複占市場におけるR&D投資戦略
ーリアルオプションへのゲーム理論の応用ー

2006年3月15日

一橋大学大学院　国際企業戦略研究科
高橋　高裕

研究背景

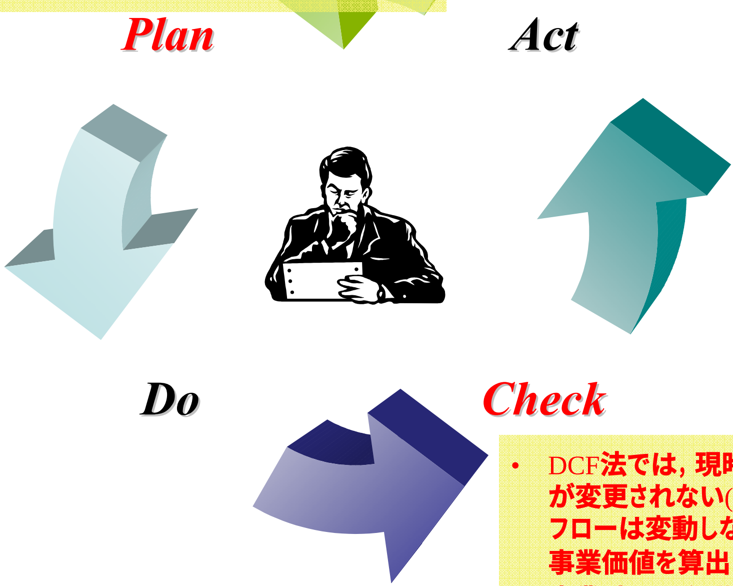
- DCF法では，事前に･明示的にリスクと事業が今後採り得る選択権･経営の柔軟性･事業のシナジー効果等を意思決定に盛り込めない．
- DCF法は，「今 投資を行うか･行わないか」でしか判断できない．

→ 実ビジネスを行う上で最も重要な要素の1つである投資を行うタイミングが計れない．

- 不確実性の高い事業に対して予めシナリオを設定し，個別の･適正な割引率を設定することが非常に困難．

不確実性の高い事業のプランニングおよび事業評価に対するチャレンジ

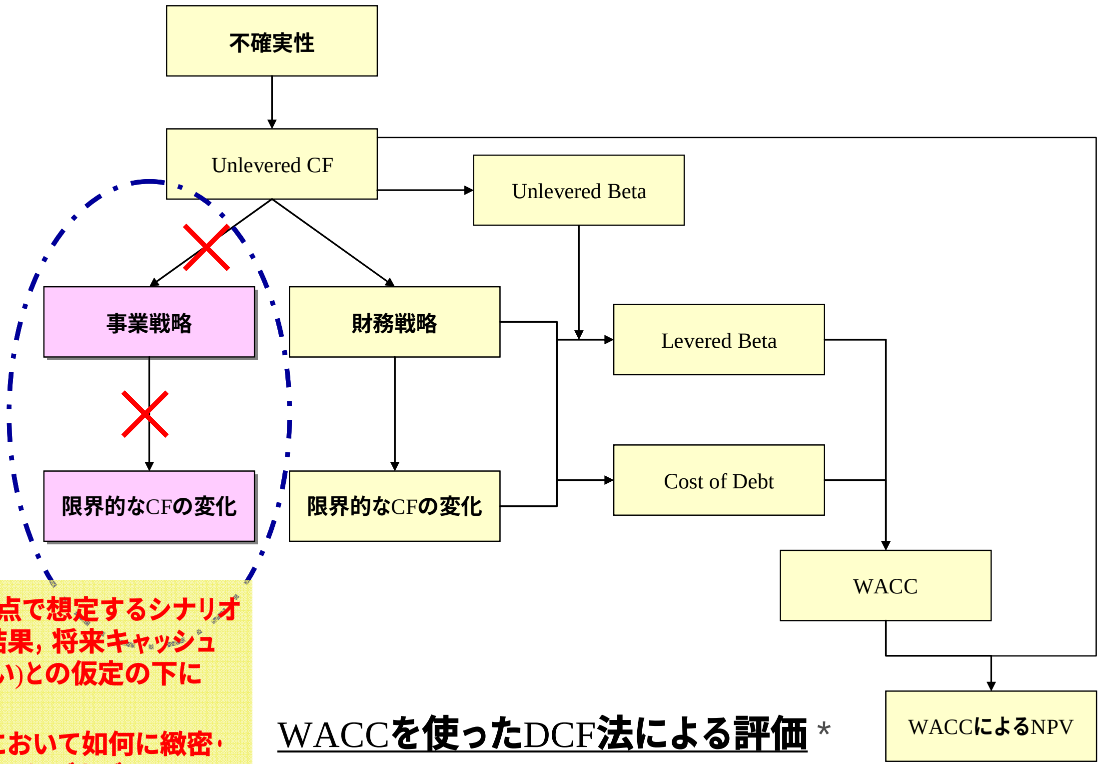
➡ リアルオプション



- DCF法では，現時点で想定するシナリオが変更されない(結果，将来キャッシュフローは変動しない)との仮定の下に事業価値を算出．

→ 事業計画の段階において如何に緻密･精緻な立案ができるかがカギ．

→ 何らかの不測の事態が発生した場合に迅速な事業戦略修正が行えないという弱点を露呈．



WACCを使ったDCF法による評価 *

→ 事業戦略と財務戦略を明示的に組み合わせて議論･評価できない

* 本多俊毅 (2005) 『企業価値評価と意思決定』 東洋経済新報社 92ページより作成

研究目的

- 情報通信産業に適した事業評価モデルの構築と企業の最適行動の導出．

- 情報通信産業の特徴
  - 財ごとに寡占･複占市場が散見される．
    - → 競争相手の意思決定が自社の意思決定に影響を与えることになる．
      - ただし，競争相手の行動を外生的に与えられる確率過程として捉えるのは不適切．

ゲーム理論を応用

  - ネットワーク外部性 * が働く財が多い．
    - → ポジティブ･フィードバック ** が生まれやすい．
      - 複数の技術が市場に投入され，勝ち残った技術がDe-facto Standardとなる環境においては，ネットワーク外部性が強く働く場合，一人勝ちの構図(Winner-Takes-All)が生まれやすい．
    - → 先行者優位(First Mover Advantage)を享受できる．

先取りゲーム(*Preemption Game*)

* 同じ財を消費する個人の数が多ければ多い程，その財の消費から得られる効用が高まる効果．
(e.g. VHS vs. β, Windows OS vs. Mac OS)

** 強者はより強者に，弱者はより弱者になってしまう循環．

Weeds(2002)モデル

- Weeds(2002) * モデルは，複占市場においてWinner-Takes-Allとなるパテントの研究開発競争を扱った研究．
  → 協力ゲームと非協力ゲームにおいて，各企業の最適な投資タイミングと均衡となる投資戦略を導出．
- 組み込む不確実性は，研究開発を行った結果，それが成功するか否かはある一定の確率によって決まり，又，研究開発に成功した結果として享受できるパテントの価値も時間とともに確率的に変動するというもの．
- 企業は研究開発投資から得られる将来の期待キャッシュフローの現在価値を最大化するように行動し，又，自身が研究開発を行うのに最適なパテントの価値水準となった時に投資を行う．

- 仮定
  - リスク中立で同質な2つの企業($i=1,2$)が競争環境下において研究開発を行い，この2つの企業には等しく研究開発投資を行う機会が与えられている．ただし，当該研究開発投資の決定は不可逆的であり，企業 i は研究開発の開始時に $K_i(>0)$ の初期投資費用がかかる．
  - 研究開発には技術的･市場的不確実性が存在するが，最初に研究開発に成功した企業は，それに伴う全ての利益を享受できる．
  - 研究開発に成功する確率(定数のハザードレート $h_i>0$)はポアソン分布に従う．
  - 研究開発に成功した結果として当該企業はパテントを確保できる．尚，当該パテントの価値は時間とともに確率的に変動する．
  - パテントの価値 π は外生的に与えられ以下の幾何ブラウン運動に従う．

$$d\pi_t = \mu\pi_t dt + \sigma\pi_t dW$$

  - 尚，ドリフト項の $\mu\in[0,r)$ は π の期待成長率を表す．又， r は安全資産利子率(定数)であり， $\sigma(>0)$ はボラティリティ， dW は標準ウィナー過程の増分[$dW\sim N(0,dt)$]である．

- 又，時点 t においてパテントの価値が π_t であるとき，パテントの現在価値 $NPV(\pi_t)$ は，割引率を e^{-rt} ，確率密度関数を he^{-ht} として以下のように評価する．

$$NPV(\pi_t) = E_t\left[\int_t^\infty e^{-(r+h)\tau} h\pi_\tau d\tau\right]$$

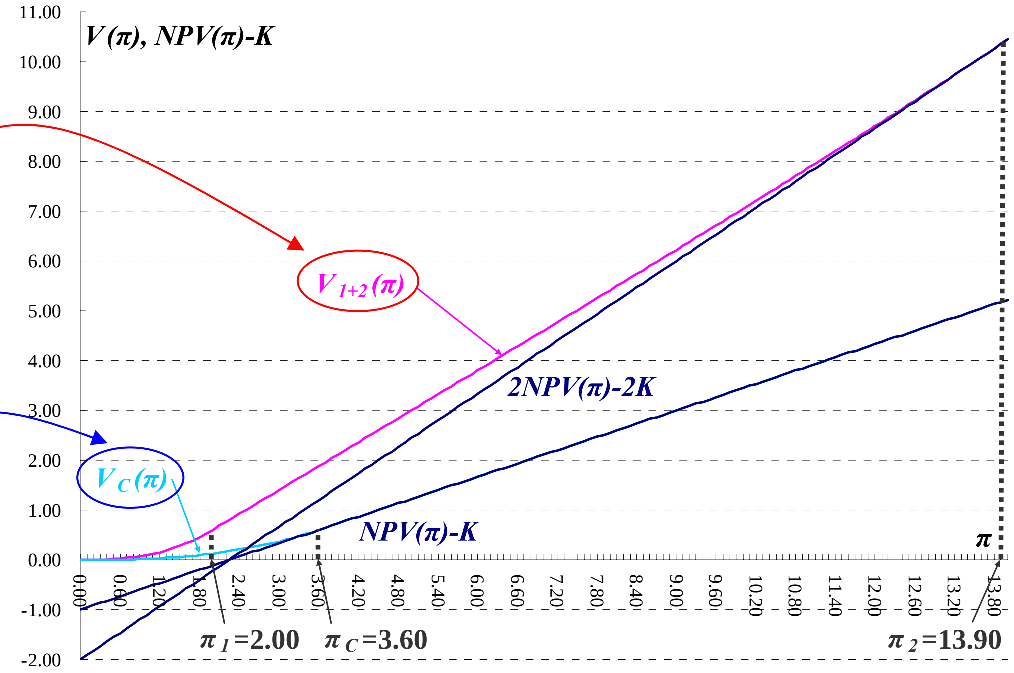
* Weeds, H. (2002), “Strategic Delay in a Real Option Model of R&D Competition, ” *Review of Economic Studies*, 69, 729-747

協力ゲームにおける最適投資戦略

一方の企業がパテントの価値水準がπ_1に達した段階で先に研究開発投資を開始し，もう一方の企業はパテントの価値水準がπ_1よりも厳密に大きなπ_2に達した時点で研究開発投資を開始することが最適な投資戦略．

最適な投資戦略における両社にとっての研究開発プロジェクトの全体価値．

cf. **両社が同時に投資を行うという協力形態 * における個々の企業とっての研究開発プロジェクトの価値．**

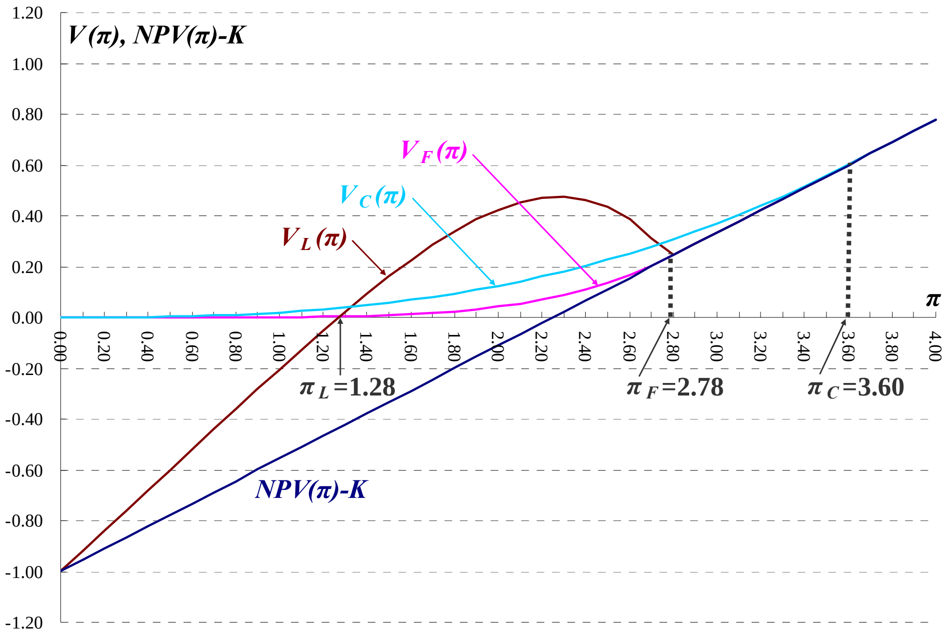


協力ゲームにおける最適投資戦略 (数値実験例)
($\mu = 0, r = 5\%, h = 20\%, K = 1, \sigma = 15\%$ **の時の**$V_{1+2}(\pi)$ **と**$V_C(\pi)$)

* **段階的投資という最適な投資行動に対して，両社にとって拘束力のある合意が難しい場合の次善策．**

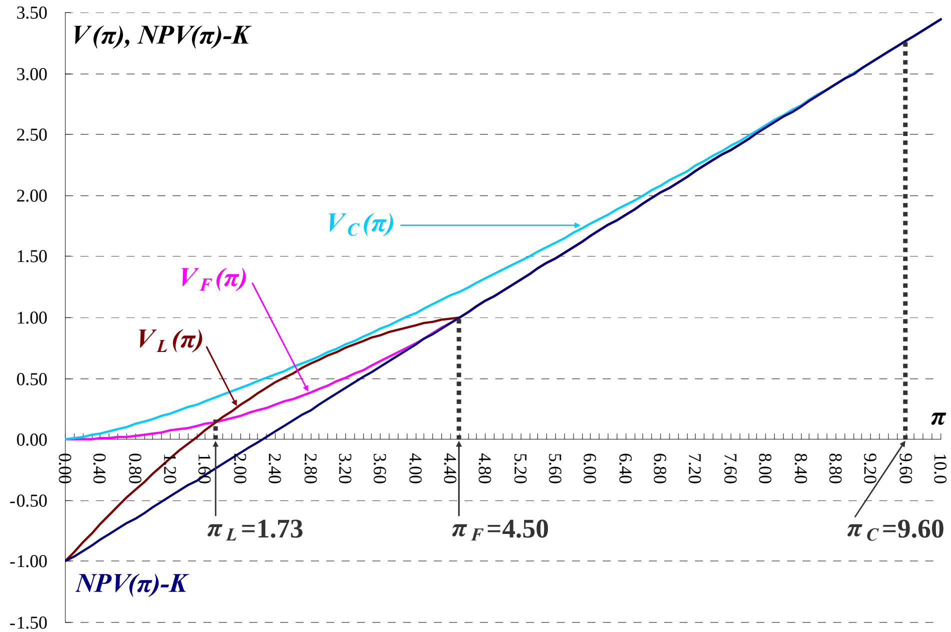
非協力ゲームにおける均衡戦略

パラメーターの値に依存して，以下2つのどちらかの均衡となる．



リーダー･フォロワー均衡 (数値実験例)

$(\mu = 0, r = 5\%, h = 20\%, K = 1, \sigma = 15\%$ **の時の** $V_L(\pi)$，$V_F(\pi)$ **と** $V_C(\pi))$



両社同時投資均衡 (数値実験例)

$(\mu = 0, r = 5\%, h = 20\%, K = 1, \sigma = 50\%$ **の時の** $V_L(\pi)$，$V_F(\pi)$ **と** $V_C(\pi))$

(a) リーダー･フォロワー均衡

リーダーが先行投資を行い，フォロワーが厳密にリーダーよりも遅い時点で投資を開始するという均衡．

→ **リーダーにとっての投資プロジェクトに内在するオプション価値は，競争によって減じられる．**

(**尚，両社は同質であるため，両社は共に**1/2**の確率でリーダーになりえる**)

(b) 両社同時投資均衡

両社は，フォロワーが投資を開始する時点よりも厳密に遅い時点で，同時に投資を行うという均衡．

→ (a)**とは異なり，リーダーが先行投資を行う戦略を採らないケース．たとえ競争があったとしても，結果としてリーダーは投資延期オプションの価値を享受できる．**

本研究の提案

1. Weeds(2002)モデルを拡張
   - Weeds(2002)モデルは同質な企業を想定しているため，両社の利得関数が同じであり，結果として両社同一の戦略．
   - → 現実的には競争している企業は非対称．
   - → 以下の仮定を追加．それ以外はWeeds(2002)モデルを踏襲．
     - 両社は異なる初期投資費用を必要とし，各企業$(i=1,2)$がそれぞれリーダーとなった場合の初期投資費用を K_L^i ，フォロワーとなった場合の初期投資費用をK_F^i で表す．

2. 非協力ゲームにおいて異なるゲーム･均衡概念も考慮
   - 必ずしも競争相手の行動を観察した上で自身の戦略を選択できないケースがあるため．

	仮定	均衡概念
Weeds(2002)モデル	対称企業による競争	マルコフ完全均衡 (動学ゲーム)
本研究の提案	非対称企業による競争 (コスト構造に差異)	①. ナッシュ均衡 (静学ゲーム) ②. マルコフ完全均衡 (動学ゲーム)

市場に1社しかいない場合の最適投資戦略

1. **最適な研究開発投資タイミング (最適停止時刻問題式)**

$$V_U^i(\pi_t) = \operatorname*{ess\,sup}_T E_t\left[e^{-rT}\left(\int_T^{\infty} e^{-(r+h_i)\tau} h_i \pi_\tau d\tau - K^i \right)\right]$$

［ T ：研究開発を開始する時刻 ］

2. **ベルマン方程式**

$$rV_U^i dt = E\left[dV_U^i\right]$$

（投資を行うことが最適ではないパテントの価値水準においては研究開発プロジェクトは何らキャッシュフローを生み出さないため，投資機会を保有することによって得られる唯一の利得は研究開発プロジェクトそのものの資産価値．）

3. **最適投資戦略**

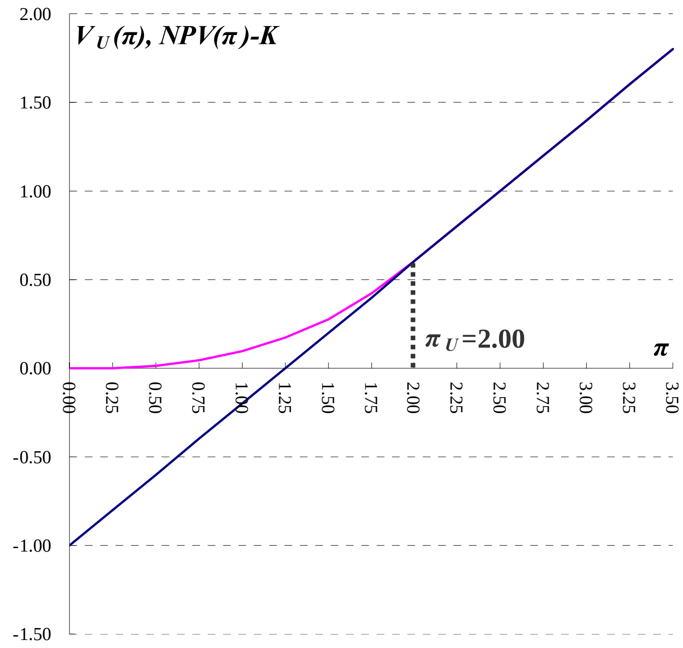
- **研究開発プロジェクトの価値関数 $V_U^i(\pi)$ と投資を開始することが最適なパテントの価値水準 π_U^i は以下の通り．**

$$V_U^i(\pi) = \begin{cases} B_0^i \pi^{\beta_0} & \text{for} \quad \pi < \pi_U^i \\ \dfrac{h\pi}{r+h-\mu} - K^i & \text{for} \quad \pi \geq \pi_U^i \end{cases}$$

ただし，$i = 1,2$であり，π_U^i，β_0，B_0^i は以下の通り．

$$\beta_0 = \frac{1}{2}\left\{ 1 - \frac{2\mu}{\sigma^2} + \sqrt{\left(1 - \frac{2\mu}{\sigma^2}\right)^2 + \frac{8r}{\sigma^2}} \right\}, \quad 1 < \beta_0 < \frac{r}{\mu},$$

$$B_0^i = \frac{h \pi_U^{i\,1-\beta_0}}{(r+h-\mu)\beta_0}, \quad \pi_U^i = \frac{\beta_0}{(\beta_0 - 1)} \cdot \frac{(r+h-\mu)}{h} \cdot K^i$$

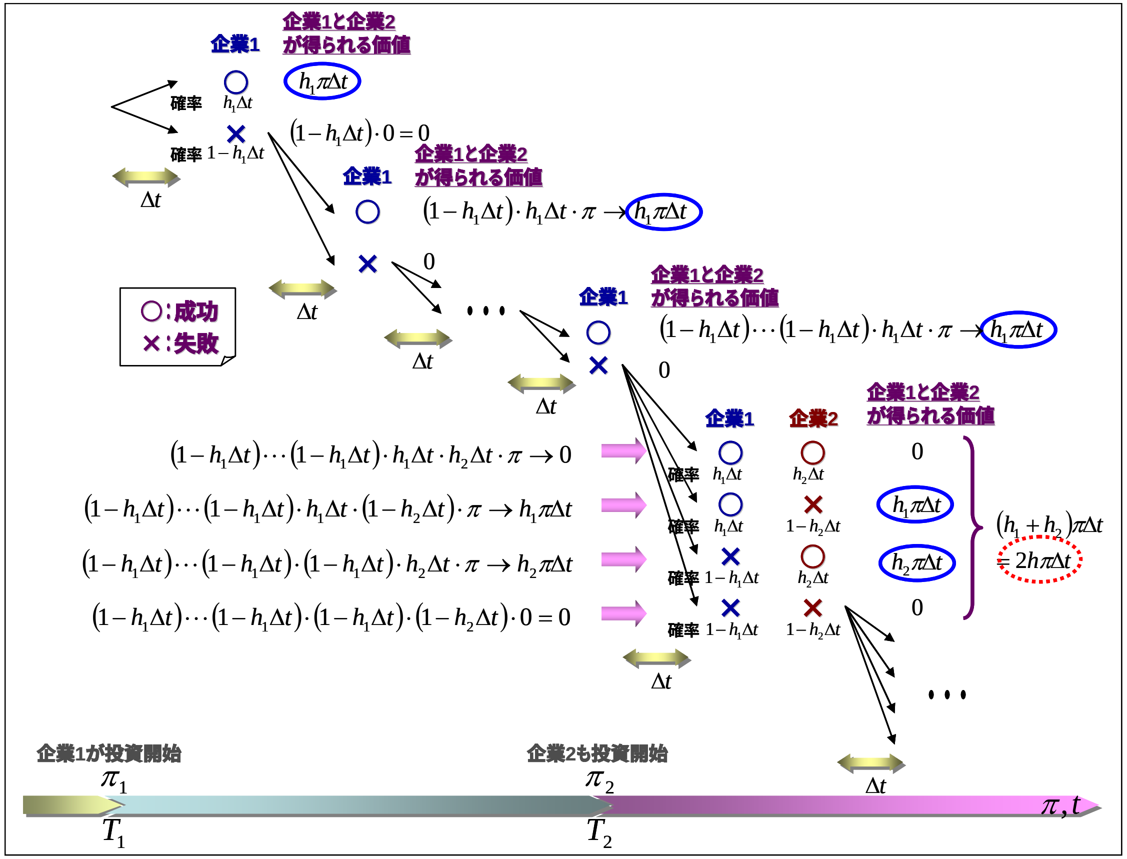


市場に 1 社しかいない場合の投資機会の価値 (数値実験例)

($\mu = 0, r = 5\%, h = 20\%, K = 1, \sigma = 15\%$ **の時の** $V_U(\pi)$)

協力ゲームにおける最適投資戦略

1. **両社が享受できるパテントの価値**



協力ゲームにおいて両社が享受できるパテントの価値 (離散時間モデル表記)

2. **ベルマン方程式** $(r+h_1)V_{1+2}^i dt = h_1\pi dt + E_t\left[dV_{1+2}^i\right] \quad for \quad t\in[T_1, T_2)$

協力ゲームにおける最適投資戦略

先行して投資を開始することに合意している企業$i\ (=\{1,2\})$がパテントの価値水準がπ_1^iに達した段階で投資を行い，続いてパテントの価値水準が$\pi_2^j\,(>\pi_1^i)$に達した段階でもう一方の企業$j\ (\in\{2,1\})$が研究開発投資を開始するのが最適な投資戦略．(研究開発プロジェクトの全体価値$V_{1+2}^i(\pi)$は以下の通り．)

$$V_{1+2}^i(\pi)=\begin{cases} A_0^i\pi^{\beta_0} & \text{for} \quad \pi<\pi_1^i \\ \dfrac{h\pi}{r+h-\mu}+A_1^i\pi^{\beta_1}-K_L^i & \text{for} \quad \pi\in\left[\pi_1^i,\pi_2^j\right) \\ 2NPV(\pi)-\left(K_L^i+K_F^j\right) & \text{for} \quad \pi\geq\pi_2^j \end{cases}$$

ただし，$\beta_1=\dfrac{1}{2}\left\{1-\dfrac{2\mu}{\sigma^2}+\sqrt{\left(1-\dfrac{2\mu}{\sigma^2}\right)^2+\dfrac{8(r+h)}{\sigma^2}}\right\}>\beta_0$ ， $A_0^i=\pi_1^{i-\beta_0}\left\{\dfrac{h\pi_1^i}{(r+h-\mu)}+\dfrac{K_F^j}{(\beta_1-1)}\left(\dfrac{\pi_1^i}{\pi_2^j}\right)^{\beta_1}-K_L^i\right\}$ ，

$$A_1^i=\frac{K_F^j\pi_2^{j-\beta_1}}{(\beta_1-1)}>0 \ , \quad \pi_2^j=\frac{\beta_1}{(\beta_1-1)}\cdot\frac{(r+2h-\mu)(r+h-\mu)}{h(r-\mu)}\cdot K_F^j \ , \quad NPV(\pi)=\frac{h\pi}{r+2h-\mu}$$

又，π_1^iについては，$(\beta_0-1)\dfrac{h\pi_1^i}{(r+h-\mu)}-\dfrac{(\beta_1-\beta_0)}{(\beta_1-1)}K_F^j\left(\dfrac{\pi_1^i}{\pi_2^j}\right)^{\beta_1}-\beta_0K_L^i=0$ という式にて書き表せる．

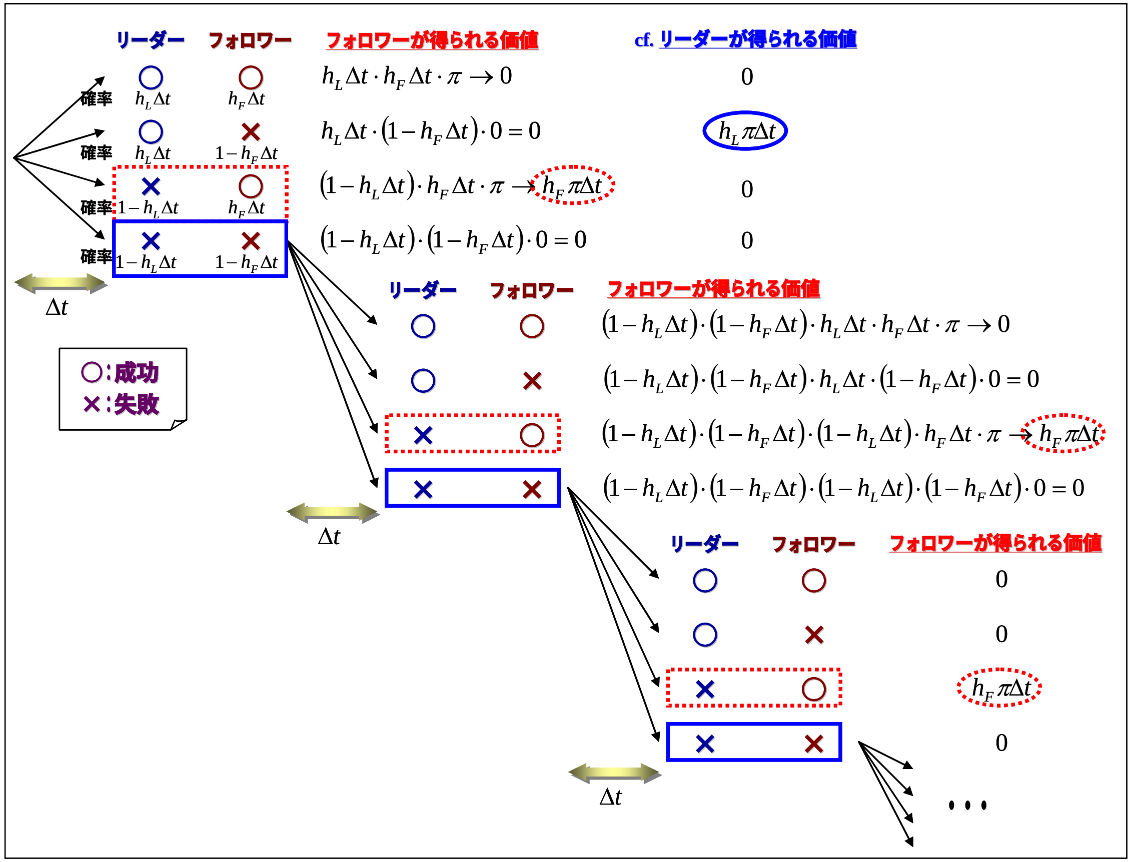
尚，上記の段階的投資を行う戦略の適用が両社にとって何らかの理由により難しい場合，その次善の投資戦略として両社が同時に研究開発投資を開始するケースの個々の企業にとっての研究開発投資プロジェクトの価値$V_C^i(\pi)$と当該投資を開始するべきパテントの価値水準π_C^iは，以下の通り．

$$V_C^i(\pi)=\begin{cases} B_C^i\pi^{\beta_0} & \text{for} \quad \pi<\pi_C^i \\ NPV(\pi)-\dfrac{\left(K_L^i+K_F^j\right)}{2} & \text{for} \quad \pi\geq\pi_C^i \end{cases}$$

ただし，$B_C^i=\dfrac{h\pi_C^{i\ 1-\beta_0}}{(r+2h-\mu)\beta_0}>0$ ， $\pi_C^i=\dfrac{\beta_0}{(\beta_0-1)}\cdot\dfrac{(r+2h-\mu)}{2h}\cdot\left(K_L^i+K_F^j\right)$

非協力ゲーム：フォロワーの利得関数

1. **フォロワー(後発で投資を開始する企業)にとってのパテントの価値**



非協力ゲームでのフォロワーにとってのパテントの価値 (離散時間モデル表記)

2. **ベルマン方程式**　　$(r+h_L)V_F^i dt = E\left[dV_F^i\right] \quad for \quad t \in [0, T_F)$

非協力ゲーム：フォロワーの利得関数

フォロワーにとっての研究開発プロジェクトの価値式$V_F^i(\pi)$と，その研究開発投資を開始するべきパテントの価値水準 π_F^i は以下の通り．

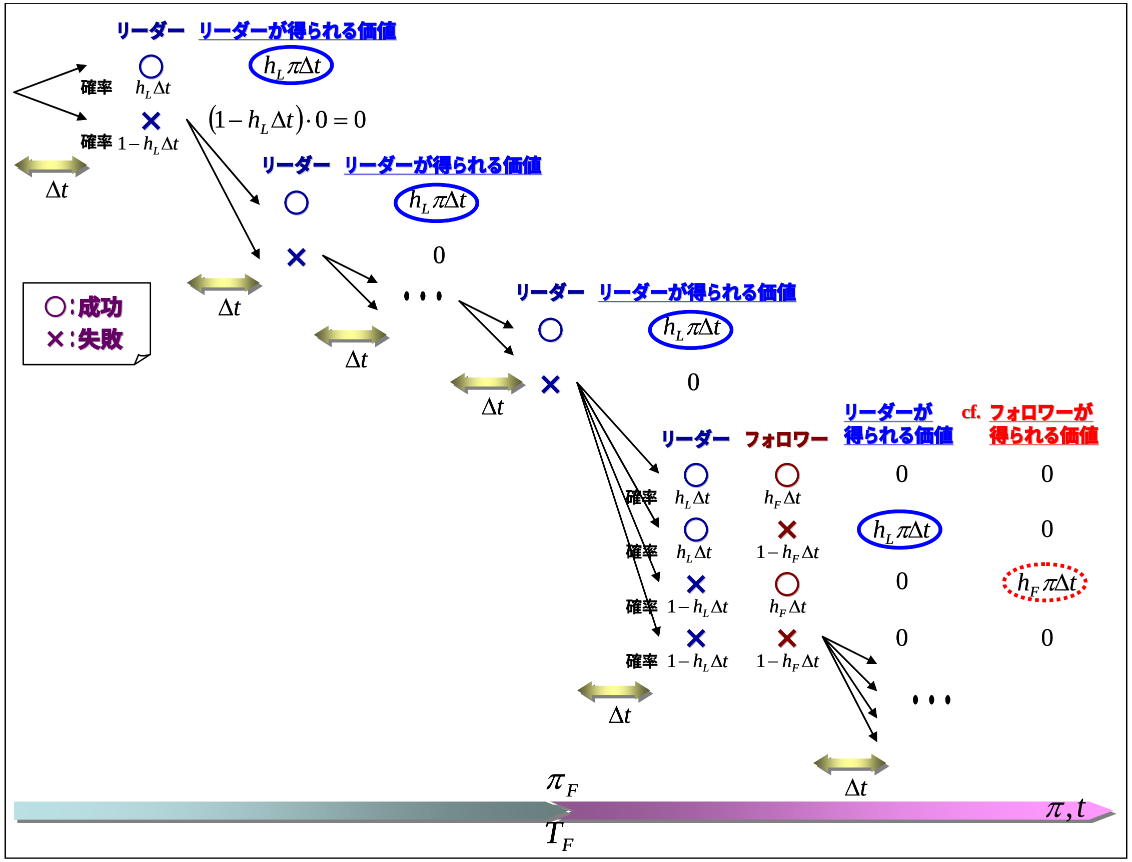
$$V_F^i(\pi) = \begin{cases} B_F^i \pi^{\beta_1} & for \quad \pi < \pi_F^i \\ NPV(\pi) - K_F^i & for \quad \pi \geq \pi_F^i \end{cases}$$

ただし，$\beta_1 = \frac{1}{2}\left\{1 - \frac{2\mu}{\sigma^2} + \sqrt{\left(1 - \frac{2\mu}{\sigma^2}\right)^2 + \frac{8(r+h)}{\sigma^2}}\right\} > \beta_0$ ， $B_F^i = \frac{h {\pi_F^i}^{1-\beta_1}}{(r+2h-\mu)\beta_1} > 0$ ，

$$NPV(\pi) = \frac{h\pi}{r+2h-\mu} \quad , \quad \pi_F^i = \frac{\beta_1}{(\beta_1 - 1)} \cdot \frac{(r+2h-\mu)}{h} \cdot K_F^i$$

非協力ゲーム：リーダーの利得関数

1. **リーダー(先行して投資を開始する企業)にとってのパテントの価値**



非協力ゲームでのリーダーにとってのパテントの価値 (離散時間モデル表記)

2. **ベルマン方程式** $(r+h_L)V_L^i dt = h_L \pi dt + E_t\left[dV_L^i\right] \quad for \quad t \in \left[T_L, T_F\right)$

非協力ゲーム：リーダーの利得関数

リーダーにとっての研究開発プロジェクトの価値式 $V_L^i(\pi)$ は以下の通り．

$$V_L^i(\pi) = \begin{cases} \dfrac{h\pi}{r+h-\mu} + B_L^i \pi^{\beta_1} - K_L^i & for \quad \pi < \pi_F^i \\ NPV(\pi) - K_L^i & for \quad \pi \geq \pi_F^i \end{cases}$$

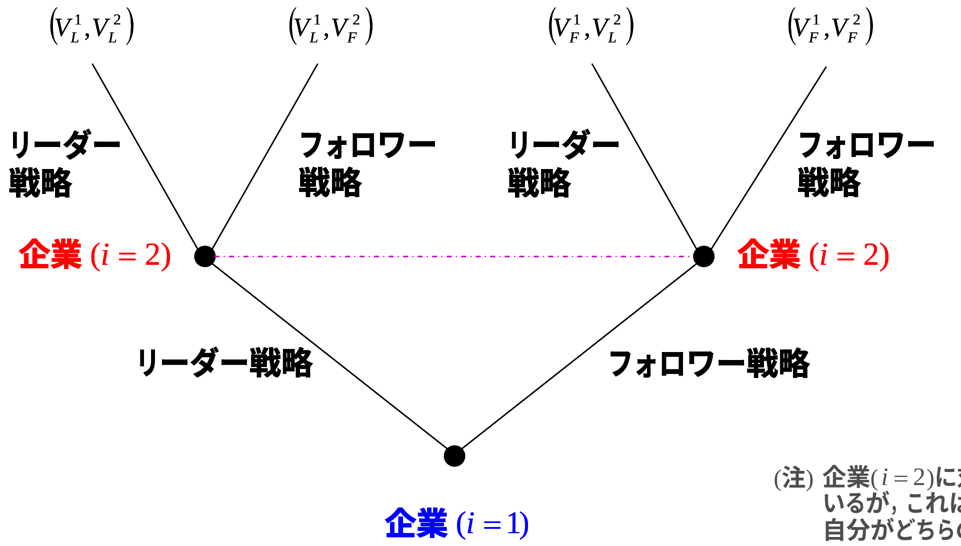
ただし，$\beta_1 = \dfrac{1}{2}\left\{1 - \dfrac{2\mu}{\sigma^2} + \sqrt{\left(1-\dfrac{2\mu}{\sigma^2}\right)^2 + \dfrac{8(r+h)}{\sigma^2}}\right\} > \beta_0$ ，

$$B_L^i = -\frac{h^2 \pi_F^{i\ 1-\beta_1}}{(r+h-\mu)(r+2h-\mu)} < 0 \text{ ，} \quad NPV(\pi) = \frac{h\pi}{r+2h-\mu} \text{ ，}$$

$$\pi_F^i = \frac{\beta_1}{(\beta_1 - 1)} \cdot \frac{(r+2h-\mu)}{h} \cdot K_F^i$$

静学ゲームにおける投資戦略

同時手番ゲーム
(意思決定の際，競争相手が選択する戦略は分からずに自社の戦略を選択)



(注) 企業$(i=2)$に対応する2つの分岐点が点線で結ばれているが，これは企業$(i=2)$が戦略を選択するにあたり，自分がどちらの分岐点にいるのかを知らないことを示す．

静学ゲームにおけるゲーム構造

- 純戦略：①．リーダー戦略： 競争相手に先駆けて投資を開始する戦略．(企業の行動計画として研究開発投資を直ぐに開始)
  - ②．フォロワー戦略： 競争相手よりも投資開始時期を遅らせる戦略．(研究開発投資を開始せずに最適な水準になるまで延期)
- 各企業は自社の利得を最大にするように戦略を選択する．

補題と命題

※ ここからは，低コスト構造の企業を企業1とおき，高コスト構造企業を企業2とおく．(このように仮定して一般性を失うことはない)

[補題1] **低コスト構造の企業である企業1については，** $V_L^1 = V_F^1$ **となる** $\pi_L^1 \in \left(0, \pi_F^1\right)$ **が一意に存在する．**

[補題2] **パテントの価値水準については，** $\pi_L^1 < \pi_F^1 < \pi_F^2$ **という大小関係が成立する．**

[命題1] π_L^2 **が存在する場合，当該** π_L^2 **は2つ存在し，夫々** π_{L1}^2 **，** π_{L2}^2 $(> \pi_{L1}^2)$ **とおくと，以下の関係式が成立する．**

π_L^2 **の存在は**
パラメーターに依存

$$
\begin{array}{llll}
V_L^1 < V_F^1 & , \quad V_L^2 < V_F^2 & \mathit{for} & \pi < \pi_L^1 \\
V_L^1 = V_F^1 & , \quad V_L^2 < V_F^2 & \mathit{for} & \pi = \pi_L^1 \\
V_L^1 > V_F^1 & , \quad V_L^2 < V_F^2 & \mathit{for} & \pi_L^1 < \pi < \pi_{L1}^2 \\
V_L^1 > V_F^1 & , \quad V_L^2 = V_F^2 & \mathit{for} & \pi = \pi_{L1}^2 \\
V_L^1 > V_F^1 & , \quad V_L^2 > V_F^2 & \mathit{for} & \pi_{L1}^1 < \pi < \pi_{L2}^2 \\
V_L^1 > V_F^1 & , \quad V_L^2 = V_F^2 & \mathit{for} & \pi = \pi_{L2}^2 \\
V_L^1 > V_F^1 & , \quad V_L^2 < V_F^2 & \mathit{for} & \pi_{L2}^2 < \pi < \pi_F^2 \\
V_L^1 = V_F^1 & , \quad V_L^2 = V_F^2 & \mathit{for} & \pi \geq \pi_F^2
\end{array}
$$

[命題2] π_L^2 **が存在しない場合，以下の関係式が成立する．**

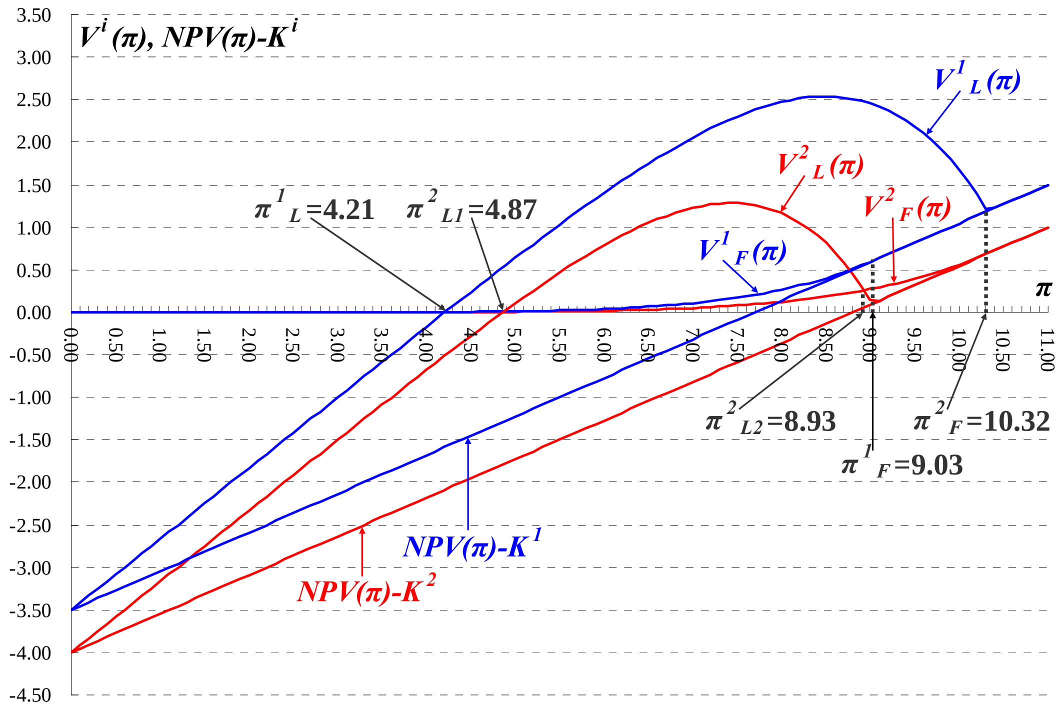
$$
\begin{array}{llll}
V_L^1 < V_F^1 & , \quad V_L^2 < V_F^2 & \mathit{for} & \pi < \pi_L^1 \\
V_L^1 = V_F^1 & , \quad V_L^2 < V_F^2 & \mathit{for} & \pi = \pi_L^1 \\
V_L^1 > V_F^1 & , \quad V_L^2 < V_F^2 & \mathit{for} & \pi_L^1 < \pi < \pi_F^2 \\
V_L^1 = V_F^1 & , \quad V_L^2 = V_F^2 & \mathit{for} & \pi \geq \pi_F^2
\end{array}
$$

静学ゲームにおける均衡戦略 (1)

π_L^2 が存在するケース

π	**企業** 1 （**低コスト構造の企業**）	**企業** 2 （**高コスト構造の企業**）
$\pi < \pi_L^1$	**投資を延期**	**投資を延期**
$\pi_L^1 \le \pi < \pi_{L1}^2$	**投資を開始**	**投資を延期**
$\pi_{L1}^2 \le \pi \le \pi_{L2}^2$	**投資を開始**	**投資を開始**
$\pi_{L2}^2 < \pi < \pi_F^2$	**投資を開始**	**投資を延期**
$\pi \ge \pi_F^2$	**投資を開始**	**投資を開始**

均衡戦略



両社の利得の関係 (数値実験例)

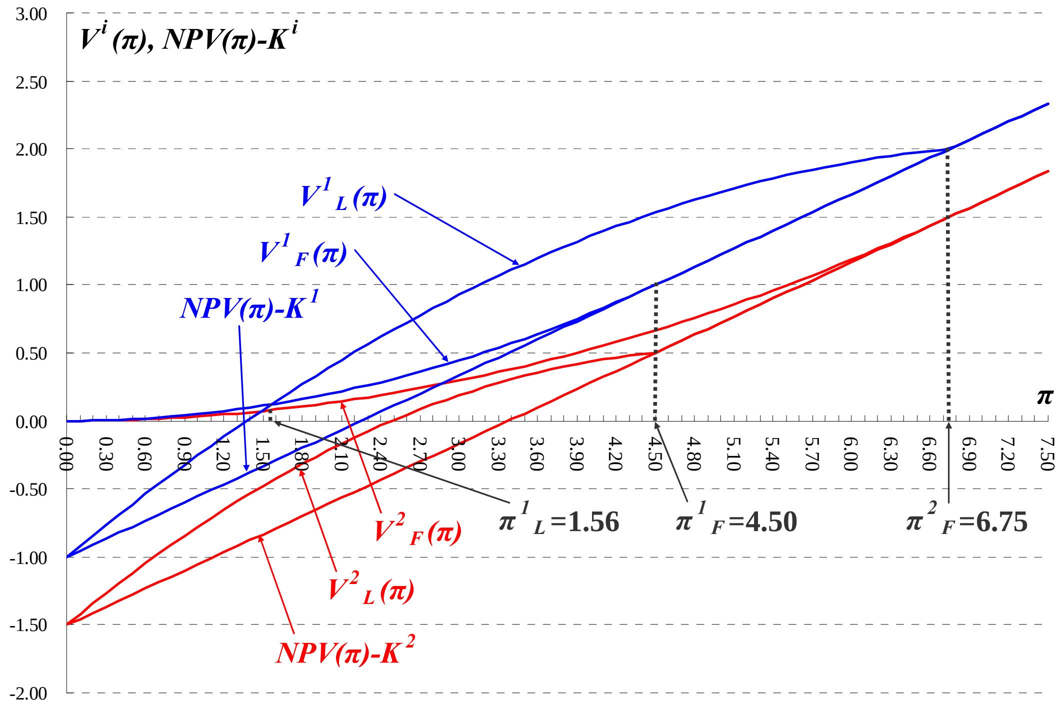
($\mu = 1\%, r = 2\%, h = 5\%, K^1 = 3.5, K^2 = 4, \sigma = 1\%$ **の時の** V_L^1，V_F^1，V_L^2，V_F^2)

静学ゲームにおける均衡戦略 (2)

π_L^2 が存在しないケース

π	企業 1 （低コスト構造の企業）	企業 2 （高コスト構造の企業）
$\pi < \pi_L^1$	投資を延期	投資を延期
$\pi_L^1 \le \pi < \pi_F^2$	投資を開始	投資を延期
$\pi \ge \pi_F^2$	投資を開始	投資を開始

均衡戦略

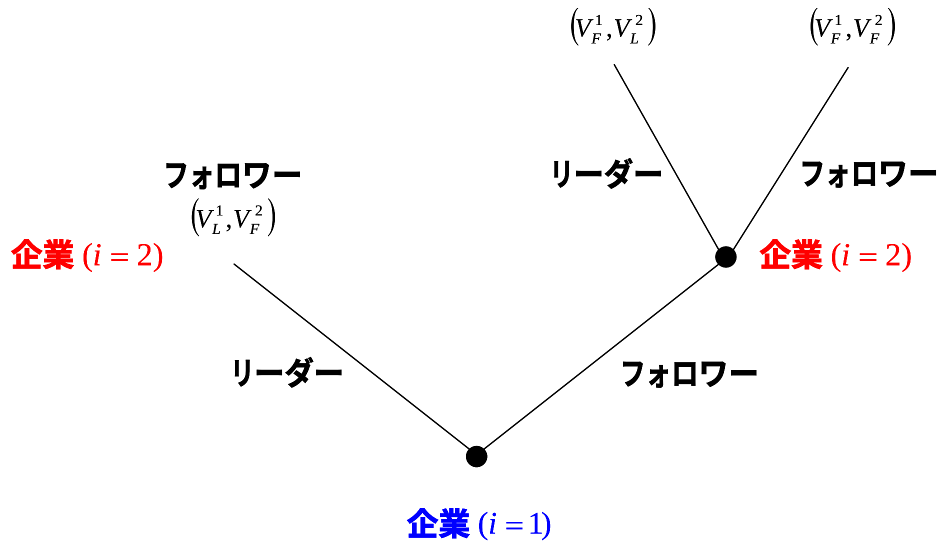


両社の利得の関係 (数値実験例)

($\mu = 0, r = 5\%, h = 20\%, K^1 = 1, K^2 = 1.5, \sigma = 50\%$ の時の V_L^1, V_F^1, V_L^2, V_F^2)

動学ゲームにおける均衡戦略

交互手番ゲーム
(競争相手の現在の状態変数＊に基づいて自社の行動を選択)



動学ゲームにおけるゲーム構造

[命題3] **低コスト構造の企業がπ_L^1にて先行して研究開発投資を開始し, 高コスト構造の企業がπ_L^1よりも厳密に大きなパテントの価値水準であるπ_F^2において研究開発投資を開始するというリーダー･フォロワー均衡が一意に定まる.**
(パラメーターの値に依存せずに一意に均衡が定まる)

＊投資を実行したのか否かという競争相手が選択する行動に依存.

考察

- コスト構造の非対称性を組み込むと，コスト効率の高い企業はもう一方の企業よりも常に高いペイオフを得られる．

- 協力ゲーム vs. 非協力ゲーム
  - 協力ゲームとの比較において，非協力ゲームでは競争による非効率性が見られる．(16頁と17頁のパラメーター数値例において，協力ゲームにおける同時投資戦略を採る場合のR&D投資を行うパテントの価値水準 π_C は，それぞれ16.58と12.00)

- 静学ゲーム
  1. 高コスト構造企業
     - パラメーターの値に依存するものの，先行してR&D投資を開始するパテントの価値範囲が存在．その水準においては両社が共にR&D投資を開始することが均衡．
     - ただし，パラメーターの値がこの範囲を外れると高コスト構造の企業はリーダー戦略を採り得ず，より大きなパテントの価値π_F^2に到達するまでR&D投資を行えない．
  2. 低コスト構造の企業
     - パラメーターの値に依存せずに，パテントの価値水準が自身がリーダーとして先行してR&D投資を開始する水準π_L^1を超えて以降，それより大きなパテントの価値水準においては常に投資を開始することが支配戦略．

- 動学ゲーム
  - 低コスト構造の企業がリーダーとなり，高コスト構造の企業がフォロワーとなるという形でリーダーとフォロワーが一意に決定．

インプリケーション

- 低コスト構造の企業は研究開発競争において優位に立つことができる．
  - → 現実の状況に合致．

- (静学ゲームにおいて)リーダー戦略を採ることができない，或いは，(動学ゲームにおいて)リーダーになり得ないという状況は，以下の理由から企業にとっては致命的なダメージ．
  - – 先手をとった企業の競争優位性を理論化･実証している多くの研究の存在．
  - – ネットワーク外部性が強く働くケースにおいては先行者優位を享受できる可能性が高い．
  - → 企業の自助努力として，常にコスト効率を高めておく必要性があることを強く示唆．

各パラメーターのシュミレーション結果

1. **パラメーターが与える影響**
   – 他の条件を一定とした場合，成功確率であるハザード・レート h が低くなればなるほど，又，ボラティリティ σ が上昇すればするほど，更に，純粋なディスカウント・レートである安全資産利子率 r が上昇すればするほど，各企業のそれぞれの戦略において研究開発投資を開始するパテントの価値水準の上昇がみられ，この結果，投資を開始する時期が遅れる．
     → 従来のリアルオプションにおける研究と同様，不確実性が高まることで投資を延期するオプションの価値が大きくなり，投資プロジェクトの開始が遅くなるという結論と整合的．
   – 尚，これは，競争環境の有無に影響を受けることなく当てはまることを確認．

2. **比較静学分析結果**
   – 静学ゲームにおいて不確実性が上昇すると，高コスト構造の企業にはリーダー戦略を採り得るパテントの価値水準 π_L^2 が存在しない状況となり，結果として，充分に高いパテントの価値水準が達成されるまで，高コスト構造の企業は投資を延期せざるを得なくなる．
     → 不確実性の高い事業に投資を行う場合には，先述したコスト効率を常に高めておくだけではなく，成功確率の影響も加味すると，質のよい研究者を恒常的に確保し研究開発技術の向上・維持に努めることも重要となる．

ご清聴，有り難うございました．