製品市場と財務

花　枝　英　樹

はじめに

企業財務の分析では，企業の実物的側面は所与として，その下で様々な財務政策を議論するのが通常である．わずかに，営業リスクや営業レバレッジの議論のときに，製品市場あるいは生産物市場が問題にされるのみであった．そして，財務の意思決定と製品市場に関わる意思決定の戦略的相互関係が問題にされ，分析の対象になることは稀であったといっても言い過ぎではなかろう．

同様に，製品市場の代表的市場構造である寡占における企業間の戦略的行動が分析されるときには，企業のとる財務政策が製品市場での企業行動に影響を及ぼすことはほとんど考慮に入れられない．このように，財務の分析と製品市場の分析は，それぞれ分断された形で行われてきた．本稿の目的の一つは，製品市場での企業行動が財務政策と密接に連関していることを明らかにし，それによって，企業財務の中心をなす財務構造の問題をより広い視野のもとで考える手がかりを与えることにある．本稿の第I部がこのテーマを扱う．

実物市場と財務との関連でもう一つ重要なテーマは，設備投資や研究開発投資といった実物投資の意思決定問題である．教科書的な説明では，実

物投資の正味現在価値がプラスであるか否かを基準にして投資決定を行うことが主張される．しかし，そこでは暗黙裡につぎのような前提が置かれていた．すなわち，いま投資を行わない決定をしたとすれば，将来に渡って投資を実行しないという前提である．しかし，実際の企業の投資行動では，現在投資するかどうかの all-or-nothing の選択ではなく，需要などの環境条件の変化に対応して投資を先延ばしたりする投資のタイミングの選択の問題が決定的に重要になる．本稿の第II部で取り上げる戦略的投資行動の分析では，このような「投資の最適タイミング」の問題を，実物オプションの考え方を使って検討することにする．

また，寡占的な製品市場で競争企業と競合している企業が投資を断行し，製品を生産・販売する場合，競争企業の投資行動が自社の投資行動に重要な影響を及ぼすことになる．そこで，第II部の後半では，実物オプション・アプローチにゲーム論を融合したモデルを提示し，寡占的製品市場での企業の戦略的投資行動を検討することにする．

第I部　寡占的競争と財務構造

1. 製品市場と財務構造の戦略的相互関係

第I部では，製品市場での企業間競争のあり方が，どのように企業の財務構造決定に影響を及ぼすかを検討することにしたい．本稿の冒頭でも述べたように，財務の意思決定と製品市場に関わる意思決定の戦略的相互関係の分析は，今まであまり取り上げられたことがなく，その意味で企業財務の中心をなす財務構造の問題をより広い視野のもとで考える手がかりを与えるものと考えられる．

第2節では，数量が戦略変数であるクールノー的寡占市場で競合してい

る企業間での競争戦略が，いかに企業が選択する財務構造によって影響を受けるのかを分析する．そして，クールノー的競争の下では，企業は負債により多くを依存した財務構造を選択することが主張される．第3節では，もう一方の寡占市場での競争のあり方である，価格を戦略変数とするベルトラン的市場を分析する．そして，ベルトラン的競争の下では，必ずしも負債比率を高めるような財務構造は，戦略優位をもたらすとは限らないことが主張される．これらの分析を踏まえて第4節では，製品市場での競争と不確実性のタイプの違いが実際に財務構造に影響を及ぼしているかどうかを，わが国の製造企業のデータを用いて実証分析している．

2. クールノー競争での生産量決定と財務構造

われわれのモデルの構造は，つぎのようなものである（図1参照）．2つの企業が生産物市場で競争しており，両企業はまず第1段階で財務構造の決定を行う．つぎの第2段階で，財務構造を所与として生産量の決定を行う．しかし，生産量の決定時には，費用なり需要は一部不確実で将来の外部要因によって影響を受け，実際に生産を始めた後に初めてどれだけの費用がかかるか，あるいはどれくらいの価格で販売できるかが判明する．その結果，達成できた売上と費用から営業利益が確定し，それが債権者と株主に分配される．

生産量決定段階では，通常のクールノー・ナッシュ均衡を考える．そして，第1段階では，財務構造の違いが将来の生産量決定に影響を及ぼすことを考慮に入れて最適な財務構造が選択される．つまり，2段階ゲームに

図1　意思決定・事象の順序

なっている．以下では，最初に費用が不確実な場合を取り上げ，その後で需要が不確実な場合を調べることにする(1)．一方，生産物市場での競争が価格を戦略変数としたベルトラン競争の場合については，第3節で取り上げることにする．

(1)　費用が不確実な場合

同質財を生産する2つの企業 i, j からなる複占市場を考える．当該製品に対する市場全体の需要関数は次式で表されるとする．ただし，a, b は正の定数である．

$$P(Q) = a - bQ \tag{1}$$

企業 i, j の供給量をそれぞれ q_i, q_j とすれば，$Q = q_i + q_j$ である．さらに，企業 i, j の費用関数は同じ形をしており，$C^i = (c - z_i)q_i$，あるいは $C^j = (c - z_j)q_j$ とする（c は正の定数）．ただし，z_i, z_j は確率変数で，外的な要因によって各企業の生産費用が影響を及ぼされることを表しており，費用に関して不確実性が生ずる．確率変数 z が取りうる下限を $\underline{z}$，上限を $\bar{z}(<c)$ とする．また，z_i, z_j の確率分布 $f(z_i)$，$f(z_j)$ は同じであるが，z_i, z_j は独立とする．つまり，外的要因が費用に及ぼす影響は，両企業で異なるとする．費用関数から明らかなように，z の実現値が高くなるにつれて限界費用曲線が下方にシフトし，より安いコストで生産が可能となる．なお，ここでの費用は生産に要する費用であり，支払利子は生産費用に含まれていないことに注意しよう．

企業 j の供給量 q_j を所与としたときの企業 i の営業利益 R^i は，つぎのように表される．

$$\begin{aligned} R^i(q_i, q_j, z_i) &= q_i \cdot p(Q) - C^i \\ &= q_i(a - b(q_i + q_j)) - (c - z_i)q_i \end{aligned} \tag{2}$$

ここで，R^i の下付の添字 i を q_i の R^i に対する偏微分，下付の添字 j を

q_j の R^i に対する偏微分をそれぞれ表すとすれば，$R^i_{ii}<0, R^i_j<0, R^i_{ij}<0$ となる．また，R^i を z_i で偏微分した値を R^i_z とすれば，$R^i_z>0$ となり，確率変数 z_i の実現値が高いほど費用の低下がもたらされるため，営業利益は増大する．さらに，限界利益 R^i_i に及ぼす z_i の影響を見ると，確率変数 z_i の実現値が高いほど，限界費用曲線が下方にシフトするので $R^i_{iz}>0$ となる．

(i) 第2段階での生産量決定

時間の流れとは逆に，第1段階ですでに財務構造の決定がなされたとし，第2段階での生産量の決定問題を考えてみよう．経営者は株主資本価値を最大にするように生産量を決定すると仮定する．企業 i の負債額を D_i とすれば，株主資本価値 V^i は (3) 式で表される．ただし，株主はリスク中立的で，将来の受け取り金額の現在価値の期待値のみに関心があるとする．また，式の煩雑化をさけるために，割引率はゼロとする．

$$V^i(q_i, q_j) = \int_{\hat{z}_i}^{\bar{z}} (R^i(q_i, q_j, z_i) - D_i) f(z_i) dz_i \qquad (3)$$

ここで，$\hat{z}_i$ は次式を満たす z_i の値である．ただし，$\underline{z}<\hat{z}_i<\bar{z}$ とする．

$$R^i(q_i, q_j, \hat{z}_i) - D_i = 0 \qquad (4)$$

つまり，確率変数の実現値が $\hat{z}_i$ のときに，ちょうど営業利益と負債返済額が等しくなり，純利益はゼロとなる．(4) 式から明らかなように，$\hat{z}_i$ の値は q_i, q_j, D_i の関数になっていることに注意しよう．z_i の値が $\hat{z}_i$ より低い範囲では営業利益で負債返済額を賄えず，債務不履行になり倒産してしまうので，株主の受取額はゼロになる．一方，z_i の値が $\hat{z}_i$ より高くなる範囲で純利益がプラスになるので，(3) 式で株主の受取額の期待値を求めるための積分の下端は $\hat{z}_i$ になっている．具体的には，$\hat{z}_i$ の値は (5) 式で表される．

$$\hat{z}_i = c-(a-b(q_i+q_j))+\frac{D_i}{q_i} \tag{5}$$

すでに，両企業は財務構造の決定を行い，いま生産量の決定の段階にいる．通常のクールノー・ナッシュ均衡のときと同様に，両企業の均衡生産量はつぎのようにして求められる．i 企業については，q_j を所与として (3) 式を最大にする q_i の値を求める．そのためには，(3) 式を q_i について偏微分したものをゼロとすればよい．ライプニッツの公式より，次式のようになる．

$$V_i^i = \int_{\hat{z}_i}^{\bar{z}} R_i^i(q_i, q_j, z_i) f(z_i) dz_i + (R^i(q_i, q_j, \bar{z}) - D_i) f(\bar{z}) \frac{d\bar{z}}{dq_i}$$

$$-(R^i(q_i, q_j, \hat{z}_i) - D_i) f(\hat{z}_i) \frac{d\hat{z}_i}{dq_i} = 0 \tag{6}$$

しかし，上式の第 2 項はゼロである．また，第 3 項も (4) 式よりゼロとなるので，上式はつぎのようになる．

$$V_i^i = \int_{\hat{z}_i}^{\bar{z}} R_i^i(q_i, q_j, z_i) f(z_i) dz_i$$

$$= \int_{\hat{z}_i}^{\bar{z}} (a-b(q_i+q_j)-bq_i-(c-z_i)) f(z_i) dz_i = 0 \tag{7}$$

ここで，V^i を q_i で 2 回微分した値が負であり，最適解の 2 階の条件を満たしているとする．つまり，$V_{ii}^i<0$ である．同様に，$V_{jj}^j<0$ とする．また，企業 i, j の最適生産量が一義的なクールノー・ナッシュ均衡であることを保証するつぎの条件が成立するとする．

$$V_{ij}^i < 0, \qquad V_{ji}^j < 0 \tag{8}$$

$$V_{ii}^i V_{jj}^j - V_{ij}^i V_{ji}^j > 0 \tag{9}$$

つぎに，財務構造の決定が生産量の決定に及ぼす影響を調べてみよう．そのために，最適生産量の 1 階の条件式である (7) 式の全微分を考える．

$$V_{ii}^i dq_i + V_{ij}^i dq_j + V_{iD_i}^i dD_i = 0 \tag{10}$$

$$V^j_{ji}dq_i+V^j_{jj}dq_j+V^j_{jD_i}dD_i = 0 \tag{11}$$

クラメールの公式より，D_i の大小が i, j 企業の生産量に及ぼす影響は次式で求められる．ただし，j 企業の株主資本価値 V^j には i 企業の負債額 D_i が直接影響を及ぼさないので，$V^j_{jD_i}=0$ であることに注意しよう．

$$\frac{dq_i}{dD_i} = -\frac{V^i_{iD_i}V^j_{jj}}{V^i_{ii}V^j_{jj}-V^i_{ij}V^j_{ji}} \tag{12}$$

$$\frac{dq_j}{dD_i} = \frac{V^i_{iD_i}V^j_{ji}}{V^i_{ii}V^j_{jj}-V^i_{ij}V^j_{ji}} \tag{13}$$

ここで，(12) 式，(13) 式の分母は，(9) 式より正である．そして，$V^i_{iD_i}>0$ である．なぜなら，

$$V^i_{iD_i} = -R^i_i(\hat{z}_i)f(\hat{z}_i)\frac{d\hat{z}_i}{dD_i} = -R^i_i(\hat{z}_i)f(\hat{z}_i)\frac{1}{q_i}$$

であるが，(7) 式が成り立つためには，$R^i_i(\hat{z}_i)<0$ でなければならない．これより，$V^i_{iD_i}>0$ となる．また，$V^j_{jj}<0$ なので，(12) 式は正になる．また，$V^j_{ji}<0$ なので (13) 式は負になる．

$$\frac{dq_i}{dD_i} > 0 \tag{14}$$

$$\frac{dq_j}{dD_i} < 0 \tag{15}$$

(14) 式に示されるように負債額 D_i が高まると，企業はより生産量 q_i を増大する決定を行うことは，つぎのように考えれば直観的にも理解できるだろう．負債額が高まると (4) 式より営業利益が丁度負債額に等しくなる $\hat{z}_i$ の値も高くなる．その結果，企業倒産が起こる z_i の領域 $\underline{z}\leq z_i<\hat{z}_i$ が拡大することになる．この領域は限界利益 R^i_i が低い領域でもある．ところが，経営者が生産量決定に際して考慮に入れるのは，$\hat{z}_i\leq z_i\leq \bar{z}$ の領域だけである．z_i が高くなると限界利益も高くなる．負債が増大すること

によって，経営者はより限界利益が高い領域しか考慮に入れなくなるため，生産量を増大させる決定を行うことになるわけである.

財務の議論では，財務構造の違いが企業の投資行動に影響を及ぼすことがよく主張される．特に，経営者が株主の立場を重視した経営を行う場合，負債のウェイトが大きい財務構造だと経営者はリスクの高い投資を行う誘因を持つ．ここでの議論も財務構造の違いが企業の生産行動に影響を及ぼすことを主張しており，パラレルな議論と言うことができる.

ところで，生産物市場がクールノー競争なら，j 企業の生産量が一定の場合，自社の生産量を増加させることによって i 企業は利益を増大させることができる．これを「攻撃的行動」と呼ぶ．そして，クールノー競争の下では，i 企業の攻撃的行動（生産量の増加）に対して j 企業が生産量の減少で対応する，いわゆる「戦略的代替」の関係が生産物市場での企業間競争で見られる(2).

このようなとき，i 企業が自社の負債比率が高い財務構造を選択することによって，自社の生産量をより増大させる積極策を取る確かなコミットメントを j 企業に示し，j 企業がその脅しに屈すれば，j 企業は自社の生産量を低めに調整する行動に出る（(15) 式に対応)．その結果，i 企業は高い利益を上げることができるわけである.

(ii)　第1段階での財務構造の決定

つぎに，第1段階での財務構造の決定問題を考えてみよう．その際，財務構造の違いが両企業の生産量決定にどのような影響を及ぼすかを考慮に入れて，最適な財務構造の選択が行われる.

将来の償還額が D_i のときの負債の現在価値 $W^i(q_i, q_j)$ は，(16) 式のように表される．ただし，$F(z_i)$ は z_i の分布関数である．(16) 式の右辺の第1項は，債務不履行になったときに負債権者が受け取る金額の期待現在

価値である．第 2 項は約束通り償還額が返済されるときの期待受取額を表している．ただし，投資家はリスク中立的，割引率はゼロと仮定する．

$$W^i(q_i, q_j) = \int_{\underline{z}}^{\hat{z}_i} R^i(q_i, q_j, z_i) f(z_i) dz_i + D_i(1-F(\hat{z}_i)) \tag{16}$$

第 1 段階において，企業が社債を発行する際，投資家は（16）式で表される社債の現在価値に相当する金額を支払おうとする．逆に言えば，企業側はそれだけの金額を受け取ることができるわけで，株主の富は，将来 D_i の償還額を約束する社債を発行して得た金額と現在の株主資本価値を加えたものになる．つまり，この金額は株主資本価値と負債価値を合計した企業総価値 Y^i である．ただし，（17）式で，q_i, q_j が償還額 D_i, D_j の関数になっているのは，第 1 段階で決定された D_i, D_j の値に応じて，第 2 段階での最適生産量が決定されることを表している．

$$\begin{aligned} Y^i(q_i(D_i, D_j), q_j(D_i, D_j)) &= \int_{\underline{z}}^{\hat{z}_i} R^i(q_i(D_i, D_j), q_j(D_i, D_j)) f(z_i) dz_i \\ &\quad + \int_{\hat{z}_i}^{\bar{z}} R^i(q_i(D_i, D_j), q_j(D_i, D_j)) f(z_i) dz_i \end{aligned} \tag{17}$$

株主の立場を重視する経営者は，（17）式が最大になるように負債償還額 D_i を決定する．ここで，もしも，財務構造が将来の生産量決定に影響を及ぼさず，生産量が外生的に決まるのであれば，われわれのモデルでは，負債の節税メリットや倒産コストを捨象しているので，財務構造の違いは（17）式の企業価値に影響を及ぼさない．しかし，既に述べたように，両企業の第 1 段階での負債償還額 D の決定が，第 2 段階での生産量の決定に影響を及ぼす場合には，負債償還額 D の違いが企業価値に影響を及ぼすことになる．

（17）式を D_i で偏微分したものは，つぎのように表すことができる．

$$
\begin{aligned}
Y_{D_i}^i = & \left[\int_{\hat{z}_i}^{\bar{z}} R_i^i(z_i) f(z_i) dz_i\right] dq_i/dD_i + \left[\int_{\underline{z}}^{\hat{z}_i} R_i^i(z_i) f(z_i) dz_i\right] dq_i/dD_i \\
& + \left[\int_{\underline{z}}^{\hat{z}_i} R_j^i(z_i) f(z_i) dz_i + \int_{\hat{z}_i}^{\bar{z}} R_j^i(z_i) f(z_i) dz_i\right] dq_j/dD_i \qquad (18)
\end{aligned}
$$

(18) 式の右辺の第1項は，(7) 式よりゼロである．第2項の括弧の部分は負である．なぜなら，$\underline{z} \leq z_i \leq \hat{z}_i$ の領域では，$R_i^i(z_i) < 0$ であるからである．また，(14) 式より，$dq_i/dD_i > 0$ である．よって，第2項は負になる．

この第2項は，負債額 D_i が社債価値に及ぼす影響を表している．なぜなら，負債額が社債価値に及ぼす影響は $\dfrac{dW_i}{dq_i} \cdot \dfrac{dq_i}{dD_i}$ と表されるが，$\dfrac{dW_i}{dq_i} = \int_{\underline{z}}^{\hat{z}_i} R_i^i(z_i) f(z_i) dz_i$ なので，第2項そのものになるからである．負債額 D_i が増加すると，負債の債務不履行の危険性が増大し，社債発行時に社債価値が相対的に低く評価されてしまうため，企業価値が低下してしまうが，この影響を示しているのがこの第2項である．

(18) 式の右辺第3項は，自社の負債額を増加させたときの生産物市場での均衡生産量に及ぼす影響を表している．$R_j^i < 0$ かつ，$dq_j/dD_i < 0$ なので，第3項は正になる．すでに述べたように，i 企業が負債額 D_i を増加させると，j 企業はそれを生産量増大の確かなコミットメントと受け取り，自社の生産量を低下させることで対応しようとする．この結果，i 企業の企業価値が高まる効果を示しているのが，この第3項である．負債額の大小によって第2段階でのゲームの環境が変わり，それによって相手企業の戦略が変化することからもたらされる「戦略効果」である．

このように，負債増加の企業価値に及ぼす影響には，マイナスの影響とプラスの影響が同時に存在する．しかし，負債額がわずかなときには，プラスの影響がマイナスの影響を上回り，企業価値は負債の増加と共に増大する．このことは，負債額がゼロの場合を考えれば理解できるだろう．負

債額がゼロの場合には，（18）式の右辺の第2項もゼロとなり，残るのは第3項のみとなる．第3項は正なので，負債額がゼロの状態から負債額をわずかに増加させることによって企業価値は高まることになる．そして，負債増加のマイナスの影響がプラスの影響を上回り始めるまで，負債額を増加させることが望ましい．その結果，最適な負債額はゼロでなくプラスの値となり，内点解で（18）式をゼロとする最適な D_i の値が求まることになる．

以上の分析は，先発企業による参入阻止の戦略的行動に応用することが可能である．ところで，参入阻止の戦略的行動理論としては，Dixit（1980）の先取り的な設備投資行動が有名である．そのポイントを述べればつぎのようになる．

既存企業は生産量決定以前に設備投資なり研究開発投資などの非可逆的投資を行うとする．生産量決定段階では，このような非可逆的投資にかかった費用は埋没原価（サンクコスト）になる．既存企業は限界費用が限界収入と等しくなるように最適生産量を決定するが，生産量決定のために用いられる限界費用は，生産のために要する生産費用だけになる．そのため，投資と生産の決定を同時に行ったときより限界費用を引き下げることができる．そして，より多くの生産をするように自ら動機づけたことになる．参入企業はこのような既存企業の投資行動を観察して，既存企業が生産拡大の確かなコミットメント（credible commitment）をしたと判断し，参入を断念するか，断念しないまでも生産量を抑えようとする．これが，Dixit（1980）の主張の要点である．[(3)]

われわれのモデルでゲームの手番を若干修正し，先発企業 i が最初に財務構造を決定し，それを見て後発企業 j が参入を企てるか否かの決定を下すゲームを考えれば，Dixit の議論をそのまま当てはめることが可能となる．企業 i が最初に選択した財務構造はその後で変更しようとすると多額

のコストがかかり非可逆的であるとすると，実物投資などと同様に財務構造の決定もある特定の生産量戦略に対する確かなコミットメントとして考えることができる．特に，負債比率が高くなれば，上で述べたクールノー競争の下では先発企業 i はより多くの生産量を生産するような戦略をとる．そのことを予想し，参入企業 j は参入を断念することになる．この意味で，財務構造の決定も，先発企業による参入阻止のための戦略的手段のひとつになる．

（2）　需要が不確実な場合

製品市場で数量競争が行われているときには，需要が不確実な場合も負債比率を高めることが戦略効果を発揮し，第 2 段階での生産量増加の確かなコミットメントと受け取られ，競争企業に低めの生産量で対応させる効果がある．

例えばつぎのような総需要関数を考えてみよう．ただし，z は総需要に影響を及ぼす確率変数($\underline{z} \leq z \leq \bar{z}$)で，$z$ が高くなるほど総需要にプラスの効果をもつ．a, b は正とする．

$$p(Q) = a - bQ + z \tag{19}$$

営業利益 R^i はつぎのように表される．ただし，費用については不確実性はなく，限界費用は c で一定とする．

$$\begin{aligned} R^i(q_i, q_j, z) &= q_i \cdot p(Q) - C^i \\ &= q_i(a - b(q_i + q_j) + z) - cq_i \end{aligned} \tag{20}$$

このとき，費用が不確実な場合と同様，$R^i_{ii}<0$, $R^i_j<0$, $R^i_{ij}<0$, $R^i_z>0$, $R^i_{iz}>0$ となる．すると，証明は省略するが，上で述べた費用が不確実のときと同じようにして，$dq_i/dD_i>0$, $dq_j/dD_i<0$ という結論を導き出すことができる．ここでもつぎの点がポイントになる．負債額が高まると営業利益が丁度負債額に等しくなる $\hat{z}_i$ の値も高くなる．その結果，企業倒産が起

こる z_i の領域 $\underline{z}<z_i<\hat{z}_i$ が拡大することになる．この領域は限界利益 R_i^i が低い領域でもある．ところが，経営者が生産量決定に際して考慮に入れるのは，$\hat{z}_i \leq z_i$ の領域だけである．z_i が高くなると限界利益も高くなる．負債が増大することによって，経営者はより限界利益が高い領域しか考慮に入れなくなるため，生産量を増大させる決定を行うことになるわけである．

3. ベルトラン競争での価格決定と財務構造

つぎに，生産物市場での競争が価格を戦略変数としたベルトラン競争である場合を考えよう．この場合には，費用に不確実性があるのか，需要に関して不確実性があるのかによって，最適な負債比率に違いが出てくる．需要に不確実性がある場合には，クールノー競争のときと同様，負債比率を高めることによって企業は戦略優位の立場を築くことができる．しかし，費用に関して不確実性がある場合には，逆に負債依存を押さえることによって戦略優位の立場を築くことができ，異なる結論になる．[4]

(1) 費用が不確実な場合

製品差別化された財を生産する 2 つの企業 i, j が価格を戦略変数として製品市場で競争している複占を考える．企業 i の製品に対する需要量を q_i，価格を p_i とする．企業 i の需要量は自社の価格と同時に，競争企業の価格 p_j にも依存しており，需要関数はつぎのように表されるとする．ただし，$\beta>\gamma>0$ である．

$$q_i = \alpha-\beta p_i+\gamma p_j \tag{21}$$

さらに，企業 i, j の費用関数は同じ形をしており，$C^i=(c-z_i)q_i$，あるいは $C^j=(c-z_j)q_j$ とする（c は正の定数）．ただし，z_i, z_j は確率変数で，外的な要因によって各企業の生産費用が影響を及ぼされることを表してお

り，費用に関して不確実性が存在する．確率変数 z が取りうる下限を $\underline{z}$，上限を $\bar{z}(<c)$ とする．また，z_i, z_j の確率分布 $f(z_i), f(z_j)$ は同じであるが，z_i, z_j は独立とする．

企業 j の価格 p_j を所与としたときの企業 i の営業利益 R^i は，つぎのように表される．

$$R^i(p_i, p_j, z_i) = \left[p_i - (c - z_i)\right](\alpha - \beta p_i + \gamma p_j) \tag{22}$$

ここで，R^i の下付の添字 i を p_i の R^i に対する偏微分，下付の添字 j を p_j の R^i に対する偏微分をそれぞれ表すとすれば，$R^i_{ii}<0, R^i_j>0, R^i_{ij}>0$ となる．また，R^i を z_i で偏微分した値を R^i_z とすれば，$R^i_z>0$ となり，確率変数 z_i の実現値が高いほど費用の低下がもたらされるため，営業利益は増大する．

さらに，R^i_i に及ぼす z_i の影響を見ると，$R^i_{iz}<0$ となることに注意しよう．これは，つぎのことから理解できよう．R^i_i は価格を微小額だけ増加させたときの営業利益の変化額であり，(23) 式のように表される．ここで，dq_i/dp_i は負なので，z_i の値が高まると右辺全体の値が減少するからである．

$$\frac{dR^i}{dp_i} = \frac{d(p_i q_i)}{dp_i} - (c - z_i)\frac{dq_i}{dp_i} \tag{23}$$

(i)　第 2 段階での価格決定

以下の分析のロジックは，上のクールノー競争のときと同様なので，基本的な点だけを述べることにする．第 1 段階ですでに財務構造に関する決定がなされたとし，第 2 段階での価格の決定問題を考えてみよう．株主資本価値 V^i は (24) 式で表され，これを最大にするように価格が決定される．

$$V^i(p_i, p_j) = \int_{\hat{z}_i}^{\bar{z}} (R^i(p_i, p_j, z_i) - D_i) f(z_i) dz_i \tag{24}$$

ここで，$\hat{z}_i$ は次式を満たす z_i の値である．ただし，$\underline{z}<\hat{z}_i<\bar{z}$ とする．

$$R^i(p_i, p_j, \hat{z}_i) - D_i = 0 \tag{25}$$

具体的には，$\hat{z}_i$ の値は（26）式で表せる．

$$\hat{z}_i = c - p_i + \frac{D_i}{\alpha - \beta p_i + \gamma p_j} \tag{26}$$

クールノー競争のときと同様，両企業の均衡価格は，相手企業の価格を所与として，自社の株主資本価値を最大にするような価格を求めることによって得られる．第 i 企業については，（27）式が反応関数になる．

$$V_i^i = \int_{\hat{z}_i}^{\bar{z}} R_i^i(p_i, p_j, z_i) f(z_i) dz_i + (R^i(p_i, p_j, \bar{z}) - D_i) f(\bar{z}) \frac{d\bar{z}}{dp_i}$$
$$- (R^i(p_i, p_j, \hat{z}_i) - D_i) f(\hat{z}_i) \frac{d\hat{z}_i}{dp_i} = 0 \tag{27}$$

ところが，上式の右辺の第 2 項，第 3 項はゼロとなるので，（27）式は（28）式のように簡単化される．

$$V_i^i = \int_{\hat{z}_i}^{\bar{z}} R_i^i(p_i, p_j, z_i) f(z_i) dz_i = 0 \tag{28}$$

ここで，V^i を p_i で 2 回微分した値が負であり，最適解の 2 階の条件を満たしているとする．つまり，$V_{ii}^i<0$ である．同様に，$V_{jj}^j<0$ とする．また，企業 i, j の最適価格が一義的なベルトラン・ナッシュ均衡であることを保証するつぎの条件が成立するとする．

$$V_{ij}^i > 0, \qquad V_{ji}^j > 0 \tag{29}$$

$$V_{ii}^i V_{jj}^j - V_{ij}^i V_{ji}^j > 0 \tag{30}$$

つぎに，財務構造が価格の決定に及ぼす影響を調べると，（31）式と（32）式の関係が得られる．

$$\frac{dp_i}{dD_i} = -\frac{V_{iD_i}^i V_{jj}^j}{V_{ii}^i V_{jj}^j - V_{ij}^i V_{ji}^j} \tag{31}$$

$$\frac{dp_j}{dD_i}=\frac{V^i_{iD_i}V^j_{ji}}{V^i_{ii}V^j_{jj}-V^i_{ij}V^j_{ji}} \tag{32}$$

ここで，$V^i_{iD_i}<0$ である，なぜなら，

$$V^i_{iD_i}=-R^i_i(\hat{z}_i)f(\hat{z}_i)\frac{d\hat{z}_i}{dD_i}=-R^i_i(\hat{z}_i)f(\hat{z}_i)\frac{1}{\alpha-\beta p_i+\gamma p_j}$$

であるが，(28) 式が成り立つためには，$R^i_i(\hat{z}_i)>0$ でなければならない．これより，$V^i_{iD_i}<0$ が得られる．このことと，(31) 式で $V^j_{jj}<0$ と分母が正であることから，(33) 式の関係が得られる．また，(29) 式の仮定も用いると (32) 式も負となるので，(34) 式の関係が得られる．

$$\frac{dp_i}{dD_i}<0 \tag{33}$$

$$\frac{dp_j}{dD_i}<0 \tag{34}$$

(ii)　第 1 段階での財務構造の決定

第 1 段階での i 企業の企業価値は，(17) 式に対応した (35) 式で表すことができる．

$$\begin{aligned}Y^i(p_i(D_i,D_j),p_j(D_i,D_j))&=\int_{\underline{z}}^{\hat{z}_i}R^i(p_i(D_i,D_j),p_j(D_i,D_j))f(z_i)dz_i\\&\quad+\int_{\hat{z}_i}^{\bar{z}}R^i(p_i(D_i,D_j),p_j(D_i,D_j))f(z_i)dz_i\end{aligned} \tag{35}$$

(35) 式を D_i で偏微分したものは，つぎのようになる．

$$\begin{aligned}Y^i_{D_i}&=\left[\int_{\hat{z}_i}^{\bar{z}}R^i_i(z_i)f(z_i)dz_i\right]dp_i/dD_i+\left[\int_{\underline{z}}^{\hat{z}_i}R^i_i(z_i)f(z_i)dz_i\right]dp_i/dD_i\\&\quad+\left[\int_{\underline{z}}^{\hat{z}_i}R^i_j(z_i)f(z_i)dz_i+\int_{\hat{z}_i}^{\bar{z}}R^i_j(z_i)f(z_i)dz_i\right]dp_j/dD_i\end{aligned} \tag{36}$$

上式で右辺の第 1 項はゼロ，第 2 項と第 3 項は負になる．第 2 項が負に

なるのはつぎの理由による．すでに述べたように，$R^1_{iz}<0$，かつ，$R^1_i(\hat{z}_i)>0$ なので，$\underline{z}<z_i<\hat{z}_i$ の範囲では $R^1_i(z_i)>0$ となる．そのため，第 2 項の括弧の中は正になる．これと（33）式より，第 2 項が負になる．第 3 項が負になるのは，$R^1_j<0$ と（34）式より明らかである．

このように（36）式が負になるので，企業価値を高めようとする経営者は，負債依存度を極力抑えようとする．負債の節税効果等を考慮に入れなければ，負債額ゼロが最適となる．そして，（33）式に示されるように負債額 D_i が低まると，企業はより価格 p_i を高める決定を行う．このことは，つぎのように考えれば直観的にも理解できるだろう．負債額が低まると営業利益が丁度負債額に等しくなる $\hat{z}_i$ の値も低下する．ところが，経営者が生産量決定に際して考慮に入れるのは，$\hat{z}_i\leq z_i\leq\bar{z}$ の領域だけである．z_i が低くなると R^1_i が高くなるため，負債が低下することによって経営者はより R^1_i が高い領域を考慮に入れるようになり，価格を高める決定を行うことになるわけである．

生産物市場がベルトラン競争なら，i 企業の価格上昇に対して j 企業も価格上昇という受容的行動で対応する，いわゆる「戦略的補完」関係が生産物市場での企業間競争で見られる．このようなとき，i 企業が自社の負債比率が低い財務構造を選択することによって，自社の価格をより高める政策を取る確かなコミットメントを示し，j 企業がそれを信認するなら，j 企業は自社の価格を高める行動に出る（（34）式に対応）．その結果，i 企業は高い利益を上げることができる．つまり，自分が価格切り下げといった攻撃的行動を取らないことを相手に信じさせることによって，相手の行動をより受容的のものにするという戦略的行動の一手段として，財務構造の選択を理解できる．

（2） 需要が不確実な場合

つぎに，需要が不確実な場合を考えてみよう．需要に不確実性が存在する場合に，需要関数がつぎのように表されるとする．z_i は今までと同様 i 企業の需要に影響を及ぼす確率変数である．

$$q_i = \alpha - \beta p_i + \gamma p_j + z_i \tag{37}$$

企業 j の価格 p_j を所与としたときの企業 i の営業利益 R^i は，つぎのように表される．

$$R^i(p_i, p_j, z_i) = (p_i - c)(\alpha - \beta p_i + \gamma p_j + z_i) \tag{38}$$

証明のステップは同じなので省略するが，需要に不確実性がある場合には，費用が不確実のときとは逆に，$dp_i/dD_i>0$，$dp_j/dD_i>0$ という関係が得られる．

低めの負債比率を選ぶと企業は価格切り下げという攻撃的な価格戦略を取る誘因が強くなる．その理由のポイントは，需要が不確実の場合には，費用が不確実のときとは逆に $R^i_{12}>0$ となるためである．ベルトラン競争の下では「戦略的補完」関係があるので，相手企業も価格切り下げという攻撃的行動で対抗してくる．このような事態を避けるために，高い負債比率の財務構造を選ぶことによって，将来，価格切り下げ行動を取らないことを相手に確約することが自分の利益増加につながる．このようなことから，製品市場で需要に不確実性が存在するときには，企業は負債に多くを依存した財務構造を選択することになる．

いままでの結果をまとめたのが表1である．競争のタイプと不確実性のタイプで製品市場を分けると4つのセルが得られるが，そのうち3つのセルでは財務構造として高い負債比率が選択される．それに対して，ベルトラン競争で費用に不確実性がある製品市場に属する企業では，低い負債比率が選択される．

本稿では，財務構造として負債比率を中心に取り上げ，負債比率と製品市場との関係を分析した．一方，Bolton and Scharfstein（1990）は，企

表1　製品市場での競争・不確実性のタイプと財務構造

		不確実性のタイプ	
		需　要	費　用
競争のタイプ	数 量 競 争	負債を高める	負債を高める
	価 格 競 争	負債を高める	負債を低める

業と資金提供者との間でのより広い意味の財務契約が，製品市場における競争に及ぼす影響について分析している．そこで，本稿での理論分析を終わるに当たって，彼らの主張のポイントを簡単に紹介しておこう．

経営者が資金提供者の利益を損なうような企業経営を行う危険性があるとき，資金提供者にとっては，低い利益が報告されたら将来，追加融資なり追加出資を行わないことを最初の財務契約時に経営者と取り交わすことによって，このようなエージェンシー問題を回避することが可能となる．しかし，そのような財務契約は，競争企業に対して略奪価格（predatory pricing）戦略などの攻撃的な行動を誘発させる危険性がある．なぜなら，当面の利益を低下させることによって，当該企業の将来における資金調達を困難にし，市場からの退出を余儀なくさせ，製品市場で競争企業が強い市場支配力を獲得することを可能にするからである．資金提供先企業の製品市場からの撤退の可能性増大は，資金提供者にとって望ましいものではない．そのため，エージェンシー問題は多少許すが，競争企業の略奪（predation）を阻止できるあまり厳しくない財務契約が結ばれる可能性が出てくる．このように，財務契約と製品市場競争との相互関係を，エージェンシー問題解決と略奪阻止とのトレードオフ関係から分析したことが彼らの貢献と言える．

4. 実証分析

本節では，製品市場での競争と不確実性のタイプの違いが実際に財務構

造に影響を及ぼしているかどうかを，わが国の製造企業のデータを用いて回帰分析した実証結果を述べることにしたい[(5)].

(1)　線形回帰モデルの変数

被説明変数として，負債比率をとる．具体的には，1989年度から1998年度までの各年度の負債額の総資本に対する比率の10年間平均値である．なお，以下のデータはすべて日本経済新聞社『日経財務データ』より連結決算データを利用した．いままでも理論上，さまざまな要因が実際の負債比率決定に影響を及ぼすことが議論されてきた．それらの要因に加えて，ここで議論した要因が負債比率決定の説明力をさらに高めるのか否かが問題である．そこで，コントロール変数として以下の（a）から（d）までの変数を説明変数に付け加えることにした．

(a)　営業リスク

企業財務の理論で周知のように，株主資本利益率の変動は，営業リスク（ビジネスリスク）と財務リスク（ファイナンシャルリスク）を加え合わせたものになる．負債が全くない企業でも，マクロ経済の状況や属する産業での競争状態に応じて，株主資本利益率は変動を余儀なくされる．これが営業リスクである．一方，負債のウエイトが増大するにつれ株主資本利益率の変動が増幅される部分が財務リスクである．大きな営業リスクにさらされている企業は，負債を増やすことによる財務リスクの増大を許容できる程度が低下する．そのため，営業リスクと負債比率の間には負の関係があると想定される．

営業リスクを表す尺度としてはいくつか考えられるが，ここではつぎのような尺度を用いることにした．10年間（1989年度から1998年度まで）にわたる利子支払い前事業利益（＝営業利益＋営業外収益）の前年度増減

率の標準偏差である.

ここでつぎのような疑問をもつ読者もいるであろう. 需要なり費用の不確実性が高まれば営業利益の変動が大きくなり営業リスクも増大するので, 需要や費用の不確実性の大小は営業リスクの程度を表すひとつの尺度にすぎないのではないのか. そのため, ここで用いる営業リスクを表す尺度以外に, 需要や費用の不確実性を表す変数を用いることは2重に変数を付け加えているだけではないのかと. しかし, 実際のデータからは, 営業リスクを表すここでの変数と, 需要や費用の不確実性を表す変数との間の相関係数は小さく, 需要や費用の不確実性が必ずしも営業リスクを表す尺度とは言えないことが分かった (表3より, 営業リスクと需要不確実性の相関係数は0.178, 営業リスクと費用不確実性の相関係数は0.25である).

(b) 企業規模

企業規模が大きくなるほど財務的安全性が増し, 倒産の危険性が低下するのであれば, 企業規模と負債比率の間には正の関係があると想定される. 企業規模の変数として, 10年間 (1989年度から1998年度まで) の総資産額の平均値の自然対数をとることにした.

(c) 収益性

高い利益を上げている企業ほど内部留保に回せる資金が潤沢で内部資金が豊富になるので, 外部資金に依存せざるを得ないウエイトが小さくなる. 外部負債の必要性が低下することと, 内部留保が株主資本であることから, 負債比率は低下すると考えられる. そのため, 企業利益と負債比率の間には負の関係が想定される. ただ, 企業利益として経常利益や純利益 (当期利益) を用いると負債額の大小の影響を受けるので, 利子支払い前事業利益 (＝営業利益＋営業外収益) を用いた. 具体的には, 10年間 (1989年度から1998年度まで) の利子支払い前事業利益の平均値を同期間の総資本の平均値で割った値を用いた.

（d）　成長率

成長企業であるほど，資金需要が旺盛であるが，戦後わが国の高度成長期のように株式市場がそれほど発達していないときには，株式市場での株式発行による資金調達が十分行えず，資金のアベイラビリティーの面から銀行借入などの負債に依存しなくてはならない状況では，成長企業ほど負債比率が高くなる可能性がある．

しかし，成長企業であれば以前に比べて株式市場で自由に必要資金を調達できる状況になってきている．そのようなときには，つぎに述べるような理由から，成長企業ほど負債に依存する割合は低下すると考えられる．第1の理由はMyers（1977）が主張したように，成長機会が豊富である企業では，現在の負債が多いと将来，過小投資や過大投資になる危険性があり，負債のエージェンシー費用が増大してしまう可能性が高まることによる．第2の理由は資金の外部提供者と企業との間での情報の非対称性が強いときには，企業は外部金融より内部金融によって必要資金を賄おうとする選好が高まり，内部留保を蓄積しようとし株主資本が増大し，負債比率が低下するからである．

このようなことから，成長率と負債比率の間には，先験的に正の関係，あるいは負の関係どちらか一方のみを想定できない．成長率の変数としては，各年の総資産増減率の10年間（1989年度から1998年度）の平均値を用いた．

（e）　需要の不確実性

最後に，本稿でのわれわれの関心事である需要と費用の不確実性が負債比率に及ぼす影響であるが，まず，需要の不確実性を表す指標としてつぎのような尺度を考えることにする．毎年の売上高 Y_t が（39）式のような時間の関数として表されるものとする．ただし，e_t は攪乱項である．

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2 + e_t \tag{39}$$

各年の攪乱項の値がゼロなら，毎年の売上高は（39）式によって完全に予測でき，需要の不確実性はないと言える．しかし，攪乱項の値が大きければ，時間の関数として需要を予測することは困難になり，需要の不確実性が高まると考えられる．そこで，10年間（1989年度から1998年度）の売上高データを用いて，（39）式で表される回帰式の回帰残差の平方和の平方根 $(\sum u_t^2)^{\frac{1}{2}}$ を求め，それを同期間の売上高平均値で割った値の自然対数を需要の不確実性を表す尺度として用いることにする．

（f） 費用の不確実性

費用の不確実性についても，需要の不確実性の場合と同じ考え方で指標を求めた．Y_t は損益計算書の売上原価と販売費及び一般管理費の合計を当期売上高で割った値とした．これは，毎年の平均費用に対応している．そして，（39）式による回帰残差の平方和の平方根 $(\sum u_t^2)^{\frac{1}{2}}$ を求め，その自然対数の値を費用の不確実性を示す尺度として用いた．データ期間は，需要の不確実性の場合と同じである．

（2） データ

業種としてはつぎのような14業種を選んだ．ただし，業種分類は日本経済新聞社『日経財務データ』にもとづく．必要期間のデータが一部欠けている企業は除外した．カッコ内は選ばれた企業数である．食品（51），繊維（40），パルプ・紙（17），化学工業（76），ゴム（14），窯業（28），鉄鋼業（36），非鉄金属及び金属製品（58），機械（102），通信機（含通信機部品）（31），電子部品（36），制御機器（17），自動車・自動車部品（47），精密機器（27）．合計580社になる．

被説明変数，説明変数の基本統計量は表2に示されている（ただし，全企業集計）．負債比率の対象全企業平均値は62.4%であった．業種によって負債比率に違いが見られたが，負債比率の高い順にあげるとつぎのよう

表2　被説明変数，説明変数の基本統計量

	平均値	標準偏差	最小値	最大値
負債比率	0.624	0.172	0.109	0.967
営業リスク	1.906	4.967	0.057	61.004
企業規模	11.315	1.396	7.902	16.205
収益性	0.053	0.025	−0.076	0.153
成長性	−0.013	0.034	−0.105	0.209
需要不確実性	−1.624	0.614	−4.187	0.014
費用不確実性	−3.268	0.717	−5.167	−0.859

である．ただし，括弧の中の数値は業種内平均値である．ゴム（0.733），パルプ・紙（0.702），非鉄金属及び金属製品（0.682），自動車・自動車部品（0.666），鉄鋼業（0.661），繊維（0.658），窯業（0.657），化学工業（0.630），機械（0.616），精密機器（0.614），食品（0.585），通信機（含通信機部品）（0.549），電子部品（0.494），制御機器（0.494）．

データがとられた89年度から98年度は，1990年代のいわゆるバブル崩壊の時期であり業績も良くなく，総資産に対する利子支払い前事業利益の比率でみた収益性は，サンプル企業全体の平均値で5.3%と低かった．また，総資産の増減率で見た成長性も平均でマイナス1.3%であり，全体的には資産規模が減少したことが分かる．

変数間の相関係数は，表3の相関行列に示されている．これを見ると，負債比率と収益性の間の相関係数が−0.526であり，負の相関が強いことが分かる．営業リスクと需要や費用の不確実性との間の相関係数はそれぞれ0.178と0.250であり，それほど高い相関関係は示していない．他の説明変数間でみると，収益性と成長性の間の相関係数が−0.459でかなり高い負の相関があったが，他は低く説明変数の取り方としては問題がなかったことが分かる．

表 3　変数間の相関係数

	負債比率	営業リスク	企業規模	収益性	成長性	需要不確実性	費用不確実性
負債比率	1						
営業リスク	0.115	1					
企業規模	0.104	−0.073	1				
収益性	−0.526	−0.177	0.083	1			
成長性	0.197	0.183	−0.194	−0.459	1		
需要不確実性	−0.012	0.178	−0.062	−0.069	0.109	1	
費用不確実性	−0.040	0.250	−0.121	−0.129	0.220	0.519	1

(3)　回帰分析結果

業種ごとの最小二乗法による線形回帰結果は表 4 に示されている．各説明変数の回帰係数の推定値と自由度修正済み決定係数が載っている．括弧内の値は t 値であり，5% 水準で有意の場合には＊が，10% 水準で有意の場合には＊＊が付けられている．

決定係数の値が大きかったのは，パルプ・紙の 0.64 であり，ゴム，非鉄金属・金属製品，通信機・部品，電子部品も 0.4 台で比較的高かった．しかし，繊維，窯業では低い値になってしまった．

個々の説明変数について見ると，最も説明力が高かったのはどの業種でも収益性である．すべての業種で収益性を示す指標の回帰係数の t 値は高く，5% 水準で有意であった．符号がマイナスであり，収益性が高いほど負債比率が低くなっており，上で述べた予想と一致していた．

営業リスクと負債比率の間には負の関係が想定されたが，予想通りの符号になったのは 9 業種であり，5 業種についてはプラスになってしまった．t 値の値も低いケースが多く，あまりよい結果が得られなかった．

企業規模については，規模が大きいほど負債比率は高くなることを想定した．2 業種（窯業，機械）で係数の符号がマイナスになったが，他の 12 業種ではプラスとなり予想と一致した．成長性については，理論的には成長性と負債比率の間には正・負いずれの関係も想定されうる．結果的にも，

表4　回帰分析結果

	定数項	営業リスク	企業規模	収益性	成長性	需要不確実性	費用不確実性	$\bar{R}^2$
食品	0.684 (2.780)*	0.003 (0.363)	0.009 (0.546)	−4.432 (−4.318)*	−1.639 (−2.196)*	−0.028 (−0.924)	0.013 (0.329)	0.296
繊維	0.598 (2.393)*	0.002 (0.203)	0.010 (0.469)	−2.768 (−2.311)*	−0.008 (−0.007)	0.051 (0.665)	−0.042 (−0.810)	0.122
パルプ・紙	0.458 (1.257)	−0.021 (−2.249)*	0.047 (2.235)*	−7.298 (−3.908)*	2.005 (3.008)*	0.021 (0.568)	−0.033 (−0.632)	0.640
化学工業	0.557 (2.480)*	−0.028 (−0.854)	0.031 (2.322)*	−5.648 (−6.065)*	0.031 (0.048)	0.008 (0.288)	−0.015 (−0.483)	0.357
ゴム	1.412 (2.983)*	−0.008 (−0.213)	0.018 (0.434)	−5.619 (−2.292)*	0.709 (0.430)	0.071 (0.972)	0.137 (1.527)**	0.479
窯業	0.914 (3.418)*	−0.22E−3 (−0.031)	−0.023 (−1.262)	−4.472 (−2.752)*	−0.713 (−0.770)	0.062 (1.426)**	−0.093 (−1.589)**	0.140
鉄鋼業	0.586 (2.560)*	−0.010 (−0.855)	0.020 (1.569)**	−3.610 (−4.108)*	−0.081 (−0.086)	−0.033 (−0.586)	0.006 (0.120)	0.326
非鉄金属・金属製品	0.917 (6.497)*	−0.004 (−1.233)	0.015 (1.408)**	−5.204 (−5.630)*	1.058 (1.757)*	0.010 (0.315)	0.028 (0.794)	0.477
機械	0.825 (4.881)*	0.003 (1.114)	−0.007 (−0.494)	−3.728 (−5.341)*	−1.474 (−2.720)*	−0.074 (−2.198)*	0.020 (0.699)	0.251
通信機・部品	0.251 (0.982)	−0.023 (−1.249)	0.049 (2.601)*	−3.161 (−2.662)*	−1.120 (−0.940)	−0.075 (−1.151)	0.066 (1.592)**	0.430
電子部品	0.085 (0.292)	0.034 (1.726)*	0.021 (0.970)	−2.874 (−2.324)*	0.311 (0.372)	0.053 (0.668)	−0.150 (−2.364)*	0.407
制御機器	0.477 (1.282)	0.011 (1.540)**	0.014 (0.392)	−3.618 (−2.388)*	0.800 (0.657)	0.073 (0.773)	−0.063 (−1.081)	0.285
自動車・部品	0.672 (3.280)*	−0.002 (−0.246)	0.030 (2.719)*	−1.685 (−1.811)*	1.507 (2.156)*	0.010 (0.285)	0.060 (1.252)	0.268
精密機器	0.480 (1.128)	−0.002 (−0.601)	0.031 (1.141)	−4.059 (−2.244)*	−0.831 (−0.494)	0.103 (1.387)**	−0.060 (−0.956)	0.238

＊5%水準で有意，＊＊10%水準で有意

符号がプラスであったのが7業種，マイナスが7業種とまったく半々ずつに分かれた．

最後に，本稿での関心事である需要と費用の不確実性について述べよう．われわれは数量競争であろうが価格競争であろうが，需要の変動性が高まるほど負債比率は高まることを説明した（表1参照）．回帰分析結果では，符号がマイナスの業種が4業種あったものの，全体の7割を占める10業

種でプラスであった．この点では，理論の妥当性が全く覆されることにはならなかった．ただ，t 値が低いケースが多く，10% 以上の水準で有意となったのは 3 業種に留まった．需要の不確実性を表す指標に改善の余地がある結果になったと言える．

費用の不確実性については，数量競争が支配的な産業では，費用の不確実性が高い企業ほど負債比率を高めることを説明した．しかし，価格競争が支配的な産業では逆に，費用の不確実性が高い企業ほど負債比率を低くすることを述べた．分析結果を見ると，符号がプラスの業種が 7 業種，マイナスが 7 業種と半々に分かれた．

この結果によれば，数量競争的な産業は，食品，ゴム，鉄鋼業，非鉄金属・金属製品，機械，通信機（含通信機部品），自動車・自動車部品ということになる．一方，価格競争的な産業は，繊維，パルプ・紙，化学工業，窯業，電子部品，制御機器，精密機器である．ただ，費用の不確実性についても，全体的に t 値の値が低く，10% 以上の水準で有意であった業種は 4 つであり，価格不確実性の場合と同様，指標の作成について改善の余地があることが伺える結果になった．

（1） 本節は Brander and Lewis（1986）にもとづいているが，彼らの分析では費用が不確実の場合と需要が不確実の場合を分けていない．また，費用関数や需要関数も特定化されていない．本稿では，理解を容易にするために具体的な費用関数や需要関数を使って説明を試みた．なお，製品市場と財務構造に関する展望論文としては，Maksimovic（1995）を参照せよ．

（2） 戦略的代替と次節で述べる戦略的補完については，Bulow, Geanakoplos and Klemperer（1985), Fudenberg and Tirole（1984)，奥野・鈴村（1988)，丸山・成生（1997）を参照．

（3） 参入阻止の戦略的行動については，奥野・鈴村（1988)，丸山・成生（1997)，pp. 217-234 を参照．

（4） 本節は Showalter（1995）によっているが，前節と同様，具体的な費用

関数や需要関数を使って説明を試みた.

（5） 実証分析に際しては，Showalter（1999）を参考にした.

第II部　企業の戦略的投資行動

1. 戦略的投資行動

企業の投資意思決定に関わる教科書的な説明では，正味現在価値法にもとづいて投資決定を行うべきことが主張される．周知のように基本的考え方は，投資を行ったとしたら将来発生すると予想されるキャッシュフローの期待値を求め，その現在価値合計が投資費用を上回る，つまり，正味現在価値がプラスならいま投資を実行し，マイナスなら投資を断念するという基準である．そこではいま投資を実行するか否かが問題であり，もし投資をしない決定を下した場合には，将来に渡って投資を断念することが暗黙の前提となっている．しかし，実際の企業では，需要や費用と言った外部環境の様子を見ながら投資のタイミングを図ったり，また，他企業の投資行動を考慮に入れて自社の投資を決定すると言った行動を取るのが通常であろう．いわゆる戦略的投資行動である．第II部の目的は，このような企業の戦略的投資行動を分析するためのフレームワークを提示することにある．

ここでは，「戦略的」という言葉を2つの意味で用いている．ひとつの意味は，需要や投資・生産費用などが時間とともに変化する状況や，それらの情報が初期の段階では不確実であるが，時間が経つにつれて情報が得られ不確実性が弱まっていくような状況下で，設備投資・研究開発投資などの最適な実行時期を決定する場合に，外部環境の変化を十分に考慮に入れて判断するという意味で「戦略的」投資行動と呼ぶ．もう一つの意味は，

自社の取る行動が競争企業の行動に影響を及ぼすことを考慮に入れて，自社の最適投資行動を決定するという意味で「戦略的」投資行動という言葉が用いられる．

第2節では，前者の意味での戦略的投資行動を考えることにする．いわゆる，実物オプション・アプローチである．そして，第3節で，競争企業の投資行動をも考慮に入れた投資行動を調べることにしたい．そこでは，実物オプション・アプローチとゲーム論の融合が図られる．

2. 実物オプション・アプローチ

(1) 投資・生産決定モデル

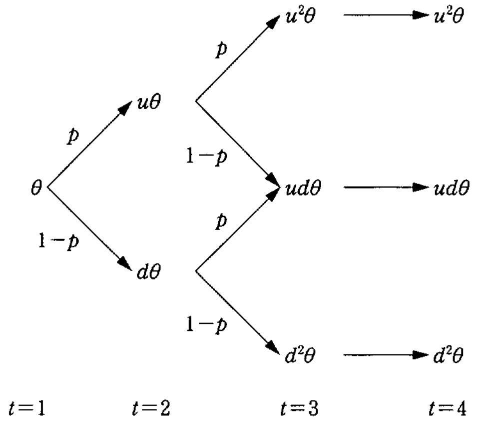
次節でも用いるつぎのような例を考えてみよう．ある製品を生産する工場の建設に費用がIだけかかる．工場建設には時間を要せず，ある期に工場建設の決定を行えば，その期から生産が可能だとする．なお，本節では，当該企業だけが市場に参入でき，参入後は独占的に製品の販売をできるものと仮定して議論を進めることにする．競争企業も参入が可能な場合の投資戦略については第3節で議論する．現在（第1期）の需要は分かっており，(1) 式のような需要曲線として表される．ただし，qは当該企業の1期当たりの生産量であり，Pは単位当たりの価格である．

$$P(q) = \theta - bq \qquad (1)$$

以下では，一般性を失うことなく，$b=1$と仮定して議論を進める．将来の需要の不確実性をモデルに導入するために，(1) 式で表される需要曲線のパラメータθが図1のように変化するとする．

第1期にはθである需要パラメータの値が，第2期には確率pで$u\theta$になるか，確率$1-p$で$d\theta$になると予想される．ただし，$u>1>d$である．つまり，$u\theta$であれば需要曲線が右上方にシフトしたことになり，今期より需要が増大することを表している．逆に，$d\theta$になれば需要曲線が左下

図1　需要パラメータ θ の推移



方にシフトすることになり，今期以上に需要が低下することになる．第3期も同様に，第2期と同じ確率でパラメータの値がシフトすると仮定する．4期目以降はパラメータに変化はなく，第3期での需要パラメータが継続されるとする．これは，製品の導入段階では需要構造が不安定であり，需要が拡大する可能性も低下する可能性も予想されるが，何年か経過すると需要構造が安定化し，高いレベルの需要がその後維持されるか，低いレベルに留まることを表している．

生産には単位当たり c だけの可変費用がかかるものとする．ただし，$d^2\theta>c$ と仮定する．また，生産に関わる固定費用はゼロとする．もし，今期，投資を行った場合，今期の最適生産量は (2) 式を最大にするような q の値であり，$q=\dfrac{\theta-c}{2}$ になる．その場合の今期の利益は $R=\dfrac{(\theta-c)^2}{4}$ である．

$$R = (\theta-q)q-cq \qquad (2)$$

各期独立にその期の需要に見合って最適な生産量を決定できるとする．

例えば，第 2 期に需要パラメータの値が $u\theta$ になった場合の最適生産量は $q=\dfrac{u\theta-c}{2}$，利益は $R=\dfrac{(u\theta-c)^2}{4}$ である．ただし，単位当たりの可変費用 c は何期かに関わらず一定で変化がないものとする．

第 1 期に投資を行った場合の正味現在価値 NPV_θ は (3) 式のように表すことができる．ただし，当該企業はリスク中立的と仮定する．リスク中立的ということは，将来の利益の現在価値を求めるのに，将来利益の期待値を安全利子率 r を用いて割り引いてやればよいことを意味する．このリスク中立性の仮定は強い仮定ではあるが，将来キャッシュフローが不確実である投資評価のときに，どのような割引率を用いたらよいのかという問題をとりあえず回避することを可能にする点で，議論の展開を容易にする利点がある．つぎの (3) で実物オプション・アプローチを述べるときにリスク中立性の仮定をはずし，その場合の割引率の求め方を議論することにする．

$$\begin{aligned} NPV_\theta = & -I+\frac{(\theta-c)^2}{4}+\frac{1}{1+r}\left(p\cdot\frac{(u\theta-c)^2}{4}+(1-p)\cdot\frac{(d\theta-c)^2}{4}\right) \\ & +\frac{1}{r(1+r)}\left(p^2\cdot\frac{(u^2\theta-c)^2}{4}+2p(1-p)\cdot\frac{(ud\theta-c)^2}{4}\right. \\ & \left.+(1-p)^2\cdot\frac{(d^2\theta-c)^2}{4}\right) \qquad (3) \end{aligned}$$

通常の正味現在価値法を用いた投資決定だと，(3) 式で表される正味現在価値がプラスなら投資を行い，マイナスなら投資を行わない決定をくだすことになる．ここで，話を具体的にするために，各パラメータの値をつぎのように想定する．$I=17000$，$\theta=100$，$p=0.6$，$u=1.2$，$d=0.8$，$c=20$，$r=0.1$．この場合，$NPV_\theta=-17000+22876=5876$ となり，正味現在価値がプラスなので現時点で投資が実行されることになる．

(2)　投資決定の柔軟性

先送りができる場合

上の議論は，投資するかしないかの決定が現在しか行えず，いま，もし投資をしない決定をしたなら，将来にわたって投資の機会が失われることを前提にしている．もしも，投資の決定を将来に先送りでき，その時の需要をみて投資の判断が行われるとしたらどうなるだろうか．ただし，以下の議論では，いつの時点で投資しても投資費用 I は変わらないものとする．

時間の流れとは逆に，$t=3$ からスタートし，つぎに $t=2$，最後に $t=1$ と時間を遡っていくことにする．$t=3$ まで投資決定が先送りされたとしよう．$t=3$ で例えば，需要パラメータが $u^2\theta$ になったとし，その時点で投資を行ったとすれば正味現在価値 $NPV_{u^2\theta}$ はつぎのように表される．ただし，$t=3$ 時点での評価額である．

$$NPV_{u^2\theta} = -I+\frac{(u^2\theta-c)^2}{4}+\frac{(u^2\theta-c)^2}{4r} \tag{4}$$

数値例では，需要パラメータが $1.2^2\theta$ のとき，$NPV_{u^2\theta}=25284$ となり投資が実行される．しかし，需要パラメータが $1.2\times0.8\theta$ か $0.8^2\theta$ になったときには，それぞれ $NPV_{ud\theta}=-1116$, $NPV_{d^2\theta}=-11676$ とマイナスになるので，投資を実行しない決定が行われる．

この結果を踏まえて，つぎに $t=2$ での決定問題を考えてみよう．$t=2$ 時点まで投資決定が先送りされたとし，いま $(t=2)$，投資を実行するか，$t=3$ までさらに投資決定を先送るかどうかの決定である．$t=2$ での需要パラメータが $d\theta$ になったとしよう．上での正味現在価値の計算と同じロジックで，$t=2$ で投資を実行したときの正味現在価値 $NPV_{d\theta}$ は (5) 式のように表される．

$$NPV_{d\theta} = -I+\frac{(d\theta-c)^2}{4}+\frac{1}{r}\left(P\cdot\frac{(ud\theta-c)^2}{4}+(1-P)\cdot\frac{(d^2\theta-c)^2}{4}\right) \tag{5}$$

数値例を当てはめると$NPV_{d\theta}=-5500$となり，マイナスなのでいま（$t=2$）投資を実行しない方がよい．また，投資決定を先送りしても，$t=3$で需要パラメータが$1.2\times0.8\theta$か$0.8^2\theta$になる可能性があるが，いずれの場合にも上で述べたように投資の実行は行われない．これらのことから，$t=2$時点まで投資決定が先送りされ，需要パラメータが0.8θになったときには，投資を断念し，さらに投資決定を先送りにもしないことが最適な決定となる．

つぎに，$t=2$時点まで投資決定が先送りされたとし，$t=2$での需要パラメータが$u\theta$になったとしよう．この時点で投資を実行した場合の正味現在価値$NPV_{u\theta}$も（5）式と同様な考え方で計算でき，$NPV_{u\theta}=14340$となる．一方，今期（$t=2$）決定しないで，$t=3$まで先送りした場合には，上で調べたように需要パラメータが$1.2^2\theta$になれば投資が実行されるが，需要パラメータが$1.2\times0.8\theta$になれば投資は実行されない．それぞれが起こる確率は60%，40%なので，今期（$t=2$）時点で評価した，もう一期先送りした場合の正味現在価値は次式より13791となる．

$$\frac{1}{1+0.1}\cdot(0.6\times25284+0.4\times0)=13791$$

これより，今期（$t=2$）投資を実行した方が，先送った場合に比べて正味現在価値が高いので，もしも，$t=2$まで投資が先送りされ，需要パラメータが1.2θになった場合には，$t=2$で投資を実行すべしという結論が得られる．

最後に，以上の結果を踏まえて，現時点（$t=1$）での投資決定問題を考えてみよう．すでに述べたように，いま投資を実行した場合の正味現在価値NPV_{θ}は5876であった．それに対して，将来に決定を先送りした場合には，正味現在価値はどうなるであろうか．$t=2$で需要パラメータが1.2θになった場合には，$t=2$で投資が実行され$NPV_{u\theta}=14340$となる．一

方，需要パラメータが 0.8θ になった場合には，投資が断念され正味現在価値はゼロとなる．それぞれの状態が起こる確率を用いて期待値を求め，その現在価値を計算するとつぎのようになる．

$$\frac{1}{1+0.1}\cdot(0.6\times14340+0.4\times0)=7822$$

いま投資を実行した場合の正味現在価値 NPV_θ(＝5876) に比べて，次期に決定を先送った場合の現在価値（7822）の方が高いので，$t=2$ 期まで決定を先延ばしにするのが $t=1$ における最適な決定ということになる．そして，$t=2$ での最適決定はつぎのようになる．需要が高い（$u\theta$）ことが判明すればその時点で投資を断行し，もし需要が思わしくない（$d\theta$）ことが判明すれば投資を断念する決定である．

投資決定先送りの価値

次期に投資を先延ばした場合と，現時点で投資を行った場合の正味現在価値の差額は，投資決定先送りの価値と考えることができる．このように決定の先延ばしに価値が生まれるのは，将来の需要に不確実性があるためである．次期に先延ばすことによって，もし需要が思わしくないことが判明すれば，その時には投資を止めることができる選択権を手に入れられるからである．投資決定の柔軟性（flexibility）と呼んでもよいだろう．ところで，第I部で述べたDixit（1980）などのモデルでは，先取り的設備投資や研究開発投資の戦略的有効性が主張された．しかし，需要が不確実であったり，生産コスト削減，研究開発の成功度合いが不確実であるときなどは，先取り的な戦略より，様子を見ながら投資の時期を先延ばしにするような柔軟性が重要になってくる．このような分析には，オプションの考え方が有効になるのである．

投資決定先送りの価値(＝柔軟性の価値)＝次期に先延ばした場合の正味

現在価値－いま行った場合の正味現在価値

＝7822－5876

＝1946

ところで，いったん購入した設備等を将来，取得価格より非常に低い値段でしか売却できないような場合，投資支出の非可逆性（irreversibility）があるという．このようなことが起こるのは企業特殊的資産で，その企業で使われてはじめて価値があり，他の企業にとっては価値がないか，最適使用のノウハウが他企業にはなく，売却価格がゼロか非常に低くなってしまうような資産が当てはまる．

上の数値例で，投資支出の非可逆性がなく，設備を当初の支出額 17000 円と同じ金額で売却可能な場合を考えてみよう．いま，投資を実行するとして，次期の需要パラメータが 1.2θ になったらそのまま生産を継続するが，もしも 0.8θ になったら生産を中止し，生産設備を 17000 円で売却してしまうときの，現時点での正味現在価値は次式の計算から 7876 となる．

$$
\begin{aligned}
NPV = &-17000+\frac{(100-20)^2}{4}+\frac{1}{1+0.1}\left(0.6\times\frac{(1.2\times 100-20)^2}{4}\right.\\
&\left.+(1-0.6)\times 17000\right)+\frac{1}{0.1\times(1+0.1)}\left(0.6^2\times\frac{(1.2^2\times 100-20)^2}{4}\right.\\
&\left.+0.6\times(1-0.6)\times\frac{(1.2\times 0.8\times 100-20)^2}{4}\right)=7876
\end{aligned}
$$

この値は $t=2$ 時点に投資決定を先送りしたときの正味現在価値 7822 より大きいので，投資が先送りされることなく $t=1$ 時点で実行した方が有利になる．このように，投資支出の非可逆性がない場合には，たとえ先送りが可能でも投資決定先送りの価値はゼロになってしまう．つまり，先送りは考えずに，いま投資決定を行うか否かを判断すればよい．

このように，(1) いま行わなかったら投資機会が失われてしまう，つま

り，投資決定の先送りができない場合，あるいは，(2) 先送りが可能でも投資支出の非可逆性がない場合には，通常の投資決定ルールが有効である．しかし，(1) と (2) の条件が 2 つとも満たされない場合には，通常の投資決定ルールは有効ではなくなる．通常の投資決定ルールを用いると誤った投資判断をしてしまうことになる．ここで，いま行わなかったら投資機会が失われてしまう場合というのは，同業他社企業との競争にさらされているような状況で顕著に見られるだろう．これについては，第 3 節で検討することにする．

投資の柔軟性を考慮に入れた投資決定

通常の財務の教科書には，投資決定ルールとして正味現在価値法が紹介されている．この決定ルールでは，投資を行ったときに将来発生するキャッシュフロー流列の現在価値合計が資本の機会費用（資本コスト）を上回れば投資をいま実行すべきというルールである．しかし，すでに述べたように，投資の先送りが可能で，かつ，投資支出の非可逆性が存在するときには，このルールを用いると誤った判断をしてしまう危険性が出てくる．

誤った判断をしてしまう根本的な理由は，投資決定先送りの価値を投資評価のときに正しく織り込まないことから生ずる．いま投資をしてしまうと，投資を先延ばしにし，需要が思わしくないときに投資を断念する機会を失ってしまう．その意味で，投資決定を先送りした場合の正味現在価値に相当する金額が，いま投資することの機会費用として発生していると考えられる．現在の投資費用として資本の機会費用だけでなく，この機会費用をも加えなければならないのである．数値例では，現在の投資費用は次式のように 24822 となる．

現在の投資費用＝資本の機会費用＋いま投資することの機会費用
　　　　　　　　＝資本の機会費用＋決定先送りの場合の正味現在価値

$$=17000+7822=24822$$

いま投資することの機会費用を投資費用に含めて考えれば，投資費用が将来発生するキャッシュフロー流列の現在価値合計 22876（(3) の右辺の第 2 項から第 4 項までの合計）より大きいので，現在，投資を見合わせた方がよいという正しい決定が行えることになる．一般式で表せば，次式より計算される正味現在価値がプラスならいま投資を実行し，マイナスなら次期に投資決定を先送りすることが最適な決定になる．

NPV＝－(資本の機会費用＋いま投資することの機会費用)

＋将来発生するキャッシュフロー流列の現在価値合計

＝－投資決定先送りの価値

$=-(17000+7822)+22876=-1946$

(3) コール・オプションとしての投資機会

実物オプション

割引率として安全利子率を用いることができる場合には，上で述べたような考え方でも最適な投資決定時期の決定はできる．しかし，そのためには，企業はリスク中立的であるという仮定が必要である．企業のリスク態度に関わりなしに問題を処理しようとすると，これから述べる実物オプション・アプローチが必要になってくる．さらに，実物オプション・アプローチによれば，投資決定のさまざまな柔軟性を考慮に入れた問題をより統一的に考えることが可能になるというメリットもある[(1)]．

実物オプション・アプローチとは，一言でいえば，投資決定のタイミングを選択できる場合，投資機会をコール・オプションとして考え，すでに発展している金融オプション理論を実物投資評価に応用するものである．ここで，投資機会をコール・オプションとして見た場合，権利行使価格に相当するのが投資支出額であり，原資産に相当するのが工場・設備などの

実物資産になる．また，原資産価格に相当するのは，実物資産から生まれる将来キャッシュフロー流列の現在価値合計である．以下ではこれを実物資産価値と呼ぶことにし，V で表すことにする．

実物投資を行うということは，コール・オプションの買い手（当該企業）が権利行使をすることを意味する．例えば，いま投資を実行するということは，保有しているオプション（投資機会）を現時点で権利行使することを意味する．また，投資決定を先送るということは，いま権利行使しないで，権利行使の時期を将来に延ばすことを意味する．そして，最適な投資のタイミングを考えることは，オプションの最適行使時期を考えることに等しい．

ところで，注意すべき点は，実物資産価値 V はあくまで，いま投資を実行したとすれば将来得られるキャッシュフロー流列の現在価値合計を意味している．この実物資産価値が $t=1$ 時点で例えば 21600 円であるとしよう．実物資産価値が権利行使価格（投資額＝17000 円）より大きい，つまり，イン・ザ・マネーの状態なので，実物オプションを現時点で権利行使したら，現在の実物資産価値と権利行使価格との差額（4600＝21600－17000）のペイオフを手に入れることができる．言うまでもなく，現在の実物資産価値と権利行使価格との差額は，現時点で投資を実行した場合の正味現在価値を表している．

しかし，金融オプションの場合そうであるように，イン・ザ・マネーだからといって現時点でオプションを権利行使することが常に最適であるわけではない．権利行使を先延ばし，将来，実物資産価値がいま以上に高まったときに権利行使することによって，より高い利益を上げられる可能性が大きいのであれば，現時点で権利行使しない方が望ましい．将来におけるより有利な状況での権利行使のチャンスが考慮されて，現時点での実物オプション価値は，いま投資を実行した場合の正味現在価値 4600 円より

高い金額になるであろうことが予想される．そして，権利行使の先延ばしが可能であることを考慮に入れた場合の，現時点での投資機会の純価値を求めることは，コール・オプションの現在の価格（価値）を求めることに他ならない．

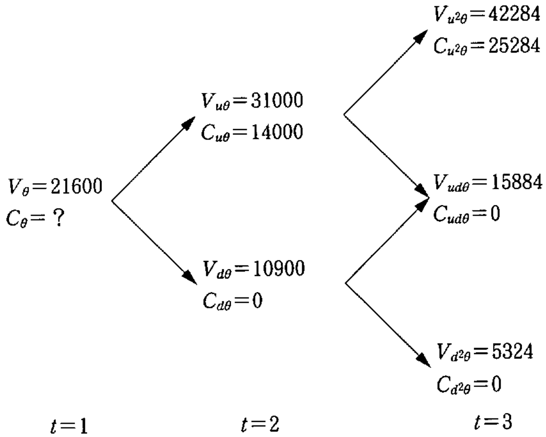
実物資産価値の推移

実物オプション価格なり価値を求めるためには，まず，実物資産価値 V の推移を調べる必要がある．そこで，以下のようなステップを踏んで各時点での実物資産価値を求めてみよう．

最初に，まだ投資が実行されないままに $t=3$ に到達したとし，この時点での実物資産価値を求めることにする．ここで，需要パラメータが $u^2\theta$ になったとする．図1で示したように，$t=3$ 以降もこの状態が将来にわたって維持されると想定した．そのため，$t=3$ 時点で投資を実行し，最適生産量を毎年生産することによって得られる利益は確定値なので，安全利子率 r を使って将来のキャッシュフロー流列の現在価値合計を計算すれば，$t=3$ 時点での実物資産価値 $V_{u^2\theta}$ を求めることができる．式で表せば（4）式の右辺の第2項と第3項を合計したものであり，数値例では $V_{u^2\theta}=$ 42284 となる．同様に，$t=3$ で需要パラメータが $ud\theta$ あるいは $d^2\theta$ になったときの実物資産価値はそれぞれ，$V_{ud\theta}=15884$，$V_{d^2\theta}=5324$ となる（図2参照）．

つぎに，まだ投資が実行されないままに $t=2$ に到達したとし，この時点での実物資産価値を求めてみよう．$t=2$ で需要パラメータが $u\theta$ になったとする．この時点で投資を実行した場合，$t=2$ での利益と $t=3$ 以降の利益の現在価値合計が実物資産価値 $V_{u\theta}$ となり，（6）式のように表すことができる．

図2　実物資産価値 V と実物オプション価値 C の推移



$$V_{u\theta}=\frac{(u\theta-c)^2}{4}+\frac{1}{1+k}\left(p\cdot V_{u^2\theta}+(1-p)\cdot V_{ud\theta}\right) \qquad (6)$$

(6) 式の右辺の第1項は $t=2$ での利益である．$t=3$ 以降の利益については，需要パラメータが $u^2\theta$ になるか $ud\theta$ かで異なってくる．それぞれの状態が起こる確率を用いて期待値を求め，割引率を用いて $t=2$ 時点での価値を求めたのが第2項である．しかし，問題なのは割引率としてどのような値を用いるのかという点である．不確実性があるので安全利子率 r は使えない．(6) 式では，リスクを考慮に入れた割引率ということで $k(>r)$ という記号を用いているが，この値が求まらない限り第2項の値も計算できない．

そこで，k を求めてから第2項の値を計算するのではなく，直接，第2項の値を求めることを考えることにする．完備市場を仮定すれば，$t=3$ での価格なり評価額が確率 p で $V_{u^2\theta}$，確率 $1-p$ で $V_{ud\theta}$ となるような証券，あるいは証券ポートフォリオを作り出すことが可能である[(2)]．その証券の t

＝2時点での価格なり評価額が，我々が求めたい（6）式の右辺第2項の値になる．なぜなら，将来，同じペイオフをもたらす資産は現時点（t＝2）で同一の金額に評価されなくてはならないからである．

数値例で，$t=3$ に $V_{u^2\theta}=42284$ か，$V_{ud\theta}=15884$ のペイオフをもたらす証券あるいは証券ポートフォリオが，$t=2$ で28500という価格がついているとしよう．すると，（6）式の第2項の値も同じく28500と類推することが可能となる．これより，実物資産価値 $V_{u\theta}$ は，2500＋28500＝31000と求めることができる．ちなみに，この場合，$k=0.113$ で割引率は11.3％であることが分かる．

同様にして，まだ投資が実行されないままに $t=2$ に到達し，需要パラメータが $d\theta$ になったときの，この時点での実物資産価値 $V_{d\theta}$ を求めることができる．$t=3$ に $V_{ud\theta}=15884$ か，$V_{d^2\theta}=5324$ のペイオフをもたらす証券あるいは証券ポートフォリオが，$t=2$ で10000という価格がついているとする（この場合，16.6％の割引率が用いられていることが暗黙裡に分かる）．これより，実物資産価値は，$V_{d\theta}=900+10000=10900$ となる．

最後に，$t=1$ 時点での実物資産価値 V_{θ} を求めることにしよう．$t=2$ に $V_{u\theta}=31000$ か，$V_{d\theta}=10900$ のペイオフをもたらす証券あるいは証券ポートフォリオが，$t=1$ で20000という価格がついているとする．このとき，実物資産価値は，$V_{\theta}=1600+20000=21600$ となる．

実物オプション価値の求め方

以上より原資産価格に相当する実物資産価値の時間的推移が分かったので，あとは金融オプションのときに用いられるのと同じロジックによって，現時点での実物オプション価格なり実物オプション価値を求めることができる．手順は，時間の推移とは逆に，最初に $t=3$ 時点での実物オプション価格を求め，つぎに $t=2$ での実物オプション価格を求め，最終的に t＝

1での実物オプション価格 C_θ を求めるステップである．

そこで，いま $t=3$ に到達したとし，以前に権利行使をしていないとしよう．需要パラメータが $u^2\theta$ の状態では，実物資産価値 $V_{u^2\theta}$ は 42284 である．このときには実物資産価値が権利行使価格を上回るので権利行使する決定がなされ，オプション価値 $C_{u^2\theta}$ は 25284（＝42284－17000）となる．需要パラメータが $ud\theta$ あるいは $d^2\theta$ のときには，実物資産価値が権利行使価格を下回るので権利行使されず，それぞれのオプション価値 $C_{ud\theta}$，$C_{d^2\theta}$ はゼロになる．ここで，つぎの点に注意しよう．$t=3$ 以降は，将来の利益は毎期同じである．そのため，$t=3$ 以降に権利行使するよりは，$t=3$ で権利行使した方が有利である．また，$t=3$ に権利行使しない方が望ましければ，それ以降のいかなる時点でも権利行使しない方がよい．それゆえ，権利行使決定を先延ばせる最終時点は $t=3$ までになる．つまり，$t=3$ が実物オプションの満期日と考えることができる．

つぎに，$t=2$ に到達したとし，以前に権利行使をしていないとしよう．この場合，いま権利行使したときの価値と，$t=3$ 期に権利行使の決定を延ばしたときの価値を比較して，両者の値の大きい方が $t=2$ 時点での実物オプション価値になる．そこで，最初に，$t=3$ 期に権利行使の決定を延ばしたときの価値を求めることにする．

需要パラメータが $u\theta$ の状態では，上でも述べたように完備市場を前提とするなら，次期（$t=3$）の価格が確率 p で $V_{u^2\theta}=42284$ か，確率 $1-p$ で $V_{ud\theta}=15884$ となる証券を作り出すことができるが，その証券の $t=2$ 時点での価格を 28500 とした．ここで，この証券と安全資産を組み合わせたポートフォリオを適切に作ることによって，$t=3$ でのポートフォリオのペイオフを実物オプションのペイオフと同じにすることができる．

そのために，この証券に N 単位，安全資産に B 円投資するポートフォリオを作る．$t=3$ で需要パラメータが $u^2\theta$ になったとき，このポートフ

ォリオのペイオフが $C_{u^2\theta}$ となり，パラメータが $ud\theta$ のとき $C_{ud\theta}$ となればよい．これを式で表せば次式のようになる．この2つの式を満たすような N と B の値が，求める組み合わせ比率になる．

$$N \cdot V_{u^2\theta}+B(1+r) = C_{u^2\theta} \qquad (7)$$

$$N \cdot V_{ud\theta}+B(1+r) = C_{ud\theta} \qquad (8)$$

数値例を当てはめると，$N=0.957727$ 単位，$B=-13829.6$ 円となる．このようにして作ったポートフォリオは実物オプションを複製したものなので，$t=3$ 期に権利行使の決定を延ばす場合の $t=2$ での実物オプション価値は，同じ $t=2$ 時点でのポートフォリオの価値に等しくなくてはならない．この値は，次式より13466となる．

$$N \times 28500+B = 0.957727 \times 28500-13829.6 = 13466$$

ここで注意するのは，ポートフォリオに組み込む証券の $t=2$ での価値を求めるのに，N に $V_{u\theta}(=31000)$ を乗じるのではなく，$N \times 28500$ としている点である．それは，つぎの理由による．$V_{u\theta}(=31000)$ の中には，$t=2$ で投資を実行した場合，当期に得られる利益分2500円も織り込まれている．ポートフォリオに組み込む証券の $t=2$ での価値を求めるのに，その分を含めてはならないからである．

一方，$t=2$ で権利行使したとすれば，実物オプション価値は14000（=31000－17000）となる．$t=3$ 期に権利行使の決定を延ばすよりも，$t=2$ で権利行使した方がオプション価値が高くなるので，需要パラメータが $u\theta$ のときには $t=2$ で権利行使される．そして，求めたい実物オプション価値 $C_{u\theta}$ は14000となる．

$t=2$ に到達したとし，需要パラメータが $d\theta$ になった場合も，同様のステップで実物オプション価値 $C_{d\theta}$ を求めることができるが，$C_{d\theta}$ はゼロということが直観的にも分かる．それは，$t=3$ に権利行使を延ばしても $C_{ud\theta}=C_{d^2\theta}=0$ であり，将来のオプション価値がゼロなので先送りには価

値が無いこと．また，$V_{d\theta}=10900$ なので権利行使価格を下回り，$t=2$ で権利行使する価値もないことから理解できる．

最後に，$t=1$ でのオプション価値を求めてみよう．上と同様に，$t=2$ でのペイオフが $C_{u\theta}$ か $C_{d\theta}$ になるポートフォリオを $t=1$ 時点で作る．ポートフォリオに組み込まれる証券は，$t=2$ に $V_{u\theta}$ か $V_{d\theta}$ のペイオフをもたらす証券である．この証券に N 単位投資し，安全資産に B 円投資するポートフォリオを作り，(9) 式と (10) 式を満たすように N と B を決めてやればよい．

$$N \cdot V_{u\theta}+B(1+r) = C_{u\theta} \tag{9}$$

$$N \cdot V_{d\theta}+B(1+r) = C_{d\theta} \tag{10}$$

数値例では，$N=0.78905$ 単位，$B=-7818.77$ 円となる．このようにして作ったポートフォリオは実物オプションを複製したものなので，$t=2$ 期に権利行使の決定を延ばす場合の実物オプション価値は，$t=1$ 時点でのポートフォリオの価値に等しくなくてはならない．この値は，$0.78905\times20000-7818.77=7962$ となる．一方，$t=1$ で権利行使したとすれば，実物オプション価値は $4600(=21600-17000)$ である．$t=2$ まで権利行使の決定を延ばした方がオプション価値が高いので，権利行使の決定が $t=2$ に延ばされることになる．そこで，求めたい実物オプション価値 C_θ は 7962 となる．

以上の分析をまとめれば，各時点での最適決定はつぎのようになる．$t=1$ では投資の決定を次期に先送る．$t=2$ では，需要パラメータが $u\theta$ になったらそこで投資を実行し，需要パラメータが $d\theta$ になれば投資を断念する．

(4) 実物オプション・アプローチに対する補足

投資決定先送り価値と実物オプションの時間的価値

以上述べた実物オプション・アプローチについて，いくつかコメントしておこう．最初は，投資決定先送りの価値とオプションの時間的価値との関係である．$t=1$ で権利行使したとすれば，実物オプション価値は 4600 であった．しかし，実際の実物オプション価値 C_θ は 7962 である．両者の差額 3362(＝7962－4600) は，オプションの時間的価値と呼ばれている．それに対して，$t=1$ で権利行使したときの実物オプション価値 4600 を本源的価値と呼んでいる．実物オプション価値 C_θ は，本源的価値 4600 に時間的価値 3362 を加え合わせた金額になっている．時間的価値がプラスになるのは，言うまでもなく投資決定を先送りできることによる．そして，前節で述べた投資決定先送りの価値（＝柔軟性の価値）は，このオプションの時間的価値に相当している．ただし，投資決定先送りの価値がマイナスの場合には，オプションの時間的価値はゼロになる．

投資決定先送りの価値(＝柔軟性の価値)
　＝実物オプションの時間的価値
　＝次期に先延ばした場合の正味現在価値
　　－いま行った場合の正味現在価値
　＝(24962－17000)－(21600－17000)
　＝7962－4600＝3362

ところで，前節では投資決定先送りの価値は 1946 であった．それに比べ，本節での投資決定先送りの価値は 3362 で，前節の値より大きい．その理由は，リスク中立的仮定の下でより，リスク中立的仮定が取り除かれた場合の方が，各期の実物資産価値の変動が大きくなるからである．例えば，$t=1$ から $t=2$ にかけての実物資産価値の変化率は，リスク中立的の場合が 37% か－50% であるのに対して，リスク中立的仮定が取り除かれ

た場合には44%か−50%になる．同様に，$t=2$から$t=3$にかけての実物資産価値の変化率も，後者の方が大きい．

金融オプションの場合そうであるように，原資産価格の変動性（ボラティリティ）が大きいほどオプション価値は高くなる．その理由は，言うまでもなくオプションがあくまで選択権であることによる．原資産価格の変動性が大きく，原資産価格が非常に上昇したときには権利行使することによって高いペイオフを得ることができる．それに対して，原資産価格の変動性が大きいと原資産価格が非常に低い値になる可能性も強まるが，そのときには権利行使しないことによって損失を回避できる．そのため，通常の証券や資産の場合と異なり，ボラティリティが高まる，すなわちリスクが増大すればするほどオプションの時間的価値は高まるのである．同じことが，実物オプションの場合にも当てはまる．(3)

実物オプションと金融オプションの違い

つぎは，実物オプションと金融オプションの違いについてである．金融オプションであれば，市場で取引が行われているので，オプションの買い手はいつでもその時の時価で手持ちオプションを売却できる．そのため，原資産価格が上昇し，オプションの権利行使が有利になってきたときでもオプションの権利行使をせず，市場でオプションそのものを売却してしまい，権利行使が行われないことが起こる．原資産価格が上昇しているときにはオプション価格も高く，高い値段でオプションを売却できるからである．原資産から配当や利子が支払われないときには，理論的には途中で権利行使が行われないのはこのためである．

それに対して，実物オプションでは，対象となるオプションはあくまで企業がもっている投資機会であり，必ずしも，市場で売却できるものではない．原資産価格（実物資産価値）が上昇したときには，オプションの権

利行使によって対応する以外にないので，満期日以前に早めに権利行使が行われることになる．金融オプションでも原資産から配当や利子が支払われる場合には，早めに権利行使されることがあるが，実物オプションでは配当や利子に相当するものが得られなくとも，早期の権利行使が起こる．

θ の値と実物オプション価値の関係

つぎに，θ の値が変わったときに実物オプション価値 C_θ がどのように変化するかを調べてみよう．θ の値が変われば実物資産価値 V_θ が変わるので，これは，$t=1$ での実物資産価値 V_θ と実物オプション価値 C_θ との関係を調べることに等しい．以下では，前節のリスク中立的な場合のケースを使って検討する．結果を示したのが図3である．横軸に実物資産価値 V_θ がとられている．太線の折れ線OABCDEは実物資産価値がさまざまな値をとるときの，実物オプション価値を示している．それに対して，折れ線OFEはオプションの本源的価値で，いま（$t=1$）投資を実行したときの正味現在価値を表している．

図3　実物オプション価値C_θと実物資産価値V_θとの関係
（リスク中立的な場合）

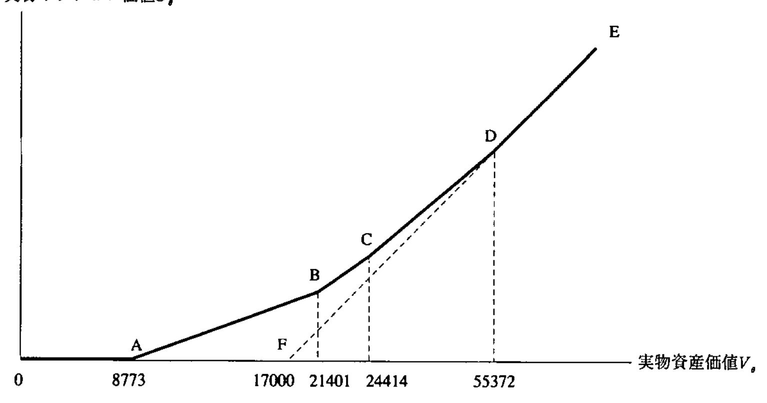


表1　V_θ あるいは θ の違いによる最適投資戦略

$0<V_\theta<8773$ $(0<\theta<68.5)$ のとき	投資しない.
$8773<V_\theta<21401$ $(68.5<\theta<97.3)$ のとき	$t=3$ まで待つ. $t=3$ で $u^2\theta$ のときだけ投資.
$21401<V_\theta<24414$ $(97.3<\theta<102.7)$ のとき	$t=2$ で $u\theta$ なら投資. $d\theta$ なら投資断念.
$24414<V_\theta<55372$ $(102.7<\theta<145.9)$ のとき	$t=2$ で $u\theta$ なら投資. $d\theta$ なら $t=3$ まで待つ. $t=3$ で $ud\theta$ のときのみ投資を実行.
$55372<V_\theta$ $(145.9<\theta)$ のとき	$t=1$ で投資実行.

θ の値が変わると $t=1$ での実物資産価値 V_θ の値も異なってくるが，それに対応して最適な投資戦略も変わる．それを示したのが表1である．θ の値が 68.5 のときの実物資産価値は 8773 であるが，θ が 68.5 より小さい場合には，将来利益が小さいのでいつの時点でも投資は行われない．

つぎに，$68.5<\theta<97.3$ のときには $(8773<V_\theta<21401)$，$t=3$ 時点まで投資を見合わせ，もしも，$t=3$ で需要パラメータが $u^2\theta$ になれば投資を実行する．それ以外の需要パラメータのときには投資を断念するのが最適な投資戦略になる．$97.3<\theta<102.7$ のときには $(21401<V_\theta<24414)$，$t=2$ まで様子をみて，$t=2$ で需要パラメータが $u\theta$ になれば投資を実行する．もしも，需要パラメータが $d\theta$ になれば投資を断念するのが最適投資戦略になる．われわれの数値例では $\theta=100$ であり，丁度，この領域での投資戦略が妥当する需要パラメータであった．前節で述べた最適投資戦略と一致しているのが分かる．

需要パラメータが $102.7<\theta<145.9$ のときには $(24414<V_\theta<55372)$，$t=2$ まで決定を先送りし，$t=2$ で需要パラメータが $u\theta$ になれば投資を実行する．もし，$d\theta$ になれば $t=3$ までさらに決定を先送り，$t=3$ で需要パラメータが $ud\theta$ になったときのみ投資を実行する．

最後に，θ の値が非常に高く，$145.9<\theta$ の場合には $(55372<V_\theta)$，決定

を先送りせず $t=1$ 時点で投資を断行するのが最適な投資戦略になる．θ の値が非常に大きいので，いま（$t=1$）投資を断行し，生産販売することによって今期の利益を獲得することができる．先送りするとこの利益を獲得できなくなるからである．前節でいま投資決定にコミットしてしまうことの機会費用は，決定先送りの場合の正味現在価値であることを述べたが，いま投資することの機会費用を上回る利益を早期の投資によって獲得できるのである．θ がこの範囲では，投資決定先送りの価値はマイナスになってしまう．つまり，オプションの時間的価値はゼロになり，オプション価値は本源的価値のみになる．図 3 では，直線 DE の部分がこれに対応している．

先行投資の価値

上で述べてきた議論では，投資決定先送りの価値が強調された．しかし，投資決定を先送りすることにはコストが伴う状況も考えられる．「待つことのコスト」と言ってもよいだろう．例えば，自社が決定を遅らせている間に競合他社が先に投資決定をし，市場を占有してしまうようなケースである．この場合には，「待つことのコスト」が「待つことの利益」を上回り，早い段階での投資が必要になる．このような他企業との競合を考慮に入れた分析については，次節で取り上げることにしたい．

先行投資に価値が生まれるもう一つの例として，研究開発投資や調査投資があげられる．研究開発投資を早期に行うことによって，成功すれば製品化の目途がたち，生産・販売に向けた設備投資という投資機会を生み出すチャンスが発生する可能性がある．つまり，研究開発投資という実物オプションが，設備投資という新たな実物オプションを生み出すわけである．このようなオプションを「オプションのオプション」という意味で，複合オプション（compound option）と呼んでいる．研究開発投資自体では

正味現在価値がマイナスになり，投資を見合わせた方がよい場合でも，将来新たな実物オプションを創出する価値を正しく織り込めば，研究開発投資を早期に実施することが有利になる状況は十分に考えられる.[(4)]

3. 実物オプション・アプローチとゲーム論の融合

(1) オプション権利行使ゲーム

いままでの議論では，需要の動向を見定めるための投資決定の先送り価値が強調された．そこでの暗黙の前提として，当該企業が保有している投資機会は独占的なものであり，他企業が将来にわたって獲得することができず，投資決定を先延ばしても投資機会が失われない状況を想定していた．しかし，寡占的競争の下で激しく競合している企業では，投資を先延ばしすることによって他企業の先取り的（preemptive）投資行動によって市場を奪われてしまう危険性が存在する．他企業も当該企業と同様，実物オプションとしての投資機会を有しているときには，他企業の実物オプションの権利行使（投資の実行）が，当該企業の実物オプション価値に大きな影響を及ぼすことになる.

そのような状況の下では，競争企業のオプション権利行使行動を予想しながら，自社のオプション権利行使の最適なタイミングを決定する必要があり，より早い段階での権利行使が行われる可能性が強くなる．周知のように，競合関係にある2企業の戦略的行動の分析は，ゲーム理論を用いて既に以前から盛んに行われてきた．本節では，実物オプション・アプローチにこのゲーム論の考え方を織り込み，実物オプション・アプローチをより拡張することを試みたい．競合する2企業が相手の行動を考慮に入れて，自社の実物オプションの最適権利行使時期を決定するゲームの分析である．オプション権利行使ゲーム（option exercise game）と呼んでよいだろう.[(5)]

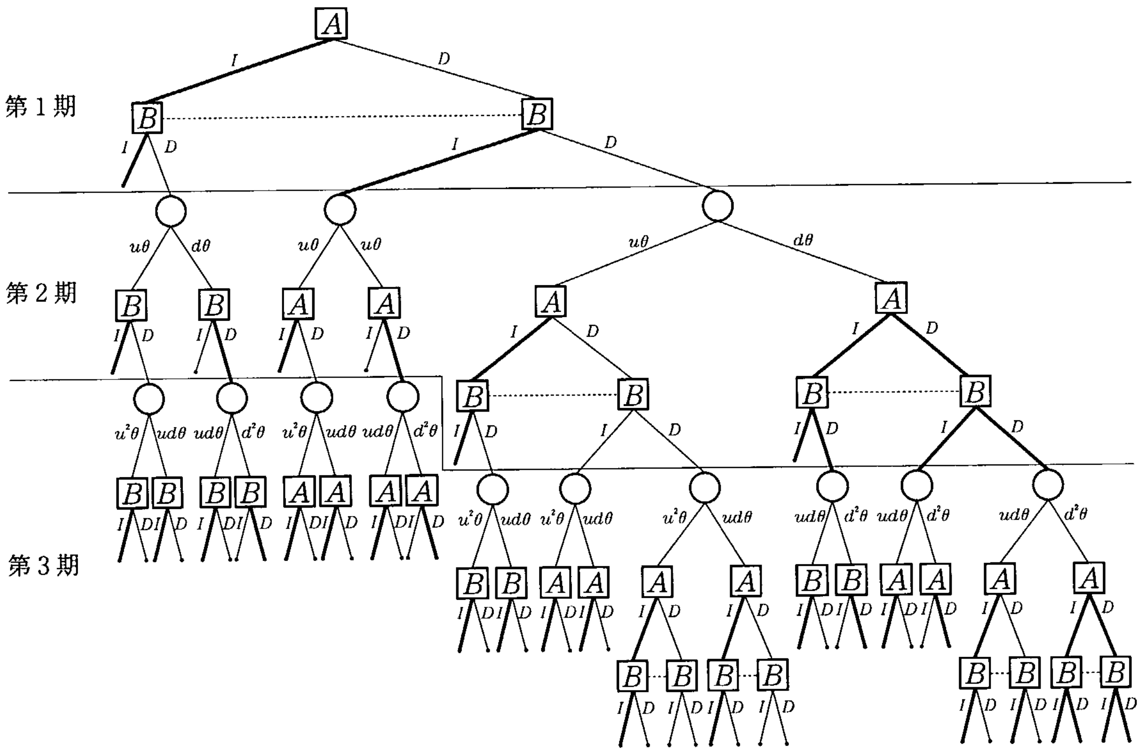
(2) モデルの概要

以下の分析は，第2節で取り上げたモデルをベースにする．つまり，図1のように需要パラメータが推移するものとし，競合する2社，A 企業と B 企業が同じ投資機会を持ち合わせ，投資費用 I も同じとする．また，両企業が直面する需要曲線，費用曲線も同じとする．両企業ともリスク中立的企業であり，安全利子率を r とする．数値例のパラメータも基本的には，第2節での値と同じにとる．すなわち，$I=17000$，$p=0.6$，$u=1.2$，$d=0.8$，$c=20$，$r=0.1$ である．ただし，2社で需要を分け合う形になるので，需要パラメータ θ については，$\theta=200$ と想定する．

A 企業と B 企業の意思決定は，図4のようなゲームの樹で表すことができる．ゲームの流れはつぎのようなものである．まず第1期では需要パラメータを観察して，投資を実行するか，しないかの決定を両企業が同時に行う．四角で表された点は企業の手番を示す．図の最上段の四角は A 企業の手番を示し，分岐する2つの枝が取りうる選択肢を示している．I は投資の実行を，D は投資決定を先延ばすか，将来にわたって投資を行わない決定を表す．第1期には両企業は同時に決定を行う．いわゆる同時手番であるが，それを表すために B 企業の手番を表す2つの四角が点線で結ばれている．もしも，A 企業が第1期で投資を実行すれば，A 企業の手番はそれ以降なくなる．B 企業も第1期で投資を実行すれば，ゲームは第1期で終了になる．しかし，A 企業，B 企業のいずれか，あるいは両企業とも第1期で投資を実行しなければ，ゲームは第2期に進む．

第2期の手番はつぎのようになる．第2期には需要パラメータが確率 p で $u\theta$ になるか，$1-p$ で $d\theta$ になるが，これを表すために丸印で示される偶然手番から2つの枝が分かれている．もしも，第1期に A 企業が投資を実行し，B 企業が投資決定を先送りしたとすれば，第2期の需要パラメータを観察して，B 企業は I か D の選択を行うので，B 企業の手番を示す

図4　オプション権利行使ゲーム



四角がつぎに現れ，もしも，B 企業が I を選択すればゲームは第 2 期で終了する．しかし，D が選択されると第 3 期にゲームが進み，第 2 期と同じように偶然手番と B 企業の手番が続くことになる．逆に，第 1 期で B 企業が投資を実行するが，A 企業は投資を先送る決定をした場合には，上で述べたと同じように第 2 期の最初に偶然手番が現れ，つぎに A 企業の手番が続くことになる．

もしも，第 1 期で両企業とも投資の先送りを決定した場合には，第 2 期で偶然手番の後に，両企業の同時手番が現れ，上で述べたと同じゲームが以下続くことになる．なお，ここでのゲームは，企業がある手番で行動を選択するとき，その手番以前のゲームの結果を完全に知ることができる，つまり，ある企業の手番のとき，それ以前に相手企業が投資を実行したか否かが当該企業には分かると仮定しているが，同時手番が存在するので不完全情報ゲーム（game with imperfect information）である．しかし，相手の利得なりタイプを含めたゲームのルールを知っているという意味で，完備情報ゲーム（game with complete information）になっている．

このようなゲームの各手番での最適戦略を求めることがここでの問題であるが，そのためには自分がある行動を取ったときに相手企業が将来どのような行動を取ると予想されるかを知る必要がある．そのため，多段階ゲームでの常套手段である，時間の流れとは逆に最後の期（第 3 期）に到達したとして，その期での最適決定をまず求める．その後で，期を遡り第 2 期に到達したとして，その期での最適決定を調べ，最後に現時点である第 1 期における両企業の決定を考えることにする．

図 4 の太線で示された選択肢が，自分の手番になったとき各企業が選ぶべき最適戦略を表している．以下で述べる分析結果からは，両企業とも第 1 期で投資を実行することが最適戦略になるので，実際のゲームは第 1 期で終了してしまう．しかし，もしも，均衡経路以外の経路が選択されたと

したら，各企業は自分の手番でどのような戦略をとるであろうかを調べておくことが必要になる．均衡経路以外の太線の選択肢は各部分ゲームでの最適戦略を示している．このようにしてわれわれは，部分ゲーム完全均衡（subgame perfect equilibrium）を求めることができる.(6)

(3)　第3期での決定問題

A 企業が既に参入の場合

最初に，第3期での決定問題を考えよう．すでに A 企業が第1期か第2期で投資を行い，市場に参入して生産・販売活動を行っているが，B 企業は市場に参入しないままに第3期を迎えたとする．第3期での B 企業の投資決定を考えてみよう．第3期での需要パラメータが $u^2\theta$ になったとする．前にも述べたように，第3期以降も第3期での需要パラメータが継続すると仮定する．ここで，B 企業が第3期に投資を実行し，生産の開始を決定したとしよう．A 企業がこの期での B 企業の生産の開始を予想したとすれば，両企業は生産量を戦略変数としたクールノー競争にさらされることになる．クールノー競争の下での両企業の最適生産量決定を復習しておくと，つぎのようになる．A 企業，B 企業の生産量をそれぞれ q_A，q_B とすると，両企業の各期の利益はつぎのようになる．ただし，B 企業については，投資費用 I は除いてある．

$$R^A = q_A(u^2\theta-(q_A+q_B))-cq_A \tag{11}$$

$$R^B = q_B(u^2\theta-(q_A+q_B))-cq_B \tag{12}$$

相手の生産量を所与として，自社の利益を最大にする生産量である反応関数は，それぞれつぎのようになる．

$$q_A = \frac{u^2\theta-q_B-c}{2} \tag{13}$$

$$q_B = \frac{u^2\theta - q_A - c}{2} \tag{14}$$

上の連立方程式の解がクールノー・ナッシュ均衡の下での最適生産量になり，(15) 式のように表される．このときの一期間当たりの利益は (16) 式になる．ただし，以下では $d^2\theta > c$ と仮定する．

$$q_A = q_B = \frac{u^2\theta - c}{3} \tag{15}$$

$$R^A = R^B = \frac{(u^2\theta - c)^2}{9} \tag{16}$$

第 3 期以降この生産量が継続して各企業で生産されるので，もし第 3 期に B 企業が投資を実行し市場に参入した場合，この時点で評価した正味現在価値は (17) 式で表される．もし，この値がプラスなら B 企業は投資を行う決定をする．

$$NPV^B_{u^2\theta} = -I + \frac{(u^2\theta - c)^2}{9} + \frac{(u^2\theta - c)^2}{9r} \tag{17}$$

数値例を当てはめると $NPV = 70785$ となるので，第 3 期まで投資決定を先送りしてきた B 企業は，第 3 期で投資実行を決定し市場に参入することになる．需要パラメータが $u^2\theta$ 以外のときにも同じロジックで B 企業の最適投資決定を求めることができる．需要パラメータが $ud\theta$ のときには，数値例では $NPV = 19158$ となり，第 3 期に投資が実行される．しかし，需要パラメータが $d^2\theta$ のときは $NPV = -2744$ となり，第 3 期に投資が実行されない．

以上の分析は既に A 企業が市場に参入しているが，B 企業は参入していない状況での第 3 期における B 企業の最適決定問題であった．逆に，B 企業は既に参入しているが，A 企業が参入していない場合の第 3 期における A 企業の最適決定も同じロジックで分析可能である．われわれのモ

デルでは，両企業が直面する需要関数，費用関数は同一であると仮定した．つまり，両企業は対称的企業なので，A 企業の最適決定も B 企業の場合と全く同じになる．

両企業とも参入してない場合

つぎに，両企業とも投資を先送りして第 3 期に到達した場合を考えよう．もし投資を行うとすれば，第 4 期以降にするより第 3 期に行った方が望ましい．それゆえ，第 3 期に投資を実行するかどうかが問題となる．需要パラメータが $u^2\theta$ のときに，両企業が投資を実行した場合の各企業のペイオフは（17）式で表される．数値例では，NPV＝70785 となる．相手企業が投資をせず，自社だけが投資を行った場合のペイオフは（4）式で表され，数値例では NPV＝180516 となる．もちろん，両企業が投資をしない場合，各企業のペイオフはゼロである．これより，両企業とも投資をするのがナッシュ均衡になる．同じロジックで需要パラメータが $ud\theta$ のときも，ナッシュ均衡は両企業とも投資を実行することである．

それに対して，$d^2\theta$ のときはどうなるであろうか．ゲームの標準型で表したのが，表 2 である．括弧内の数値は，第 1 項が A 企業の利得，第 2 項が B 企業の利得を示している．この場合，「チキン」（chicken）ゲームと同じように，それぞれが違う行動を選択するのがナッシュ均衡になり，2 つの解が得られてしまう．つまり，A 企業が投資を実行し，B 企業が投

表 2　第 3 期でのゲーム
（両企業とも第 3 期まで決定を先送りした場合，需要パラメータ $d^2\theta$）

		B 企業 I	B 企業 D
A 企業	I	（−2744，−2744）	（15076，0）
	D	（0，15076）	（0，0）

資を実行しない行動の組み合わせと，逆に，A 企業が投資を実行せず，B 企業が投資を実行する組み合わせである.

このように，純粋戦略だけでは2つの非対称的なナッシュ均衡が得られてしまうが，この問題を解決するために，2つの行動 I, D を確率的に選択する混合戦略が可能であるとしよう．そこで，A 企業は確率 q で I を，確率 $1-q$ で D を選択し，B 企業は確率 w で I を，確率 $1-w$ で D を選択する混合戦略を考える．A 企業の利得の期待値は次式のようになる.

$$-2744qw+15076q(1-w)+0(1-q)w+0(1-q)(1-w)$$

したがって，A 企業の最適反応戦略，あるいは反応関数は次のように表せる．両企業は対称的企業なので B 企業の最適反応戦略も同じ形になり，w と q を入れ替えてやればよい.

$$0 \leqq w < 15076/17820 \text{ のとき，} q = 1$$
$$w = 15076/17820 \text{ のとき，} q = [0, 1]$$
$$15076/17820 < w \leqq 1 \text{ のとき，} q = 0$$

ナッシュ均衡は両企業の反応関数の交点で与えられ，両企業とも $q=w=15076/17820 \fallingdotseq 0.85$ の確率で I を選択し，残りの確率で D を選択するのが混合戦略の下でのナッシュ均衡になる．このときの利得の期待値はゼロとなる.

(4)　第2期での最適決定

A 企業が既に参入している場合

つぎに，第2期での決定問題に移ろう．最初に，第1期に A 企業は投資を実行したが，B 企業は投資決定を見合わせた場合を考える．第2期の需要パラメータを観察して，それを踏まえて当期に投資を断行するか，決定を先送るかの選択問題である．需要パラメータが $u\theta$ になったときには，第2期に投資を実行すれば期待正味現在価値は（18）式で表され，数値例

では $NPV=49409$ となる.

$$NPV_{u\theta}^{B} = -I+\frac{(u\theta-c)^2}{9}+p\cdot\frac{(u^2\theta-c)^2}{9r}+(1-p)\cdot\frac{(ud\theta-c)^2}{9r} \quad (18)$$

もしも，第 3 期まで決定を先送りした場合には，既に上で調べたように，需要パラメータが $u^2\theta$，$ud\theta$ いずれの場合も投資を実行するのが最適決定となり，その時点での正味現在価値はそれぞれ 70785 と 19158 である．それぞれが起こる確率と安全利子率を割引率として用いて，第 2 期時点での期待正味現在価値を求めるとつぎのようになる．

$$\frac{1}{1+0.1}(0.6\times70785+0.4\times19158) = 45577 \quad (19)$$

この値と第 2 期に投資を実行した場合の期待正味現在価値 49409 を比較すれば，第 2 期に投資を実行した方が望ましい．需要パラメータが $d\theta$ になったときも同様の計算を行うと，第 3 期まで投資決定を先送りするのが望ましくなる．同様に，第 1 期に B 企業は投資を実行したが A 企業は投資決定を見合わせた場合には，第 2 期での A 企業の最適行動は，いま述べた B 企業と同じ戦略になる．

両企業とも参入してない場合

つぎに，両企業とも第 1 期で投資決定を先送りする決定をして，第 2 期に到達した場合を考えよう．需要パラメータが $u\theta$ になったとする．この場合，両企業が第 2 期で投資を実行した場合の期待正味現在価値は（18）式で表され，数値例では 49409 となる．それに対して，A 企業が投資実行し，B 企業がしなかった場合には，A 企業と B 企業の第 2 期時点での期待正味現在価値はそれぞれ次式のようになる．ただし，上での分析から，B 企業は需要パラメータが $u^2\theta$，$ud\theta$ いずれの場合も第 3 期で投資を実行する行動を取ることが考慮に入れられている．

表3　第2期でのゲーム
（両企業とも第2期まで決定を先送りした場合，需要パラメータ $u\theta$）

		B 企業 *I*	*D*
A 企業	*I*	(49408, 49408)	(56131, 45576)
	D	(45576, 56131)	(45576, 45576)

$$NPV^A = -I + \frac{(u\theta - c)^2}{4} + p \cdot \frac{(u^2\theta - c)^2}{9r} + (1-p) \cdot \frac{(ud\theta - c)^2}{9r}$$

$$= 56131 \tag{20}$$

$$NPV^B = \frac{1}{1+0.1}(0.6 \times 70785 + 0.4 \times 19158) = 45577 \tag{21}$$

両企業とも第2期で投資決定を次期に先送りした場合には，既に上で調べたように，需要パラメータが $u^2\theta$，$ud\theta$ いずれの場合も両企業とも投資を実行するのが最適決定となり，その時点での正味現在価値はそれぞれ 70785 と 19158 であった．それぞれが起こる確率と安全利子率を割引率として用いて，第2期時点での期待正味現在価値を求めると 45577 となる．この計算式は上で述べた（19）式と同じである．

以上の結果をまとめたのが表3である．これより，両企業とも第1期に投資決定を先送りする決定をして第2期に到達し，需要パラメータが $u\theta$ になった場合，両企業とも第2期に投資を行う組み合わせがナッシュ均衡になる．

同じ計算をすると，需要パラメータが $d\theta$ になった場合は利得行列が表

表4　第2期でのゲーム
（両企業とも第2期まで決定を先送りした場合，需要パラメータ $d\theta$）

		B 企業 *I*	*D*
A 企業	*I*	(10084, 10084)	(19287, 10450)
	D	(10450, 19287)	(10450, 10450)

4 のようになる．純粋戦略の下では，(I,D) と (D,I) という 2 つのナッシュ均衡解が生じてしまうので混合戦略を考える．混合戦略の下でのナッシュ均衡は，両企業とも確率 0.96 で I を選択し，確率 0.04 で D を選択する戦略である．このときの利得の期待値は 10450 となる．

(5)　第 1 期での最適決定

最後に，現時点である第 1 期での決定を調べてみよう．まず，両企業とも第 1 期に投資を実行した場合の各企業の期待正味現在価値は，次式で表される．数値例では $NPV=32672$ となる．

$$
\begin{aligned}
NPV \;=\; & -I+\frac{(\theta-c)^2}{9}+\frac{1}{1+r}\left[p\cdot\frac{(u\theta-c)^2}{9}+(1-p)\cdot\frac{(d\theta-c)^2}{9}\right] \\
& +\frac{1}{1+r}\left[p^2\cdot\frac{(u^2\theta-c)^2}{9r}+2p(1-p)\cdot\frac{(ud\theta-c)^2}{9r}\right. \\
& \left.+(1-p)^2\cdot\frac{(d^2\theta-c)^2}{9r}\right] \qquad (22)
\end{aligned}
$$

つぎに，A 企業が投資を実行し，B 企業が投資決定を先延ばした場合の第 1 期時点での両企業の期待正味現在価値はそれぞれつぎのようになる．ただし，上の分析結果から，B 企業は第 2 期に需要パラメータが $u\theta$ になったときのみ投資を実行し，第 3 期まで投資決定を先延ばした場合，需要パラメータが $ud\theta$ になったときのみ投資を実行することが考慮されている．数値例では，$NPV_\theta^A=40518$，$NPV_\theta^B=30750$ となる．

$$
\begin{aligned}
NPV_\theta^A \;=\; & -I+\frac{(\theta-c)^2}{4}+\frac{1}{1+r}\left[p\cdot\frac{(u\theta-c)^2}{9}+(1-p)\cdot\frac{(d\theta-c)^2}{4}\right] \\
& +\frac{1}{1+r}\left[p^2\cdot\frac{(u^2\theta-c)^2}{9r}+2p(1-p)\cdot\frac{(ud\theta-c)^2}{9r}\right.
\end{aligned}
$$

$$+(1-p)^2\cdot\frac{(d^2\theta-c)^2}{4r}\Bigg] \tag{23}$$

$$NPV_\theta^B=\frac{0.6\times49409}{1+0.1}+\frac{0.4\times0.6\times19158}{(1+0.1)^2}=30750 \tag{24}$$

最後に，両企業とも第1期に投資決定を先送りした場合には上の分析結果から，需要パラメータが $u\theta$ になった場合，両企業とも第2期で投資を行い，$d\theta$ になった場合には両企業とも確率0.96で I を，確率0.04で D を選択する混合戦略を選ぶ．これより，次式が得られる．

$$\frac{0.6\times49409+0.4\times10450}{1+0.1}=30750$$

以上の戦略のペイオフをまとめたのが表5である．ナッシュ均衡は，両企業とも I を選ぶ組み合わせである．これより第1期（現時点）での最適戦略は，両企業とも決定を先送りすることなく，投資を実行する戦略になる．そして，投資の期待正味現在価値は32672である．独占的に投資機会を持ち合わせている場合であれば，需要の動向を確かめるために2期に投資決定を先送りするのが最適であっても，競争企業と競合しているような場合には，決定を遅らせている間に他企業に市場参入の機会を与えてしまう危険性があるため，第1期で投資をせざるを得なくなると考えられる．このことは図4を見れば容易に理解できるだろう．A 企業が第1期で D を選択したときでも，B 企業は I を選択する．B 企業のそのような行動によって，A 企業は第1期の需要をすべて奪われてしまう．それを予期して A 企業は第1期で I を選択するわけである．

表5　第1期でのナッシュ均衡

		B 企業 I	B 企業 D
A 企業	I	(32672, 32672)	(40518, 30750)
	D	(30750, 40518)	(30750, 30750)

なお，以上の分析では，両企業が直面する需要関数，費用関数が同一である対称企業を想定した．しかし，限界費用が両企業で異なったり，製品差別化が行われているが，競合する製品を生産・販売する場合にも，同じロジックで容易に分析を拡張することが可能である．

今まで述べてきたことは，つぎのようにまとめることができる．先行投資をし，他社に先駆けて市場に参入する戦略には，メリットとデメリットがあるので両者を斟酌して最適な投資のタイミングを計らなくてはならない．ここで，先行投資のメリットは，市場に参入を計画している競争企業に参入を思いとどまらせる効果があることである．それは，先行投資が，もしも，将来，他社が市場に参入した場合，自社が将来攻撃的な行動にでることに対するコミットメントになるからである．それに対して，先行投資のデメリットは，需要の動向が不確かな段階で先駆け的な投資を行った場合，将来，需要が芳しくないことが判明したときに大きな損失を被ってしまう危険性があることである．先駆け投資のコミットメント（commitment）効果と，投資先送りの柔軟性（flexibility）効果のトレードオフと言ってよいだろう．

このような2つの要因を考慮に入れて投資のタイミングを計る必要があることに対する有名な事例として，オランダの大手家電メーカー，フィリップス社が1982年に直面した投資決定問題がある．フィリップスは，1983年にアメリカでCD（コンパクトディスク）製造工場を建設すべきかどうかの決定に迫られていた．もしも，ソニーなどの競争企業に先駆けてアメリカ工場を建設すれば，競争上優位な立場に立つことができた．しかし，新製品であるCDに対する将来需要はその時点では不確かであり，もしも需要が芳しくないことが判明すれば，過剰設備を抱え込む危険性があった．まさに，フィリップスが直面した決定問題は，先行投資のタイミングをどのように計るかという問題であった．実際にフィリップスが取った

戦略は，すでにドイツにある工場からCDをアメリカに輸出し，需要の動向を見定めるためにアメリカ工場の建設を1983年には行わない戦略であった.(7)

（1） 実物オプション・アプローチについて体系的に書かれたものに，Dixit and Pindyck (1994)，Trigeorgis (1996) がある．実物オプション・アプローチの有用性を分かりやすく解説したものとしては，Dixit and Pindyck (1995)，久保 (2000) を参照せよ.

（2） 完備市場 (complete markets) とは，既存の証券あるいはそのポートフォリオを組み合わせることによって，自らが望む将来のペイオフを作り出すことができるような金融・資本市場を指す.

（3） リスク中立的な場合のオプション価値 C_θ は7822である．そのうち，本源的価値が5876，時間的価値が1946である．それに対して，リスク中立性の仮定を除いた場合のオプション価値 C_θ は7962で，そのうち本源的価値が4600，時間的価値が3362である．本源的価値は後者の場合の方が前者に比べて小さいが，時間的価値が前者を上回るので，オプション価値全体としては後者の場合の方が大きくなっている.

（4） その他のさまざまな実物オプションについては，Trigeorgis (1996) の第5章，第6章を参照せよ.

（5） 実物オプションとゲーム論の融合に関しては，最近その重要性が認識され研究がスタートした段階にある．萌芽的研究としては，Smit and Ankum (1993)，Kulatilaka and Perotti (1998) がある．また，啓蒙的な論文としては Grenadier (2000) を参照せよ.

（6） 部分ゲーム完全均衡については，例えば Gibbons (1992) を参照.

（7） フィリップスの事例についての詳細は，McGahan (1993) を参照せよ.

参考文献

奥野正寛・鈴村興太郎，『ミクロ経済学 II』，岩波書店，1988.

久保俊郎，「設備投資の意思決定」，柴川林也編著『経営財務』，八千代出版，2000，113-130ページ.

丸山雅祥・成生達彦，『現代のミクロ経済学―情報とゲームの応用ミクロ』，創文社，1997.

Bolton, Patrick and David Scharfstein, "The Theory of Predation Based on Agency Problems in Financial Contracting," *American Economic Review*, March, 1990, pp. 93-106.

Brander, James and Tracy Lewis, "Oligopoly and Financial Structure : The Limited Liability Effect," *American Economic Review*, December, 1986, pp. 956-970.

Bulow, Jeremy, John Geanakoplos and Paul Klemperer, "Multimarket Oligopoly : Strategic Substitutes and Complements," *Journal of Political Economy*, June, 1985, pp. 488-511.

Dixit, Avinash, "The Role of Investment in Entry Deterrence," *Economic Journal*, March, 1980, pp. 95-106.

Dixit, Avinash and Robert Pindyck, *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press, 1994.

Dixit, Avinash and Robert Pindyck, "The Options Approach to Capital Investment," *Harvard Business Review*, May-June, 1995, pp. 105-115. (DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー編集部編訳『金融工学のマネジメント』，ダイヤモンド社，2001年，53-95ページ)

Fudenberg, Drew and Jean Tirole, "The Fat-Cat Effect, the Puppy-Dog Ploy, and the Lean and Hungry Look," *American Economic Review*, May, 1984, pp. 361-366.

Gibbons, Robert, *Game Theory for Applied Economists*, Princeton University Press, 1992. (福岡正夫・須田伸一訳『経済学のためのゲーム理論入門』，創文社，1995年)

Grenadier, Steven, "An Introduction to Option Exercise Games," in Steven Grenadier ed., *Game Choices : The Intersection of Real Options and Game Theory*, Risk Books, 2000, pp. xv-xxxiii.

Kulatilaka, Nalin and Enrico Perotti, "Strategic Growth Options," *Management Science*, August, 1998, pp. 1021-1031.

Maksimovic, Vojislav, "Financial Structure and Product Market Competition," in Robert Jarrow, Vojislav Maksimovic and William Ziemba eds., *Finance*, North-Holland, 1995, pp. 887-920.（今野浩・古川浩一監訳『ファイナンスハンドブック』，朝倉書店，1997 年）

McGahan, Anita, "The Incentive not to Invest : Capacity Commitments in the Compact Disc Introduction," in Robert Burgelman and Richard Rosenbloom eds., *Research on Technological Innovation, Management and Policy*, Vol. 5, JAI Press, 1993, pp. 177-197.

Showalter, Dean, " Oligopoly and Financial Structure : Comment," *American Economic Review*, June, 1995, pp. 647-653.

Showalter, Dean, "Strategic Debt : Evidence in Manufacturing," *International Journal of Industrial Organization*, April, 1999, pp. 319-333.

Smit, Han and L. A. Ankum, "A Real Options and Game-Theoretic Approach to Corporate Investment Strategy under Competition," *Financial Management*, Autumn, 1993, pp. 241-250.

Trigeorgis, Lenos, *Real Options : Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, The MIT Press, 1996.