人的資源に関する分散となり、ここでは、前者の分散化に着目する。それは更に大別すると、処理機能の分散、データ・ベースないしデータ・ファイルの分散そして通信機能の分散であるが、高度な通信技術の進歩により費用も安くなり機能の分散が特に強まってきた[8]。

更に、インターネットの双方向と本来双方向性を備えたＰＣとの結合により情報通信の効率は絶大な効果を高めている。

本質的議論は３章以下にあることから、この章では本格的に掘り下げることは他の機会にしたい。しかし、現時点で明確に言えることは、経営情報及び投資情報は光ファイバー回線による膨大なデータが、インターネットにより企業及び一般社会での細分化された一点から双方向に通信可能な時代になり、携帯電話等の移動体通信によって双方向の感度が更に高まっているということだけは確かである。このことは企業経営や一般社会においては、非常に便利であり悪影響を与えることは、あまり想像できないが、しかし証券投資と言う視点からみた場合、大きな問題となってくる。

つまり、経済や一般社会及び自然界に何か異常事態が生じたとき、双方向でしかもスピードが早くまたどこに居ようとも移動体通信により、その異常事態に応答してしまう。このことは、情報通信技術が高度になればなる程、それに比例して反応度がグローバルな規模で高くなる性格を持っている。いい換えれば、経営情報及び投資情報の質的変化と言えるかもしれない。

このことは、次章以下の本題に大きな影響を与えてゆく。

3．Capital Asset Pricing Model とデータの異常値との関係

(1) Capital Asset Pricing Model のリスクとリターン

金融工学における W. F. Sharpe と Lintner によって開発された

資本市場線（Capital Market Line；CML）

と証券市場線（Security Market Line；SML）

を一般に資産価格モデル：ＣＡＰモデルと呼んでいることは良く知られたことである[9]。

さて、これらの式はリスクとリターンとの関係式であるが、第２節の問題を考察するためにその展開式を確認しておきたい。また、不必要に複雑にすることを避けるために、２つの金融リスク商品を考え次表のような条件の下でのポートフォリオの期待利益率及び分散を考える。

投資割合 $x_A + x_B = 1$ ……(1)

待期利益率 $E(R_p) = E(R_A)x_A + E(R_B)x_B$ ……(2)

分散 $\sigma^2_P = \sigma^2_A x^2_A + \sigma^2_B x^2_B + 2\mathrm{Cov}(R_A, R_B)x_A x_B$ ……(3)

(1)、(2)、(3)よりσ_Pと$E(R_P)$の関係を出し、このポートフォリオのσ_pに対する$E(R_P)$の変化率を計算する。ただし、$\mathrm{Cov}(R_A, R_B)$は、Ａ、Ｂの共分散。

(1)を(2)に代入して

$E(R_p) = (E(R_A) - E(R_B))x_A + E(R_B)$　となる。

したがって

$$\frac{dE(R_p)}{dx_A} = E(R_A) - E(R_B) \quad \cdots\cdots(4)$$

また

$$\frac{d\sigma_p}{dx_A} = \frac{d\sigma^2_p}{dx_A} - \frac{d\sigma_p}{d\sigma^2_p} \quad \cdots\cdots(5)$$

表１

投資条件／金融商品	期待利益率	リスク	投資割合
A	$E(R_A)$	σ_A	x_A
B	$E(R_B)$	σ_B	x_B

7）日経新聞、朝刊、平成15年７月20日。

8）前川良博著　前掲書　272～276頁。

9）Sharpe, William F., Capital Asset Prices, "A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", *Journal of Finance* 19, September 1964, pp. 425-442.

求める有効のフロンティアの傾きは

$$\frac{dE(R_P)}{d\sigma_P}=\frac{\dfrac{dE(R_P)}{dx_A}}{\dfrac{d\sigma_P}{dx_A}} \quad \cdots\cdots(6)$$

であり、この(6)に(4)、(5)式を代入すればよいが、その前に分母を更に実際のデータが使える式となるまで変形する。すなわち、

$$\frac{d\sigma_P}{dx_A}=\underset{(イ)}{\frac{d\sigma_P^2}{dx_A}}\ \underset{(ロ)}{\frac{d\sigma_P}{d\sigma_P^2}}$$ として、(イ)、(ロ)のそれぞれの変形を進める。

(イ)の計算

$\sigma^2_P=\sigma^2_A x^2_A+\sigma^2_B x^2_B+2\mathrm{Cov}(R_A,R_B)x_A x_B$に

$x_B=1-x_A$を代入して整頓すると

$\sigma^2_P=(\sigma^2_A+\sigma^2_B-2\mathrm{Cov}(R_A,R_B))x^2_A+2(\mathrm{Cov}(R_A,R_B)-2\sigma^2_B)x_A+\sigma^2_B$

これをx_Aで微分して

$$\frac{d\sigma^2_P}{dx_A}=2(\sigma^2_A+\sigma^2_B-2\mathrm{Cov}(R_A,R_B))x_A+2\mathrm{Cov}(R_A,R_B)-2\sigma^2_B \quad \cdots\cdots(7)$$

(ロ)の計算

$$\frac{d\sigma_P}{d\sigma^2_P}=\frac{1}{\dfrac{d\sigma^2_P}{d\sigma_P}}=\frac{1}{2\sigma_P} \quad \cdots\cdots(8)$$

(7)、(8)を $\dfrac{d\sigma_P}{dx_A}=\dfrac{d\sigma^2_P}{dx_A}\dfrac{d\sigma_P}{d\sigma^2_P}$ に代入して整頓し、そして更に有効フロンティアの傾きを求めると

$$\frac{dE(R_P)}{d\sigma_P}=\frac{\dfrac{dE(R_P)}{dx_A}}{\dfrac{d\sigma_P}{dx_A}}=$$

$$\frac{(E(R_A)-E(R_B))\sigma_P}{(\sigma^2_A+\sigma^2_B-2\mathrm{Cov}(R_A,R_B))x_A+\mathrm{Cov}(R_A,R_B)-\sigma^2_B}$$

$$\therefore\ \frac{dE(R_P)}{d\sigma_P}=$$

$$\frac{(E(R_A)-E(R_B))\sigma_P}{(\sigma^2_A+\sigma^2_B-2\mathrm{Cov}(R_A,R_B))x_A+\mathrm{Cov}(R_A,R_B)-\sigma^2_B} \quad \cdots\cdots(9)$$

と変形され(9)式となる。

(9)式はリスクのある２つの金融商品Ａ、Ｂの有向フロンティアの傾きであるが、金融商品Ｂのリスクが無リスク、つまり$\sigma_B=0,\mathrm{Cov}(R_A,R_B)=0$

また、ＡがポートフォリオＭとすると、曲線上の任意の点であり、(1)式の前題条件より$x_M=1$

$$\frac{dE(R_p)}{d\sigma_p}=\frac{E(R_M)-R_f}{\sigma_M}$$ （ただし、$E(R_B)=R_f$とする） $\cdots\cdots(10)$

となる。

いま、直線上の任意の点$(E(R_i),\sigma^2_i)$とすると切片R_fで交わり、傾きが $\dfrac{E(R_M)-R_f}{\sigma_M}$ となる。

直線は

$$\frac{E(R_i)-R_f}{\sigma_i}=\frac{E(R_M)-R_f}{\sigma_M}$$ となる。

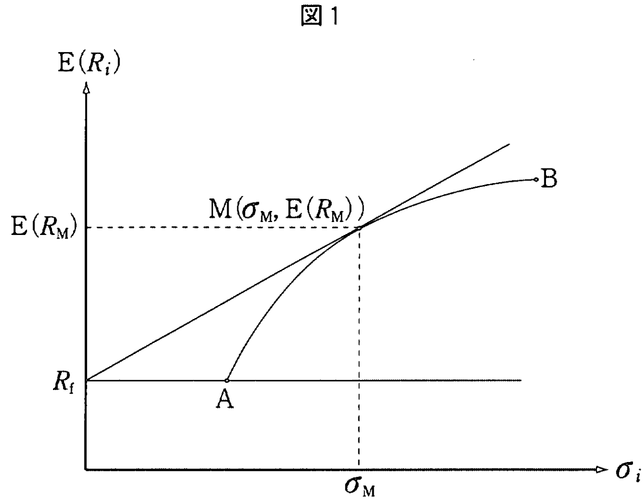
これを変形して

$$E(R_i)=R_f+\frac{E(R_M)-R_f}{\sigma_M}\sigma_i \quad \cdots\cdots(11)$$

となるが、この直線は図１からわかるように定点R_fを通る直線で利益率が高い割りにリスクが低くこれが資本市場線（Capital Market Line：CML）である。そして、証券市場線は資本市場線を一般化したもので、リスクとリターンの関係でいうならば、資本市場線が有効フロンティア曲線の一点におけるリスクとリターンの関係を示しているのに対して、証券市場線は有効フロンティア曲線の任意の点における直線である。

ところで、有効フロンティア曲線の傾き(9)式で、

図１



A→i、B→M、E$(R_B)=R_f$、$\sigma_p \to \sigma_M$、$R_p \to R_i$とすると

$$\frac{dE(R_p)}{d\sigma_p}=\frac{(E(R_A)-E(R_B))\sigma_M}{(\sigma_A^2+\sigma_B^2-2Cov(R_A,R_B))x_A+Cov(R_A,R_B)-\sigma_B^2}$$ は

$$\frac{dE(R_i)}{d\sigma_i}=\frac{(E(R_i)-E(R_M))\sigma_M}{(\sigma_i^2+\sigma_M^2-2Cov(R_i,R_M))x_i+Cov(R_i,R_M)-\sigma_M^2}$$

となる。

ここで、M点での有効フロンティア曲線の傾きは、

$x_i=0$（ポートフォリオMに新たな金融商品を選択していない状態）とすると

$$\frac{dE(R_i)}{d\sigma_i}=\frac{(E(R_i)-R_f)\sigma_M}{Cov(R_i,R_M)-\sigma_M^2}$$（ただし、$E(R_M)=R_f$とする）

この傾きは、ポートフォリオMと任意の証券iの有効フロンティア曲線の傾きであるが、これは、図1のM点においては資本市場線の傾きに等しい。つまり

$$\frac{dE(R_i)}{d\sigma_i}=\frac{E(R_M)-R_f}{\sigma_M}$$

すなわち

$$\frac{(E(R_i)-R_f)\sigma_M}{Cov(R_i,R_M)-\sigma_M^2}=\frac{E(R_M)-R_f}{\sigma_M}$$

$$\therefore\ E(R_i)-R_f=\frac{Cov(R_i,R_M)}{\sigma_M^2}(E(R_M)-R_f)$$

$$\therefore\ E(R_i)=R_f+\frac{Cov(R_i,R_M)}{\sigma_M^2}(E(R_M)-R_f)$$

これが証券資本線（Security Market Line; SML）である[10]。

この式の傾き $\beta_i=\dfrac{Cov(R_i,R_M)}{\sigma_M^2}=\dfrac{\Sigma(R_i,\bar{R}_i)(R_M-\bar{R}_M)}{\Sigma(R_M-\bar{R}_M)^2}$

β_iの値が1との大小関係によりポートフォリオの入れ換えの判断基準となる[11]。すなわち

$\beta_i=1$　このとき証券iはポートフォリオMと同じ収益率しか得られないことを示している。

$\beta_i<1$　下落相場のときは、$\beta_i<1$の収益率の高い銘柄を選択せず、むしろ$\beta_i<1$の収益率は低いが安全性のある銘柄を選択する。

$\beta_i>1$　上昇相場のときは$\beta_i>1$のような収益率の高い攻撃的な銘柄をポートフォリオに多く組み入れる。

以上がＣＡＰモデルの基本概念であるが、次にこのモデルの問題点について考察することにする。

(2) Capital Asset Pricing Model とデータの異常値に対する対応

(1)でＣＡＰモデルの本質的な特性を見い出すべく式の算出過程を確認しながら進めてきたが、金融工学（ブラック＝ショールズのモデルは次章で考察する）のＣＡＰモデル、すなわち資本市場線と証券市場線のいずれにしても、リスクとリターンの関係を示しており、このことは金融工学のＣＡＰモデルの論理の展開の原点になっているのだが、場合によってはこの事実が損失を生みだす源元になっている。

通常の経済状況であれば、事例をみてもそれなりに稼動しているのであるが、概略的であるが第2章で若干の考察をしたところによると、高度情報技術が進行すれば、それに比例して異常事態に対する反応が早くなる。

次章で考察するブラック＝ショールズ・モデルの適用例ではあるが、ノーベル経済学賞を受賞したショールズとマートンの二人が経営に参加していたＬＴＣＭ[12]という名のヘッジファンドがノーベル賞の受賞一年後に巨額の損失を出して破綻し、世界中の話題となった[13]。

ＣＡＰモデルにおいてもリスクとリターンの関係は、データが異常値で正規分布を形成しないような場合には、リスクとリターンの関係を見直す必要がある。

その一つの改善方法として、(3)式における分散σ_P^2（Value at Risk）の測定方法を変えようという考え方である。詳細は文献注14、注15を参照してもらうことにして、下方リスクモデル[14]とか目標準分散[15]などを使用し

10）辰巳憲一著、『アナリストのための証券分析とポートフォリオ・マネジメント』、有斐閣、平成3年10月、151～155頁。
11）前掲書、50頁。
12）Long Term Capital Management の略。
13）寺澤芳男監訳、『ＬＴＣＭ伝説』東洋経済新報社、平成13年3月。
14）今野浩稿「下方リスクモデルによるポートフォリオ最適化」、オペレーションズ・リサーチ、特集「2001年の金融工学」、平成13年11月、第46巻、第11号、33～37頁。

たとしても、リスクとリターンの関係であることは変わりはない。つまり、リスクは10%ではなく、たとえ1%であっても異変が起きた場合は損失を出してしまう可能性があることから、抜本的に発想を変えてリスクはある許容範囲で参考程度にして、リスク商品における投資割合に対するリターンの最大化を考えればよい。もっとも、それによって金融工学の理論展開のおもしろさが削減されるかもしれないが。

リスクが許容範囲であるという条件で、投資割合とリターンの関係の視点からみると確率論のベース（実際は数理計画法で解を求めたとしても）から、数理計画法の一般の非戦形計画法になってくる。すなわち、確率論をベースとすることから脱確率論のベースへと移項し、安全性が高まる。

ここで、2つの仮説例をExcelで処理したものを次に挙げておく。

仮説例2において、リスクを0＜リスク＜1.5を0＜リスク＜3とすると仮説例3（第5章第4節）となる。

また、この仮説例2は仮説例1において、リスクを制約条件に入れ、期待収益率を目的関数にした場合である。

4．ブラック＝ショールズ・モデルとデータの異常値

(1) ブラック＝ショールズ・モデルについて[17]

マイロン・ショールズとロバート・マートンは、1997

図2

仮説例1[16] $\boxed{\text{投資割合、期待利益率、リスクの最小値→シミュレーション・モデル}}$ （2次計画法）

1　求める投資割合

$x_a = \boxed{0.2000001}$

$x_b = \boxed{0.7999999}$

2　データ

種　類	期待収益率	リスク
A	15%	8％
B	2％	1％

3　制約条件〈投資条件〉投資条件の左辺の式及び右辺の定数を入力

1	1
4.600001	4.6
0.2	0
0.8	0

$x_a + x_b <= 1$ ……………………(1)

$x_a E(x_a) + x_b E(x_b) = 8$ ……(2)

$x_a >= 0$ ………………………(3)

$x_b >= 0$ ………………………(4)

4　目的関数　リスク（標準偏差）及び相関係数

$R_{ab} = -0.5$　一方が下がれば他方が上がる2つの金融商品

A、B2つの組合せ金融商品のリスク計算

目的関数(分散)　x_a^2＊V(Ra)＋x_b^2＊V(R_b)＋2＊x_a＊x_b＊R_{ab}＊SQRT(V(Ra))＊SQRT(V(R_b))＝$\boxed{1.9200015}$

目的関数(リスク)　SQRT（目的関数)＝$\boxed{1.386}$

15) D・スポールディング著、住友信託銀行年金研究センター・朝日監査法人訳『投資パフォーマンスの評価』、東洋経済新報社、平成13年3月、105頁。

16) 臼井功研究代表編、日本経営数学会科研費研究論文　星野義夫稿、前掲書、33頁。
参考資料として
John F. Barlow, Excel Models — *For Business and Operations Management* —, Wiley, 1999, pp. 64-68.

17) Black, Fischer, and Scholes ,Myron, "The Pricing of Options and Corporate Liabilities", *Journal of Political Economy* 81, May-June 1973, pp. 637-654.

図3

仮説例2[18] リスクの許容範囲、投資割合→期待利益率の最大値 （一般の数理計画法）

x_a	A；投資割合	0.17622
x_b	B；投資割合	0.487187
制約条件（1）	0.6634063	1
制約条件（2）	0.1762195	0.2
制約条件（3）	0.1762195	0
制約条件（4）	0.4871868	0
目的関数（分散）	2.2500018	
目的関数（リスク）	1.5	1.5
期待収益率	3.6176664	

$x_a + x_b <= 1$

$x_a <= 0.2$

$x_a >= 0$

$x_b >= 0$

A、Bのポートフォリオの分散

$V(R_{ab}) = V(R_a) * x_a\hat{}2 + V(R_b) * x_b\hat{}2 + 2 * SQRT(V(R_a)) * SQRT(V(R_b)) * R_{ab} * x_a * x_b$

$= 8\hat{}2 * x_a\hat{}2 + 1\hat{}2 * x_b\hat{}2 + 2 * 8 * 1 * (-0.5) * x_a * x_b$

A、Bのポートフォリオのリスク

$V(R_{ab})$の平方根$= SQRT(8\hat{}2 * x_a\hat{}2 + 1\hat{}2 * x_b\hat{}2 + 2 * 8 * 1 * (-0.5) * x_a * x_b) < 1.5$

↓

目的関数： A、Bのポートフォリオの期待収益率

$E(R_{ab}) = E(R_a) * x_a + E(Rb) * x_b$

$= 15 * x_a + 2 * x_b$

→ 最大にする

0＜ リスク ＜1.5

$x_a + x_b <= 1$

$x_a <=$ 投資割合（20%）

$x_a >= 0$

$x_b >= 0$

0＜リスク＝SQRT（ポートフォリオの Value at Riske）＜1.5

の下で投資利益率の関数を最大にする。

$Z = 15 * x_a + 2 * x_b$ ………… 最大値3.61767%となる。

リスク金融商品の投資割合＝指数関数の発想の転換による増加特性約20%分のリスクを受け入れる。

一般の数理計画法

最適解がえられないときは制約条件及び目的関数を変更する。

年度のノーベル経済学賞を受賞した。2人の功績はブラック＝ショールズの偏微分方程式を導出したことと、合理的なオプション価格理論を確立したことにある。しかし、ブラック＝ショールズ自身はノーベル経済学賞の対象であったが、受賞の2年前に亡くなっていた。

ブラック＝ショールズの微分方程式の概略を言うと、株価のブラウン運動を確率微分方程式の理論に基づいてオプション価格が満足する条件を算出するのであるが、その段階で伊藤の確率解析の理論を利用し微分方程式を得る。その偏微分方程式を変換すると物理学の熱伝導方程式と同形の式が得られるが、これがブラック＝ショールズの微分方程式である。

ここでは、この微分方程式の解の確率論的性格をみておく。

具体的に、コールオプションの買い手の場合の例をとり加乗平均による期待収益の価をまず求める。コールオプションを始めるときは、その価が0であると考えるべきであることから、妥当なオプション料を求めることにする。

合計＝コールオプションの買い手が権利行使して得られる収益の確率とその収益の期待値

18) Jack Clark Francis, *Investments — Analysis and Management —*, pp. 228-260.

＋コールオプションの買い手が権利行使なしで収益が得られない状態の確率×その収益が得られない期待値

この関係式において、下記のような文字を定める。

S′；満期末の株価
S ；行使価格
C ；コールオプション料
T ；行使日までの年数
r ；非危険利子率
P ；権利を行使する確率
Q ；コールオプションの合計
e^{-rT}；現価率

として、この関係式を定式化すると[19]

$$Q=PE((S'-S)\cdot e^{-rT}-C))+(1-P)E(-C)$$

期待値の公式より

$$E((S'-s)e^{-rT}-C)=E(S'e^{-rT}-Se^{-rT}-C)$$
$$=E(S'c^{-rT})-Se^{-rT}-C$$
$$\therefore\ Q=PE(S'e^{-rT})-PSe^{-rT}-C$$

オプション取引きを始めるときは、利得の加重平均が0、つまりQ＝0と考えるべきであるから

$$C=PE(S'e^{-rT})-PSe^{-rT}$$
$$=E(S'e^{-rT})P-Se^{-rT}P$$

C＝満期の株価の現価の期待値×期待収益率
－行使価格の現価×期待収益率

現在の株価；P_1
行使価格の現価；P_2
とし、期待収益率を正規確率密度関数の異積密度関数として

$N(d_1)$, $N(d_2)$とすると

$$C=P_1N(d_1)-P_2N(d_2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(10)$$

となる。

このように考えるとやや直感的だが、(10)式はブラックショールズのコールオプションを求める式であり、その確率的性格が判明されると同時に、正規分布を仮定していることも理解される。

この仮定した特性をブラック＝ショールズモデルが有していることが、異常値に対するウィークポイントとなる。

なお、
$$\left.\begin{aligned} d_1&=\frac{Ln(S/X)+(r+\frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}} \\ d_1&=\frac{Ln(S/X)+(r-\frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}} \end{aligned}\right\}$$
であるが、プロセスは省略する。

仮説例[20]として、(10)式を使用し具体的にオプション料を求める。

P_1；現在の証券価格
P_2；行使価格
T ；行使日までの年数、90日とすると90/365＝0.247
r ；利子率（非危険利子率）年利率 6％
σ；ボラティリティー（変動率）18％

とすると、

$$d_1=\frac{Ln(S/X)+(r+\frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}}$$
$$d_2=\frac{Ln(S/X)+(r-\frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}}=d_1-\sigma\sqrt{T}$$

ただし、Ln(S/X)＝logS－logX（自然対数）

$$\left.\begin{aligned} &d_1=0.258,\ d_2=0.168 \\ &N(d_1)=0.60169,\ N(d_2)=0.56684 \end{aligned}\right\}\ \therefore\ C=10.75$$

(2) ブラック＝ショールズ・モデルの問題点

これらの仮説例から観取できるようにオプション取引きのオプション料を始めベースは確率論で構成されている。多少推論を省略するが合成オプションでは理論上ヘッジされ安全と考えられたとしても、ＣＡＰモデルの項で考察したと同じように市場が安定しているときはよいが、異常事態が発生したときは、損失を出してしまう。

ＣＡＰモデルの項で述べたＬＴＣＭはリバレッジ及び流動性の問題があったが巨大な損失を出した。その時のモデル形体は合成オプションの「リスク・ニュートラル[21]」に属するものである。

また、日本のおけるオプション取引については証券市

19) 日本銀行金融市場研究会編著、『オプション取引のすべて』金融財政事情研究会、1995年12月、221頁。ここでは期間は１期であるが、本論ではＴ期とする。
20) 辰巳憲一著、前掲書、134頁。
21) 相田洋著、『マネー革命』、第３巻、平成11年５月、182頁。

場の閉鎖性から、特に個別銘柄のオプション取引は取引量が少なく仮装売買疑惑のオプション取引をひき起こしており、一部の証券会社はその為に取引中止をしていることもマスコミで報道されている[22]。

金融工学によって設定された金融商品の手数料が高く、その上、元本割れを引き起している事例は非常に多く、また、元本保証の金融商品は逆に利益率が極端に低くなってしまっており、金融工学の構造上の問題があるとしても、あまりにも消費者を軽視した商品開発は日本の金融市場を死に至らしめることになる。

こうした状況の中で、社会問題とまで言われている年金問題をどのようにしたらよいであろうか。実は、本論ではこの問題の一つの解決方法を提案したかったことである。

次章から、今迄考察してきた金融工学モデル[23]の欠点と確率論をベースにしない代替案（数理計画法による）を示し、安全性、収益性の高い個人年金の具体的な構築の仕方を主張する[24]。

5．安全性、収益性の高い個人年金モデルの構築

(1) ＣＡＰモデルにおけるリスクとリターンの関係から、投資割合（リスクは許容範囲）とリターンの関係へ（一般の非線形計画法）

現代の金融工学は今迄述べたように確率論をベースにしており、ＣＡＰモデルにみられるようにリスクとリターンの関係から論理を展開しているが、何回も述べているように、リスクが10％でなくたとえ１％であっても、何か異常事態が突発的に起きたときは、高度情報技術の進展に比例してその反応が早く、その反応に対する対応が不可能になる。

若年層と高齢層の人口比のアンバランスとそれに対する政府の対策の遅れから年金問題は崩壊の危機に至っており、日本版104ｋが国会を通り実施される段階になっているものの、現在のような消費者を軽視した金融リスク商品では、これからの若年層の経済的な不安はとても解消することは出来ないし、また不安心理が解消しない限り本格的な景気上昇にはつながらないであろう。

そこで抜本的発想を変えて、リスクはある許容範囲として参考にし、高リスクの金融商品に対しては投資割合を重視し、リスクとリターンの関係から投資割合とリターンの関係に発想を換えることである。単に元本保証型の投資割合とリターンの関係ではなく、リスクはある許容範囲という付帯条件を付ける。

このことを言葉で言えば単純なことのようにみえるが、計数的には大きな取り扱いの違いが出てくる。

そのこと、つまりリスクとリターンの関係について本論のモデルを普及させたいが為に文系的表現を使ってきたが、ここで誤解がないように正確に述べておきたい。リスクとリターンの問題は、数理計画法の問題とは違うように思われたかもしれないが、リスクを最小にするようなリターンを求めるのは、本来数理計画法（非線形計画法）の特別な場合の２次計画法である。しかし、それは、確率論の不確定要因はそのままであり、確率論の対象領域から出ていない。

それに対して、リスクはある許容範囲でなおかつ投資割合の上限を設定し、その範囲でリターンの最大値を数理計画法（一般型）で求めたとき、最適解が求められれば、不確定要因は大幅に減少する。アプローチの仕方が根本的に異なっている。

ただし、一般の非線形計画法は解の存在しない場合があるので、そういう場合、実務的には制約条件及び目的関数を修正すればよい。もっとも、この場合も特にリスクに着目したいのであれば、非線形計画法の２次計画法でリスクの最小値を求める段階でそのシミュレーション・モデルとしてリスクの許容範囲を考えてもよい。その方がむしろ、リスクの最小値に対する許容範囲を考慮するので適切であるという考え方から実際は投資割合、リスクの最小値の許容範囲、妥当利益率の３変量によるシミュレーション・モデルとして使っている。実は、こうした発想に落ちつくまでに相当遠回りしてきたことも記しておきたい。また、このモデルが後程述べるロスカットモデルの原点となる。仮説例は第３章の(2)で、すでに述べたところである。確率論から少しでも脱出すること、そして、突然的なリスクですべてを失わずしかも、

22) 朝日新聞、朝刊、平成15年４月18日。
23) 本論では現在の金融工学の中心であるＣＡＰモデルとブラック＝ショールズ・モデルの両モデルを特定し考察する。
24) 星野義夫共著、『個人年金の構築とリスク計算』、白桃書房、平成12年10月、285～297頁。

リスクは投資割合の範囲で受け入れる。そして、年金という長期に渡る投資の割合は、更に発想を変えて指数関数の特性を最大限引き出せば、データによって多少異なるが約20%のリスクは、吸収可能である[25]。

言い換えれば、今述べたように指数関数の特性を発想を変えて、20%増加させ、その分、つまり20%のみリスクを受け入れようということであり、すべて失敗したとしてもリスクはプラス・マイナス0で吸収されたことになる。もし、20%を受け入れたポートフォリオのリスク商品が、仮りに5%の利益率が得られるとすれば、現在の金利水準でシミュレーションの実験の結果、誰れしも一億円位は構築可能となる（本章4節の仮説例にもとづく)。ここで、5%の利益率が得られるとすればという前提条件があるが、それについて次に述べることにする。

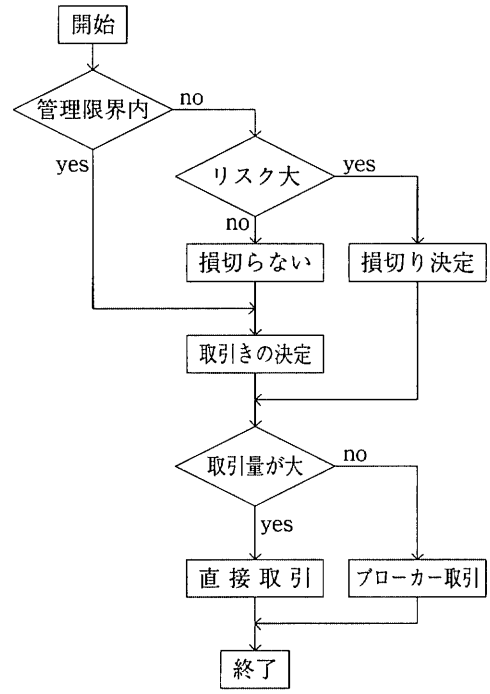
(2) 複雑系の現象に対する対応の仕方

第2章「経営情報及び投資情報の質的変化」ですでに述べたように、情報技術の高度化が進めば進むほど、それに比例して情報伝達の時間的、距離的に反応が双方向で短縮され、また企業、個人を問わず地球規模で双方向に感度の高い反応をくり返すことによって、経営現象及び投資現象は加速的に複雑になってくる。

そうした高度情報化社会での経営現象、とりわけ投資情報は複雑系の現象とみなされてもよく、現実に金融工学の運用のプロと言われている機関投資家でさえ証券投資、為替投資の複雑で激しい変動に対処できず破綻した企業がいくつもあるぐらいである。金融工学の問題でもそうであるように、一般的に従来の経済理論で解明することは困難であるとまで言われている[26]。

現象解析の視点からみるならば、複雑な構造を有し、要因間の相互作用のレベルが高い場合は、数理学的な方法で定式化することは難しいことは最近良く言われることである[27]。

図4　フローチャート



注意　このフローチャートは為替取引であるがすべての投資で考え方は同じであり参考になる。

その場合の対処の仕方としてはシミュレーションの手法が有用になってくるが、為替相場の実験例をそのシステムのフローチャートとともに挙げておく[28]。

このフローチャートから、すぐ判明できるように投資情報の構造の内容を無理に現象解析して定式化しデータを加工するのではなく、よくないデータは損失を出す前に切り捨てていることに特徴がある。

ここで、個人投資家に目を転じたとき、デイトレーナーと言われているもの、あるいは一般の個人投資家の投資行動で、収益性を上げている投資行動は、短期投資[29]で、なおかつ証券や為替の値動きに対して上限下限の管理限界[30]を設定して投資をしていると日経新聞等で報じ

25) データによって異なるが、コンピュータを使って、あらゆる場合を仮定して実験した結果、約20%増は確実に得られる。しかし、単純に指数関数の特性を使ったのでは無理であり発想の転換が必要であるが、次の3節で具体的に述べる。

26) 中村茂雄、和泉潔、植田一博共稿「人工市場と実験市場の出会い：模擬トレーディング実験による新しいエージェントモデルの提唱」、一特集：マルチエージェント実験経済学一、オペレーションズ・リサーチ、第46巻10号、平成13年4月、21頁。

27) 出口弘著、『複雑系としての経済学』、日科技連、平成12年12月、11～12頁。

28) 中村茂雄共稿、前掲書、25頁。

29) 短期投資は企業の資金の調達に対してあまり良い影響を与えない。資本主義の原点に戻り投資家にその意味を理解してもらわなければならない。

30) 株式の場合、たとえば取得価格の10%の上昇を上限として売却し、取得価格の2%を下限として損失をカットする。ロスカットのヘッジ方法は昔から投資の極意とまで言われている。つまり、株価変動に対して管理限界を設定する。その基準はデータの変動の大きさ等で決

ている。実際コンピュータを使って東証第一部で学生と共にペーパー上の実験を１年間実験した結果、手数料は除いて年率５％～20％位になることが判明している[31]。

現況のような消費者を軽視した金融商品の開発、機関投資家のみに有利な情報開示を行っている限り、こうした個人投資家の行動はサポートされるべきであろう。日本版401Ｋで、投資信託のメニューがそろえてあるが、信頼性のない金融商品を選択しろと言うこと事態無理な話である。

個人年金を安全そして確実に、それでいながらリスクも取り入れ資本主義の原点も肯定して生涯年金を作りたいと言うのであれば「現在の確率論に基づいた金融工学におけるＣＡＰモデルであればリスクとリターンの関係から、リスクはあくまでも、ある許容範囲で投資割合とリターンの関係へと発想の転換をし、更に指数関数の特性を、これも何回も申すように発想の転換によって最大限引き出し、それによる年金構築期間での20％の増加のみをリスク商品として組み込む。

その20％のリスク商品は管理限界を設定して確実に年利率５％～８％で運用すれば、現在の金利であっても、データによって異なるが約１億円（８％のとき約１億７千万円）の年金は確実に得られる」

今後は公的年金は前財務大臣塩川正十郎氏が述べたように公的年金のみで生活するのではなく、あくまでも年金は最低限のサポートにすぎないという方向に年金財政上進まざるを得ないであろう。そうしたときに、安全・確実な個人年金の構築の仕方は「情報ボランティア活動」として普及するに充分値するものと考えられる。

次に、そうした考え方で開発されたExcel、VBAモデルを具体的に示しておきたいが、その前に年金と言う長期に渡る支払いが伴うので、計数的には指数関数に着目しなければならない。このモデルでは追加複利投資という指数関数を、その指数関数の特性を最大限引き出して使っていること、今迄何回も主張してきた脱確率論から数理計画法（非線形計画法の２次計画法から一般の非線形計画法）への流れに注目して次節以下の仮設例を参考

定すればよい。なお、ロスカットは正確に言うとストップ・ロス投資戦略（損切り投資戦略；Stop-loss trading strategy）というが、ブラックマンデーの引き金にもなったとも言われており、市場にとってはかならずしも良いとは言えないが、個人投資家をとりまく厳しい環境においては、むしろ許されるべきであろう。

31）銘柄の選定条件及び投資手法は

① 波動が明確であること。
② 取引量が多いこと。
③ 従来の投資指標ＲＳＩ、ＭＡＣＤ、ＲＣＩ等を参照する。
④ 日経平均の波動で上昇相場か下降相場を判定する。
⑤ ロスカットや、取引が成立した時点で発注しておき、くり返す場合は手数料に上限を設定する。
⑥ 市場が開始する10分前の気配値及びその取引量を参考とする。
⑦ 信用取引も使う（各種裁定取引きも含む）等であるが、要するに投資個人の一定のルールを守り管理限界を設定した売買を行なうのが成功例として証券会社の聞き取り調査などで判明しており、それに基づいた実験である。なお、事例として、平成15年10月５日の日経新聞も参考となる。
現在はコンピュータシステムも発展し自動処理することも可能であるので多少の手数料はかかるものとしても、無料のオプション取引きと考えられる。もっと環境が整備されれば個別株オプションの取引きも今より多くなるであろうが、その場合でも満期まで保有せず、ロスカットすることがオプション購入戦略となる（増田丞美著『オプション』、パン・ローリング出版、150頁）。
⑧ こうした考え方を徹底すると現物株では次のようなことも考えられる。
たとえば、配当銘柄で現在の日本の金融機関として一番格付けの高い中央信用金庫（銘柄番号；8421）の株価は額面40万円に対して約3.3％の配当率があるため、一定率で上昇している。単純に考えて、権利落ち後に現物と信用買いの両方を行ない、現物は3.3％の配当率で配当金を受け取り、信用買いは権利落ち前に売却しキャピタルゲインを得るものとし、所有している間は、現物、信用買い共に、取得価格まで下落したらロスカットをする。そして下降から上昇を確認したところで購入する。更に下降するときは手数料の上限をセットし再購入を続ける。平成12年～平成15年での実験結果は約10％（すべて信用取引のキャピタルゲインの場合は約35％）は可能であり、この銘柄と類似の配当銘柄は現在では比較的簡単に選択可能である。しかし、配当率の確認と金利の上昇には特に注意をしなければならない。
つまり、金融工学の手法における確率論による予測値から構成される無リスクとリアルタイムでの実際値のロスカットによる無リスクとは本質的に異なることに注目しなければならない。前述したように個別銘柄のオプション取引きが整備されない現状では有効な事例となる。ただし、日系平均先物オプション等のようにロスカットをすれば有効に稼動していることも付け加えておきたい。
なお、いま述べた中央信用金庫のような配当銘柄で単純増加関数の波動を画く銘柄は多くみられる。しかし、本論はそういうことを議論の対象としているのではない。あくまでも現在の金融工学の抜本的な問題点を議論の対象としている。

にされたい。

(3) 発想の転換による追加複利投資の特性

複利法は、元金はもとより利子に対しても利子を計算する方法であるが、それに対して追加複利投資は、複利法によって得られた複利終価に更に追加し、その金額に対して更に複利計算を施す方法で広く普及している。

そして、その一般式は、いま仮に元金を P、複利法による月利を i、月単位追加割合を $\triangle i$ とすると、第 k 期目の複利終値を S_k とすると、期末払いの追加複利投資の一般式は、

$S_k=(1+i)^k(1+\triangle i)^{k-1}$ となる。

指数関数において、その特性をみるために極端で現実的でない例をあげると、1.9万円の16乗は約2億8844万円であるが、これに0.1（1000円）を追加して2.0万円とし、同じ16乗すると6億5536万円となる。つまり、1000円の追加額に対し3億6692万円の増加は非常に大きい。これは指数関数の性質により $y=a^x$ において a が1より大きければ大きいほどその差は開くことは我々にとって常識である。

そこで、追加複利投資の式において、いま仮に2人の追加複利投資者がおり、その一人は元金が10万円、投資利益率が2％、追加割合が30％とし、もう一人は元金1000万円、投資利益率は同じく2％、追加割合が10％としたとき、1000万円持っている人より10万円しか持っていない人の方が、期間が長いと多くなることも常識である。それは、

$S_k=(1+i)^k(1+\triangle i)^{k-1}$

において、式の一部 $(1+\triangle i)^{k-1}$ で10％の追加のときは 1.1^{k-1} で30％追加のときは 1.3^{k-1} となり、k が大きくなれば当然、$1.1^{k-1}<1.3^{k-1}$ で、後者の方がかなり大きくなり、元金の額とか低金利の影響は受けにくくなる。したがって、もし、1000万円持っている人がいるとすれば、追加割合が大きければ、10万円だけの方が大きくなるのであれば、990万円は元金として残しておくのでなく、他に投資し、その利子分を追加のために使えばよい。しかし、990万円全額をハイリスク・ハイリターンに投資するのは危険であり、投資リスクを最小ならしめたときのハイリスク・ハイリターンへの金融投資割合がリスクのある許容範囲で約20％以下となるときの妥当利益率（前述）で得られた分を追加する。始めから10万円しか持っていない人は、無から有は生じないので始めは給与等からの天引きしかない。しかし、利子分の増加分は時間が長くなると給与分よりかなり大きくなる。そのときには自己資金の追加はしなくてもよい。なお、モデルでは現実的に対応するため追加割合でなく追加額とする。長期に渡って、各期間毎に10万円をそのままにして、残り（その方が多い）を前述したポートフォリオの妥当利益率で金融商品への投資をしてゆく。

追加額は、元金は常に10万円としているので経過した年月で得られた金額の総計に対する利子分となり、定年間際にはかなり大きくなる。例えば、毎月の追加額が50万円で、増加額が100万円ということも当然ありうる。我々にとっては常識かもしれないが、一般には単なる追加複利投資とし常に元本を増加させることに集中し、こうした発想の転換によって年金を構築する方法は普及していない。この方法であれば、現在の金利水準と毎月の貯蓄額及び比較的安全性のあるポートフォリオの金融商品で1億円の生涯個人年金は構築可能である。つまり、無意識の追加複利投資で、元本を大きくする為の一つの金融商品のみに対する投資でなく、一定期間毎に10万円のみ残して他を全部リスクが最小となり、しかも、ハイリスク・ハイリターンへの投資割合が20％以下となるような妥当利益率で運用し、利子分は特に短期金融商品への追加割合を大きくする為にのみ使う。生涯年金期間が40年間であれば5年毎に見直してゆく。極めてシンプルであり明確なルールによる継続性を持てば実行可能で効果も大きく、普及するに値する。

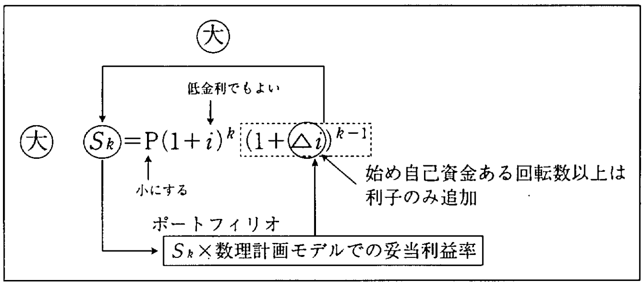
このモデルの意味を改めて図示すると次頁の図5のような関係になる。

年金構築期間が10年間とすると、$k=480$ となり、$k\to480$ に近くなると、追加割合（モデルでは実効性を考慮して追加額としている）；$\triangle i\to$ 大となる。

$\triangle i\to$ 大となると、$(1+\triangle i)^{k-1}$ も大となり手持資産 P が小さいときや、i が低金利のときでも、それ程影響を受けなく、その結果 S_k は大となる。ポートフォリオの妥当利益率（それぞれの期間で一定）を掛けた利子分も大となり、k のある一定期間後は自己資金の投入は必要なくなる。もし、週単位であれば $k=2080$ であり、いくら常識と思っていても、コンピュータで実際に計算してみて初めてその大きさに驚かされる。

また、元金は常に10万円としているので、毎期間（こ

図５　自己増殖回路（生涯年金モデル）



の場合５年間としているので、定年まで40年間とすると８回転可能）で得られた金額の総計に対する利子分となり、８回目の始めにおける利子分は、下記の式となる。すなわち

８回転目の利子＝(第１回転目の元利合計～第７回転目の元利合計)×ポートフォリオによる妥当利益率

となり、これはデータによってはかなり大きくなる。

つまり、追加割合が大きければ大きい程その関数の値は大きくなるという指数関数の特性を最大限生かしたことになる。

なお、ここで注意しておかなければならないことは、取扱う金融商品は２つあり、追加複利法の金融商品は短期（１ヶ月満期）とし、第２金融商品と呼ぶことにし、各期間毎に10万円以外を投資する金融商品を第１金融商品とする。第１金融商品は、ポートフォリオの複合金融商品となる。

ここで、この回路を何回転後かにS_kが大きくなり第１金融商品（ポートフォリオ）へ毎期ごとに直接再投資可能になった場合は、

第２金融商品の利益率＝妥当利益率

とする。もっとも、これは運用の問題でありことさら述べるまでもない。(拙稿注１参照)

以上のような指数関数の特性を生かした個人年金モデルの仮説例を次節で紹介する。

(4) 投資割合対応型最大利益率決定モデル[32]（モデル１）

個人年金モデルの仮説条件とハイリスク・ハイリターンの金融商品への投資割合に対する利益率の最大化（一般の非線計画法）を考察する。

このモデルの仮説条件から説明する。まず２つの金融商品Ａ、Ｂがあり、Ａはハイリスク・ハイリターンであり、期待利益率が15%、標準偏差（リスク）が８%、同様にＢはローリスク・ローリターン商品で２%、１%とし、これらのポートフォリオを第１金融商品[33]とする。一方、短期金融商品の確定利益率は月（あるいは週）単位満期の商品で、現在の金利は０%に近いが、40年間で考えているので平均で３%と仮定して第２金融商品[34]とする。

これより、ＣＡＰモデルのようにリスクに対する利益率を求めるのではなく、リスクはある許容範囲、ここでは０%≦リスク≦３%とし、ハイリスク商品に対する投資割合を20%以下とし、それに対する期待利益率を求め,

表２　データ

利益率・リスク／金融商品名	第１金融商品（ポートフォリオ）		第２金融商品
	期　待 収益率	標準偏差 （リスク）	月(週)単位満期 短期金融商品の金利
A	15%	8%	3%
B	2%	1%	

第２金融商品の金利は、40年間の平均値

32）日本経営数学会、第24巻第１号での掲載論文の33頁の仮説例２は２次計画法であるが、このモデルは一般の非線形計画モデルである。

33）本論で考察した問題点と代替案を充分に認識することを前提条件とし、なおかつ消費者の視点に立脚した優良金融商品で、更にロスカットが可能であれば、信用取引はもちろんオプション取引、投資信託、ファンド・オブ・ファンズなどを使用しても問題はない。しかし「加工されたリスクより生のリスク」に直接対応する考え方も金融市場の発展につながると受けとめてもよい発言を松井証券の専務元久存氏は日経新聞（平成15年５月６日夕刊、"金融工学のわな"）で述べている。

34）第２金融商品は、月または週単位で満期になる金融商品であり、商品の種類が限定されてくる。現実には金利が０%に近いものが多いが40年間の平均で考えれば３%と仮定してよい。

目的関数を最大ならしめる。

これらの定式化：

金融商品A、Bの利益率をそれぞれR_A, R_Bとする

金融商品A、Bの期待利益率　$E(R_A), E(R_B)$

金融商品A、Bに対する投資割合　x_A, x_B

金融商品A、Bの分散　$V(R_A), V(R_B)$

金融商品A、Bの相関係数　$r_{AB}=-0.5$

ポートフォリオの利益率　R_{AB}

ポートフォリオの期待利益率　$E(R_{AB})$

ポートフォリオの分散　$V(R_{AB})$

とすると

$$E(R_{AB})=E(R_A)x_A+E(R_B)x_B$$

$$V(R_{AB})=V(R_A)x_A^2+V(R_B)x_B^2+2r_{AB}\sqrt{r(R_A)}\sqrt{r(R_B)}\,x_Ax_B$$

$$x_A+x_B\leqq 1 \quad ただし、x_A\geqq 0,\ x_B\geqq 0$$

となるが、ここで表２のデータを代入すると

$$\left.\begin{array}{l} x_A+x_B\leqq 1, \\ x_A\leqq 0.2 \\ x_A\geqq 0, x_B\geqq 0 \\ V(R_{AB})=8x_A^2+1x_B^2+2\times(-0.5)\times 8\times 1\,x_A x_B \\ 0\leqq V(R_{AB})\leqq 3 \end{array}\right\}$$

となり、これらの制約条件の下での目的関数（ポートフォリオの期待利益率）を最大ならしめるときのポートフォリオのA、Bそれぞれの投資割合を求める。

これは、今迄何回も述べてきたが、一般の非線形計画法で解くことになる。この計算はコンピュータ以外では解を求めるのは困難であり、また一般の非線形計画法の問題で最適解がない場合があり、そうした場合は制約条件及び目的関数を変更してゆく。

ソフトは、一般に普及しているExcelを使って最適解を求める。多目的線形計画法、目標計画法等Excelにない数理計画法の問題も工夫してExcelで処理するようにして他のモデルの普及も推進している。また、次の(5)で紹介する生涯年金モデルは、VAB言語で作成しExcelで計算している。

なお、Excelでの非線形計画法の解法は、マイクロソフトプロフェショナルサポート本部によると使用している主な解法はGeneralized Reduced Gradientであるが考え方と具体的コンピュータ応用例は星野義夫共著、『個人年金の構築とリスク計算―経営数学とExcel―』、第13章§５及び16章、白桃書房と、ＧＲＧの洋細は戸川隼人著、『共役勾配法』、新しい応用数学、教育出版を参照されたい。次にモデルの稼動結果を示す。

(5) 生涯年金モデル（モデル２）

(1)で述べたように、発想を変えれば極あたりまえと考えられていたことでも極めて有効な手段となり得ることの好例であるが、手持資金1000万円所有している人より、10万円でも追加複利投資の追加割合によって、長期の間に多くなる例を、このモデルは実践している。

通常、4000万円～5000万円位にしかならない場合が7000万円～8000万円になるのも、こうした考え方からである。

さて、このモデルの内容を(4)の投資割合対応型最大利益率決定モデル（モデル１）との関連において説明する。

上述した発想転換型生涯年金と言うべきモデル（モデル２）で増加した約20％分を上限としてハイリスク・ハイリターンの金融商品を20％受け入れ、残りのローリスク・ローリターンの投資割合は、ポートフォリオの利益率が最大となるときの投資割合で受け入れる。

そのときのポートフォリオの妥当利益率（最大値）は約4.6％となる。この利益率で生涯年金を構築する。その他の投資条件を示しておく。

投資条件

1．投資期間；将来は定年が65才になるであろうが、仮説例でもあり大学を22才で卒業して40年間投資するものとする。ある一定の年数を超えると、自己資金は０で増加した利子のみで追加投資することになる。

2．元金は10年毎に10万円として、得られた残りの金額を、モデル１（省略名）で決定された投資割合で、ハイリスク・ハイリターンとローリスク・ローリターンにそれぞれ投資する。

3．上記の条件２で10年毎に10万円としているが、５年毎あるいは毎年でもかまわない。シミュレーションによって一番大きくなる場合を選択する。

4．データによって異なるが、だいたい標準的*で無理なく１億円を構築することは可能である。若い人で住宅ローンの発生したときは、その場合に応じて変更すればよい。要するに、安全で、確実に、しかも効率性の良いモデルであり個人年金の構築モデルと

図6

仮説例3 リスクの許容範囲、投資割合→期待利益率の最大値 (一般の数理計画法)

x_a	A；投資割合	0.2
x_b	B；投資割合	0.8
制約条件(1)	1	1
制約条件(2)	0.2	0.2
制約条件(3)	0.2	0
制約条件(4)	0.8	0
目的関数(分散)	3.84	
目的関数(リスク)	2.0	3
期待収益率	4.6	

$x_a + x_b <= 1$
$x_a <= 0.2$
$x_a >= 0$
$x_b >= 0$

A、Bのポートフォリオの分散
V(Rab)＝V(Ra)＊x_a^2＋V(Rb)＊x_b^2＋2＊SQRT(V(Ra))＊SQRT(V(Rb))＊Rab＊x_a＊x_b
＝8^2＊x_a^2＋1^2＊x_b^2＋2＊8＊1＊(−0.5)＊x_a＊x_b

A、Bのポートフォリオのリスク
V(Rab)の平方根＝SQRT(8^2＊x_a^2＋1^2＊x_b^2＋2＊8＊1＊(−0.5)＊x_a＊x_b)<3

目的関数：
A、Bのポートフォリオの期待収益率
E(Rab)＝E(Ra)＊x_a＋E(Rb)＊x_b → 最大にする
＝15＊x_a＋2＊x_b

0< リスク <3

$x_a + x_b <= 1$
$x_a <=$ 投資割合 (20%)
$x_a >= 0$
$x_b >= 0$
0<リスク＝SQRT (ポートフォリオの Value at Riske)<3

一般の数理計画法

最適解がえられないときは制約条件及び目的関数を変更する。

の下で投資利益率の関数を最大にする。

Z＝15＊x_a＋2＊x_b ………… 最大値4.6％となる。

リスク金融商品の投資割合＝指数関数の発想の転換による増加特性約20％分のリスクを受け入れる。

して、すでに若い人の間で普及しつつある。なお、このモデルをさらに普及させるために日本語及び英語を始め中国語、韓国語のホームページを作成し、数理計画モデルのシミュレーション・モデルと生涯年金モデルを出来うる限り多くの人々に自由に使用してもらう予定であるが、情報ボランティア活動としての若い人のエネルギーを期待している。

その生涯年金モデル（モデル2）の稼動した結果を次に示しておく。

表3は、5年ごとに元金を10万とする。つまり、預金

表3 シミュレーションの結果

	ポートフォリオの利益率	定年5年前の月平均増加額	定年時に得られる年金額
*	4.6%	約37万円	9488万8066円
*	10%	約160万円	2億6817万6663円
	15%	約490万円	6億5796万2070円
	20%	約1286万円	14億9474万7252円
	25%	約3001万円	31億5554万7877円
	30%	約6391万円	62億4185万5304円
	35%	約1億2642万円	116億6876万3611円

を増やすとき常識では積立金そのものを増加させてゆくが、ここでは第2金融商品の元金は5年毎（毎年でもよい）に10万円とし、残り全部を第1金融商品に再投資（ただし、投資割合に注意）し、そこで、得られた利子額のみを第2金融商品に追加投資してゆく。要するに単なる利子を得る投資でなく発想を変えて積立金を大きくするより追加割合を大きくするようにする。ただし、ある期間経過し、元利合計が大となり毎期ごとに第1金融商品に追加複利投資可能になれば、(3)で述べたように第1金融商品のみで運用する。そのときは、第2金融商品の利益率＝妥当利益率として適用する。その場合は、表3で標準形以上も実現範囲となる。その結果利益率の増加に対して異常なまでに定年退職5年前の月平均増加額が大きくなり、しかも年金額も直感では想像できない位増加している。改めて発想の転換が如何に大切であるかが理解されるであろう。次にモデルの稼動結果を図7に示す。

なお表3で

＊この記号は表3では標準形を示す。

また，注意として

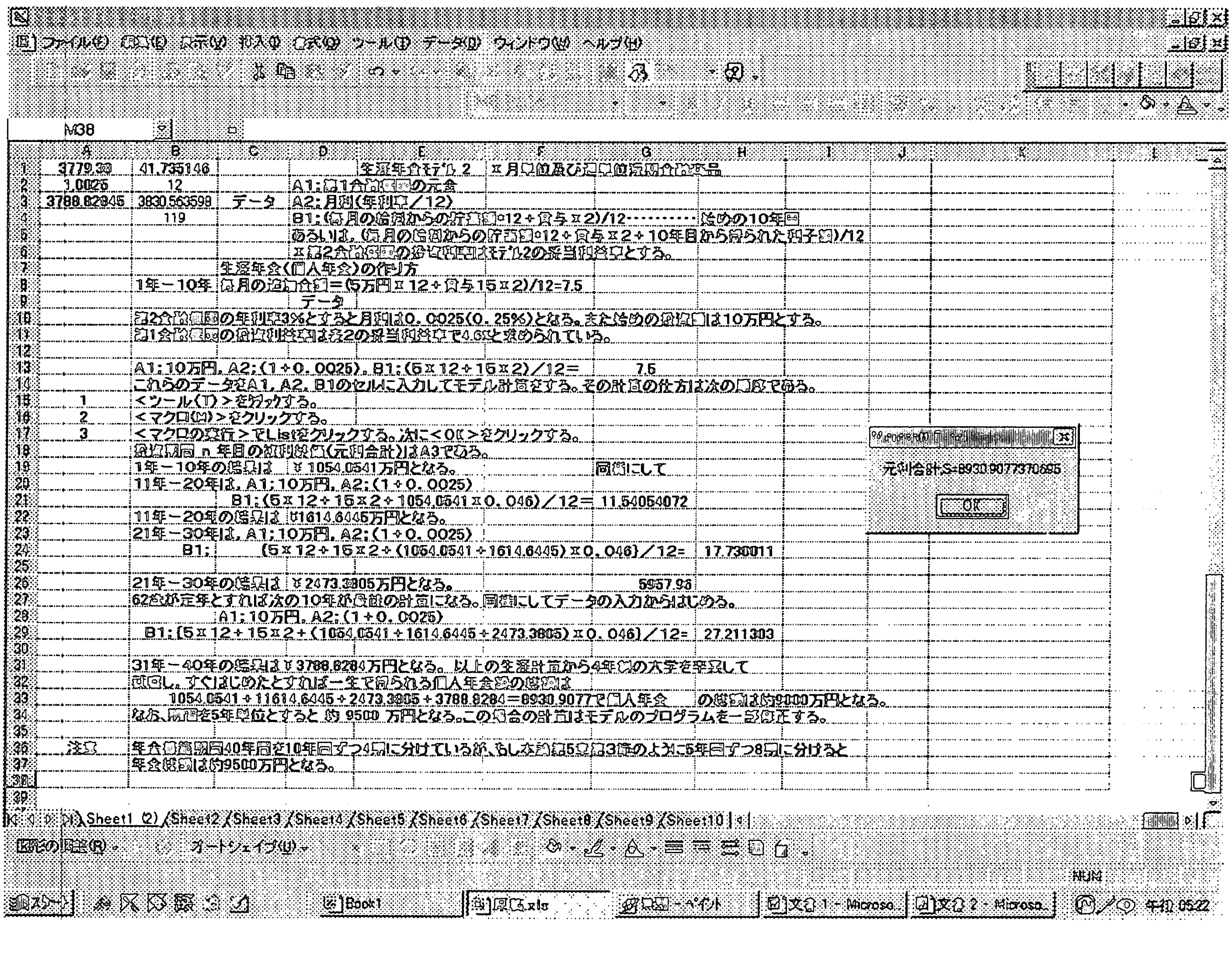
＊生活するのにオーバーした取得年金額は社会に還元する。

6．まとめに代えて

現在の経済やビジネスにおける金融工学の手法は、将来ともに中枢を占めていることであろうが、しかし、その危険性の議論は何か異常自体が起きたときにのみであり、“喉元過ぎれば熱さ忘れる”と言った感がある。

そうした中で、長期に渡る年金という観点からみた場

図7



合、そこに想定されるのは定年後の経済生活であり、定年退職者に積立てた金額より減額してしまうリスクまで取らせることは、耐えられないであろう。

本論では金融工学の良い点[35]について論じたのではなく、その根底にある問題点とその代替案のみに集中してきたが、現実的には収益性がプラスで稼動している場合も多々あるが[36]、一般の個人サイドにおける市場の閉鎖性とか消費者軽視の商品開発等で大多数が損失の被害を被るというのが現状である。また、市販されている多くの元本保証型投資信託も低利率と手数料の高さを考えると同様である。

それは、今まで考察したように根本的なところに問題があり、そのことがいま述べた最悪な状況に更に拍車を掛けているのであれば、やはり、抜本的な発想の転換をして日本の金融市場の健全な発展につなげるべきである。

原点に立ち戻って、経営情報科学的な視点からみるならば、「経営情報とりわけ投資情報の質的変化」を明確に認識することから始めなければならない。

本論で考察してきたことを簡潔に言えば高度情報化社会では情報技術が進行すればする程、それに比例して地球規模で異常事態の伝達は早くなり、それを防止するには、モデル構築のコンセプトそのものを再考すべき時代に入ったと考えるべきである。

そうした考え方からこの度開発した生涯年金モデル（モデル１、モデル２）の特徴を一言で表現すれば「リスク吸収型ローリスク・ハイリターンモデル[37]」と言っても過言ではない。またこれ以上安全でハイリターンの年金構築モデルは、他に類をみないということも特に強調しておきたい。情報ボランティア活動として広く普及活動を推進してゆきたい。

---

35) 絶対リターンと言われている手法で幾つかの投資手法があり、高い利益率を出しているアメリカのファンドもあるが、日本での金融市場の効率性を考えるととても不可能である。その非効率性が、手法そのものを否定するわけではないが、しかし本論で述べてきた問題点は依然として残る。リアルオプションの考え方でも抜本的問題は無視できない。

36) 最近の個人取引の事例から見ると、オプション取引は期間限定であることから株価指数先物とロスカット戦略を徹底したオプション取引であれば比較的有効に稼動している。

37) このモデルは数理計画法のシミュレーション・モデルであるが、入力データのロスカットばかりでなく、モデルそのものが管理限界20%のロスカット・モデルとなっていることも最後に理解してもらいたい。なお、金融機関で販売されている元本保証型金融商品は、一般にローリスク・ローリターンのものが多い。