

リアルオプションとゲーム理論を用いた 技術保護の意思決定に関する研究

プロフィットデザイン研究

5216F016-4 松岡寛直
指導教員 大野高裕

A Model for Technology Value Protection Using Real Option and Game Theory

MATSUOKA Kanji

1. はじめに

現在多くの日本企業にとって、独自技術を開発して事業展開を行なうことが重要となっている。その背景の重要なものとして、企業間競争の激化が挙げられる。従来からの国内における製品開発競争もさることながら、グローバル化に伴い国外企業との競争にも晒されることとなった。特に、新興国等で製造される製品に対して日本企業が価格競争で優位に立つことは難しく、このことが日本企業の経営体力を削ぐ一因となっている。このような状況において、他社の持たないユニークな技術を保有することは、自社のみが生み出すことができる価値を消費者へ提供する機会へとつながり、熾烈な価格競争を回避することができる。このことから、技術を開発し保有することは利益の獲得に大きく貢献できるために重要なことであるといえる。

しかしながら、ある技術について自社だけが開発を行っているとは限らない。人的・金銭的リソースを投入して開発しようとした技術であっても、場合によっては他社にその成功を越されてしまうこともありうる。そのうえ、その技術を使用することができなくなる状況も考えられる。このように、製品マーケットだけではなく技術開発においても競争が発生している。

また、開発した技術成果である知財は適切な手段を用いて保護する必要がある。技術開発における競争相手を牽制することはもちろん、自社の開発成果を他社に横取りされることを防ぐためである。主な知財保護方法は特許の取得とノウハウの保持(企業秘密)が挙げられるが、それぞれについて一長一短がある。そのうえ、技術保護の意思決定をするうえでは競争相手の様相を考慮しつつ、「いつ」「どのような手段で」保護するのかが決定する必要があり、複雑な意思決定を迫られる。

技術開発競争に関する従来研究として、Weed(2002)[1]、青木・今井(2011)[2]等が挙げられる。これらの研究では先発者・後発者の存在を考慮し、それぞれの獲得しうる利得についてモデルを構築している。しかしながら、これらは知財保護における制度とその影響を考慮していない。そこで本研究では、技術の保護方法について競争相手の存在を仮定し、意思決定の内容およびそのタイミングと獲得利得の関係についてモデルの構築を行なう。その上で、どのような意思決定が最大利得の獲得につながるのかについて知見を得ることを目的とする。

2. 従来研究

競争する2者の存在を仮定し、それぞれの獲得しうる利得に関するモデルとして Weed(2002)[1]が挙げられる。こ

の研究では同質な2者において同一の技術を開発しようとする状況を仮定し、その開発に向けた投資を始めた順序およびそのタイミングを考慮している。先に投資を行なった企業をリーダー、後の企業をフォロワーとし、時刻 t におけるフォロワーの投資価値 $V_F(\pi_t)$ は、

$$V_F(\pi_t) = \max_{T_F} E_t \left[e^{-rT_F} \left(\int_{T_F}^{\infty} e^{-(r+2h)(\tau-T_F)} h \pi_{\tau} d\tau - K \right) \right]$$

と表せる。ただし、 π_t は技術価値、 T_F はフォロワーの投資開始時刻、 r は利率、 h は研究成功確率、 K は投資費用を表す。なお、 $e^{-(r+2h)(\tau-T_F)} h d\tau$ は微小時間あたりに研究に成功する確率を表しており、その確率に研究対象の技術の価値をかけたものを投資開始時点(T_F)から先の τ において積分したものが、各 T_F 地点における投資価値である。それを現在価値に割り引くために e^{-rT_F} をかけている。各 T_F 地点における投資価値を現在価値に割り引いた値を比較し、その中で最大となるものが $V_F(\pi_t)$ の値となる。

一方、時刻 t におけるリーダーの投資価値 $V_L(\pi_t)$ は、

$$V_L(\pi_t) = E_t \left[\int_0^{T_F} e^{-(r+h)\tau} h \pi_{\tau} d\tau - K + \int_{T_F}^{\infty} e^{-(r+2h)\tau} h \pi_{\tau} d\tau \right]$$

と表される。この研究においてはリーダー企業が投資を開始した時刻を0としているため、第一項はリーダー企業のみが投資を実行している状況を表していると理解できる。一方、第三項はフォロワー企業も投資を開始し、2者が競争している状況を表している。

本研究の目的において、Weed(2002)の研究は競争関係こそ表すものの、技術保護における諸制約を考慮しているとはいえない。例えば、特許出願における出願内容の公開などが挙げられる。したがって、本研究ではそのような制約・制度を考慮したモデルを構築する。

3. 提案モデル

本研究では、同一技術について両者が開発を行なっており、時刻 $t=1$ 時点で開発の完成度に差のある2社間で行なわれるゲームを考える。以後、時刻 $t=1$ 時点で技術の開発を終了し保護の意思決定を行おうとする企業Aと、同時点において企業Aよりも開発が遅れている企業Bの存在を仮定する。また、技術保護の方法として、特許取得による保護とノウハウによる保護(企業秘密)を考える。

3.1. 起きうるゲーム

初めに、本研究における仮定を述べる。

ノウハウで保護する場合、他社が独占権(特許)を取得していない場合については価値を独占することができる。一方、特許を取得すると、原則としてその技術の持つ価値を独占することができる。ただし、既に他社がノウハウとして保持していた場合、適切に先使用権を行使すると考え、特許を取得したとしても利得を独占することはできない。価値を独占することができない場合、それぞれの企業が持つ技術レベルによって配分され、それ以外の要因(マーケティング能力等)は影響を与えない。また、かかる費用は開発によるもののみとし、開発期間中は毎期コストが発生する。そのうえ、開発期間中に技術から価値を得ることはできないとする。また、意思決定については各社1度のみとし、方針の変更は考慮しない。特許申請が拒絶された場合、再申請を考慮しない。また、出願から18ヶ月後に出願内容が公開されるが、本研究では出願と同時に公開されるものとする。また、特許保護は永続するものと仮定する。また、両社共に常に相手の行動を知ることができ、かつ理性的に判断し最適な行動を行なうものとする。

以上の仮定のもと、起きうるゲームについて考える。

3.1.1. A社が特許取得を目指した場合

開発を時刻1において終了させたA社は、「特許取得」または「ノウハウとして保持」のいずれかを選択できる。特許出願を選択した場合、特許として認められた時と認められなかった時の二つの状況が考えられる。

(a)特許出願が認められた場合

この場合、A社は利得を独占することができ、一方でB社はその開発内容を活用することはできなくなる。したがって、その後B社の取りうるオプションとしては、「撤退する」または「ロイヤリティを支払い、技術を使用する」の2つが考えられる。

(b)特許出願が認められなかった場合

この場合、A社は利得を独占することができずノウハウとして保持することになるうえ、技術内容がB社に公開されることとなる。一方B社は任意の期間開発を継続した後、「ノウハウとして保持」または「特許取得」のオプ

ションを選択できると考えられる。A社が特許取得に失敗した後であり、その出願内容は公開されている(新規性はない)が、その内容から進歩が認められればその進歩に新規性があると認定されることが多い。したがって、本研究ではこの場合の「特許取得」は選択可能であるとする。

ノウハウとして保持した場合、両社間で技術レベルによって利得が配分される。一方、特許出願をしてそれが認められた場合、A社の先使用権が考慮されるためにB社は特許を取得したとしても利得を独占できないゲームが想定される。この結果、B社は「ノウハウとして保持した場合」と「特許出願をして成功した場合」は同様の結果となる。すなわち、「特許出願をして失敗する」可能性のある特許取得を選択する動機がB社には存在しない。そのため、この場合B社は「特許取得」は選択可能だが実行されないと考えられる。

3.1.2. A社がノウハウとして保持を選択した場合

B社が開発を終了するまで、A社は利得を独占することができる。B社は「ノウハウの保持」または「特許取得」のいずれかを任意の時刻で選択できる。特許取得を選択した場合、成功した場合については先使用権の行使が想定されるため、その点についても考慮する。その他のゲームについても、3.1.1節と同様に考える。

以上のゲームについて、図1・図2に示す。

3.2. 提案モデル

3.1.節で考えたゲームに基づき、Weed(2002)のモデルを参考に、各ゲームで両社の獲得する利得について定式化した。その結果を表1・表2に示す。なお、表内の TD はB社が開発を終了し意思決定をする時刻、 r は利率、 π は開発対象技術の価値、 R はB社がA社に支払う知財権使用ロイヤリティ、 $T_{.t}$ は時刻 t 時点における各社の技術レベル、 K はB社の開発コストを表す。また、 T_{Bt} は以下のように定義される。

$$T_{Bt} = T_{Bt-1} + T_{ProgB} \quad (t < TD)$$

$$T_{Bt} = T_{Bt-1} \quad (t \geq TD)$$

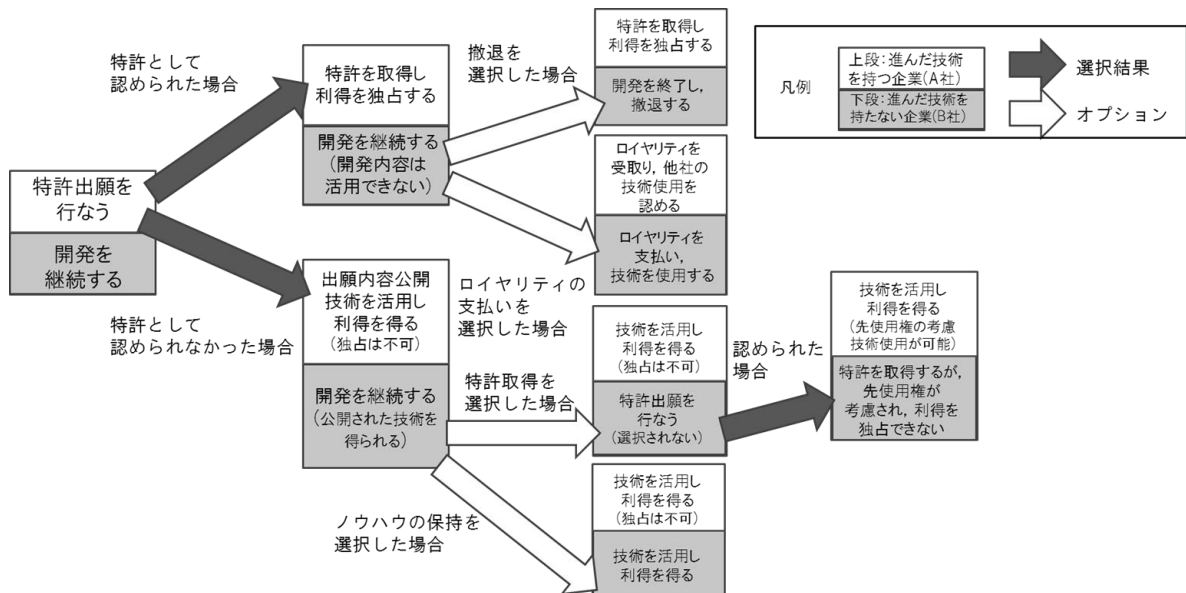


図1 A社が特許取得を選択した場合のゲームシナリオ

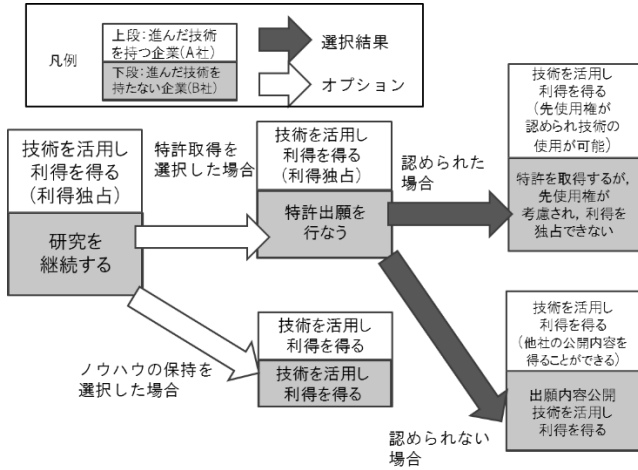


図2 A社がノウハウとして保持することを選択した場合のゲームシナリオ

なお、TProgB は B 社限界技術成長を表す定数であり、B 社における単位時間あたりの開発能力を表す。

4. 結果と考察

4.1. 検証方法

本研究では、 K , R , TProgB の値を任意に変更し、それぞれにおいて各社がどのような選択をするべきであるかを検証した。また、期間については $1 \leq t \leq 100$ の範囲について考慮した。以後、オプション名については表 1、表 2 内で使用しているものを用いる。

4.2. 検証結果

まず、表 3 のように条件を設定し、検証を行なった。A 社が op:a を選択した場合について、B 社がとるべき選択肢とそのタイミングについてシミュレーションを行なった。この時、B 社の獲得利得を最大にする意思決定時点 (TD) と、そのときの獲得利得は表 4 のようになった。これ

表 1 各ゲームにおける A 社の獲得利得

			B社の行動				
			研究を 継続する (op:0)	特許申請を目指す(op:1)		ノウハウとして 保持する(op:2)	ロイヤリティを 支払い、技術を 使用する(op:3)
				成功	失敗		
A社の 行動	特許申請を する(op:a)	成功 $\int_1^{\infty} (e^{-rt} \pi_t dt)$	$\int_{TD}^{\infty} (e^{-rt} \pi_t dt)$		$\int_{TD}^{\infty} (e^{-rt} \pi_t dt) \times \frac{1}{2}$ $+ \int_{TD}^{\infty} (e^{-rt} R dt) \times \frac{1}{2}$		
	失敗 $\int_1^{TD-1} (e^{-rt} \pi_t dt)$	選択されない		$\int_{TD}^{\infty} (e^{-rt} \pi_t dt) \times \frac{T_{At}}{T_{At} + T_{Bt}}$	実現しない		
ノウハウとして 保持する(op:b)	$\int_{TD}^{\infty} (e^{-rt} \pi_t dt) \times \frac{T_{At}}{T_{At} + T_{Bt}}$	$\int_{TD}^{\infty} (e^{-rt} \pi_t dt) \times \frac{1}{2}$ $T_{At} \leq T_{Bt}$ $\int_{TD}^{\infty} (e^{-rt} \pi_t dt) \times \frac{T_{At}}{T_{At} + T_{Bt}}$ $T_{At} > T_{Bt}$	$\int_{TD}^{\infty} (e^{-rt} \pi_t dt) \times \frac{T_{At}}{T_{At} + T_{Bt}}$				

表 2 各ゲームにおける B 社の獲得利得

			B社の行動				
			研究を 継続する (op:0)	特許申請を目指す(op:1)		ノウハウとして 保持する(op:2)	ロイヤリティを 支払い、技術を 使用する(op:3)
				成功	失敗		
A社の 行動	特許申請を する(op:a)	成功 $\int_1^{\infty} (-e^{-rt} K dt)$	0		$\int_{TD}^{\infty} (e^{-rt} \pi_t dt) \times \frac{1}{2}$ $- \int_{TD}^{\infty} (e^{-rt} R dt) \times \frac{1}{2}$		
	失敗 $\int_1^{TD-1} (-e^{-rt} K dt)$	選択されない		$\int_{TD}^{\infty} (e^{-rt} \pi_t dt) \times \frac{T_{Bt}}{T_{At} + T_{Bt}}$	実現しない		
ノウハウとして 保持する(op:b)	$\int_{TD}^{\infty} (e^{-rt} \pi_t dt) \times \frac{T_{Bt}}{T_{At} + T_{Bt}}$	$\int_{TD}^{\infty} (e^{-rt} \pi_t dt) \times \frac{1}{2}$ $T_{At} \leq T_{Bt}$ $\int_{TD}^{\infty} (e^{-rt} \pi_t dt) \times \frac{T_{Bt}}{T_{At} + T_{Bt}}$ $T_{At} > T_{Bt}$	$\int_{TD}^{\infty} (e^{-rt} \pi_t dt) \times \frac{T_{Bt}}{T_{At} + T_{Bt}}$				

表 3 検証に用いた条件

項目	値
r	0.05
π	1.0
T_{A0}	50
T_{B0}	0
TProgB	8
K	0.5
R	0.5

表 4 A 社が op:a を選択した場合の B 社の最適行動

op の種類 (A 社/B 社)	最適意思 決定時点	最適時獲得利得
op:a(成功)/op:1 or 2	t=1	0.000
op:a(成功)/op:3	t=1	4.843
op:a(失敗)/op:2	t=1	10.404

表 5 A 社が op:b を選択した場合の B 社の最適行動

op の種類 (A 社/B 社)	最適意思 決定時点	最適時獲得利得
op:b/op:1	t=4	8.424
op:b/op:2	t=5	9.179

表 6 A 社の op と B 社最適行動

op の種類(A 社)	op の種類(B 社)	最適意思 決定時点
op:a(成功)	op:3	t=1
op:a(失敗)	op:2	t=1
op:b	op:2	t=5

より、A 社が特許を出願し、それが成功した場合には t=1 時点で op:3 を、失敗した場合には t=1 時点で op:2 を選択することが最適行動であることが読み取れる。次に、A 社が op:b を選択した場合について、同様の検証を行なった。その結果を表 5 に示す。これより、A 社が op:b を選択した場合、B 社は t=5 時点で op:2 を選択することが最適であることが分かる。

以上より、A 社の選択したオプションおよびその結果と、それぞれについて B 社の選択すべきオプションとその選択肢が表 6 のようにまとめられる。

B 社が表 6 に従って行動を起こすとすると、A 社が各 op を選択したときに獲得できる利得が計算される。その結果を表 7 に示す。表 7 より、今回のケースについて A 社は特許出願をすることが最適行動であるといえる。

次に、表 3 の条件のうち TProgB の値を 15 に変更し、同様の分析を行なった。その結果を表 8 に示す。

表 7・8 より、TProgB を増加させると両オプションとも獲得利得が減少するが、その減少幅は op:b の方が大きく、獲得利得が逆転する現象が起きることが読み取れる。

4.3. 考察

今回の分析により、「先行する技術をもつ企業の最適行動

表 7 A 社の獲得利得

op の種類(A 社)	A 社獲得利得
op:a	11.750
op:b	12.237

表 8 A 社の獲得利得(TProgB=15 の場合)

op の種類(A 社)	A 社獲得利得
op:a	10.749
op:b	10.219

は状況により変化しうる」という結果を得ることができたが、特に TProgB の値、つまり追随企業の開発能力の大小がその意思決定に影響を及ぼすことが伺える。

ところで、文部科学省の調査では『イノベーションの占有可能性を確保する上で、米国では日本よりも特許以外の方法が有効とされている』[3]という報告がされている。これはすなわち日本企業においては米国企業と比較して特許の優位性が高いことも意味している。この背景として考えられるものとしては、競争企業の技術成長速度である。

日本企業の競争相手は国内の他企業だけではなく近隣国企業も存在し、例えば、韓国の三星電子等が挙げられる。このような企業は先進技術に対するキャッチアップ速度が速く、日本企業(先行企業)にとっては脅威となっている。[4] この環境が特に日本においては顕著なために、日本では法的保護を求めて特許を取得する動機が強いと考えられる。この状況は本研究における検証結果とも合致する。

5. おわりに

5.1. 結論

本研究では、技術の保護方法について競争相手の存在を仮定し、利得についてモデルの構築を行なった。その上で、どのような意思決定が最大利得の獲得につながるのかについて知見を得ることができた。

5.2. 今後の課題

今後の課題としては、モデルの簡単のために本研究においては現実と相違のある設定とした部分を考慮に入れることが考えられる。例として、出願内容の開示時期や特許保護期間を現実に即したものにすると、1 度オプションを選択した後に選びなおすことを考慮する、などが挙げられる。

参考文献

- [1] Weeds H. : "Strategic delay in a real options model of r&d competition," Review of Economic Studies, Vol.69, pp.729-747, (2002)
- [2] 青木一生, 今井潤一: "ゲーム理論的リアルオプションアプローチによる中小企業と大企業の特許権取得競争分析", リアルオプション研究, Vol.4 (No.2), pp.196-206(2011)
- [3] 科学技術・学術製作研究所: 『イノベーションの占有可能性と技術機会: サーベイデータによる日米比較研究』, NISTEP Report, No.48, (1997)
- [4] 吉岡英美: "韓国半導体産業の技術発展 - 三星電子の要素技術開発の事例を通じて", アジア経済, Vol.47(No.3), pp.2-20, (2006)