論　説

混合寡占市場の下での内生的タイミングの再考察

濱　田　弘　潤*

概 要

本論文は，混合寡占市場の下で公企業と私企業がそれぞれ，生産量を決定する時期を内生的に選択する状況を考察し，各企業の生産量決定の時期に関するサブゲーム完全均衡について再検討を行う．Pal (1998) により，混合寡占市場の下での生産量決定のタイミングが初めて内生的に分析された．それ以来多くの既存研究が，公企業と私企業の手番の内生化について研究を行っている．しかし Pal (1998) が導出した均衡結果に対して，その後 Jacques (2004) と Lu (2007) により，内生的タイミングの均衡に記載漏れが存在することが示されている．均衡の記載漏れが生じた理由は，内生的タイミングに関して起こり得る全てのケースを，網羅的・包括的に検討しなかったためである．本論文では，内生的タイミングで起こり得る全てのパターンを網羅的・包括的に分類した上で，各ケースで公企業と私企業がそれぞれ逸脱するか否かを分析し，全てのサブゲーム完全均衡を導出することを試みる．結論として以下の点が示される．第一に，私企業数が 1 社の場合の起こり得る全ての状況を記述し，私企業リーダーのシュタッケルベルク競争と，公企業が第 1 期，私企業が最終期を選択するシュタッケルベルク競争の 2 つが，サブゲーム完全均衡になることを確認する．第二に，私企業数が 2 社の場合の起こり得る全ての状況を記述し，全私企業が先手同時手番，公企業が後手番となる逐次手番競争のみがサブゲーム完全均衡になることを確認する．第三に，私企業数が一般的な N 社のケースで全私企業が同じタイミングを選択する対称均衡を考察し，起こり得る企業の逸脱を全て検討することにより，全私企業が先手同時手番，公企業が後手番となる逐次手番競争のみが，対称均衡における唯一のサブゲーム完全均衡となることを確認する．

Keywords: 混合寡占市場，内生的タイミング，シュタッケルベルク・リーダーとフォロワー，サブゲーム完全均衡

JEL classifications: D43, L13, L21, L33

* 住所：〒 950-2181 新潟市西区五十嵐 2 の町 8050 新潟大学経済学部
Tel. and Fax: 025-262-6538
Email: khamada@econ.niigata-u.ac.jp

1 はじめに

本論文は，公企業と私企業が不完全競争市場で共に競争に従事する混合寡占市場の下で，公企業と私企業がそれぞれ生産量を決定する時期を，内生的に選択する状況について考察する．本論文では，主として理論的な観点から，各企業の生産量決定の時期に関するサブゲーム完全均衡について再検討を行うことを試みる．

De Fraja and Delbono (1989) により混合寡占市場と民営化に関する分析が行われて以来，混合寡占 (mixed oligopoly) に関する経済理論的考察は，様々な関連領域へと応用・拡張されて今日に至っている．例えば，国内混合寡占に留まらず，外国私企業との相互作用を考察した国際混合寡占への分析の拡張 (Fjell and Pal (1996), Fjell and Heywood (1996), Pal and White (1998))，補助金政策や関税政策を考慮した混合寡占市場と民営化中立性定理について (White (1996), Pal and White (1998))，公企業と私企業の内生的な生産量決定のタイミングの分析 (Pal (1998)) などへの，応用・拡張である．[1] こうした混合寡占市場の下で分析されている様々な検討課題の中から，本論文では公企業と私企業の内生的な生産量決定のタイミングの分析に焦点を当てる．本論文の目的は，混合寡占市場の下での内生的タイミング (endogenous timing) に関する問題を整理し，結果として生じる生産量決定のタイミングに関する均衡の導出過程を，網羅的・包括的に提示することである．

Pal (1998) が初めて，混合寡占市場の下での生産量決定のタイミングを内生的に分析して以来，多くの既存研究が公企業と私企業の手番の内生化について，様々な拡張された状況の下で分析を行っている．しかし，Pal (1998) が導出した均衡結果に対して，その後 Jacques (2004) と Lu (2007) によって，内生的タイミングの均衡に説明の漏れが存在することが指摘され，Pal (1998) 論文には説明されていない新たな均衡が存在することが示された．なぜ，このような内生的タイミングの均衡に記載漏れが生じてしまったのであろうか．均衡の記載漏れが生じた理由は恐らく，内生的タイミングに関して起こり得る全ての可能性を考慮した上で，全てのサブゲーム完全均衡 (subgame perfect Nash equilibrium: SPNE) を網羅的・包括的に検討しなかったためであると考えられる．Pal (1998) では全ての可能性を包括的には検討しなかったために，サブゲーム完全均衡（以下適宜 SPNE と略す）に記載漏れが生じた．このことを踏まえて本論文では，内生的タイミングで起こり得る全てのパターンを網羅的・包括的に分類した上で，各ケースで公企業と私企業がそれぞれ逸脱するか否かを分析し，全ての SPNE を導出することを試みる．結果として，Pal (1998), Jacques (2004), Lu (2007) が順に導出・追加した全ての SPNE を，本論文ではそれぞれのケースごとにまとめて包括的に提示できている．

本論文では主に以下の 3 つの結果を確認している．第一に，私企業数が 1 社の場合の起こり得る全ての状況を記述し，私企業リーダーのシュタッケルベルク競争と，公企業が第 1 期，私企業が最終期を選択するシュタッケルベルク競争の 2 つが，SPNE になることを確認する．第二に，私企業

[1] 混合寡占市場に関する理論的考察をまとめた日本語文献として，山崎 (2008) と都丸 (2014) を挙げておく．特に都丸 (2014) では，混合寡占市場と公企業民営化に関する既存研究が，網羅的に概説されている．混合寡占市場に関する理論的課題についてさらに知りたい読者は，都丸 (2014) を参照せよ．

数が 2 社の場合の起こり得る全ての状況を記述し，全私企業が先手同時手番，公企業が後手番となる逐次手番競争のみが SPNE になることを確認する．第三に，私企業数が一般的な N 社のケースで，全私企業が同じタイミングを選択する対称均衡を考察し，起こり得る企業の逸脱を全て検討することにより，全私企業が先手同時手番，公企業が後手番となる逐次手番競争のみが，対称均衡における唯一の SPNE となることを確認する．これら 3 つの点は，それぞれ Pal (1998), Jacques (2004), Lu (2007) において既に提示されている結論ではあるが，均衡の記載漏れのある Pal (1998) では全ての SPNE が説明されておらず，訂正論文である Jacques (2004) と Lu (2007) ではそれぞれ，1 つずつ SPNE を追記しているだけなので，本論文において全ての状況を網羅的に記述し，全ての SPNE を包括的に導出することは，内生的タイミングの議論を整理する上で意味のあることだと考えている．

また本論文の貢献として非常にマイナーな点ではあるが，次の二点を挙げておく．第一に，Pal (1998) 等の論文で均衡を導出する際に，起こり得る全ての均衡からの逸脱 (deviation) について必ずしも厳密には考慮していないところがある．本論文では，起こり得る全ての生産量決定のタイミングについて，公企業と私企業それぞれが逸脱するか否かを検討し，SPNE においていかなる逸脱も生じ得ないことを遺漏のない形で確認している．第二に，Pal (1998) 等の多くの結論では，需要規模が公企業の限界費用よりもはるかに大きいという前提の下で，社会厚生や私企業利潤を比較した分析が行われている．しかしながら，この前提が満たされなければ結論も当然異なる．ほぼ全ての先行研究では上記の前提に基づき議論が行われているので，本論文でも上記の前提の下での議論を踏襲するが，需要規模と公企業の限界費用の大きさが，社会厚生や私企業利潤の大小関係にどう影響するかを脚注にて示してある．これにより，Pal (1998) 等の内生的タイミングの均衡結果は常に成立するものではなく，あくまでも需要関数や限界費用のパラメータに依存した結論であることが，本論文では示唆される．

本論文の構成は以下の通りである．第 2節では，混合寡占市場の下で内生的タイミングを扱う主な先行研究について概説する．第3節では，混合寡占市場とその下での内生的タイミングについて，混合寡占市場を記述すると共に，その下で公企業と私企業が生産量を決定する時期を選択するモデルを記述する．第 4節は，私企業が 1 社のみ存在するケースを考察する．起こり得る全ての状況を分類した上で，生産量決定の期間を $T=2$ 期と $T\geq 3$ 期に分けて，それぞれ4.1節と4.2節で説明する．第5節は，私企業が 2 社存在するケースを考察する．起こり得る全ての状況を分類した上で，生産量決定の期間を $T=2$ 期，$T=3$ 期，$T\geq 4$ 期に分けて，それぞれ5.1節，5.2節，5.3節で説明する．第6節では，私企業が一般的に $N\geq 3$ 社存在するケースを考察する．全ての同質的私企業が同じ生産量決定のタイミングを選択する対称均衡に SPNE を限定した上で，起こり得る全ての状況を分類する．生産量決定の期間を $T=2$ 期と $T\geq 3$ 期に分けて，それぞれ6.1節，6.2節で説明する．第7節は，まとめと今後の課題についての展望である．

2　先行研究の概説

第2節では，公企業と私企業による生産量決定の内生的タイミングの分析に関する，主要な先行研究を概説する．既に述べている通り Pal (1998) が代表的な先駆研究であるので，初めに彼の論文を紹介する．Pal (1998) は，外国企業が存在しない国内混合寡占市場において，公企業 1 社と私企業 N 社が競争する状況を考え，公企業と私企業の内生的タイミングを調査した．分析の簡単化のため，線形需要かつ限界費用一定の簡単化の下で，公企業は私企業よりも非効率で限界費用が高いという前提を置いている．これらの前提は，その後の多くの内生的タイミング分析の設定においても，踏襲されている．[2]

Pal (1998) の結論は，通常の寡占市場とは異なり混合寡占市場では，以下の内生的タイミングの均衡が生じることを主張した．2 期間ゲームにおいて，第一に，全企業による同時手番は均衡足り得ない (Proposition 3.1)．第二に，私企業が第 1 期，公企業が第 2 期に生産する均衡が存在する (Proposition 3.2)．第三に，私企業数が $N \leq 2$ の時，公企業が第 1 期，私企業が第 2 期に生産するのも均衡となり複数均衡が存在するが，$N \geq 3$ の時はこうした均衡は起こり得ない (Proposition 3.3)．第四に，私企業数が $N > 2$ の時，私企業が第 1 期，公企業が第 2 期に生産するのが唯一の均衡である．この均衡で市場価格と公企業の限界費用が等しくなり，公企業は全く生産をしない．一方，$N \leq 2$ の時，公企業が第 1 期，私企業が第 2 期に生産するもう 1 つの均衡が存在する (Proposition 3.4)．第五に，生産量決定のタイミングが 3 期以上 ($T \geq 3$) の時，私企業が第 1 期，公企業が後の期に生産するのが唯一の均衡である．この均衡で市場価格と公企業の限界費用が等しく，公企業は全く生産をしない (Proposition 4.1)．

この Pal (1998) の結論に対して，Jacques (2004) は Proposition 4.1 の修正を行った．彼は，生産量決定のタイミングが 3 期以上 ($T \geq 3$) の時，私企業数が $N \geq 2$ なら Proposition 4.1 は正しいが，私企業数が $N = 1$ 社の時は，公企業が第 1 期，私企業が後の期に生産する別の均衡が存在することを示した．しかしながら Jacques (2004) による修正では終わらずに，Lu (2007a) によって Pal (1998) の Proposition 4.1 の更なる修正が行われた．彼女は，生産量決定のタイミングが 3 期以上 ($T \geq 3$) で私企業数が $N = 1$ 社の時，私企業が最後以外のある期に生産を行い，公企業がその後の期に生産するという別の均衡が存在することを示している．このように，内生的タイミングのサブゲーム完全均衡 (SPNE) は，上記に挙げた論文筆者によって追加されてきた．SPNE の数は私企業数に依存し，私企業数が $N = 1$ 社の時には SPNE の数が，当初の Pal (1998) の結論より多いことが示さ

[2] 注意点を一つ挙げておく．De Fraja and Delbono (1989), Fjell and Pal (1996) 等，混合寡占の多くの先行研究では，公企業と私企業とで同じ費用関数を持つとして，通常費用関数が 2 次関数であるとして分析が行われている．この理由は，公企業と私企業が同じ費用関数を持つとした場合に，限界費用が一定であると公企業が全て生産し，私企業が生産から撤退するという結果が生じてしまうからである．そしてこの結果は良く知られている．このため，これまで混合寡占市場分析では，費用逓増の費用関数の例として，2 次関数の費用関数の下で分析を行うことが多い．2 次関数の場合，公企業と私企業とで生産量が異なれば，限界費用の大きさも変化する．このため公企業がたくさん生産すると限界費用が増大するので，公企業が全て生産するといった分析上面白みのない事態が回避できる．しかしながら，費用関数が 2 次関数では，計算が複雑となり分析が難しい．このため Pal (1998) では，限界費用一定とする代わりに，公企業が私企業よりも非効率的で限界費用が高いとして，公・私企業間で費用関数が異なる状況の下で分析を行っている．

れている．[3]

Pal (1998), Jacques (2004), Lu (2007a) では，国内混合寡占市場の下で線形需要，線形費用の前提で内生的タイミングを扱った．これに対して，外国企業が存在する混合寡占市場の下で内生的タイミングを扱った論文として，Matsumura (2003) がある．彼は，外国企業が存在する国際混合寡占市場として，国内公企業 1 社と外国私企業 1 社の枠組みを考察し，国内公企業と外国私企業の内生的タイミングを調査した．国内私企業は存在していないものの，注目すべき点として，需要関数と費用関数を一般化した形で議論を行っている．Matsumura (2003) の結論は Pal (1998) の結論とは大きく異なり，国際混合寡占市場の設定では公企業リーダー (leader) が内生的に得られるというものである (Proposition 3)．Pal (1998) では公企業フォロワー (follower) が均衡となる可能性が指摘されているのに対し，Matsumura (2003) では公企業リーダーが均衡となることが対照的な結論となっている．

さらに外国私企業の存在する国際混合寡占市場で，国内私企業が存在する場合の内生的タイミングについても分析が行われている．Lu (2006) では，外国私企業が存在する国際混合寡占市場において，公企業 1 社，国内私企業 n 社，外国私企業 m 社という一般的な企業数の下で，国内公企業と国内・外国私企業の内生的タイミングを調査した．但し Pal (1998) と同様，需要関数線形，費用関数線形での議論である．結論としては，公企業が全ての国内私企業のフォロワーとなり，また全ての外国私企業のリーダーにはならないことが示されている (Proposition 3.1, 3.2)．国内私企業が存在しない Matsumura (2003) の結論では，公企業リーダーが均衡となることが示されたが，国内私企業が存在するとそのようなことは起こらず，Pal (1998) と同様に公企業がフォロワーとなる結論が得られている．

一方 Lu (2007b) は，外国私企業が 1 社のみ存在した Matsumura (2003) の一つの拡張として，外国私企業のみが複数社存在する国際混合寡占市場を分析した．公企業 1 社と外国私企業 N 社のみが存在し国内私企業は存在しない枠組みで，国内公企業と外国私企業の内生的タイミングを調査した．但し Pal (1998) と同様，需要関数線形，費用関数線形での議論である．結論として，外国私企業数が $N \geq 3$ の時，私企業が第 1 期，公企業が第 2 期に生産するのが唯一の均衡であることを指摘し (Proposition 3.1)，外国私企業数が $N \leq 2$ の時は，公企業が第 1 期，私企業が第 2 期を選ぶ別の均衡も存在することを示した (Proposition 3.2)．従って，Matsumura (2003) の Proposition 3 は，後者の均衡だけを取り扱った特殊例ということになる．

この他，需要関数と費用関数を一般化して，混合寡占市場の内生的タイミングを扱った論文も近年存在している．第一に，Tomaru and Kiyono (2010) では，需要関数と費用関数を一般的な関数形で扱い，外国企業が存在しない公企業 1 社，国内私企業 1 社の国内混合寡占市場で，両企業の内生的タイミングを調査している．一般的な費用関数の下で費用逓増に注目し，私企業数が $N = 1$ の時，Pal (1998) と同様の結果が得られることを示した．すなわち，一般化された需要関数と費用関数の下でも，公企業リーダーと私企業リーダーの 2 つのタイプのシュタッケルベルク競争が均

[3] 余談ではあるがこの事例のように，一度査読付き雑誌に掲載された論文の結論が，二度に亘って追加・修正されるのは極めて珍しいことである．

衡として存在することを示した (Proposition 3)．第二に，Amir and De Feo (2007) も需要関数と費用関数一般化の下で，公企業 1 社，私企業 1 社の混合寡占市場における，公企業と私企業の内生的タイミングを調査している．彼らの論文では，私企業は国内企業でもよいし外国企業でもよいとしてどちらにも解釈できる枠組みで分析を行っている．結論として，クールノー同時手番は均衡として起こり得ないことと，公企業リーダーと私企業リーダーの 2 つのタイプのシュタッケルベルク競争が均衡として存在することを示した．分析のフレームワークは若干異なるが，Tomaru and Kiyono (2010) と同様の結論が得られている．

3　モデルの説明

第3節では，国内混合寡占市場を記述すると共に，その下で公企業・私企業が生産量決定時期を選択する内生的タイミングを扱うモデルを記述する．モデルの基本的設定は全て Pal (1998) に従う．

はじめに，同質財の国内混合寡占市場での数量競争を考える．市場には公企業 1 社と私企業 $N \geq 1$ 社の合計 $(N+1)$ 社が存在し，市場競争に従事している．各企業の番号 (index) を $i = \{0, \cdots, N\}$ とし，公企業 $i = 0$, 私企業 $i = 1, \cdots, N$ で表す．q_i を企業 i の生産量とすると，公企業の生産量が q_0, 私企業の生産量が q_i, $i = 1, \cdots, N$ である．総生産量は $Q = \sum_{i=0}^{N} q_i = q_0 + \sum_{i=1}^{N} q_i$ である．線形の需要関数を仮定し，逆需要関数を $p = p(Q) = a - Q$; $a > 0$ で表す．p は価格である．

全企業は一定の限界費用で生産し，私企業は同質的技術を持つとする．一方，公企業は私企業と比べて非効率的な生産を行い，より高い限界費用を持つとする．[4] 分析の一般性を失わず，私企業の限界費用を 0 と標準化し，公企業の限界費用を $c > 0$ とおく．逆需要関数の縦軸切片は公企業の限界費用よりもはるかに大きい，すなわち $a \gg c$ であると仮定する．この仮定は，限界費用を大きく上回る需要が存在することを意味し，社会厚生と私企業利潤の大小関係を一意に定める．[5] 簡単化のため全企業の固定費用は 0 であるとする．

混合寡占市場において，公企業の目的は社会厚生最大化であり，私企業の目的は自らの利潤最大化である．公企業 0 と私企業 i の利潤はそれぞれ以下の通り．

$$\pi_0 = (p(Q) - c)q_0 = (a - Q - c)q_0 \tag{3.1}$$

$$\pi_i = p(Q)q_i = (a - Q)q_i \tag{3.2}$$

私企業は同質的なので，生産量と利潤は同一となる $(q \equiv q_i, \pi \equiv \pi_i)$．消費者余剰は，$CS \equiv \int_0^Q p(x)dx - p(Q)Q = \frac{1}{2}Q^2$ で，生産者余剰は企業利潤の合計で，$PS \equiv \sum_{i=0}^{N} \pi_i = \pi_0 + N\pi = p(Q)Q - cq_0$ である．

[4] 既に脚注 2で述べたように良く知られている結論として，限界費用一定の下で，公企業が私企業と同等またはそれより効率的な限界費用を持つ場合，価格が公企業の限界費用に等しくなる水準で生産し，公企業独占となる．こうしたつまらない結果をあらかじめ排除するために，非効率性の仮定を置いている．

[5] 但しこの仮定が成立しない時には，異なる結論が得られる可能性があることには，十分な注意が必要である．社会厚生と私企業利潤の大小関係を決定する a と c との大小関係について，後の脚注において適宜，不等式を提示している．

社会厚生は，消費者余剰と生産者余剰の合計で以下の通りである．

$$W \equiv CS + PS = \frac{1}{2}Q^2 + p(Q)Q - cq_0 = aQ - \frac{1}{2}Q^2 - cq_0 \tag{3.3}$$

社会厚生は，総生産量 Q と私企業生産量 q_0 によって決定される．

生産量決定の内生的タイミングは，Hamilton and Slutsky (1990) による「観察可能な遅れゲーム」(observable delay game) に従って，生産量決定時期を選択するゲームが行われるものとする．観察可能な遅れゲームとは，以下の期間選択ゲームである．混合寡占数量競争の設定で，各企業は最初に，生産量を選択する期間をアナウンスする．各企業はアナウンスした生産期間にコミットする．$T(\geq 2)$ は，企業が生産量を決定する際，選択可能な期間を表す．T は，公企業と私企業の 2 種類の経済主体がいるため少なくとも 2 期間以上である．当然，第 T 期が最終期となる．

各企業は，第 $t\,(\leq T)$ 期のうち 1 つの期間に生産することにコミットする．また期間を表す変数を，$s,t,u \in \{1,\cdots,T\}$ 等によって表し，以下では $s<t<u$ であるとする．従って，第 s 期は第 t 期よりも先であり，第 t 期は第 u 期よりも先である．内生的タイミングのゲームにおいて，例えば私企業が 1 社のみ存在する場合，公企業 0 と私企業 1 が選ぶタイミングをそれぞれ，(t_0,t_1) によって表す．より一般的に，公企業 1 社，私企業 N 社のタイミング・ゲームにおいて，選択されるタイミングを $(t_0,t_1,\cdots,t_i,\cdots,t_N)$ で表す．ここで t_i は，企業 i が選択する生産量決定のタイミングである．また，私企業が同質的であるので，全私企業が同じタイミングを選択する対称均衡に注目すると，公企業と私企業のタイミング・ゲームにおいて，選択されるタイミングを，$(t_0,\mathbf{t}_i)$; $\mathbf{t}_i \equiv (t_i,\cdots,t_i)$（$\mathbf{t}_i$ は全要素が t_i の N 次元ベクトル）として簡略した形で戦略を記述できる．[6] 例えば，第4節で分析するように私企業 1 社のみの場合，公企業と私企業のタイミング選択の戦略の組が $(t_0,t_1)=(t,t)$ の時，第 t 期の同時手番クールノー (Cournot) 競争が実現する．また $(t_0,t_1)=(t,u)$; $t<u$ の時，公企業リーダーが第 t 期，私企業フォロワーが第 u 期に生産する逐次手番シュタッケルベルク (Stackelberg) 競争が実現する．反対に $(t_0,t_1)=(u,t)$; $t<u$ の時，私企業リーダーが第 t 期，公企業フォロワーが第 u 期に生産する逐次手番シュタッケルベルク競争が実現する．

ゲームのタイミングは，2 段階ゲーム (2 stage game) で次の通りである．第 1 段階で，企業はどの期に生産量を選択するかを同時にアナウンスし，その生産量決定期間にコミットする．第 2 段階で，アナウンスメントされた各企業の生産量決定時期を観察し，企業は他企業がどの期に生産量を選ぶかを知った上で，生産量を選択する．[7]

生産時期を決定する段階が生産量を決定する段階の前に存在する．もし全企業が同じ期に生産するのを選ぶなら，同時手番クールノー競争が行われる．一方，企業が異なるタイミングで生産するのを選ぶなら，逐次手番シュタッケルベルク競争が行われる．また私企業が複数存在する場

[6] タイミング・ゲームにおける戦略の表現については，後の第 4, 5, 6節を参照せよ．$\mathbf{t}_i$ のような太字体は，戦略集合がベクトルであることを表す．

[7] 2 段階ゲームにおける第 1 段階，第 2 段階という段階 (stage) と，第 1 段階 (first stage) において生産時期の選択ゲームで選択される第 1 期 (first period)，第 2 期 (second period)，$\cdots$, 第 T 期 (Tth period) 等の期間 (period) とは，全く異なる意味で使われている点に，注意が必要である．

合には，ある企業同士が同時手番で他の企業とは逐次手番といった，より複雑で一般的なタイミングでの競争も起こり得る．

均衡概念は，サブゲーム完全均衡 (subgame perfect Nash equilibrium: SPNE) である．従って，後向き推論 (backward induction) によって，第 2 段階の生産量決定のサブゲームから解を求め，第 1 段階の生産量決定時期の選択ゲームの SPNE を解くという手順を踏む．

以下の節の分析の流れは次の通りである．第一に，第 4節で私企業 $N = 1$ 社のケースを扱う．4.1節で，起こり得る全ての状況を記述し，第 2 段階の混合寡占市場の下で得られる競争結果をまとめる．4.2節で，生産量決定時期の選択期間が $T = 2$ 期のケースを扱い，SPNE を導出する．続いて4.3節で，生産量決定時期の選択期間が $T \geq 3$ 期のケースで SPNE を確認する．第二に，第5節では私企業 $N = 2$ 社のケースを扱う．5.1節で，起こり得る全ての状況を記述し，第 2 段階の混合寡占市場の下で得られる競争結果をまとめる．5.2, 5.3, 5.4節でそれぞれ，生産量決定時期の選択期間が $T = 2$ 期，$T = 3$ 期，$T \geq 4$ 期のケースにおける SPNE を分析する．第三に，第6節では私企業 $N \geq 3$ 社のケースを分析する．企業数が多い時は起こり得る可能性の総数が多すぎるので，対称均衡のみに注目し，6.1節で，起こり得る全ての状況を記述し，第 2 段階の混合寡占市場の下で得られる競争結果をまとめる．6.2節と6.3節のそれぞれで，生産量決定時期の選択期間が $T = 2$ 期と $T \geq 3$ 期のケースにおける SPNE を確認する．

4　私企業 $N = 1$ 社のケース

4.1　起こり得る全ての状況

第 4節では，私企業 $N = 1$ 社のケースにおける起こり得る全ての状況を考察し，どの生産時期選択の組が SPNE になるのかを包括的に分析する．初めに4.1節では，私企業 1 社の時に起こり得る状況を全て記述する．

公企業 1 社，私企業 1 社の混合複占競争の下で，起こり得る全ての状況は，タイミングの違いが 2 通り，企業が 2 種類なので，全組合せは $2 \times 2 = 4$ 通りであるが，生産期間のみ異なる 2 つの同時手番は同じ競争状態なので，以下の $2 \times 2 - 1 = 3$ 通りである．図4.1を参照せよ．

1. 同時手番クールノー競争 $((t_0, t_1) = (t, t))$
2. 公企業 0 がリーダーのシュタッケルベルク競争 $((t_0, t_1) = (t, u))$
3. 私企業 1 がリーダーのシュタッケルベルク競争 $((t_0, t_1) = (u, t))$

公企業の目的は社会厚生 (3.3), $W = aQ - \frac{1}{2}Q^2 - cq_0; Q = q_0 + q_1$ の最大化，私企業の目的は自身の利潤 (3.2), $\pi_1 = (a - Q)q_1$ の最大化である．以下，全 3 ケースのサブゲームにおける競争結果を順に述べる．

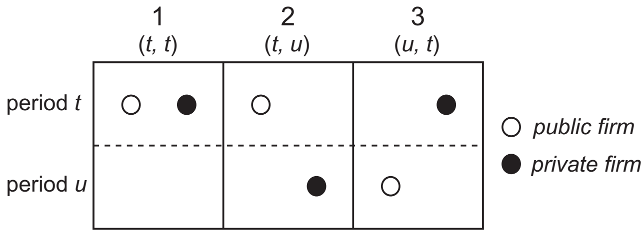

図 4.1: 私企業 $N=1$ 社のケースにおける起こり得る全ての状況

4.1.1 同時手番クールノー競争 ($(t_0,t_1)=(t,t)$)

同時手番クールノー競争の下での企業の反応関数を求める．公企業の社会厚生最大化と私企業 1 の利潤最大化の 1 階条件はそれぞれ，以下の通り．

$$\frac{\partial W}{\partial q_0}=a-Q-c=0\Leftrightarrow q_0=r_0(q_1)\equiv a-c-q_1 \tag{4.1}$$

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial q_1}=a-Q-q_1=0\Leftrightarrow q_1=r_1(q_0)\equiv \frac{a-q_0}{2} \tag{4.2}$$

反応関数の傾きはそれぞれ $r_0'(q_1)=-1<0$ と $r_1'(q_0)=-\frac{1}{2}<0$ である．反応関数 $q_0=r_0(q_1)$ (4.1) と $q_1=r_1(q_0)$ (4.2) を連立して，クールノー均衡とその下での諸変数を求めると表4.1の通り．

公企業の生産量	$q_0^{(t,t)}$	$a-2c$
私企業の生産量	$q_1^{(t,t)}$	c
総生産量	$Q^{(t,t)}$	$a-c$
価格	$p^{(t,t)}$	c
公企業の利潤	$\pi_0^{(t,t)}$	0
私企業の利潤	$\pi_1^{(t,t)}$	c^2
社会厚生	$W^{(t,t)}$	$\frac{(a-c)^2+2c^2}{2}$

表 4.1: 同時手番クールノー競争 ($(t_0,t_1)=(t,t)$)

4.1.2 公企業リーダーのシュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1)=(t,u)$)

公企業がリーダーのシュタッケルベルク競争下の最適解を，後向き推論により求める．生産量決定の第 2 期に，フォロワーである私企業の利潤最大化より反応関数 (4.2) を得る．生産量決定の第 1 期に，リーダーである公企業は，反応関数 $q_1=r_1(q_0)$ を考慮に入れて社会厚生を最大化する

ので，社会厚生最大化の 1 階条件は以下の通り．

$$\frac{dW}{dq_0} = (a-Q)(1+r_1') - c = 0 \Leftrightarrow q_0 = a-4c \tag{4.3}$$

(4.3) を $q_1 = r_1(q_0)$ に代入して $q_1 = 2c$ を得る．この競争の下での結果を要約すると表4.2の通り．

公企業の生産量	$q_0^{(t,u)}$	$a-4c$
私企業の生産量	$q_1^{(t,u)}$	$2c$
総生産量	$Q^{(t,u)}$	$a-2c$
価格	$p^{(t,u)}$	$2c$
公企業の利潤	$\pi_0^{(t,u)}$	$(a-4c)c$
私企業の利潤	$\pi_1^{(t,u)}$	$4c^2$
社会厚生	$W^{(t,u)}$	$\frac{(a-c)^2+3c^2}{2}$

表 4.2: 公企業リーダーのシュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1) = (t,u)$)

4.1.3 私企業リーダーのシュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1) = (u,t)$)

私企業がリーダーのシュタッケルベルク競争下の最適解を，後向き推論により求める．生産量決定の第 2 期に，フォロワーである公企業の社会厚生最大化より反応関数 (4.1) を得る．生産量決定の第 1 期に，リーダーである私企業は，反応関数 $q_0 = r_0(q_1)$ を考慮に入れて利潤最大化する．反応関数より $Q = q_0+q_1 = a-c$，すなわち総生産量は常に一定なので，私企業利潤は $\pi_1 = (a-Q)q_1 = cq_1$ である．従って，$q_1 = Q = a-c$ と総生産量を全て生産することで利潤最大化できる．この時，公企業は $q_0 = r_0(q_1)$ に従い，生産しない ($q_0 = 0$)．競争結果は表4.3の通り．

公企業の生産量	$q_0^{(u,t)}$	0
私企業の生産量	$q_1^{(u,t)}$	$a-c$
総生産量	$Q^{(u,t)}$	$a-c$
価格	$p^{(u,t)}$	c
公企業の利潤	$\pi_0^{(u,t)}$	0
私企業の利潤	$\pi_1^{(u,t)}$	$(a-c)c$
社会厚生	$W^{(u,t)}$	$\frac{(a+c)(a-c)}{2}$

表 4.3: 私企業リーダーのシュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1) = (u,t)$)

4.1.4 3ケース $((t,t), (t,u), (u,t))$ における社会厚生と私企業利潤の比較

上記で計算した3ケース，(t,t), (t,u), (u,t) の競争結果を踏まえて，3ケースの社会厚生比較から得られる大小関係を提示する．[8]

$$W^{(u,t)} = \frac{(a-c)^2 + 2(a-c)c}{2} > W^{(t,u)} = \frac{(a-c)^2 + 3c^2}{2} > W^{(t,t)} = \frac{(a-c)^2 + 2c^2}{2} \tag{4.4}$$

(4.4) より社会厚生の大きさは，大きい順から，1. 私企業リーダーのシュタッケルベルク競争，2. 公企業リーダーのシュタッケルベルク競争，3. 同時手番クールノー競争の順である．

次に3ケースの私企業利潤を比較する．

$$\pi_1^{(u,t)} = (a-c)c > \pi_1^{(t,u)} = 4c^2 > \pi_1^{(t,t)} = c^2 \tag{4.5}$$

私企業利潤の大きさも，社会厚生の大きさ順と同様に，1. 私企業リーダーのシュタッケルベルク競争，2. 公企業リーダーのシュタッケルベルク競争，3. 同時手番クールノー競争の順である．

以下では，社会厚生と私企業利潤について (4.4), (4.5) の大小関係の結果を踏まえて，全3ケースがそれぞれSPNEかどうかをチェックする．もし公企業と私企業のいずれかが，タイミングを変えることで利得（社会厚生または私企業利潤）が増加するならば，元のタイミング選択は均衡ではない．こうしたタイミング選択に関する逸脱 (deviation) が起こるか否かを，(4.4) と (4.5) の不等式により確認する．

1. 両企業が同時手番のクールノー競争 $((t_0,t_1) = (t,t))$
   (4.4) より $W^{(u,t)} > W^{(t,u)} > W^{(t,t)}$ なので，公企業は先手番もしくは後手番のいずれかに逸脱することで，必ず社会厚生を増加させることができる．従って，同時手番クールノー競争 (t,t) は SPNE ではありえない．
2. 公企業リーダーのシュタッケルベルク競争 $((t_0,t_1) = (t,u))$
   逸脱が望ましいかどうかは，選択できる期間の長さに依存する．もし $T = 2$ 期ならば，$W^{(t,u)} > W^{(t,t)}$ かつ $\pi_1^{(t,u)} > \pi_1^{(t,t)}$ なので逸脱は起こらない．従って均衡となる．しかし $T \geq 3$ 期以上の場合に逸脱が起こるかどうかは，状況に依存する．
3. 私企業リーダーのシュタッケルベルク競争 $((t_0,t_1) = (u,t))$
   $W^{(u,t)}$ は社会厚生が最も高いので，公企業は決して逸脱しない．同様に，$\pi_1^{(u,t)}$ は企業利潤が最も高いので，私企業も決して逸脱しない．従って，期間の長さに関わらず，私企業リーダーのシュタッケルベルク競争 (u,t) は SPNE となる．

上記の結果より，期間 T に関わらず同時手番クールノー競争 (t,t) は，SPNE にはなり得ないことが示された．

[8] $a \gg c$ であることに注意せよ．(4.4) より，厳密には $a > \frac{5}{2}c$ $(a > 2c)$ であれば $W^{(u,t)} > W^{(t,u)}$ $(W^{(u,t)} > W^{(t,t)})$ が成立する．同様に (4.5) において，$a > 5c$ $(a > 2c)$ であれば $\pi_1^{(u,t)} > \pi_1^{(t,u)}$ $(\pi_1^{(u,t)} > \pi_1^{(t,t)})$ が成立する．このように，社会厚生または私企業利潤の大小関係は，a と c の相対的な大小関係に依存することは注意すべき点である．既存研究と同様に本論文でも，a が c と比べて十分大きい状況に分析を限る．

4.2 $T=2$ 期の結果

生産量決定のタイミングが 2 期間の時に，起こり得る全ての状況を特定化する．起こり得る状況は，期間 2 期の下でタイミングが 2 通り，企業が 2 種類で，$2\times2=4$ 通りである．以下の 4 つのケースが起こり得る．図4.2を参照せよ．

1. 第 1 期の同時手番クールノー競争 ($(t_0,t_1)=(1,1)$)
2. 第 2 期の同時手番クールノー競争 ($(t_0,t_1)=(2,2)$)
3. 第 1 期に公企業，第 2 期に私企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1)=(1,2)$)
4. 第 1 期に私企業，第 2 期に公企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1)=(2,1)$)

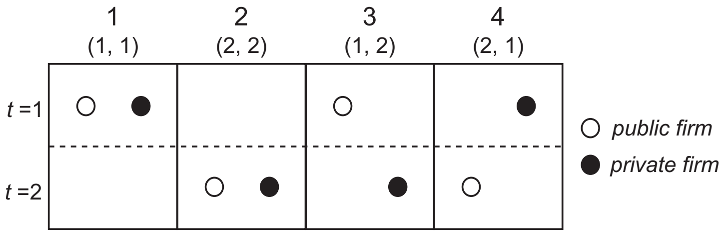

図 4.2: 私企業 $N=1$ 社，期間 $T=2$ 期における起こり得る全ての状況

以上 4 つのケースで，それぞれが SPNE となるか否かについて，各企業の逸脱可能性を考察する．既に4.1節で述べたように，同時手番クールノー競争は決して SPNE にはならず，一方で私企業リーダーの逐次手番シュタッケルベルク競争は必ず SPNE であるが，どのような逸脱の可能性があるかについて網羅的に記述するために，全 4 ケースの逸脱可能性を以下では確認する．

1. 第 1 期の同時手番クールノー競争 ($(t_0,t_1)=(1,1)$)
   公企業がフォロワーになると社会厚生が高まる ($W^{(1,1)}<W^{(2,1)}$)．また私企業がフォロワーになると利潤が高まる ($\pi_1^{(1,1)}<\pi_1^{(1,2)}$)．従って，公企業・私企業には両社とも，$t=2$ 期を選ぶ逸脱の誘因があるので，$(1,1)$ は SPNE ではない．
2. 第 2 期の同時手番クールノー競争 ($(t_0,t_1)=(2,2)$)
   公企業がリーダーになると社会厚生が高まる ($W^{(2,2)}<W^{(1,2)}$)．また私企業がリーダーになると利潤が高まる ($\pi_1^{(2,2)}<\pi_1^{(2,1)}$)．従って，公企業・私企業には両社とも，$t=1$ 期を選ぶ逸脱の誘因があるので，$(2,2)$ も SPNE ではない．
3. 第 1 期に公企業，第 2 期に私企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1)=(1,2)$)
   公企業が $t=2$ 期を選ぶと社会厚生が低下する ($W^{(1,2)}>W^{(2,2)}$)．私企業が $t=1$ 期を選ぶと私企業の利潤が低下する ($\pi_1^{(1,2)}>\pi_1^{(1,1)}$)．従って，公企業・私企業はどちらも逸脱する誘因がないので，$(1,2)$ は SPNE である．

4. 第 1 期に私企業，第 2 期に公企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1)=(2,1)$)
   公企業が $t=1$ 期を選ぶと社会厚生が低下する ($W^{(2,1)}>W^{(1,1)}$)．私企業が $t=2$ 期を選ぶと私企業の利潤が低下する ($\pi_1^{(2,1)}>\pi_1^{(2,2)}$)．従って，公企業・私企業はどちらも逸脱する誘因がないので，$(2,1)$ も SPNE である．

上述の通り，私企業数 $N=1$ 社，生産時期の選択期間 $T=2$ 期を扱った4.2節の結論を以下の通り要約できる．第一に，同時手番クールノー競争 $(1,1)$, $(2,2)$ は SPNE ではない．この結論は，Pal (1998) の Proposition 3.1 で提示された．第二に，公企業リーダーの逐次手番シュタッケルベルク競争 $(1,2)$ は SPNE である．この結論は，Pal (1998) の Proposition 3.3, 3.4 の結論である．第三に，私企業リーダーの逐次手番シュタッケルベルク競争 $(2,1)$ は SPNE である．これは，Pal (1998) の Proposition 3.2 の結論である．以上の結論は，考察するケースが少ないため比較的容易に導かれる．

4.3 $T\geq 3$ 期の結果

次に，生産量決定のタイミングが 3 期以上 ($T\geq 3$) の時に，起こり得る全ての状況を特定化する．起こり得る状況は，第 1 期，中間期 ($t=\{2,\cdots,T-1\}$)，最終期（第 T 期）の 3 つの期間を分けて考えて分類する．同時手番クールノー競争が 3 通り，逐次手番シュタッケルベルク競争については，公企業がリーダーかフォロワーか，リーダーが第 1 期か中間期か，フォロワーが中間期か最終期か，の違いによって，$2^3=8$ 通り存在する．従って起こり得る全ての状況は全部で，$3+8=11$ 通り存在する．ここで4.3節では，期間を表す変数 t が $1<t<T$ であるとする．すなわち第 t 期 ($t=\{2,\cdots,T-1\}$) は，第 1 期と最終期を除いた中間期を表す．以下の 11 通りのケースを考察する．図4.3を参照せよ．

1. 第 1 期の同時手番クールノー競争 ($(t_0,t_1)=(1,1)$)
2. 中間期の同時手番クールノー競争 ($(t_0,t_1)=(t,t)$)
3. 最終期の同時手番クールノー競争 ($(t_0,t_1)=(T,T)$)
4. 第 1 期公企業，中間期私企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1)=(1,t)$)
5. 第 1 期公企業，最終期私企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1)=(1,T)$)
6. 中間期公企業，中間期私企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1)=(t,u)$)
7. 中間期公企業，最終期私企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1)=(t,T)$)
8. 第 1 期私企業，中間期公企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1)=(t,1)$)
9. 第 1 期私企業，最終期公企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1)=(T,1)$)
10. 中間期私企業，中間期公企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1)=(u,t)$)
11. 中間期私企業，最終期公企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1)=(T,t)$)

以上 11 通りのケースで，それぞれが SPNE となるか否かについて，各企業の逸脱可能性について考察する．既に4.1節で述べたように，同時手番クールノー競争は決して SPNE ではない．一方

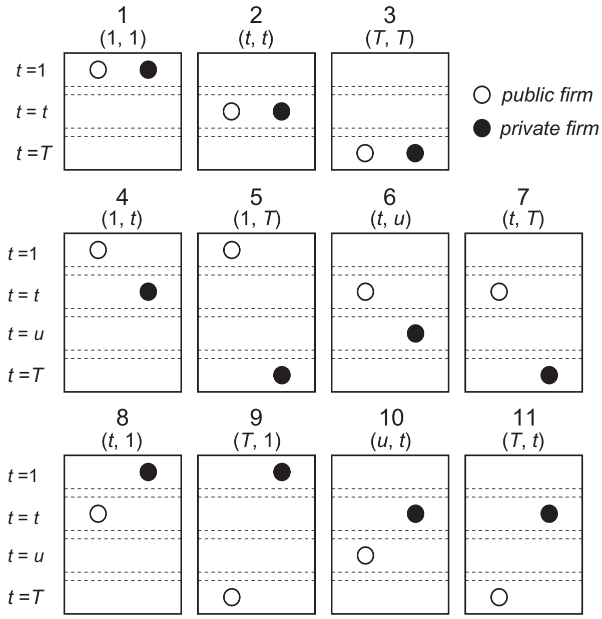

図 4.3: 私企業 $N=1$ 社，期間 $T\geq 3$ 期における起こり得る全ての状況

で，私企業リーダーの逐次手番シュタッケルベルク競争は必ず均衡である．以下では全 11 通りのケースについて，どのような逸脱可能性があるかを網羅的に記述する．

1. 第 1 期の同時手番クールノー競争 $((t_0,t_1)=(1,1))$
   公企業がフォロワーになると社会厚生が高まる $(W^{(1,1)}<W^{(t,1)})$．私企業がフォロワーになると利潤が高まる $(\pi_1^{(1,1)}<\pi_1^{(1,t)})$．従って，公企業・私企業にはそれぞれ，$t>1$ 期を選ぶ逸脱の誘因があるので，$(1,1)$ は SPNE ではない．
2. 中間期の同時手番クールノー競争 $((t_0,t_1)=(t,t))$
   公企業がリーダーとフォロワーのどちらに逸脱しても社会厚生が高まる $(W^{(t,t)}<W^{(s,t)}, W^{(t,t)}<W^{(u,t)})$．私企業がリーダーとフォロワーのどちらに逸脱しても利潤が高まる $(\pi_1^{(t,t)}<\pi_1^{(t,s)}$, $\pi_1^{(t,t)}<\pi_1^{(t,u)})$．従って，公企業・私企業にはそれぞれ，$t$ 期以外を選ぶ逸脱の誘因があるので，(t,t) は SPNE ではない．
3. 最終期の同時手番クールノー競争 $((t_0,t_1)=(T,T))$
   公企業がリーダーになると社会厚生が高まる $(W^{(T,T)}<W^{(t,T)})$．私企業がリーダーになると利潤が高まる $(\pi_1^{(T,T)}<\pi_1^{(T,t)})$．従って，公企業・私企業にはそれぞれ，$t<T$ 期を選ぶ逸脱の誘因があるので，(T,T) は SPNE ではない．
4. 第 1 期公企業，中間期私企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 $((t_0,t_1)=(1,t))$
   公企業がフォロワーになると社会厚生が高まる $(W^{(1,t)}<W^{(u,t)})$．私企業は逸脱しても利潤を

高めることはできない ($\pi_1^{(1,t)} = \pi_1^{(1,s)} = \pi_1^{(1,u)} > \pi_1^{(1,1)}; s > 1$)．公企業に u 期を選ぶ逸脱の誘因があるので，$(1,t)$ は SPNE ではない．

5. 第 1 期公企業，最終期私企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1) = (1,T)$)
公企業は逸脱しても社会厚生を高めることはできない ($W^{(1,T)} = W^{(t,T)} > W^{(T,T)}$)．私企業は逸脱しても利潤を高めることはできない ($\pi_1^{(1,T)} = \pi_1^{(1,t)} > \pi_1^{(1,1)}$)．従って，公企業・私企業はどちらも逸脱する誘因がないので，$(1,T)$ は SPNE である．
6. 中間期公企業，中間期私企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1) = (t,u)$)
公企業がフォロワーになると社会厚生が高まる ($W^{(t,u)} < W^{(v,u)}; u < v$)．私企業がリーダーになると利潤が高まる ($\pi_1^{(t,u)} < \pi_1^{(t,s)}$)．従って，公企業・私企業にはそれぞれ逸脱の誘因があるので，(t,u) は SPNE ではない．
7. 中間期公企業，最終期私企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1) = (t,T)$)
公企業は逸脱しても社会厚生を高めることはできない ($W^{(t,T)} = W^{(s,T)} = W^{(u,T)} > W^{(T,T)}$; $u < T$)．私企業がリーダーになると利潤が高まる ($\pi_1^{(t,T)} < \pi_1^{(t,s)}$)．私企業に s 期を選ぶ逸脱の誘因があるので，(t,T) は SPNE ではない．
8. 第 1 期私企業，中間期公企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1) = (t,1)$)
公企業は逸脱しても社会厚生を高めることはできない ($W^{(t,1)} = W^{(s,1)} = W^{(u,1)} > W^{(1,1)}; s > 1$)．私企業は逸脱しても利潤を高めることはできない ($\pi_1^{(t,1)} = \pi_1^{(t,s)} > \pi_1^{(t,u)} > \pi_1^{(t,t)}$)．従って，公企業・私企業はどちらも逸脱する誘因がないので，$(t,1)$ は SPNE である．
9. 第 1 期私企業，最終期公企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1) = (T,1)$)
公企業は逸脱しても社会厚生を高めることはできない ($W^{(T,1)} = W^{(t,1)} > W^{(1,1)}$)．私企業は逸脱しても利潤を高めることはできない ($\pi_1^{(T,1)} = \pi_1^{(T,t)} > \pi_1^{(T,T)}$)．従って，公企業・私企業はどちらも逸脱する誘因がないので，$(T,1)$ は SPNE である．
10. 中間期私企業，中間期公企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1) = (u,t)$)
公企業は逸脱しても社会厚生を高めることはできない ($W^{(u,t)} = W^{(x,t)} = W^{(v,t)} > W^{(s,t)} > W^{(t,t)}$; $t < x < u$)．私企業は逸脱しても利潤を高めることはできない ($\pi_1^{(u,t)} = \pi_1^{(u,s)} = \pi_1^{(u,x)} > \pi_1^{(u,v)} > \pi_1^{(u,u)}; t < x < u < v$)．従って，公企業・私企業はどちらも逸脱する誘因がないので，(u,t) は SPNE である．
11. 中間期私企業，最終期公企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,t_1) = (T,t)$)
公企業は逸脱しても社会厚生を高めることはできない ($W^{(T,t)} = W^{(u,t)} > W^{(s,t)} > W^{(t,t)}$)．私企業は逸脱しても利潤を高めることはできない ($\pi_1^{(T,t)} = \pi_1^{(T,s)} = \pi_1^{(T,u)} > \pi_1^{(T,T)}$)．従って，公企業・私企業はどちらも逸脱する誘因がないので，(T,t) は SPNE である．

上記の考察により，私企業数 $N = 1$ 社，生産時期の選択期間 $T \geq 3$ 期における結論は，以下の通り要約できる．第一に，同時手番クールノー競争 $(1,1), (t,t), (T,T)$ は SPNE ではない．この結論は，Pal (1998) の Proposition 4.1 で提示されている．但し Proposition 4.1 では，私企業が第 1 期，公企業がその後の期に生産するのが唯一の SPNE と主張している．この主張は以下で見るように

正しくないため，後の論文によって修正された．第二に，公企業リーダーの逐次手番シュタッケルベルク競争の中で，$(1,t)$, (t,u), (t,T) は SPNE ではないが，$(1,T)$ は SPNE である．Pal (1998) ではこの均衡が言及されておらず，見落とされていた．Jacques (2004) の結論により，ある忘れられた均衡 (a forgotten equilibrium) として，$(1,T)$ が SPNE であることが示された．第三に，私企業リーダーの逐次手番シュタッケルベルク競争，$(t,1)$, $(T,1)$, (u,t), (T,t) は全て SPNE である．Pal (1998) の Proposition 4.1 の結論では，$(t,1)$, $(T,1)$ だけが SPNE であるとしている．これについても Lu (2007) により別の忘れられた均衡 (another forgotten equilibrium) として修正がなされ，(u,t), (T,t) も SPNE であることが示された．言い換えると，私企業が最終期以外の期間を選び，公企業が私企業に続いて生産するいかなる期間の選択の組合せも，SPNE である．このように起こり得る全ての状況が 11 通りと多い場合，全ての SPNE を導出するためには，起こり得る全ケースの逸脱可能性を網羅的・包括的に検討し，SPNE かどうかを確認する必要がある．

5　私企業 $N=2$ 社のケース

5.1　起こり得る全ての状況

第5節では，私企業 $N=2$ 社のケースにおける起こり得る全ての状況を考察し，どの生産時期選択の組が SPNE になるのかを包括的に分析する．初めに5.1節では，私企業 2 社の時に起こり得る状況を全て記述する．公企業 1 社，同質的な私企業 2 社の混合複占競争の下で，起こり得る全ての状況は，3 期間に 3 社がどのタイミングで生産するかに依存して，$3^3=27$ 通りの可能な組合せが存在する．図5.1を参照せよ．

しかしながら，私企業 2 社は同質的であるので，例えば，私企業 1 が先手番，私企業 2 が後手番というタイミングと，私企業 1 が後手番，私企業 2 が先手番のタイミングは，全く同じ状況であると見做せる．また期間が異なっても同じタイミングとなる状況が複数存在する．従って，こうした重複するケースを除去すると，分析上区別すべきケースは全部で以下の 8 通りと限られる．図5.1において，Case A から Case H までの 8 通りが，分析上区別すべきケースである．

1. Case A: 全企業が同時手番のクールノー競争 ($(t_0,t_1,t_2)=(s,s,s)$)
   →図5.1の 1, 14, 27
2. Case B: 公企業と私企業 1 が先手同時手番→私企業 2 が後手番 ($(t_0,t_1,t_2)=(s,s,t)$)
   →図5.1の 2, 3, 4, 7, 15, 17
3. Case C: 公企業が先手番→両私企業が後手同時手番 ($(t_0,t_1,t_2)=(s,t,t)$)
   →図5.1の 5, 9, 18
4. Case D: 公企業→私企業 1 →私企業 2 ($(t_0,t_1,t_2)=(s,t,u)$)
   →図5.1の 6, 8

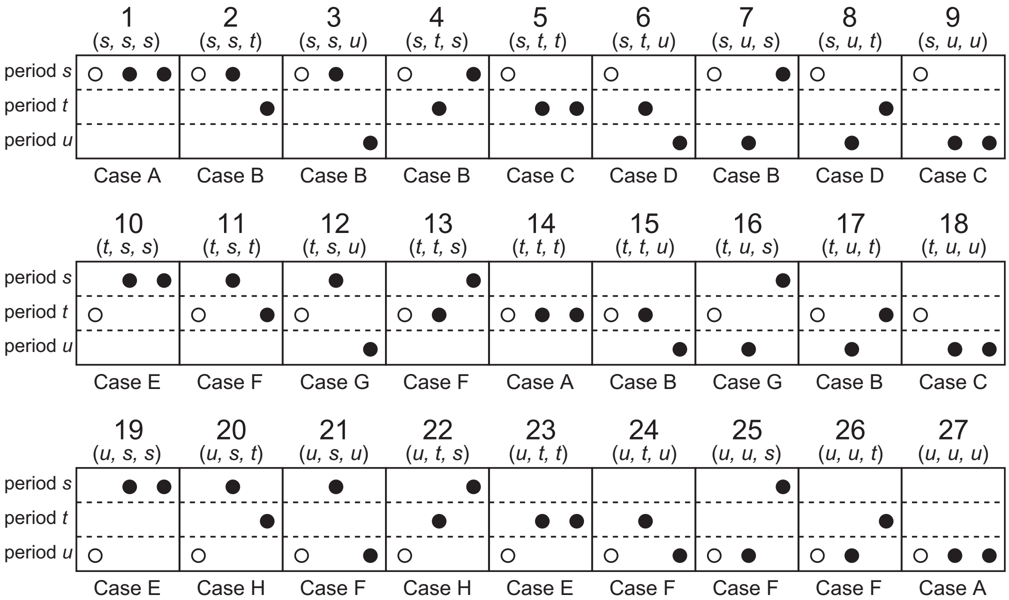

図 5.1: 私企業 $N = 2$ 社のケースにおける起こり得る全ての状況

5. Case E: 両私企業が先手同時手番→公企業が後手番 ($(t_0, t_1, t_2) = (t, s, s)$)
   →図5.1の 10, 19, 23
6. Case F: 私企業 1 が先手番→公企業と私企業 2 が後手同時手番 ($(t_0, t_1, t_2) = (t, s, t)$)
   →図5.1の 11, 13, 21, 24, 25, 26
7. Case G: 私企業 1 →公企業→私企業 2 ($(t_0, t_1, t_2) = (t, s, u)$)
   →図5.1の 12, 16
8. Case H: 私企業 1 →私企業 2 →公企業 ($(t_0, t_1, t_2) = (u, s, t)$)
   →図5.1の 20, 22

区別すべき 8 ケース (Case A から Case H) をまとめると，図5.2の通りである．

公企業の目的は社会厚生 (3.3)，$W = aQ - \frac{1}{2}Q^2 - cq_0$; $Q = q_0 + q_1 + q_2$ の最大化，私企業の目的は自身の利潤 (3.2)，$\pi_i = (a - Q)q_i$; $i = 1, 2$ の最大化である．以下，全 8 ケースのサブゲームにおける競争結果を順に述べる．

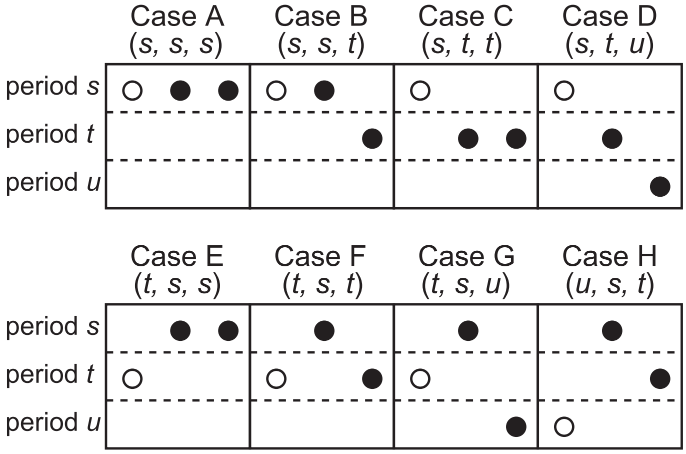

図 5.2: 私企業 $N=2$ 社のケースにおける区別すべき 8 ケース

5.1.1 Case A: 全企業が同時手番のクールノー競争 ($(t_0,t_1,t_2)=(s,s,s)$)

同時手番クールノー競争の下での企業の反応関数を求める．公企業の社会厚生最大化と私企業 $i=1,2$ の利潤最大化の 1 階条件はそれぞれ，以下の通り．

$$\frac{\partial W}{\partial q_0}=a-Q-c=0 \Leftrightarrow q_0=r_0(q_1,q_2)\equiv a-c-q_1-q_2 \tag{5.1}$$

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i}=a-Q-q_i=0 \Leftrightarrow q_i=r_i(q_0,q_j)\equiv \frac{a-q_0-q_j}{2},\ j\neq i \tag{5.2}$$

反応関数の傾きはそれぞれ $\frac{\partial r_0(q_1,q_2)}{\partial q_i}=-1<0;\ i=1,2$ と $\frac{\partial r_i(q_0,q_j)}{\partial q_k}=-\frac{1}{2}<0;\ k=0,j$ である．反応関数 (5.1) と (5.2) を連立し，クールノー均衡とその下での諸変数を求めると表5.1の通り．

公企業の生産量	$q_0^{(s,s,s)}$	$a-3c$
私企業 1 の生産量	$q_1^{(s,s,s)}$	c
私企業 2 の生産量	$q_2^{(s,s,s)}$	c
総生産量	$Q^{(s,s,s)}$	$a-c$
価格	$p^{(s,s,s)}$	c
公企業の利潤	$\pi_0^{(s,s,s)}$	0
私企業 1 の利潤	$\pi_1^{(s,s,s)}$	c^2
私企業 2 の利潤	$\pi_2^{(s,s,s)}$	c^2
社会厚生	$W^{(s,s,s)}$	$\frac{(a-c)^2+4c^2}{2}$

表 5.1: Case A: 同時手番クールノー競争 ($(t_0,t_1,t_2)=(s,s,s)$)

5.1.2 Case B: 公企業と私企業 1 が先手同時手番→私企業 2 が後手番 ($(t_0,t_1,t_2)=(s,s,t)$)

公企業と私企業 1 がリーダーの逐次手番競争下の最適解を，後向き推論により求める．生産量決定の第 2 期に，フォロワーである私企業 2 の利潤最大化より反応関数 (5.2) を得る．生産量決定の第 1 期に，リーダーの公企業は $q_2=r_2(q_0,q_1)$ を考慮に入れて，社会厚生を最大化する．同様に第 1 期にリーダーの私企業 1 も $q_2=r_2(q_0,q_1)$ を考慮に入れて，利潤最大化する．従って，公企業の社会厚生最大化と私企業 1 の利潤最大化の 1 階条件は，以下の通り．

$$\frac{\partial W(q_0,r_2(q_0,q_1))}{\partial q_0}=(a-Q)(1+\frac{\partial r_2(q_0,q_1)}{\partial q_0})-c=0\Leftrightarrow q_0=a-4c-q_1 \tag{5.3}$$

$$\frac{\partial \pi_1(q_1,r_2(q_0,q_1))}{\partial q_1}=a-Q-(1+\frac{\partial r_2(q_0,q_1)}{\partial q_1})q_1=0\Leftrightarrow q_1=\frac{a-q_0}{2} \tag{5.4}$$

(5.3) と (5.4) を連立して $(q_0,q_1)=(a-8c,\ 4c)$ を得る．Case B の諸変数は表5.2の通り．

公企業の生産量	$q_0^{(s,s,t)}$	$a-8c$
私企業 1 の生産量	$q_1^{(s,s,t)}$	$4c$
私企業 2 の生産量	$q_2^{(s,s,t)}$	$2c$
総生産量	$Q^{(s,s,t)}$	$a-2c$
価格	$p^{(s,s,t)}$	$2c$
公企業の利潤	$\pi_0^{(s,s,t)}$	$(a-8c)c$
私企業 1 の利潤	$\pi_1^{(s,s,t)}$	$8c^2$
私企業 2 の利潤	$\pi_2^{(s,s,t)}$	$4c^2$
社会厚生	$W^{(s,s,t)}$	$\frac{(a-c)^2+11c^2}{2}$

表 5.2: Case B: 公企業と私企業 1 が先手同時手番→私企業 2 が後手番 ($(t_0,t_1,t_2)=(s,s,t)$)

5.1.3 Case C: 公企業が先手番→両私企業が後手同時手番 ($(t_0,t_1,t_2)=(s,t,t)$)

公企業のみがリーダーの逐次手番競争の時，生産量決定の第 2 期に，フォロワーである私企業 1 と 2 の利潤最大化より，反応関数 (5.2)，$q_1=r_1(q_0,q_2)$, $q_2=r_2(q_0,q_1)$ を得る．連立して $q_1\equiv r_1(q_0)=\frac{a-q_0}{3}$, $q_2\equiv r_2(q_0)=\frac{a-q_0}{3}$, $r_1'(q_0)=r_2'(q_0)=-\frac{1}{3}<0$．生産量決定の第 1 期に，リーダーである公企業は $q_1=r_1(q_0)$, $q_2=r_2(q_0)$ を考慮に入れて，社会厚生を最大化する．社会厚生最大化の 1 階条件は以下の通り．

$$\frac{dW(q_0,r_1(q_0),r_2(q_0))}{dq_0}=(a-Q)(1+\frac{\partial r_1(q_0)}{\partial q_0}+\frac{\partial r_2(q_0)}{\partial q_0})-c=0\Leftrightarrow q_0=a-9c \tag{5.5}$$

(5.5) を $q_1=r_1(q_0)$, $q_2=r_2(q_0)$ に代入し $(q_1,q_2)=(3c,\ 3c)$ を得る．Case C の諸変数は表5.3の通り．

公企業の生産量	$q_0^{(s,t,t)}$	$a-9c$
私企業 1 の生産量	$q_1^{(s,t,t)}$	$3c$
私企業 2 の生産量	$q_2^{(s,t,t)}$	$3c$
総生産量	$Q^{(s,t,t)}$	$a-3c$
価格	$p^{(s,t,t)}$	$3c$
公企業の利潤	$\pi_0^{(s,t,t)}$	$2(a-9c)c$
私企業 1 の利潤	$\pi_1^{(s,t,t)}$	$9c^2$
私企業 2 の利潤	$\pi_2^{(s,t,t)}$	$9c^2$
社会厚生	$W^{(s,t,t)}$	$\frac{(a-c)^2+8c^2}{2}$

表 5.3: Case C: 公企業が先手番→両私企業が後手同時手番 ($(t_0,t_1,t_2)=(s,t,t)$)

5.1.4 Case D: 公企業→私企業 1 →私企業 2 ($(t_0,t_1,t_2)=(s,t,u)$)

公企業→私企業 1 →私企業 2 の逐次手番ゲームを後向き推論により解く．生産量決定の第 3 期に，私企業 2 の反応関数は (5.2) より，$q_2=r_2(q_0,q_1)\equiv\frac{a-q_0-q_1}{2}$ である．生産量決定の第 2 期に，私企業 1 は私企業 2 の反応関数 $q_2=r_2(q_0,q_1)$ を考慮に入れて，利潤最大化する．利潤最大化の 1 階条件は以下の通り．

$$\frac{\partial\pi_1(q_1,r_2(q_0,q_1))}{\partial q_1}=a-Q-(1+\frac{\partial r_2(q_0,q_1)}{\partial q_1})q_1=0\Leftrightarrow q_1=\frac{a-q_0}{2} \tag{5.6}$$

(5.6) を $q_2=r_2(q_0,q_1)$ に代入すると，$q_2=\frac{a-q_0}{4}$ を得る．生産量決定の第 1 期に，公企業は $q_1\equiv r_1(q_0)=\frac{a-q_0}{2}$, $q_2\equiv r_2(q_0)=\frac{a-q_0}{4}$ を考慮に入れて，社会厚生を最大化する．[9] 社会厚生最大化の 1 階条件は以下の通り．

$$\frac{dW(q_0,r_1(q_0),r_2(q_0))}{dq_0}=(a-Q)(1+\frac{\partial r_1(q_0)}{\partial q_0}+\frac{\partial r_2(q_0)}{\partial q_0})-c=0\Leftrightarrow q_0=a-16c \tag{5.7}$$

(5.7) を $q_1=r_1(q_0)$, $q_2=r_2(q_0)$ に代入し $(q_1,q_2)=(8c,\ 4c)$ を得る．Case D の諸変数は表5.4の通り．

5.1.5 Case E: 両私企業が先手同時手番→公企業が後手番 ($(t_0,t_1,t_2)=(t,s,s)$)

両私企業がリーダーの逐次手番競争の時，生産量決定の第 2 期に，フォロワーである公企業の社会厚生最大化より反応関数 (5.1) を得る．生産量決定の第 1 期に，リーダーの両私企業は $q_0=r_0(q_1,q_2)$ を考慮に入れて利潤最大化する．$q_0=r_0(q_1,q_2)\Leftrightarrow Q=a-c$ より総生産量は常に一定なので，私企業利潤は $\pi_i=(a-Q)q_i=cq_i$．従って私企業は $q_1+q_2=a-c=Q$ となるよう両企業で総生産量を

[9] 厳密には，Case C と Case D とで定義されている反応関数，$r_1(q_0)$ と $r_2(q_0)$ は，ケースに依存して異なる関数であるので，記号を変えて区別する必要がある．しかし記号の節約のため，誤解のない限り本稿では，各ケース毎に $r_1(q_0)$ と $r_2(q_0)$ を定義するものとみなして，以下では分析を行う．

公企業の生産量	$q_0^{(s,t,u)}$	$a-16c$
私企業 1 の生産量	$q_1^{(s,t,u)}$	$8c$
私企業 2 の生産量	$q_2^{(s,t,u)}$	$4c$
総生産量	$Q^{(s,t,u)}$	$a-4c$
価格	$p^{(s,t,u)}$	$4c$
公企業の利潤	$\pi_0^{(s,t,u)}$	$3(a-16c)c$
私企業 1 の利潤	$\pi_1^{(s,t,u)}$	$32c^2$
私企業 2 の利潤	$\pi_2^{(s,t,u)}$	$16c^2$
社会厚生	$W^{(s,t,u)}$	$\frac{(a-c)^2+15c^2}{2}$

表 5.4: Case D: 公企業→私企業 1 →私企業 2 ($(t_0,t_1,t_2)=(s,t,u)$)

全て生産する．私企業は同質的なので等しい生産量を生産するものとする．従って，$q_1=q_2=\frac{a-c}{2}$．一方公企業は $q_0=r_0(q_1,q_2)$ に従い生産しない ($q_0=0$)．Case E の諸変数は表5.5の通り．

公企業の生産量	$q_0^{(t,s,s)}$	0
私企業 1 の生産量	$q_1^{(t,s,s)}$	$\frac{a-c}{2}$
私企業 2 の生産量	$q_2^{(t,s,s)}$	$\frac{a-c}{2}$
総生産量	$Q^{(t,s,s)}$	$a-c$
価格	$p^{(t,s,s)}$	c
公企業の利潤	$\pi_0^{(t,s,s)}$	0
私企業 1 の利潤	$\pi_1^{(t,s,s)}$	$\frac{(a-c)c}{2}$
私企業 2 の利潤	$\pi_2^{(t,s,s)}$	$\frac{(a-c)c}{2}$
社会厚生	$W^{(t,s,s)}$	$\frac{(a+c)(a-c)}{2}$

表 5.5: Case E: 両私企業が先手同時手番→公企業が後手番 ($(t_0,t_1,t_2)=(t,s,s)$)

5.1.6 Case F: 私企業 1 が先手番→公企業と私企業 2 が後手同時手番 ($(t_0,t_1,t_2)=(t,s,t)$)

私企業 1 がリーダーの逐次手番競争の時，生産量決定の第 2 期に，フォロワーである公企業の社会厚生最大化と私企業 2 の利潤最大化より，それぞれ反応関数 (5.1), $q_0=r_0(q_1,q_2)$ と (5.2), $q_2=r_2(q_0,q_1)$ を得る．連立して $q_0\equiv r_0(q_1)=a-2c-q_1$, $q_2=c$．私企業 2 の生産量はリーダー私企業 1 の生産量に依存せず，常に c となる．生産量決定の第 1 期に，リーダーである私企業 1 は $q_0=r_0(q_1)$, $q_2=c$ を考慮に入れて，利潤最大化する．$q_0=r_0(q_1)\Leftrightarrow Q=a-c$ と総生産量は常に一定なので，私企業 1 の利潤は $\pi_1=(a-Q)q_1=cq_1$．従って私企業 1 は，最大限生産するのが利潤最大化なので，$q_1=a-c-q_2=a-2c$ を生産する．一方公企業は $q_0=r_0(q_1)$ に従い生産しない ($q_0=0$)．Case F の諸変数は表5.6の通り．

公企業の生産量	$q_0^{(t,s,t)}$	0
私企業 1 の生産量	$q_1^{(t,s,t)}$	$a-2c$
私企業 2 の生産量	$q_2^{(t,s,t)}$	c
総生産量	$Q^{(t,s,t)}$	$a-c$
価格	$p^{(t,s,t)}$	c
公企業の利潤	$\pi_0^{(t,s,t)}$	0
私企業 1 の利潤	$\pi_1^{(t,s,t)}$	$(a-2c)c$
私企業 2 の利潤	$\pi_2^{(t,s,t)}$	c^2
社会厚生	$W^{(t,s,t)}$	$\frac{(a+c)(a-c)}{2}$

表 5.6: Case F: 私企業 1 が先手番→公企業と私企業 2 が後手同時手番 ($(t_0,t_1,t_2)=(t,s,t)$)

5.1.7 Case G: 私企業 1 →公企業→私企業 2 ($(t_0,t_1,t_2)=(t,s,u)$)

私企業 1 →公企業→私企業 2 の逐次手番ゲームを後向き推論により解く．生産量決定の第 3 期に，私企業 2 の反応関数は (5.2) より，$q_2=r_2(q_0,q_1)\equiv\frac{a-q_0-q_1}{2}$．生産量決定の第 2 期に，公企業は私企業 2 の反応関数 $q_2=r_2(q_0,q_1)$ を考慮に入れて，社会厚生を最大化する．社会厚生最大化の 1 階条件は以下の通り．

$$\frac{\partial W(q_0,r_2(q_0,q_1))}{\partial q_0}=(a-Q)(1+\frac{\partial r_2(q_0,q_1)}{\partial q_0})-c=0\Leftrightarrow q_0=a-4c-q_1 \tag{5.8}$$

(5.8) を $q_2=r_2(q_0,q_1)$ に代入し $q_2=2c$ を得る．私企業 2 の生産量はリーダー私企業 1 の生産量に依存せず，常に $2c$ となる．生産量決定の第 1 期に，私企業 1 は $q_0\equiv r_0(q_1)=a-4c-q_0, q_2=2c$ を考慮に入れて，利潤最大化する．$q_0=r_0(q_1)\Leftrightarrow q_0+q_1=a-2c$ は一定で $q_2=c$ より，総生産量は $Q=a-c$ であり，私企業 1 の利潤は $\pi_1=cq_1$．従って企業 1 は，最大限生産するのが利潤最大化なので $q_1=a-2c$ を生産する．一方公企業は $q_0=r_0(q_1)$ に従い生産しない ($q_0=0$)．Case G の諸変数は表5.7の通り．

公企業の生産量	$q_0^{(t,s,u)}$	0
私企業 1 の生産量	$q_1^{(t,s,u)}$	$a-2c$
私企業 2 の生産量	$q_2^{(t,s,u)}$	c
総生産量	$Q^{(t,s,u)}$	$a-c$
価格	$p^{(t,s,u)}$	c
公企業の利潤	$\pi_0^{(t,s,u)}$	0
私企業 1 の利潤	$\pi_1^{(t,s,u)}$	$(a-2c)c$
私企業 2 の利潤	$\pi_2^{(t,s,u)}$	c^2
社会厚生	$W^{(t,s,u)}$	$\frac{(a+c)(a-c)}{2}$

表 5.7: Case G: 私企業 1 →公企業→私企業 2 ($(t_0,t_1,t_2)=(t,s,u)$)

5.1.8 Case H: 私企業 1 →私企業 2 →公企業 ($(t_0,t_1,t_2) = (u,s,t)$)

私企業 1 →私企業 2 →公企業の逐次手番ゲームを後向き推論により解く．生産量決定の第 3 期に，公企業の反応関数は (5.1) より，$q_0 = r_0(q_1,q_2) \equiv a-c-q_1-q_2$．生産量決定の第 2 期に，私企業 2 は公企業の反応関数 $q_0 = r_0(q_1,q_2)$ を考慮に入れて，利潤最大化する．$q_0 = r_0(q_1,q_2) \Leftrightarrow Q = a-c$ と総生産量は常に一定なので，私企業 2 の利潤は $\pi_2 = cq_2$ である．従って私企業 2 は，私企業 1 の生産量 q_1 を所与として公企業に生産させず，自らは最大限生産するのが利潤最大化する生産水準となる ($q_2 = a-c-q_1$)．生産量決定の第 1 期に，私企業 1 は $q_0 \equiv r_0(q_1) = a-c-q_1-q_2$ を考慮に入れて，利潤最大化する．私企業 1 の利潤は $\pi_1 = cq_1$ なので，企業 1 は他社に生産させず最大限生産するのが利潤最大化となる．従って $q_1 = a-c$ を生産する．一方公企業と私企業 2 の生産量は $(q_0,\ q_2) = (0,0)$ である．Case H の諸変数は表5.8の通り．

公企業の生産量	$q_0^{(u,s,t)}$	0
私企業 1 の生産量	$q_1^{(u,s,t)}$	$a-c$
私企業 2 の生産量	$q_2^{(u,s,t)}$	0
総生産量	$Q^{(u,s,t)}$	$a-c$
価格	$p^{(u,s,t)}$	c
公企業の利潤	$\pi_0^{(u,s,t)}$	0
私企業 1 の利潤	$\pi_1^{(u,s,t)}$	$(a-c)c$
私企業 2 の利潤	$\pi_2^{(u,s,t)}$	0
社会厚生	$W^{(u,s,t)}$	$\frac{(a+c)(a-c)}{2}$

表 5.8: Case H: 私企業 1 →私企業 2 →公企業 ($(t_0,t_1,t_2) = (u,s,t)$)

5.1.9 全 8 ケース（Case A から Case H まで）の社会厚生と私企業利潤の比較

5.1.1節から5.1.8節において計算した 8 ケースの結果を踏まえて，社会厚生の大きさを比較すると次式が成立する．

$$W^{(t,s,s)} = W^{(t,s,t)} = W^{(t,s,u)} = W^{(u,s,t)} > W^{(s,t,u)} > W^{(s,s,t)} > W^{(s,t,t)} > W^{(s,s,s)} \tag{5.9}$$

社会厚生の大きさは順に，Case E = Case F = Case G = Case H > Case D > Case B > Case C > Case A である．[10] 公企業が私企業（ここでは私企業 1）に対して後手番であれば，社会厚生は全てのケースで同じとなり最も高くなる．公企業にとっては私企業に対して常に後手番が望ましいという，後発者優位 (second-mover advantage) の状況が成立している．一方，公企業が同時手番を含む先手番になっている時には，私企業同士が逐次手番になっている時の方 (Case D, Case B) が，

[10] $a \gg c$ であるとする．この不等式が成立するために厳密には，$W^{(t,s,s)} > W^{(s,t,u)} \Leftrightarrow a > \frac{17}{2}c$ であることが必要である．

私企業同士の同時手番 (Case C, Case A) よりも高いことが確認できる．このことは，逐次手番の方が同時手番よりも私企業の生産量をコントロールし易いためであると推測される．私企業が同時手番クールノー競争するよりも逐次手番で競争した方が，公企業にとって望ましい．理由は，公企業にとって自社生産量の調整を通じて影響を与えられる企業が 1 社しか存在しない方が，総生産量の調整を通じた社会厚生最大化を行い易いからである．

次に私企業利潤を比較する．まず，私企業のうち先手番である私企業 1 の利潤を比較する．表5.1から表5.8の私企業 1 の利潤より，次式が成立する．

$$\pi_1^{(u,s,t)} > \pi_1^{(t,s,t)} = \pi_1^{(t,s,u)} > \pi_1^{(t,s,s)} > \pi_1^{(s,t,u)} > \pi_1^{(s,t,t)} > \pi_1^{(s,s,t)} > \pi_1^{(s,s,s)} \tag{5.10}$$

私企業 1 の利潤の大きさは順に，Case H > Case F = Case G > Case E > Case D > Case C > Case B > Case A である．[11] 私企業 1 にとっては，公企業が後手番である方 (Case E, Case F, Case G, Case H) が先手番 (Case A, Case B, Case C, Case D) よりも利潤が高くなる．また私企業 2 との競争において，逐次手番の方が同時手番よりも利潤は高くなる傾向にあるが，例外も存在する．例えば，Case F と Case G は Case E よりも利得が高い．また Case D は Case C よりも，Case B は Case A よりも利得が高い．従って私企業 1 には他の企業に対して，先手番が望ましい先発者優位 (first-mover advantage) の状況がいくつかのケースで存在している．

次に，私企業のうち後手番である私企業 2 の利潤を比較する．表5.1から表5.8の私企業 2 の利潤により，次式が成立する．

$$\pi_2^{(t,s,s)} > \pi_2^{(s,t,u)} > \pi_2^{(s,t,t)} > \pi_2^{(s,s,t)} > \pi_2^{(s,s,s)} = \pi_2^{(t,s,t)} = \pi_2^{(t,s,u)} > \pi_2^{(u,s,t)} \tag{5.11}$$

私企業 2 の利潤の大きさは順に，Case E > Case D > Case C > Case B > Case A = Case F = Case G > Case H である．[12] 私企業 2 にとっては，公企業が後手番で私企業 1 と同時手番の時 (Case E) に最も利潤が高い．それ以外には，私企業 1 が公企業よりも先手番である時，私企業 2 の利潤は低い．公企業が先手番の時は，私企業 2 は後手番を選ぶ方が利潤が高くなる．例えば，Case B は Case A よりも利潤が高く，Case D は Case C よりも利潤が高い．従って私企業 2 にとって，先手番と後手番のどちらが望ましいかは，他の公企業と私企業 1 の手番の順番に依存して異なる．

以下では，社会厚生と私企業利潤について (5.9)–(5.11) の大小関係の結果を踏まえて，全 8 ケースがそれぞれ SPNE かどうかをチェックする．もし公企業，私企業 1, 私企業 2 のいずれかが，タイミングを変えることで利得（社会厚生と私企業利潤）が増加するならば，元のタイミング選択は均衡ではない．こうしたタイミング選択に関する逸脱が起こるか否かを，(5.9)–(5.11) の不等式により確認する．

---

[11] $\pi_1^{(t,s,s)} > \pi_1^{(s,t,u)} \Leftrightarrow a > 65c.$

[12] $\pi_2^{(t,s,s)} > \pi_2^{(s,t,u)} \Leftrightarrow a > 33c.$

1. Case A: 全企業が同時手番のクールノー競争 ($(t_0,t_1,t_2)=(s,s,s)$)
$W^{(t,s,s)} > W^{(s,t,t)} > W^{(s,s,s)}$ より，公企業は先手番もしくは後手番のいずれかに逸脱することで，必ず社会厚生を増加させることができる．従って Case A は SPNE ではありえない．
2. Case B: 公企業と私企業 1 が先手同時手番→私企業 2 が後手番 ($(t_0,t_1,t_2)=(s,s,t)$)
$W^{(t,s,t)} > W^{(s,s,t)}$ より，公企業は私企業 2 と同時手番を選択する逸脱により，必ず社会厚生を増加させることができる．従って Case B も SPNE ではあり得ない．
3. Case C: 公企業が先手番→両私企業が後手同時手番 ($(t_0,t_1,t_2)=(s,t,t)$)
逸脱が望ましいかどうかは，選択できる期間の長さに依存する．もし $T=2$ 期ならば，$W^{(s,t,t)} > W^{(s,s,s)}$ かつ $\pi_1^{(s,t,t)} > \pi_1^{(s,s,t)}$ なので逸脱は起こらず，SPNE となる．$T \geq 3$ 期以上の場合，逸脱が起こるかどうかは状況に依存する．
4. Case D: 公企業→私企業 1 →私企業 2 ($(t_0,t_1,t_2)=(s,t,u)$)
$W^{(t,s,t)} > W^{(s,t,u)}$ より，公企業は私企業 2 と同じ手番を選択する逸脱により，必ず社会厚生を増加させることができる．従って Case D も SPNE ではあり得ない．
5. Case E: 両私企業が先手同時手番→公企業が後手番 ($(t_0,t_1,t_2)=(t,s,s)$)
$W^{(t,s,s)}$ は社会厚生が最も高いので，公企業は決して逸脱しない．同様に私企業 2 についても，$\pi_2^{(t,s,s)}$ は企業利潤が最も高いので，私企業 2 は決して逸脱しない．私企業 1 が逸脱するか否かは，選択できる期間の長さに依存する．もし $T=2$ 期ならば，$\pi_1^{(t,s,s)} = \pi_2^{(t,s,s)} > \pi_1^{(t,t,s)} = \pi_2^{(t,s,t)}$ より，私企業は決して逸脱せず SPNE となる．$T \geq 3$ 期以上の場合，逸脱が起こるかどうかは状況に依存する．
6. Case F: 私企業 1 が先手番→公企業と私企業 2 が後手同時手番 ($(t_0,t_1,t_2)=(t,s,t)$)
$\pi_2^{(t,s,s)} > \pi_2^{(t,s,t)}$ より，私企業 2 は私企業 1 と同じ手番を選択する逸脱により，必ず企業利潤を増加させることができる．従って Case F は SPNE ではあり得ない．
7. Case G: 私企業 1 →公企業→私企業 2 ($(t_0,t_1,t_2)=(t,s,u)$)
$\pi_2^{(t,s,s)} > \pi_2^{(t,s,u)}$ より，私企業 2 は私企業 1 と同じ手番を選択する逸脱により，必ず企業利潤を増加させることができる．従って Case G も SPNE ではあり得ない．
8. Case H: 私企業 1 →私企業 2 →公企業 ($(t_0,t_1,t_2)=(u,s,t)$)
$\pi_2^{(t,s,s)} > \pi_2^{(u,s,t)}$ より，私企業 2 は私企業 1 と同じ手番を選択する逸脱により，必ず企業利潤を増加させることができる．従って Case H も SPNE ではあり得ない．

上記の結果より，期間 T に関わらず Case A, Case B, Case D, Case F, Case G, Case H は，SPNE にはなり得ないことが示された．

5.2　$T = 2$ 期の結果

生産量決定のタイミングが 2 期間の時に，起こり得る全ての状況は，期間が 2 通り，企業が 3 種類で $2^3 = 8$ 通りだが，私企業は同質的なので 2 つのケースが重複している．このため $8 - 2 = 6$ 通りとなる．$T = 2$ 期のタイミング選択のゲームにおいては，3 段階のタイミングのケース，Case D, Case G, Case H は起こり得ない．従って以下の 6 ケースだけを検討すればよい．図5.3を参照せよ．

1. Case A: 第 1 期の同時手番クールノー競争 ($(t_0, t_1, t_2) = (1, 1, 1)$)
2. Case A’: 第 2 期の同時手番クールノー競争 ($(t_0, t_1, t_2) = (2, 2, 2)$)
3. Case B: 公企業と私企業 1 が先手同時手番→私企業 2 が後手番 ($(t_0, t_1, t_2) = (1, 1, 2)$)
4. Case C: 公企業が先手番→両私企業が後手同時手番 ($(t_0, t_1, t_2) = (1, 2, 2$)
5. Case E: 両私企業が先手同時手番→公企業が後手番 ($(t_0, t_1, t_2) = (2, 1, 1)$)
6. Case F: 私企業 1 が先手番→公企業と私企業 2 が後手同時手番 ($(t_0, t_1, t_2) = (2, 1, 2)$)

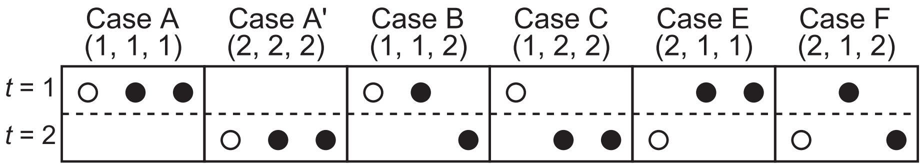

図 5.3: 私企業 $N = 2$ 社，期間 $T = 2$ 期における起こり得る全ての状況

さらに既に論じたように，Case A, Case A’, Case B, Case F は SPNE ではないので，Case C, Case E だけを検討すればよい．この 2 ケースについて SPNE であることを確認する．

1. Case C $(1, 2, 2)$
   公企業が $t = 2$ に逸脱しても社会厚生は低下する ($W^{(1,2,2)} > W^{(1,1,1)}$)．私企業が $t = 1$ に逸脱しても利潤は低下する ($\pi_1^{(1,2,2)} > \pi_1^{(1,1,2)}$)．従って，公企業・私企業はどちらも逸脱する誘因がないので，Case C は SPNE である．
2. Case E $(2, 1, 1)$
   公企業は最も高い社会厚生 ($W^{2,1,1}$) を実現しており，逸脱する誘因がない．私企業が $t = 2$ に逸脱しても利潤は低下する ($\pi_2^{(2,1,1)} > \pi_2^{(2,1,2)}$)．従って，公企業・私企業はどちらも逸脱する誘因がないので，Case E は SPNE である．

上記の結果より，私企業数 $N = 1$ 社，生産時期の選択期間 $T = 2$ 期を扱った5.2節の結論を以下の通り要約できる．第一に，同時手番クールノー競争 $(1, 1, 1)$, $(2, 2, 2)$ は SPNE ではない．これは，Pal (1998) の Proposition 3.1 の結論である．第二に，Case C $(1, 2, 2)$ は SPNE である．Pal (1998) の Proposition 3.3, 3.4 の結論に対応する．第三に，Case E $(2, 1, 1)$ は SPNE である．Pal (1998) の Proposition 3.2 の結論に対応する．

5.3 $T = 3$ 期の結果

続いて，生産量決定のタイミングが 3 期の時に起こり得る全ての状況を特定化する．起こり得る全ての状況は，既に5.1節の図5.1で示したように，$3^3 = 27$ 通り存在する．しかし期間 T に関わらず，Case A, Case B, Case D, Case F, Case G, Case H は，均衡にはなり得ないことが示されているので，均衡として起こり得る可能性のある Case C, Case E だけを挙げると，表5.4の通りとなる．Case C と Case E に限って，以下の 6 つのタイミングを考察する．

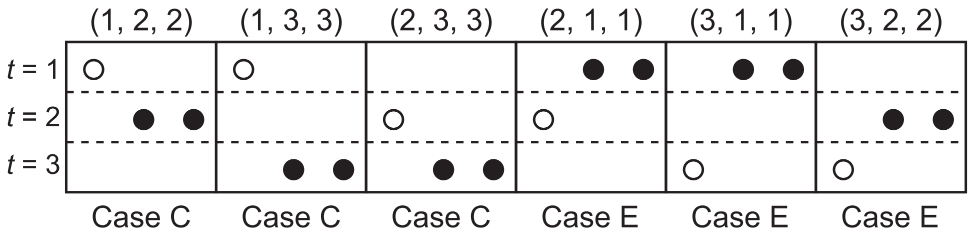

図 5.4: 私企業 $N = 2$ 社，期間 $T = 3$ 期における Case C と Case E

1. Case C：公企業が先手番→両私企業が後手同時手番が 3 通り
   $((t_0, t_1, t_2) = (1,2,2), (1,3,3), (2,3,3))$
2. Case E: 両私企業が先手同時手番→公企業が後手番が 3 通り
   $((t_0, t_1, t_2) = (2,1,1), (3,1,1), (3,2,2))$

以下 6 つのタイミングで，それぞれが SPNE になるか否かを確認する．

1. Case C $(1,2,2)$
   公企業が $t = 3$ に逸脱すると社会厚生は増加するので，$(1,2,2)$ は SPNE ではない
   $(W^{(3,2,2)} > W^{(1,2,2)})$.
2. Case C $(1,3,3)$
   私企業 1 が $t = 2$ に逸脱すると利潤は増加するので，$(1,3,3)$ は SPNE ではない
   $(\pi_1^{(1,2,3)} > \pi_1^{(1,2,2)})$.
3. Case C $(2,3,3)$
   私企業 1 が $t = 1$ に逸脱すると利潤は増加するので，$(2,3,3)$ は SPNE ではない
   $(\pi_1^{(2,1,3)} > \pi_1^{(1,2,2)})$.
4. Case E $(2,1,1)$
   公企業の社会厚生は最大 $(W^{t,s,s})$ なので，公企業は決して逸脱しない．私企業 2 の利潤（私企業 1 と同じ）も最大 $(\pi_2^{t,s,s})$ なので，私企業も決して逸脱しない．従って $(2,1,1)$ は SPNE である．

5. Case E $(3,1,1)$
   公企業の社会厚生は最大 $(W^{t,s,s})$ なので，公企業は決して逸脱しない．私企業 2 の利潤（私企業 1 と同じ）も最大 $(\pi_2^{t,s,s})$ なので，私企業も決して逸脱しない．従って $(3,1,1)$ は SPNE である．
6. Case E $(3,2,2)$
   公企業の社会厚生は最大 $(W^{t,s,s})$ なので，公企業は決して逸脱しない．私企業 1 が $t=1$ に逸脱すると利潤は増加するので，$(3,2,2)$ は SPNE ではない $(\pi_1^{(3,1,2)} > \pi_1^{(3,2,2)})$.

私企業数 $N=1$ 社，生産時期の選択期間 $T=3$ 期における結論は以下の通りである．第一に，同時手番クールノー競争は SPNE ではない．第二に，公企業が先手番→両私企業が後手同時手番 (Case C) も SPNE ではない．第三に，両私企業が先手同時手番→公企業が後手番 (Case E) のうち，$(2,1,1)$ と $(3,1,1)$ のみが SPNE である．これらの結論は，Pal (1998) の Proposition 4.1 の結論と対応している．全私企業が第 1 期に同時手番競争し，公企業がそれに続く期に生産するのが唯一の SPNE である．

5.4 $T \geq 4$ 期の結果

生産量決定のタイミングが一般的な $T \geq 4$ 期を考察する時，起こり得る全ての状況は $T=3$ 期の全組合せ 27 通りを超えて大幅に増加する．しかし期間 T に関わらず，Case A, Case B, Case D, Case F, Case G, Case H は SPNE にはなり得ない．さらに5.3節で，$T=3$ 期において，Case C も均衡ではなく，SPNE は Case E のうち，$(2,1,1)$ と $(3,1,1)$ だけであった．従って SPNE となり得るケースは，私企業が同時手番で第 1 期に生産し，公企業がその後の後手番に生産するケースのみとなる．すなわち，$(t,1,1)$ のケースが唯一の SPNE である．表5.5の通り．

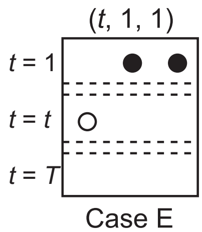

図 5.5: 私企業 $N=2$ 社，期間 $T \geq 4$ 期において SPNE となる Case E

ここで，Case E $(t,1,1)$ が SPNE であることを確認する．公企業の社会厚生は最大 $(W^{t,s,s})$ なので，公企業は決して逸脱しない．私企業 2 の利潤（私企業 1 と同じ）も最大 $(\pi_2^{t,s,s})$ なので，私企業も決して逸脱しない．従って $(t,1,1)$ は SPNE である．

私企業数 $N=1$ 社，生産時期の選択期間 $T \geq 4$ 期における結論をまとめると，両私企業が先手同時手番→公企業が後手番 (Case E) の $(t,1,1)$ が唯一の SPNE であることが言える．この結論も，

Pal (1998) の Proposition 4.1 の結論に相当する．

6 私企業 $N \geq 3$ 社のケース

6.1 対称均衡の考察

第6節では，私企業数が $N \geq 3$ 社のケースにおける SPNE を考察する．初めに6.1節では，対称均衡に注目して起こり得る状況を全て記述する．公企業 1 社で私企業 1 社の時に起こり得る全ての状況は $2^2 = 4$ 通り，私企業 2 社の時は $3^3 = 27$ 通りであった．公企業 1 社，同質的な私企業 $N \geq 3$ 社の混合複占競争の下で，起こり得る全ての状況は，$N+1$ 期間に $N+1$ 社がどのタイミングで生産するかに依存して，$(N+1)^{N+1}$ 通りと膨大な数になる．膨大なケースを考察するのを避けるため，私企業が $N \geq 3$ 社のケースでは，同質的私企業は同じ生産のタイミングを選択するものと考え，私企業の生産量決定のタイミングが同じである対称均衡に限定して考察を行う．私企業 N 社の生産タイミングは同一なので対称均衡下では，公企業が私企業と同じタイミングか，先手番か後手番かによって，合計 3 通りの状況が起こり得る．以下では私企業の生産タイミングの表記として，誤解がない場合には $\mathbf{t}_i \equiv (t_i, \cdots, t_i)$ のようにベクトルで表現するものとする（$\mathbf{t}_i$ は全要素が t_i の N 次元ベクトル）．[13] 図6.1を参照せよ．

1. 全企業が同時手番のクールノー競争 ($(t_0, \mathbf{t}_i) = (t, \mathbf{t})$)
2. 公企業リーダーのシュタッケルベルク競争 ($(t_0, \mathbf{t}_i) = (t, \mathbf{u})$)
3. 私企業リーダーのシュタッケルベルク競争 ($(t_0, \mathbf{t}_i) = (u, \mathbf{t})$)

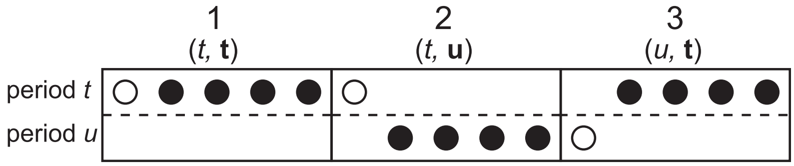

図 6.1: 私企業 $N \geq 3$ 社のケースにおける対称均衡

公企業の目的は社会厚生 (3.3), $W = aQ - \frac{1}{2}Q^2 - cq_0$, $Q = \sum_{i=0}^{N} q_i$ の最大化，私企業の目的は自身の利潤 (3.2), $\pi_i = (a-Q)q_i$; $i = 1, \cdots, N$ の最大化である．以下，全 3 ケースのサブゲームにおける競争結果を順に述べる．

[13] 太字体 ($\mathbf{t}$) はベクトルを表す．

6.1.1　同時手番クールノー競争 $((t_0,\mathbf{t}_i)=(t,\mathbf{t}))$

同時手番クールノー競争下で，公企業の社会厚生最大化と私企業 i の利潤最大化の 1 階条件はそれぞれ，以下の通り．

$$\frac{\partial W}{\partial q_0}=a-Q-c=0\Leftrightarrow q_0=r_0(\sum_{i=1}^{N}q_i)\equiv a-c-\sum_{i=1}^{N}q_i \tag{6.1}$$

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i}=a-Q-q_i=0\Leftrightarrow q_i=r_i(\sum_{j\neq i}q_j)\equiv\frac{a-q_0-\sum_{j\neq i,0}q_j}{2} \tag{6.2}$$

反応関数の傾きはそれぞれ $r_0'=-1<0$ と $r_1'=-\frac{1}{2}<0$ である．私企業は同質的なので $q_i\equiv q$ より，(6.2) は次式を満たす．

$$q=r(q_0)\equiv\frac{a-q_0}{N+1} \tag{6.3}$$

(6.1) と (6.3) を連立し，クールノー均衡を求めると表6.1の通り．[14]

公企業の生産量	$q_0^{(t,\mathbf{t})}$	$a-(N+1)c$
私企業の生産量	$q^{(t,\mathbf{t})}$	c
総生産量	$Q^{(t,\mathbf{t})}$	$a-c$
価格	$p^{(t,\mathbf{t})}$	c
公企業の利潤	$\pi_0^{(t,\mathbf{t})}$	0
私企業の利潤	$\pi^{(t,\mathbf{t})}$	c^2
社会厚生	$W^{(t,\mathbf{t})}$	$\frac{(a-c)^2+2Nc^2}{2}$

表 6.1: 同時手番クールノー競争 $((t_0,\mathbf{t}_i)=(t,\mathbf{t}))$

6.1.2　公企業リーダーのシュタッケルベルク競争 $((t_0,\mathbf{t}_i)=(t,\mathbf{u}))$

公企業がリーダーのシュタッケルベルク競争下の最適解を，後向き推論により求める．生産量決定の第 2 期に，フォロワーである私企業の利潤最大化より反応関数 (6.3) を得る．生産量決定の第 1 期に，リーダーである公企業は $q=r(q_0)$ を考慮に入れて，社会厚生を最大化する．社会厚生最大化の 1 階条件は以下の通り．

$$\frac{dW}{dq_0}=(a-Q)(1+Nr')-c=0\Leftrightarrow q_0=a-(N+1)^2c \tag{6.4}$$

(6.4) を $q=r(q_0)$ に代入して $q=(N+1)c$ を得る．[15] 競争結果は表6.2の通り．

---

[14] $q_0>0\Leftrightarrow a>(N+1)c$.

[15] $q_0>0\Leftrightarrow a>(N+1)^2c$.

公企業の生産量	$q_0^{(t,\mathbf{u})}$	$a-(N+1)^2c$
私企業の生産量	$q_1^{(t,\mathbf{u})}$	$(N+1)c$
総生産量	$Q^{(t,\mathbf{u})}$	$a-(N+1)c$
価格	$p^{(t,\mathbf{u})}$	$(N+1)c$
公企業の利潤	$\pi_0^{(t,\mathbf{u})}$	$N(a-(N+1)^2c)c$
私企業の利潤	$\pi^{(t,\mathbf{u})}$	$(N+1)^2c^2$
社会厚生	$W^{(t,\mathbf{u})}$	$\frac{(a-c)^2+N(N+2)c^2}{2}$

表 6.2: 公企業リーダーのシュタッケルベルク競争 $((t_0,\mathbf{t}_i)=(t,\mathbf{u}))$

6.1.3 私企業リーダーのシュタッケルベルク競争 $((t_0,\mathbf{t}_i)=(u,\mathbf{t}))$

私企業がリーダーのシュタッケルベルク競争下の最適解を求める．生産量決定の第 2 期に，フォロワーである公企業の社会厚生最大化より反応関数 (6.1) を得る．生産量決定の第 1 期に，リーダーである私企業は $q_0=r_0(\sum_{i=1}^N q_i)$ を考慮に入れて，利潤最大化する．$q_0=r_0(\sum_{i=1}^N q_i)\Leftrightarrow Q=q_0+\sum_{i=1}^N q_i=a-c$ より総生産量は常に一定なので，私企業利潤は $\pi=(a-Q)q=cq$ である．従って，q を大きくして総生産量が $Q=a-c$ となるまで生産するのが利潤最大化である．私企業は同質的なので等しい生産量を生産するものとする．従って $q=\frac{a-c}{N}$ である．一方公企業は $q_0=r_0(\sum_{i=1}^N q_i)$ に従い生産しない $(q_0=0)$．競争結果は表6.3の通り．

公企業の生産量	$q_0^{(u,\mathbf{t})}$	0
私企業の生産量	$q_1^{(u,\mathbf{t})}$	$\frac{a-c}{N}$
総生産量	$Q^{(u,\mathbf{t})}$	$a-c$
価格	$p^{(u,\mathbf{t})}$	c
公企業の利潤	$\pi_0^{(u,\mathbf{t})}$	0
私企業の利潤	$\pi^{(u,\mathbf{t})}$	$\frac{(a-c)c}{N}$
社会厚生	$W^{(u,\mathbf{t})}$	$\frac{(a+c)(a-c)}{2}$

表 6.3: 私企業リーダーのシュタッケルベルク競争 $((t_0,\mathbf{t}_i)=(u,\mathbf{t}))$

6.1.4　3ケース ($(t,\mathbf{t}), (t,\mathbf{u}), (u,\mathbf{t})$) における社会厚生と私企業利潤の比較

6.1.1節から6.1.3節において計算した3ケースの結果を踏まえて，$(t,\mathbf{t}), (t,\mathbf{u}), (u,\mathbf{t})$ の社会厚生を比較すると次式を得る．[16]

$$W^{(u,\mathbf{t})}=\frac{(a-c)^2+2(a-c)c}{2}>W^{(t,\mathbf{u})}=\frac{(a-c)^2+N(N+2)c^2}{2}>W^{(t,\mathbf{t})}=\frac{(a-c)^2+2Nc^2}{2} \tag{6.5}$$

社会厚生の大きさは，私企業数 $N=1$ 社のケースと同様に，1. 私企業リーダーのシュタッケルベルク競争，2. 公企業リーダーのシュタッケルベルク競争，3. 同時手番クールノー競争の順である．

次に私企業利潤を比較すると次式が成立する．

$$\pi^{(u,\mathbf{t})}=\frac{(a-c)c}{N}>\pi^{(t,\mathbf{u})}=(N+1)^2c^2>\pi^{(t,\mathbf{t})}=c^2 \tag{6.6}$$

私企業利潤の大きさも，社会厚生の大きさ順と同様，1. 私企業リーダーのシュタッケルベルク競争，2. 公企業リーダーのシュタッケルベルク競争，3. 同時手番クールノー競争の順である．

以下では，上記3ケースがSPNEかどうかのチェックを行う．もし公企業か私企業のいずれかが，タイミングを変えることで利得（社会厚生と私企業利潤）が増加するならば，元のタイミング選択は均衡ではない．こうしたタイミング選択に関する逸脱が起こるか否かを，(6.5) と (6.6) の不等式により確認する．

1. 両企業が同時手番クールノー競争 ($(t_0,\mathbf{t}_i)=(t,\mathbf{t})$)
   (6.5) より $W^{(u,\mathbf{t})}>W^{(t,\mathbf{u})}>W^{(t,\mathbf{t})}$ なので，公企業は先手番もしくは後手番のいずれかに逸脱することで，必ず社会厚生を増加させることができる．従って同時手番クールノー競争 $(t,\mathbf{t})$ は均衡ではありえない．
2. 公企業リーダーのシュタッケルベルク競争 ($(t_0,\mathbf{t}_i)=(t,\mathbf{u})$)
   逸脱が望ましいかどうかは，選択できる期間の長さと私企業数 N に依存する．以下，$T=1,2$ 期と $T\geq 3$ 期以上に分けて考察する．
3. 私企業リーダーのシュタッケルベルク競争 ($(t_0,\mathbf{t}_i)=(u,\mathbf{t})$)
   $W^{(u,t)}$ は社会厚生が最も高いので，公企業は決して逸脱しない．$\pi_1^{(u,t)}$ は企業利潤が最も高いが，対称均衡から私企業が1社だけ逸脱する可能性を検討する必要がある．以下，$T=2$ 期と $T\geq 3$ 期以上に分けて考察する．

上記の結果より，期間 T に関わらず同時手番クールノー競争 $(t,\mathbf{t})$ は，SPNEにはなり得ないことが示された．

[16] $a\gg c$ の下で不等式は成立する．(6.5) より，厳密には $a>\frac{N^2+2N+2}{N}c$ ($a>(N+1)c$) であれば $W^{(u,\mathbf{t})}>W^{(t,\mathbf{u})}$ ($W^{(u,\mathbf{t})}>W^{(t,\mathbf{t})}$) が成立する．同様に (6.6) において，$a>(1+N(N+1)^2)c$ ($a>(N+1)c$) であれば $\pi_1^{(u,\mathbf{t})}>\pi_1^{(t,\mathbf{u})}$ ($\pi_1^{(u,\mathbf{t})}>\pi_1^{(t,\mathbf{t})}$) が成立する．このように，社会厚生または私企業利潤の大小関係は，a と c の相対的な大小関係に依存することは注意すべき点である．

6.2 $T = 2$ 期の結果

生産量決定のタイミングが 2 期間の時に起こり得る状況は，期間が 2 通り，公企業と私企業（私企業同士が同時手番の対称均衡のみ扱う）が 2 種類で，$2 \times 2 = 4$ 通りである．以下の 4 ケースが存在する．

1. 第 1 期の同時手番クールノー競争 ($(t_0, \mathbf{t}_i) = (1, \mathbf{1})$)
2. 第 2 期の同時手番クールノー競争 ($(t_0, \mathbf{t}_i) = (2, \mathbf{2})$)
3. 第 1 期に公企業，第 2 期に私企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0, \mathbf{t}_i) = (1, \mathbf{2})$)
4. 第 1 期に私企業，第 2 期に公企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0, \mathbf{t}_i) = (2, \mathbf{1})$)

このうち既に見たように，同時手番クールノー競争 $(1, \mathbf{1})$ と $(2, \mathbf{2})$ は SPNE ではあり得ない．従って残りのシュタッケルベルク競争 $(1, \mathbf{2})$ と $(2, \mathbf{1})$ について，SPNE かどうかを検討する．図6.2を参照せよ．

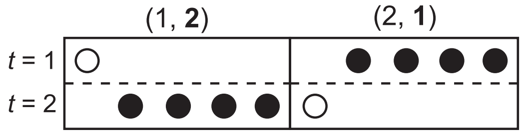

図 6.2: 私企業 $N \geq 3$ 社，期間 $T = 2$ 期におけるシュタッケルベルク競争

6.2.1節と6.2.2節でそれぞれ，$(1, \mathbf{2})$ と $(2, \mathbf{1})$ が SPNE となるかどうか逸脱可能性を確認する．

6.2.1 第 1 期に公企業，第 2 期に私企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0, \mathbf{t}_i) = (1, \mathbf{2})$)

(6.5) より $W^{(1,\mathbf{2})} > W^{(2,\mathbf{2})}$ であるので，公企業が $t = 2$ 期を選ぶと社会厚生が低下する．従って公企業は逸脱しない．次に，私企業 1 が逸脱して $t = 1$ 期を選ぶ状況を考える．この時の生産時期選択のタイミングを，$(t_0, t_1, \mathbf{t}_{-1}) = (1, 1, \mathbf{2})$ で表す．$\mathbf{t}_{-1}$ は，t_1 を除いた残りの $(N-1)$ 企業の同じ生産タイミングを表す $(N-1)$ 次元ベクトルである ($\mathbf{t}_{-1} = (t_2, \cdots, t_N) = (t, \cdots, t)$)．図で表すと $(1, \mathbf{2})$ から私企業 1 が逸脱する状況は，図6.3で表現される．

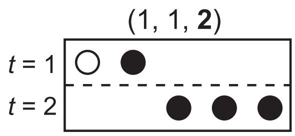

図 6.3: $(1, \mathbf{2})$ からの私企業 1 の逸脱 $(1, 1, \mathbf{2})$

$(1,1,\mathbf{2})$ の計算結果を求める．生産量決定の第 2 期に，公企業と私企業 1 の生産量 (q_0,q_1) を所与とした，フォロワー私企業 $i=2,\cdots,N$ の利潤最大化の 1 階条件は以下の通り．

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i}=a-Q-q_i=0\Leftrightarrow q_i=r_i(\sum_{j\neq i}q_j)\equiv\frac{a-q_0-q_1-\sum_{j\neq 0,1,i}q_j}{2} \tag{6.7}$$

フォロワー私企業は同質的なので $q_i\equiv q$ であり，(6.7) は次式を満たす．

$$q=r(q_0,q_1)\equiv\frac{a-q_0-q_1}{N} \tag{6.8}$$

$r'\equiv\frac{\partial r}{\partial q_i}=-\frac{1}{N}<0$ である．生産量決定の第 1 期に，リーダーである公企業と私企業 1 は $q=r(q_0,q_1)$ を考慮に入れて，それぞれ社会厚生と利潤を最大化する．公企業の社会厚生最大化と私企業 1 の利潤最大化の 1 階条件は，以下の通り．

$$\frac{\partial W}{\partial q_0}=(a-Q)(1+(N-1)r')-c=0\Leftrightarrow q_0=a-N^2c-q_1 \tag{6.9}$$

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial q_1}=a-Q-(1+(N-1)r')q_1=0\Leftrightarrow q_1=\frac{a-q_0}{2} \tag{6.10}$$

(6.9) と (6.10) を連立して $q_0=a-2N^2c, q_1=N^2c$．[17] (6.7) に (q_0,q_1) を代入して $q=Nc$．競争結果は表6.4にまとめられる．

公企業の生産量	$q_0^{(1,1,\mathbf{2})}$	$a-2N^2c$
私企業 1 の生産量	$q_1^{(1,1,\mathbf{2})}$	N^2c
私企業 i の生産量	$q^{(1,1,\mathbf{2})}$	Nc
総生産量	$Q^{(1,1,\mathbf{2})}$	$a-Nc$
価格	$p^{(1,1,\mathbf{2})}$	Nc
公企業の利潤	$\pi_0^{(1,1,\mathbf{2})}$	$(N-1)(a-2N^2c)c$
私企業 1 の利潤	$\pi_1^{(1,1,\mathbf{2})}$	N^3c^2
私企業 i の利潤	$\pi^{(1,1,\mathbf{2})}$	N^2c^2
社会厚生	$W^{(1,1,\mathbf{2})}$	$\frac{(a-c)^2+(3N^2-1)c^2}{2}$

表 6.4: $(1,\mathbf{2})$ からの企業 1 の逸脱 $((t_0,t_1,\mathbf{t}_{-1})=(1,1,\mathbf{2}))$

$(1,\mathbf{2})$ と $(1,1,\mathbf{2})$ の私企業 1 の利潤を比較すると，次の不等式が成立する．

$$\pi_1^{(1,\mathbf{2})}=(N+1)^2c^2\gtrless\pi_1^{(1,1,\mathbf{2})}=N^3c^2\Leftrightarrow(N+1)^2\gtrless N^3 \tag{6.11}$$

(6.11) より $N=1,2$ の時，$(N+1)^2>N^3$ であり，$N\geq 3$ の時，$(N+1)^2<N^3$ が成立する．従って，$N=1,2$ の時は $\pi_1^{(1,\mathbf{2})}>\pi_1^{(1,1,\mathbf{2})}$ が成立し，私企業 1 は決して逸脱しない．$N=1,2$ の時は，$(1,\mathbf{2})$ は SPNE となる．一方 $N\geq 3$ の時 $\pi_1^{(1,\mathbf{2})}<\pi_1^{(1,1,\mathbf{2})}$ が成立するので，私企業は逸脱する．従って $N\geq 3$

[17] $q_0>0\Leftrightarrow a>2N^2c$.

の時，$(1,\mathbf{2})$ は SPNE にはならない．既に本論文の以前の節，第 4節と第5節において，$N=1,2$ の時にそれぞれ $(1,2)$ と $(1,2,2)$ が SPNE となることを示した．$N \geq 3$ においては，$(1,\mathbf{2})$ が SPNE とはならない点は注意が必要である．

6.2.2　第 1 期に私企業，第 2 期に公企業の逐次手番シュタッケルベルク競争 ($(t_0,\mathbf{t}_i)=(2,\mathbf{1})$)

(6.5) より $W^{(2,\mathbf{1})} > W^{(1,\mathbf{1})}$ であるので，公企業が $t=1$ 期を選ぶと社会厚生が低下する．従って公企業は逸脱しない．私企業 1 が逸脱して $t=2$ 期を選ぶ状況を考える．この時のタイミングを $(t_0,t_1,\mathbf{t}_{-1})=(2,2,\mathbf{1})$ で表す．図で表すと私企業 1 が逸脱する時は，図6.4で表現される．

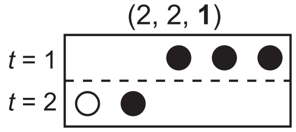

図 6.4: $(2,\mathbf{1})$ からの私企業 1 の逸脱 $(2,2,\mathbf{1})$

$(2,2,\mathbf{1})$ の計算結果を求める．生産量決定の第 2 期に，私企業 $i=2,\cdots,N$ の生産量 q_i を所与として，フォロワーの公企業と私企業 1 はそれぞれ社会厚生と利潤を最大化する．公企業の社会厚生最大化と私企業 1 の利潤最大化の 1 階条件は，以下の通り．

$$\frac{\partial W}{\partial q_0} = a - Q - c = 0 \Leftrightarrow q_0 = r_0(\sum_{i=1}^{N} q_i) \equiv a - c - \sum_{i=1}^{N} q_i \tag{6.12}$$

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial q_1} = a - Q - q_1 = 0 \Leftrightarrow q_1 = r_1(\sum_{j\neq 1}^{N} q_j) \equiv \frac{a - \sum_{j\neq 1}^{N} q_j}{2} \tag{6.13}$$

(6.12) と (6.13) を連立し (q_0,q_1) について解くと次式を得る．

$$(q_0,\ q_1) = (a - 2c - \sum_{j\neq 0,1}^{N} q_j,\ c) \tag{6.14}$$

第 2 期の私企業 1 の生産量は私企業 q_i, $i=2,\cdots,N$ の生産量に依存せず，常に $q_1=c$ である．生産量決定の第 1 期に，リーダーである私企業 $i=2,\cdots,N$ は (6.14) の結果を考慮に入れて利潤最大化する．$q_0=r_0(\sum_{i=1}^{N}) \Leftrightarrow Q=a-c$ より総生産量は常に一定なので，私企業 i の利潤は $\pi_i=(a-Q)q_i=cq_i$ である．従って，q_i を大きくして総生産量が $Q=a-c$ となるまで生産することで，利潤最大化する．総生産量のうち私企業 1 の生産量は $q_1=c$ なので，$\sum_{j\neq i} q_j = a-2c$ である．私企業は同質的なので，等しい生産量を生産するものとする ($q_i \equiv q$)．従って $q=\frac{a-2c}{N-1}$．一方公企業は $q_0=r_0(\sum_{i=1}^{N})$ に従い生産しない ($q_0=0$)．競争結果は表6.5にまとめられる．

公企業の生産量	$q_0^{(2,2,\mathbf{1})}$	0
私企業 1 の生産量	$q_1^{(2,2,\mathbf{1})}$	c
私企業 i の生産量	$q^{(2,2,\mathbf{1})}$	$\frac{a-2c}{N-1}$
総生産量	$Q^{(2,2,\mathbf{1})}$	$a-c$
価格	$p^{(2,2,\mathbf{1})}$	c
公企業の利潤	$\pi_0^{(2,2,\mathbf{1})}$	0
私企業 1 の利潤	$\pi_1^{(2,2,\mathbf{1})}$	c^2
私企業 i の利潤	$\pi^{(2,2,\mathbf{1})}$	$\frac{(a-2c)c}{N-1}$
社会厚生	$W^{(2,2,\mathbf{1})}$	$\frac{(a+c)(a-c)}{2}$

表 6.5: $(2,\mathbf{1})$ からの企業 1 の逸脱 ($(t_0,t_1,\mathbf{t}_{-1})=(2,2,\mathbf{1})$)

$(2,\mathbf{1})$ と $(2,2,\mathbf{1})$ の私企業 1 の利潤を比較すると，次の不等式が成立する．[18]

$$\pi_1^{(2,\mathbf{1})}=\frac{(a-c)c}{N}>\pi_1^{(2,2,\mathbf{1})}=c^2 \tag{6.15}$$

(6.15) より私企業 1 は決して逸脱しない．従って $(2,\mathbf{1})$ は SPNE である．

6.2.3　$T=2$ 期の結論の要約

対称均衡に議論を限定し，公企業と私企業 1 社が逸脱する全ての可能性を検討すると，私企業数 $N\geq 3$ 社，生産時期の選択期間 $T=2$ 期を扱った6.2節の結論は，以下の通り要約できる．第一に，Pal (1998) の Proposition 3.1 で示されているように，同時手番クールノー競争 $(1,\mathbf{1})$ と $(2,\mathbf{2})$ は SPNE ではない．第二に，Pal (1998) の Proposition 3.3, 3.4 で示されているように，公企業リーダーの逐次手番シュタッケルベルク競争 $(1,\mathbf{2})$ は，$N\leq 2$ の時 SPNE である．$N\geq 3$ の時は SPNE にはならない．第三に，Pal (1998) の Proposition 3.2, 3.4 の結論として，私企業リーダーの逐次手番シュタッケルベルク競争 $(2,\mathbf{1})$ は SPNE である．但し，Pal (1998) 等の内生的タイミングを扱う論文では，対称均衡に議論を限るとは明示的には書かれていない．また起こり得る全ての逸脱可能性が包括的に検討されてはいない．この節では全ての逸脱可能性について検討することにより，$(2,\mathbf{1})$ においてのみ逸脱が起こらないことを確認した．

6.3　$T\geq 3$ 期の結果

最後に，生産量決定のタイミングが $T\geq 3$ 期の時に，起こり得る状況を考察し SPNE を特定する．既に前節6.2節の $T=2$ 期の議論で確認したように，同時手番クールノー競争 $(t,\mathbf{t})$ は SPNE ではない．また私企業数 $N\geq 3$ においては，公企業リーダーの逐次手番シュタッケルベルク競争 $(t,\mathbf{u})$

[18] $\pi_1^{(2,\mathbf{1})}>\pi_1^{(2,2,\mathbf{1})}\Leftrightarrow a>(N+1)c.$

は，SPNE ではない．[19] 私企業数 $N \geq 3$ 社の下では，全私企業リーダーの逐次手番シュタッケルベルク競争 $(u, \mathbf{t})$ だけが，SPNE の候補である．従って以下では $(u, \mathbf{t})$ からの逸脱だけを考える．[20]

(6.5) より，$W^{(u,\mathbf{t})}$ は社会厚生が最も高いので公企業は逸脱する誘因をもたない．従って私企業 1 の逸脱の可能性を考える．逸脱可能性は次の 4 ケースである．上記 4 通りの逸脱を図6.5に示す．

1. 私企業 1 が公企業と同じ後手番を選択する逸脱 ($(u, \mathbf{t}) \to (u, u, \mathbf{t})$)
2. 私企業 1 が他の私企業より先手番で生産する逸脱 ($(u, \mathbf{t}) \to (u, s, \mathbf{t})$)
3. 私企業 1 が他の私企業より後手番，公企業よりも先手番で生産する逸脱 ($(u, \mathbf{s}) \to (u, t, \mathbf{s})$)
4. 私企業 1 が公企業より後手番で生産する逸脱 ($(t, \mathbf{s}) \to (t, u, \mathbf{s})$)

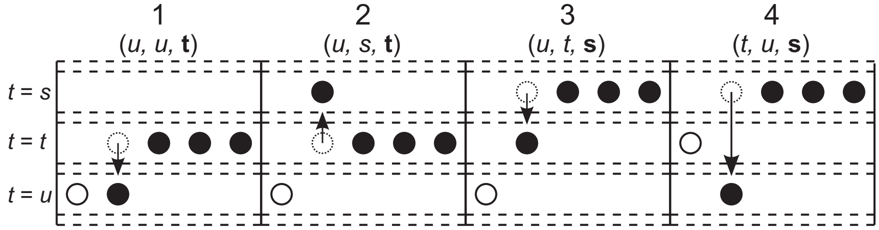

図 6.5: 私企業 $N \geq 3$ 社，期間 $T \geq 3$ 期における $(u, \mathbf{t})$ からの逸脱

1 番目の逸脱のケースは，既に6.2節の $T = 2$ 期間の状況において，私企業が $(2, \mathbf{1})$ から $(2, 2, \mathbf{1})$ に逸脱しないことを確認した．従ってこの逸脱は起こり得ない．残りの 3 ケースの逸脱について，以下それぞれ競争結果を順に述べる．

6.3.1 Case 2: 私企業 1 →私企業 i →公企業 ($(t_0, t_1, \mathbf{t}_{-1}) = (u, s, \mathbf{t})$)

生産量決定の第 3 期に，公企業の反応関数は (6.1) より，$q_0 = r_0(\sum_{i=1}^N q_i) \equiv a - c - \sum_{i=1}^N q_i$．生産量決定の第 2 期に，私企業 i は公企業の反応関数 $q_0 = r_0(\sum_{i=1}^N q_i)$, を考慮に入れて，利潤最大化する．$q_0 = r_0(\sum_{i=1}^N q_i) \Leftrightarrow Q = a - c$ より総生産量は常に一定なので，私企業 i の利潤は $\pi_i = c q_i$ である．従って私企業 i は，私企業 1 の生産量 q_1 を所与として公企業に生産させず，自らは最大限生産するのが利潤最大化生産水準である．すなわち $\sum_{j \neq 0,1} q_j = a - c - q_1$ が成立する．生産量決定の第 1 期に，私企業 1 は $q_0 = 0, \sum_{j \neq 0,1} q_j = a - c - q_1$ を考慮に入れて，利潤最大化する．私企業 1 の利潤は $\pi_1 = c q_1$ なので，企業 1 は他社に生産させず最大限生産するのが利潤最大化となる．従って $q_1 = a - c$ を生産する．一方公企業と私企業 i の生産量は $(q_0,\ q_i) = (0, 0)$ である．競争結果は表6.6にまとめられる．

[19] $N = 1, 2$ において，$(t, \mathbf{u})$ が SPNE になることは，第 4節と第5節で確認済みなのでこの節では繰り返さない．
[20] タイミングとしては，$(u, \mathbf{t})$ と $(t, \mathbf{s})$, $(u, \mathbf{s})$ は同一であることに留意せよ．

公企業の生産量	$q_0^{(u,s,\mathbf{t})}$	0
私企業 1 の生産量	$q_1^{(u,s,\mathbf{t})}$	$a-c$
私企業 i の生産量	$q^{(u,s,\mathbf{t})}$	0
総生産量	$Q^{(u,s,\mathbf{t})}$	$a-c$
価格	$p^{(u,s,\mathbf{t})}$	c
公企業の利潤	$\pi_0^{(u,s,\mathbf{t})}$	0
私企業 1 の利潤	$\pi_1^{(u,s,\mathbf{t})}$	$(a-c)c$
私企業 i の利潤	$\pi^{(u,s,\mathbf{t})}$	0
社会厚生	$W^{(u,s,\mathbf{t})}$	$\frac{(a+c)(a-c)}{2}$

表 6.6: Case 2: 私企業 1 →私企業 i →公企業 ($(t_0,t_1,\mathbf{t}_{-1})=(u,s,\mathbf{t})$)

$(u,\mathbf{t})$ と $(u,s,\mathbf{t})$ の私企業 1 の利潤を比較すると，次の不等式が成立する．[21]

$$\pi_1^{(u,s,\mathbf{t})}=(a-c)c>\pi_1^{(u,\mathbf{t})}=\frac{(a-c)c}{N} \tag{6.16}$$

(6.16) より私企業 1 は逸脱する．従って $(u,\mathbf{t})$ は，もしこの種の逸脱が私企業に可能であれば，SPNE にはならない．Case 2 の逸脱が生じるのは，私企業が $\mathbf{t}=\mathbf{1}$ 以外を選択している時である．従って，$(u,\mathbf{1})$; $u>1$ だけが SPNE となり得る．反対に $(u,\mathbf{t})$; $\mathbf{t}\neq\mathbf{1}$ は，SPNE となり得ない．

6.3.2　Case 3: 私企業 i →私企業 1 →公企業 ($(t_0,t_1,\mathbf{t}_{-1})=(u,t,\mathbf{s})$)

生産量決定の第 3 期に，公企業の反応関数は (6.1) より，$q_0=r_0(\sum_{i=1}^N q_i)\equiv a-c-\sum_{i=1}^N q_i$ である．生産量決定の第 2 期に，私企業 1 は公企業の反応関数 $q_0=r_0(\sum_{i=1}^N q_i)$, を考慮に入れて，利潤最大化する．$q_0=r_0(\sum_{i=1}^N q_i)\Leftrightarrow Q=a-c$ より総生産量は常に一定なので，私企業 1 の利潤は $\pi_1=cq_1$ である．従って私企業 1 は，他の私企業 i の生産量 q_i を所与として公企業に生産させず，自らは最大限生産するのが利潤最大化生産水準である．すなわち $q_1=a-c-\sum_{j\neq 0,1}q_j$ が成立する．生産量決定の第 1 期に，私企業 i は $q_0=0, q_1=a-c-\sum_{j\neq 0,1}q_j$ を考慮に入れて，利潤最大化する．私企業 i の利潤は $\pi_i=cq_i$ なので，企業 i は私企業 1 に生産させず最大限生産するのが利潤最大化となる．私企業 i は同質的なので，総生産量 $Q=a-c$ を $N-1$ 社で等しく生産するものとする．従って $q_i=\frac{a-c}{N-1}$ を生産する．一方公企業と私企業 1 の生産量は $(q_0,\ q_1)=(0,0)$ である．競争結果は表 6.7にまとめられる．

$(u,\mathbf{t})$ と $(u,t,\mathbf{s})$ の私企業 1 の利潤を比較すると，明らかに次の不等式が成立する．

$$\pi_1^{(u,\mathbf{t})}=\frac{(a-c)c}{N}>\pi_1^{(u,t,\mathbf{s})}=0 \tag{6.17}$$

(6.17) より私企業 1 は決してこの種の逸脱を行わない．

[21] この不等式は，a と c の大小関係に依存せず常に成立する．

公企業の生産量	$q_0^{(u,t,\mathbf{s})}$	0
私企業 1 の生産量	$q_1^{(u,t,\mathbf{s})}$	0
私企業 i の生産量	$q^{(u,t,\mathbf{s})}$	$\frac{a-c}{N-1}$
総生産量	$Q^{(u,t,\mathbf{s})}$	$a-c$
価格	$p^{(u,t,\mathbf{s})}$	c
公企業の利潤	$\pi_0^{(u,t,\mathbf{s})}$	0
私企業 1 の利潤	$\pi_1^{(u,t,\mathbf{s})}$	0
私企業 i の利潤	$\pi^{(u,t,\mathbf{s})}$	$\frac{(a-c)c}{N-1}$
社会厚生	$W^{(u,t,\mathbf{s})}$	$\frac{(a+c)(a-c)}{2}$

表 6.7: Case 3: 私企業 i →私企業 1 →公企業 $((t_0,t_1,\mathbf{t}_{-1})=(u,t,\mathbf{s}))$

6.3.3 Case 4: 私企業 i →公企業→私企業 1 $((t_0,t_1,\mathbf{t}_{-1})=(t,u,\mathbf{s}))$

生産量決定の第 3 期に，私企業の反応関数は (6.2) より，$q_1=r_1(\sum_{j\neq i}^N q_j)\equiv\frac{a-q_0-\sum_{j\neq 0,1}^N q_j}{2}$ である．生産量決定の第 2 期に，公企業は私企業 1 の反応関数 $q_1=r_1(\sum_{j\neq i}^N q_j)$ を考慮に入れて，社会厚生を最大化する．社会厚生最大化の 1 階条件は以下の通り．

$$\frac{\partial W}{\partial q_0}=(a-Q)(1+r_1')-c=0\Leftrightarrow q_0=r_0(\sum_{j\neq 0,1}^N q_j)\equiv a-2c-\sum_{j\neq 0,1}^N q_j \tag{6.18}$$

(6.18) を (6.17) に代入して $q_1=c$ を得る．生産量決定の第 1 期に，私企業 i は $q_0=a-2c-\sum_{j\neq 0,1}^N q_j$，$q_1=c$ を考慮に入れて，利潤最大化する．$Q=q_0+q_1+\sum_{j\neq 0,1}^N q_j=a-c$ となり総生産量は常に一定である．私企業 i の利潤は $\pi_i=cq_i$ なので，企業 i は公企業に生産させず，私企業 1 が $q_1=c$ を生産するのを所与として最大限生産するのが利潤最大化となる．私企業 i は同質的なので，総生産量 $Q=a-c$ から $q_1=c$ を引いた $Q-q_1=a-2c$ を，$N-1$ 社で等しく生産するものとする．従って $q_i=\frac{a-2c}{N-1}$ を生産する．一方公企業と私企業 1 の生産量は $(q_0,\ q_1)=(0,c)$ である．競争結果は表 6.8にまとめられる．

公企業の生産量	$q_0^{(t,u,\mathbf{s})}$	0
私企業 1 の生産量	$q_1^{(t,u,\mathbf{s})}$	c
私企業 i の生産量	$q^{(t,u,\mathbf{s})}$	$\frac{a-2c}{N-1}$
総生産量	$Q^{(t,u,\mathbf{s})}$	$a-c$
価格	$p^{(t,u,\mathbf{s})}$	c
公企業の利潤	$\pi_0^{(t,u,\mathbf{s})}$	0
私企業 1 の利潤	$\pi_1^{(t,u,\mathbf{s})}$	c^2
私企業 i の利潤	$\pi^{(t,u,\mathbf{s})}$	$\frac{(a-2c)c}{N-1}$
社会厚生	$W^{(t,u,\mathbf{s})}$	$\frac{(a+c)(a-c)}{2}$

表 6.8: Case 4: 私企業 i →公企業→私企業 1 $((t_0,t_1,\mathbf{t}_{-1})=(t,u,\mathbf{s}))$

$(u,\mathbf{t})$ と $(t,u,\mathbf{s})$ の私企業 1 の利潤を比較すると，次の不等式が成立する．[22]

$$\pi_1^{(u,\mathbf{t})} = \frac{(a-c)c}{N} > \pi_1^{(t,u,\mathbf{s})} = c^2 \tag{6.19}$$

(6.19) より私企業 1 は決してこの種の逸脱を行わない．

6.3.4　$T \geq 3$ 期の結論の要約

公企業が逸脱しない対称均衡 $(u,\mathbf{t})$ に議論を限定し，私企業 1 社が逸脱する全ての可能性を検討すると，上記 Case 1 から Case 4 までにおいて，逸脱が起こるのは Case 2 のみであることがわかる．従って，$(t,\mathbf{1})$（$(u,\mathbf{1})$ とタイミングは同一である）のみが SPNE であることが示された．この結果から，私企業数 $N \geq 3$ 社，生産時期の選択期間 $T \geq 3$ 期を扱った6.3節における結論は，両私企業が先手同時手番→公企業が後手番の $(t,\mathbf{1})$ のみが唯一の SPNE であることが結論付けられる．この生産タイミングだけが SPNE であるという結論は，Pal (1998) の Proposition 4.1 で示されているが，全ての逸脱可能性について包括的に検討し，逸脱する可能性がないことを6.3節では明らかにした．

7　結論と今後の課題

本論文は，混合寡占市場の下で公企業と私企業が生産時期を内生的に選択する内生的タイミングについて，既存研究の分析をまとめる形で再考察を行った．特に既存研究では全てのサブゲーム完全均衡を導出していないという問題があり，本論文では全てのサブゲーム完全均衡について，起こり得る全ての逸脱可能性を考察し包括的な均衡導出を行った．本論文の内容をまとめると次の通りである．第一に，私企業数が 1 社の場合の起こり得る全ての状況を記述し，私企業リーダーのシュタッケルベルク競争と，公企業が第 1 期，私企業が最終期を選択するシュタッケルベルク競争の 2 つが，SPNE になることを確認した．第二に，私企業数が 2 社の場合の起こり得る全ての状況を記述し，全私企業が先手同時手番，公企業が後手番となる逐次手番競争のみが SPNE になることを確認した．第三に，私企業数が一般的な N 社のケースで，全私企業が同じタイミングを選択する対称均衡を考察し，起こり得る企業の逸脱を全て検討することにより，全私企業が先手同時手番，公企業が後手番となる逐次手番競争のみが，対称均衡における唯一の SPNE となることを確認した．

本論文が示唆することとして，SPNE を考察する際には次の二点に注意する必要がある．第一に，SPNE かどうかを確認する際，公企業と私企業それぞれにとっての起こり得る全ての逸脱可能性を，厳密に考慮する必要がある．Pal (1998) を初めとする既存研究の多くが，起こり得る全ての

[22] $\pi_1^{(u,\mathbf{t})} > \pi_1^{(t,u,\mathbf{s})} \Leftrightarrow a > (N+1)c.$

均衡からの逸脱について必ずしも厳密に考慮していない傾向がある．これが均衡の記載漏れに繋がったと言える．第二に，既存研究では需要規模が公企業の限界費用よりもはるかに大きいという前提の下で，社会厚生や私企業利潤を比較して分析が行われてきた．しかしながら，この前提が満たされなければ結論が異なる点には注意が必要である．Pal (1998) 等の内生的タイミングの均衡結果は，常に成立するものではなく，あくまでも需要関数や限界費用のパラメータに依存している点に，留意が必要である．

最後に，混合寡占市場の下での内生的タイミングに関する，今後の分析課題と拡張可能性に言及して筆を擱く．第一に，本論文では国内混合寡占市場に限定して議論を行った．しかし既に，Lu (2006, 2007b) の論文では，外国私企業が存在する国際混合寡占市場の下での内生的タイミングが分析されている．外国私企業の存在により，サブゲーム完全均衡を特定するのはさらに議論が複雑になると予想されるが，起こり得る全ての逸脱可能性を網羅的に考慮し，どの生産時期決定のタイミングが均衡となるかを確認することは，存在する全ての均衡を特定し，均衡導出の遺漏を防ぐ上で重要である．第二に，内生的タイミングを分析した論文はほとんどが，明確な結論を出すために線形需要関数・線形費用関数の下で分析を行っている．先行研究の概説で紹介したように，需要関数・費用関数一般化のケースを分析した論文もない訳ではないが少なく，また明確な結論を提示することが困難である．しかし需要関数・費用関数一般化へと拡張することは，研究課題の一つである．特に，脚注 2 で説明したように，限界費用を一定として公企業と私企業とに費用格差が存在するという仮定は，分析の簡単化のためであり，内生的タイミングについて分析しない混合寡占市場を扱う論文の多くが，費用関数が 2 次関数であるとして分析を行っている．費用格差が存在する下では，公企業の生産量がゼロとなり生産活動から撤退してしまうというケースが，いくつかのケース（私企業リーダーのシュタッケルベルク競争など）で生じてしまっている．こうした公企業が撤退してしまう極端で非現実的なケースを排除するため，費用格差のないイコール・フッティング (equal footing) な競争を想定し，費用逓増の費用関数を導入することは，公企業と私企業間の混合寡占市場を分析する上で，より適したモデル化だと思われる．従って，2 次関数のような費用逓増の費用関数を導入し，公企業と私企業との間に費用格差が存在しない時に，内生的タイミングがどうなるかを分析することは，今後のより現実的なもう一つの研究課題である．

謝辞

本論文を完成させるに当たり，名古屋大学経済学部で開催された第 1 回混合寡占市場研究会において，多数の先生より有益な助言を頂いた．特に，研究会代表者の國崎 稔先生（愛知大学経済学部）と柳原 光芳先生（名古屋大学大学院経済学研究科），加藤 秀弥先生（龍谷大学経済学部），篠崎 剛先生（東北学院大学経済学部）から，混合寡占理論のモデルの拡張可能性について有益なコメントを頂いた．また松山大学で開催された第 40 回 NIESG (Nagoya International Economic Study Group) 定例研究会において，混合寡占市場の理論的課題について参加者から有益なコメントを多数頂いた．ここに記して感謝の意を表したい．本論文に有り得べき誤謬は全て筆者に帰する．本研究は，科学研究費（基盤研究 (C)）No. 25380286 の助成を受けている．

参考文献

[1] 都丸 善央 (2014) 『公私企業間競争と民営化の経済分析』，勁草書房

[2] 山崎 将太 (2008) 『混合寡占市場における公企業の民営化と経済厚生』，三菱経済研究所

[3] Amir, Rabah and De Feo, Giuseppe (2007) “Endogenous Timing in a Mixed Duopoly,” *International Journal of Game Theory*, 43(3), 629–658.

[4] De Fraja, Giovanni and Delbono, Flavio (1989) “Alternative Strategies of a Public Enterprise in Oligopoly,” *Oxford Economic Papers*, 41(2), 302–311.

[5] Fjell, Kenneth and Heywood, John S. (1996) “Public Stackelberg Leadership in a Mixed Oligopoly with Foreign Firms,” *Australian Economic Papers*, 41(3), 267–281.

[6] Fjell, Kenneth and Pal, Debashis (1996) “A Mixed Oligopoly in the Presence of Foreign Private Firms,” *Canadian Journal of Economics*, 29(3), 737–743.

[7] Hamilton, Jonathan H. and Slutsky, Steven M. (1990) “Endogenous Timing in Duopoly Games: Stackelberg or Cournot Equilibria,” *Games and Economic Behavior*, 2(1), 29–46.

[8] Jacques, Armel (2004) “Endogenous Timing in a Mixed Oligopoly: A Forgotten Equilibrium,” *Economics Letters*, 83(2), 147–148.

[9] Lu, Yuanzhu (2006) “Endogenous Timing in a Mixed Oligopoly with Foreign Competitors: The Linear Demand Case,” *Journal of Economics*, 88(1), 49–68.

[10] Lu, Yuanzhu (2007a) “Endogenous Timing in a Mixed Oligopoly: Another Forgotten Equilibrium,” *Economics Letters*, 94(2), 226–227.

[11] Lu, Yuanzhu (2007b) “Endogenous Timing in a Mixed Oligopoly Consisting of a Single Public Firm and Foreign Competitors,” *Economics Bulletin*, 12(2), 1–7.

[12] Matsumura, Toshihiro (2003) “Stackelberg Mixed Duopoly with a Foreign Competitor,” *Bulletin of Economic Research*, 55(3), 275–287.

[13] Pal, Debashis (1998) “Endogenous Timing in a Mixed Oligopoly,” *Economics Letters*, 61(2), 181–185.

[14] Pal, Debashis and White, Mark D. (1998) “Mixed Oligopoly, Privatization, and Strategic Trade Policy,” *Southern Economic Journal*, 65(2), 264–281.

[15] Tomaru, Yoshihiro and Kiyono, Kazuharu (2010) “Endogenous Timing in Mixed Duopoly with Increasing Marginal Costs,” *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 166(4), 591–613.

[16] White, Mark D. (1996) “Mixed Oligopoly, Privatization and Subsidization,” *Economics Letters*, 53(2), 189–195.