

Title	バイオベンチャーの戦略的提携のオプションゲームによるモデル化：柔軟性とコミットメントとの間の最適化を目指して(ベンチャー経営と政策(2), 一般講演, 第22回年次学術大会)
Author(s)	藤原, 孝男
Citation	年次学術大会講演要旨集, 22: 1018-1021
Issue Date	2007-10-27
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/7452">http://hdl.handle.net/10119/7452</a>
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

バイオベンチャーの戦略的提携のオプションゲームによるモデル化：  
柔軟性とコミットメントとの間の最適化を目指して

○藤原孝男（豊橋技術科学大学）

## 序

国内の現在の65歳以上の人口比率が21%を超え、世界的に影響のある米国の連邦政府の2005年度基礎研究予算の54.4%が医学系大学を中心とする生命科学に投資されて、次世代に向けバイオ産業が期待されている。医薬開発プロセス内の大学での基礎研究段階と、安全性・パイプライン評価の圧力より製薬大企業による基礎研究から臨床開発段階への資源シフトとの間の空隙を埋めるのがバイオベンチャーの機能である。特に、バイオベンチャーには、ニッチ市場に対する画期的な技術のマッチングにて、大企業よりも迅速に科学・技術の事業化を促進する機能があるが、反面、多産多死の課題を抱えている。

ここでは、バイオベンチャーの創業初期デスバレー克服を含む存続戦略に必要な、不確実性に対処する柔軟性と、既存大企業等の優位性に新規参入企業が対抗するためのコミットメントの両概念のトレードオフを最適化するための試験的方法論として、オプションゲームの可能性を模索する。

### 1. 戦略的提携へのオプションゲームの応用

米国ではバイオベンチャー約1500社の内、約300社が株式公開し、黒字企業は業績上位数十社に限られるといわれている。こうして、長期間赤字でも技術・事業の潜在能力が評価されれば、VC・IPOなどを通じて資金調達でき、さらに、多くのバイオベンチャーは、金融機関・資本市場からの資金調達額の50%に相当する収入を製薬大企業などとの戦略的提携からの追加的に賄っている。

価値創造に関して、バイオベンチャーのように画期的で高リスクの技術開発に伴う不確実性に対してはリアルオプションによる意思決定の柔軟性が拡張的NPVを、他方、ライバルに対する参入障壁としてのゲーム理論による先行的コミットメントが戦略的価値を各々創造しうる。しかし、意思決定の柔軟性とコミットメントとは多くの場合、トレードオフ関係にある。

このため、リアルオプションとゲーム理論とを統合したオプションゲームは、戦略選択でのコミットメントと柔軟性の両方の価値をゲームツリーにて比較し、バックワードインダクションにて戦略決定の最適化を導く新しい方法論として期待できる。ここでは、開発の先行投資を行なう場合と行なわないベースケース（比較のためのベンチマーク）の場合とに分け、それぞれ基本様式としての生産量競争と価格競争の両場面に対応させる。

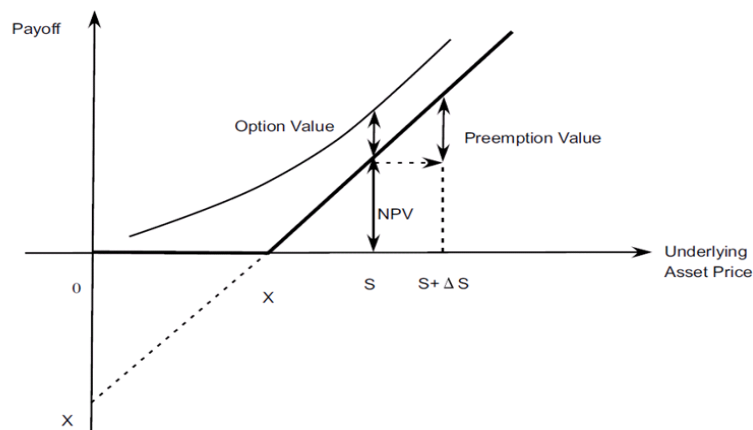


図1. オプションゲームの試論的概念（柔軟性とコミットメント）

### 2. 生産量競争における提携戦略

#### 2-1. 生産量競争ベースケース

ここでは、2人ゲームの競争モデルとして、無限期間プロジェクトにするためにリスク中立確率に補正利回りを挿入しながらも、第2段階ではクルノーナッシュ均衡、シュッターケルベルクリーダー、シュッターケルベルクフォロワー、独占、廃棄の、第1段階ではクルノーナッシュ均衡、独占、延期の各NPV(正味現在価値)を計算する。

数値計算結果から、まず、需要量・ボラティリティに基づく、コミットメント優先、柔軟性優先、両

者バランスの各意思決定タイプ（A-C）の最適配置によって、対応するゲームツリーから NPV 最大化の自社の方針決定が可能となる。次に、需要量・ボラティリティ・NPV による 3 次元グラフから、需要量志向のコミットメントと、ボラティリティ志向の柔軟性との間のトレードオフ関係が理解できる。また、同グラフをマップとして、パラメーター変更に伴う、自社の最適な推移戦略をオプションゲームの観点から選択できる。

次に、開発投資を行なう場合の先行投資プレイヤーによる開発成果の専有・共有戦略に関するライバルとの間の最適な戦略の組み合わせを検討する必要性が存在する。

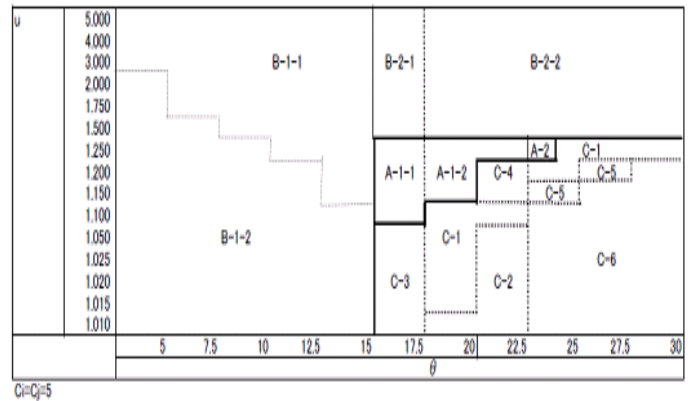
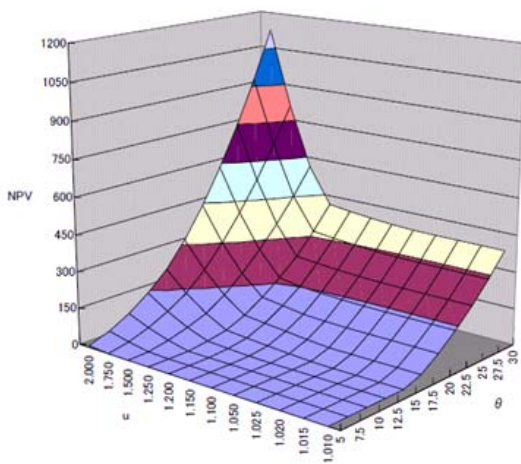


表 1. 生産量競争ベースケースの 3 意思決定タイプ

図 2. 生産量競争ベースケースのトレードオフ

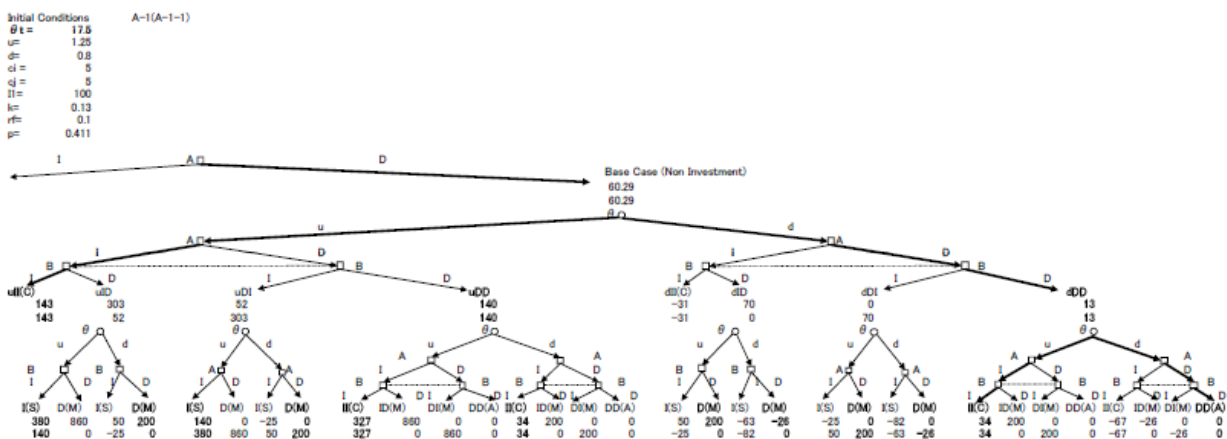


図 3. 生産量競争ベースケースでのタイプ A のゲームツリー例

### 2-2. 生産量競争における先行投資企業による開発成果専有戦略

専有戦略を採る場合、開発の初期投資を行なった企業は、開発成果としてのコスト削減効果が大きいほど、ライバル企業との間に大きな NPV における優位性を確保できることが分かった。また、需要量・ボラティリティについてもベースケースの水準を超えるにつれて先行投資企業の優位性の確保の得られることが確認できた。

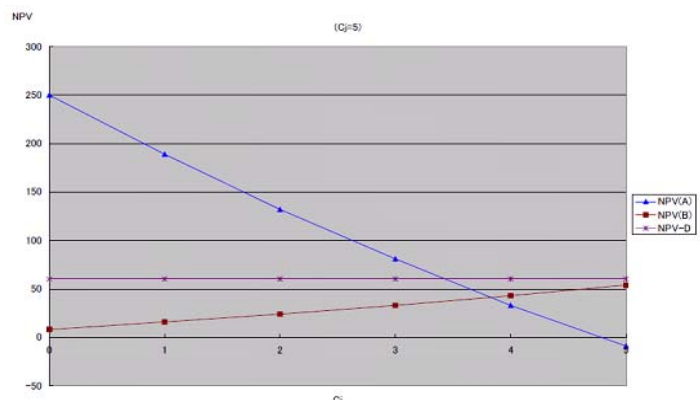


図 4. 生産量競争専有戦略でのコスト節約の影響

Initial Conditions  
 $\theta_1 = 17.5$   
 $u = 1.25$   
 $\beta = 0.8$   
 $c_1 = 0$   
 $c_2 = 5$   
 $ID = 100$   
 $II = 100$   
 $\lambda = 0.13$   
 $\mu = 0.1$   
 $\rho = 0.41$

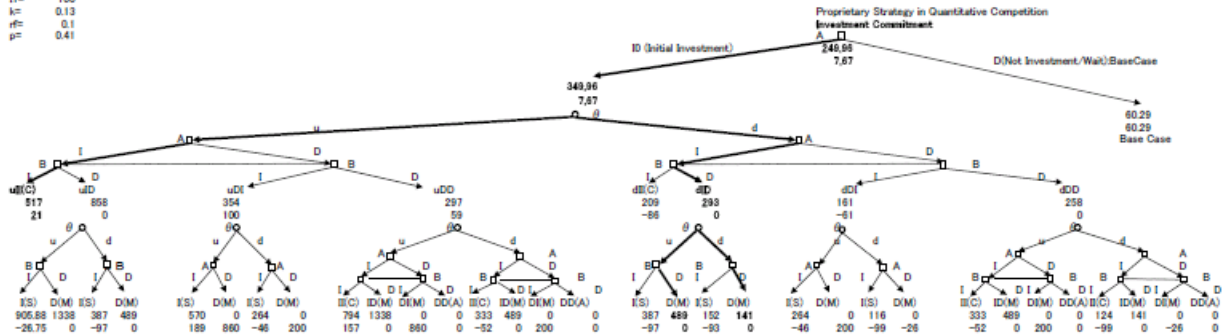


図 5. 生産量競争専有戦略でのゲームツリー例

### 2-3. 生産量競争における先行投資企業による開発成果共有戦略

先行投資企業が開発成果をライバル企業と共有した場合、投資回収の手段が無い（無償の）場合には、一般にベースケースに比較しNPV確保の観点から対ライバルで不利になる。しかし、需要量・ボラティリティの組み合わせによっては、対ライバルのハンディキャップを前提にしながらも、自己のベースケースと同水準あるいはそれを越える水準に移行可能であることが分かった。加えて、自社とライバルの両方に対する効果を事前にこのように推定できれば、開発成果の公開・共有の意思決定以前に、ライセンスアウト、クロスライセンス、あるいは互いの成果のオープンソース化を含め、潜在的フリーライダーからの利益回収の方策も事前に立案可能となる。

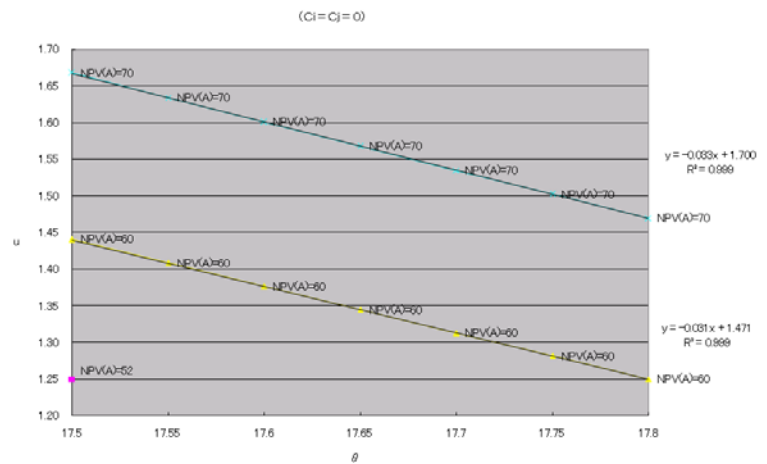


図 6. 生産量競争共有戦略のNPV変化可能性

### 3. 価格競争における提携戦略

#### 3-1. ベースケース

ここでは、生産量競争での諸競争モデルの中で、クルノーナッシュ均衡の代わりにベルトランナッシュ均衡を用いた。ベースケースの数値計算結果では、3次元グラフにした場合は、価格競争の場合に類似して、需要・ボラティリティの両方のパラメーターによる最適なNPVの水準を示すことができる。

#### 3-2. 価格競争における先行投資企業による開発成果専有戦略

価格競争での先行企業の開発成果専有戦略では、コスト削減効果は先行企業にかなり有利に、未投資企業には逆に僅かであるが不利に働くことがわかった。しかし、先行投資企業の需要が拡大すると、先行投資企業のNPVの大きな上昇に加えて、未投資のライバル企業のNPVも少しであるが上昇傾向を示す。これは、シナジー効果と考えられる。

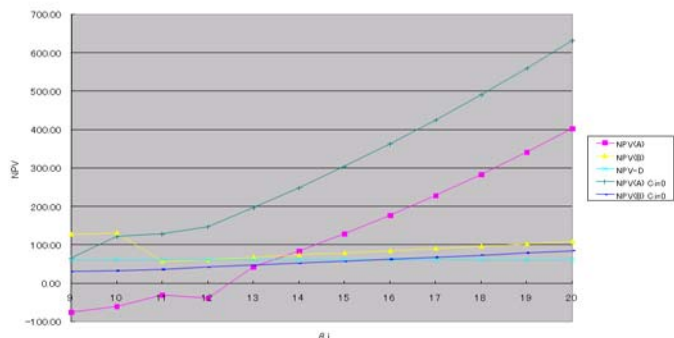


図 7. 価格競争専有戦略でのコスト節約効果

他方、需要が基準水準以下の小さな市場では、ゼロまたはマイナス・サムによる先行投資の不利益が、成果専有戦略を採る先行投資企業にも生じる。また、ボラティリティの変化においても、NPV に関して需要が基準水準以下ではゼロサムのパターンを示しているが、需要が基準以上では、シナジー効果が見られる。

### 3-3. 価格競争における先行投資企業による開発成果共有戦略

先行企業による開発成果共有戦略では、ライバルによるフリーライディングに伴う先行投資企業の劣位性が、開発投資負担企業による回収の困難さを前提とした場合にいえる。但し、その前提下でも、需要・ボラティリティによる NPV の変化を示した 3 次元グラフでは、需要とボラティリティとの間のトレードオフを反映する形で、両パラメーター値の上昇につれて NPV の向上が見られる。また、需要等の特定パラメーター値の上昇につれて、両プレイヤーの NPV 合計値が、専有専戦略の場合の合計値よりも大となり、両プレイヤーの観点からのパレート最適の実現条件は、共有戦略における NPV 純増分の配分に依存しているともいえる。

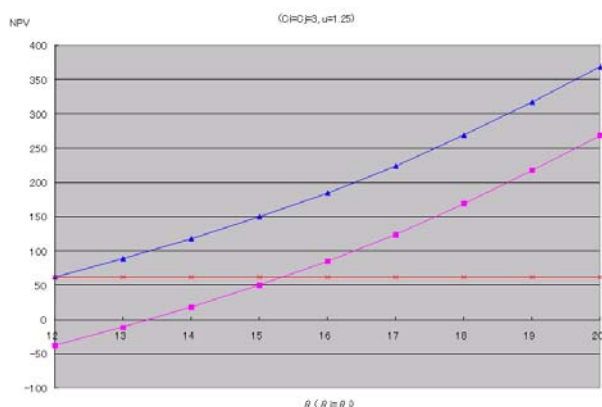


図 8. 価格競争共有戦略での需要変化の影響

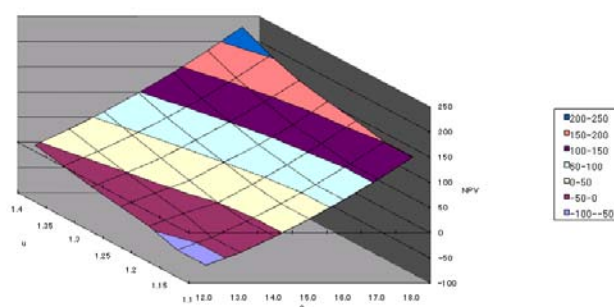


図 9. 価格競争共有戦略での 3 次元グラフ

### 結び

戦略的提携を分析するオプションゲームにおいて、デスバレーを克服する意思決定の柔軟性の価値と、ライバルの参入を抑止するコミットメントの価値との比較の際に、基本的にボラティリティが高ければ柔軟性が、需要が高ければコミットメントが最適化の観点から各々選択される。また、コミットメントをさらに開発成果の専有戦略と共有戦略に区別する必要がある。そして、自社にとっての NPV を最大化する専有戦略から共同戦略への移行タイミングを決める必要がある。その専有戦略から共有戦略への移行において、少なくとも投資回収を図るためには、需要とボラティリティの両者の合計が一定の基準以上か、あるいは両プレイヤーの NPV の合計が専有戦略の場合に比較して共有戦略の方が高い場合に、専有戦略から戦略的提携としての共有戦略に移行可能である。特に、共有戦略はオープンイノベーションへの可能性を開く道といえる。

しかし、生産量・価格の両競争形態において、提携戦略としての開発成果共有戦略は、開発の先行投資企業にとって、ライバルに対し相対的に不利に働くリスクを有している。故に、ベースケース（未投資）よりも NPV を改善できるパラメーター設定、両社の成果合計がパレート最適から専有戦略よりも共有戦略にて高くなりうるプラスサムのパラメーター設定及びフリーライディング防止方法を検討する必要がある。共有戦略に伴う成果増分の配分方法も含め、当該のウイン-ウインの関係を構築する際、ここで議論したベースケース、専有戦略、共有戦略の各 NPV を規定する条件が参考になると考えられる。

ここでは、デスバレーを克服する柔軟な意思決定としてのリアルオプションから、コミットメントを含めた意思決定としてのオプションゲームに拡張して、バイオベンチャーの存続戦略について検討した。今後は、リスクのモデル化や、ジャンプバリュエーションの観点からの成長オプション分析をしたい。

### 参考文献：

- [1] Kester, W.C. 1984. "Today's Options for Tomorrow's Growth." Harvard Business Review 62, 2(March-April): 153—60.
- [2] Smit, H.T.J. and L. Trigeorgis. 2004. Strategic Investment: Real Options and Games. Princeton, NJ. :Princeton University Press