経済論叢（京都大学）第172巻第3号，2003年9月

金融工学とコーポレートファイナンス（2）

鈴　木　輝　好

I　はじめに

前稿「金融工学とコーポレートファイナンス（1）」では，Leland [1994] を解説した。そしてコーポレートファイナンス分野において金融工学のツールを利用すると，それまで定性的だった結果の一部を定量化することができ，より現実的でより精緻な分析が可能になることを示した。金融工学は不確実性を導入しながら解析解を導出する技術に優れており，Leland [1994] は巧みにこれを利用した。本論文では，これとは逆に金融工学分野においてコーポレートファイナンスの成果を利用すると，いかに実務的に有意義な結果が得られるかを，Mella-Barral and Perraudin [1997] を解説しながら述べる。彼らは，企業負債価格の評価という金融工学問題にコーポレートファイナンスの成果である戦略的延滞（strategic debt service）の枠組みを取り入れた。その目的は，基本的な構造モデル[1]では評価が難しかった低レバレッジ企業をより精緻に評価することである。以下では，まず Mella-Barral and Perraudin モデルを解説し，その後で前編と後編を通じた結論を述べる。

II　Mella-Barral and Perraudin モデル

負債の持つ過少投資問題（underinvestment problem）はコーポレートファ

1）　企業負債評価モデルは，①誘導モデル，②構造モデル，③融合モデル，④戦略的行動モデルに分けられる。Mella-Barral and Perraudin [1997] は④に属する。前稿「金融工学とコーポレートファイナンス（1）」『経済論叢』第171巻第5・6号，2003年5・6月を参照のこと。

イナンス分野で古くから議論されてきた。Bergman and Callen [1991] は過少投資問題と債務再交渉（debt renegotiation）が資本構成に与える影響をゲーム理論と均衡理論の枠組みを用いて分析した。債務再交渉とは企業が財務的破綻に陥るとたいてい起きる株主（経営者）と債権者による債務契約の見直しのことで，そこでは金利減免や債務免除を実施するかどうかが争点となる。Mella-Barral and Perraudin [1997] は市場で観測される低レバレッジ企業のクレジットスプレッドがMerton [1974] をはじめとする構造モデルの結果よりも高いことを説明するために，構造モデルに Bergman and Callen [1991] の枠組みを取り入れた戦略的延滞（strategic debt service）モデルを提唱した。その結果として，債務再交渉を事前に考慮に入れると，過少投資問題および倒産コストによる企業価値の減少が無くなること，さらに債務再交渉がクレジットスプレッドにしめる割合は一般的に30％から40％であることを示した。この節では，まず，戦略的延滞モデルに必要な株式価値および負債価値の基本モデルを示す。次に，基本モデルを用いて過少投資問題を議論し，その次に戦略的延滞モデルを示す。そしてさいごに戦略的延滞モデルと実務との関係に触れる。

1 基本モデル

ここでは戦略的延滞モデルに必要な3つの基本モデル：(1) 株式のみを発行する企業の価値，(2) 負債を発行する企業の倒産後の価値，(3) 負債を発行する企業の株式価値と負債価値を示す。基本モデル(1)および(2)は，戦略的延滞モデルにおける債務再交渉の材料として必要となる。

本節を通じて，資本市場には取引の摩擦や情報の非対称性が無く，企業および投資家はリスク中立的であり無リスク金利で無限に現金を借り入れまた運用ができると仮定する。

また，企業は単位時間あたりに価格 p_t の製品を生産すると仮定し，p_t は確率微分方程式

$$\frac{dp_t}{p_t}=\mu\,d_t+\sigma\,dB_t$$

に従うとする[2]。ここでμとσは時間にも状態にも依存しない定数とする。また，単位時間あたりの生産コストをwとし，法人税については考えないことにすると，企業の瞬間的な利益は

$$p_t-w \tag{1}$$

で与えられる。以下では，企業の発行する株式および負債はp_tを原資産とする派生証券であると考え，企業価値を株式価値と負債価値の和で定義する。

1） 株式のみを発行する企業の価値

ここでは，基本モデル(1)として，株式しか発行していない企業の倒産前の価値（＝株式価値）を求める。無リスク金利をrとし企業価値をW_tとすると，株式には満期がないことおよびμとσが定数であることから，W_tは時間に独立となる。したがって，無裁定条件からオイラー方程式

$$rW(p)=p-w+\mu pW'(p)+\frac{\sigma^2}{2}p^2W''(p) \tag{2}$$

が成立する[3]。一般解は，鈴木［2003］の定理2から

$$W(p)=\frac{p}{r-\mu}-\frac{w}{r}+A_1p_1^{\lambda_1}+A_2p_2^{\lambda_2} \tag{3}$$

で与えられ，$\lambda_1<0$，$\lambda_2>0$ は特性方程式

$$\frac{\lambda(\lambda-1)\sigma^2}{2}+\lambda\mu=r \tag{4}$$

を満たす。

ここで，株式のみを発行する企業は，自ら企業活動を停止することができる

2） 確率変数 は，実物資産の価格を表すためコンビニエンスイールドや保管コストの影響を受け，リスク中立下においても一般的に$\mu\neq r$のドリフトを持つ。

3） 一般に無裁定条件から得られる方程式は偏微分方程式だが，Leland［1994］と同じ理由で式(2)は常微分方程式となる。鈴木［2003］の脚注1参照。

ものとし，これを企業の清算と定義する。また企業の清算価値は状態によらずγとし，株主は企業価値を最大化させるよう清算時刻を決めると仮定する。すると株主は，生産物価格がある一定の値を下回ったときに企業を清算させる。またこの清算を決定する生産物価格の閾値をp_cとする。企業行動をこのようにモデル化すると，W_tの境界条件は次の3つで与えられる。まずは，清算閾値p_cにおける企業価値γに関する条件

$$W(p_c)=\gamma$$

である。次は$p_t\to\infty$のときの企業価値に関する条件

$$E_t\left[\int_t^\infty (p_v-w)e^{-r(v-t)}dv\right]=\frac{p_t}{r-\mu}-\frac{w}{r}$$

である。最後は，株主が企業価値を最大化するように清算閾値p_cを選択することを表す smooth pasting condition

$$W'(p_c)=0$$

である。以上から，簡単な計算により，株式のみを発行する会社の企業価値は

$$W(p)=\frac{p}{r-w}-\frac{w}{r}+\left[\gamma-\frac{p_c}{r-\mu}+\frac{w}{r}\right]\left(\frac{p}{p_c}\right)^\lambda \tag{5}$$

により与えられる。ただし，

$$\lambda=\lambda_1, \tag{6}$$

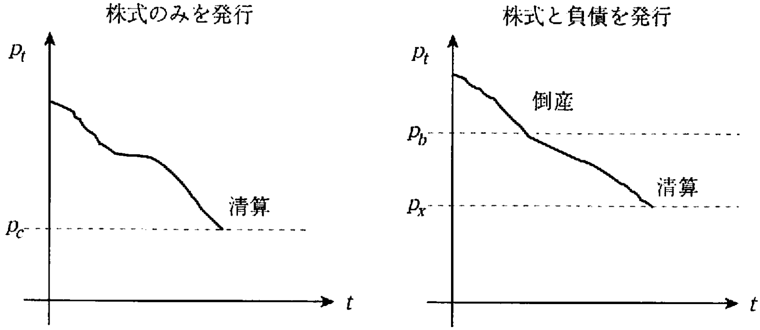
$$p_c=-\frac{\lambda}{1-\lambda}\frac{w+r\gamma}{r}(r-\mu) \tag{7}$$

である。

2）負債発行企業の倒産後の価値

ここでは，基本モデル(2)として，負債を発行している企業の倒産後の価値を求める。以下では，企業が債務契約を履行できないときには，会社の所有権は株主から債権者へ移るとする。このとき企業は元の債権者を新株主とする株式のみを発行する財務状態となる。倒産は清算よりも前，あるいは清算と同時に起きると考えてよい（第1図参照）。本節で示す倒産後の企業価値は，後に示

第1図 倒産と清算



(注) 倒産と同時に清算する場合は $p_b=p_x$

す戦略的延滞モデルにおいて株主と債権者の戦略に重要な影響を与える。

いま，倒産後の企業も企業価値の最大化を目標にすると仮定する。ただし，倒産後は，生産物価格の減少および生産コストの増加という倒産コストが発生し，企業の瞬間的利益は

$$\xi_1 p_t - \xi_0 w, \qquad \xi_1 < 1,\ \xi_0 > 1 \tag{8}$$

に減少すると仮定する。したがって負債発行企業の倒産後の価値を $X(p)$ とすると，基本モデル(1)で示した株式のみを発行する企業の価値 $W(p)$ と $X(p)$ の違いは企業利益のみである。よって，式(5)，(7)，(8)から，$X(p)$ は倒産閾値を p_x として

$$X(p) = \frac{\xi_1 p}{r-\mu} - \frac{\xi_0 w}{r} + \left[\gamma - \frac{\xi_1 p_x}{r-\mu} + \frac{\xi_0 w}{r}\right]\left(\frac{p}{p_x}\right)^{\lambda} \tag{9}$$

とできる。ただし

$$p_x = \frac{\lambda}{1-\lambda}\,\frac{\xi_0 w + r\gamma}{\xi_1 r}(r-\mu) \tag{10}$$

である。

3) 負債を発行する企業の株式価値と負債価値

ここでは，基本モデル(3)として，負債を発行する企業の株式価値と負債価値

を求める。いま企業はクーポン b，額面 b/r の永久債を発行していると仮定する[4]。このとき株主は，企業価値ではなく株式価値を最大化させると仮定する。ただし，株主は，清算の閾値 p_c ではなく倒産の閾値 p_b をパラメータとして株式価値を最大化する。倒産は生産物価格が p_b まで下がった最初の時点に起こるとし（第1図参照），そのときの株式および負債のペイオフをそれぞれ，

$$\widehat{V}(p_b)=\max\left[W(p_b)-\frac{b}{r},\ 0\right],\quad \widehat{L}(p_b)=\min\left[X(p_b),\ \frac{b}{r}\right]$$

とする。倒産時点では，債権者は式（9）で定義される倒産後の会社価値 $X(p_b)$ を受け取り，株主は債務を返済したときの会社価値 $W(p_b)$ を上限として有限責任原則を果たす。

まずは，株式価値 $\widehat{V}$ と債券価格 $\widehat{L}$ の従う常微分方程式を示す。いま，負債は満期のない永久債であることから $\widehat{V}$ と $\widehat{L}$ とはともに時間に独立となる。したがって式（2）を導出したときと同じように，無裁定条件から $\widehat{V}$ と $\widehat{L}$ はそれぞれオイラー方程式

$$r\widehat{V}(p)=p-w-b+\mu p\widehat{V}'(p)+\frac{\sigma^2}{2}p^2\widehat{L}''(p), \tag{11}$$

$$r\widehat{L}(p)=b+\mu p\widehat{L}'(p)+\frac{\sigma^2}{2}p^2\widehat{L}''(p) \tag{12}$$

を満たす。

次に株式価値を決定する。式(11)の一般解は式（3）と同様にして

$$\widehat{V}(p)=\frac{p}{r-\mu}-\frac{w+b}{r}+A_1p_1^{\lambda}+A_2p_2^{\lambda} \tag{13}$$

で与えられ，境界条件は，$W(p)$ と同様に2つの価格条件と smooth pasting condition から

4) Leland [1994] と同様に解析解導出のためにおいた仮定である。戦略的延滞をモデル化しながら有限満期の負債を扱ったものに Anderson and Sundaresan [1996] がある。解析解ではなく二項モデルによりプライシングを行う。

$$\widehat{V}(p_b)=0,\quad \lim_{p_t\to\infty}\widehat{V}(p_t)=\frac{p_t}{r-\mu}-\frac{w+b}{r},\quad \widehat{V}'(p_b)=0$$

により設定される。よって，簡単な計算から株式価値

$$\widehat{V}(p)=\frac{p}{r-\mu}-\frac{w+b}{r}-\left[\frac{p(b)}{r-\mu}-\frac{w+b}{r}\right]\left(\frac{p}{p_b}\right)^{\lambda} \tag{14}$$

を得る。ただし，

$$p_b=-\frac{\lambda}{1-\lambda}\frac{w+b}{r}(r-\mu) \tag{15}$$

であり，λ を式(4)，(6)により定義する。ここで，式(14)および(15)から，倒産コストを表す ξ_1，ξ_0 と清算価値 γ は株式価値および倒産閾値 p_b に影響しないことがわかる。

さいごに，負債価値を決定する。すでに株式価値を決定しており倒産の閾値 p_b を所与とできるので，式(12)の一般解（鈴木［2003］定理1参照）

$$\widehat{L}(p)=\frac{b}{r}+A_1p_1^{\lambda}+A_2p_2^{\lambda}$$

に対して，2つの境界条件

$$\widehat{L}(p_b)=X(p_b),\quad \lim_{p_t\to\infty}\widehat{L}(p)=\frac{b}{r}$$

を与えればよい。これより負債価値

$$\widehat{L}(p)=\frac{b}{r}+\left[X(p_b)-\frac{b}{r}\right]\left(\frac{p}{p_b}\right)^{\lambda} \tag{16}$$

を得る。

2 過少投資問題

戦略的延滞モデルを示す前に，基本モデル(1)と(3)を用いて過少投資問題について議論する。Mella-Barral and Perraudin［1997］における負債発行企業は株式価値の最大化を目標として清算閾値 p_b を決定した。しかし，以下に示すように，企業価値を最大化することによっても同じ倒産閾値を導出できる。

企業が負債を発行している場合，株主は企業価値を最大化するとしても有限責任原則

$$\widehat{V}(p) \geq 0,\ \ p > p_b \tag{17}$$

の制約の下でこれを達成しなければならない。また，式(14)および(16)から企業価値

$$\widehat{W}(p) = \widehat{V}(p) + \widehat{L}(p)$$
$$= \frac{p}{r-\mu} - \frac{w}{r} + \left[X(p_b) - \frac{p_b}{r-\mu} + \frac{w}{r}\right]\left(\frac{p}{p_b}\right)^{\lambda} \tag{18}$$

について

$$\frac{\partial}{\partial p_b}\widehat{W}(p) < 0, \qquad p_b > 0 \tag{19}$$

が成立する。したがって最大の $\widehat{W}(p)$ を与える p_b は制約式(17)が満たされる範囲で可能な限り小さな値となる。ここで任意の p_b について $\widehat{V}(p_b)=0$ であり，また

$$p_b < \frac{w+b}{r}(r-\mu) \tag{20}$$

のとき $\widehat{V}(p)$ は凸関数であるから，制約式(17)の下で企業価値を最大化させる p_b について

$$\widehat{V}'(p_b) = 0 \tag{21}$$

成立する。

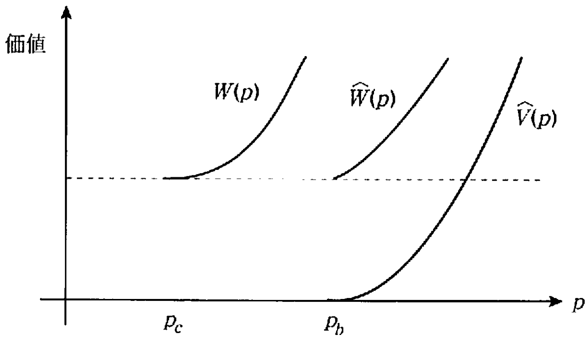
結局，式(21)は株式価値の最大化条件である smooth pasting condition に他ならないことから，有限責任原則(17)における企業価値の最大化は株式価値の最大化により達成されることがわかった（第2図参照）。

ここで清算価値に関して

$$\gamma < \frac{b}{r} \tag{22}$$

のとき

第2図 企業価値最大化と株式価値最大化および
"smooth pasting condition"



$$p_c < p_b \tag{23}$$

が成立するので，企業の清算価値が発行負債の額面価値よりも小さい場合，清算の前に必ず倒産が起き有限責任原則の制約は常に有効であることがわかる。

さて，式(22)を仮定すると簡単な計算から[5]

$$W(p) > \widehat{W}(p), \quad p > 0 \tag{24}$$

となることが示せる。すなわち負債を発行すると企業価値は下がる。これは，前に述べたように式(22)が成立する場合には有限責任原則が常に有効であり，株主が企業価値を最大化しようとしても倒産の閾値を思うようには下げられないためである。すなわち負債を発行すると，有限責任原則が制約となり取りたいリスクを取れない可能性があることが示された。Mella-Barral and Perraudin [1997] は，これを負債発行の過少投資問題とし，負債発行による企業価値の減少分

$$W(p) - \widehat{W}(p) \tag{25}$$

を過少投資問題によるエージェンシー・コストと呼んだ。

5) 式(22)が成立しない場合，企業が倒産しても常に負債額面が確保されるので負債には信用リスクは無い。

3　戦略的延滞モデル

この節では，基本モデル(3)を軸に，株主と債権者の間に債務再交渉が存在することを考慮に入れた戦略的延滞モデルを示す。基本モデル(1)はベンチマークとして利用され，基本モデル(2)は債務再交渉における戦略上の重要な役割を果たす。

まず，株主は最大のバーゲニングパワーを持ち，債権者に対して交渉の余地のない提案が可能であると仮定する。これに対して，債権者は利払いが滞った場合には会社を倒産もしくは清算させる権利を持つと仮定する。すると株主はたとえ利払いが可能でも戦略的に支払い金利を減らし債務不履行をはじめる。債権者にとっては会社を倒産させて収益力の低い会社を営むよりも延滞や債務不履行を許した方が良い場合があるからである。このような状況は倒産後の企業価値 $X(p)$ が低いほど起きやすい。

次に，株主により戦略的延滞が行われるときの利払い関数に関する仮説を立てる。株主は戦略的延滞により債権者から最大限の利益を搾取しよう行動し，また企業の価値はそのときの株主により最大化されると仮定する。ここで Mella-Barral and Perraudin [1997] は，株主にとっての最適な利払い関数 $s(p)$ は，戦略的に延滞をはじめる点 p_s および会社を清算する点 p_c^* を用いて

$$
s(p)=\begin{cases} b & p\in[p_s,\ \infty) \\ \xi_1 p-\xi_0 w & p\in[p_x,\ p_s) \\ r\gamma & p\in[p_c^*,\ p_x) \end{cases} \tag{26}
$$

により与えられるという仮説を立てた。ただし p_x は式(10)を満たす。戦略的利払い関数 $s(p)$ は債権者の利得を考慮すると理解しやすい。債権者は，株主が延滞を始めても，会社を倒産させた場合よりも少しでも多くの利益を得るならば会社を倒産させないであろう。倒産後に会社を所有した場合の利益は $\xi_1 p-\xi_0 w$ であるから，$p<p_s$ では $\xi_1 p-\xi_0 w$ が最適な戦略的利払い額である。また，すでに生産物価格が倒産を仮定した会社清算閾値 p_x を下回っている場合は，債権者が会社を所有して得られる所得（清算価値に対する無リスク金利分 $r\gamma$）

よりも少しでも多くの利払いを行えば，債権者は倒産を思いとどまるであろう。したがって $p<p_x$ では $r\gamma$ が最適な利払い額である。

本論文では，戦略的利払い関数 $s(p)$ に関する仮説(26)の立証は省略し，戦略的延滞モデルを簡便に導出する。

さいしょに，$s(p)$ が与えられたときの債券価格 $L(p)$ を求める。無裁定条件から，$L(p)$ は，オイラー方程式（一般解は鈴木［2003］114ページ，定理1参照）

$$rL(p)=s(p)+\mu pL'(p)+\frac{\sigma^2}{2}p^2L''(p)$$

を満たす。生産物価格が p_s よりも下落し戦略的延滞が始まると，債権保有者は倒産後の企業利益を利払いとして受け取るので，負債価値は倒産後の会社価値 $X(p)$ と同じ値になる。したがって，戦略的延滞を始まる点 p_s における無裁定条件[6]から，

$$L(p_s)=X(p_s),\quad L'(p_s)=X'(p_s)$$

が成立する。よって境界条件

$$\lim_{p\to\infty}L(p)=\frac{b}{r}$$

から，債券価格 $L(p)$ および p_s はそれぞれ

$$L(p)=\begin{cases}\dfrac{b}{r}+\left[X(p_s)-\dfrac{b}{r}\right]\left(\dfrac{p}{p_s}\right)^{\lambda}, & p>p_s\\ X(p), & p_s\leq p\end{cases} \tag{27}$$

$$p_s=-\frac{\lambda}{1-\lambda}\frac{\xi_0 w+b}{\xi_1 r}(r-\mu) \tag{28}$$

とできる。

次に，株式価格 $V(p)$ を求める。いま，式(27)および(28)から，負債価値 $L(p)$ は株主により決定される戦略的延滞が始まる閾値 p_s にのみ依存し会社清算閾値 p_c^* とは無関係である。これは，戦略的利払い関数の下では負債契約に基

6) 価格および瞬間的な価格変動がそれぞれ一致しない場合 $p=p_s$ において裁定取引が可能である。

づく倒産が起きないことを意味する。また，戦略的利払い関数はそのように策定されていた。したがって，株主は，負債を発行していない時と同じように自由に株式価値を最大化させることができる。すなわち最適利払い関数 $s(p)$ の下では有限責任原則の制約は機能しない。よって清算閾値に関して

$$p_c^* = p_c \tag{29}$$

が成立し，戦略的延滞モデルでは，会社は負債を発行していない場合と同じ閾値 p_c で清算されることになる。清算閾値が p_c で与えられるとき企業価値は式（5）による $W(p)$ とできたので，戦略的延滞モデルにおける株式価値は，結局，

$$V(p) = W(p) - L(p) \tag{30}$$

になり，式（5）および(27)から与えられる。

以上から，株主が最大のバーゲニングパワーを持ち戦略的に債務不履行を行うとき，過少投資問題によるエージェンシー・コストは発生せず，企業価値は減少しないことがわかった。また，$\gamma < b/r$ のとき $p_c < p_s$ が成立するので，株主が最大のバーゲニングパワーを持つと戦略的延滞は必ず起こることがわかる。債務再交渉において株主が最大の交渉力を持つと，企業は清算されるまで株主が運営することになるので，倒産コストは顕在化しない。結局，債務再交渉はエージェンシー・コストと倒産コストをゼロにする。ただし，株主は倒産コストを脅威にして債権者に譲歩をせまるので，倒産コストは顕在化しないものの株主の戦略に影響を与える。倒産コストがゼロであると，戦略的延滞を行っても株式価値・負債価値は債務再交渉が無い場合と同じになり，株主は債権者から利得をえることはできなくなる[7]。

7）　倒産コストをゼロにする，すなわち ξ_1，ξ_0 を1に近づけると，$p_s \to p_b$，$p_x \to p_c$ となるので，戦略的延滞の閾値 p_s は債務再交渉の無い場合の倒産閾値 p_b になり，倒産後の企業清算閾値 p_x は株式しか発行していない企業の清算閾値 p_c になる。したがって，最適利払い戦略は，

$$s(p) = \begin{cases} p - w, & p \in [p_c,\ p_b) \\ b, & p \in [p_b,\ \infty) \end{cases}$$

となり。株式価値と負債価値は式(27)，(30)から $V(p) \to \widehat{V}(p)$，$L(p) \to \widehat{L}(p)$ となる。

4 債務再交渉と融資

公募社債を発行する企業が戦略的延滞を行うには高いコストが必要である。なぜならば，一般に社債契約において支払いの猶予などによって発行会社の責任を免除する場合には社債権利者集会を開く必要があり，さらに我が国では社債権利者集会の決議は裁判所の認可によりその効力が生じるためである。したがって，公募社債契約においては，株主主導の債務再交渉はまずありえないであろう。これに対して融資や私募債では，関係当事者が少なく裁判所の後見も不要なため株主主導の債務再交渉は現実的である[8]。

さて，企業融資は一般に市場性が無いため，一度投資をしたら満期もしくは倒産までこれを保有することになる。したがって企業行動を理解することは重要である。本論文で紹介した戦略的延滞はその典型例である。Mella-Barral and Perraudin [1997] は，株主が債務再交渉を戦略的に進めることができるとその分負債価格は減少し，標準的な想定の下ではクレジットスプレッドが30％程度上昇することを示した。戦略的延滞をはじめとする企業行動がクレジットスプレッドに占める割合[9]がどの程度かは，金融工学の手法を用いて初めて知ることができる。コーポレートファイナンス分野では，企業の投資行動や資金調達行動について盛んに研究を進めており，金融工学は将来その成果の一部を実務的取引価格として表現することができるであろう。

ところで，本論では紹介しなかったが Mella-Barral and Perraudin [1997] は，債権者のバーゲニングパワーが最大である場合の債務再交渉についてもモデル化を試みた。我が国では，銀行が債権者として大きな交渉力を持つことが多いので有用な提案である。実際，Mella-Barral and Perraudin [1997] は債権者にとっての最適利息収入戦略は，場合によっては負になることを示した。

8) 実際，直接金融比率が高く多くの社債を発行していた小売大手のマイカルは金融機関により救済されることなく会社更生法の申請に至ったが，間接金融比率の高い小売大手のダイエーは主力銀行が債務帳消しと第三者株式割当などの金融支援を行い経営再建を行っている。

9) 融資は社債に比較して流動性が低いこと，および我が国では融資と社債のクレジットスプレッドは大きく違わないことを考えると，現実の融資市場では戦略的延滞のコストは全く織り込まれていないといえよう。

倒産コストを払うよりは戦略的に債務を破棄した方がよい場合があるからである。

III さいごに

本論文では，金融工学においてコーポレートファイナンスの成果を巧みに利用している例として Mella-Barral and Perraudin [1997] を解説した。コーポレートファイナンスの成果の多くは企業行動を合理的に説明することができる。このような成果を金融工学に応用すると，投資家は市場で観測不能だった新たな情報を得ることができる。証券化商品をはじめコーポレートファイナンスの成果を応用できる分野は多い。今後もコーポレートファイナンス分野の成果は金融工学に応用され，投資家に多くの情報を与えるであろう。

一方，前稿「金融工学とコーポレートファイナンス (1)」では，コーポレートファイナンスにおいて金融工学のツールを有効に利用する例として Leland [1994] を解説した。金融工学は，観測されるデータを利用することができ、その推定方法も発達している。また，シミュレーションなどによる計算技術の研究も盛んに行われている。そして最大のツールは不確実性の下でのプライシング技術である[10]。金融工学におけるプライシング技術を使用してコーポレートファイナンスの成果を再検討すると，その豊かな価格表現力により実務的にも学術的にも有用な結果が得られる。今後も金融工学のツールはコーポレートファイナンスにとって欠かせないであろう。

ところでコーポレートファイナンスでは，より有利な資金調達を行うためには，どのように財務契約を記せばよいかを考えるセキュリティ・デザインの研究も盛んである。初期のセキュリティ・デザイン研究は情報の非対称性や契約のインセンティブを題材として発展した。完備契約理論を基にし，モラルハザードや情報の非対称性から生じる損失をいかに小さくするかが分析の中心で

10) 不確実性は確率過程により扱われる。理論と金融工学への応用としては Kijima [2002] が詳細である。また平易に書かれた金融工学の入門書としては木島 [2002] がある。

あった。しかし，1990年代に入ると，近年の経済学で発展してきた「不完備契約の理論」に基づいたアプローチが展開された。不完備契約理論では，将来の状況が不確実で変動性が高いことや，起こりうる全ての事象を網羅的に契約書に書き込むには相当のコストがかかることを受け入れ，契約が十分に書き尽くされていない状況を出発点とする。第III節でとりあげた戦略的延滞も負債契約が不完備契約だからこそ起きる問題である。本論文では取り上げなかったが，Anderson and Sundaresan [1996] はセキュリティ・デザインの成果を取り入れた負債価格の評価を行い，Mella-Barral and Perraudin [1997] と同様に戦略的延滞を不確実性の下でモデル化した。セキュリティ・デザインと価格評価を同時に行う試みであり，今後，証券化商品などへの応用が期待できる。

さいごに，日本独特の資金調達問題である株式持合にふれておく。Suzuki [2002] は，構造モデルと縮小写像の原理をもちいて，多企業間で株式持合をしている場合の負債ペイオフ関数を明らかにした。これにより，株式持合をしている場合の企業発行証券のリスク構造をクレジットスプレッドの観点から示した。コーポレートファイナンスにおいて金融工学のツールを利用すると，本邦独特の問題にも有用な示唆を与えることができる。

参考文献

春日屋伸昌 [1973] 『わかる常微分方程式』日新出版。

木島正明 [2002] 『金融工学』日本経済新聞社。

鈴木輝好 [2003] 「金融工学とコーポレートファイナンス（1）」『経済論叢』第171巻第5・6号，2003年5・6月。

Anderson, R. W. and S. Sundaresan [1996] "Design and Valuation of Debt Contracts," *Review of Financial Studies*, Vol. 9, pp. 37-68.

Bergman, Y. Z. and J. L. Callen [1991] "Opportunistic Underinvestment in Debt Renegotiation and Capital Structure," *Journal of Financial Economics*, Vol. 29, pp 137-171.

Kijima, M. [2002] *Stochastic Processes with Applications to Finance*, CRC Press.

Leland, H. [1994] "Corporate Debt Value, Bond Covenants, and Optimal Capital Structure," *Journal of Finance*, Vol. 49, pp. 1213-1252.

Mella-Barral, P. and W. Perraudin [1997] "Strategic Debt Service," *Journal of Finance*, Vol. 52, pp. 531-556.

Merton, R. C. [1974] "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates," *Journal of Finance*, Vol. 29, pp. 449-469.

Suzuki, T. [2002] "Valuing Corporate Debt: the Effect of Cross-Holdings," *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol. 45, pp. 123-144.