流通科学大学論集—経済・情報・政策編—第 24 巻第 1 号，17-36（2015）

戦略的貿易政策としての協調的 R&D について

On the Cooperative R&D as the Strategic Trade Policy

岡島 慶知*
Yoshitomo Okajima

本論文は企業がベルトラン競争をしているときにR&D協力を戦略的貿易政策の手段として用いることの最適性について再検討した。本論文は先行文献である Carlson (2008) が誤った計算に基づいてどちらか一方の政府のみがR&D協力を許すという結論を出したことを指摘した。正しい計算では両方の政府がR&D協力を許すことが政策ゲームのナッシュ均衡になった。

キーワード：R&D協力、戦略的貿易政策、ベルトラン競争、ナッシュ均衡

I. 導入

多くの政府が自国企業の国際市場でのビジネス上の成功を支援すべきものとみなしている。彼らはしばしば自国企業をR&D支援政策によって支援する。R&Dは生産が実行される前になされるため、市場競争でのコミットメントの役割を果たす。

R&Dに関する文献は長らく国内市場におけるスピルオーバーと協力について考察してきた（例えばSpence 1984; d'Aspremont and Jacquemin 1988; Suzumura 1992）。国際的な環境でのR&Dに関する議論について、内生成長論はR&Dスピルオーバーは独占的競争市場で起こることを仮定している（例えばGrossman and Helpman 1991）。しかし、独占的競争においては長期的な利益は自由参入によって消失してしまうので、内生成長モデルは上に述べたような戦略的貿易政策としてのR&D支援政策を分析するには適していない。

より最近では、戦略的貿易政策論の一つの基礎となるモデルであり、企業が寡占競争を行うSpencer and Brander (1983)に似た枠組みで分析を行う新しい文献が生まれてきた。この枠組を用いた分析には、Motta (1996), Qiu and Tao (1998), Leahy and Neary (1999), Neary

*流通科学大学経済学部、〒 651-2188　神戸市西区学園西町 3-1

（2015 年 3 月 27 日受理）

and O'Sullivan (1999), DeCourcy (2005), Carlson (2008)がある。

DeCourcy (2005)およびCarlson (2008)は自国・外国政府の選択が国内的なR&D協力を許す（すなわちresearch joint ventureを許す）か否かであるような場合の第3国輸出競争ゲームを分析した。この政策ゲームの政府にとっての利得表は表１に示されている。自国・外国の２国および唯一需要が存在する第３国がある。自国と外国はそれぞれ２つ企業を持つ。自国・外国はともに２つの戦略を持つ。R&D協力を許す（戦略DC）か許さない（戦略NC）かである。戦略NCは自由貿易へのコミットメントである。いずれの国も輸出補助金を出さないので、それぞれの国の社会厚生は自国の企業利潤の合計である。それぞれの国の企業２つは対称であり、社会厚生はいずれのゲームの結果においても１社あたり利潤の２倍であるので、表示の単純化のため社会厚生を１社あたり利潤Πで表す。上付き文字はあり得る政策の組み合わせを示す。例えば、DCNCは自国政府がDCを、外国政府がNCを選択することを示す。下付き文字ijはそれが企業$ij, i \in \{1,2\}, j \in \{Home, Foreign\}$の利潤であることを示す。自国・外国それぞれの２つの企業は対称なので企業iの利潤のみをここでは取り上げている。

表１　Payoff matrix of cooperative R&D policy game

		外国	
		NC	DC
自国	NC	$(\Pi_{iH}^{NCNC}, \Pi_{iF}^{NCNC})$	$(\Pi_{iH}^{NCDC}, \Pi_{iF}^{NCDC})$
	DC	$(\Pi_{iH}^{DCNC}, \Pi_{iF}^{DCNC})$	$(\Pi_{iH}^{DCDC}, \Pi_{iF}^{DCDC})$

DeCourcy (2005)は、企業が数量競争を行い、政府の利得表が表１のようである政策ゲームを分析した。そこでは、投資のスピルオーバーが十分高い時、それぞれの政府がそれぞれの企業に対してR&D協力を許すというものであった。しかもこのDCDCという結果は両国にとってパレート優越的な結果である。R&D協力を許すという政策はゼロサムゲームを招かないことになる。これはR&Dスピルオーバーのない多くの戦略的貿易政策モデルと異なる結論である。このとき、すべての企業の利潤はNCNCの場合（自由貿易が実現する場合）に比べて増加する。

戦略的貿易政策論への批判として財市場の競争形態が結果に影響を与えすぎるという点がある。この批判はEaton and Grossman (1986)によって最初に指摘された。一般的にクールノー競争下での最適政策はベルトラン競争では最適ではなくなる。したがって次のように問うことができる。この批判は戦略的貿易政策のツールがR&D協力であるときにも当てはまるか？あるいはより正確には、DCDCという結果は企業がベルトラン競争をするときにもナッシュ均衡たりえるか？

Carlson (2008)はこの疑問に答えるべく分析を行った。そこでは市場競争がベルトラン競争であるという以外はDeCourcy (2005)と基本的に同じモデルが分析されている。ナッシュ均衡では

一方の政府だけがR&D協力を許すことが示された。モデルの対称性より、２つのナッシュ均衡が存在する。すなわちDCNCというナッシュ均衡とNCDCというナッシュ均衡の２つである。両方の政府がR&D協力を許す時、結果はナッシュ均衡に比べてパレート劣位なものとなる。この結果はクールノー競争を扱ったDeCourcy (2005)で得られたものと異なる。Carlson (2008)はDeCourcy (2005)との結果の相違について、戦略的貿易政策によく当てはまる上述の批判がここでも当てはまる、と述べている。

本論文は、双方の政府がR&D協力をさせることを選ぶというクールノー競争における結論がベルトラン競争下でも当てはまるかどうかについて再検討し、肯定的な結論を得た。つまりクールノー競争下でもベルトラン競争下でも、両国政府はR&D協力をさせることを選ぶ。Carlson (2008)はベルトラン競争下ではDCNCがナッシュ均衡になると論じたが、本論文はDCDCがナッシュ均衡となることを示した。

論文のII節ではCarlson (2008)に全く同じモデルを分析して、Carlson (2008)のいくつかの計算ミスを指摘する。III節では結論を述べる。

II. モデル

この節ではCarlson (2008)のモデルを順を追って説明してゆき、どこでCarlson (2008)が間違えたのかを明らかにする。

それぞれ２つの企業を持つ自国と外国がある。すべての企業は製品差別化された財をすべての需要が存在する第３国市場へ輸出する。国$j \in \{H, F\}$にある企業$i \in \{1, 2\}$の需要関数q_{ij}は線型である:

$$q_{ij} = \alpha - p_{ij} - \theta(p_{ij} - \overline{p}), \tag{1}$$

ここでαは需要強度、p_{ij}は企業ijが課す価格である。$\theta \in [0, \infty)$は各バラエティー間の代替の程度を、$\overline{p}$はp_{ij}の平均を表す。$\theta = \infty$のとき、各バラエティーは完全代替的であり、$\theta = 0$のとき、それらは独立である。企業$ij, i \in \{1, 2\}, j \in \{H, F\}$の費用関数は

$$TC_{ij}(q_{ij}, \mathbf{x}) = (c - x_{ij} - \gamma \sum x_{-ij})q_{ij} - \frac{1}{2}\nu x_{ij}^2, \tag{2}$$

である。ここで、x_{ij}は企業ijによるR&D投資であり、$\mathbf{x}$はx_{ij}のベクトルである。x_{-ij}はij以外の企業によるR&D投資の選択である。すべての企業がR&Dをしないならば、彼らの限界費用は$c \in (0, \alpha)$であり総費用はcq_{ij}である。企業ijがR&D投資をするとその投資分だけ限界費用はcを下回る。さらにij以外の企業のR&D投資にスピルオーバー係数$\gamma \in [0, 1]$を乗じた分だけ追加的に限界費用が低下する。$\nu > 0$はR&D費用のパラメータである。以下を仮定する：

$$\nu > \frac{64(4 + 3\theta)}{(8 + 3\theta)^2}. \tag{3}$$

この条件はγが1に近い場合に投資ゲームが戦略的補完性を持つことの十分条件である。またγが1に近い場合に投資ゲームの最適化の2階条件が満たされることの十分条件である。さらに、γが1

に近い場合に投資ゲームの解が一意で安定であることの十分条件である。次に政府と企業の連関を3段階の非協力ゲームとして記述する：

ステージ1：政府は同時にR&D協力（research joint venture cartel）を認めるか否かを選ぶ。R&D協力を認める戦略を戦略DCと呼び、R&D協力を認めない戦略を戦略NCと呼ぶ。上付き文字は両政府の選択による4つのありうる結果を表す。例えばDCNCは自国政府が戦略DCを、外国政府が戦略NCを選ぶことを示す。どちらの政府も輸出補助金を与えないので両政府の目的関数はそれぞれの企業の利潤の和となる。それぞれの国の中の2企業は対称なので、4つの結果いずれについても企業利潤の合計は各企業の利潤Πの2倍であるので、個別企業の利潤Πを社会厚生のメジャーとしてよい。政策ゲームの利得表は表１に示されている。

ステージ2： 企業はステージ1での政府の選択を所与として、それぞれのR&D投資を同時に選択する。もし自国政府がR&D協力を選択したのなら、自国の2企業はその共同利潤を最大化するようにそれぞれのR&D投資水準を決定する。両企業のR&Dの結果は完全にシェアされるが、これは数学的には両企業に関してスピルオーバーパラメータγが1になるということである。もし自国政府がR&D協力を選択しないのなら、自国の2企業はそれぞれ独立してR&D水準を選び、両企業のスピルオーバーパラメータγは自動的に1になることはない。

ステージ3：企業はステージ2の結果を所与として財市場で同時に価格を選択する。

1. NCNC case

NCNCは両国政府共に戦略NCを選ぶことを示す。この場合、企業ijの利潤は

$$\Pi_{ij}(\mathbf{p},\mathbf{x}) = \{\alpha - p_{ij} - \theta(p_{ij} - \overline{p})\}(p_{ij} - c + x_{ij} + \gamma \sum x_{-ij})q_{ij} - \frac{1}{2}\nu x_{ij}^2. \tag{4}$$

である。Carlson (2008)はこの状況を分析し、正確な結果を導出している。（ステージ3の結果を省略した上で）ステージ2の均衡R&D水準は

$$x_{ij}^{NCNC} = \frac{8(\alpha - c)(4+3\theta)}{(8+3\theta)^2\nu - 8(1+3\gamma)(4+3\theta)}. \tag{5}$$

のように解くことができる。したがってNCNCの場合の価格、数量、利潤をパラメータのみで表すと次のようになる：

$$p_{ij}^{NCNC} = \frac{4\alpha\{(8+3\theta)\nu - 2(1+3\gamma)(4+3\theta)\} + \nu c(4+3\theta)(8+3\theta)}{(8+3\theta)^2\nu - 8(1+3\gamma)(4+3\theta)}, \tag{6}$$

$$q_{ij}^{NCNC} = \frac{\nu(\alpha - c)(4+3\theta)(8+3\theta)}{(8+3\theta)^2\nu - 8(1+3\gamma)(4+3\theta)}, \tag{7}$$

$$\Pi_{ij}^{NCNC} = \frac{4(4+3\theta)(\alpha - c)^2\{(8+3\theta)^2\nu - 8(4+3\theta)\}\nu}{\{(8+3\theta)^2\nu - 8(1+3\gamma)(4+3\theta)\}^2}. \tag{8}$$

2. DCNC case

次に自国政府はステージ1でR&D協力を許すが（DCを選ぶが)、外国政府はDCを選択しないケースを考える。この場合自国の2企業に関してはresearch joint venture cartelが形成されその2企業に関しては$\gamma = 1$となる。自国企業iの利潤は

$$\Pi_{iH}(\mathbf{p},\mathbf{x}) = \{\alpha - p_{iH} - \theta(p_{iH} - \overline{p})\}\left(p_{iH} - c + \sum_i x_{iH} + \gamma \sum_i x_{iF}\right) - \frac{1}{2}\nu x_{iH}^2. \quad (9)$$

となる。通常通りゲームは後ろ向きに解かれる。ステージ3の均衡価格は$\mathbf{x}$を所与として次のようになる：

$$p_{iH}(\mathbf{x}) = \frac{\begin{pmatrix}(8+7\theta)\{4\alpha + (4+3\theta)c\} - (4+3\theta)\{\{8+(5+2\gamma)\theta\}\sum_i x_{iH} \\ +\{8\gamma + (2+5\gamma)\theta\}x_{iF} + \gamma(8+7\theta)x_{-iF}\}\end{pmatrix}}{(8+7\theta)(8+3\theta)}, \quad (10)$$

$$p_{iF}(\mathbf{x}) = \frac{\begin{pmatrix}(8+7\theta)\{4\alpha + (4+3\theta)c\} - (4+3\theta)\{\{8\gamma+(2+5\gamma)\theta\}\sum_i x_{iH} \\ +\{8 + (5+2\gamma)\theta\}x_{iF} + \gamma(8+7\theta)x_{-iF}\}\end{pmatrix}}{(8+7\theta)(8+3\theta)}. \quad (11)$$

Carlson (2008)はステージ3の価格(10)および(11)を正しく導出したにもかかわらず、そこから導出されてゆく均衡の数量、利潤およびそれ以降の分析を誤っている。$\mathbf{x}$を所与としての正しい数量および利潤は次のようである。なお、DCNC場合の式の導出は論文末尾補論1を参照されたい。

$$q_{iH}(\mathbf{x}) = \frac{(4+3\theta)\begin{pmatrix}2(8+7\theta)(\alpha - c) + \{3(1-\gamma)\theta^2 + 2(9-2\gamma)\theta + 16\}\sum_i x_{iH} \\ -\{3(1-\gamma)\theta^2 + 2(2-9\gamma)\theta - 16\gamma\}x_{iF} + 2\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\end{pmatrix}}{2(8+7\theta)(8+3\theta)}, \quad (12)$$

$$q_{iF}(\mathbf{x}) = \frac{(4+3\theta)\begin{pmatrix}2(8+7\theta)(\alpha - c) - \{3(1-\gamma)\theta^2 + 2(2-9\gamma)\theta - 16\gamma\}\sum_i x_{iH} \\ +\{3(1-\gamma)\theta^2 + 2(9-2\gamma)\theta + 16\}x_{iF} + 2\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\end{pmatrix}}{2(8+7\theta)(8+3\theta)}, \quad (13)$$

$$\Pi_{iH}(\mathbf{x}) = \frac{(4+3\theta)\begin{pmatrix}2(8+7\theta)(\alpha - c) + \{3(1-\gamma)\theta^2 + 2(9-2\gamma)\theta + 16\}\sum_i x_{iH} \\ -\{3(1-\gamma)\theta^2 + 2(2-9\gamma)\theta - 16\gamma\}x_{iF} + 2\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\end{pmatrix}^2}{(8+7\theta)^2(8+3\theta)^2} - \frac{1}{2}\nu x_{iH}^2, \quad (14)$$

$$\Pi_{iF}(\mathbf{x}) = \frac{(4+3\theta)\begin{pmatrix}2(8+7\theta)(\alpha - c) - \{3(1-\gamma)\theta^2 + 2(2-9\gamma)\theta - 16\gamma\}\sum_i x_{iH} \\ +\{3(1-\gamma)\theta^2 + 2(9-2\gamma)\theta + 16\}x_{iF} + 2\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\end{pmatrix}^2}{(8+7\theta)^2(8+3\theta)^2} - \frac{1}{2}\nu x_{iF}^2. \quad (15)$$

(14)をx_{iH}について微分すると、x_{iF}に対する正しい集合的最適反応が得られる：

$$x_{iH}(x_{iF}) = \frac{\begin{pmatrix} 4(4+3\theta)\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\} \\ \times\{2(8+7\theta)(\alpha-c)-\{3(1-\gamma)\theta^2+4(1-8\gamma)\theta-32\gamma\}x_{iF}\} \end{pmatrix}}{(8+3\theta)^2(8+7\theta)^2\nu-8(4+3\theta)\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}^2}. \tag{16}$$

外国企業について、(15)をx_{iF}について微分すると、x_{iH}に対する集合的でないR&Dの最適反応は次のようである：

$$x_{iF}(x_{iH}) = \frac{\begin{pmatrix} 4(4+3\theta)\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\} \\ \times\left\{\begin{matrix}(8+7\theta)(\alpha-c) \\ \\ -\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\}x_{iH}\end{matrix}\right\} \end{pmatrix}}{\begin{pmatrix} (8+3\theta)^2(8+7\theta)^2\nu-2(4+3\theta) \\ \times\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9+5\gamma)\theta+16(1+\gamma)\} \\ \times\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\} \end{pmatrix}}. \tag{17}$$

R&D反応関数のシステム(16)および(17)を解くと次のような均衡R&Dが得られる：

$$\begin{aligned} &\begin{pmatrix} x_{iH}^{DCNC} \\ x_{iF}^{DCNC} \end{pmatrix} \\ &= \frac{4(4+3\theta)(\alpha-c)A}{f}\begin{pmatrix} 2\{(8+3\theta)(8+7\theta)^2\nu-4(1-\gamma)(1+\theta)(4+3\theta)A\} \\ (8+3\theta)(8+7\theta)^2\nu-16(1-\gamma)(1+\theta)(4+3\theta)A \end{pmatrix}, \end{aligned} \tag{18}$$

ただし

$$A \equiv 3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16, \tag{19}$$

$$\begin{aligned} &f \equiv (8+3\theta)^3(8+7\theta)^3\nu^2 \\ &-2\nu(4+3\theta)(8+3\theta)(8+7\theta)\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9+5\gamma)\theta+16(1+\gamma)\}A \\ &+8(4+3\theta)\{8(4+3\theta)(1+2\gamma)(1-\gamma)(1+\theta)-(8+3\theta)(8+7\theta)\nu\}A^2. \end{aligned} \tag{20}$$

したがって次のような命題を得ることができる：

命題 1 DCNCとNCNCを比較すると、$\gamma=1$近傍で表2のような関係が成立する。

表 2　Solution Comparison

変数	解の比較
R&D	$x_{iH}^{DCNC} > x_{iF}^{DCNC} > x_{ij}^{NCNC}$
価格	$p_{ij}^{NCNC} > p_{iH}^{DCNC} = p_{iF}^{DCNC}$
生産量	$q_{iH}^{DCNC} = q_{iF}^{DCNC} > q_{ij}^{NCNC}$
利潤	$\Pi_{iF}^{DCNC} > \Pi_{iH}^{DCNC} > \Pi_{ij}^{NCNC}$

DCNCのときのR&Dの水準はNCNCのときよりも高くなるが、これはCarlson (2008)で得られたものとは異なる.さらに、Carlson (2008)は厚生の改善幅はR&D協力を許した国のほうが許していない国よりも大きくなると論じた。したがって一方だけの国がR&D協力を許して他方は許さないとするなら、いずれの国も協力を許す方になることをより好む。しかし、命題1はCarlsonの結果とは逆であることを示している。仮に一方だけの国がR&D協力を許して他方は許さないとするなら、いずれの国も協力を許さない方を好む。すなわち他方の国がR&D協力にコミットしてくれるのを好む。

(18)より、次の関係が成り立つ：

$$x_{iH}^{DCNC} = 2x_{iF}^{DCNC} + \frac{96(4+3\theta)^2(1+\theta)(1-\gamma)A^2(\alpha-c)}{f}. \tag{21}$$

(21)を(15)に代入してx_{iF}とx_{-iF}の対称性を用いると、次が得られる：

$$\begin{aligned}
&\Pi_{iF}^{DCNC} \\
&= \frac{4+3\theta}{(8+3\theta)^2(8+7\theta)^2}\Bigg[2(8+7\theta)(\alpha-c) \\
&- \frac{192(4+3\theta)^2(1+\theta)(1-\gamma)A^2(\alpha-c)\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\}}{f} \\
&+ \{-9(1-\gamma)\theta^2+2(1+41\gamma)\theta+16(1+5\gamma)\}x_{iF}^{DCNC}\Bigg]^2 - \frac{\nu x_{iF}^{DCNC2}}{2}.
\end{aligned} \tag{22}$$

3. DCDC case

DCDCの場合、両方の政府がR&D協力を許す。企業ijの利潤は

$$\Pi_{ij}(\mathbf{p},\mathbf{x}) = \{\alpha - p_{ij} - \theta(p_{ij}-\overline{p})\}\left(p_{ij} - c + \sum_i x_{ij} + \gamma\sum_i x_{i-j}\right) - \frac{1}{2}\nu x_{ij}^2, \tag{23}$$

である。ただしx_{i-j}はj以外の国（相手国）の企業iの投資水準である。Carlson (2008)によるDCDCの場合の分析は正確である。DCDCの場合に(15)に対応する式は次のように書ける：

$$\begin{aligned}
&\Pi_{iF}(\mathbf{x}) \\
&= \frac{(4+3\theta)\begin{pmatrix}2(8+7\theta)(\alpha-c)-\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\}\sum_i x_{iH} \\ +\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}\sum_i x_{iF}\end{pmatrix}^2}{(8+7\theta)^2(8+3\theta)^2} \\
&- \frac{1}{2}\nu x_{iF}^2.
\end{aligned} \tag{24}$$

外国企業の利潤をその投資水準の関数として表すとこの後の分析に便利である。対称均衡$x_{iH}=x_{iF}=x_{iF}^{DCDC}$では、

$$\Pi_{iF}^{DCDC} = \frac{(4+3\theta)\begin{pmatrix}2(8+7\theta)(\alpha-c)+2x_{iF}^{DCDC} \\ \times\{-3(1-\gamma)\theta^2-2(2-9\gamma)\theta+16\gamma \\ +3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}\end{pmatrix}^2}{(8+7\theta)^2(8+3\theta)^2} - \frac{1}{2}\nu x_{iF}^{DCDC2}$$

$$= \frac{4+3\theta}{(8+3\theta)^2}\{2(\alpha-c)+4(1+\gamma)x_{iF}^{DCDC}\}^2 - \frac{\nu x_{iF}^{DCDC2}}{2}. \tag{25}$$

が成り立つ。したがって、均衡のR&Dは次のようになる：

$$x_{iH}^{DCDC} = x_{iF}^{DCDC} = \frac{8(4+3\theta)A(\alpha-c)}{(8+3\theta)^2(8+7\theta)\nu - 16(4+3\theta)(1+\gamma)A}. \tag{26}$$

4．ステージ１のナッシュ均衡

ステージ1での政府の選択のためにDCDCの社会厚生とDCNCの社会厚生を比較すると次の命題が成り立つ。

命題 2 $\gamma = 1$近傍について、パラメータ(ν, θ)平面に$\Pi_{iF}^{DCDC} > \Pi_{iF}^{DCNC}$を満たすような領域が存在する。

証明は補論2を参照されたい。Carlson (2008)は一方の政府だけがR&D協力を許し、他方の政府は許さないようなナッシュ均衡が存在すると論じた。命題2は$\gamma = 1$近傍で、パラメータの(ν, θ)平面に十分大きな領域が存在してそこでは両方の政府がR&D協力を許すことを示している。これはCarlsonの結果とは逆である。しかもこのナッシュ均衡は他の資源配分に比べてパレート優越的である。

IV．結論

本論文は企業が価格競争を行っている時にR&D協力を戦略手段とする戦略的貿易政策について分析を行ったCarlson (2008)の誤りを指摘した。Carlson (2008)同様に、本論文はR&Dスピルオーバーが十分大きい時、自国政府はR&D協力を許すユニラテラルな誘因を持つことを示した。しかしCarlson (2008)と異なり、このユニラテラルな介入状態がナッシュ均衡足り得ないことを本論文は示した。命題2は外国政府がこの状態（DCNC）では報復する誘因を持つことを示している。したがって両方の政府がR&D協力を許すことになる。さらに、通常の戦略的貿易政策と異なり、この均衡（DCDC）は他の資源配分に比べてパレート劣位ではない。R&Dスピルオーバーのため、すべての企業の利潤が高まる。この性質は市場競争が数量競争であるときのDeCourcy (2005)の分析と同様の性質である。DeCourcy (2005)では双方の政府がR&D協力を許すというナッシュ均衡が得られた。戦略的貿易政策はしばしば市場競争のモードによって結論が異なると批判される。命題2によりこの批判は、政策手段がR&D協力を許すか許さないかというものである場合に、あるパラメータの領域では当てはまらない。

本論文の分析は例示的なものである。つまりスピルオーバーパラメータが1近傍にあるときのみを取り上げている。これにより計算が大きく単純化され、Carlson (2008)の誤りを容易に指摘できるようになるメリットがある。しかしスピルオーバーパラメータが1から離れた時にどうなるの

かを調べることは有益である。これは将来の課題としたい。

補論 1：DCNC の場合

(12)および(13)の導出

$p_{ij} - \overline{p} = (p_{ij} - p_{i-j})/2$なので、需要関数(1)は次のように書ける：

$$q_{ij} = \alpha - \frac{(2+\theta)p_{ij}}{2} + \frac{\theta p_{i-j}}{2}. \tag{27}$$

ここからまず$q_{iH}(\mathbf{x})$を求める。

$$\begin{aligned}
q_{iH}(\mathbf{x}) &= \frac{1}{(8+7\theta)(8+3\theta)}\Bigg\{(8+7\theta)(8+3\theta)\alpha \\
&\quad - \frac{2+\theta}{2}(8+7\theta)(8+3\theta)p_{iH} + \frac{\theta}{2}(8+7\theta)(8+3\theta)p_{iF}\Bigg\} \\
&= \frac{1}{(8+7\theta)(8+3\theta)}\Bigg[(8+7\theta)(8+3\theta)\alpha - \frac{2+\theta}{2}\Bigg\{(8+7\theta)\{4\alpha+(4+3\theta)c\} \\
&\quad - (4+3\theta)\{\{8+(5+2\gamma)\theta\}\sum_i x_{iH} \\
&\quad + \{8\gamma+(2+5\gamma)\theta\}x_{iF} + \gamma(8+7\theta)x_{-iF}\}\Bigg\} \\
&\quad + \frac{\theta}{2}\Bigg\{(8+7\theta)\{4\alpha+(4+3\theta)c\} - (4+3\theta)\{\{8\gamma+(2+5\gamma)\theta\}\sum_i x_{iH} \\
&\quad + \{8+(5+2\gamma)\theta\}x_{iF} + \gamma(8+7\theta)x_{-iF}\}\Bigg\}\Bigg]
\end{aligned}$$

これは次のようになる：

$$\begin{aligned}
q_{iH}(\mathbf{x}) &= \frac{1}{(8+7\theta)(8+3\theta)}\Bigg[(8+7\theta)(8+3\theta)\alpha - (8+7\theta)\{4\alpha+(4+3\theta)c\} \\
&\quad - (4+3\theta)B_1\Bigg],
\end{aligned} \tag{28}$$

ただし、

$$\begin{aligned}
B_1 &= \Bigg\{-\frac{2+\theta}{2}\{8+(5+2\gamma)\theta\} + \frac{\theta}{2}\{8\gamma+(2+5\gamma)\theta\}\Bigg\}\sum_i x_{iH} \\
&\quad + \Bigg\{-\frac{2+\theta}{2}\{8\gamma+(2+5\gamma)\theta\} + \frac{\theta}{2}\{8+(5+2\gamma)\theta\}\Bigg\}x_{iF} - \gamma(8+7\theta)x_{-iF} \\
&= \frac{1}{2}\Bigg\{3(\gamma-1)\theta^2 + 2(2\gamma-9)\theta - 16\Bigg\}\sum_i x_{iH} \\
&\quad + \frac{1}{2}\Bigg\{3(1-\gamma)\theta^2 + 2(2-9\gamma)\theta - 16\gamma\Bigg\}x_{iF} - \gamma(8+7\theta)x_{-iF}.
\end{aligned} \tag{29}$$

よって、

$$\begin{aligned}q_{iH}(\mathbf{x}) = \frac{1}{(8+7\theta)(8+3\theta)}\Bigg[&(8+7\theta)(8+3\theta)\alpha-(8+7\theta)\{4\alpha+(4+3\theta)c\}\\&-(4+3\theta)\Bigg\{\frac{1}{2}\{3(\gamma-1)\theta^2+2(2\gamma-9)\theta-16\}\sum_i x_{iH}\\&+\frac{1}{2}\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\}x_{iF}-\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\Bigg\}\Bigg].\end{aligned} \tag{30}$$

ここから(12)が得られる．q_{iF}については、

$$\begin{aligned}q_{iF}(\mathbf{x}) &= \frac{1}{(8+7\theta)(8+3\theta)}\Bigg\{(8+7\theta)(8+3\theta)\alpha\\&+\frac{\theta}{2}(8+7\theta)(8+3\theta)p_{iH}-\frac{2+\theta}{2}(8+7\theta)(8+3\theta)p_{iF}\Bigg\}\\&=\frac{1}{(8+7\theta)(8+3\theta)}\Bigg[(8+7\theta)(8+3\theta)\alpha+\frac{\theta}{2}\Bigg\{(8+7\theta)\{4\alpha+(4+3\theta)c\}\\&-(4+3\theta)\{\{8+(5+2\gamma)\theta\}\sum_i x_{iH}\\&+\{8\gamma+(2+5\gamma)\theta\}x_{iF}+\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\}\Bigg\}\\&-\frac{2+\theta}{2}\Bigg\{(8+7\theta)\{4\alpha+(4+3\theta)c\}-(4+3\theta)\{\{8\gamma+(2+5\gamma)\theta\}\sum_i x_{iH}\\&+\{8+(5+2\gamma)\theta\}x_{iF}+\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\}\Bigg\}\Bigg]\end{aligned}$$

となるが、さらにこれは次のようになる：

$$\begin{aligned}q_{iF}(\mathbf{x}) = \frac{1}{(8+7\theta)(8+3\theta)}\Bigg[&(8+7\theta)(8+3\theta)\alpha-(8+7\theta)\{4\alpha+(4+3\theta)c\}\\&-(4+3\theta)B_2\Bigg],\end{aligned} \tag{31}$$

ただし、

$$\begin{aligned}B_2 &= \left\{\frac{\theta}{2}\{8+(5+2\gamma)\theta\}-\frac{2+\theta}{2}\{8\gamma+(2+5\gamma)\theta\}\right\}\sum_i x_{iH}\\&+\left\{\frac{\theta}{2}\{8\gamma+(2+5\gamma)\theta\}-\frac{2+\theta}{2}\{8+(5+2\gamma)\theta\}\right\}x_{iF}-\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\\&=\frac{1}{2}\left\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\right\}\sum_i x_{iH}\\&+\frac{1}{2}\left\{3(\gamma-1)\theta^2+2(2\gamma-9)\theta-16\right\}x_{iF}-\gamma(8+7\theta)x_{-iF}.\end{aligned} \tag{32}$$

よって

$$
\begin{aligned}
&q_{iF}(\mathbf{x}) \\
&= \frac{1}{(8+7\theta)(8+3\theta)}\Biggl[(8+7\theta)(8+3\theta)\alpha-(8+7\theta)\{4\alpha+(4+3\theta)c\} \\
&-(4+3\theta)\Biggl\{\frac{1}{2}\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\}\sum_i x_{iH} \\
&+\frac{1}{2}\{3(\gamma-1)\theta^2+2(2\gamma-9)\theta-16\}x_{iF}-\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\Biggr\}\Biggr]. \qquad (33)
\end{aligned}
$$

よって(13)が得られる。

(14)と(15)の導出

$$
\begin{aligned}
&p_{iH}-c+\sum_i x_{iH}+\gamma\sum_i x_{iF} = \frac{1}{(8+7\theta)(8+3\theta)}\Biggl[(8+7\theta)\{4\alpha+(4+3\theta)c\} \\
&-(4+3\theta)\{\{8+(5+2\gamma)\theta\}\sum_i x_{iH}+\{8\gamma+(2+5\gamma)\theta\}x_{iF}+\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\} \\
&-(8+7\theta)(8+3\theta)c+(8+7\theta)(8+3\theta)\sum_i x_{iH}+(8+7\theta)(8+3\theta)\gamma\sum_i x_{iF}\Biggr] \\
&= \frac{1}{(8+7\theta)(8+3\theta)}\Biggl[4(8+7\theta)(\alpha-c)+B_3\Biggr], \qquad (34)
\end{aligned}
$$

ただし、

$$
\begin{aligned}
B_3 &= -(4+3\theta)\{\{8+(5+2\gamma)\theta\}\sum_i x_{iH}+\{8\gamma+(2+5\gamma)\theta\}x_{iF}+\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\} \\
&+(8+7\theta)(8+3\theta)\sum_i x_{iH}+(8+7\theta)(8+3\theta)\gamma\sum_i x_{iF} \\
&= \Biggl\{6(1-\gamma)\theta^2+4(9-2\gamma)\theta+32\Biggr\}\sum_i x_{iH} \\
&-\Biggl\{6(1-\gamma)\theta^2+4(2-9\gamma)\theta-32\gamma\Biggr\}x_{iF}+4\gamma(8+7\theta)x_{-iF}. \qquad (35)
\end{aligned}
$$

よって

$$
\begin{aligned}
&p_{iH}-c+\sum_i x_{iH}+\gamma\sum_i x_{iF} = \frac{2}{(8+7\theta)(8+3\theta)}\Biggl[2(8+7\theta)(\alpha-c) \\
&+\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}\sum_i x_{iH} \\
&-\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\}x_{iF}+2\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\Biggr]. \qquad (36)
\end{aligned}
$$

よって自国企業の利潤Π_{iH}は

$$\begin{aligned}\Pi_{iH} &= q_{iH}(p_{iH} - c + \sum_i x_{iH} + \gamma \sum_i x_{iF}) - \frac{\nu}{2}x_{iH}^2 \\ &= \frac{4+3\theta}{(8+7\theta)^2(8+3\theta)^2}\Bigg[2(8+7\theta)(\alpha - c) + \{3(1-\gamma)\theta^2 + 2(9-2\gamma)\theta + 16\}\sum_i x_{iH} \\ &- \{3(1-\gamma)\theta^2 + 2(2-9\gamma)\theta - 16\gamma\}x_{iF} + 2\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\Bigg]^2 - \frac{\nu}{2}x_{iH}^2. \end{aligned} \tag{37}$$

これは(14)である。Π_{iF}について、以下が成り立つ：

$$\begin{aligned} p_{iF} - c + x_{iF} + \gamma x_{-iF} + \gamma\sum_i x_{iH} &= \frac{1}{(8+7\theta)(8+3\theta)}\Bigg[(8+7\theta)\{4\alpha + (4+3\theta)c\} \\ &- (4+3\theta)\{\{8\gamma + (2+5\gamma)\theta\}\sum_i x_{iH} + \{8 + (5+2\gamma)\theta\}x_{iF} + \gamma(8+7\theta)x_{-iF}\} \\ &- (8+7\theta)(8+3\theta)c + (8+7\theta)(8+3\theta)x_{iF} \\ &+ (8+7\theta)(8+3\theta)\gamma x_{-iF} + (8+7\theta)(8+3\theta)\gamma\sum_i x_{iH}\Bigg] \\ &= \frac{1}{(8+7\theta)(8+3\theta)}\Bigg[4(8+7\theta)(\alpha - c) + B_4\Bigg], \end{aligned} \tag{38}$$

ただし、

$$\begin{aligned} B_4 &= -(4+3\theta)\{\{8\gamma + (2+5\gamma)\theta\}\sum_i x_{iH} + \{8+(5+2\gamma)\theta\}x_{iF} + \gamma(8+7\theta)x_{-iF}\} \\ &+ (8+7\theta)(8+3\theta)x_{iF} + \gamma(8+7\theta)(8+3\theta)x_{-iF} + (8+7\theta)(8+3\theta)\gamma\sum_i x_{iH} \\ &= -\Big\{6(1-\gamma)\theta^2 + 4(2-9\gamma)\theta - 32\gamma\Big\}\sum_i x_{iH} \\ &+ \Big\{6(1-\gamma)\theta^2 + 4(9-2\gamma)\theta + 32\Big\}x_{iF} + 4\gamma(8+7\theta)x_{-iF}. \end{aligned}$$

よって、

$$\begin{aligned} p_{iF} - c + x_{iF} + \gamma x_{-iF} + \gamma\sum_i x_{iH} &= \frac{2}{(8+7\theta)(8+3\theta)}\Bigg[2(8+7\theta)(\alpha - c) \\ &- \{3(1-\gamma)\theta^2 + 2(2-9\gamma)\theta - 16\gamma\}\sum_i x_{iH} \\ &+ \{3(1-\gamma)\theta^2 + 2(9-2\gamma)\theta + 16\}x_{iF} + 2\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\Bigg]. \end{aligned} \tag{39}$$

よって外国企業の利潤Π_{iF}は次のようになる：

$$\begin{aligned} \Pi_{iF} &= q_{iF}(p_{iF} - c + x_{iF} + \gamma x_{-iF} + \gamma\sum_i x_{iH}) - \frac{\nu}{2}x_{iF}^2 \\ &= \frac{4+3\theta}{(8+7\theta)^2(8+3\theta)^2}\Bigg[2(8+7\theta)(\alpha - c) \\ &- \{3(1-\gamma)\theta^2 + 2(2-9\gamma)\theta - 16\gamma\}\sum_i x_{iH} \\ &+ \{3(1-\gamma)\theta^2 + 2(9-2\gamma)\theta + 16\}x_{iF} + 2\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\Bigg]^2 - \frac{\nu}{2}x_{iF}^2. \end{aligned} \tag{40}$$

これは(15)である。

(16)と(17)の導出。

自国企業2つのR&D最適反応関数は共同的なので、

$$\frac{\partial \Pi_{iH}}{\partial x_{iH}} = \frac{2(4+3\theta)}{(8+7\theta)^2(8+3\theta)^2}\Big[2(8+7\theta)(\alpha-c)+\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}(2x_{iH}) \\ -\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\}x_{iF}+2\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\Big] \\ \times 2\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}-\nu x_{iH}=0 \tag{41}$$

である。x_{iF}とx_{-iF}の対称性を用いると、

$$\frac{\partial \Pi_{iH}}{\partial x_{iH}} = \frac{4(4+3\theta)}{(8+7\theta)^2(8+3\theta)^2}\Big[\{2(8+7\theta)(\alpha-c) \\ -\{3(1-\gamma)\theta^2+4(1-8\gamma)\theta-32\gamma\}x_{iF}\}\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\} \\ -\frac{(8+7\theta)^2(8+3\theta)^2}{4(4+3\theta)}\nu x_{iH}+2\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}^2x_{iH}\Big]=0 \tag{42}$$

である。最適化の1階条件は

$$\{2(8+7\theta)(\alpha-c)-\{3(1-\gamma)\theta^2+4(1-8\gamma)\theta-32\gamma\}x_{iF}\} \\ \times\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}+\frac{1}{4(4+3\theta)} \\ \times\{-(8+7\theta)^2(8+3\theta)^2\nu+8(4+3\theta)\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}^2\}x_{iH} \\ =0 \tag{43}$$

である。これは(16)である。

外国企業のR&D最適反応関数は個別的なので、

$$\frac{\partial \Pi_{iF}}{\partial x_{iF}} = \frac{2(4+3\theta)}{(8+7\theta)^2(8+3\theta)^2}\Big[2(8+7\theta)(\alpha-c)-\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\}(2x_{iH}) \\ +\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}x_{iF}+2\gamma(8+7\theta)x_{-iF}\Big] \\ \times\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}-\nu x_{iF}=0 \tag{44}$$

である。x_{iF}とx_{-iF}に関する対称均衡に興味を集中させると、

$$\frac{\partial \Pi_{iF}}{\partial x_{iF}} = \frac{4(4+3\theta)}{(8+7\theta)^2(8+3\theta)^2}\times\Big[\{(8+7\theta)(\alpha-c)-\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\}x_{iH}\} \\ \times\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}-\frac{(8+7\theta)^2(8+3\theta)^2}{4(4+3\theta)}\nu x_{iF} \\ +\frac{1}{2}\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9+5\gamma)\theta+16(1+\gamma)\}\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}x_{iF}\Big] \\ =0. \tag{45}$$

1階条件は

$$
\begin{aligned}
&\{(8+7\theta)(\alpha-c)-\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\}x_{iH}\}\times\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}\\
&+\frac{1}{4(4+3\theta)}\\
&\times\Big\{-(8+7\theta)^2(8+3\theta)^2\nu+2(4+3\theta)\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9+5\gamma)\theta+16(1+\gamma)\}\\
&\times\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}\Big\}x_{iF}=0 \qquad (46)
\end{aligned}
$$

である。これは(17)である。

(18),(19)および(20)の導出

(16)と(17)より、次のように書ける：

$$
\begin{aligned}
&\begin{pmatrix}
\begin{pmatrix}(8+3\theta)^2(8+7\theta)^2\nu\\ -8(4+3\theta)A^2\end{pmatrix} & \begin{pmatrix}4(4+3\theta)A\{3(1-\gamma)\theta^2\\ +4(1-8\gamma)\theta-32\gamma\}\end{pmatrix}\\
\begin{pmatrix}4(4+3\theta)A\{3(1-\gamma)\theta^2\\ +2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\}\end{pmatrix} & \begin{pmatrix}(8+3\theta)^2(8+7\theta)^2\nu\\ -2(4+3\theta)A\{3(1-\gamma)\theta^2\\ +2(9+5\gamma)\theta+16(1+\gamma)\}\end{pmatrix}
\end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix}x_{iH}\\ x_{iF}\end{pmatrix}\\
&=4(4+3\theta)(8+7\theta)(\alpha-c)A\begin{pmatrix}2\\ 1\end{pmatrix}.
\end{aligned}
$$

したがってx_{iH}とx_{iF}は次のようになる：

$$
\begin{pmatrix}x_{iH}\\ x_{iF}\end{pmatrix}=\frac{4(4+3\theta)(8+7\theta)(\alpha-c)A}{\Delta_1}\begin{pmatrix}
\begin{pmatrix}2(8+3\theta)^2(8+7\theta)^2\nu-4(4+3\theta)A\\ \times\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9+5\gamma)\theta+16(1+\gamma)\\ +3(1-\gamma)\theta^2+4(1-8\gamma)\theta-32\gamma\}\end{pmatrix}\\
\begin{pmatrix}(8+3\theta)^2(8+7\theta)^2\nu-8(4+3\theta)A\\ \times\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\\ +3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}\end{pmatrix}
\end{pmatrix}
$$

さらにこれは次のようになる：

$$
\begin{pmatrix}x_{iH}\\ x_{iF}\end{pmatrix}=\frac{4(4+3\theta)(8+7\theta)(\alpha-c)A}{\Delta_1}\begin{pmatrix}
\begin{pmatrix}2(8+3\theta)^2(8+7\theta)^2\nu-4(4+3\theta)A\\ \times\{6(1-\gamma)\theta^2+2\cdot11(1-\gamma)\theta+16(1-\gamma)\}\end{pmatrix}\\
\begin{pmatrix}(8+3\theta)^2(8+7\theta)^2\nu-8(4+3\theta)A\\ \times\{6(1-\gamma)\theta^2+2\cdot11(1-\gamma)\theta+16(1-\gamma)\}\end{pmatrix}
\end{pmatrix}. \qquad (47)
$$

$6(1-\gamma)\theta^2+2\cdot11(1-\gamma)\theta+16(1-\gamma)=2(1-\gamma)(1+\theta)(8+3\theta)$なので、

$$
\begin{aligned}
&\begin{pmatrix}x_{iH}\\ x_{iF}\end{pmatrix}\\
&=\frac{4(4+3\theta)(8+7\theta)(\alpha-c)A}{\Delta_1}\begin{pmatrix}
\begin{pmatrix}2\{(8+3\theta)^2(8+7\theta)^2\nu\\ -4(4+3\theta)A(1-\gamma)(1+\theta)(8+3\theta)\}\end{pmatrix}\\
\begin{pmatrix}(8+3\theta)^2(8+7\theta)^2\nu\\ -8(4+3\theta)A\cdot2(1-\gamma)(1+\theta)(8+3\theta)\end{pmatrix}
\end{pmatrix}\\
&=\frac{4(4+3\theta)(8+7\theta)(8+3\theta)(\alpha-c)A}{\Delta_1}\begin{pmatrix}
\begin{pmatrix}2\{(8+3\theta)(8+7\theta)^2\nu\\ -4(1-\gamma)(1+\theta)(4+3\theta)A\}\end{pmatrix}\\
\begin{pmatrix}(8+3\theta)(8+7\theta)^2\nu\\ -16(1-\gamma)(1+\theta)(4+3\theta)A\end{pmatrix}
\end{pmatrix} \qquad (48)
\end{aligned}
$$

である。Δ_1は次のように定義される：

$$\Delta_1 = \begin{pmatrix} (8+3\theta)^2(8+7\theta)^2\nu \\ -8(4+3\theta)A^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} (8+3\theta)^2(8+7\theta)^2\nu \\ -2(4+3\theta)A\{3(1-\gamma)\theta^2 \\ +2(9+5\gamma)\theta+16(1+\gamma)\} \end{pmatrix}$$
$$- \begin{pmatrix} 16(4+3\theta)^2A^2\{3(1-\gamma)\theta^2+4(1-8\gamma)\theta-32\gamma\} \\ \times\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\} \end{pmatrix}$$
$$= (8+3\theta)^4(8+7\theta)^4\nu^2 - 2\nu(4+3\theta)(8+3\theta)^2(8+7\theta)^2A$$
$$\times \{3(1-\gamma)\theta^2+2(9+5\gamma)\theta+16(1+\gamma)\} - 8(4+3\theta)A^2B_5, \tag{49}$$

ただし、

$$B_5 = (8+3\theta)^2(8+7\theta)^2\nu - 2(4+3\theta)A\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9+5\gamma)\theta+16(1+\gamma)\}$$
$$+ 2(4+3\theta)\{3(1-\gamma)\theta^2+4(1-8\gamma)\theta-32\gamma\}\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\}$$
$$= (8+3\theta)^2(8+7\theta)^2\nu + 2(4+3\theta)\Big[\{3(1-\gamma)\theta^2+4(1-8\gamma)\theta-32\gamma\}$$
$$\times \{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\} - \{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}$$
$$\times \{3(1-\gamma)\theta^2+2(9+5\gamma)\theta+16(1+\gamma)\}\Big]$$

である。ここで、大括弧の中を整理する。最初の項について

$$\{3(1-\gamma)\theta^2+4(1-8\gamma)\theta-32\gamma\}\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\}$$
$$= 9(1-\gamma)^2\theta^4 + 6(25\gamma^2-29\gamma+4)\theta^3 + 8(90\gamma^2-43\gamma+2)\theta^2 + 64(17\gamma^2-3\gamma)\theta + 32\cdot16\gamma^2.$$

2番目の項について

$$\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9+5\gamma)\theta+16(1+\gamma)\}$$
$$= 9(1-\gamma)^2\theta^4 + 6(-3\gamma^2-15\gamma+18)\theta^3 + 4(-22\gamma^2+15\gamma+105)\theta^2$$
$$+ 32(-2\gamma^2+12\gamma+18)\theta + 16\cdot16(1+\gamma). \tag{50}$$

よって大括弧の中は

$$\{3(1-\gamma)\theta^2+4(1-8\gamma)\theta-32\gamma\}\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\}$$
$$- \{3(1-\gamma)\theta^2+2(9-2\gamma)\theta+16\}\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9+5\gamma)\theta+16(1+\gamma)\}$$
$$= 6(28\gamma^2-14\gamma-14)\theta^3 + 4(202\gamma^2-101\gamma-101)\theta^2$$
$$+ 32(36\gamma^2-18\gamma-18)\theta + 16^2(2\gamma^2-\gamma-1)$$
$$= 4(2\gamma+1)(\gamma-1)(\theta+1)(8+3\theta)(8+7\theta). \tag{51}$$

よって、

$$B_5 = (8+3\theta)^2(8+7\theta)^2\nu + 8(4+3\theta)(2\gamma+1)(\gamma-1)(\theta+1)(8+3\theta)(8+7\theta). \tag{52}$$

よってΔ_1は次のように書ける：

$$\Delta_1 = (8+3\theta)^4(8+7\theta)^4\nu^2 - 2\nu(4+3\theta)(8+3\theta)^2(8+7\theta)^2A$$
$$\times \{3(1-\gamma)\theta^2+2(9+5\gamma)\theta+16(1+\gamma)\} - 8(4+3\theta)A^2$$
$$\times \{(8+3\theta)^2(8+7\theta)^2\nu + 8(4+3\theta)(2\gamma+1)(\gamma-1)(\theta+1)(8+3\theta)(8+7\theta)\}$$
$$= (8+3\theta)(8+7\theta)f, \tag{53}$$

ここでfは(20)で定義される.(48)より、(18)が成り立つ。

(22)の導出。

(21)および対称性を用いると、(15)は次のように書ける：

$$
\begin{aligned}
&\Pi_{iF}(\mathbf{x}) \\
&= \frac{(4+3\theta)\begin{pmatrix} 2(8+7\theta)(\alpha-c) \\ -\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\}(2x_{iH}) \\ +\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9+5\gamma)\theta+16(1+\gamma)\}x_{iF} \end{pmatrix}^2}{(8+7\theta)^2(8+3\theta)^2} \\
&-\frac{1}{2}\nu x_{iF}^2 \\
&= \frac{(4+3\theta)\begin{pmatrix} 2(8+7\theta)(\alpha-c)-\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\} \\ \times\{192(4+3\theta)^2(1+\theta)(1-\gamma)A^2(\alpha-c)/f\} \\ +\Big\{-4\{3(1-\gamma)\theta^2+2(2-9\gamma)\theta-16\gamma\} \\ +\{3(1-\gamma)\theta^2+2(9+5\gamma)\theta+16(1+\gamma)\}\Big\}x_{iF} \end{pmatrix}^2}{(8+7\theta)^2(8+3\theta)^2} \\
&-\frac{1}{2}\nu x_{iF}^2.
\end{aligned}
$$

これは(22)である。

補論 2：命題 2 の証明

$\gamma=1$のとき、(22)と(25)はそれぞれ次のようになる：

$$\Pi_{iF}^{DCNC}=\frac{4(4+3\theta)}{(3\theta+8)^2}(\alpha-c+6x_{iF}^{DCNC})^2-\frac{\nu}{2}x_{iF}^{DCNC2}, \tag{54}$$

$$\Pi_{iF}^{DCDC}=\frac{4(4+3\theta)}{(3\theta+8)^2}(\alpha-c+4x_{iF}^{DCDC})^2-\frac{\nu}{2}x_{iF}^{DCDC2}. \tag{55}$$

よって

$$
\begin{aligned}
&\Pi_{iF}^{DCDC}-\Pi_{iF}^{DCNC} \\
&=\frac{16(4+3\theta)}{(8+3\theta)^2}\left\{(\alpha-c)(2x_{iF}^{DCDC}-3x_{iF}^{DCNC})+4x_{iF}^{DCDC2}-9x_{iF}^{DCNC2}\right\} \\
&-\frac{\nu}{2}(x_{iF}^{DCDC2}-x_{iF}^{DCNC2})
\end{aligned}
$$

である。さらにこれは次のようになる：

$$
\begin{aligned}
&\Pi_{iF}^{DCDC} - \Pi_{iF}^{DCNC}\\
&= \frac{16(4+3\theta)}{2(8+3\theta)^2}\Big\{2(\alpha - c)(2x_{iF}^{DCDC} - 3x_{iF}^{DCNC}) + 2(4x_{iF}^{DCDC2} - 9x_{iF}^{DCNC2})\\
&- \frac{(8+3\theta)^2\nu}{16(4+3\theta)}(x_{iF}^{DCDC2} - x_{iF}^{DCNC2})\Big\}\\
&= \frac{1}{2(8+3\theta)^2}\Big[32(4+3\theta)(2x_{iF}^{DCDC} - 3x_{iF}^{DCNC})(\alpha - c)\\
&+ 32(4+3\theta)(4x_{iF}^{DCDC2} - 9x_{iF}^{DCNC2}) - (8+3\theta)^2\nu(x_{iF}^{DCDC2} - x_{iF}^{DCNC2})\Big].
\end{aligned} \tag{56}
$$

DCDCのとき、外国企業の均衡R&Dは次のようになる：

$$
x_{iF}^{DCDC} = \frac{16(4+3\theta)(\alpha - c)}{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)}. \tag{57}
$$

DCNCのとき、外国企業の均衡R&Dは次のようになる：

$$
x_{iF}^{DCNC} = \frac{8(4+3\theta)(\alpha - c)}{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)}. \tag{58}
$$

したがって次を得る：

$$
\begin{aligned}
&2x_{iF}^{DCDC} - 3x_{iF}^{DCNC}\\
&= 8(4+3\theta)(\alpha - c)\\
&\times \left\{\frac{4}{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)} - \frac{3}{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)}\right\}
\end{aligned}
$$

これは次のようになる

$$
\begin{aligned}
&2x_{iF}^{DCDC} - 3x_{iF}^{DCNC}\\
&= \frac{8(4+3\theta)(\alpha - c)B_7}{\{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)\}\{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)\}},
\end{aligned}
$$

ただし、

$$
\begin{aligned}
B_7 &= 4\{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)\} - 3\{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)\}\\
&= (8+3\theta)^2\nu + (-4\cdot 48 + 3\cdot 64)(4+3\theta) = (8+3\theta)^2\nu.
\end{aligned}
$$

である。したがって

$$
2x_{iF}^{DCDC} - 3x_{iF}^{DCNC} = \frac{8(4+3\theta)(8+3\theta)^2\nu(\alpha - c)}{\{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)\}\{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)\}} \tag{59}
$$

である。一般に、任意の$k, m \in R$について、

$$
\begin{aligned}
&kx_{iF}^{DCDC2} - mx_{iF}^{DCNC2}\\
&= 64(4+3\theta)^2(\alpha - c)^2\left\{\frac{4k}{\{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)\}^2} - \frac{m}{\{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)\}^2}\right\}\\
&= \frac{64(4+3\theta)^2(\alpha - c)^2}{\{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)\}^2\{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)\}^2}\\
&\times \left\{4k\{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)\}^2 - m\{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)\}^2\right\}
\end{aligned}
$$

である。これは次のようになる

$$
\begin{aligned}
& kx_{iF}^{DCDC2} - mx_{iF}^{DCNC2} \\
& = \frac{64(4+3\theta)^2(\alpha-c)^2}{\{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)\}^2\{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)\}^2} \\
& \times \Big\{(3\theta+8)^4\nu^2(4k-m) - 16\cdot 8(3\theta+8)^2(4+3\theta)\nu(3k-m) \\
& + 16^2\cdot 4(4+3\theta)^2(9k-4m)\Big\}.
\end{aligned}
$$

したがって次を得ることができる：

$$
\begin{aligned}
& 4x_{iF}^{DCDC2} - 9x_{iF}^{DCNC2} \\
& = \frac{64(4+3\theta)^2(8+3\theta)^2\nu(\alpha-c)^2\{7(8+3\theta)^2\nu - 384(4+3\theta)\}}{\{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)\}^2\{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)\}^2}, \qquad (60) \\
& x_{iF}^{DCDC2} - x_{iF}^{DCNC2} \\
& = \frac{64(4+3\theta)^2(\alpha-c)^2}{\{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)\}^2\{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)\}^2} \\
& \times \{3(8+3\theta)^4\nu^2 - 256\nu(8+3\theta)^2(4+3\theta) + 5120(4+3\theta)^2\}. \qquad (61)
\end{aligned}
$$

最後に、次を計算できる：

$$
\begin{aligned}
& \Pi_{iF}^{DCDC} - \Pi_{iF}^{DCNC} \\
& = \frac{1}{2(8+3\theta)^2}\Bigg[\frac{32(4+3\theta)(\alpha-c)\cdot 8(4+3\theta)(8+3\theta)^2\nu(\alpha-c)}{\{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)\}\{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)\}} \\
& + \frac{32(4+3\theta)\cdot 64(4+3\theta)^2(8+3\theta)^2\nu(\alpha-c)^2\{7(8+3\theta)^2\nu - 384(4+3\theta)\}}{\{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)\}^2\{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)\}^2} \\
& - \frac{(8+3\theta)^2\nu\cdot 64(4+3\theta)^2(\alpha-c)^2}{\{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)\}^2\{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)\}^2} \\
& \times \{3(8+3\theta)^4\nu^2 - 256\nu(8+3\theta)^2(4+3\theta) + 5120(4+3\theta)^2\}\Bigg]
\end{aligned}
$$

これは次のようになる

$$
\begin{aligned}
& \Pi_{iF}^{DCDC} - \Pi_{iF}^{DCNC} \\
& = \frac{1}{2(8+3\theta)^2}\cdot\frac{64\nu(4+3\theta)^2(8+3\theta)^2(\alpha-c)^2}{\{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)\}^2\{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)\}^2} \\
& \times \Big[4\{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)\}\{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)\} \\
& + 32(4+3\theta)\{7(8+3\theta)^2\nu - 384(4+3\theta)\} \\
& - \{3(8+3\theta)^4\nu^2 - 256\nu(8+3\theta)^2(4+3\theta) + 5120(4+3\theta)^2\}\Big] \\
& = \frac{32(4+3\theta)^2\nu(\alpha-c)^2 h(\nu,\theta)}{\{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)\}^2\{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)\}^2}, \qquad (62)
\end{aligned}
$$

ただし$h(\nu,\theta) \equiv 4\{(8+3\theta)^2\nu - 64(4+3\theta)\}\{(8+3\theta)^2\nu - 48(4+3\theta)\} + 32(4+3\theta)\{7(8+3\theta)^2\nu - 384(4+3\theta)\} - \{3(8+3\theta)^4\nu^2 - 256\nu(8+3\theta)^2(4+3\theta) + 5120(4+3\theta)^2\}$.

したがってsign $(\Pi_{iF}^{DCDC} - \Pi_{iF}^{DCNC}) = \operatorname{sign} h$である。sign hはパラメータのνとθに依存する。図1は仮定の不等式(3)が成り立つパラメータ領域を表し、その領域では投資ゲームは戦略的補完性を持ち、R&D投資ゲームに安定な唯一の解が存在する。我々はこの領域に考察を限定してよい。図2は$h > 0$となるようなパラメータ領域を示している。図1と図2により、十分大きなパラメータ領域で$h > 0$となることがわかる。したがって外国政府は$\gamma = 1$近傍で、自国政府が戦略DCをとるときに報復としてDCを選択する誘因を持つ。

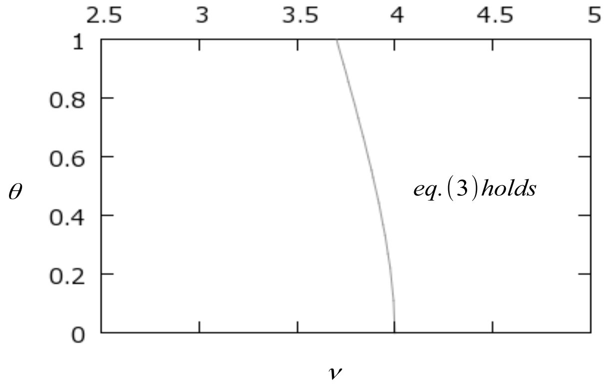

図 1: 式 (3) ($\gamma = 1$ のとき).

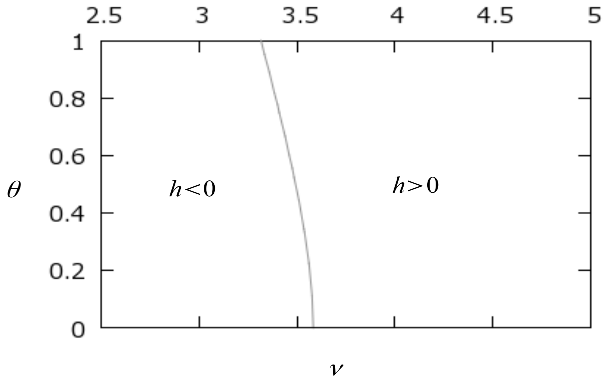

図 2: h の符号 ($\gamma = 1$ のとき).

参考文献

Carlson, Julie, "Cooperative R&D and Strategic Trade Policy with Bertrand Competition," *Review of International Economics*, 05 2008, *16* (2), 355–367.

d'Aspremont, Claude and Alexis Jacquemin, "Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers," *American Economic Review*, December 1988, *78* (5), 1133–37.

DeCourcy, Julie, "Cooperative R&D and strategic trade policy," *Canadian Journal of Economics*, May 2005, *38* (2), 546–573.

Eaton, Jonathan and Gene M Grossman, "Optimal Trade and Industrial Policy under Oligopoly," *The Quarterly Journal of Economics*, May 1986, *101* (2), 383–406.

Grossman, Gene M. and Elhanan Helpman, *Innovation and Growth in the Global Economy*, The MIT Press, 1991.

Leahy, Dermot and J Peter Neary, "R&D Spillovers and the Case for Industrial Policy in an Open Economy," *Oxford Economic Papers*, January 1999, *51* (1), 40–59.

Motta, Massimo, "Research joint ventures in an international economy," *Ricerche Economiche*, September 1996, *50* (3), 293–315.

Neary, J Peter and Paul O'Sullivan, " Beat 'Em or Join 'Em? Export Subsidies versus International Research Joint Ventures in Oligopolistic Markets," *Scandinavian Journal of Economics*, December 1999, *101* (4), 577–96.

Qiu, Larry D. and Zhigang Tao, "Policy on international R&D cooperation: Subsidy or tax?," *European Economic Review*, November 1998, *42* (9), 1727–1750.

Spence, Michael, "Cost Reduction, Competition, and Industry Performance," *Econometrica*, January 1984, *52* (1), 101–21.

Spencer, Barbara J and James A Brander, "International R & D Rivalry and Industrial Strategy," *Review of Economic Studies*, October 1983, *50* (4), 707–22.

Suzumura, Kotaro, "Cooperative and Noncooperative R&D in an Oligopoly with Spillovers," *American Economic Review*, December 1992, *82* (5), 1307–20.