



Co-opetitive な混合寡占市場における民営化政策

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2020-04-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 吉川, 丈 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00016773

Discussion Paper New Series

Co-opetitive な混合寡占市場における民営化政策

吉川 丈

Discussion Paper New Series No.2020-2
March 2020

School of Economics

Osaka Prefecture University

Sakai, Osaka 599-8531, Japan

Co-opetitive な混合寡占市場における民営化政策

吉川 丈*

March 31, 2020

Abstract

本稿は、Matsumura (1998) のモデルに co-opetitive な投資を組み込み、市場内の企業が投資量と生産量を非協力的に同時決定するモデルと非協力的に投資量を決定した後にクールノー競争を行うモデルの2つのモデルを分析することで、混合寡占市場における社会的に最適な民営化政策について考察した。その結果、Matsumura (1998) を始めとする先行研究と異なり、企業数が一定である短期のもとでも、完全国営化が社会的最適となり得ることを明らかにした。この結果は、企業の需要拡大戦略が民営化政策を考える上で重要な項目であることを示唆している。

Keywords: co-opetition, mixed oligopoly, privatization.

JEL Code: L13, L32, M37

1 はじめに

1980年代以来、多くの国で国営企業が民営化され、特に旧共産主義国家では大規模な民営化が進められた。しかしながら、現在も多くの国々で準公営企業や公営企業が存在し、私企業と競争している。そして、それらの企業は競争しているだけでなく、需要規模を拡大しようと共有資源に投資を行っている。例えば、フランスの電気通信事業者である Orange 社 (準公営企業)、SFR 社 (私企業) ならびに Bouygues 社 (私企業) の3社は、市場シェア競争を行っているだけでなく、2003年10月に無線リンク協会を設立し、高品質かつ低コストで国内を網羅する公衆 Wi-Fi サービスの供給を開始した。その結果、高品質な公衆 Wi-fi が普及し、インターネットにアクセスできるエリアを拡大させた。アクセス・エリアの拡大は、携帯電話に対する消費者の支払い許容額の増加をもたらした。そして携帯電話に対する消費者の支払い許容額の増加という非排他的な便益は、市場に参加する全企業が享受できるものである。こうした共有資源への投資は、市場に参加している全企業にとって公共財の性質を持っている。

*大阪府立大学, 大阪府堺市中央区学園町 1-1, 〒 599-8531, Email: t.yoshikawa@eco.osakafu-u.ac.jp Tel: 072-252-1161

このような競争と協力を同時に行っている状況は“co-opetition”と呼ばれている (Brandenburger and Nalebuff, 1997)¹。co-opetitive な行動の例として、前述の公衆 Wi-fi 供給だけでなく安全性への投資や generic advertising など挙げられる。産業内で製品の安全性に対する消費者からの評価を共有している状況下である企業が安全性への投資を行うと、財に対する消費者の支払い許容額が増加する²。さらに、市場内の企業は、ダイレクトメールや広告などを通じて、需要規模を拡大しようとすることがある。例えば、ある航空会社がカリブ海諸島の新しい島を宣伝した場合、その島への旅行需要が増加し、その便益をサービスを提供するすべての航空会社が享受する。したがって、generic advertising などの informative advertising への投資も co-opetitive な行動の例として考えられる。Krishnamurthy(2000) は、branding advertising と generic advertising との関係について静学モデルを用いて分析を行なった結果、市場支配的な企業が存在する状況下では、その企業のみが branding advertising を行い、他の企業はその貢献に free-ride することがナッシュ均衡となることを示した。そして、Bass et al.(2005) は Krishnamurthy(2000) のモデルを動学モデルに拡張して分析を行なっている。Co-opetition の概念を私企業寡占モデルに適用することで、Hattori and Yoshikawa (2016) は、自由参入均衡の元での企業数が、社会的に過剰な値となることを明らかにしている。しかし、これらの研究は、私企業のみで構成される市場を想定して分析を行なっている。

しかし、上記の論文では、公営企業に対して部分的な民営化が行われる可能性を考慮していない。部分的な民営化の問題を扱った先駆的な論文として、Matsumura (1998) が挙げられる。Matsumura (1998) は、部分的な民営化を政府の選択肢として分析を行い、社会的に最適な政府による株式保有数について考察を行っている。その結果、企業数が一定な状況下では、部分的な民営化を行う事が社会的に望ましい事を明らかにした。Matsumura and Kanda (2005) や Ino and Matsumura (2010) は、参入がない短期を想定した場合、部分的な民営化を行うことが社会的に望ましいが、自由参入がある長期において完全国営化を行うことが社会的最適となることを明らかにした。Brandão and Castro (2007) は Matsumura and Kanda(2005) のモデルを拡張し、公営企業の存在が私企業参入への間接的な規制の役割を果たし、自由参入均衡において混合寡占のもとで社会厚生が私企業のみで構成される寡占での社会厚生よりも大きくなることを示している。これらの結果は、1990 年代半

¹Reo and Tirole (2019) は、co-opetition を潜在的な競合他社との協力として分析を行なっている。そして、Chen and Rey (2019) は、co-opetition を購買パターンの多様性として扱っている。対して、本稿では、企業が公共財として機能する共有資源に投資する状況を co-opetitive な状況として考えている。

²Baniak et al. (2014) は、産業内で製品の安全性に対する消費者からの評価を共有している寡占企業モデルを用いて生産責任の効果について分析を行っている。

ばに完全民営化されたイギリスの鉄道会社である Railtrack 社の例とも整合的である³。

しかし、Matsumura (1998) を始めとする先行研究では市場内の企業が co-opetitive な投資を行っているという状況を考慮していない。Ngo and Okura (2008) は、Krishnamurthy(2000) のモデルを混合複占モデルに拡張して民営化と co-opetitive な投資の関係について分析している。しかし、政府による民営化の内生的な決定について分析を行っていない。Han and Ogawa (2012) は、クールノー型の混合複占モデルに co-opetitive な投資に組み込むことで、消費者が企業による co-opetitive な投資に敏感な状況下では、政府は低い民営化レベルを選択する必要があることを明らかにしている。しかし、Han and Ogawa (2012) では財市場における競争において投資量を変更できないコミットメントがある状況のみを想定しているのに対して、本稿では財市場における競争において投資量を変更できるケースについても分析を行なっている⁴。

co-opetitive な状況下において、政府は民営化に関してどのような意思決定を行うべきなのだろうか。本稿では、Matsumura (1998) のモデルに co-opetitive な投資を組み込むことで、co-opetitive な混合寡占市場における社会的に最適な民営化政策について考察する。さらに、simultaneous co-opetition ゲームと sequential co-opetition ゲームという2つのタイプのゲームを想定する。Wi-Fi 基地局の増設や歴史遺産などの観光資源の修復などの投資には非可逆的性質が存在する。すなわち、ひとたび投資量が選択されると、その後の財市場における競争において投資量を変更できないコミットメントになるという性質がある。この状況を「sequential co-opetition ゲーム」として考える。一方、日刊紙での広告やフードコートでの清掃などの投資の場合、投資の効果は短期的であり、投資量を容易に変更できる。このような状況を「simultaneous co-opetition ゲーム」として分析する。

本稿は、政府によって決定される内生的な民営化の度合いが生産代替効果と共有資源効果の大小関係に依存していることを明らかにした。代替効果は、国営化によって各社の均衡生産量が変化し、この変化が各社の利潤に影響を与えることを考慮して政府が民営化の度合いを決定することを意味している (Matsumura 1998)。生産代替効果の符号は負の場合、国営化によって私企業の

³民営化により、競争圧力が高まった結果、Railtrack 社は費用削減を迫られ、安全性よりも採算性を重要視し、安全性への投資 (信号やレールの保全など) が過小投資となった結果、ハットフィールド脱線事故をはじめとする連続事故を引き起こした (Wolmer 2001; Wrigley 2009)。

⁴Matsumura and Sunada (2013) は Glaeser and Ujhelyi (2010) の虚偽広告競争モデルを用いて、私企業の参入が市場内の企業の投資量を増加させ、私企業の利潤を増加させることを明らかにしている。虚偽広告は、本稿のモデルと同様に財の支払い許容額を増加させる。しかし、消費者は誤解を通じて財を購入するため、虚偽広告は消費者の「真の支払い許容額」には影響を与えないため、社会厚生に計上されない。対して、本稿の設定では、総投資量の増加は消費者の「真の支払い許容額」を増加させる。

生産量が減少し、社会厚生に悪影響を及ぼすことを意味し、民営化を行うインセンティブが存在する。対して、生産代替効果の符号は正の場合、国営化によって私企業が生産量が増加し、国営化を行うインセンティブが存在する。共有資源効果は国営化によって各社の投資量が増加し、市場規模が増加することで、各社の利潤に影響を及ぼすことを考慮していることに起因する。もし、共有資源効果の符号が負ならば、私企業の投資量が減少し、各社の生産量が減少することを意味し、政府は民営化を行うインセンティブを有することになる。そして、共有資源効果の符号が正ならば、私企業の投資量が増加し、各社の生産量が増加することを意味し、政府は国営化を行うインセンティブを有することになる。

本稿の主要な結果は、以下の通りである。simultaneous co-opetition ゲームと sequential co-opetition ゲームともに、完全民営化を行なった場合、各社の生産量は減少し、生産代替効果と共有資源効果の符号がともに正となる。これは、完全民営化が社会的最適な政策ではないことを意味している。完全国営化を行なった場合、生産代替効果の符号は市場内の企業数と投資効率の良さに依存している。市場内の競争が激しいもしくは投資効率が良い状況下では、完全国営化は正の生産代替効果を生み出し、社会的最適な政策となる。対して、市場内の競争が緩やかもしくは投資効率が悪い状況下で完全国営化を行なった場合、私企業が生産量減少が大きくなり、生産代替効果の符号は負となる。生産代替効果が共有資源効果を上回った時、部分的な民営化が社会的最適な政策となる。本稿の結果は、Matsumura (1998) を始めとする先行研究と異なり、企業数が一定な短期のもとでも、完全国営化が社会的最適となり得るということを示唆するものであり、部分民営化企業が非常に少ない医療や教育産業などに当てはまると考えられる。もしくは、Railtrack 社やニュージーランド航空のケースのような再国有化政策の一部を説明し、支持していると言える。

本稿の構成は以下のとおりである。第2節においてモデルの紹介を行う。そして、第3節では、各社が生産量と投資量を非協力的に同時決定する simultaneous co-opetition ゲームについて考察し、第4節では投資量が決定された後に生産量を選択する sequential co-opetition ゲームを考察する。最後に第5節で、考察の結果をまとめる。

2 モデル

本稿では、準公営企業(企業0) 1社と n 社の私企業(企業 i ($i = 1, 2, \dots, n$)) からなる co-opetitive な混合寡占市場を想定する。両企業は同質財市場においてクールノー競争を行っているだけでな

く、需要拡大効果を有する共有資源への投資も行っている。

この財に対する市場の逆需要関数は、

$$P \equiv P(X, G) = a + G - X,$$

で与えられているとする。ここで、 P は財価格を表し、 X は財に対する需要量を表している。消費者の需要は、企業0の生産量 x_0 と私企業の生産量の総和 $\sum_{i=1}^n x_i$ によってまかなわれ、需給均衡式 $X = x_0 + \sum_{i=1}^n x_i$ が成立する。そして、 $G \equiv g_0 + \sum_{i=1}^n g_i$ は総投資量を表し、 g_0 と g_i はそれぞれ企業0と企業 i の投資量を意味している。

企業 i ($i = 0, 1, \dots, n$) の総費用 TC_i は、 $TC_i = C(x_i) + D(g_i)$ で与えられ、 $C(x_i)$ は生産費用を意味し、 $D(g_i)$ は投資費用である。本稿では、簡単化のために以下のように特定化を行う。

$$C(x_i) \equiv cx_i + \frac{1}{2}x_i^2, (i = 0, 1, \dots, n),$$

$$D(g_i) \equiv \frac{d}{2}g_i^2, (i = 0, 1, \dots, n).$$

以上の逆需要関数と費用関数から、企業 i の利潤 π_i は、

$$\pi_i = Px_i - C(x_i) - D(g_i), \quad (1)$$

として与えられることとなる。そして社会厚生 W は、

$$W = CS + \pi_0 + \sum_{i=1}^n \pi_i = \int_0^X P(s, G)ds - \sum_{i=0}^n (C(x_i) + D(g_i)),$$

で与えられる。私企業は利潤最大化を目的とする。そして、準公営企業は Matsumura (1998) に従って、社会厚生と自社利潤の加重和 U_0 の最大化を目的とする企業とする。

$$U_0 = \alpha W + (1 - \alpha)\pi_0. \quad (2)$$

ここで、 α は企業0の民営化の度合いを表すパラメーターである。完全国有化が行われた場合 ($\alpha = 1$)、企業0は社会厚生最大化企業となり、完全民営化が実現した場合 ($\alpha = 0$) には企業0は利潤最大化企業となる。

本稿では、simultaneous co-opetition ゲームと sequential co-opetition ゲームという2つのタイプのゲームを想定して分析を行う。simultaneous co-opetition ゲームでは、投資量が決定された後でもそれを容易に変更できる。したがって、企業は生産量と投資量を同時決定すると考え、次の2

段階ゲームを想定する。第1段階で政府が社会厚生最大化を目的として民営化の度合いを決定し、第2段階で市場内の全企業が非協力的に生産量と投資量を決定する。一方、sequential co-opetition ゲームでは、いったん投資が決定されると容易に変更できないというコミットメントが存在するため、投資量を決定してから生産量が決定される。従って、次のような3段階ゲームを想定する。まず第1段階において、政府が社会厚生最大化を目的として民営化の度合いを決定し、第2段階で市場内の全企業が非協力的に生産量と投資量を決定する。そして、第3段階においてクールノー競争が行われる。

3 Simultaneous co-opetition ゲーム

ここでは、市場に存在する全企業が投資量と生産量を非協力的に同時決定する simultaneous co-opetition ゲームを考える。(1)式と(2)式から、私企業*i*のF.O.Cが以下のように得られる。

$$P_X x_i + P - C' = 0, \quad (3)$$

$$P_G x_i - D' = 0. \quad (4)$$

さらに、企業0のF.O.Cが

$$(1 - \alpha)P_X x_i + P - C' = 0, \quad (5)$$

$$P_G (\alpha X + (1 - \alpha)x_0) - D' = 0. \quad (6)$$

と得られる。ここで、 P_X と P_G は、それぞれ $\partial P / \partial X$ と $\partial P / \partial G$ を意味している。そして、これらのF.O.Cから第2段階における均衡解が

$$\begin{aligned} \tilde{x}_0 &= \frac{2d(a-c)}{\theta}, \quad \tilde{x}_i = \tilde{x}_j = \tilde{x} = \frac{2d(a-c)(2-\alpha)}{\theta}, \\ \tilde{X} &= \frac{2d(a-c)(2+n(2-\alpha))}{\theta}, \\ \tilde{g}_0 &= \frac{d(a-c)(2+\alpha n(2-\alpha))}{\theta}, \quad \tilde{g}_i = \tilde{g}_j = \tilde{g} = \frac{(a-c)(2-\alpha)}{\theta}, \\ \tilde{G} &= \frac{(a-c)(2+n(1-\alpha)(2-\alpha)n)}{\theta}, \end{aligned}$$

と導出される。ここで、 $\theta \equiv d(2(3+n) - \alpha(2+n)) - n(1-\alpha)(2-\alpha) - 2 > 0$ である。

さらに、比較静学の結果が以下のように得られる。

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \tilde{x}_0}{\partial \alpha} &= \frac{2d(a-c)(d(n+2) + n(1-2\alpha))}{\theta^2} > 0, \\
\frac{\partial \tilde{x}}{\partial \alpha} &= \frac{(a-c)(n(2-\alpha)^2 - 2(d-1))}{\theta^2} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 0 \Leftrightarrow n \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} \frac{2(d-1)}{(2-\alpha)^2}, \\
\frac{\partial \tilde{X}}{\partial \alpha} &= \frac{d(a-c)(4d + n(4(1-\alpha) + (2-\alpha)^2n))}{\theta^2} > 0, \\
\frac{\partial \tilde{g}_0}{\partial \alpha} &= \frac{(a-c)(d(4 + n^2(2-\alpha)^2 + 2n(7-6\alpha + \alpha^2)) - n(2 + n(2-\alpha)^2))}{\theta^2} > 0, \\
\frac{\partial \tilde{g}}{\partial \alpha} &= \frac{1}{d} \frac{\partial \tilde{x}}{\partial \alpha} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 0 \Leftrightarrow n \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} \frac{2(d-1)}{(2-\alpha)^2}, \\
\frac{\partial \tilde{G}}{\partial \alpha} &= \frac{d(a-c)(4 + n(12 - 2(6-\alpha)\alpha + (2-\alpha)^2n))}{\theta^2} > 0.
\end{aligned}$$

α が大きいほど、企業 0 はより消費者余剰に関心を持つので、結果的に α が大きいほど \tilde{x}_0 と \tilde{g}_0 は大きくなる。しかし、私企業の生産量の反応関数は戦略的代替関係にあるため、企業 0 の生産量増加は私企業の生産量を減少させる効果を持っている。この効果は、国営化によって私企業から企業 0 に生産代替が起こることを意味している。投資の意思決定に注目すると、私企業の生産量減少は私企業にとって投資の限界便益の減少を引き起こすため、 α の増加は私企業が投資を行うインセンティブを減少させる。しかし、企業 0 は私企業による投資の減少分よりも多く投資を行うため、総投資量 \tilde{G} は増加する。一方、 α の増加は α の増加による逆需要関数の上方シフトを引き起こし、均衡価格を上昇させる。そして、この均衡価格の上昇は各社が投資をより多く行うインセンティブを強めることで、各社の生産量を増加させる効果がある(市場拡大効果)。この効果は、各社が投資を行うインセンティブを強める。 n が小さい、もしくは d が大きい場合、生産量が戦略的代替関係であることに起因する効果が総投資量増加による市場拡大効果を上回るので、 $\partial \tilde{x}/\partial \alpha < 0$ となる。

次に、政府による α の決定について議論する。ここで社会厚生 \tilde{W} は以下のように表現される。

$$\tilde{W}(\alpha) = \int_0^{\tilde{X}} P(s, \tilde{G}) ds - \sum_{i=0}^n (C(\tilde{x}_i) + D(\tilde{g}_i)),$$

(3) 式から (6) 式を用いることで、

$$\tilde{W}' = \underbrace{-P_X \left((1-\alpha)\tilde{x}_0 \frac{\partial \tilde{x}_0}{\partial \alpha} + n\tilde{x} \frac{\partial \tilde{x}}{\partial \alpha} \right)}_{\text{生産代替効果}} + \underbrace{P_G \left((1-\alpha)\tilde{x}_0 \frac{\partial \tilde{g}_0}{\partial \alpha} + \frac{\partial \tilde{g}}{\partial \alpha} (\tilde{x}_0 + (n-1)\tilde{x}) \right)}_{\text{共有資源効果 (+)}}, \quad (7)$$

が得られ、政府は以下の条件式を満足するように α^* を決定する。

$$\tilde{W}'|_{\alpha=\alpha^*} = 0, \quad \text{if } 0 < \alpha < 1.$$

(7) 式の第2項は、 α の増加が各社の投資量を変化させ、私企業の収入に影響を与える効果（共有資源効果）を表し、その符号は正である。対して、(7) 式の第1項は、 α の増加が各社の生産量を変化させ、各社の利潤に影響を与えることを表している（生産代替効果）。この効果の符号は、 α と d ならびに n の値に依存している。

政府が完全民営化を行った場合、生産代替効果は

$$\frac{(a-c)^2 d^2 (d+n+n^2)}{(d(3+n)^2 - 1 - n)^3} > 0,$$

と得られ、生産代替効果と共有資源効果ともに正となる。この結果を以下の命題にまとめる。

命題 1 完全民営化を行った場合、生産代替効果と共有資源効果の符号がともに正となるので、完全民営化は社会的最適な政策ではない。

一方、政府が完全国営化を行った場合、生産代替効果の符号は以下のように d と n の値に依存している。

$$\frac{(a-c)^2 d^2 n (n - 2(d-1))}{(d(4+n) - 2(n+1))^3} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 0 \Leftrightarrow n \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 2(d-1).$$

さらに、(7) 式が

$$\tilde{W}'|_{\alpha=1} = \frac{(a-c)^2 d n (n - 2(d-1)) (d+n+1)}{(d(4+n) - 2(n+1))^3} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 0 \Leftrightarrow n \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 2(d-1),$$

と得られることから、国営化が社会的に望ましいか否かは d と n の値に依存していることがわかる。 d が大きいもしくは n が小さい状況下で国営化を行った場合、生産代替効果の符号が負となる。生産代替効果が共有資源効果を上回る場合は (7) 式の符号は負となり、部分的な民営化を行うことが社会的に最適となる。一方、代替効果が需要拡大効果を下回った時には (7) 式の符号が正となるので、完全国営化が社会的に最適な政策となる。したがって、以下の命題が得られる。

命題 2 生産代替効果が共有資源効果を上回った（下回った）場合、部分民営化（完全国営化）が社会的に最適な政策となる。具体的には、 $n < 2(d-1)$ の時、部分民営化が最適な政策となる。そして、 $n \geq 2(d-1)$ の時、完全国営化が社会的最適な政策となる。

この命題は、 n が多い（財市場での競争が激しい）もしくは d が小さい（投資効率が良い）状況下では、完全国営化を行うことが社会的最適な政策となることを意味している。そして、この結果の直観は以下の通りである。市場内の企業数が多い場合、完全国営化によって総投資量が増加し、私企業の生産量が増加するため、正の代替効果をもたらす。その結果、共有資源効果と代替効果の符号がともに正となり、(7)式の符号が正となる。

4 Sequential co-opetition ゲーム

ここでは、いったん投資が決定されると容易に変更できないというコミットメントが存在する状況を考える。したがって、以下の3段階ゲームを想定して分析を行う。第1段階において、政府が民営化の度合いを決定し、第2段階で市場内の企業が非協力かつ同時に投資量を決定する。そして、第3段階において、市場内の企業は総投資量を所与としてクールノー競争を行う。前節の投資の意思決定では、企業は自社の投資量がライバル企業の生産量に影響を与えることを考慮せずに決定していた。しかし、今節のゲームでは、企業は自社の投資量が数量競争に影響を与えることを考慮して投資量を決定するという戦略的な側面がある。第3段階において、市場内の企業は生産量を選択する。(3)式と(5)式からナッシュ均衡が

$$\begin{aligned}\bar{x}_0(\alpha, G) &= \frac{2(a-c+G)}{2(3+n)-\alpha(2+n)}, & \bar{x}_0(\alpha, G) &= \frac{(2-\alpha)(a-c+G)}{2(3+n)-\alpha(2+n)}, \\ \bar{X}(\alpha, G) &= \frac{(a-c+G)(2+n(2-\alpha))}{2(3+n)-\alpha(2+n)},\end{aligned}$$

と導出される。さらに比較静学が以下のように得られる。

$$\begin{aligned}\frac{\partial \bar{x}_0}{\partial G} &> 0, & \frac{\partial \bar{x}}{\partial G} &> 0, & \frac{\partial \bar{X}}{\partial G} &> 0, \\ \frac{\partial \bar{x}_0}{\partial \alpha} &= \frac{2(2+n)(a-c+G)}{(2(3+n)-\alpha(2+n))^2} > 0, & \frac{\partial \bar{x}}{\partial \alpha} &= -\frac{2(2+n)(a-c+G)}{(2(3+n)-\alpha(2+n))^2} < 0, \\ \frac{\partial \bar{X}}{\partial \alpha} &= \frac{4(2+n)(a-c+G)}{(2(3+n)-\alpha(2+n))^2} > 0,\end{aligned}$$

α の増加に伴って、企業0は社会厚生をより重視するようになり、生産をより多く行うインセンティブが強くなる。しかし、企業0と私企業 i の生産量に関する反応関数は戦略的代替関係にあるため、 \bar{x}_0 の増加は \bar{x} の減少をもたらす。したがって、 α の増加は \bar{x}_0 を増加させるが、 \bar{x} を減少させる。

第2段階において、ライバル企業の投資量を所与として企業0と私企業*i*は、それぞれ以下の最大化問題を解くことで自社の投資量を決定する。

$$\begin{aligned}\max_{g_0} U_0 \left(g_0, \sum_{i=1}^n g_i \right) &= \alpha \bar{W} \left(\bar{X}, g_0 + \sum_{i=1}^n g_i \right) + (1 - \alpha) \bar{\pi}_0 \left(\bar{X}, g_0 + \sum_{i=1}^n g_i \right), \\ \max_{g_i} \bar{\pi}_i \left(g_0, g_i, \sum_{i=1}^n g_i \right) &= P \left(\bar{X}, g_0 + g_i + \sum_{i \neq j}^n g_i \right) \bar{x} - C(\bar{x}) - D(g_i).\end{aligned}$$

(3)式と(5)式を用いると、企業0と私企業*i*の投資量に関するF.O.Cがそれぞれ以下のように得られる。

$$\underbrace{n P_X \frac{\partial \bar{x}}{\partial g_0} ((1 - \alpha) \bar{x}_0 - \alpha \bar{x})}_{\text{企業0の pre-commitment 効果}} + P_G (\alpha \bar{X} + (1 - \alpha) \bar{x}_0) = D'(g_0), \quad (8)$$

企業0の pre-commitment 効果

$$\underbrace{P_X \bar{x} \left((n - 1) \frac{\partial \bar{x}}{\partial g_i} + \frac{\partial \bar{x}_0}{\partial g_i} \right)}_{\text{私企業 } i \text{ の pre-commitment 効果 (-)}} + P_G \bar{x} = D'(g_0). \quad (9)$$

私企業*i*の pre-commitment 効果 (-)

各企業は、自社の投資がライバル企業の生産量を増加させることを考慮して、投資量を決定する(pre-commitment 効果)。私企業の pre-commitment 効果の符号は負である。これは、ライバル企業が生産量増加による自社利潤の減少を引き起こすため、この pre-commitment 効果は私企業が投資を行うインセンティブを低下させることを意味している。そして、私企業の pre-commitment 効果はαが増加するにつれて強くなる。一方、企業0は自社利潤だけでなく社会厚生も考慮して投資量を決定する。αが増加するにつれて、企業0は社会厚生をより重視して行動を決定するようになり、αが大きい時には企業0の pre-commitment 効果の符号が正となる。

(8)式と(9)式から企業0の反応関数 RF_0 と私企業*i*の反応関数 RF_i が

$$\begin{aligned}RF_0 : g_0 &= \frac{(12 - \alpha(4 - n(2 - \alpha)(2(5 + n) - \alpha(3 + n))))(a - c + \sum_{i=1}^n g_i)}{d(2(3 + n) + \alpha(2 + n))^2 - 12 + \alpha(4 - n(2 - \alpha)(2(5 + n) - \alpha(3 + n)))}, \\ RF_i : g_i &= \frac{3(a - c + g_0 + \sum_{i \neq j}^n g_i)}{d(2(3 + n) + \alpha(2 + n))^2 - 2(2 - \alpha)^2}.\end{aligned}$$

と導出される⁵。そして、 RF_0 と RF_i の傾きは正であり、各社の投資に関する意思決定は戦略的補完関係にある。このことの直観は以下のとおりである。総投資量の増加は逆需要関数を上方への

⁵企業0と私企業*i*の二階の条件が以下のように得られる。 $\frac{\partial^2 \bar{U}_0}{\partial g_0^2} = -d + \frac{12 - \alpha(4 - n(2 - \alpha)(2(5 + n) - \alpha(3 + n)))}{(2(3 + n) - \alpha(2 + n))^2} < 0$,
 $\frac{\partial^2 \bar{\pi}_i}{\partial g_i^2} = -d + \frac{2(2 - \alpha)^2}{(2(3 + n) - \alpha(2 + n))^2} < 0$

シフトさせ、均衡価格の上昇だけでなく各社の均衡生産量も増加させる。その結果、各社の投資を行うインセンティブが増加する。 RF_0 と RF_i から、部分ゲーム完全均衡が

$$\begin{aligned}\hat{g}_0(\alpha) &= \frac{(a-c)(12+4\alpha(n^2+5n-1)-n\alpha^2(4(4+n)-\alpha(3+n)))}{\Delta}, \\ \hat{g}_i(\alpha) &= \hat{g}_j(\alpha) = \hat{g}(\alpha) = \frac{3(a-c)(2-\alpha)^2}{\Delta}, \\ \hat{x}_0(\alpha) &= \frac{2d(a-c)(2(3+n)-\alpha(2+n))}{\Delta}, \\ \hat{x}(\alpha) &= \frac{2d(a-c)(2-\alpha)(2(3+n)-\alpha(2+n))}{\Delta},\end{aligned}$$

と得られる。さらに、以下の仮定をおくことで $\Delta \equiv d(2(3+n)-\alpha(2+n))^2 - 4(3-\alpha) - n(2-\alpha)(\alpha n(2-\alpha) + (3-\alpha)(2+3\alpha)) > 0$ とする。

$$d > \frac{4(3-\alpha) + n(2-\alpha)(\alpha n(2-\alpha) + (3-\alpha)(2+3\alpha))}{(2(3+n)-\alpha(2+n))^2}. \quad (10)$$

そして、比較静学の結果が以下のように得られる。

$$\begin{aligned}\frac{\partial \hat{g}_0}{\partial \alpha} &= \frac{a-c}{\Delta^2} \left[\begin{array}{l} 3(2-\alpha)n(4(4-\alpha) - (2-\alpha)n(-3(4-\alpha)\alpha + (2-\alpha)^2n + 20)) \\ + d(2(n+3) - \alpha(n+2))(8(3-\alpha) + 136n + n^3(2-\alpha)^3) \\ + n^2(2-\alpha)^2(16-5\alpha) - 6\alpha n(26-9\alpha + \alpha^2) \end{array} \right] > 0, \\ \frac{\partial \hat{g}}{\partial \alpha} &= -\frac{3(a-c)(3-\alpha)}{\Delta^2} \left[\begin{array}{l} 8d(3+n) - 4d(2+n) - 4(4-\alpha) \\ -n(2-\alpha)(20+n(2-\alpha)^2 - 3\alpha(4-\alpha)) \end{array} \right] \begin{array}{l} \geq 0, \\ < 0, \end{array} \\ &\Leftrightarrow d \begin{array}{l} > \\ < \end{array} \frac{4(4-\alpha) + n(2-\alpha)(20+n(2-\alpha)^2 - 3\alpha(4-\alpha))}{(2(3-\alpha) + n(2-\alpha))^2}, \\ \frac{\partial \hat{G}}{\partial \alpha} &= \frac{d(a-c)(2(3-\alpha) - (2+n))}{\Delta^2} \left[\begin{array}{l} 8(3+n) + 112n + n^3(2-\alpha)^3 \\ + n^2(2-\alpha)^2(16-5\alpha) - 6\alpha n(24-9\alpha + \alpha^2) \end{array} \right] > 0, \\ \frac{\partial \hat{x}_0}{\partial \alpha} &= -\frac{d(a-c)}{\Delta^2} \left[\begin{array}{l} 2d(2(3+n) - \alpha(2+n))^2 + n(76 + 52n + 8n^2) \\ + n\alpha^2(5+2n)(16+5n) - 2n\alpha^3(2+n)(3+n) \end{array} \right] > 0, \\ \frac{\partial \hat{x}}{\partial \alpha} &= \frac{2d(a-c)}{\Delta^2} \left[\begin{array}{l} d(2(3+n) - \alpha(2+n))^2 - 8(3-\alpha)^2 - n^3(2-\alpha)^4 \\ -n^2(2-\alpha)^2(32-24\alpha + 5\alpha^2) \\ -n(248 - 384\alpha + 226\alpha^2 - 60\alpha^3 + 6\alpha^4) \end{array} \right] \begin{array}{l} \geq 0, \\ < 0, \end{array} \\ &\Leftrightarrow d \begin{array}{l} < \\ > \end{array} \frac{\left[\begin{array}{l} 8(3-\alpha)^2 + n^3(2-\alpha)^4 + n^2(2-\alpha)^2(32-24\alpha + 5\alpha^2) \\ + n(248 - 384\alpha + 226\alpha^2 - 60\alpha^3 + 6\alpha^4) \end{array} \right]}{2(2(3-\alpha) + n(2-\alpha))^2}, \\ \frac{\partial \hat{X}}{\partial \alpha} &= \frac{d(a-c)}{\Delta^2} \left[\begin{array}{l} 4d(2(3+n) - \alpha(2+n))^2 + n^4(2-\alpha)^4 + n^3(2-\alpha)^3(18-5\alpha) \\ + 8n(28-45\alpha + 21\alpha^2 - 3\alpha^3) \\ + n^2(352 - 584\alpha + 340\alpha^2 - 80\alpha^3 + 6\alpha^4) \end{array} \right] > 0.\end{aligned}$$

α の増加は、企業 0 の均衡生産量と均衡投資量、総生産量ならびに総投資量を増加させる。しかし、 $\partial \hat{g} / \partial \alpha$ の符号は d と n に値に依存している。前述のように、第 3 段階において行われる生産

量に関する意思決定では各社の生産量は戦略的代替関係にあるため、企業0の生産量の増加は私企業0の生産量を減少させる。その結果、 α の増加は私企業が投資を行うインセンティブを低下させる。すなわち、 α の増加は pre-commitment 効果が強くなり、私企業が企業0に free-rede するインセンティブが強くなる。一方、第2段階において行われる投資量に関する意思決定において各社の投資量は戦略的補完関係にあるため、 α の増加は企業0の投資量を増加させ、私企業0の均衡投資量 \hat{g} を増加させる効果がある。 d が大きいもしくは n が小さいときには、国営化が私企業0の生産量を減少させる効果が私企業0の投資量を増加させる効果を上回り、 $\partial \hat{g} / \partial \alpha < 0$ となる。

次に、第1段階において行われる政府による α の決定について議論する。ここで社会厚生 \hat{W} は以下のように表される。

$$\hat{W}(\alpha) = \int_0^{\hat{X}} P(s, \hat{G}) ds - \sum_{i=0}^n (C(\hat{x}_i) + D(\hat{g}_i)).$$

(3)式と(5)式ならびに(8)式と(9)式を用いると、社会厚生 \hat{W} の一階微分が

$$\begin{aligned} \hat{W}'(\alpha) = & -P_X \left((1-\alpha)\hat{x}_0 \frac{d\hat{x}_0}{d\alpha} + n\hat{x} \frac{d\hat{x}}{d\alpha} + \frac{\partial \tilde{x}}{\partial g_0} \frac{dg_0}{d\alpha} + \hat{x} \frac{dg}{d\alpha} \left((n-1) \frac{\partial \tilde{x}}{\partial g} + \frac{\partial \tilde{x}_0}{\partial g} \right) \right) \\ & + nP_G \left(\frac{d\hat{g}}{d\alpha} (\hat{x}_0 + (n-1)\hat{x}) + \hat{x}(1-\alpha) \frac{d\hat{g}_0}{d\alpha} \right), \end{aligned} \quad (11)$$

と得られ、政府は以下の条件が満足するように α^{**} を決定する。

$$\hat{W}'(\alpha)|_{\alpha=\alpha^{**}} = 0, \quad \text{if } 0 < \alpha < 1.$$

(11)式の第1項は生産代替効果であり、 α の変化が各社の均衡生産量に対して直接的に与える影響を意味する直接効果 $((1-\alpha)(d\hat{x}_0/d\alpha) + n\hat{x}(d\hat{x}/d\alpha))$ と投資量の変化を通じて生産量に対して間接的に与える影響を意味する間接効果 $((\partial \tilde{x} / \partial g_0)(dg_0/d\alpha) + \hat{x}(dg/d\alpha)((n-1)(\partial \tilde{x} / \partial g) + \partial \tilde{x}_0 / \partial g))$ の2つの効果を政府が考慮していること意味している。政府が完全民営化を行った場合、生産代替効果は以下のように得られる。

$$\frac{(a-c)^2 d^2 (3+n)^2 (1+9n+7n^2+n^3+d(3+n))}{(d(3+n)^2-3(1+n))^3} > 0.$$

完全民営化を行うと企業0の均衡生産量が大きく減少し、直接効果の符号が正となる。完全民営化を行うと企業0の投資量も減少する。このとき、各社の投資量は戦略的補完関係にあるため、私企業0の投資量も減少し、間接効果の符号が正となる。その結果、完全民営化の下では、生産代替効果の符号が正となる。

(11) 式の第 2 項は、共有資源効果である。simultaneous co-opetition ゲームの時と異なり、sequential co-opetition ゲームの状況下では、この効果の符号は d ならびに n の値に依存している。政府が完全民営化を行った場合、共有資源効果は

$$\frac{8(a-c)^2 d^2 n(3+n)^2(24+112n+64n^2+8n^3)}{(d(3+n)^2-3(1+n))^3} > 0,$$

と得られ、正であることがわかる。完全民営化によって企業 0 の生産量減少が企業 0 の投資量減少をもたらし、私企業の投資量も減少させ、総投資量が減少することを意味している。

生産代替効果と共有資源効果がともに正であることから、完全民営化は社会的に最適な政策ではないことがわかる。この結果と命題 1 から以下の命題が得られる。

命題 3 いったん投資が決定されると容易に変更できないというコミットメントの有無に関係なく、*co-opetitive* な状況下において完全民営化は社会的最適な政策となり得ない。

この命題の直観は以下の通りである。完全民営化は企業 0 の生産量を減少させ、総生産量の減少を引き起こす。その上、総投資量も減少させ、市場規模を縮小させる。その結果、完全民営化は社会厚生を減退させる。

政府が完全民営化を行った状況下では生産代替効果は

$$-\frac{(a-c)^2 d \left[\begin{array}{l} 2d^2 n(4+n)^3 - 3(12+11n+n^2) \\ -d(16+196n+236n^2+103n^3+18n^4+n^5) \end{array} \right]}{(d(4+n)^2-n(10+n)-8)^3} \begin{array}{l} > \\ < \end{array} 0, \quad (12)$$

と得られ、符号は d と n の値に依存している。一方、政府が完全民営化を行った場合、共有資源効果は以下のように得られる。

$$-\frac{3(a-c)^2 dn(1+n)(4+n)(4d(4+n)-(12+11n+n^2))}{(d(4+n)^2-n(10+n)-8)^3} \begin{array}{l} > \\ < \end{array} 0 \Leftrightarrow d \begin{array}{l} < \\ > \end{array} \frac{12+11n+n^2}{4(4+n)}. \quad (13)$$

図 1 は (12) 式と (13) 式の符号と d ならびに n の関係を示している。まず、生産代替効果の符号に注目する。領域 A では、代替効果における直接効果と間接効果ともに負となり、生産代替効果の符号が負になる。領域 B や領域 C のような状況下で完全民営化を行うと、生産代替効果における直接効果は正となるが、間接効果は負となる。領域 B では、間接効果が直接効果を上回るため、代替効果の符号が負となる。対して領域 C のような状況では、間接効果を直接効果が上回るため、生産代替効果の符号が正となる。次に、共有資源効果の符号について述べる。領域 A や領

域Bのような状況下では企業0の投資量増加による影響よりも私企業の投資量減少による影響の方が強いため、共有資源効果の符号は負となる。そして、領域Cでは企業0の投資量増加による影響が私企業の投資量減少による影響を上回る結果、共有資源効果の符号は正になる。したがって、投資効率が良い（ d が小さい）もしくは市場内の私企業数が多い（ n が大きい）状況下では、生産代替効果と共有資源効果の符号がともに正となる。

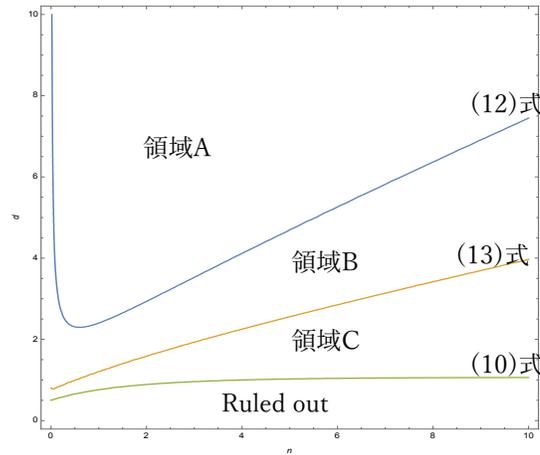


図 1: 完全国営化のもとでの代替効果と共有資源効果

さらに、完全国営化のもとでは (11) 式が

$$\frac{d\hat{W}}{d\alpha}\Big|_{\alpha=1} = -\frac{dn(a-c)}{(d(4+n)-n(10+n)-8)^3} \begin{bmatrix} 2d^2(4+n)^3 \\ +2d(88+150n+52n^2+5n^3) \\ -3(60+139n+94n^2+18n^3+n^4) \end{bmatrix} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 0,$$

$$\Leftrightarrow d \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} -\frac{22+32+5n^2}{2(4+n)^2} + \frac{\sqrt{1924+5104n+4334n^2+1316n^3+157n^4+6n^5}}{2(4+n)^2},$$

と導出され、 d が大きい（小さい）もしくは n が小さい（大きい）状況下で完全国営化を行った場合、代替効果と共有資源効果の符号がともに負（正）となり、 $\hat{W}'(\alpha)|_{\alpha=1} < (>) 0$ となる。したがって、部分的な民営化（完全国営化）を行うことが社会的に最適となることがわかる。この結果を以下の命題にまとめる。

命題 4 生産代替効果と共有資源効果の和の符号が負（正）の場合、部分民営化（完全国営化）が社会的に最適な政策となる。具体的には、 $d < -\frac{22+32+5n^2}{2(4+n)^2} + \frac{\sqrt{1924+5104n+4334n^2+1316n^3+157n^4+6n^5}}{2(4+n)^2}$ の時、

部分民営化が最適な政策となる。そして、 $d \geq -\frac{22+32+5n^2}{2(4+n)^2} + \frac{\sqrt{1924+5104n+4334n^2+1316n^3+157n^4+6n^5}}{2(4+n)^2}$ の時、完全国営化が最適な政策となる。

この命題の直観は、以下の通りである。 $\alpha = 1$ の時、企業0は社会厚生を最大化を目的として行動を決定するため、均衡価格と企業0の生産量に関する限界費用は等しくなる ($\partial W/\partial x_0 = 0 \Leftrightarrow P = C'(x_0)$)。対して、私企業*i*は利潤最大化を目的としているため、均衡価格は私企業*i*の生産量に関する限界費用よりも高くなる。クールノー均衡において完全国営化は*x*を減少し、均衡価格と私企業の生産に関する限界費用との差を広げ、社会厚生を減少させる効果がある (Matsumura 1998)。他方、 α が変化によって企業の投資インセンティブを変化させるチャンネルには以下の2つが存在する。(i) 私企業はライバル企業の投資に対して free-ride する傾向にあり、企業0の投資量が増加すると自社の投資量を少なくしようとするインセンティブが強くなる、(ii) 投資の意思決定において、各社の投資量は戦略的補完関係にあるため、企業0の投資量が増加すると各私企業の投資量も増加する。投資費用が低い (高い)、もしくは競争が緩やかな (激しい) 時、(i) の効果よりも (ii) の効果が大きく (小さく) なり、私企業の投資量を増加 (減少) させる。さらに、市場規模が拡大し各社の生産量を増加する効果がクールノー競争において私企業の生産量を減少させる効果を上回り (下回り)、私企業の生産量も増加 (減少) させ、社会厚生を増加 (減少) させる。命題2と命題4から、投資量が容易に変更できないというコミットメントの有無に関わらず、投資費用が低い、もしくは競争が緩やかな状況下では完全国営化が社会的に望ましい政策となり得るといえる。

5 まとめ

本稿は、Matsumura (1998) のモデルに co-operative な投資を組み込み、混合寡占市場における社会的に最適な民営化政策について考察した。具体的には、次の2つのモデルを分析した。1つは、市場内の企業が投資量と生産量を非協力的に同時決定するモデル (simultaneous co-opetition ゲーム)、もう1つは非協力的に投資量を決定した後にクールノー競争を行うモデル (sequential co-opetition ゲーム) である。両モデルともに、市場内の企業数が多いもしくは投資効率が良い状況下では、完全国営化が社会的に望ましい政策となるという結果が得られた。すなわち、正の外部性を有する投資を行なっている産業において、完全国営化が社会的に望ましい政策となり得ることが明らか

となった。この結果は、Matsumura (1998)を始めとする先行研究と異なり、企業数が一定である短期のもとでも、完全国営化が社会的最適となり得るということを示唆するものである。本稿の結果は、部分民営化された企業が非常に少ない医療や教育産業などに当てはまると考えられる。もしくは、Railtrack 社やニュージーランド航空のケースのような再国有化政策の一部を説明し、支持していると考えられる。しかしながら、現実には、我が国を含んで多くの国々で民営化が行われている。本稿は、社会的に最適な民営化政策のあり方を考える上で重要な結果を導出した。さらに、民営化を行うにあたっては、企業が行なっている投資の性質を慎重に見極める必要があることを示唆している。

参考文献

- [1] Baniak, A., Grajzl, P., Guse, A. J. (2014). ‘Producer Liability and Competition Policy When Firms Are Bound by a Common Industry Reputation,’ *B.E. Journal of Economic Analysis & Policy*, Vol. 14, pp. 1645-1676.
- [2] Bass, F., Krishnamoorthy, A., Prasad, A., and Sethi, S. (2005). ‘Generic and Brand Advertising Strategies in a Dynamic Duopoly,’ *Marketing Science*, Vol. 24, No. 4, pp. 556 – 568.
- [3] Brandao, A., and Castro, S. (2007). ‘State-owned Enterprises as Indirect Instruments of Entry Regulation,’ *Journal of Economics*, Vol. 92, No. 3, pp. 263-274.
- [4] Brandenburger, A. M., and Nalebuff, B. J. (1997). *Co-opetition*, New York, Crown Business.
- [5] Chen, Z., and Rey, P. (2019). ‘Competitive Cross-Subsidization,’ *RAND Journal of Economics*, Vol.50, No.3, pp.645-665.
- [6] De Fraja, G., and Delbono, F. (1989). ‘Alternative Strategies of a Public Enterprise in Oligopoly,’ *Oxford Economic Papers*, Vol.41, No. 2, pp. 302-311.
- [7] Glaeser, E.L., and Ujhelyi, G. (2010). ‘Regulating Misinformation,’ *Journal of Public Economics*, Vol. 94, pp.247 – 257
- [8] Han, L., and Ogawa, H. (2012). ‘Market-demand Boosting and Privatization in a Mixed Duopoly,’ *Bulletin of Economic Research*, Vol. 64, No. 1, pp. 125-134.

- [9] Hattori, K., Yoshikawa, T. (2016). 'Free Entry and Social Inefficiency under Co-opetition,' *Journal of Economics*, Vol. 118, No. 2, pp. 97-119.
- [10] Ino, H., Matsumura, T. (2010). 'What Role Should Public Enterprises Play in Free-Entry Markets?,' *Journal of Economics*, Vol. 101, No. 3, pp. 213-230.
- [11] Krishnamurthy, S. (2000). 'Enlarging the Pie vs. Increasing One's Slice: An Analysis of Relationship between Generic and Brand Advertising,' *Marketing Letters*, Vol. 11, No. 1, pp. 37-48.
- [12] Matsumura, T. (1998). 'Partial Privatization in Mixed Duopoly,' *Journal of Public Economics*, Vol. 70, No. 3, pp. 473-483.
- [13] Matsumura, T., and Kanda, O. (2005). 'Mixed Oligopoly at Free Entry Markets,' *Journal of Economics*, Vol. 84, No. 1, pp. 27-48.
- [14] Matsumura, T., and Sunada, T. (2013). 'Advertising Competition in a Mixed Oligopoly,' *Economics Letters*, Vol. 119, No. 2, pp. 183-185.
- [15] Ngo, D. D., and Okura, M. (2008). 'Coopetition in a Mixed Duopoly Market,' *Economics Bulletin*, Vol. 12, No. 20, pp. 1-9.
- [16] Schmidt, K., M. (1996a). 'The Costs and Benefits of Privatization: An Incomplete Contracts Approach,' *Journal of Law, Economics and Organization*, Vol. 12, 1996, pp. 1-24.
- [17] Schmidt, K., M. (1996b). 'Incomplete Contract and Privatization,' *European Economic Review*, Vol. 40, 1996, pp. 569-579.
- [18] Rey, P., and Tirole, J. (2019). 'Price Caps as Welfare-Enhancing Coopetition,' *Journal of Political Economy*, Vol. 127, No. 6, pp. 3018-3069.
- [19] Wolmer, C. (2001). *Broken Rails; How Privatisation Wrecked Britain's Railways*, Aurum Press Limited.
- [20] Wrigley, C. (2009). 'British Railways, 1997-2005: Labor's Strategic Experiment (Review),' *Business History Review*, Vol. 83, No. 3, pp. 607-609.

Privatization under a Co-opetitive Mixed Oligopoly

Takeshi Yoshikawa[†]

Abstract

Incorporating co-opetitive investment into a standard mixed oligopoly model, this study considers the endogenous determination of market demand. In the market, a semi-public firm and private firms engage in Cournot competition and share common property resources with the nature of public goods. The result indicates equilibrium characteristics that differ from those found under an exogenous demand setting. Full nationalization could be an optimal policy in the short-run without free entry among private firms. This suggests that the co-opetitive behavior of firms constitutes a limiting factor for privatization.

Keywords: co-opetition, mixed oligopoly, privatization.

JEL Code: L13, L32, M37

[†]Graduate School of Economics, Osaka Prefecture University, Address: 1-1, Gakuen, Naka-ku, Sakai, Osaka 599-8531, Japan. Email: t.yoshikawa@eco.osakafu-u.ac.jp, Phone: +81-72-252-1161, Fax: +81-72-254-9925.