論　文

国際的なR&Dスピルオーバーと戦略的貿易・産業政策*

菅　田　一**

要　約

本稿では，企業の研究開発（R&D）の成果が国境を越えてスピルオーバーする国際貿易モデルにおいて，輸出補助金ならびに R&D 補助金の効果を分析する．国際寡占企業間の R&D 投資競争がクールノー型数量競争ないしベルトラン型価格競争に先んじて行なわれるという仮定のもとで，輸出国の貿易政策と産業政策の最適な組合せを導出する．最適な輸出補助金と R&D 補助金の符号は製品間の代替性，R&D スピルオーバーの程度，そして R&D 投資の効率性をそれぞれ表すパラメーターに依存して変化することが示される．さらに，輸出国にとって利用可能な政策手段が1つしかない状況下での輸出補助金あるいは R&D 補助金の最適性を検討する．

キーワード：R&D；スピルオーバー；輸出補助金；R&D 投資補助金
経済学文献季報分類番号：06–21；06–23；08–13

1　はじめに

戦略的貿易政策の理論では，一国が国内産業を輸出市場で援護するときの政策手段として，輸出補助金は適切ではないという見方が主流である．その根拠は，輸出補助金の最適性は市場構造の影響を受けやすいという点にある[1]．Brander (1995) はむしろ，投資補助金（investment subsidy）が製品市場における競争形態，つまり数量競争なのか価格競争なのかに関係なく，最適であるという示唆を与えている．特に，R&D 投資に対する補助金が輸出補助金よりも robust な政策勧告であるとする研究が盛んに行なわれてきた．

＊本研究は関西大学在外研究・学術研究員期間（平成16年8月～平成17年7月）におこなわれた．
＊＊関西大学経済学部助教授　E-mail: sugeta@ipcku.kansai-u.ac.jp
1）その代表的な文献として，Dixit (1984), Brander and Spencer (1985), Eaton and Grossman (1986) などが挙げられる．比較的最近，Maggi (1996) が国際複占企業間の競争形態を内生化したモデルを提示している．彼の capacity-price モデルは，第1段階で生産能力（capacity）を選択し，第2段階で価格競争を行なう2段階ゲームとして定式化される．生産能力の制約が重要となるにつれて，そのモデルの部分ゲーム完全均衡は通常のベルトランからクールノー均衡へと移行するという性質をもつ．彼は企業間の競争形態に関係なく，政府は投資補助金（capacity subsidy）を自国企業に供与することが最適であると示した．しかしながら，輸出補助金の最適性は依然として生産能力の重要性を測るパラメータに依存することが示されている．

近年のWTO設立によるGATT体制の強化により，輸出補助金の使用は全面的に禁止されるに至った．このような実際的かつ制度的な理由から，各国は自国の産業育成の手段として，貿易政策よりもむしろ産業政策や環境政策，競争政策へと目を向けるようになった．とりわけ，R&D投資補助金などの産業政策はGATT/WTOからの規制を受けないため，政策立案者の関心を集めている．

本稿では，戦略的にR&Dへの投資を行なう企業の研究成果が国境を越えて漏出（スピルオーバー）するという現象を国際的な寡占市場の枠組みで取り扱う．そういった知識のスピルオーバーがもつ政策的な含意がいかなるものか，戦略的貿易政策の理論に基づいて明らかにする．

開放経済における戦略的R&D政策の分析は多くの著者により為されてきた[2)]．Spencer and Brander (1983) がそのオリジナルの分析であり，自国および外国のクールノー寡占企業が第3国における製品市場競争の前に生産費用削減のR&D投資を行なうモデルを構築し，自国政府は国内企業のR&D投資に対して補助金を供与するのが最適であることを示した．さらに，彼女等は政府が輸出補助金とR&D課税を同時に行なうことが輸出国政府にとって最適であるという結果も導いている．前者が利潤を外国企業から移転する効果をもつのに対し，後者は国内のR&D投資が過剰であることを是正する役割をもつことを指摘したのが彼女らの貢献である．Bagwell and Staiger (1994) は確率的（stochastic）なR&Dを考察している．彼らの分析は線形のクールノー型数量競争だけでなく，ホテリング型価格競争の下でも行なわれている．そして，R&D補助金の最適性は製品市場における競争形態には左右されないが，むしろR&Dプロセスの不確実性の性質に影響を受けることを示した．Leahy and Neary (1996) はSpencer-Branderモデルを線形の需要関数と2次のR&D費用関数に簡略化し，企業が戦略を選択するタイミングと政府が将来の政策についてコミットメントする能力についての仮定を緩めたモデルを提示した．各経済主体のコミットメント能力についてのさまざまなパターンに応じて，輸出補助金およびR&D課税の水準が変わるという結果を得ている．Neary and Leahy (2000) ではさらに一般的

2）本稿の分析は閉鎖経済における戦略的なR&D投資とスピルオーバーの文献にも関連している．クールノー寡占企業による戦略的なR&D投資の分析はBrander and Spencer (1983) によってスタートしたが，R&Dの成果が企業間でスピルオーバーする状況は考察されていない．d'Aspremont and Jacquemin (1988) が自己の費用削減的なR&D投資がライバル企業の限界費用を低下させるスピルオーバー効果を想定した，2段階ゲームによるクールノー寡占モデルを導入した．その後，多くの著者により彼らのモデルは拡張された．差別化財の価格および数量競争については Kamien, Muller, and Zang (1992)，一般的な需要関数の下での多数企業による同質財クールノー寡占については Suzumura (1992)，一般的な需要関数の下での差別化財の価格および数量競争ついては Ziss (1994) によって研究された．これらの分析は研究合弁事業（research joint venture)，製品市場における共謀，あるいは合併といった産業組織に焦点を与えている．公共政策については，Leahy and Neary (1999) が企業および政府のコミットメント能力に関して一般的なゲームの構造の下で，最善の結果がいかにR&D補助金と生産補助金を供与することによって実現できるのか議論している．

な枠組みで政府による不完全なコミットメントと動学的な企業行動を取り扱い，戦略的な貿易・産業政策についての公式を導出している．Leahy and Neary (2001) は R&D 補助金の最適性の robustness に焦点をあて，R&D 補助金政策がクールノー型数量競争とベルトラン型価格競争の両方において最適であるとことを費用削減的な R&D と市場拡大的な投資とで示している．

これまでの研究では，R&D スピルオーバーの効果と戦略的貿易・産業政策はクールノー型数量競争の枠組みで議論される場合がほとんどで，ベルトラン型価格競争の仮定をおいて行なわれた分析は数少ない[3]．そこで，本稿では，クールノー競争とベルトラン競争の両方の国際寡占モデル，いわゆる第3国市場競争モデルを仮定し，寡占企業間の費用削減的な R&D 投資競争とスピルオーバー効果を考察する．自国企業の R&D 投資が外国企業の限界生産費用を低下させるという国際的なスピルオーバーが存在する場合，最適な輸出補助金および R&D 投資補助金の組合せを導出する．これらの政策手段の最適性は (1) 製品差別化の程度，(2) R&D スピルオーバーの程度，および (3) R&D 投資の効率性という 3 つの構造パラメータに関して特徴付けられる．また，R&D スピルオーバーが存在すると，Spencer and Brander (1983) のように，2 つの政策の間で明確な役割分担は存在しなくなる．

第 2 節では，一般的な需要および費用関数を仮定するモデルにおいて，国際寡占企業が数量競争を行なう場合と価格競争を行なう場合の両方で最適な輸出および R&D 政策の組合せが導出される．第 3 節は需要関数を線形に，R&D 費用関数を 2 次形式で特定化し，最適政策の性質を上述した 3 つの構造パラメータで記述する．最後の節では，本稿の分析で得られた結果を要約し，今後の研究課題について整理する．

2　一般的なモデル

自国に企業 1 が，外国に企業 2 が存在する国際寡占市場を考える[4]．これら 2 つの企業は差別化財を生産し，生産されたものはすべて第 3 国市場に輸出され，そこでクールノーまたはベルトラン流の寡占競争を行なうものとする．また，国内消費は考察しない．それらはさらに R&D 投資競争を行ない，自企業の限界生産費用だけでなく，ライバル企業の限界生産費用をも低減させるようなスピルオーバー（漏出）が存在する．本稿のモデルは 3 段階ゲームによって表現される。まず，第 1 段階において，自国および外国政府は R&D 補助金（課税）や輸出補助金（税）による産業（R&D）・貿易政策を実施する．第 2 段階では、自国および外国企業が R&D 投資水準についてコミットメントする．そして，第 3 段階において，各国企業が製品市場において

3）Leahy and Neary (2001) ではクールノー競争だけでなく，ベルトラン競争を想定した分析においても R&D 補助金の robustness について議論されている．しかし，輸出補助金のみ，そしてその R&D 補助金との併用についての分析は行なわれていない．

4）以下，自国を国 1，外国を国 2 と表記しても混乱は生じないであろう．

数量ないし価格を決定する．このゲームの均衡概念は部分ゲーム完全均衡であり，これを後方帰納（backward induction）的に解く．以下では，まず，クールノー型数量競争，次にベルトラン型価格競争の下で最適な輸出および R&D 政策を一般的な需要・費用関数に関して特徴づける．

2.1 クールノー型数量競争

まず，国際寡占企業がクールノー型数量競争を第 3 国市場で行なう場合を検討する．それぞれの企業の直面する逆需要関数は $p_i = p^i(\mathbf{q})$ $(i = 1, 2)$ である．ただし，$\mathbf{q} \equiv (q_1, q_2)$ は産出量ベクトル，p_i は企業 i の製品の価格である．R&D 投資水準ベクトルを $\mathbf{x} \equiv (x_1, x_2)$， R&D 投資費用関数を $F^i(x_i)$ をで表し，$F^i_{x_i} > 0$ および $F^i_{x_i x_i} > 0$ を仮定する[5)]．企業 i の限界（かつ平均）生産費用を $c^i(\mathbf{x})$ とし，産出量に依存しないものとする．企業 i の R&D 投資水準 x_i (> 0) の増加はその企業の限界生産費用 c^i だけでなく，企業 j の限界生産費用 c^j を低下させる．つまり，$\sigma_{ii} \equiv -c^i_{x_i} > \sigma_{ij} \equiv -c^i_{x_j} \geq 0$ $(i = 1,\ 2; i \neq j)$ を仮定する．あらゆる補助金所得を除く，レッセフェール時の企業 i の利潤は次式で与えられる．

$$\pi^i(\mathbf{q}, \mathbf{x}) = p^i(\mathbf{q})\, q_i - c^i(\mathbf{x})\, q_i - F^i(x_i), \qquad i = 1, 2. \tag{1}$$

企業 i $(i = 1, 2)$ の受け取る輸出補助金を $z_i q_i$， R&D 補助金を $s_i x_i$ とする．企業 i は（2 つの補助金を含めた）利潤 $\pi^i(\mathbf{q}, \mathbf{x}) + z_i q_i + s_i x_i$ を最大化する．内点解を仮定すると，製品市場における利潤最大化の 1 階条件は次の式で表される．

$$\pi^i_{q_i}(\mathbf{q}, \mathbf{x}) + z_i = 0, \qquad i = 1, 2. \tag{2}$$

また，2 階の条件は満たされると仮定しよう．すなわち，$\pi^i_{q_i q_i} < 0$ とする．(2) で与えられる 2 つの式はクールノー＝ナッシュ均衡産出量 $\widehat{q}^i(\mathbf{x}, \mathbf{z})$ $(i = 1,\ 2)$ を定義し，それは R&D 補助金率には依存しない．また、第 3 段階のゲームにおける均衡の存在と一意性を仮定しておく．さらに，製品市場におけるゲームの安定性を保証するために，$D \equiv \pi^i_{q_i q_i}\pi^j_{q_j q_j} - \pi^i_{q_i q_j}\pi^j_{q_j q_i} > 0$ を仮定する．これにより，第 2 段階のゲームにおける比較静学の結果は次のようなものである．

$$\begin{aligned}
&\widehat{q}^i_{z_i} = -\pi^j_{q_j q_j}/D > 0, \qquad \widehat{q}^j_{z_i} = \pi^j_{q_j q_i}/D \lesseqgtr 0 \quad \Leftrightarrow \quad \pi^j_{q_j q_i} \lesseqgtr 0,\\
&\widehat{q}^i_{x_i} = -(\pi^j_{q_j q_j}\sigma_{ii} - \pi^i_{q_i q_j}\sigma_{ji})/D \gtreqless 0 \quad \Leftrightarrow \quad \pi^i_{q_i q_j}/\pi^j_{q_j q_j} \lesseqgtr \sigma_{ii}/\sigma_{ji},\\
&\widehat{q}^j_{x_i} = (\pi^j_{q_j q_i}\sigma_{ii} - \pi^i_{q_i q_i}\sigma_{ji})/D \lesseqgtr 0 \quad \Leftrightarrow \quad \pi^j_{q_j q_i}/\pi^i_{q_i q_i} \gtreqless \sigma_{ji}/\sigma_{ii}.
\end{aligned} \tag{3}$$

クールノー競争において，$\pi^j_{q_j q_i} < 0$ が正常（normal）なケースである．つまり，製品市場における限界利潤がライバルの産出量の増加とともに減少する場合である．

さらに，集約形の利潤関数を $\widehat{\pi}^i(\mathbf{x}, \mathbf{z}) \equiv \pi^i(\widehat{\mathbf{q}}(\mathbf{x}, \mathbf{z}), \mathbf{x}) + z_i \widehat{q}^i(\mathbf{x}, \mathbf{z})$ $(i = 1, 2)$ と定義する．これには R&D 補助金が含まれていないことに注意しておく．後の分析のために，以下のよう

5）本稿を通して，微分ならびに偏微分係数は下付き文字で表される．例えば，$f_x \equiv \partial f/\partial x$ および $f_{xy} \equiv \partial^2 f/\partial x \partial y$ 等である．

に，自己の投資水準の増大が自己の利潤に及ぼす影響を明らかにしておく．

$$\widehat{\pi}^i_{x_i} = \left(\pi^i_{q_i} + z_i\right)\widehat{q}^i_{x_i} + \pi^i_{q_j}\widehat{q}^j_{x_i} + \pi^i_{x_i}, \quad i = 1, 2, \quad i \neq j. \tag{4}$$

右辺第 1 項は式 (2) あるいは包絡線定理によりゼロとなる．第 2 項は自己の R&D 投資水準がもつ戦略的効果を表している．最後の項はその投資の直接的ないし非戦略的効果と解釈される．同様に，ライバル企業の R&D がもたらす外部性を次式で確認する．

$$\widehat{\pi}^i_{x_j} = (\pi^i_{q_i} + z_i)\widehat{q}^i_{x_j} + \pi^i_{q_j}\widehat{q}^j_{x_j} + \pi^i_{x_j}, \quad i = 1, 2, \quad i \neq j. \tag{5}$$

包絡線定理をもちいると，第 1 項はゼロとなる．$\pi^i_{q_j} = p^i_{q_j}\widehat{q}^i < 0$ より，第 2 項はスピルオーバーが小さく，ノーマルなケースでは負となる．最後の項はライバルの R&D 投資が自己の限界生産費用を低下させるスピルオーバー効果である．$\pi^i_{x_j}$ が十分に大きければ，$\widehat{\pi}^i_{x_j}$ は正となり得る．より厳密には，$\widehat{\pi}^i_{x_j} = (p^i_{q_j}\widehat{q}^j_{x_j} + \sigma_{ij})\widehat{q}^i \lesseqgtr 0 \Leftrightarrow \sigma_{ij} \lesseqgtr -p^i_{q_j}\widehat{q}^j_{x_j}$ という関係が成立する．第 3 項はライバルの R&D 投資が及ぼす直接的なスピルオーバー効果を表し，常に正である．

R&D 投資競争において，企業 i （$i = 1, 2$） はライバルの投資水準 x_j （$j \neq i$） を所与のものとし，R&D 補助金を含む gross の利潤 $\widehat{\pi}^i(\mathbf{x}, \mathbf{z}) + s_i x_i$ が最大化されるように，自己の投資水準 x_i を決定する．したがって，内点解に対する利潤最大化の 1 階条件は次の式で表される．

$$\widehat{\pi}^i_{x_i}(\mathbf{x}, \mathbf{z}) + s_i = 0, \qquad i = 1, 2. \tag{6}$$

2 階の条件 $\widehat{\pi}^i_{x_i x_i} < 0$ は満たされるものとする．式 (6) は企業 i の R&D 投資についての反応関数 $x_i = R^i(x_j, \mathbf{z}, s_i)$ （$i = 1, 2\,;\, i \neq j$） を陰関数の形で定義する．式 (6) を全微分ないし，陰関数定理をもちいると，R&D 投資の反応関数は以下の性質をもつことが分かる．

$$\begin{aligned} &R^i_{x_j} = -\widehat{\pi}^i_{x_i x_j}/\widehat{\pi}^i_{x_i x_i} \lesseqgtr 0 \quad \Leftrightarrow \quad \widehat{\pi}^i_{x_i x_j} \lesseqgtr 0, \\ &R^i_{s_i} = -1/\widehat{\pi}^i_{x_i x_i} > 0, \qquad R^i_{z_k} = -\widehat{\pi}^i_{x_i z_k}/\widehat{\pi}^i_{x_i x_i} \lesseqgtr 0 \quad \Leftrightarrow \quad \widehat{\pi}^i_{x_i z_k} \lesseqgtr 0. \end{aligned} \tag{7}$$

式 (6) で表される 2 つの反応関数は同時に解くことができる．R&D 補助金ベクトルを $\mathbf{s} \equiv (s_1, s_2)$ で記すと，その解 $\widehat{x}^i(\mathbf{z}, \mathbf{s})$ はナッシュ均衡における投資水準を定義する．R&D 投資競争における均衡の存在および一意性を仮定し，さらに安定性の条件 $\widehat{D} \equiv \widehat{\pi}^i_{x_i x_i}\widehat{\pi}^j_{x_j x_j} - \widehat{\pi}^i_{x_i x_j}\widehat{\pi}^j_{x_j x_i} > 0$ は満たされるものとする．そこで，比較静学を行なうと，以下の結果が導かれる．

$$\widehat{x}^i_{s_i} = -\widehat{\pi}^j_{x_j x_j}/\widehat{D} > 0, \qquad \widehat{x}^j_{s_i} = \widehat{\pi}^j_{x_j x_i}/\widehat{D} \gtreqless 0 \quad \Leftrightarrow \quad \widehat{\pi}^j_{x_j x_i} \gtreqless 0, \tag{8}$$

$$\widehat{x}^i_{z_i} = (R^i_{x_j}R^j_{z_i} + R^i_{z_i})/\widetilde{D}, \qquad \widehat{x}^j_{z_i} = (R^j_{x_i}R^i_{z_i} + R^j_{z_i})/\widetilde{D}. \tag{9}$$

ただし，$\widetilde{D} \equiv \widehat{D}/(\widehat{\pi}^i_{x_i x_i}\widehat{\pi}^j_{x_j x_j}) > 0$ である．ここで，比較静学の結果の比をとると，$\widehat{x}^j_{s_i}/\widehat{x}^i_{s_i} = R^j_{x_i}$ となり，これは企業 j の R&D 投資競争における反応関数の傾きを表すことに特記しておく．

企業間の 2 段階ゲームにおける均衡解の比較静学の結果は上述したとおりであるので，自国（国 1）および外国（国 2）政府による政策ゲームの記述がこれで可能になる．国 i の目的関数

である社会的厚生は国内企業の gross の利潤からその国の補助金支出を差し引いたものとして定義される．つまり，

$$W^i(\mathbf{z},\mathbf{s}) \equiv \widehat{\pi}^i\left(\widehat{\mathbf{x}}(\mathbf{z},\mathbf{s}),\mathbf{z}\right) + s_i\widehat{x}^i(\mathbf{s}) - z_i\widehat{q}^i(\mathbf{x},\mathbf{z}) - s_i\widehat{x}^i(\mathbf{z},\mathbf{s})$$
$$= \pi^i\left(\widehat{\mathbf{q}}\left(\widehat{\mathbf{x}}(\mathbf{z},\mathbf{s}),\mathbf{z}\right),\mathbf{x}\right), \qquad i=1,2. \tag{10}$$

国 j の政策変数 z_j および s_j を所与のものとみなし，国 i（$i=1,2$；$i\neq j$）の政府は W^i を z_i と s_i に関して最大化する．社会的厚生最大化の1階条件 $W^i_{z_i}=W^i_{s_i}=0$ は補論 A.1 で詳細に最適解の導出が行なわれる．そこで導かれた最適な輸出および R&D 政策は次のようなものである．

$$z_i = (\pi^i_{q_j}\widehat{q}^j_{z_i} + \widehat{\pi}^i_{x_j}R^j_{z_i})/(\widehat{q}^i_{z_i} + \widehat{q}^i_{x_j}R^j_{z_i}), \tag{11a}$$

$$s_i = -z_i(\widehat{q}^i_{x_i} + \widehat{q}^i_{x_j}R^j_{x_i}) + \widehat{\pi}^i_{x_j}R^j_{x_i}. \tag{11b}$$

最適な輸出補助金/課税政策の公式 (11a) の分子において，第1項は輸出補助金がもつ，製品市場における数量競争，第2項は R&D 投資競争での戦略的効果をそれぞれ表している．さらに，$\pi^i_{q_j}$ および $\widehat{\pi}^i_{x_j}$ はライバルの戦略変数のもたらす friendliness の概念（Brander, 1995）と対応している．次に，式 (11b) の第1項は，R&D 補助金/課税政策の役割の一部を輸出補助金/課税政策が担っていることを意味する．Spencer and Brander (1983) のオリジナルな分析では，輸出補助金が外国企業からの利潤移転（profit-shifting）効果をもち，R&D 課税が自国企業の過剰投資を補正（あるいは費用最小化を実現）する役割をもつという明確な役割分担が示されていた．しかし，R&D の国際的なスピルオーバーが存在する場合，そのような明確な分業はもはや確立されないことになる．

最後に，政策の実行可能性というもっと現実的な問題を採り上げる．GATT/WTO 体制のもとでは，輸出補助金の使用は禁止されている．したがって，各国政府は R&D 補助金を使って，自国企業に戦略的な優位性をもたらす産業政策を実施すると考えるのが自然である．そこで，式 (11b) において $z_i=0$ と設定すると，最適な R&D 補助金率が次のように導かれる．

$$s_i = \widehat{\pi}^i_{x_j}R^j_{x_i}, \quad i=1,2, \quad i\neq j. \tag{12}$$

これより，最適な R&D 政策の性質は R&D 投資競争におけるライバルの戦略についての friendliness の項 $\widehat{\pi}^i_{x_j}$ と外国の R&D 反応関数の傾き $R^j_{x_i} \equiv -\widehat{\pi}^j_{x_jx_i}/\widehat{\pi}^j_{x_jx_j}$，つまり，戦略的代替性（strategic substitutability）の項 $\widehat{\pi}^j_{x_jx_i}$ との積の符号によって決定される．Spencer and Brander (1983) では R&D スピルオーバーのない場合で第2段階の企業間の競争がクールノー型数量競争であると仮定され，最適な R&D 補助金の率は正であることが示されている．彼らの結果の robustness が Leahy and Neary (2001) によって，ベルトラン型価格競争とスピルオーバーを導入することで，検討されている．以下では，Leahy and Neary (2001) で考慮されていない輸出補助金/課税政策を導入することで既存研究の一般化を進める．

2.2 ベルトラン型価格競争

ベルトラン型価格競争の場合，各企業は自己の製品に対する需要関数 $q^i(\mathbf{p})$ $(i=1,2)$ に直面する．ただし，$\mathbf{p} \equiv (p_1, p_2)$ は製品の価格ベクトルを表す．この需要関数に対して，$q^i_{p_i} < 0$ および $q^i_{p_j} > 0$ $(i=1,2\,;\, i \neq j)$ という一般的な仮定をおく．あらゆる補助金を排除した，レッセフェール時の企業 i の利潤関数は次式で与えられることになる．

$$\pi^i(\mathbf{p}, \mathbf{x}) = p_i q^i(\mathbf{p}) - c^i(\mathbf{x})\, q^i(\mathbf{p}) - F^i(x_i), \qquad i = 1, 2. \tag{13}$$

製品市場における価格競争では，企業 i はライバル企業の価格を所与のものとみなし，補助金を含めた gross の利潤 $\pi^i(\mathbf{p},\mathbf{x}) + z_i q^i(\mathbf{p}) + s_i x_i$ が最大となるように自己の価格 p_i を決定する．利潤最大化のための 1 階条件は次式で表される．

$$g^i_{p_i}(\mathbf{p}, \mathbf{x}, z_i) \equiv \pi^i_{p_i} + z_i q^i_{p_i} = \left(p_i - c^i + z_i\right) q^i_{p_i} + q^i = 0, \qquad i = 1, 2. \tag{14}$$

これは企業 i の価格についての反応関数を陰関数形で定義し，これらを同時に解くことにより，ベルトラン＝ナッシュ均衡価格 $\widehat{p}^i(\mathbf{x}, \mathbf{z})$ $(i=1,2)$ が得られる．均衡の存在と一意性を仮定し，式 (14) を全微分すると，次の比較静学の結果が導かれる．

$$\begin{aligned}
&\widehat{p}^i_{z_i} = -g^j_{p_j p_j} q^i_{p_i}/D < 0, \qquad \widehat{p}^i_{z_j} = g^i_{p_i p_j} q^j_{p_j}/D \lesseqgtr 0 \quad \Leftrightarrow \quad g^i_{p_i p_j} \gtreqless 0, \\
&\widehat{p}^i_{x_i} = -(g^j_{p_j p_j} q^i_{p_i} \sigma_{ii} - g^i_{p_i p_j} q^j_{p_j} \sigma_{ji})/D \lesseqgtr 0 \quad \Leftrightarrow \quad (g^i_{p_i p_j}/g^j_{p_j p_j})(q^j_{p_j}/q^i_{p_i}) \lesseqgtr \sigma_{ii}/\sigma_{ji}, \\
&\widehat{p}^i_{x_j} = -(g^j_{p_j p_j} q^i_{p_i} \sigma_{ij} - g^i_{p_i p_j} q^j_{p_j} \sigma_{jj})/D \lesseqgtr 0 \quad \Leftrightarrow \quad (g^i_{p_i p_j}/g^j_{p_j p_j})(q^j_{p_j}/q^i_{p_i}) \lesseqgtr \sigma_{ij}/\sigma_{jj}.
\end{aligned} \tag{15}$$

ただし，$D \equiv g^i_{p_i p_i} g^j_{p_j p_j} - g^i_{p_i p_j} g^j_{p_j p_i} > 0$ は価格競争における安定性の条件である．また，ベルトラン競争では $g^i_{p_i p_j} > 0$ がノーマルなケースである．均衡産出量は $\widehat{q}^i(\mathbf{x}, \mathbf{z}) \equiv q^i(\widehat{\mathbf{p}}(\mathbf{x}, \mathbf{z}))$ $(i=1,2)$ で定義される．

輸出補助金を含んだ集約形の利潤関数は $\widehat{\pi}^i(\mathbf{x}, \mathbf{z}) \equiv \pi^i(\widehat{\mathbf{p}}(\mathbf{x}, \mathbf{z}), \mathbf{x}) + z_i q^i(\widehat{\mathbf{p}}(\mathbf{x}, \mathbf{z}))$ $(i=1,2)$ で表される．企業 i の R&D 投資が自己の利潤に与える影響は次のように分解される．

$$\widehat{\pi}^i_{x_i} = \left(\pi^i_{p_i} + z_i q^i_{p_i}\right) \widehat{p}^i_{x_i} + (\pi^i_{p_j} + z_i q^i_{p_j}) \widehat{p}^j_{x_i} + \pi^i_{x_i}. \tag{16}$$

右辺第 1 項は 1 階条件 (14) によりゼロとなる．ここで，$\pi^i_{p_j} = (\widehat{p}_i - c_i) q^i_{p_j}$ および式 (14) をもちいると，式 (16) を次のように変形できる．

$$\widehat{\pi}^i_{x_i} = -\widehat{q}^i (q^i_{p_j}/q^i_{p_i}) \widehat{p}^j_{x_i} + \pi^i_{x_i}. \tag{16$'$}$$

右辺第 1 項は R&D 投資の戦略的効果（間接的な効果）を表し，第 2 項はその直接的な効果である．クールノー競争の場合と同様に，ライバル企業の R&D の外部性は次のように表現される．

$$\widehat{\pi}^i_{x_j} = \left(\pi^i_{p_i} + z_i q^i_{p_i}\right) \widehat{p}^i_{x_j} + (\pi^i_{p_j} + z_i q^i_{p_j}) \widehat{p}^j_{x_j} + \pi^i_{x_j}. \tag{17}$$

式 (14) により，右辺第 1 項はゼロとなる．再度，$\pi^i_{p_j} = (\widehat{p}_i - c_i) q^i_{p_j}$ と式 (14) をもちいると，式 (17) を次のように書き直すことができる．

$$\widehat{\pi}^i_{x_j} = -\widehat{q}^i (q^i_{p_j}/q^i_{p_i}) \widehat{p}^j_{x_j} + \pi^i_{x_j}. \tag{17$'$}$$

右辺第1項は，仮定より $q^i_{p_i}<0$ および $q^i_{p_j}>0$ であるので，スピルオーバーが小さく，ノーマルなベルトラン競争の場合，負になる．第2項はライバルの R&D 投資の直接的なスピルオーバー効果を表し，正である．$\pi^i_{x_j}$ が十分に大きいと，$\widehat{\pi}^i_{x_j}$ は正になることもあり得る．

s_ix_i で企業 i が得る R&D 補助金所得を表せば，企業 i は gross の利潤 $\widehat{\pi}^i(\mathbf{x},\mathbf{z})+s_ix_i$ が最大になるように，自己の投資水準を決定する．x_i についての利潤最大化のための1階条件は次で与えられる．

$$\widehat{\pi}^i_{x_i}(\mathbf{x},\mathbf{z})+s_i=0,\qquad i=1,2. \tag{18}$$

これがベルトラン競争のもとでの R&D 反応関数 $x_i=R^i(x_j;\mathbf{z},s_i)$ を陰関数で定義するものである．この関数の性質は式(7)のものと同じではあるが，ベルトラン競争では $\widehat{\pi}^i$ の定義が異なることに注意しておく．

ナッシュ均衡における R&D 投資水準 $\widehat{x}^i\equiv\widehat{x}^i(\mathbf{z},\mathbf{s})$ $(i=1,2)$ はこれら2つの反応曲線の交点で決定される．クールノー競争の場合と同様に，均衡の存在と一意性ならびに安定性を仮定する．そして，この比較静学の結果は式(8)および(9)と同じ形になる．

均衡価格と産出量はそれぞれ，$\widehat{p}^i(\widehat{\mathbf{x}}(\mathbf{z},\mathbf{s}),\mathbf{z})$ および $\widehat{q}^i(\widehat{\mathbf{x}}(\mathbf{z},\mathbf{s}),\mathbf{z})$ $(i=1,2)$ で表される．そして，均衡における利潤は $\widehat{\pi}^i(\widehat{\mathbf{x}}(\mathbf{z},\mathbf{s}),\mathbf{z})+s_i\widehat{x}^i(\mathbf{z},\mathbf{s})$ となる．社会的厚生関数は

$$\begin{aligned}W^i(\mathbf{z},\mathbf{s})&\equiv\widehat{\pi}^i(\widehat{\mathbf{x}}(\mathbf{z},\mathbf{s}),\mathbf{z})+s_i\widehat{x}^i(\mathbf{s})-z_i\widehat{q}^i(\widehat{\mathbf{x}}(\mathbf{z},\mathbf{s}),\mathbf{z})-s_i\widehat{x}^i(\mathbf{z},\mathbf{s})\\&=\pi_i(\widehat{\mathbf{p}}(\widehat{\mathbf{x}}(\mathbf{z},\mathbf{s}),\mathbf{z}),\widehat{\mathbf{x}}(\mathbf{z},\mathbf{s})),\qquad i=1,2,\end{aligned} \tag{19}$$

で表現される．補論 B.1 では，社会的厚生最大化のための1階条件 $W^i_{s_i}=W^i_{z_i}=0$ から，以下の最適な輸出補助金率が導出されることが示されている．

$$z_i=(\pi^i_{p_j}\widehat{p}^j_{z_i}+\widehat{\pi}^i_{x_j}R^j_{z_i})/(\widehat{q}^i_{z_i}+\widehat{q}^i_{x_j}R^j_{z_i}). \tag{20}$$

他方，最適な R&D 補助金率がクールノー競争の場合の式(11b)と同じ形になることも導かれている．式(20)はクールノー競争における最適輸出補助金率(11a)と同じ解釈をもつ．ただし，ベルトラン競争の場合の戦略変数は価格であるので，製品市場における競争の friendliness の項は $\pi^i_{p_j}$ で表される．

最後に，GATT/WTO の規制のため，各国にとって輸出補助金政策が利用可能でない場合を考察する．クールノー型数量競争の分析と同様に，R&D 政策のみを実施する場合，国 i の最適な R&D 補助金率は式(12)と同じ形になることが分かる．

3　線形の需要関数と2次の R&D 費用関数

以下の分析では，第3国市場における逆需要関数を次のように線形で特定化する．

$$p^i(\mathbf{q})=a-b(q_i+\theta q_j),\quad a,b>0,\quad 0\le\theta\le1,\quad i=1,2,\quad i\neq j. \tag{21}$$

ただし，θ は製品間の代替性を表す指標と解釈される．θ が 1 に近づくにつれ，自国および外国製品は代替的になる．次に，限界費用関数は以下のように線形と仮定する．

$$c^i(\mathbf{x}) \equiv c_0 - \sigma(x_i + \phi x_j), \quad c_0, \sigma > 0, \quad 0 \leq \phi \leq 1, \quad i = 1, 2, \quad i \neq j. \tag{22}$$

さらに，R&D 投資費用は 2 次関数 $F^i(x_i) = \frac{1}{2}\gamma x_i^2$（$\gamma > 0$；$i = 1, 2$）で特定化する．

3.1　クールノー型数量競争

式 (21) および (22)，そして 2 次の R&D 費用関数下では，クールノー型数量競争における企業 i の利潤関数は以下のようになる．

$$\pi^i + z_i q_i + s_i x_i = [v_i + \sigma(x_i + \phi x_j) - b(q_i + \theta q_j)] q_i + s_i x_i - \frac{1}{2}\gamma x_i^2. \tag{23}$$

ただし，$v_i \equiv a - c_0 + z_i > 0$ とする．利潤最大化のための 1 階条件 $\pi^i_{q_i} + z_i = 0$ は $v_i + \sigma(x_i + \phi x_j) - b(q_i + \theta q_j) = bq_i$ と変形される．2 階の条件 $\pi^i_{q_i q_i} = -2b < 0$ は満たされ，戦略的代替性 $\pi^i_{q_i q_j} = -b\theta < 0$ は成立している．産出量についての企業 i の反応関数は $q_i = -\frac{1}{2}\theta q_j + \frac{1}{2b}(v_i + \sigma(x_i + \phi x_j))$ である．自国企業および外国企業についての反応関数を連立して解くことによって，クールノー均衡産出量が次のように明示的に導かれる．

$$\widehat{q}^i = \frac{2v_i - \theta v_j + \sigma(\lambda x_i - \delta x_j)}{b(4 - \theta^2)}, \quad i = 1, 2, \quad i \neq j. \tag{24}$$

ただし，$\lambda \equiv 2 - \theta\phi > 0$ および $\delta \equiv \theta - 2\phi \gtrless 0 \Leftrightarrow \phi \lessgtr \frac{1}{2}\theta$ である．したがって，比較静学の結果は $\widehat{q}^i_{z_i} > 0$，$\widehat{q}^i_{z_j} < 0$，$\widehat{q}^i_{x_i} > 0$，および $\widehat{q}^i_{x_j} \gtrless 0 \Leftrightarrow \phi \lessgtr \frac{1}{2}\theta$ である[6)]．

製品市場における均衡利潤は $\widehat{\pi}^i = b(\widehat{q}^i)^2 - \frac{1}{2}\gamma x_i^2$ となる．これを偏微分し，比較静学の結果をもちいると，製品市場におけるライバル企業の戦略の friendliness の項は $\widehat{\pi}^i_{x_j} = -\frac{2\sigma\delta}{4-\theta^2}\widehat{q}^i$ で与えられ，戦略的代替性の項は $\widehat{\pi}^i_{x_i x_j} = -\frac{2\sigma^2\lambda\delta}{b(4-\theta^2)^2}$ と計算される．$\lambda > 0$ なので，以下の関係が導かれることになる．

$$\widehat{\pi}^i_{x_j} \lessgtr 0 \quad \Leftrightarrow \quad \widehat{\pi}^i_{x_i x_j} \lessgtr 0 \quad \Leftrightarrow \quad \delta \equiv \theta - 2\phi \gtrless 0 \quad \Leftrightarrow \quad \phi \lessgtr \frac{1}{2}\theta. \tag{25}$$

これを次の補題にまとめておく．

補題 1 線形の需要関数と２次のＲ＆Ｄ費用関数を仮定したクールノー競争の下で，Ｒ＆Ｄスピルオーバーが十分に小さい（$\phi < \frac{1}{2}\theta$）ときに，Ｒ＆Ｄ投資水準が戦略的代替でかつライバルに *unfriendly* となる．逆に，Ｒ＆Ｄスピルオーバーが十分に大きい（$\phi > \frac{1}{2}\theta$）ときには，Ｒ＆Ｄ投資水準は戦略的補完でライバルに *friendly* になる．

R&D 投資競争では，企業 i の目的関数は $\widehat{\pi}^i + s_i x_i = b(\widehat{q}^i)^2 - \frac{1}{2}\gamma x_i^2 + s_i x_i$ で表される．した

6）式 (24) を直接，偏微分すると，$\widehat{q}^i_{z_i} = \frac{2}{b(4-\theta^2)}$，$\widehat{q}^i_{z_j} = \frac{-2}{b(4-\theta^2)}$，$\widehat{q}^i_{x_i} = \frac{\sigma\lambda}{b(4-\theta^2)}$，そして $\widehat{q}^i_{x_j} = \frac{-\sigma\delta}{b(4-\theta^2)}$ となる．

がって，利潤最大化の1階条件 $\widehat{\pi}^i_{x_i}+s_i=0$ は次式で与えられる．

$$2b\widehat{q}^i\widehat{q}^i_{x_i}-\gamma x_i+s_i=0 \quad\Leftrightarrow\quad \widehat{q}^i=\frac{4-\theta^2}{2\sigma\lambda}\left(\gamma x_i-s_i\right). \tag{26}$$

2階の条件 $\widehat{\pi}^i_{x_ix_i}\equiv 2b(\widehat{q}^i_{x_i})^2-\gamma<0$ は満たされると仮定し，これは次の条件と同値である．

$$\Delta\equiv b\gamma(4-\theta^2)^2-2\sigma^2\lambda^2>0 \quad\Leftrightarrow\quad \eta\equiv\frac{\sigma^2}{b\gamma}<\frac{(4-\theta^2)^2}{2\lambda^2}\equiv\overline{\eta}. \tag{27}$$

ただし，η は R&D への相対的な収益ないし R&D の効率性を表すと解釈される (Leahy and Neary, 1996, 2001)．式 (26) を変形すると，企業 i の R&D 反応関数が次のように導出される．

$$x_i=\frac{1}{\Delta}\left(2\sigma\lambda\left(2v_i-\theta v_j\right)+\beta s_i-\alpha x_j\right)\equiv R^i\left(x_j;\mathbf{z},s_i\right),\quad i=1,2,\quad i\neq j. \tag{28}$$

ただし，$\alpha\equiv 2\sigma^2\lambda\delta\gtreqless 0\Leftrightarrow\delta\equiv\theta-2\phi\gtreqless 0$ および $\beta\equiv b(4-\theta^2)^2>0$ である．さらに，R&D 反応関数は $R^i_{x_j}\lesseqgtr 0\Leftrightarrow\phi\lesseqgtr\frac{1}{2}\theta$，$R^i_{z_i}>0$，$R^i_{z_j}<0$，および $R^i_{s_i}>0$ の性質をもつことが示される[7]．すなわち，スピルオーバー効果が十分に小さい（大きい）のであれば，R&D 反応曲線は右下がり（上がり）となる．国 i の政府による輸出補助金は企業 i の R&D 反応曲線を外側にシフトさせるが，国 $j\neq i$ の輸出補助金はそれを内側にシフトさせる．また，国 i の政府による R&D 補助金はそれを外側にシフトさせる．

R&D 投資競争における安定性の条件は次のように表される．

$$\Delta^2-\alpha^2>0 \quad\Leftrightarrow\quad -\Delta<\alpha<\Delta \quad\Leftrightarrow\quad \eta<\min\left\{\eta_S,\eta_L\right\}. \tag{29}$$

ただし，$\eta_S\equiv\frac{(2-\theta)(4-\theta^2)}{2\lambda(1-\phi)}$ および $\eta_L\equiv\frac{(2+\theta)(4-\theta^2)}{2\lambda(1+\phi)}$ は両方とも正の定数である．式 (29) の導出と次の補題でまとめられる安定性の結果の証明には補論 C.1 を参照されたい．

補題 2 スピルオーバーの効果が十分に小さい（大きい），つまり，$\phi<(>)\ \frac{1}{2}\theta$ であれば，R&D投資競争における安定性の条件は $\eta<\eta_S$（$\eta<\eta_L$）である．さらに，その安定性の条件が満たされる限り，利潤最大化の2階の条件も満たされる．

式 (28) で与えられる両企業の R&D 反応関数を連立して解くと，次のナッシュ均衡における R&D 投資水準が得られる．

$$\widehat{x}^i=\frac{2\sigma\lambda\left(v_i\left(2\Delta+\alpha\theta\right)-v_j\left(\theta\Delta+2\alpha\right)\right)+\beta\Delta s_i-\alpha\beta s_j}{\Delta^2-\alpha^2},\quad i=1,2,\quad i\neq j. \tag{30}$$

上式において，$2\Delta+\alpha\theta>0$[8]および次の関係が得られる．

$$\theta\Delta+2\alpha=b\gamma(4-\theta^2)((4-\theta^2)\theta-2\lambda\phi\eta)\gtreqless 0\Leftrightarrow\eta\lesseqgtr\frac{\theta(4-\theta^2)}{2\lambda\phi}\equiv\eta_a. \tag{31}$$

7）式 (28) を各変数で偏微分すれば，$R^i_{x_j}=-\frac{\alpha}{\Delta}$，$R^i_{z_i}=\frac{4\sigma\lambda}{\Delta}$，$R^i_{z_j}=-\frac{2\theta\sigma\lambda}{\Delta}$，そして $R^i_{s_i}=\frac{\beta}{\Delta}$ という結果が導かれる．

8）安定性の条件 (29) により，$-\Delta<\alpha<\Delta\Leftrightarrow-\theta\Delta<\theta\alpha<\theta\Delta\Leftrightarrow 0<(2-\theta)\Delta<2\Delta+\theta\alpha<(2+\theta)\Delta$ となる．そこでは，$0<\theta<1$ および $\Delta>0$ をもちいている．

以下の補題は後の分析にとって有用である（証明は補論 C.2).

補題 3 $\eta_S \lesseqgtr \overline{\eta} \lesseqgtr \eta_L \lesseqgtr \eta_a \Leftrightarrow \delta \gtreqless 0 \Leftrightarrow \phi \lesseqgtr \frac{1}{2}\theta$.

この補題および式 (30) をもちいると，比較静学の結果を以下のようにまとめることができる (証明は補論 C.3).

補題 4 $\phi < \frac{1}{2}\theta$ の場合，安定性の条件（$\eta < \eta_S$）が課されるならば，比較静学の結果はすべてノーマル（*normal*）なものである．つまり，$\widehat{x}^i_{z_i} > 0$，$\widehat{x}^i_{z_j} < 0$，$\widehat{x}^i_{s_i} > 0$，かつ $\widehat{x}^i_{s_j} < 0$. 他方，$\phi > \frac{1}{2}\theta$ の場合，条件 $\eta < \eta_a$ が課されると，安定性の条件（$\eta < \eta_L$）は満たされ，ノーマルな比較静学の結果が導かれる．条件 $\eta_a < \eta < \eta_L$ が課されると，*perverse* な比較静学の結果 $\widehat{x}^i_{z_i} > 0$，$\widehat{x}^i_{z_j} > 0$，$\widehat{x}^i_{s_i} > 0$，かつ $\widehat{x}^i_{s_j} > 0$ がもたらされる．

式 (30) を式 (26) に代入すると，クールノー競争の下での均衡産出量を次のように導出できる[9]．

$$\widehat{q}^i = \frac{4-\theta^2}{\Delta^2-\alpha^2}\left(\gamma\left(v_i\left(2\Delta+\alpha\theta\right)-v_j\left(\theta\Delta+2\alpha\right)\right)+\sigma\lambda\left(\Delta+2\sigma^2\delta^2\right)s_i-\sigma\delta\beta\gamma s_j\right). \quad (32)$$

ここで，$2\Delta+\alpha\theta > 0$，$\theta\Delta+2\alpha \gtreqless 0 \Leftrightarrow \eta \lesseqgtr \eta_a$，および $\delta \equiv \theta - 2\phi \gtreqless 0 \Leftrightarrow \phi \lesseqgtr \frac{1}{2}\theta$ に注意しながら，補題 3 をもちいると，以下のような比較静学の結果が得られる（証明は補題 C.4).

補題 5 $\phi < \frac{1}{2}\theta$ の場合，安定性の条件（$\eta < \eta_S$）が課されると，比較静学の結果はすべてノーマルなものとなる．つまり，$\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} > 0$，$\frac{d\widehat{q}^i}{dz_j} < 0$，$\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} > 0$，かつ $\frac{d\widehat{q}^i}{ds_j} < 0$. 他方，$\phi > \frac{1}{2}\theta$ の場合，条件 $\eta < \eta_a$ が課されるならば，安定性の条件（$\eta < \eta_L$）は満たされ，比較静学の結果は $\frac{d\widehat{q}^i}{ds_j} > 0$ を除いてすべてノーマルなものとなる．条件 $\eta_a < \eta < \eta_L$ が満たされれば，比較静学の結果 $\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} > 0$，$\frac{d\widehat{q}^i}{dz_j} > 0$，$\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} > 0$，および $\frac{d\widehat{q}^i}{ds_j} > 0$ は *perverse* なものとなる．

国 i の社会的厚生は $W^i \equiv \widehat{\pi}^i + s_i\widehat{x}^i - s_i\widehat{x}^i - z_i\widehat{q}^i = b(\widehat{q}^i)^2 - \frac{1}{2}\gamma(\widehat{x}^i)^2 - z_i\widehat{q}^i$ である．国 i の政府は W^i を 2 つの政策変数 z_i および s_i を操作することで最大化する．補論 A.2 において，クールノー型国際寡占・R&D 投資競争に対する最適な政策の組合せが

$$z_i = \frac{\theta\Delta+2\alpha}{(4-\theta^2)^2\left(2\Delta+\alpha\theta\right)}\theta\beta\widehat{q}^i, \quad (33a)$$

$$s_i = \frac{2\sigma^2\delta^2(4-\theta^2)-\theta\left(\theta\Delta+2\alpha\right)}{(4-\theta^2)\left(2\Delta+\alpha\theta\right)}\sigma\lambda\widehat{q}^i. \quad (33b)$$

9）この導出には，$\alpha \equiv 2\sigma^2\lambda\delta$，$\Delta \equiv \beta\gamma - 2\sigma^2\lambda^2 > 0$，および $\beta\gamma\Delta - (\Delta^2-\alpha^2) = \Delta\left(\beta\gamma-\Delta\right)+\alpha^2 = 2\sigma^2\lambda^2\left(\Delta+2\sigma^2\delta^2\right)$ をもちいた．

となることが示される．$2\Delta + \alpha\theta > 0$ に注意すれば，以下の関係が成立する．

$$z_i \gtreqless 0 \quad \Leftrightarrow \quad \theta\Delta + 2\alpha \gtreqless 0 \quad \Leftrightarrow \quad \eta \lesseqgtr \eta_a \equiv \frac{\theta(4-\theta^2)}{2\lambda\phi}, \tag{34a}$$

$$s_i \gtreqless 0 \quad \Leftrightarrow \quad 2\sigma^2\delta^2(4-\theta^2) \gtreqless \theta(\theta\Delta + 2\alpha) \quad \Leftrightarrow \quad \eta \gtreqless \eta_b \equiv \frac{\theta^2(4-\theta^2)}{2(\delta^2 + \phi\lambda\theta)}. \tag{34b}$$

ここで $\eta_a > \eta_b$ が成立する[10]．

まず，スピルオーバーが小さい場合と大きい場合の安定性条件をそれぞれ課して，最適な z_i の符号を検討する．$\phi < \frac{1}{2}\theta$（小さいスピルオーバー）の場合，$\eta_S < \overline{\eta} < \eta_a$ という関係が成り立つ．したがって，安定性の条件 $\eta < \eta_S$ が満たされるときは常に，$\eta < \eta_a$ が成立し，最適な z_i は正の符号をもつことが分かる．他方，$\phi > \frac{1}{2}\theta$（大きいスピルオーバー）の場合，$\eta_a < \eta_L < \overline{\eta}$ となる．安定性の条件（$\eta < \eta_L$）が課されても，最適な z_i の符号は一意には確定されない．より厳密には，$\eta \in (0, \eta_a)$ に対して，最適な z_i は正であるが，$\eta \in (\eta_a, \eta_L)$ に対しては負となる，つまり，輸出税が最適な政策となる．

次に，最適な s_i の符号パターンを明らかにする．最初に，小さいスピルオーバーの場合，つまり $\phi < \frac{1}{2}\theta \Leftrightarrow \delta \equiv \theta - 2\phi > 0$ を想定する．まず，不等式 $\eta_a > \eta_b > \eta_S$ が成立する[11]．したがって，安定性の条件（$\eta < \eta_S$）をスピルオーバーが十分に小さいケースに適用すると，最適な s_i は負になる．逆に，大きいスピルオーバーの場合，つまり，$\phi > \frac{1}{2}\theta \Leftrightarrow \delta < 0$ を想定する．この場合は慎重な考察を要する．まず，$\eta_L > \eta_a > \eta_b$ が成立する[12]．これより，最適な s_i の符号パターンは，(i) $\eta \in (0, \eta_b)$ に対して，最適な s_i は負となる．(ii) $\eta \in (\eta_a, \eta_L)$ に対して，最適な s_i は正となる．

以上の考察を命題にまとめると，

命題 1 線形の需要関数と２次のＲ＆Ｄ費用関数を仮定するクールノー型数量競争のモデルでは，(*a*) スピルオーバーの効果が十分に小さい場合，輸出国政府は常に輸出補助金とＲ＆Ｄ 課税を同時に行なうことが最適である．(*b*) スピルオーバーの効果が十分に大きい場合，輸出国の最適な貿易およびＲ＆Ｄ政策は (*i*) $\eta \in (0, \eta_b)$ に対しては，輸出補助金とＲ＆Ｄ課税，(*ii*) $\eta \in (\eta_b, \eta_a)$ に対しては輸出補助金とＲ＆Ｄ補助金，(*iii*) $\eta \in (\eta_a, \eta_L)$ に対しては輸出税とＲ＆Ｄ補助金となる．

$\eta = \eta_a$ あるいは $\eta = \eta_b$ といったナイフ・エッジの場合，最適な輸出補助金ないし R&D 補

10) 定義より，η_a と η_b の差を計算し，項をまとめると，$\eta_a - \eta_b = \frac{\delta^2\theta(4-\theta^2)}{2\lambda\phi(\delta^2+\phi\lambda\theta)} > 0$ が示される．

11) 2 つの定義式 $\eta_b \equiv \frac{\theta^2(4-\theta^2)}{2(\delta^2+\phi\lambda\theta)}$ および $\eta_S \equiv \frac{(2-\theta)(4-\theta^2)}{2\lambda(1-\phi)}$ から，これらの差を計算すると，$\eta_b - \eta_S = \frac{(4-\theta^2)(\theta\delta+(4-\theta^2)\phi)}{2\lambda(1-\phi)(\delta^2+\phi\lambda\theta)}\delta > 0 \Leftrightarrow \eta_b > \eta_S$ が得られる．そこで，不等式 $\eta_a > \eta_b$ をこれと結びつけると，$\eta_a > \eta_b > \eta_S$ が示される．

12) 2 つの定義式 $\eta_L \equiv \frac{(2+\theta)(4-\theta^2)}{2\lambda(1+\phi)}$ および $\eta_a \equiv \frac{\theta(4-\theta^2)}{2\lambda\phi}$ の辺々の差を計算すると，$\eta_L - \eta_a = \frac{-(4-\theta^2)\delta}{2\lambda\phi(1+\phi)} > 0 \Leftrightarrow \eta_L > \eta_a$ が得られる．これと不等式 $\eta_a > \eta_b$ を結びつけることにより，$\eta_L > \eta_a > \eta_b$ が成立する．

助金はゼロとなる．この命題は Spencer and Brander (1983) の結果がケース (a) およびケース (b-i) のみ成立することを意味する．スピルオーバー効果が十分に大きく，R&D 投資の効率性 (η) が高まると，第3国における製品市場への輸出価格が低下するので，輸出税を使用するインセンティヴが生じてくる．また，このとき R&D 投資が過少になるので，それに対して補助金を供与するインセンティヴがもたらされる．

こんどは貿易政策のみが利用可能な政策オプションである場合を考察する．補論 A.2 において，最適な輸出補助金率が以下のように表されることが示されている．

$$z_i = \frac{(4-\theta^2)\alpha^2 + (\Delta\theta + 2\alpha)\,\Delta\theta}{\gamma(4-\theta^2)^2\,(2\Delta + \alpha\theta)}\widehat{q}^i. \tag{35a}$$

式 (35a) の分子は $(4-\theta^2)\alpha^2 + (\Delta\theta + 2\alpha)\,\Delta\theta = (\alpha + \theta\Delta)^2 + \alpha^2\,(3-\theta^2) > 0$ により，正となることが分かる．したがって，最適な輸出補助金率 (35a) はいかなるパラメータの大きさに対しても正となる．

最後に，R&D 政策のみが利用可能な政策オプションである場合を考察する．補論 A.2 ではさらに，最適な R&D 補助金も常に正となることが示される．

$$s_i = \frac{4\sigma^2\delta^2}{\Delta(4-\theta^2)}\sigma\lambda\widehat{q}^i > 0. \tag{35b}$$

以上の結果を次の命題にまとめておく．

命題 2 線形の需要関数と２次のＲ＆Ｄ費用関数を仮定するクールノー型数量競争のモデルでは，製品間の代替性，スピルオーバー効果，および投資の効率性がいかなる程度であっても，輸出国政府にとって利用可能な政策オプションが１つに限られている状況下においては，輸出補助金あるいはＲ＆Ｄ補助金をもちいるのが最適である．

Spencer and Brander (1983) は一般的な需要関数および生産費用関数を仮定し，スピルオーバー効果がない場合，輸出補助金が常に最適な政策となることを示している．Leahy and Neary (2001) においては R&D 補助金について，上の結果が導かれている．

3.2　ベルトラン型価格競争

式 (21) を逆行列変換すると，企業 i の直面する需要関数は $q^i = \frac{(1-\theta)a - p_i + \theta p_j}{b(1-\theta^2)}$ と表される．ただし，同質財の可能性を排除しておく（$\theta < 1$ の仮定）．ベルトラン競争における利潤関数は $\pi^i + z_i q^i + s_i x_i = (p_i - c^i + z_i)\,q^i + s_i x_i - \frac{1}{2}\gamma x_i^2 = \frac{(p_i - c^i + z_i)((1-\theta)a - p_i + \theta p_j)}{b(1-\theta^2)} + s_i x_i - \frac{1}{2}\gamma x_i^2$ で表されることになる．そこで，利潤最大化の１階条件は $p_i - c^i + z_i = (1-\theta)\,a - p_i + \theta p_j$ と書ける．２階の条件 $\pi^i_{p_i p_i} = -\frac{2}{b(1-\theta^2)} < 0$ および戦略的補完性 $\pi^i_{p_i p_j} = \frac{\theta}{b(1-\theta^2)} < 0$ も同時に満たされる．１階条件から，ベルトラン競争における価格反応関数が $p_i = \frac{1}{2}\theta p_j + \frac{a(1-\theta) + c^i - z_i}{2}$ と導かれる．ここで，クールノー競争と同様に，$v_i \equiv a - c_0 + z_i > 0$ を定義する．企業 1 および 2 の

価格反応関数を連立して解くことにより，ベルトラン＝ナッシュ均衡価格および均衡産出量が以下の通り得られる．

$$\widehat{p}^i = \frac{2(a(1-\theta)+c^i-z_i)+\theta(a(1-\theta)+c^j-z_j)}{4-\theta^2}, \tag{36a}$$

$$\widehat{q}^i = \frac{(2-\theta^2)v_i-\theta v_j+\lambda\sigma x_i+\delta\sigma x_j}{b(1-\theta^2)(4-\theta^2)}. \tag{36b}$$

ただし，クールノー競争の場合と違って，$\lambda \equiv 2-\theta^2-\theta\phi > 0$ および $\delta \equiv \theta-\phi(2-\theta^2) \gtreqless 0 \Leftrightarrow \phi \lesseqgtr \frac{\theta}{2-\theta^2}$ と定義される．R&D 投資水準および各政策パラメータの変化が均衡価格に及ぼす効果は $\widehat{p}^i_{z_i}<0$，$\widehat{p}^i_{z_j}<0$，$\widehat{p}^i_{x_i}<0$，そして $\widehat{p}^i_{x_j}<0$ である[13]．さらに，均衡産出量に及ぼす効果は $\widehat{q}^i_{z_i}>0$，$\widehat{q}^i_{z_j}<0$，$\widehat{q}^i_{x_i}>0$，そして $\widehat{q}^i_{x_j} \lesseqgtr 0 \Leftrightarrow \phi \gtreqless \frac{\theta}{2-\theta^2}$ となる[14]．

R&D 補助金を排除した利潤関数は $\widehat{\pi}^i = b(1-\theta^2)(\widehat{q}^i)^2-\frac{1}{2}\gamma x_i^2$ である．よって，friendliness の項および戦略的代替性の項はそれぞれ，$\widehat{\pi}^i_{x_j} = -\frac{2\sigma\delta}{4-\theta^2}\widehat{q}^i$ および $\widehat{\pi}^i_{x_ix_j} = -\frac{2\lambda\delta\eta\gamma}{2(1-\theta^2)(4-\theta^2)^2}$ となる．そこで，以下の関係が導かれる．

$$\widehat{\pi}^i_{x_j} \lesseqgtr 0 \quad\Leftrightarrow\quad \widehat{\pi}^i_{x_ix_j} \lesseqgtr 0 \quad\Leftrightarrow\quad \delta \equiv \theta-\phi(2-\theta^2) \gtreqless 0 \quad\Leftrightarrow\quad \phi \lesseqgtr \frac{\theta}{2-\theta^2}. \tag{37}$$

これを次の補題にまとめると，

補題 6 線形の需要関数と２次のＲ＆Ｄ費用関数を仮定するベルトラン型数量競争のモデルでは，Ｒ＆Ｄスピルオーバーが十分に小さいときに（$\phi < \frac{\theta}{2-\theta^2}$），Ｒ＆Ｄ投資水準は戦略的代替かつライバルに *unfriendly* となる．逆に，Ｒ＆Ｄスピルオーバーが十分に大きいとき（$\phi > \frac{\theta}{2-\theta^2}$）はＲ＆Ｄ投資水準は戦略的補完かつライバルに *friendly* となる．

図 1 は，R&D 投資が戦略的代替の関係にあり，かつライバルに対して unfrieldly となるようなパラメータの組合せ $(\theta,\ \phi)$ が，クールノー競争の場合は領域 C のみ，ベルトラン競争の場合は 領域 B および C であることを図解している．

R&D 投資競争において，企業 i は R&D 補助金を含めた gross の利潤 $\widehat{\pi}^i+s_ix_i = b(1-\theta^2)(\widehat{q}^i)^2-\frac{1}{2}\gamma x_i^2+s_ix_i$ を最大化する．その 1 階条件は次式で与えられる．

$$2b(1-\theta^2)\widehat{q}^i\widehat{q}^i_{x_i}-\gamma x_i+s_i=0 \quad\Leftrightarrow\quad \widehat{q}^i = \frac{4-\theta^2}{2\sigma\lambda}(\gamma x_i-s_i). \tag{38}$$

2 階条件 $\widehat{\pi}^i_{x_ix_i} \equiv 2b(1-\theta^2)(\widehat{q}^i_{x_i})^2-\gamma<0$ は満たされると仮定すると，これは次の条件と同値である．

$$\Delta \equiv b\gamma(1-\theta^2)(4-\theta^2)^2-2\sigma^2\lambda^2>0 \quad\Leftrightarrow\quad \eta \equiv \frac{\sigma^2}{b\gamma} < \frac{(1-\theta^2)(4-\theta^2)^2}{2\lambda^2} \equiv \overline{\eta}. \tag{39}$$

13) 式 (36a) をそれぞれの変数で偏微分すると，$\widehat{p}^i_{z_i} = \frac{-2}{4-\theta^2}$，$\widehat{p}^i_{z_j} = \frac{-\theta}{4-\theta^2}$，$\widehat{p}^i_{x_i} = -\frac{\sigma(2+\theta\phi)}{4-\theta^2}$，および $\widehat{p}^i_{x_j} = -\frac{\sigma(2\phi+\theta)}{4-\theta^2}$ が得られる．

14) 直前の脚注と同様に，こんどは式 (36b) を偏微分すれば，$\widehat{q}^i_{z_i} = \frac{2-\theta^2}{b(1-\theta^2)(4-\theta^2)}$，$\widehat{q}^i_{z_j} = \frac{-\theta}{b(1-\theta^2)(4-\theta^2)}$，$\widehat{q}^i_{x_i} = \frac{\sigma\lambda}{b(1-\theta^2)(4-\theta^2)}$，そして $\widehat{q}^i_{x_j} = \frac{-\sigma\delta}{b(1-\theta^2)(4-\theta^2)}$ が導出される．

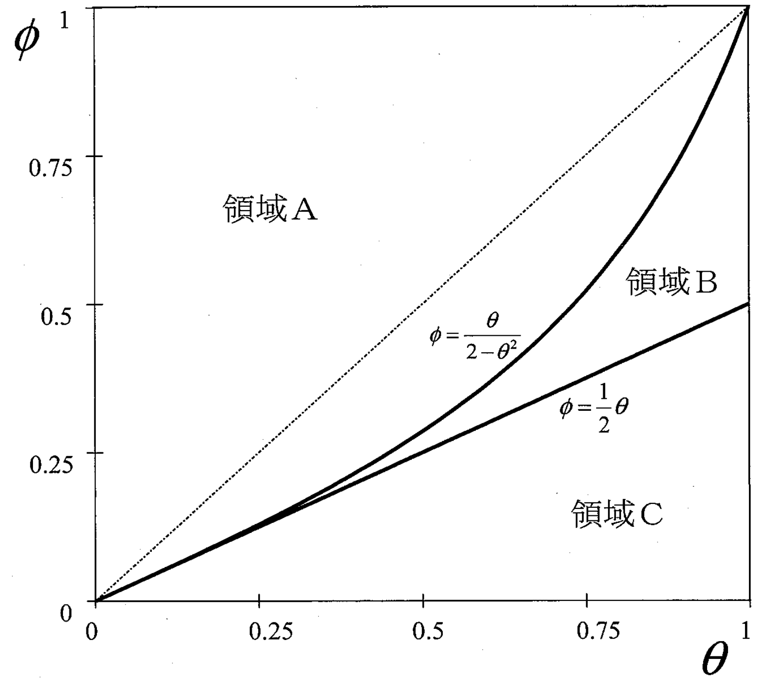

図 1：friendliness と戦略的代替性

$\overline{\eta}$ はクールノー競争の場合と同じ形で定義されるが，λ の定義はクールノーのものと相違することに留意しておく．式 (39) から，企業 i の R&D 投資競争における反応関数が以下のように導出される．

$$x_i = \frac{1}{\Delta}\left(2\sigma\lambda\left(\left(2-\theta^2\right)v_i - \theta v_j\right) + \beta s_i - \alpha x_j\right) \equiv R^i\left(x_j; \mathbf{z}, s_i\right). \tag{40}$$

ただし，$\alpha \equiv 2\sigma^2\lambda\delta \gtrless 0 \Leftrightarrow \delta \gtrless 0$ および $\beta \equiv b(1-\theta^2)(4-\theta^2)^2 > 0$ とし，クールノー競争の場合とは異なる定義がもちいられる．この反応関数は $R^i_{x_j} \lesseqgtr 0 \Leftrightarrow \phi \lesseqgtr \frac{\theta}{2-\theta^2}$，$R^i_{z_i} > 0$，$R^i_{z_j} < 0$，および $R^i_{s_i} > 0$ という性質をもつことが分かる[15]．したがって，R&D 反応曲線のシフトはクールノー競争のものと類似することになる．

R&D 投資競争における安定性の条件は (29) で表される関係と同じであるが，クールノー競争の場合と違って，$\eta_S \equiv \frac{(1-\theta)(2+\theta)(4-\theta^2)}{2\lambda(1-\phi)}$ および $\eta_L \equiv \frac{(1+\theta)(2-\theta)(4-\theta^2)}{2\lambda(1+\phi)}$ を適用しなければならないことが補論 C.5 で示されている．

自国および外国の反応関数を連立して解くと，以下のナッシュ均衡における R&D 投資水準が得られる．

$$x^i = \frac{2\sigma\lambda\left(v_i\left(\left(2-\theta^2\right)\Delta + \alpha\theta\right) - v_j\left(\theta\Delta + \alpha\left(2-\theta^2\right)\right)\right) + \beta\Delta s_i - \alpha\beta s_j}{\Delta^2 - \alpha^2}, \; i, j = 1, 2, \; i \neq j. \tag{41}$$

15) クールノー競争の場合と同様に，式 (40) を偏微分すれば，$R^i_{x_j} = -\frac{\alpha}{\Delta}$，$R^i_{z_i} = \frac{2(2-\theta^2)\sigma\lambda}{\Delta}$，$R^i_{z_j} = -\frac{2\theta\sigma\lambda}{\Delta}$，そして $R^i_{s_i} = \frac{\beta}{\Delta}$ が得られる．

不等式 $(2-\theta^2)\Delta+\alpha\theta>0$[16] および

$$\theta\Delta+\alpha(2-\theta^2)=b\gamma(1-\theta^2)(4-\theta^2)\left(\theta(4-\theta^2)-2\eta\lambda\phi\right)\gtreqless 0\Leftrightarrow\eta\lesseqgtr\frac{\theta(4-\theta^2)}{2\lambda\phi}\equiv\eta_a \tag{42}$$

をもちいると，比較静学の結果は $x^i_{z_i}>0$，$x^i_{z_j}\lesseqgtr 0\Leftrightarrow\eta\lesseqgtr\eta_a$，$x^i_{s_i}>0$，および $x^i_{s_j}\lesseqgtr 0\Leftrightarrow\phi\lesseqgtr\frac{\theta}{2-\theta^2}$ となる[17]．したがって，補題4がベルトラン型価格競争の場合にも妥当であることが分かる．

式 (41) を式 (38) に代入すれば，ベルトラン競争のもとでの均衡産出量が導かれる[18]．

$$\begin{aligned}\widehat{q}^i=\frac{4-\theta^2}{\Delta^2-\alpha^2}&\left(\gamma\left(v_i\left((2-\theta^2)\Delta+\alpha\theta\right)-v_j\left(\theta\Delta+\alpha(2-\theta^2)\right)\right)\right.\\&\left.+\sigma\lambda(\Delta+2\sigma^2\delta^2)s_i-\sigma\delta\beta\gamma s_j\right),\qquad i,j=1,2,\ i\neq j.\end{aligned} \tag{43}$$

そこで，$(2-\theta^2)\Delta+\alpha\theta>0$，$\theta\Delta+\alpha(2-\theta^2)\gtreqless 0\Leftrightarrow\eta\lesseqgtr\eta_a$，および $\delta\gtreqless 0\Leftrightarrow\phi\lesseqgtr\frac{\theta}{2-\theta^2}$ に着目すれば，均衡産出量についての比較静学の結果 $\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i}>0$，$\frac{d\widehat{q}^i}{dz_j}\lesseqgtr 0\Leftrightarrow\eta\lesseqgtr\eta_a$，$\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i}>0$，および $\frac{d\widehat{q}^i}{ds_j}\lesseqgtr 0\Leftrightarrow\phi\lesseqgtr\frac{\theta}{2-\theta^2}$ が得られる[19]．したがって，補題5もベルトラン型価格競争の場合において有効となる．

国 i の社会的厚生は $W^i\equiv\widehat{\pi}^i+s_i\widehat{x}^i-s_i\widehat{x}^i-z_i\widehat{q}^i=b(1-\theta^2)(\widehat{q}^i)^2-\frac{1}{2}\gamma(\widehat{x}^i)^2-z_i\widehat{q}^i$ で表される．補論 B.2 において，ベルトラン型国際寡占・R&D 投資競争に対する最適政策の組合せが以下のように導出される．

$$z_i=\frac{2\alpha-\theta\Delta}{(4-\theta^2)^2\left((2-\theta^2)\Delta+\alpha\theta\right)}\theta\beta\widehat{q}^i, \tag{44a}$$

$$s_i=\frac{2\sigma^2\delta^2(4-\theta^2)-\theta(2\alpha-\theta\Delta)}{(4-\theta^2)\left((2-\theta^2)\Delta+\alpha\theta\right)}\lambda\sigma\widehat{q}^i. \tag{44b}$$

両式の分母における $(2-\theta^2)\Delta+\alpha\theta>0$ を考慮すると，補助金率の符号について，次の関係が導かれる．

$$z_i\gtreqless 0\Leftrightarrow 2\alpha-\theta\Delta=b\gamma(4-\theta^2)\left(2\lambda\eta(\theta-\phi)-\theta(1-\theta^2)(4-\theta^2)\right)\gtreqless 0, \tag{45a}$$

$$s_i\gtreqless 0\Leftrightarrow 2\sigma^2\delta^2(4-\theta^2)-\theta(2\alpha-\theta\Delta)=b\gamma(1-\theta^2)(4-\theta^2)\left(\theta^2(4-\theta^2)-2\eta\psi\right)\gtreqless 0. \tag{45b}$$

ただし，$\psi\equiv\phi\delta+(\theta-\phi)(\theta+2\phi)$ を定義する．そこで，図2で示されるように，パラメータ平面 $(\theta,\ \phi)$ を4つに分割する．以下では，各領域において，最適な補助金率の符号を検討していく．

---

16) 証明は脚注8のものと同様となり，これを割愛する．

17) 式 (41) を直接，偏微分すると，$x^i_{z_i}=\frac{2\sigma\lambda((2-\theta^2)\Delta+\alpha\theta)}{\Delta^2-\alpha^2}$，$x^i_{z_j}=-\frac{2\sigma\lambda(\theta\Delta+\alpha(2-\theta^2))}{\Delta^2-\alpha^2}$，$x^i_{s_i}=\frac{\beta\Delta}{\Delta^2-\alpha^2}$，そして $x^i_{s_j}=-\frac{\alpha\beta}{\Delta^2-\alpha^2}$ が得られる．

18) この式を導出するには，脚注9を参照のこと．

19) クールノー競争の場合と同様に，式 (43) を偏微分すると，$\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i}=\frac{\gamma(4-\theta^2)((2-\theta^2)\Delta+\alpha\theta)}{\Delta^2-\alpha^2}$，$\frac{d\widehat{q}^i}{dz_j}=-\frac{\gamma(4-\theta^2)(\theta\Delta+\alpha(2-\theta^2))}{\Delta^2-\alpha^2}$，$\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i}=\frac{\sigma\lambda(4-\theta^2)(\Delta+2\sigma^2\delta^2)}{\Delta^2-\alpha^2}$，そして $\frac{d\widehat{q}^i}{ds_j}=-\frac{\sigma\delta\beta\gamma(4-\theta^2)}{\Delta^2-\alpha^2}$ が導出される．

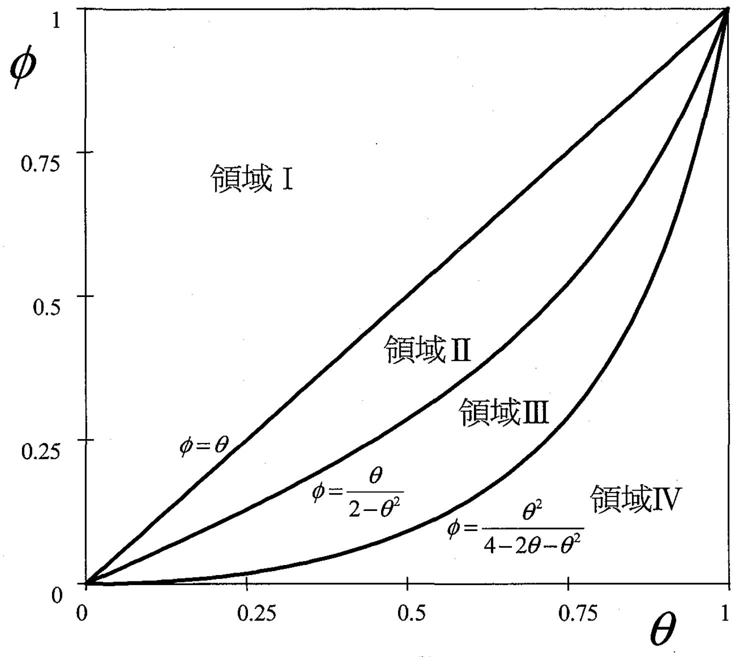

図 2：ベルトラン型価格競争のケース

最初に，$\theta < \phi$（領域 I）に対して，関係 (45a) を見ると，$2\alpha - \theta\Delta < 0$ となる．したがって，最適な z_i は負であるのに対し，最適な s_i は正となる．逆に，$\theta > \phi$（領域 II から IV）に対しては，次の関係を利用することになる．

$$z_i \gtrless 0 \quad\Leftrightarrow\quad 2\alpha - \theta\Delta \gtrless 0 \quad\Leftrightarrow\quad \eta \gtrless \frac{\theta(1-\theta^2)(4-\theta^2)}{2\lambda(\theta-\phi)} \equiv \eta_c. \tag{45a'}$$

そして，補論 C.6 において証明される次の補題も有用である．

補題 7 $\theta > \phi$ を仮定すると，$\eta_c \lesseqgtr \eta_S \lesseqgtr \overline{\eta} \lesseqgtr \eta_L \Leftrightarrow \delta \gtrless 0 \Leftrightarrow \phi \lesseqgtr \frac{\theta}{2-\theta^2}$ が成立する．

そこでまず，$\frac{\theta}{2-\theta^2} < \phi < \theta$（領域 II）を考察する．この場合，$\delta < 0$ となり，安定性の条件は $\eta < \eta_L$ で与えられる．補題 7 により，$\eta_c > \eta_L$ が成立する．よって，R&D 投資競争における安定性が保証されれば，$\eta < \eta_c$ が成り立つことが分かった．したがって，最適な z_i は負であるのに対し，最適な s_i は $2\alpha - \theta\Delta < 0$ より正となる．

次に，$\phi < \frac{\theta}{2-\theta^2} \Leftrightarrow \delta > 0$（領域 III および IV）を考察する．この場合，安定性の条件は $\eta < \eta_S$ である．補題 7 から，$\eta_S > \eta_c$ が成立する．そこで，次の関係が成立ことになる．

$$s_i \gtrless 0 \quad\Leftrightarrow\quad 2\sigma^2\delta^2(4-\theta^2) - \theta(2\alpha - \theta\Delta) \gtrless 0 \quad\Leftrightarrow\quad \eta \lesseqgtr \frac{\theta^2(4-\theta^2)}{2\psi} \equiv \eta_d. \tag{45b'}$$

ただし，ψ は式 (45b) の下で定義されており，$\phi < \frac{\theta}{2-\theta^2}$（$< \theta$）の仮定から正となる．さらに，$\eta_d > \eta_c$ および $\eta_d \gtrless \eta_S \Leftrightarrow \phi \lesseqgtr \frac{\theta^2}{4-2\theta-\theta^2}$ が成立することになる[20]．

20）これらの関係を導出するにはまず，$\eta_d - \eta_c = \frac{\theta(4-\theta^2)}{2\lambda\psi(\theta-\phi)}\delta^2 > 0$ を計算する．さらに，$\eta_d - \eta_S = \frac{(4-\theta^2)(\theta^2-\phi(4-2\theta-\theta^2))}{2\psi\lambda(1-\phi)}\delta \gtrless 0 \Leftrightarrow \phi \lesseqgtr \frac{\theta^2}{4-2\theta-\theta^2}$ を導くとよい．

こんどは，$\frac{\theta^2}{4-2\theta-\theta^2} < \phi < \frac{\theta}{2-\theta^2}$（領域 III）を検討する．そこでまず，$\eta_c < \eta_d < \eta_S$ を得る．ゆえに，$\eta \in (\eta_d, \eta_S)$ に対して，最適な s_i は負となり，最適な z_i は正となる．次に，$\eta \in (\eta_c, \eta_d)$ に対して，最適な s_i および最適な z_i はともに正となる．そして，$\eta \in (0, \eta_c)$ に対しては，最適な z_i は負となるが，最適な s_i は正となる．

最後に，$\phi < \frac{\theta^2}{4-2\theta-\theta^2}$（領域 IV）を扱う．このとき，$\eta_S < \eta_d$ であるので，安定性条件 $\eta < \eta_S$ を満たすすべての η に対して，最適な s_i は正である．しかしながら，$\eta \in (\eta_c, \eta_S)$ に対して，最適な z_i は正であるが，$\eta \in (0, \eta_c)$ に対しては負となる．

以上の考察から，ベルトラン競争の下での最適な貿易および R&D 政策の組合せについて，結果をまとめると次の命題が得られる．

命題 3 線形の需要関数と２次のＲ＆Ｄ費用関数を仮定するベルトラン型価格競争のモデルでは，(*a*) スピルオーバーの効果が十分に小さい（$\phi < \frac{\theta^2}{4-2\theta-\theta^2}$）場合，輸出国の最適なＲ＆Ｄ政策は常にＲ＆Ｄ補助金であるが，最適な貿易政策は（*i*）$\eta \in (0, \eta_c)$ に対して輸出税，(*ii*) $\eta \in (\eta_c, \eta_d)$ に対して輸出補助金となる．(*b*) スピルオーバーの効果が中程度（$\frac{\theta^2}{4-2\theta-\theta^2} < \phi < \frac{\theta}{2-\theta^2}$）の場合，輸出国の最適な貿易およびＲ＆Ｄ政策は（*i*）$\eta \in (0, \eta_c)$ に対して輸出税とＲ＆Ｄ補助金，(*ii*) $\eta \in (\eta_c, \eta_d)$ に対して輸出補助金とＲ＆Ｄ補助金，(*iii*) $\eta \in (\eta_d, \eta_S)$ に対して輸出補助金とＲ＆Ｄ課税となる．(*c*) スピルオーバーの効果が十分に大きい ($\phi > \frac{\theta}{2-\theta^2}$)，輸出税とＲ＆Ｄ補助金が常に最適な組合せになる．

輸出国政府にとって，貿易政策が唯一の政策介入手段である場合，補論 B.2 で示されるように，最適な輸出補助金率は次式で与えられる．

$$z_i = \frac{(2\alpha - \theta\Delta)\,\theta\Delta + \alpha^2(4-\theta^2)}{\gamma(4-\theta^2)^2\left((2-\theta^2)\,\Delta + \alpha\theta\right)}\widehat{q}^i. \tag{46a}$$

上式において，分子は $(2\alpha - \theta\Delta)\,\theta\Delta + \alpha^2(4-\theta^2) = (\alpha + \Delta\theta)^2 + (3-\theta^2)\,\alpha^2 - 2\Delta^2\theta^2$ と変形される．最初の 2 項は正であり，輸出補助金のインセンティヴをもたらす．そこで，第 3 項が支配的であれば，輸出税が最適な政策となる．

R&D 政策のみが利用可能である場合，補論 B.2 で示されるとおり，最適な R&D 補助金率は

$$s_i = \frac{4\sigma^2\delta^2}{\Delta(4-\theta^2)}\sigma\lambda\widehat{q}^i > 0 \tag{47b}$$

となる．これまでの分析を要約すれば，次の命題が成立する．

命題 4 線形の需要関数と２次のＲ＆Ｄ費用関数を仮定するベルトラン型価格競争のモデルにおいて，輸出国にとって貿易政策が唯一の政策介入手段であれば，製品間の代替性，スピルオーバーの程度，そしてＲ＆Ｄ投資の効率性の３つのパラメータに応じて，輸出補助金ないし輸出税のいずれかが最適な政策となり得る．しかし，Ｒ＆Ｄ政策しか利用できない状況下では，３つのパラメータの大きさに関係なく，Ｒ＆Ｄ補助金が最適な政策となる．

4　おわりに

本稿では，第 3 国市場において自国および外国企業がクールノー型数量競争ないしベルトラン型価格競争を行なう前に各企業が戦略的な R&D 投資を実行し，その成果がライバル企業にスピルオーバーするような貿易モデルを考察した．各国政府が企業間の 2 段階の競争の前に，輸出補助金と R&D 投資補助金を供与する場合，それらの最適性はモデルの構造パラメータに大きく依存することが明らかにされた．また，輸出補助金のみが利用可能な政策手段である状況においても，ベルトラン競争の場合にのみ，その最適性が構造パラメータの影響を受けることが判明した．

輸出補助金の使用が GATT/WTO の規制により認められない場合，R&D 投資補助金が製品差別化やスピルオーバーの程度，投資の効率性とは関係なく，クールノー競争とベルトラン競争の両方において最適となることが示された．したがって，Brander (1995) の示唆は妥当なものであると確認された．

本稿のモデルでは，政府は企業間の 2 段階にわたる寡占競争の前に，政策変数についてコミットメントできるという制限的な仮定がおかれている．また，寡占企業が投資水準や産出量などの戦略を選択するタイミングについてさまざまなパターンを想定した分析も必要であろう．したがって，Leahy and Neary (1996, 1999) にならい，将来の政策や戦略についての不完全なコミットメントや動学的な行動様式の下での分析への拡張が今後の課題であろう．

補論 A: クールノー競争の下での最適政策の導出

A.1 一般的なモデル

社会的厚生最大化の 1 階条件は以下のように書かれる．

$$W^i_{z_i} = \pi^i_{q_i}\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} + \pi^i_{q_j}\frac{d\widehat{q}^j}{dz_i} + \pi^i_{x_i}\widehat{x}^i_{z_i} + \pi^i_{x_j}\widehat{x}^j_{z_i} = 0, \tag{A1a}$$

$$W^i_{s_i} = \pi^i_{q_i}\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} + \pi^i_{q_j}\frac{d\widehat{q}^j}{ds_i} + \pi^i_{x_i}\widehat{x}^i_{s_i} + \pi^i_{x_j}\widehat{x}^j_{s_i} = 0. \tag{A1b}$$

ただし，上式において，

$$\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} \equiv \widehat{q}^i_{x_i}\widehat{x}^i_{z_i} + \widehat{q}^i_{x_j}\widehat{x}^j_{z_i} + \widehat{q}^i_{z_i}, \qquad \frac{d\widehat{q}^j}{dz_i} \equiv \widehat{q}^j_{x_i}\widehat{x}^i_{z_i} + \widehat{q}^j_{x_j}\widehat{x}^j_{z_i} + \widehat{q}^j_{z_i}, \tag{A2a}$$

$$\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} \equiv \widehat{q}^i_{x_i}\widehat{x}^i_{s_i} + \widehat{q}^i_{x_j}\widehat{x}^j_{s_i}, \qquad \frac{d\widehat{q}^j}{ds_i} \equiv \widehat{q}^j_{x_i}\widehat{x}^i_{s_i} + \widehat{q}^j_{x_j}\widehat{x}^j_{s_i}. \tag{A2b}$$

利潤最大化の 1 階条件 (2) および (4)，つまり，$\pi^i_{q_i} = -z_i$ および $\pi^i_{x_i} = -\pi^i_{q_j}\widehat{q}^j_{x_i} - s_i$ から，厚生最大化の 1 階条件 (A1) はそれぞれ次にように書き直される．

$$W^i_{z_i} = -z_i \frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} - s_i \widehat{x}^i_{z_i} + \pi^i_{q_j}\left(\frac{d\widehat{q}^j}{dz_i} - \widehat{q}^j_{x_i}\widehat{x}^i_{z_i}\right) + \pi^i_{x_j}\widehat{x}^j_{z_i} = 0, \tag{A3a}$$

$$W^i_{s_i} = -z_i \frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} - s_i \widehat{x}^i_{s_i} + \pi^i_{q_j}\left(\frac{d\widehat{q}^j}{ds_i} - \widehat{q}^j_{x_i}\widehat{x}^i_{s_i}\right) + \pi^i_{x_j}\widehat{x}^j_{s_i} = 0. \tag{A3b}$$

２つの式 (A3) の中の $d\widehat{q}^j/dz_i$ および $d\widehat{q}^j/ds_i$ に式 (A2) を代入し，$\widehat{\pi}^i_{x_j} = \pi^i_{q_j}\widehat{q}^j_{x_j} + \pi^i_{x_j}$ をもちいると，上の１階条件は次のように簡単化される．

$$-z_i \frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} + \widehat{\pi}^i_{x_j}\widehat{x}^j_{z_i} + \pi^i_{q_j}\widehat{q}^j_{z_i} - s_i \widehat{x}^i_{z_i} = 0, \tag{A4a}$$

$$-z_i \frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} + \widehat{\pi}^i_{x_j}\widehat{x}^j_{s_i} - s_i \widehat{x}^i_{s_i} = 0. \tag{A4b}$$

式 (A4b) の中に $d\widehat{q}^i/ds_i = (\widehat{q}^i_{x_i} + \widehat{q}^i_{x_j}R^j_{x_i})\widehat{x}^i_{s_i}$ を代入し，$\widehat{x}^j_{s_i}/\widehat{x}^i_{s_i} = R^j_{x_i}$ を利用すれば，式 (12b) を得る．これを式 (A4a) に代入し，$d\widehat{q}^i/dz_i = \widehat{q}^i_{x_i}\widehat{x}^i_{z_i} + \widehat{q}^i_{x_j}\widehat{x}^j_{z_i} + \widehat{q}^i_{z_i}$ をもちいると，次の式を得る．

$$z_i = \frac{\pi^i_{q_j}\widehat{q}^j_{z_i} + \widehat{\pi}^i_{x_j}(\widehat{x}^j_{z_i} - \widehat{x}^i_{z_i}R^j_{x_i})}{\widehat{q}^i_{z_i} + \widehat{q}^i_{x_j}(\widehat{x}^j_{z_i} - \widehat{x}^i_{z_i}R^j_{x_i})}. \tag{A5}$$

そこで, 式 (A5) の分子と分母の両方にある項 $\widehat{x}^j_{z_i} - \widehat{x}^i_{z_i}R^j_{x_i}$ を求める．式 (10), $R^i_{x_j} = -\widehat{\pi}^i_{x_i x_j}/\widehat{\pi}^i_{x_i x_i}$, $R^j_{x_i} = -\widehat{\pi}^j_{x_j x_i}/\widehat{\pi}^j_{x_j x_j}$，そして $1 - R^i_{x_j}R^j_{x_i} = \widetilde{D}$ から，$\widehat{x}^j_{z_i} - \widehat{x}^i_{z_i}R^j_{x_i} = R^j_{z_i}(1 - R^j_{x_i}R^i_{x_j})/\widetilde{D} = R^j_{z_i}$ が成立する．したがって，最適な輸出補助金率は式 (12a) の通りである．

A.2 線形の需要関数・2 次の R&D 費用関数モデル

線形の需要関数と 2 次の R&D 投資費用関数のクールノー・モデルにおいて，厚生最大化の 1 階条件は $W^i_{z_i} = 2b\widehat{q}^i \frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} - \gamma\widehat{x}^i\widehat{x}^i_{z_i} - z_i\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} - \widehat{q}^i = 0$ および $W^i_{s_i} = 2b\widehat{q}^i\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} - \gamma\widehat{x}^i\widehat{x}^i_{s_i} - z_i\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} = 0$ で与えられる．式 (27) あるいは，これを同値変形した $\gamma\widehat{x}^i = \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{q}^i + s_i$ をもちると，1 階条件は

$$W^i_{z_i} = 2b\widehat{q}^i\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} - \left(\frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{q}^i + s_i\right)\widehat{x}^i_{z_i} - z_i\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} - \widehat{q}^i = 0, \tag{A6a}$$

$$W^i_{s_i} = 2b\widehat{q}^i\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} - \left(\frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{q}^i + s_i\right)\widehat{x}^i_{s_i} - z_i\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} = 0 \tag{A6b}$$

となる．これらを行列方程式で表すと，次のようになる．

$$\begin{bmatrix} \widehat{x}^i_{z_i} & \frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} \\ \widehat{x}^i_{s_i} & \frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} s_i \\ z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2b\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} - \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{x}^i_{z_i} - 1 \\ 2b\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} - \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{x}^i_{s_i} \end{bmatrix}\widehat{q}^i. \tag{A7}$$

係数行列の行列式は $\begin{vmatrix} \widehat{x}^i_{z_i} & \frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} \\ \widehat{x}^i_{s_i} & \frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} \end{vmatrix} = -\frac{(4-\theta^2)(2\Delta+\alpha\theta)}{\Delta^2-\alpha^2}$ である．そこで，$2b\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} - \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{x}^i_{z_i} = \frac{2(2\Delta+\alpha\theta)\Delta}{(4-\theta^2)(\Delta^2-\alpha^2)}$ および $2b\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} - \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{x}^i_{s_i} = \frac{4\lambda\beta\sigma^3\delta^2}{(4-\theta^2)(\Delta^2-\alpha^2)}$ を代入し，クラメールの公式を上の行列方程式に適用すれば，式 (33) で表される最適な輸出補助金率と R&D 補助金率が導かれる．

輸出国政府にとって利用可能な政策手段が 1 つしかない場合，各単一政策の満たすべき厚生最大化の 1 階条件はそれぞれ

$$W^i_{z_i}\big|_{s_i=0} = \left(2b\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} - \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{x}^i_{z_i} - 1\right)\widehat{q}^i - z_i\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} = 0, \tag{A8a}$$

$$W^i_{s_i}\big|_{z_i=0} = \left(2b\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} - \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{x}^i_{s_i}\right)\widehat{q}^i - s_i\widehat{x}^i_{s_i} = 0 \tag{A8b}$$

で与えられる．式 (A8a) からは，$z_i\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} = (2b\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} - \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{x}^i_{z_i} - 1)\widehat{q}^i$ が導かれる．これに比較静学の結果（補論 C.3 および C.4）を代入すれば，最適な輸出補助金率が式 (35a) で与えられることが分かる．

他方，1 階条件 (A8b) を s_i について解くと，$s_i = (2b\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i}/\widehat{x}^i_{s_i} - \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2})\widehat{q}^i$ となる．これに比較静学の結果（補論 C.3 および C.4）を代入すれば，最適な R&D 補助金率 (35b) が得られる．

補論 B: ベルトラン競争の下での最適政策の導出

B.1 一般的なモデル

社会的厚生最大化の 1 階条件は以下のように書かれる．

$$W^i_{z_i} = \pi^i_{p_i}\frac{d\widehat{p}^i}{dz_i} + \pi^i_{p_j}\frac{d\widehat{p}^j}{dz_i} + \pi^i_{x_i}\widehat{x}^i_{z_i} + \pi^i_{x_j}\widehat{x}^j_{z_i} = 0, \tag{B1a}$$

$$W^i_{s_i} = \pi^i_{p_i}\frac{d\widehat{p}^i}{ds_i} + \pi^i_{p_j}\frac{d\widehat{p}^j}{ds_i} + \pi^i_{x_i}\widehat{x}^i_{s_i} + \pi^i_{x_j}\widehat{x}^j_{s_i} = 0. \tag{B1b}$$

のちの分析のために，$\widehat{x}^j_{s_i} = R^j_{x_i}\widehat{x}^i_{s_i}$ をもちいて，以下の式を導出しておく．

$$\frac{d\widehat{p}^i}{dz_i} = \widehat{p}^i_{x_i}\widehat{x}^i_{z_i} + \widehat{p}^i_{x_j}\widehat{x}^j_{z_i} + \widehat{p}^i_{z_i}, \qquad \frac{d\widehat{p}^j}{dz_i} = \widehat{p}^j_{x_i}\widehat{x}^i_{z_i} + \widehat{p}^j_{x_j}\widehat{x}^j_{z_i} + \widehat{p}^j_{z_i}, \tag{B2a}$$

$$\frac{d\widehat{p}^i}{ds_i} = (\widehat{p}^i_{x_i} + \widehat{p}^i_{x_j}R^j_{x_i})\widehat{x}^i_{s_i}, \qquad \frac{d\widehat{p}^j}{ds_i} = (\widehat{p}^j_{x_i} + \widehat{p}^j_{x_j}R^j_{x_i})\widehat{x}^i_{s_i}. \tag{B2b}$$

各ステージにおける利潤最大化の 1 階条件 $\pi^i_{p_i} + z_i q^i_{p_i} = 0$ および $(\pi^i_{p_j} + z_i q^i_{p_j})\widehat{p}^j_{x_i} + \pi^i_{x_i} + s_i = 0$，そして，$d\widehat{p}^j/dz_i - \widehat{p}^j_{x_j}\widehat{x}^j_{z_i} = \widehat{p}^j_{x_i}\widehat{x}^j_{z_i} + \widehat{p}^j_{z_i}$ および $d\widehat{p}^j/ds_i - \widehat{p}^j_{x_i}\widehat{x}^i_{s_i} = \widehat{p}^j_{x_j}\widehat{x}^j_{s_i}$ から，社会的厚生最大化の 1 階条件は次のように簡単化される．

$$W^i_{z_i} = -z_i\left(q^i_{p_i}\frac{d\widehat{p}^i}{dz_i} + q^i_{p_j}\widehat{p}^j_{x_i}\widehat{x}^i_{z_i}\right) + \pi^i_{p_j}\widehat{p}^j_{x_i}\widehat{x}^j_{z_i} + \pi^i_{p_j}\widehat{p}^j_{z_i} - s_i\widehat{x}^i_{z_i} = 0, \tag{B1a$'$}$$

$$W^i_{s_i} = -z_i\left(q^i_{p_i}\frac{d\widehat{p}^i}{ds_i} + q^i_{p_j}\widehat{p}^j_{x_i}\widehat{x}^i_{s_i}\right) + (\pi^i_{p_j}\widehat{p}^j_{x_j} + \pi^i_{x_j})\widehat{x}^j_{s_i} - s_i\widehat{x}^i_{s_i} = 0. \tag{B1b$'$}$$

式 (18) あるいは，これと同値な $\pi^i_{q_j}\widehat{q}^j_{x_j} + \pi^i_{x_j} = -z_i q^i_{p_j}\widehat{p}^j_{x_j}$ をもちいると，上の 1 階条件はさらに以下のように簡単化される．

$$-z_i\left(q^i_{p_i}\frac{d\widehat{p}^i}{dz_i} + (\widehat{p}^j_{x_i}\widehat{x}^i_{z_i} + \widehat{p}^j_{x_j}\widehat{x}^j_{z_i})q^i_{p_j}\right) + \widehat{\pi}^i_{x_j}\widehat{x}^j_{z_i} + \pi^i_{p_j}\widehat{p}^j_{z_i} - s_i\widehat{x}^i_{z_i} = 0, \tag{B1a$''$}$$

$$-z_i\left(q^i_{p_i}\frac{d\widehat{p}^i}{ds_i} + (\widehat{p}^j_{x_i}\widehat{x}^i_{s_i} + \widehat{p}^j_{x_j}\widehat{x}^j_{s_i})q^i_{p_j}\right) + \widehat{\pi}^i_{x_j}\widehat{x}^j_{s_i} - s_i\widehat{x}^i_{s_i} = 0. \tag{B1b$''$}$$

ここで，$q^i_{p_i}\frac{d\widehat{p}^i}{dz_i} + (\widehat{p}^j_{x_i}\widehat{x}^i_{z_i} + \widehat{p}^j_{x_j}\widehat{x}^j_{z_i})q^i_{p_j} = q^i_{p_i}\frac{d\widehat{p}^i}{dz_i} + q^i_{p_j}\frac{d\widehat{p}^j}{dz_i} \equiv \frac{d\widehat{q}^i}{dz_i}$ および $q^i_{p_i}\frac{d\widehat{p}^i}{ds_i} + (\widehat{p}^j_{x_i}\widehat{x}^i_{s_i} + \widehat{p}^j_{x_j}\widehat{x}^j_{s_i})q^i_{p_j} = q^i_{p_i}\frac{d\widehat{p}^i}{ds_i} + q^i_{p_j}\frac{d\widehat{p}^j}{ds_i} \equiv \frac{d\widehat{q}^i}{ds_i}$ のように定義できるので，社会的厚生最大化の 1 階条件は最終的に以下の

ように縮約される.

$$-z_i\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i}+\widehat{\pi}^i_{x_j}\widehat{x}^j_{z_i}+\pi^i_{p_j}\widehat{p}^j_{z_i}-s_i\widehat{x}^i_{z_i}=0, \tag{B3a}$$

$$-z_i\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i}+\widehat{\pi}^i_{x_j}\widehat{x}^j_{s_i}-s_i\widehat{x}^i_{s_i}=0. \tag{B3b}$$

式 (B3b) を変形すると，$s_i=-z_i\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i}/\widehat{x}^i_{s_i}+\widehat{\pi}^i_{x_j}\widehat{x}^j_{s_i}/\widehat{x}^i_{s_i}$ となる．そこで，$R^j_{x_i}=-\widehat{\pi}^j_{x_jx_i}/\widehat{\pi}^j_{x_jx_j}=\widehat{x}^j_{s_i}/\widehat{x}^i_{s_i}$ という関係を利用すると，

$$s_i=-z_i\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i}/\widehat{x}^i_{s_i}+\widehat{\pi}^i_{x_j}R^j_{x_i} \tag{B4}$$

が導かれる.

次に，式 (B4) を式 (B3a) に代入し，それを z_i について解くと，

$$z_i=\frac{\pi^i_{p_j}\widehat{p}^j_{z_i}+(\widehat{x}^j_{z_i}-\widehat{x}^i_{z_i}R^j_{x_i})\widehat{\pi}^i_{x_j}}{d\widehat{q}^i/dz_i-(d\widehat{q}^i/ds_i)(\widehat{x}^i_{z_i}/\widehat{x}^i_{s_i})}. \tag{B5}$$

クールノー競争の場合と同様に，式 (B3b) の右辺の分母は $d\widehat{q}^i/dz_i-(d\widehat{q}^i/ds_i)(\widehat{x}^i_{z_i}/\widehat{x}^i_{s_i})=q^i_{p_i}\frac{d\widehat{p}^i}{dz_i}+q^i_{p_j}\frac{d\widehat{p}^j}{dz_i}-(q^i_{p_i}\frac{d\widehat{p}^i}{ds_i}+q^i_{p_j}\frac{d\widehat{p}^j}{ds_i})(\widehat{x}^i_{z_i}/\widehat{x}^i_{s_i})=q^i_{p_i}(\frac{d\widehat{p}^i}{dz_i}-\frac{d\widehat{p}^i}{ds_i}(\widehat{x}^i_{z_i}/\widehat{x}^i_{s_i}))+q^i_{p_j}(\frac{d\widehat{p}^j}{dz_i}-\frac{d\widehat{p}^j}{ds_i}(\widehat{x}^i_{z_i}/\widehat{x}^i_{s_i}))=q^i_{p_i}\widehat{p}^i_{z_i}+q^i_{p_j}\widehat{p}^j_{z_i}+(q^i_{p_i}\widehat{p}^i_{x_j}+q^i_{p_j}\widehat{p}^j_{x_j})(\widehat{x}^j_{z_i}-\widehat{x}^i_{z_i}R^j_{x_i})=\widehat{q}^i_{z_i}+(\widehat{x}^j_{z_i}-\widehat{x}^i_{z_i}R^j_{x_i})\widehat{q}^i_{x_j}$ と変形される．ただし，$\widehat{q}^i_{z_i}\equiv q^i_{p_i}\widehat{p}^i_{z_i}+q^i_{p_j}\widehat{p}^j_{z_i}$ および $\widehat{q}^i_{x_j}\equiv q^i_{p_i}\widehat{p}^i_{x_j}+q^i_{p_j}\widehat{p}^j_{x_j}$ という関係をもちいている.

こんどは，式 (B5) の右辺の分子と分母の両方に現われている，$\widehat{x}^j_{z_i}-\widehat{x}^i_{z_i}R^j_{x_i}$ を簡単化する．式 (15)，$R^i_{x_j}=-\widehat{\pi}^i_{x_ix_j}/\widehat{\pi}^i_{x_ix_i}$，$R^j_{x_i}=-\widehat{\pi}^j_{x_jx_i}/\widehat{\pi}^j_{x_jx_j}$，および $1-R^i_{x_j}R^j_{x_i}=\widetilde{D}$ から，$\widehat{x}^j_{z_i}-\widehat{x}^i_{z_i}R^j_{x_i}=R^j_{z_i}(1-R^j_{x_i}R^i_{x_j})/\widetilde{D}=R^j_{z_i}$ が導かれるので，これより直ちに，式 (21) が得られる.

最後に，式 (B4) から最適な s_i を導く．式 (B4) の右辺第1項の係数は $\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i}/\widehat{x}^i_{s_i}=(q^i_{p_i}\frac{d\widehat{p}^i}{ds_i}+q^i_{p_j}\frac{d\widehat{p}^j}{ds_i})/\widehat{x}^i_{s_i}=(q^i_{p_i}\widehat{x}^i_{s_i}(\widehat{p}^i_{x_i}+\widehat{p}^i_{x_j}R^j_{x_i})+q^i_{p_j}\widehat{x}^i_{s_i}(\widehat{p}^j_{x_i}+\widehat{p}^j_{x_j}R^j_{x_i}))/\widehat{x}^i_{s_i}=q^i_{p_i}\widehat{p}^i_{x_i}+q^i_{p_j}\widehat{p}^j_{x_i}+(q^i_{p_i}\widehat{p}^i_{x_j}+q^i_{p_j}\widehat{p}^j_{x_j})R^j_{x_i}=\widehat{q}^i_{x_i}+\widehat{q}^i_{x_j}R^j_{x_i}$ となる．したがって，$s_i=-z_i(\widehat{q}^i_{x_i}+\widehat{q}^i_{x_j}R^j_{x_i})+\widehat{\pi}^i_{x_j}R^j_{x_i}$ が導出され，クールノー競争のものと同じ形をもつことが分かる.

B.2 線形の需要関数・2次の R&D 費用関数モデル

線形の需要関数および2次の R&D 費用関数を仮定すると，厚生最大化の1階条件は $W^i_{z_i}=2b(1-\theta^2)\widehat{q}^i\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i}-\gamma\widehat{x}^i\widehat{x}^i_{z_i}-z_i\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i}-\widehat{q}^i=0$ および $W^i_{s_i}=2b(1-\theta^2)\widehat{q}^i\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i}-\gamma\widehat{x}^i\widehat{x}^i_{s_i}-z_i\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i}=0$ となる．式 (44) あるいは，それと同値式の $\gamma\widehat{x}^i=\frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{q}^i+s_i$ をもちいれば，1階条件は次のように変形される.

$$W^i_{z_i}=2b(1-\theta^2)\widehat{q}^i\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i}-\left(\frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{q}^i+s_i\right)\widehat{x}^i_{z_i}-z_i\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i}-\widehat{q}^i=0, \tag{B6a}$$

$$W^i_{s_i}=2b(1-\theta^2)\widehat{q}^i\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i}-\left(\frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{q}^i+s_i\right)\widehat{x}^i_{s_i}-z_i\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i}=0. \tag{B6b}$$

これらを行列方程式の形で表現すれば，次式を得る.

$$\begin{bmatrix} \widehat{x}^i_{z_i} & \frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} \\ \widehat{x}^i_{s_i} & \frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_i \\ z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2b(1-\theta^2)\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} - \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{x}^i_{z_i} - 1 \\ 2b(1-\theta^2)\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} - \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{x}^i_{s_i} \end{bmatrix} \widehat{q}^i. \tag{B7}$$

係数行列の行列式は $\begin{vmatrix} \widehat{x}^i_{z_i} & \frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} \\ \widehat{x}^i_{s_i} & \frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} \end{vmatrix} = -\frac{(4-\theta^2)((2-\theta^2)\Delta+\alpha\theta)}{\Delta^2-\alpha^2}$ となる．ここで，比較静学の結果を代入することによって，$2b(1-\theta^2)\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} - \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{x}^i_{z_i} = \frac{2((2-\theta^2)\Delta+\alpha\theta)\Delta}{(4-\theta^2)(\Delta^2-\alpha^2)}$ および $2b(1-\theta^2)\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} - \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{x}^i_{s_i} = \frac{4\lambda\beta \quad \sigma^3\delta^2}{(4-\theta^2)(\Delta^2-\alpha^2)}$ が成り立つ．よって，式 (B7) にクラメールの公式を適用すると，最適政策の組合せは式 (44) で与えられる．

最後に，利用可能な政策手段がそれぞれ 1 つのみの場合の最適補助金率を導出する．この場合，輸出補助金および R&D 補助金についての社会的厚生最大化の 1 階条件はそれぞれ，

$$W^i_{z_i}\big|_{s_i=0} = \left(2b(1-\theta^2)\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} - \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{x}^i_{z_i} - 1\right)\widehat{q}^i - z_i\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} = 0, \tag{B8a}$$

$$W^i_{s_i}\big|_{z_i=0} = \left(2b(1-\theta^2)\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} - \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{x}^i_{s_i}\right)\widehat{q}^i - s_i\widehat{x}^i_{s_i} = 0. \tag{B8b}$$

式 (B8a) から，$z_i\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} = \left(2b(1-\theta^2)\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} - \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\widehat{x}^i_{z_i} - 1\right)\widehat{q}^i$ が得られる．これに比較静学の結果（脚注 17 および 19）を代入すれば，最適な輸出補助金率が式 (46a) の形で導出される．

こんどは式 (B8b) を s_i について解くと，$s_i = \left(2b(1-\theta^2)\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i}/\widehat{x}^i_{s_i} - \frac{2\sigma\lambda}{4-\theta^2}\right)\widehat{q}^i$ となる．これに比較静学の結果（脚注 17 および 19）を代入して整理すれば，式 (47b) で与えられる最適な R&D 補助金率が導かれる．

補論 C: 補題等の証明

C.1 式 (29) の導出および補題 2 の証明

式 $\widehat{\pi}^i_{x_ix_i} = -\frac{\Delta}{\beta}$ および $\widehat{\pi}^i_{x_ix_j} = -\frac{\alpha}{\beta}$ から，R&D 投資競争における安定性の条件は $\widehat{D} \equiv \widehat{\pi}^i_{x_ix_i}\widehat{\pi}^j_{x_jx_j} - \widehat{\pi}^i_{x_ix_j}\widehat{\pi}^j_{x_jx_i} > 0 = \frac{\Delta^2-\alpha^2}{\beta^2} > 0 \Leftrightarrow \Delta^2 - \alpha^2 > 0 \Leftrightarrow (\alpha+\Delta)(\alpha-\Delta) < 0$ と書ける．Δ は正であるのに対し，α が正ないし負の値をとり得ることに注意すれば，安定性の条件は $-\Delta < \alpha < \Delta$ の形で表現できる．

さらに，$\alpha \equiv 2\sigma^2\lambda\delta$，$\beta \equiv b(4-\theta^2)^2 > 0$，および $\Delta \equiv \beta\gamma - 2\sigma^2\lambda^2 > 0$ をもちいると，安定性の条件 $-\Delta < \alpha < \Delta$ は以下のように同値変形される．$-b\gamma(4-\theta^2)^2 + 2\sigma^2\lambda^2 < 2\sigma^2\lambda\delta < b\gamma(4-\theta^2)^2 - 2\sigma^2\lambda^2 \Leftrightarrow -(4-\theta^2)^2 + 2\eta\lambda(\lambda-\delta) < 0 < (4-\theta^2)^2 - 2\eta\lambda(\lambda+\delta)$．ここで $\lambda \equiv 2 - \theta\phi > 0$ と $\delta \equiv \theta - 2\phi \gtrless 0 \Leftrightarrow \phi \lessgtr \frac{1}{2}\theta$ から，最初の不等式は $\eta < \frac{(2+\theta)(4-\theta^2)}{2\lambda(1+\phi)} \equiv \eta_L$ となり，2 番目の不等式は $\eta < \frac{(2-\theta)(4-\theta^2)}{2\lambda(1-\phi)} \equiv \eta_S$ となることが分かる．今，次の関係が導かれる．

$$\eta_L - \eta_S = \frac{(\theta-2\phi)(4-\theta^2)}{\lambda(1-\phi^2)} \gtrless 0 \Leftrightarrow \phi \lessgtr \frac{1}{2}\theta.$$

これにより，安定性の条件は (i) $\eta < \frac{(2-\theta)(4-\theta^2)}{2\lambda(1-\phi)} \equiv \eta_S$（スピルオーバー効果が小さい場合，$\phi < \frac{1}{2}\theta$）または (ii) $\eta < \frac{(2+\theta)(4-\theta^2)}{2\lambda(1+\phi)} \equiv \eta_L$（スピルオーバー効果が大きい場合，$\phi > \frac{1}{2}\theta$）となる．

R&D 投資競争における利潤最大化の２階の条件は $\eta < \frac{(4-\theta^2)^2}{2\lambda^2} \equiv \overline{\eta}$ で与えられる．そこで，以下の関係が得られることになる．

$$\eta_L - \overline{\eta} = \frac{(4-\theta^2)(2+\theta)(\theta-2\phi)}{2\lambda^2(1+\phi)} \gtreqless 0 \Leftrightarrow \overline{\eta} - \eta_S = \frac{(4-\theta^2)(2-\theta)(\theta-2\phi)}{2\lambda^2(1-\phi)} \gtreqless 0 \Leftrightarrow \phi \lesseqgtr \frac{1}{2}\theta.$$

したがって，$\phi < \frac{1}{2}\theta$ であれば，不等式 $\eta_S < \overline{\eta} < \eta_L$ が成立する．この場合，安定性の条件は $\eta < \eta_S$ である．よって，安定性の条件が満たされると，２階の条件も満たされることになる．他方，$\phi > \frac{1}{2}\theta$ の場合，$\eta_L < \overline{\eta} < \eta_S$ となる． この場合も安定性の条件 $\eta < \eta_L$ が満たされれば，２階の条件も成り立つ．

C.2 補題 3 の証明

まず，$\eta_a - \overline{\eta} = \frac{(4-\theta^2)(\theta-2\phi)}{\lambda^2\phi} \gtreqless 0 \Leftrightarrow \eta_a - \eta_L = \frac{(4-\theta^2)(\theta-2\phi)}{2\lambda\phi(1+\phi)} \gtreqless 0 \Leftrightarrow \phi \lesseqgtr \frac{1}{2}\theta$ が得られる．これと補論 C.1 で得られた関係 $\eta_S \lesseqgtr \overline{\eta} \lesseqgtr \eta_L \Leftrightarrow \phi \lesseqgtr \frac{1}{2}\theta$ とを結びつければよい．

C.3 補題 4 の証明

式 (30) を偏微分すると，$\widehat{x}^i_{z_i} = \frac{2\sigma\lambda(2\Delta+\alpha\theta)}{\Delta^2-\alpha^2} > 0$，$\widehat{x}^i_{z_j} = -\frac{2\sigma\lambda(\theta\Delta+2\alpha)}{\Delta^2-\alpha^2} \lesseqgtr 0 \Leftrightarrow \eta \lesseqgtr \eta_a$，$\widehat{x}^i_{s_i} = \frac{\beta\Delta}{\Delta^2-\alpha^2} > 0$，そして $\widehat{x}^i_{s_j} = -\frac{\alpha\beta}{\Delta^2-\alpha^2} \lesseqgtr 0 \Leftrightarrow \phi \lesseqgtr \frac{1}{2}\theta$ となる．

C.4 補題 5 の証明

式 (32) を偏微分すると，$\frac{d\widehat{q}^i}{dz_i} = \frac{\gamma(4-\theta^2)(2\Delta+\alpha\theta)}{\Delta^2-\alpha^2} > 0$，$\frac{d\widehat{q}^i}{dz_j} = -\frac{\gamma(4-\theta^2)(\theta\Delta+2\alpha)}{\Delta^2-\alpha^2} \lesseqgtr 0 \Leftrightarrow \eta \lesseqgtr \eta_a$，$\frac{d\widehat{q}^i}{ds_i} = \frac{\sigma\lambda(4-\theta^2)\left(\Delta+2\sigma^2\delta^2\right)}{\Delta^2-\alpha^2} > 0$，そして $\frac{d\widehat{q}^i}{ds_j} = -\frac{\sigma\delta\beta\gamma(4-\theta^2)}{\Delta^2-\alpha^2} \lesseqgtr 0 \Leftrightarrow \phi \lesseqgtr \frac{1}{2}\theta$ が得られる．

C.5 ベルトラン寡占下の R&D 投資競争における安定性の条件の導出

ベルトラン寡占下の R&D 投資競争における安定性の条件もまた，クールノー寡占の下でのそれと同様に，$-\Delta < \alpha < \Delta$ で与えられる．これに $\alpha \equiv 2\sigma^2\lambda\delta, \beta \equiv b(1-\theta^2)(4-\theta^2)^2 > 0$, そして $\Delta \equiv \beta\gamma - 2\sigma^2\lambda^2 > 0$ を代入すれば, $-b\gamma(1-\theta^2)(4-\theta^2)^2 + 2\sigma^2\lambda^2 < 2\sigma^2\lambda\delta < b\gamma(1-\theta^2)(4-\theta^2)^2 - 2\sigma^2\lambda^2$ $\Leftrightarrow -(1-\theta^2)(4-\theta^2)^2 + 2\eta\lambda(\lambda-\delta) < 0 < (1-\theta^2)(4-\theta^2)^2 - 2\eta\lambda(\lambda+\delta)$ となる．そこで，$\lambda \equiv 2-\theta^2-\theta\phi > 0$ および $\delta \equiv \theta - \phi(2-\theta^2) \Leftrightarrow \phi \lesseqgtr \frac{\theta}{2-\theta^2}$ をもちいると，安定性の条件の最初の不等式は $\eta < \frac{(1+\theta)(2-\theta)(4-\theta^2)}{2\lambda(1+\phi)} \equiv \eta_L$ となるのに対して，最後の不等式は $\eta < \frac{(1-\theta)(2+\theta)(4-\theta^2)}{2\lambda(1-\phi)} \equiv \eta_S$ と変形される．

C.6 補題 7 の証明

定義式 $\eta_S \equiv \frac{(1-\theta)(2+\theta)(4-\theta^2)}{2\lambda(1-\phi)}$，$\eta_c \equiv \frac{\theta(1-\theta^2)(4-\theta^2)}{2\lambda(\theta-\phi)}$，および $\eta_L \equiv \frac{(1+\theta)(2-\theta)(4-\theta^2)}{2\lambda(1+\phi)}$ から，これらの差をそれぞれ計算すると，次の関係が導かれる．

$$\eta_S-\eta_c=\frac{(1-\theta)(4-\theta^2)}{2\lambda(1-\phi)(\theta-\phi)}\delta \gtrless 0 \Leftrightarrow \eta_L-\eta_c=\frac{(1+\theta)(4-\theta^2)}{2\lambda(1+\phi)(\theta-\phi)}\delta \gtrless 0 \Leftrightarrow \delta \gtrless 0 \Leftrightarrow \phi \lessgtr \frac{\theta}{2-\theta^2}$$

参考文献

[1] d'Aspremont, Claude and Alexis Jacquemin, "Cooperative and Non-Cooperative R&D in Duopoly with Spillovers,," *American Economic Review* 78 (1988) :1133-1137.

[2] Brander, James A., "Strategic Trade Policy," in G. Grossman and K. Rogoff (eds.), *Handbook of International Economics, Vol.3,* Amsterdam: North-Holland (1995):1395-1455.

[3] Brander, James A. and Barbara J. Spencer, "Strategic Commitment with R&D: the Symmetric Case," *Bell Journal of Economics* 14 (1983):225-235.

[4] Brander, James A. and Barbara J. Spencer, "Export Subsidies and International Market Share Rivalry," *Journal of International Economics* 18 (1985):83-100.

[5] Dixit, Avinash K., "Comparative Statics for Oligopoly," *International Economic Review* 27 (1986):107-122.

[6] Eaton, Jonathan and Gene M. Grossman, "Optimal Trade and Industrial Policy under Oligopoly," *Quarterly Journal of Economics* 101 (1986):383-406.

[7] Kamien, Morton I., Muller, Eitan and Israel Zang, "Research Joint Ventures and R&D Cartels," *American Economic Review* 82 (1992) :1293-1306.

[8] Leahy, Dermot and J. Peter Neary, "International R&D Rivalry and Industrial Strategy without Government Commitment," *Review of International Economics* 4 (1996):322-338.

[9] Leahy, Dermot and J. Peter Neary, "Public Policy towards R&D in Oligopolistic Industries," *American Economic Review* 87 (1997):642-662.

[10] Leahy, Dermot and J. Peter Neary, "R&D Spillovers and the Case for Industrial Policy in an Open Economy," *Oxford Economic Paper* 51 (1999):40-59.

[11] Leahy, Dermot and J. Peter Neary, "Robust Rules for Industrial Policy in Open Economies," *Journal of International Trade and Economic Development* 10 (2001): 393-409.

[12] Maggi, Giovanni, "Strategic Trade Policies with Endogenous Mode of Competition," *American Economic Review* 86 (1996):237-258.

[13] Neary, J. Peter and Dermot Leahy, "Strategic Trade and Industrial Policy towards Dynamic Oligopolies," *Economic Journal* 110 (2000):484-508.

[14] Spencer, Barbara J. and James A. Brander, "International R&D Rivalry and Industrial Strategy," *Review of Economic Studies* 50 (1983):707-722.

[15] Suzumura, Kotaro, "Cooperative and Non-Cooperative R&D in an Oligopoly with Spillovers," *American Economic Review* 82 (1992):1307-1320.

[16] Ziss, Steffen, "Strategic R&D with Spillovers, Collusion and Welfare," *Journal of Industrial Economics* 42 (1994):375-393.