研究ノート

競合的投資における延期オプションの価値

石川　勝

要　旨

本稿では，オプション価値を織り込むことによって投資評価に実行のタイミングを考慮するリアル・オプション・アプローチに基づいて，投資の価値に2企業の競合状況がもたらす影響について分析を行っている．リアル・オプション・アプローチでは，投資価値はオプション価値に依存する．2企業によって競合的投資が行われる市場のゲーム構造の下で，投資の延期オプションが価値をもつ条件とオプション価値の大きさを明らかにするため，2時点の離散モデルを用いて，キャッシュ・フローのパターンから生じるチキンゲーム及び両性の争いゲームの分析を行った．その結果，一般的状況のもとでは，両ゲーム構造において延期オプションが価値をもつ条件とオプション価値の大きさに対照的な結果が生じることが示された．

1. はじめに

伝統的なDCF法によって，企業が最適な投資意思決定を行う際に考慮すべき点は，投資がもたらす将来キャッシュ・フローの予想と割引率の決定である．将来キャッシュ・フローの予想には，当然，様々なリスクや不確実性要因が影響する[1]．それらの要因は割引率決定の際に考慮，調整されることによって，投資の現在価値に織り込まれる．しかし，現実の投資意思決定には，キャッシュ・フローの予想や割引率の決定とともに，投資を実行するタ

イミングの決定が重要な課題となる．一旦行われた投資は通常不可逆的で，埋没的な性格を有していることが多いので，企業を取り巻く投資環境が将来時点で変化する可能性がある場合，当初予想されたキャッシュ・フローに基づいて投資の評価を行えば，意思決定を誤る可能性がある．そのため，投資を行うタイミングが意思決定上の重要な要素となるのである．正味現在価値法に代表される伝統的なDCF法による投資評価方法から得られる情報は，その点において不十分であると見なされてきたが，近年注目されているリアル・オプション・アプローチは将来の投資行動を変更できる権利をオプションとして評価し，投資のタイミングに関する意思決定情報を提供することによって，NPV基準の問題点を補完し，投資意思決定を改善することができるものと期待されている．

リアル・オプションによる投資評価を行う際に重要な要素となるのは，オプションの価値である．ここでいうオプションとは，「あらかじめ決められた期間内に，あらかじめ決められたコストで，何らかのアクションを行う権利[2]」を意味し，オプションの価値はその権利を行使することによって追加的に得られる純キャッシュ・フローである．意思決定を変更した（権利を行使した）場合，投資の現在価値が高まるのであれば，それはオプションが価値を持っており，当該投資案に価値の高いオプションが存在すれば，投資の現在価値は高く評価される．オプションの価値には，企業を取り巻く環境変化として，需要やコストの変動と共に市場における競合状況などが反映するものと考えられる．本稿では，単純化した2時点の離散モデルを用いて，市場で競合的な投資を行う際に生じるオプション価値の分析を行う．

離散モデルによる競争状況を取り入れたリアル・オプション分析には，Smit and Ankum（1993），Smit and Trigeorgis（2001），今井・渡辺（2003）等による先行研究がある．Smit and Ankum（1993）では，仮想の数値例に基づき，離散3時点のモデルを用いて延期オプションの評価に基づく参入のタイミングなどを分析しており，Smit and Trigeorgis（2001）の研究も離散2時点のリアル・オプションの数値例を用いて，2企業の競合関係から導

かれる最適な戦略的投資意思決定のパターンを導き出している．また，今井・渡辺（2003）では，数値例および一般化された離散２時点モデルにもとづき，オプションが生じる条件を導いている．本稿は，上記の Smit and Ankum（1993），今井・渡辺（2003）と同様の需要の不確実性が存在する競合状況を扱う離散モデルを用いているが，投資がもたらすキャッシュ・フローのパターンにもとづく市場のゲーム構造に焦点を当て，オプションが生じる条件及びその価値に影響を及ぼす要因に関して，一般化した分析を行っている点で異なっている．

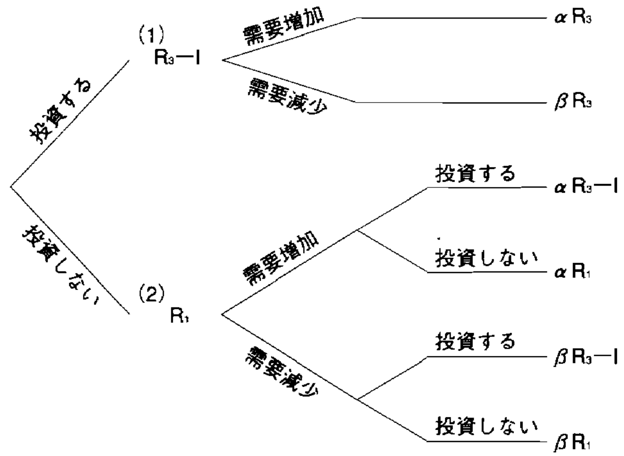
2. モデルの概要

競合する２企業が投資の意思決定を行う状況を想定する．例えば，不動産再開発投資，あるいは製品の改良またはバージョンアップのための投資，あるいは既存製品に新たなラインを追加したり，新規事業分野に進出したりするための投資など，同地域，同業界において，両者が同様の用途に供されるサービスや商品を提供するために，競合状況下で追加的な投資を行うか否かを決定しなければならない状況である．

２つの企業を仮にＸ社，Ｙ社とし，先ずは両企業が１期目に投資Iを行うか否かについて，同時に意思決定を行う．しかし，将来の需要に不確実性が存在する場合，１期に投資を行わず，２期における需要の変動を見極め，さらに相手企業の１期における意思決定を観察した上で，再度，投資の意思決定を行えるものとする．

各期において，両企業が獲得できるキャッシュ・フロー，及び直面する状況を次のように仮定する．２企業が共に新たな追加的投資をしないと決定した場合，両企業が各期末に得られるキャッシュ・フローを共にR_1，逆に両企業が共に追加投資を行うという意思決定をしたときに両企業が得るキャッシュ・フローを共にR_2とする．また，一方の企業のみが追加投資をしたときには，追加投資を行った方の企業が得るキャッシュ・フローはR_3，追加投資しなかった方の企業が得るキャッシュ・フローをR_4とする．

図表①　Ｘ社単独の意思決定とキャッシュフロー



このような需要変動に不確実性のある状況下における投資意思決定には，リアル・オプションによる投資評価を適用することができる．リアル・オプション・アプローチでは，投資対象をエミュレートできる完備市場における証券を組み込んだポートフォリオを想定し，無裁定条件に基づいてリスク中立確率とリスクフリー・レートを用いた投資の評価を行う[3]．ここでは，第２期で需要が増加するリスク中立確率をp，減少するリスク中立確率をqとし，リスクフリー・レートをr_fとする．また，需要が増加するときのキャッシュ・フローはα倍になり，減少するときはβ倍になるものとし，p，q，α，β，r_fは以下の条件を満たすものとする．

$$p+q=1 \quad p,q \geq 0 \quad \alpha > 1 > \beta > 0 \quad 1 > r_f > 0$$

3. 独占的状況下での投資意思決定

はじめに，市場にはＸのみが存在し，競争相手Ｙが存在せず，Ｘが単独で投資を行う場合の投資意思決定を分析する．このときＸの得るキャッシュ・フローは図①のように表すことができる．ここで，Ｘが１期で投資を実行する，図表①における(1)の場合の投資価値（V_X^{m1}）は以下のように求め

られる.

$$V_X^{m1}=R_3-I+\frac{p\alpha R_3+q\beta R_3}{1+r_f}$$

また，Xが1期で投資せずに，2期以降で投資の意思決定を行う(2)の場合，延期オプションを行使することになるが，R_1，R_3，α，β，Iの値によって，さらに以下の3ケースが考えられる[4].

① β (R_3-R_1) $\geq I$のとき，2期で需要の変動にかかわりなく投資を実行する[5]．このときの1期におけるXの投資価値（V_{X1}^{m2}）は以下のようになる.

$$V_{X1}^{m2}=R_1+\frac{p(\alpha R_3-I)+q(\beta R_3-I)}{1+r_f}$$

このケースで，Xが1期で投資を行わず，2期に投資を延期した方が望ましい条件，すなわち延期オプションが価値を持つ条件を導出する．上のV_{X1}^{m2}が(1)におけるV_X^{m1}を超えていれば，Xは2期で投資することを選好するから,

$$V_{X1}^{m2}-V_X^{m1}=R_1+\frac{p(\alpha R_3-I)+q(\beta R_3-I)}{1+r_f}-\left(R_3-I+\frac{p\alpha R_3+q\beta R_3}{1+r_f}\right)>0$$

$$I>\frac{1+r_f}{r_f}(R_3-R_1)$$

2期で投資が行われるためには，投資額Iが上の条件を満たす必要があるが，一方で，$1>\beta>0$，$1>r_f>0$の前提条件から,

$$\frac{1+r_f}{r_f}>\beta \quad より \quad \frac{1+r_f}{r_f}(R_3-R_1)>\beta(R_3-R_1)\geq I$$

が満たされていなければならないが，上の条件はこれに矛盾する．すなわち，①のケースでは，Xが2期で投資の実行を選択することはなく，必ず1期で投資を行う．延期オプションが価値を持つのは1期で投資の意思決定を行うより，2期で1期とは異なる意思決定を行うことによって投資価値を高めることができる可能性が存在する場合であるから，このケースにおいて延期オプションの価値は存在しないことになる.

② $\alpha(R_3-R_1)>I\geq\beta(R_3-R_1)$ のとき，2期で需要が増加すれば投資を実行し，需要が減少すれば投資を実行しない[6]．このときの1期におけるXの投資価値（V_{X2}^{m2}）は以下のように求められる.

$$V_{X2}^{m2}=R_1+\frac{p(\alpha R_3-I)+q\beta R_1}{1+r_f}$$

このケースにおいて，1期で投資しない条件は①と同様にして，$V_X^{m1}<V_{X2}^{m2}$の場合である.

$$V_{X2}^{m2}-V_X^{m1}=R_1+\frac{p(\alpha R_3-I)+q\beta R_1}{1+r_f}-\left(R_3-I+\frac{p\alpha R_3+q\beta R_3}{1+r_f}\right)>0$$

$$I>\frac{1+r_f+q\beta}{q+r_f}(R_3-R_1)$$

したがって，このケースでは，Xが1期で投資せず，2期において需要が増加すれば投資し，需要が減少したときは投資しないというオプションが価値を持つ条件は,

$$\frac{1+r_f+q\beta}{q+r_f}>\beta より,$$

$$\alpha(R_3-R_1)>I\geq\frac{1+r_f+q\beta}{q+r_f}(R_3-R_1)$$

となり，このときの延期オプションの価値は以下のように求められる.

$$V_{X2}^{m2}-V_X^{m1}=\left(\frac{q+r_f}{1+r_f}\right)I-\left(1+\frac{q\beta}{1+r_f}\right)(R_3-R_1)$$

③ $\alpha(R_3-R_1)\leq I$のとき，2期で需要の変動にかかわりなく投資を実行しない[7]．このときの1期におけるXの投資価値（V_{X3}^{m2}）は以下のようになる.

$$V_{X3}^{m2}=R_1+\frac{p\alpha R_1+q\beta R_1}{1+r_f}$$

このときXが1期でも投資しない条件は,

$$V_{X3}^{m2}-V_X^{m1}=R_1+\frac{p\alpha R_1+q\beta R_1}{1+r_f}-\left(R_3-I+\frac{p\alpha R_3+q\beta R_3}{1+r_f}\right)>0$$

$$I>\left(1+\frac{p\alpha+q\beta}{1+r_f}\right)(R_3-R_1)$$

ゆえに，Xが1期でも2期でも投資を行わない条件は，以下のように求められる．

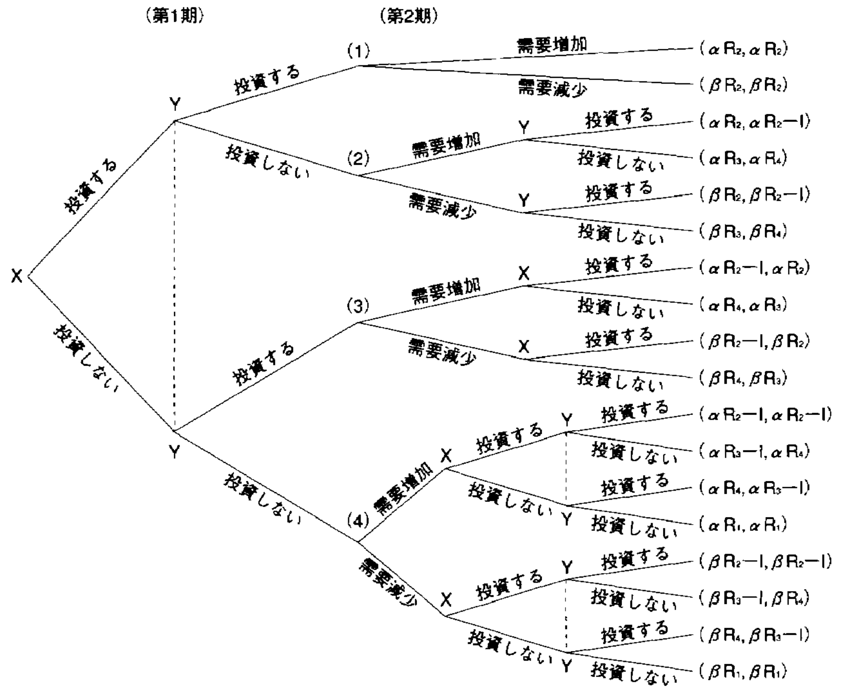
$$I\geq max\left[\left(1+\frac{p\alpha+q\beta}{1+r_f}\right)(R_3-R_1),\alpha(R_3-R_1)\right]$$

ここで，①と③のケースでは，1期及び2期ともに需要の変動とは無関係に投資するかどうかの意思決定が行われるので，1期から2期へ投資の意思決定を延期するオプションが価値をもつのは，②のケースのみであることがわかる．②のケースにおけるオプションの価値は投資費用（I）が大きいほど大きくなる．また，需要が減少する確率（q）が高いほど大きくなることがわかる．逆に，（R_3-R_1）が大きいほどオプション価値は小さくなる[8]．以上のことから，投資費用が大きいほど，または需要が減少する確率が高いほど，投資を延期する方が投資価値を高めることができるのに対して，市場を独占することによって得られるキャッシュ・フロー（R_3-R_1）が大きくなるほど，早期に投資する方が高い投資価値を実現できることがわかる．

4. 競合状況下での投資意思決定(1)

次に，X社とY社の2社が市場で競合する状況を想定し，そのときの延期オプションが存在する条件，及び延期オプションの価値に影響する要因について考察する．XとYの意思決定は1期において4つのケースに分かれ，その後の需要変動と意思決定によって，両社が獲得するキャッシュ・フローは図表②のような展開型のゲームとして表すことができる．ここで，樹形図の右端（　）内の左はXの，右はYのキャッシュ・フローを示している．1期と2期はそれぞれ同時進行ゲームを仮定しているので，図中の破線は情報集合を表しており，1期においてYはどちらのノードに位置しているかを知らない．XとYは両社が1期目でどのような行動を採ったかを知った上で，2期の需要変動を見て，意思決定を行うことができる．ここで，XとY

図②　X社とY社の意思決定とキャッシュフロー



の2期におけるゲームは(2)〜(4)の部分ゲームからなっているので，1期における投資価値を後向き帰納法（backward induction）により求めることができる．

図表②の(1)は両社が1期で投資することを選択するケースである．この場合，2期で両社は投資を行わないので，1期のキャッシュ・フローと2期のキャッシュ・フローは両社ともに同じになり，1期におけるXとYの投資価値（V_X^{c1},V_Y^{c1}）は以下のように求められる．

$$(V_X^{c1},V_Y^{c1})=\left(R_2-I+\frac{p\alpha R_2+q\beta R_2}{1+r_f},R_2-I+\frac{p\alpha R_2+q\beta R_2}{1+r_f}\right)$$

(2)では，Xは1期で投資を実行するが，Yは1期では投資を見合わせ，2期において1期のXの意思決定と2期の需要状況を前提として投資の意思

決定を行う．この場合，両社の1期における投資価値はYの2期における意思決定次第で異なってくる．2期において，Yは以下の3パターンの意思決定を行うことができる[9]．

①　$\beta(R_2-R_4)\geq I$ のとき，Yは需要の変動に関わりなく投資を実行する[10]．このときの1期におけるXとYの投資価値（V^{c2}_{X1}, V^{c2}_{Y1}）は以下のように求められる．

$$(V^{c2}_{X1}, V^{c2}_{Y1})=\left(R_3-I+\frac{p\alpha R_2+q\beta R_2}{1+r_f}, R_4+\frac{p(\alpha R_2-I)+q(\beta R_2-I)}{1+r_f}\right)$$

このケースで，Yが1期で投資を行わず，2期に投資を延期した方が望ましい条件，すなわち延期オプションが価値を持つ条件を導出する．V^{c2}_{Y1}が(1)におけるV^{c1}_{Y}を超えていれば，Yは2期で投資することを選ぶから，

$$V^{c2}_{Y1}-V^{c1}_{Y}=R_4+\frac{p(\alpha R_2-I)+q(\beta R_2-I)}{1+r_f}-\left(R_2-I+\frac{p\alpha R_2+q\beta R_2}{1+r_f}\right)>0$$

$$I>\frac{1+r_f}{r_f}(R_2-R_4)$$

2期で投資が行われるためには，投資額Iが上の条件を満たす必要があるが，一方で，$1>\beta>0$，$1>r_f>0$の前提条件から，

$$\frac{1+r_f}{r_f}>\beta \quad より \quad \frac{1+r_f}{r_f}(R_2-R_4)>\beta(R_2-R_4)\geq I$$

が満たされていなければならないが，上の条件はこれに矛盾する．すなわち，①のケースでは，Yが2期で需要の変動に関わりなく投資を実行するよりも，1期で投資を行う方が有利である．延期オプションが価値を持つのは1期で投資の意思決定を行うより，2期で1期とは異なる意思決定を行った方が投資価値を高められる場合であるから，このケースにおいては，X，Yともに延期オプションの価値は存在しないことになる．

②　$\alpha(R_2-R_4)>I\geq\beta(R_2-R_4)$ のとき，Yは需要が増加すれば投資を実行し，需要が減少すれば投資を実行しない[11]．このときの1期におけるXとYの投資価値（V^{c2}_{X2}, V^{c2}_{Y2}）は以下のようになる．

$$(V^{c2}_{X2}, V^{c2}_{Y2})=\left(R_3-I+\frac{p\alpha R_2+q\beta R_3}{1+r_f}, R_4+\frac{p(\alpha R_2-I)+q\beta R_4}{1+r_f}\right)$$

ここで，Yが1期で投資しない方が有利となる条件は$V^{c1}_{Y}<V^{c2}_{Y2}$より，

$$V^{c2}_{Y2}-V^{c1}_{Y}=R_4+\frac{p(\alpha R_2-I)+q\beta R_4}{1+r_f}-\left(R_2-I+\frac{p\alpha R_2+q\beta R_2}{1+r_f}\right)>0$$

$$I>\frac{1+r_f+q\beta}{q+r_f}(R_2-R_4)$$

従って，Yが1期で投資せず，2期において需要が増加すれば投資し，需要が減少したときは投資しないというオプションが価値を持つ条件は

$$\frac{1+r_f+q\beta}{q+r_f}>\beta \quad より,$$

$$\alpha(R_2-R_4)>I\geq\frac{1+r_f+q\beta}{q+r_f}(R_2-R_4)$$

となり，このときの延期オプションの価値は以下のように求められる．

$$V^{c2}_{Y2}-V^{c1}_{Y}=\left(\frac{q+r_f}{1+r_f}\right)I-\left(1+\frac{q\beta}{1+r_f}\right)(R_2-R_4)$$

③　$\alpha(R_2-R_4)\leq I$ のとき，Yは需要の変動にかかわりなく投資を実行しない[12]．このときの1期におけるXとYの投資価値（V^{c2}_{X3}, V^{c2}_{Y3}）は以下のように求められる．

$$(V^{c2}_{X3}, V^{c2}_{Y3})=\left(R_3-I+\frac{p\alpha R_3+q\beta R_3}{1+r_f}, R_4+\frac{p\alpha R_4+q\beta R_4}{1+r_f}\right)$$

以上(2)の場合では，Xは1期で投資することを決めているので，オプション価値は存在しない．一方，Yにとって，①のケースでは，必ず1期で投資が行われ，③のケースでは，1期，2期ともに投資を実行しないという意思決定が必ず選択されるので，②のケースのみにおいて，延期オプションが価値を持つことになる．

ここで，②における延期オプションの価値は前節の競合状況にない場合と同様に，投資費用（I），需要が減少する確率（q）とともに高くなるが，YがXと同様に投資を行うことによって得るキャッシュ・フロー（R_2-R_4）が大きいほどオプションの価値が低くなる点で異なっている[13]．すなわち，

市場が競合状況にある場合，相手と同じ投資行動を採ることによって得られるキャッシュ・フローが小さければ，投資の意思決定を延期することによって，投資価値を高めることが可能になることがわかる．これは意思決定を延期して，相手の行動を観察した上で，自らの行動を決める可能性を残すことが投資の価値を高めることを意味している．投資コストや需要が減少する可能性が高いほどオプション価値が高くなるのは，需要が大きく減少する可能性が高い場合，投資を行わないという意思決定を選択する方がキャッシュ・フローを大きくできる余地があるからである．

(3)では，Xが1期で投資を見合わせるため，Xの2期における意思決定によって，1期における投資価値が決まってくる[14]．(3)では，(2)におけるYの立場がそのままXと入れ替わるだけである．

①　$\beta\ (R_2-R_4)\ \geq I$のとき，Xは需要の変動に関わりなく投資を実行する[15]．このときの1期におけるXとYの投資価値（V^{c3}_{X1}, V^{c3}_{Y1}）は以下のように求めることができる．

$$(V^{c3}_{X1},\ V^{c3}_{Y1})=\left(R_4+\frac{p(\alpha R_2-I)+q(\beta R_2-I)}{1+r_f},\ R_3-I+\frac{p\alpha R_2+q\beta R_2}{1+r_f}\right)$$

(2)の①のケースと同様に，Xは1期で投資を実行することが有利であり，Yは1期で投資するので，両社ともに投資意思決定を延期するオプション価値は存在しない．

②　$\alpha(R_2-R_4)>I>\beta(R_2-R_4)$　のとき，Xは需要が増加すれば投資を実行し，需要が減少すれば投資を実行しない[16]．このときの1期におけるXとYの投資価値（V^{c3}_{X2}, V^{c3}_{Y2}）は以下のように求めることができる．

$$(V^{c3}_{X2},\ V^{c3}_{Y2})=\left(R_4+\frac{p(\alpha R_2-I)+q\beta R_4}{1+r_f},\ R_3-I+\frac{p\alpha R_2+q\beta R_3}{1+r_f}\right)$$

ここで，Xが1期で投資しない方が有利となる条件は$V^{c1}_X<V^{c3}_{X2}$より，

$$V^{c3}_{X2}-V^{c1}_X=R_4+\frac{p(\alpha R_2-I)+q\beta R_4}{1+r_f}-\left(R_2-I+\frac{p\alpha R_2+q\beta R_2}{1+r_f}\right)>0$$

$$I>\frac{1+r_f+q\beta}{q+r_f}(R_2-R_4)$$

従って，Xが1期で投資せず，2期において需要が増加すれば投資し，需要が減少したときは投資しないという延期オプションが価値を持つ条件は

$$\frac{1+r_f+q\beta}{q+r_f}>\beta\quad より，$$

$$\alpha(R_2-R_4)>I\geq\frac{1+r_f+q\beta}{q+r_f}(R_2-R_4)$$

となり，延期オプションの価値は以下のように求められる．

$$V^{c3}_{X2}-V^{c1}_Y=\left(\frac{q+r_f}{1+r_f}\right)I-\left(1+\frac{q\beta}{1+r_f}\right)(R_2-R_4)$$

③　$\alpha(R_2-R_4)\leq I$のとき，Xは需要の変動にかかわりなく投資を実行しない[17]．このときの1期におけるXとYの投資価値（V^{c3}_{X3}, V^{c3}_{Y3}）は以下のように表すことができる．

$$(V^{c3}_{X3},\ V^{c3}_{Y3})=(R_4+\frac{p\alpha R_4+q\beta R_4}{1+r_f},\ R_3-I+\frac{p\alpha R_3+q\beta R_3}{1+r_f})$$

(2)の③のケースと同様に，1期，2期ともに投資を実行しないという意思決定が変更されないので，(3)の場合においても，②のケースにおいてのみ延期オプションが価値を持つことになる[18]．

次に，(4)の場合，以上の(1)から(3)までの状況と異なり，XとYは1期でいずれも投資を行わないので，両社のキャッシュ・フローは需要の変動とXとYの2期における意思決定とによって決まることになる．需要が増加した場合，XとYのキャッシュ・フローは図表③のような標準型のゲーム構造で表すことができる．同様にして，需要が減少した場合のキャッシュ・フローは図表④のゲーム構造で表される．これらの行列で縦の列はXの行動を，横の行はYの行動を表す．各セルの（　）内は左にXの，右にYの2期におけるキャッシュ・フローを示している．

これらのゲームにおけるナッシュ均衡はR_1〜R_4の大きさによって決まる．例えば需要が増加する場合，$\alpha R_2-I>\alpha R_4$かつ$\alpha R_3-I>\alpha R_1$，すなわち$\alpha(R_2-R_4)>I$かつ$\alpha(R_3-R_1)>I$であれば，X，Yともに投資を実行するが，$\alpha R_2-I<\alpha R_4$かつ$\alpha R_3-I<R_1$，すなわち$\alpha(R_2-R_4)<I$かつ$\alpha(R_3-R_1)<I$

図表③　需要が増加した場合のキャッシュ・フロー

X＼Y	投資する	投資しない
投資する	$(\alpha R_2-I,\ \alpha R_2-I)$	$(\alpha R_3-I,\ \alpha R_4)$
投資しない	$(\alpha R_4,\ \alpha R_3-I)$	$(\alpha R_1,\ \alpha R_1)$

図表④　需要が減少した場合のキャッシュ・フロー

X＼Y	投資する	投資しない
投資する	$(\beta R_2-I,\ \beta R_2-I)$	$(\beta R_3-I,\ \beta R_4)$
投資しない	$(\beta R_4,\ \beta R_3-I)$	$(\beta R_1,\ \beta R_1)$

ならば，XもYも投資しない．しかし，この2期のゲームでは，XとYは相手の2期における意思決定はわからないまま同時に決定を下すと仮定しているため，$\alpha(R_2-R_4)<I$ かつ $\alpha(R_3-R_1)>I$ の条件を満たす場合，{Xは投資する，Yは投資しない} と {Xは投資しない，Yは投資する} という2つのナッシュ均衡解が存在し，どちらの行動の組み合わせも実現する可能性がある．さらに $\alpha(R_2-R_4)>I$ かつ $\alpha(R_3-R_1)<I$ の条件を満たす場合には，{Xは投資する，Yは投資する} と {Xは投資しない，Yは投資しない} という2つの行動の組み合わせがナッシュ均衡解となる．前者は相手が投資をしなければ，自らが投資をした方が利得を大きくできる一方で，相手が投資をすれば自らは投資をしない方が良いという，いわゆる「チキンゲーム (chicken game)」と呼ばれるゲーム構造を，そして後者は相手が投資をすれば自社も投資をし，相手が投資しなければ，自社も投資しない方が利得を大

きくできるという，いわゆる「両性の争い (battle of sexes)」と呼ばれるゲーム構造をとっている．これらのゲームには，いずれも複数の純粋ナッシュ均衡戦略が存在し，混合戦略の概念を導入しない限り，ゲームの解を一意に決定することはできない[19]．混合戦略を容認すれば，混合ナッシュ均衡をもたらす確率が与えられるが，日常的に繰り返し発生する競合状態や長期的な相互依存関係の下で繰り返される意思決定状況とは異なり，不動産投資や新製品開発投資など，個々に独自性の強い投資意思決定を混合戦略として捉えることは現実的ではない．そこで，本稿では，専ら純粋戦略に限定して考察することとする．

以上をまとめると，(4)で需要が増加する場合，2期の部分ゲームの最適戦略は以下のようになる．

① $R_3-R_1>R_2-R_4$ の場合

　i）$\alpha(R_2-R_4)\geq I$ のとき，両社共に投資を実行する．

　ii）$\alpha(R_3-R_1)\leq I$ のとき，両社共に投資を実行しない．

　iii）$\alpha(R_2-R_4)<I<\alpha(R_3-R_1)$ のとき，相手が投資すれば投資せず，相手が投資しなければ投資する．

② $R_3-R_1<R_2-R_4$ の場合

　i）$\alpha(R_3-R_1)\geq I$ のとき，両社共に投資を実行する．

　ii）$\alpha(R_2-R_4)\leq I$ のとき，両社共に投資を実行しない．

　iii）$\alpha(R_2-R_4)>I>\alpha(R_3-R_1)$ のとき，相手が投資すれば投資し，相手が投資しなければ投資しない．

また，需要が減少する場合も同様にして，

① $R_3-R_1>R_2-R_4$ の場合

　i）$\beta(R_2-R_4)\geq I$ のとき，両社共に投資を実行する．

　ii）$\beta(R_3-R_1)\leq I$ のとき，両社共に投資を実行しない．

　iii）$\beta(R_2-R_4)<I<\beta(R_3-R_1)$ のとき，相手が投資すれば投資せず，相手が投資しなければ投資する．

② $R_3-R_1<R_2-R_4$ の場合

i）$\beta(R_3-R_1)\geq I$のとき，両社共に投資を実行する．

ii）$\beta(R_2-R_4)\leq I$のとき，両社共に投資を実行しない．

iii）$\beta(R_2-R_4)>I>\beta(R_3-R_1)$のとき，相手が投資すれば投資し，相手が投資しなければ投資しない．

需要が増加する場合，及び減少する場合ともに，①のケースでは，両性の争いは発生せず，チキンゲームのみが生じるが，②のケースでは，逆にチキンゲームは発生せず，両性の争いが生じる．これらの状況は(R_3-R_1)と(R_2-R_4)の大小関係によって決まる．(R_3-R_1)は他社が投資せず，自社のみが投資したときの利得の大きさを表しており，(R_2-R_4)は他社が投資しているが，自社が投資しない場合に失う利得の大きさを示している．①のケースでは，市場を独占したときの利得が相対的に大きいのに対して，②のケースは他社と協調行動を採ることによる利得が独占の利得より大きい状況を表している．すなわち，①のケースは，市場の大きさに制約があるか，または市場が成熟しており，複数の企業が参入することによって各企業の分け前が減少してしまうような市場の状況にあり，このような市場では，チキンゲームが生じやすい．それに対して，②のケースは新規に参入することで，各企業はより多くの利得を得られるような市場，例えば，拡大期にある市場やネットワークの外部性が存在するような市場，あるいは集積効果が働く市場を想定することができる．この種の市場では，他社と協調行動をとり，同様の戦略を選択することが有利となるので，両性の争いが生じるのである．

$R_3-R_1>R_2-R_4$の場合を整理し，延期オプションの価値が存在する可能性を見てみると，$\alpha>\beta$より，

i）$\beta(R_2-R_4)\geq I$のとき，需要の変動にかかわりなく，両社は投資を実行する．

ii）$\alpha(R_3-R_1)\leq I$のとき，需要の変動にかかわりなく，両社共に投資を実行しない．

iii）$\beta(R_3-R_1)\geq\alpha(R_2-R_4)$ の場合

a）$\beta(R_3-R_1)\geq I\geq\alpha(R_2-R_4)$ のとき，需要の変動に関わりなくチキンゲームになる．

b）$\alpha(R_3-R_1)>I\geq\beta(R_3-R_1)$ のとき，需要が増加すれば，チキンゲームとなり，減少したときは両社ともに投資しない．

c）$\alpha(R_2-R_4)\geq I\geq\beta(R_2-R_4)$ のとき，需要が増加すれば両社とも投資し，減少すればチキンゲームになる．

iv）$\beta(R_3-R_1)<\alpha(R_2-R_4)$ の場合

a）$\alpha(R_3-R_1)\geq I\geq\alpha(R_2-R_4)$ のとき，需要が増加すればチキンゲームになり，減少すれば両社とも投資しない．

b）$\beta(R_3-R_1)\geq I\geq\beta(R_2-R_4)$ のとき，需要が増加すれば，両社ともに投資し，減少すればチキンゲームになる．

c）$\alpha(R_2-R_4)\geq I\geq\beta(R_3-R_1)$ のとき，需要が増加すれば両社とも投資し，減少すれば両社ともに投資しない．

また，同様に，$R_3-R_1<R_2-R_4$の場合では，

i）$\beta(R_3-R_1)\geq I$のとき，需要の変動にかかわりなく，両社は投資を実行する．

ii）$\alpha(R_2-R_4)\leq I$のとき，需要の変動にかかわりなく，両社共に投資を実行しない．

iii）$\beta(R_2-R_4)\geq\alpha(R_3-R_1)$ の場合

a）$\beta(R_2-R_4)\geq I\geq\alpha(R_3-R_1)$ のとき，需要の変動に関わりなく両性の争いになる．

b）$\alpha(R_2-R_4)>I\geq\beta(R_2-R_4)$ のとき，需要が増加すれば，両性の争いが生じ，減少したときは両社ともに投資しない．

c）$\alpha(R_3-R_1)\geq I>\beta(R_3-R_1)$ のとき，需要が増加すれば両社とも投資し，減少すれば両性の争いになる．

iv）$\beta(R_2-R_4)<\alpha(R_3-R_1)$ の場合

a）$\alpha(R_2-R_4)>I\geq\alpha(R_3-R_1)$ のとき，需要が増加すれば両性の争いが生じ，減少すれば両社とも投資しない．

b）$\beta(R_2-R_4)\geq I>\beta(R_3-R_1)$ のとき，需要が増加すれば，両社と

もに投資し，減少すれば両性の争いが生じる．

c） $\alpha(R_3-R_1)\geq I\geq\beta(R_2-R_4)$ のとき，需要が増加すれば両社とも投資し，減少すれば両社ともに投資しない．

上記 $R_3-R_1>R_2-R_4$ と $R_3-R_1<R_2-R_4$ の場合において，それぞれ i）と ii）を除いてオプションの価値が生じる可能性がある．しかし，前述のようにチキンゲームや両性の争いでは，複数の純粋ナッシュ均衡が存在するため，オプションの価値を特定化することはできない．競争相手が存在することはわかっていても，ここで想定した同時進行ゲームのように相手がどのような戦略を採るのかについて全く情報が得られなければ，リアル・オプションに競合状況を織り込むことは不可能になる．現実には，このようなケースは新製品開発のように各企業が極秘裏に進め，競争相手の企業にほとんど情報が漏れないような状況を想定することができるが，一方で不動産再開発などは投資主体間で何らかの有利不利（立地条件など）や優先順位（着工時期など）が存在し，交互進行ゲームとしてモデル化するのが適切と見なされる場合もある．次節では，2期のゲームを交互進行ゲームと仮定し，チキンゲームと両性の争いのそれぞれの場合におけるオプション価値について検討する．

5. 競合状況下での投資意思決定(2)

前節では，1期でX社，Y社ともに投資を行わなかった場合，2期の終わりに得られるキャッシュ・フローのパターンによって，チキンゲームと両性の争いが生じるケースがあることが示された．これらのゲームは同時進行ゲームであると仮定した場合，2つの純粋ナッシュ均衡解をもつため，延期オプションの価値を特定できない．そこで，X社をリーダー企業，Y社をフォロワー企業とし，Y社はX社の行動を見て自社の行動を決定すると仮定する．また，X社はその結果得られる両社のキャッシュ・フローを予測することができるものとする．すなわち，X社が有利な経営資源を保有しており，その開発状況によって同業界あるいは近隣の開発が影響を受けるような市場構造を想定している．これは前節の同時進行ゲームを交互進行ゲームに

修正したことを意味している．リーダー企業とフォロワー企業の相互依存関係に基づいて行われる無限繰り返しゲームの解としては，シュタッケルベルク均衡解がよく知られているが，ここでは，所与の需要曲線の代わりに2つのキャッシュ・フローのパターン（チキンゲーム，両性の争い）が実現する有限反復ゲームとしてモデル化されている．それぞれのゲームにおけるXとYの意思決定は以下のようになる．

(1) 図②(4)のケースでチキンゲームが生じる場合

① 需要が増加する場合

$\alpha R_2-I<\alpha R_4$ かつ $\alpha R_3-I>\alpha R_1$，すなわち $\alpha(R_2-R_4)<I$ かつ $\alpha(R_3-R_1)>I$ のときチキンゲームとなる．

i） $\alpha R_3-I\geq\alpha R_4$ すなわち $\alpha(R_3-R_4)\geq I$ ならば，Xは投資を行い，Yは投資を行わない．このときのナッシュ均衡におけるXとYのキャッシュ・フローは $(\alpha R_3-I,\alpha R_4)$ となる．

ii） $\alpha R_3-I<\alpha R_4$ すなわち $\alpha(R_3-R_4)<I$ ならば，Xは投資を行わず，Yは投資を行う．このときのナッシュ均衡におけるXとYのキャッシュ・フローは $(\alpha R_4,\alpha R_3-I)$ となる．

② 需要が減少する場合

$\beta R_2-I<\beta R_4$ かつ $\beta R_3-I>\beta R_1$，すなわち $\beta(R_2-R_4)<I$ かつ $\beta(R_3-R_1)>I$ のときチキンゲームとなる．

i） $\beta R_3-I\geq\beta R_4$ すなわち $\beta(R_3-R_4)\geq I$ ならば，Xは投資を行い，Yは投資を行わない．このときのナッシュ均衡におけるXとYのキャッシュ・フローは $(\beta R_3-I,\beta R_4)$ となる．

ii） $\beta R_3-I<\beta R_4$ すなわち $\beta(R_3-R_4)<I$ ならば，Xは投資を行わず，Yは投資を行う．このときのナッシュ均衡におけるXとYのキャッシュ・フローは $(\beta R_4,\beta R_3-I)$ となる．

以上，①，②は以下のようにまとめることができる．

・$\alpha(R_3-R_4)<I$ のとき，需要の変動にかかわりなく，Xは投資を行わ

ず，Ｙは投資を行う．

・$\alpha(R_3-R_4) \geq I > \beta(R_3-R_4)$ のとき，需要が増加すればＸは投資を行い，Ｙは投資を行わない．需要が減少すればＸは投資をおこなわず，Ｙは投資を行う．

・$\beta(R_3-R_4) > \mathrm{I}$ のとき，需要の変動にかかわりなく，Ｘは投資を行い，Ｙは投資を行わない．

(2)　図②(4)のケースで両性の争いが生じる場合

①　需要が増加する場合

$\alpha R_2 - I > \alpha R_4$ かつ $\alpha R_3 - I < \alpha R_1$，すなわち $\alpha(R_2-R_4) > I$ かつ $\alpha(R_3-R_1) < I$ のとき両性の争いとなる．

i）$\alpha R_2 - I \geq \alpha R_1$ すなわち $\alpha(R_2-R_1) \geq I$ ならば，Ｘ，Ｙともに投資を行う．このときのナッシュ均衡におけるＸとＹのキャッシュ・フローは（$\alpha R_2 - I, \alpha R_2 - I$）となる．

ii）$\alpha R_2 - I < \alpha R_1$ すなわち $\alpha(R_2-R_1) < I$ ならば，Ｘ，Ｙともに投資を行わない．このときのナッシュ均衡におけるＸとＹのキャッシュ・フローは（$\alpha R_1, \alpha R_1$）となる．

②　需要が減少する場合

$\beta R_2 - I > \beta R_4$ かつ $\beta R_3 - I < \beta R_1$，すなわち $\beta(R_2-R_4) > I$ かつ $\beta(R_3-R_1) < I$ のときチキンゲームとなる．

i）$\beta R_2 - I \geq \beta R_1$ すなわち $\beta(R_2-R_1) \geq I$ ならば，Ｘ，Ｙともに投資を行う．このときのナッシュ均衡におけるＸとＹのキャッシュ・フローは（$\beta R_2 - I, \beta R_2 - I$）となる．

ii）$\beta R_2 - I < \beta R_1$ すなわち $\beta(R_2-R_1) < I$ ならば，Ｘ，Ｙともに投資を行わない．このときのナッシュ均衡におけるＸとＹのキャッシュ・フローは（$\beta R_1, \beta R_1$）となる．

以上，①，②は以下のようにまとめることができる．

・$\alpha(R_2-R_1) < I$ のとき，需要の変動にかかわりなく，Ｘ，Ｙともに投資を行わない．

・$\alpha(R_2-R_1) \geq I > \beta(R_2-R_1)$ のとき，需要が増加すればＸ，Ｙともに投資を行い．需要が減少すればＸ，Ｙともに投資を行わない．

・$\beta(R_2-R_1) > \mathrm{I}$ のとき，需要の変動にかかわりなく，Ｘ，Ｙともに投資を行う．

延期オプションが価値を持つのは，上記(1)のチキンゲームの場合，$\alpha(R_3-R_4) \geq I > \beta(R_3-R_4)$ のケースであり，(2)の両性の争いでは，$\alpha(R_2-R_1) \geq I > \beta(R_2-R_1)$ のケースであることがわかる．それぞれの場合で，１期における投資価値と延期オプションの価値は以下のように求められる．

(1)のチキンゲームの場合

１期におけるＸとＹの投資価値（V_{Xc}^{c4}, V_{Yc}^{c4}）

$$(V_{Xc}^{c4},\ V_{Yc}^{c4}) = \left(R_1 + \frac{p(\alpha R_3 - I) + q\beta R_4}{1+r_f},\ R_1 + \frac{p\alpha R_4 + q(\beta R_3 - I)}{1+r_f}\right)$$

$$s.t.\quad \alpha(R_3-R_4) \geq I > \beta(R_3-R_4)$$

Ｘが１期で投資しない方が有利となる条件は $V_X^{c1} < V_{Xc}^{c4}$ より，Ｘの延期オプションの価値は，

$$V_{Xc}^{c4} - V_X^{c1} = R_1 + \frac{p(\alpha R_3 - I) + q\beta R_4}{1+r_f} - \left(R_2 - I + \frac{p\alpha R_2 + q\beta R_2}{1+r_f}\right)$$

$$= \frac{1}{1+r_f}\left[p\alpha(R_3-R_2) - q\beta(R_2-R_4) + I(r_f+q)\right] - (R_2-R_1) > 0$$

同様に，Ｙの延期オプションの価値は，

$$V_{Yc}^{c4} - V_Y^{c1} = R_1 + \frac{p\alpha R_4 + q(\beta R_3 - I)}{1+r_f} - \left(R_2 - I + \frac{p\alpha R_2 + q\beta R_2}{1+r_f}\right)$$

$$= \frac{1}{1+r_f}\left[q\beta(R_3-R_2) - p\alpha(R_2-R_4) + I(r_f+p)\right] - (R_2-R_1) > 0$$

Ｘの延期オプションの価値はＸだけが投資を独占する場合と，両社が競

合して投資する場合のキャッシュ・フローの差（R_3-R_2）が大きいほど大きくなり，両社が競合して投資する場合と，Yは投資するがXは投資しない場合のキャッシュ・フローの差（R_2-R_4），及び両社が競合して投資する場合と，両社ともに投資しない場合との差（R_2-R_1）が大きいほど小さくなる．すなわち，2社の競合状態において投資から得られるキャッシュ・フロー（R_2）が小さく，2期で大きな需要増加が見込めるならば（$p\alpha$），Xは1期で投資せず，2期に投資を延期した方が投資価値を大きくできるが，一方で，新たな投資をしないで静観した場合のキャッシュ・フローが小さく，需要が減少する可能性（q）が高いほど，Xは延期せずに早期に投資を行った方が有利であることがわかる．

Yの延期オプションの価値はXと同様に（R_3-R_2）が大きいほど大きくなり，（R_2-R_4），（R_2-R_1）が大きいほど小さくなる．しかし，Xとは反対に2期に需要が減少する可能性（q）が高いほどオプション価値は大きくなり，2期に大きな需要増加が見込めるほど（$p\alpha$），小さくなる．これはチキンゲームの特徴から，リーダー企業であるXが投資を行うと，フォロワーのYは投資から得られるキャッシュ・フローが小さくなってしまうため，Xが投資を延期する可能性が高い場合には，逆にYは投資を延期しない方が投資価値を大きくできることを意味している[20]．

(2)の両性の争いの場合

1期における投資価値

$$(V^{c4}_{Xs}, V^{c4}_{Ys}) = \left(R_1 + \frac{p(\alpha R_2 - I) + q\beta R_1}{1+r_f},\ R_1 + \frac{p(\alpha R_2 - I) + q\beta R_1}{1+r_f}\right)$$

$$s.t.\quad \alpha\ (R_2 - R_1)\ \geq I > \beta\ (R_2 - R_1)$$

Xが1期で投資しない方が有利となる条件は$V^{c1}_X < V^{c4}_{Xs}$より，Xの延期オプションの価値は，

$$V^{c4}_{Xs} - V^{c1}_X = R_1 + \frac{p(\alpha R_2 - I) + q\beta R_1}{1+r_f} - \left(R_2 - I + \frac{p\alpha R_2 + q\beta R_2}{1+r_f}\right)$$

$$= \left(\frac{q+r_f}{1+r_f}\right) I - \left(1 + \frac{q\beta}{1+r_f}\right)(R_2 - R_1) > 0$$

同様にして，Yの延期オプションの価値は

$$V^{c4}_{Ys} - V^{c1}_Y = R_1 + \frac{p(\alpha R_2 - I) + q\beta R_1}{1+r_f} - \left(R_2 - I + \frac{p\alpha R_2 + q\beta R_2}{1+r_f}\right)$$

$$= \left(\frac{q+r_f}{1+r_f}\right) I - \left(1 + \frac{q\beta}{1+r_f}\right)(R_2 - R_1) > 0$$

両性の争いの場合，YはXと常に同じ投資行動を採ることで，両社のキャッシュ・フローを最も大きくでき，投資価値を高めることができる．それゆえ延期オプションの価値も同じになることがわかる．両社の延期オプションの価値は第4節(2)及び(3)のケースと同様，投資費用（I），需要が減少する確率（q）とともに高くなるが，両社が競合して投資する場合と，共に投資しない場合のキャッシュ・フローの差（R_2-R_1）の減少関数になっている点で異なっている．両性の争いでは，両社が共に投資を行うことによって得られるキャッシュ・フローが小さければ，XもYも投資の意思決定を延期することによって，投資価値を高める可能性が高まるが，需要が減少する確率（q）が高く，さらに減少したときの需要（β）が小さいほど延期オプションの価値が大きくなることがわかる．これは2期における需要が大幅に減少する可能性が高い場合，投資を行わない意思決定の余地を残すことがむしろキャッシュ・フローを大きくできることを示している．

6. 仮説の検討

以上の節で，市場でX1社のみが投資を行う場合，及びXとYの2社が競合して投資をおこなう場合，それぞれの延期オプションの価値が生じる条件と延期オプションの価値がどのような要因に影響されるのかについて分析した．そこから導かれた仮説は以下のようにまとめられる．

(1)　X社独占の場合

・延期オプションの価値が生じる条件

Xが1期で投資しない，　かつ　$\alpha(R_3-R_1)>I\geq\frac{1+r_f+q\beta}{q+r_f}(R_3-R_1)$

・Xの延期オプションの価値

$$\left(\frac{q+r_f}{1+r_f}\right)I-\left(1+\frac{q\beta}{1+r_f}\right)(R_3-R_1)$$

(2)　X社とY社が市場で競合する場合

①　Xは1期で投資を実行するが，Yは1期では投資を見合わせ，2期で投資の意思決定を行うケース，またはYは1期で投資を実行するが，Xは1期では投資を見合わせ，2期で投資の意思決定を行うケース

・延期オプションの価値が生じる条件

$$\alpha(R_2-R_4)>I\geq\frac{1+r_f+q\beta}{q+r_f}(R_2-R_4)$$

・XまたはYの延期オプションの価値

$$\left(\frac{q+r_f}{1+r_f}\right)I-\left(1+\frac{q\beta}{1+r_f}\right)(R_2-R_4)$$

②　XとYは1期で投資を行わず，2期の市場がチキンゲームの状況であるケース

・延期オプションの価値が生じる条件

$$\alpha(R_3-R_4)\geq I>\beta(R_3-R_4)$$

・Xの延期オプションの価値

$$\frac{1}{1+r_f}[p\alpha(R_3-R_2)-q\beta(R_2-R_4)+I(r_f+q)]-(R_2-R_1)$$

・Yの延期オプションの価値

$$\frac{1}{1+r_f}[q\beta(R_3-R_2)-p\alpha(R_2-R_4)+I(r_f+p)]-(R_2-R_1)$$

③　XとYは1期で投資を行わず，2期の市場が両性の争いの状況であるケース

・延期オプションの価値が生じる条件

$$\alpha(R_2-R_1)\geq I>\beta(R_2-R_1)$$

・XとYの延期オプションの価値

$$\left(\frac{q+r_f}{1+r_f}\right)I-\left(1+\frac{q\beta}{1+r_f}\right)(R_2-R_1)$$

ここで，一般的なケースとして，$R_3>R_2>R_1>R_4$が成り立っていると想定してみよう．上記(1)の独占的投資の場合と(2)①の2社競合の場合において，オプション価値が生じるときの投資費用Iの満たすべき条件範囲は（R_3-R_1）と（R_2-R_4）との大小関係で決まる．$(R_3-R_1)>(R_2-R_4)$の場合，Xが独占的投資を行う場合の方が，オプションの価値が生じる投資費用Iの取りうる範囲が相対的に広いが，そのオプションの価値自体は相対的に小さくなる．4節の(4)のケースで見たように，$(R_3-R_1)>(R_2-R_4)$の場合はチキンゲームが生じる市場構造を示しており，一方で，$(R_2-R_4)>(R_3-R_1)$の場合は両性の争いの構造にある．市場構造が両性の争いにあるときは，チキンゲームとは逆に(2)①の場合において，オプションに価値が生じる投資費用の条件範囲が広くなるが，相対的にオプション価値は小さくなる．

また，$(R_3-R_1)>(R_2-R_4)$及び$(R_2-R_4)>(R_2-R_1)$であることより，XとYがともに1期で投資せず，2期の市場が両性の争いのゲーム構造にあるとき（(2)③）の延期オプションが生じるIの条件範囲は，(1)の独占の場合，あるいは(2)①の一方が1期で既に投資を行っている場合のいずれの場合よりも狭いが，そこで生じるオプションの価値はそれらのいずれよりも大きいことがわかる．同様に，XとYがともに1期で投資しないが，2期の市場がチキンゲームになっているときは（(2)②），オプションが生じる投資費用Iの条件範囲はいずれの場合よりも広いが，その場合のオプションの価値は需要変動の確率や変動の程度に依存してXとYで異なり，上記のキャッシュ・フローの条件下では特定できない．

図表⑤　2期の市場が「チキンゲーム」の場合

	オプションが生じる投資費用の範囲	オプション価値
独占的状況(1)	広い	小さい
競合的状況(2)①	狭い	大きい
競合的状況(2)②	最も広い	–

図表⑥　2期の市場が「両性の争い」の場合

	オプションが生じる投資費用の範囲	オプション価値
独占的状況(1)	狭い	大きい
競合的状況(2)①	広い	小さい
競合的状況(2)②	最も狭い	最も大きい

最終的に得られるキャッシュ・フローに関して，上記の一般的状況と見なされる一例において，オプションが生じるための投資費用の条件範囲はチキンゲームのように利害が対立する競合状況にある場合，2社ともに1期で投資せず2期に投資の意思決定を延期するケース（(2)②）で最も広くなるが，1期で相手企業が既に投資を行っているケース（(2)①）で最も狭くなる．これは競争相手が1期に行った意思決定が自社のオプションの範囲を制約するためであると考えられる．これに対して，両性の争いのように両社が協調的な投資行動を採ることによって全体的なキャッシュ・フローを大きくできるような場合，投資費用の条件範囲は，両社共に2期に投資意思決定を延期するケース（(2)③）で最も狭く，1期で相手企業が既に投資を行っているケース（(2)①）で最も広くなる．この場合，1期で既に相手企業が投資を行っているケースでは，2期における需要の変動にもとづいて相手に同調するか否かのオプションが存在するが，2期に両社が投資意思決定を延期した場合，需要変動の結果にもとづいて行われる相手の意思決定に制約されるためであると考えられる．すなわち，チキンゲームの場合，延期オプションが生じる投資費用の条件範囲は相手企業の1期における意思決定に強く制約を受けるのに対して，両性の争いの状況では，2期における相手企業の

意思決定から受ける制約がより強いことがわかる．また，延期オプションの価値は，投資費用の条件範囲の広さと反比例する傾向が見られる．以上の結果は図表⑤，⑥のようにまとめられる．

7. おわりに

本稿では，単純化された2時点の離散モデルに基づき，延期オプションが生じる条件とその価値の大きさについて，市場が1社独占的な場合と比較して2社の投資行動が競合状況にある場合を分析した．市場が競合状況にある場合，チキンゲームと両性の争いのゲーム構造では，全く異なる対照的な結果が生じることが示された．市場のゲーム構造は投資がもたらすキャッシュ・フローの大きさに依存し，ある程度一般的，現実的な状況を想定することが可能である．しかし，本稿で取り上げたモデルは現実を極めて単純化したものであり，その結果は一つの仮説を提示しているに過ぎない．それゆえ，実証をもって，その妥当性を検証する必要がある．また，モデル自体の精緻化も不可欠である．完備情報の前提は主体間の情報の非対称性を捨象しており，競合状況をより現実に則して分析するためには，情報経済学やゲーム理論における知見をリアル・オプションによる投資分析に積極的に応用していく必要があると思われる．

注

1）酒井（1986）によれば，Knight（1921）によるリスクと不確実性の区別は論理不十分の原理あるいは主観確率の考え方を取り入れた場合，明確なものではないとする．本稿においても，両者の概念を特に区別しない．これらの議論に関する詳細は酒井（1986）pp.11-13を参照．

2）Copeland and Antikarov, 2001, p.5.

3）リアル・オプションに証券投資のオプションと同様にこのような評価方法が適用される点については，問題点も指摘されている．詳細は小林（2003）pp.157-165又は石川（2004）pp.107-108等を参照．

4）$\alpha R_3 - I \leq \alpha R_1$, $\beta R_3 - I \geq \beta R_1 \Rightarrow \alpha(R_3 - R_1) \leq I$, $\beta(R_3 - R_1) \geq I$ のケースは

$\alpha>\beta$ の仮定より存在しない.

5） $\alpha R_3-I \geq \alpha R_1$, $\beta R_3-I \geq \beta R_1 \Rightarrow \alpha(R_3-R_1) \geq I$, $\beta(R_3-R_1) \geq I$, 及び $\alpha>\beta$ より $\beta(R_3-R_1) \geq I$

6） $\alpha R_3-I>\alpha R_1$, $\beta R_3-I<\beta R_1 \Rightarrow \alpha(R_3-R_1) \geq I$, $\beta(R_3-R_1)<I$, 及び $\alpha>\beta$ より $\alpha(R_3-R_1)>I>\beta(R_3-R_1)$

7） $\alpha R_3-I \leq \alpha R_1$, $\beta R_3-I \leq \beta R_1 \Rightarrow \alpha(R_3-R_1)<I$, $\beta(R_3-R_1) \leq I$, 及び $\alpha>\beta$ より $\alpha(R_3-R_1)<I$

8） ここで②のオプション価値は以下のように表すことができるので，$I \geq \beta(R_3-R_1)$ の条件より，q と I の増加関数であり，また，(R_3-R_1) の減少関数であることがわかる.

$$V_{X2}^{m2}-V_X^{m1}=\left(\frac{q+r_f}{1+r_f}\right)I-\left(1+\frac{q\beta}{1+r_f}\right)(R_3-R_1)=\frac{q[I-\beta(R_3-R_1)]}{1+r_f}+\frac{r_f I}{1+r_f}-(R_3-R_1)$$

9） $\alpha R_2-I \leq \alpha R_4, \beta R_2-I \geq \beta R_4 \Rightarrow \alpha(R_2-R_4) \leq I$, $\beta(R_2-R_4) \geq I$ のケースは $\alpha>\beta$ の仮定より存在しない.

10） $\alpha R_2-I \geq \alpha R_4$, $\beta R_2-I \geq \beta R_4 \Rightarrow \alpha(R_2-R_4) \geq I$, $\beta(R_2-R_4) \geq I$, 及び $\alpha>\beta$ より $\beta(R_2-R_4) \geq I$

11） $\alpha R_2-I>\alpha R_4$, $\beta R_2-I<\beta R_4 \Rightarrow \alpha(R_2-R_4) \geq I$, $\beta(R_2-R_4)<I$, 及び $\alpha>\beta$ より $\alpha(R_2-R_4)>I>\beta(R_2-R_4)$

12） $\alpha R_2-I \leq \alpha R_4, \beta R_2-I \leq \beta R_4 \Rightarrow \alpha(R_2-R_4) \leq I$, $\beta(R_2-R_4) \leq I$, 及び $\alpha>\beta$ より $\alpha(R_2-R_4)<I$

13） $V_{X2}^{m2}-V_X^{m1}=\left(\frac{q+r_f}{1+r_f}\right)I-\left(1+\frac{q\beta}{1+r_f}\right)(R_2-R_4)=\frac{q\,[I-\beta\,(R_2-R_1)]}{1+r_f}+\frac{r_f I}{1+r_f}-(R_2-R_4)$, $I \geq \beta(R_2-R_4)$ より，このケースのオプション価値は，q と I の増加関数であり，また，(R_2-R_4) の減少関数であることがわかる.

14） $\alpha R_2-I \leq \alpha R_4$, $\beta R_2-I \geq \beta R_4 \Rightarrow \alpha(R_2-R_4) \leq I$, $\beta(R_2-R_4) \geq I$ のケースは $\alpha>\beta$ の仮定より存在しない.

15） $\alpha R_2-I \geq \alpha R_4$, $\beta R_2-I \geq \beta R_4 \Rightarrow \alpha(R_2-R_4) \geq I$, $\beta(R_2-R_4) \geq I$, 及び $\alpha>\beta$ より $\beta(R_2-R_4) \geq I$

16） $\alpha R_2-I>\alpha R_4$, $\beta R_2-I<\beta R_4 \Rightarrow \alpha(R_2-R_4) \geq I$, $\beta(R_2-R_4)<I$, 及び $\alpha>\beta$ より $\alpha(R_2-R_4)>I>\beta(R_2-R_4)$

17） $\alpha R_2-I \leq \alpha R_4$, $\beta R_2-I \leq \beta R_4 \Rightarrow \alpha(R_2-R_4) \leq I$, $\beta(R_2-R_4) \leq I$, 及び $\alpha>\beta$ より $\alpha(R_2-R_4)<I$

18） この場合の延期オプションの価値関数は(2)②のケースと同じなので，同様の特質を有する．注13を参照.

19） 岡田（1996）pp.39–41.

20） ここで，XとYの延期オプション価値の差は，$(V_{Xc}^{c4}-V_X^{c1})-(V_{Yc}^{c4}-V_Y^{c1})=\frac{p\alpha-q\beta}{1+r_f}(R_3-R_4)$ となり，需要が増加すると期待される場合に投資したときとしなかったときのキャッシュ・フローの違いと，需要が減少すると期待される場合に投資をしたときとしなかったときのキャッシュ・フローの違いの差の現在価値になっていることがわかる.

参考文献

石川勝「戦略的視点から見たリアルオプション・アプローチの有用性」『東洋学園大学紀要』第12号，2004年3月，pp.99–110.

今井潤一・渡辺隆裕「戦略的思考を取り入れたリアル・オプション—離散2時点モデルによる分析」2002年度文部科学省科学研究費補助金基盤研究（14580482）WorkingPaper No.12，2003年.

岡田章『ゲーム理論』有斐閣，1996年.

小林啓孝『デリバティブとリアル・オプション』中央経済社，2003年.

酒井泰弘『不確実性の経済学』有斐閣，1986年.

Copeland T. and V. Antikarov, *REAL OPTIO NS*, TEXERE LLC, New York, 2001.（栃本克行監訳『決定版リアルオプション—戦略フレキシビリティと経営意思決定—』東洋経済新報社，2002年）

Grenadier S. (ed.), *Game Choices*, Risk Waters Group Ltd., 2000.

Knight F. H., *Risk, Uncertainty and Profit*, Houghton Mifflin & Co., 1921.

Smit H. T. J. and L. A. Ankum, A Real Options and Game-Theoretic Approach to Corporate Investment Strategy Under Competition, *Financial Management* 22, 3 (Autumn), 1993, pp.241–50.

Smit H. T. J. and Lenos Trigeorgis, Flexibility and Commitment in Strategic Investment, *Real Options and Investment Under Uncertainty / Classical Readings and Recent Contributions*, edited by E. S. Schwartz and L. Trigeorgis, MIT Press, 2001, pp. 451–98.

（いしかわ・まさる／現代経営学部専任講師）