整合型市場之下的混合雙占－價格與數量競爭

林瑞益、孫嘉宏*

摘　要

本文在混合雙占模型下，探討由國內與國外消費者所共同組成之整合型市場中，廠商的內生化競爭策略選擇（數量策略或價格策略）。研究結果發現：(1) 當商品具有互補關係，或是商品具有替代關係，且公營廠商的目標函數中對消費者剩餘的權重（國內消費者比例）大於商品的替代程度時，公營廠商與民營廠商的優勢策略，皆為選擇價格策略；(2) 當商品具有替代關係，且公營廠商的目標函數中對消費者剩餘的權重（國內消費者比例）小於商品的替代程度時，隨著消費者剩餘的權重愈趨不重要，兩家廠商的策略選擇，陸續從價格策略轉變為數量策略。當消費者剩餘的權重適中時，此模型的均衡結果會出現，一家廠商選擇數量策略，而另一家廠商選擇價格策略的混合數量－價格競爭；當消費者剩餘的權重較低時，公營廠商與民營廠商的優勢策略皆為選擇數量策略。

關鍵詞：混合雙占、整合型市場、數量競爭、價格競爭
JEL 分類代號：D21, D43, L13

---

* 兩位作者分別為聯繫作者：孫嘉宏，東吳大學經濟學系教授，10048 臺北市中正區貴陽街一段 56 號，電話：02-23111531 轉 3640，E-mail: jerry52.sun@msa.hinet.net。林瑞益，華梵大學工業工程與經營資訊學系副教授，22301 新北市石碇區華梵路 1 號，電話：02-26632102 轉 4322，E-mail: rylin66@cc.hfu.edu.tw。
作者感謝本文審稿過程中，編輯委員與兩位匿名評審委員，對本文初稿提出之寶貴建議與指正。

投稿日期：民國 105 年 6 月 14 日；修訂日期：民國 105 年 11 月 7 日；
接受日期：民國 106 年 5 月 18 日。

經濟研究 (Taipei Economic Inquiry), 53:2 (2017), 261-294。
臺北大學經濟學系出版

1. 前言

產業經濟的相關文獻中，通常事先假設所有廠商皆採取相同的競爭策略，如 Cournot 的數量競爭或 Bertrand 的價格競爭，以分析寡占廠商之間的競爭行為。在現實世界中，廠商競爭的型式，經常取決於產業的基本性質，若廠商調整數量是相對容易的，則廠商較傾向於從事價格競爭；若存在產能限制或廠商調整數量是相對較困難的，則廠商較傾向於從事數量競爭。舉例來說，在農產品、航空器發動機、無線電工業、電腦週邊設備等產業，廠商多從事 Cournot 的數量競爭；而在餐飲業、折扣經紀 (discount brokerage)、藥物製劑等產業，廠商多從事 Bertrand 的價格競爭。[1]

然而，在實務上廠商之間的競爭策略並不一定是相同的，Klemperer and Meyer (1986)、Boyer and Moreaux (1987) 與 Lambertini (2000) 等文指出，在產品差異化市場中，可能出現一家廠商採取價格策略，而另一家廠商採取數量策略之混合競爭 (mixed competition)。Tremblay and Tremblay (2011) 亦指出，在汽車產業中，Saturn 與 Scion 傾向於採取價格策略，而 Honda 與 Subaru 則傾向於採取數量策略。Sato (1996) 指出，在日本的家用電器市場中，Matsushita 傾向於採取數量策略，而競爭對手 Sanyo 則傾向於採取價格策略。

此外，在現實社會中，廠商也應該是可以自行決定其和消費者訂定之價格或數量契約的。Singh and Vives (1984) 指出，若廠商與代理商先訂定價格契約，再根據市場情況決定產量，則廠商是從事價格競爭；相對的，若廠商與代理商先訂定數量契約，再根據市場情況決定價格，則廠商是從事數量競爭。Klemperer and Meyer (1986) 亦指出，因為廠商面對的市場需求，與對手廠商的策略選擇可能都是具有不確定性的，因此實務上廠商應該是可以自行決定與消費者訂定之價格或數量契約的。基於上述原因，除了事先假設所有廠商

1 相關介紹可參閱 Klemperer and Meyer (1986)。

皆採取 Cournot 競爭或 Bertrand 競爭，以分析寡占廠商之間的競爭行為之外，產業經濟相關文獻的研究重心，亦愈來愈關注於探討廠商內生的競爭型態（數量或價格競爭）。

Singh and Vives (1984) 首先在純粹雙占 (pure duopoly) 模型下，比較廠商做 Bertrand 的價格競爭與 Cournot 的數量競爭。研究發現，無論商品是替代品或互補品，價格競爭之下的社會福利與消費者剩餘，皆高於數量競爭之下的社會福利與消費者剩餘；當商品是替代品（互補品）時，數量競爭之下的廠商利潤，高於（低於）價格競爭之下的廠商利潤。在內生化廠商的競爭策略部分，研究發現，當商品是替代品時，雙占廠商的優勢策略皆為選擇數量策略；當商品是互補品時，雙占廠商的優勢策略皆為選擇價格策略。

自從 Singh and Vives (1984) 之後，相當多產業經濟的相關文獻，關注於探討廠商之間的 Bertrand 競爭與 Cournot 競爭。Dastidar (1997)、Häckner (2000) 與 Amir and Jin (2001) 等研究發現，廠商之間不對稱的成本結構，將翻轉 Singh and Vives (1984) 的部分結論。Hamilton et al. (1989)、Liang et al. (2006) 與 Sun and Lai (2014) 在空間模型的架構下，比較 Cournot 均衡與 Bertrand 均衡，研究發現，加入了空間維度的考量將翻轉非空間模型下，廠商之間生產的產品為替代品時，Cournot 競爭與 Bertrand 競爭，在廠商利潤、消費者剩餘與社會福利的比較結果。Sun (2013) 同時內生化廠商的競爭策略，以及進入市場順序，研究發現，當商品是替代品時，雙占廠商同時的數量競爭，是唯一的均衡結果；當商品是互補品時，雙占廠商同時的價格競爭，是唯一的均衡結果。

Lambertini and Schultz (2003) 將相關研究應用至重複賽局的勾結 (tacit collusion)。Qiu (1997) 討論廠商從事研發 (research and development, R&D) 之下，Cournot 均衡與 Bertrand 均衡的比較。Arya et al. (2008) 與 Milliou and Petrakis (2007) 在垂直相關市場的模型架構下，比較 Cournot 均衡與 Bertrand 均衡，研究結果發現，下游廠商採取價格競爭將比採取數量競爭得到更高的利潤。Chirco and

Scrimitore (2013)、Klemperer and Meyer (1986) 與 Reisinger and Ressner (2009) 則將相關研究，應用至管理授權、網路外部性，以及需求不確定性等項議題。

上述文獻皆假設所有廠商的目標皆為追求利潤極大化，而市場同時存在公營廠商與民營廠商之混合寡占市場 (mixed oligopoly market)，在 1980 年代全球普遍興起之市場自由化與民營化風潮後，常見於銀行、電信、電力、教育、運輸、郵政與菸酒等寡占產業。

Merrill and Schneider (1966) 首先研究市場同時存在追求產業總產量 (industry output) 極大化的公營廠商，與追求利潤極大化的民營廠商之混合寡占市場。在混合寡占市場下，比較 Bertrand 競爭與 Cournot 競爭，以及內生化廠商競爭策略之相關研究部分，Ghosh and Mitra (2010) 在外生給定的廠商競爭策略之下，研究發現混合雙占市場中，當產品具有替代性時，兩家廠商在價格競爭之下有較高之利潤與較低之消費者剩餘。Matsumura and Ogawa (2012) 內生化混合雙占市場中廠商的競爭策略，研究結果發現，無論商品是具有替代性或互補性，價格競爭是唯一的均衡結果，此外，價格競爭之下的社會福利與民營廠商利潤，皆高於數量競爭之下的社會福利與民營廠商利潤。Choi (2012) 分析混合寡占市場中存在工會組織時之均衡結果，研究發現，無論商品是具有替代性或互補性，價格策略是公營廠商的優勢策略，而民營廠商則不存在優勢策略。Scrimitore (2013) 考慮政府對公營廠商與民營廠商產量的補貼，研究結果發現，當政府補貼相當小時，價格競爭是唯一的均衡結果；當政府補貼相當大時，數量競爭是唯一的均衡結果；當政府補貼適中時，存在混合策略變數的均衡結果。[2]

混合寡占市場的相關研究呈現相當豐富與多樣性的發展，其中有部分文獻著重在公營廠商目標函數的變異，換言之，在混合寡占

2 內生化廠商競爭策略的相關研究，還包含了 Klemperer and Meyer (1986)、Thisse and Vives (1988)、Maggi (1996)、Tanaka (2001a, 2001b) 與 Tasnádi (2006)。

市場中，公營廠商的目標，可能並非全然是追求自身利潤、民營廠商利潤與消費者剩餘加總之社會福利極大化。

舉例來說，當市場上存在一家部分民營化 (partly privatized) 的公營廠商時，此公營廠商的目標為追求部分自身利潤與部分社會福利加總之極大化，當民營化程度愈低時，社會福利所占之比重愈高；相對的，當民營化程度愈高時，公營廠商自身利潤所占之比重則愈高。[3] 在相關文獻的部分，Matsumura (1998) 首先研究存在部分民營化廠商的混合雙占市場中，政府最適的民營化程度政策，研究結果發現，存在一個內部的（非完全國營、亦非完全民營化）的社會最適民營化程度。Fujiwara (2007) 將民營化政策之相關研究，應用至產品差異化市場。部分文獻則探討部分民營化廠商的混合寡占市場中，廠商內生化的進入市場時點，Bárcena-Ruiz and Garzón (2010) 研究發現，不同於 Pal (1998) 的混合寡占市場模型，當市場上存在部分民營化廠商時，所有廠商同時進入市場是模型的均衡結果。Matsumura and Ogawa (2010) 則發現，民營廠商為領導者，而公營廠商為跟隨者的依序賽局，應是較為穩定的均衡結果。Naya (2015) 研究發現，廠商的進入市場時點，取決於公營廠商的民營化程度，以及產品的差異性。

另一方面，部分文獻則將民營廠商的國籍議題，應用至混合寡占市場之相關研究。Fjell and Pal (1996) 在混合寡占市場下，研究一家公營廠商，與其他國內民營廠商及國外民營廠商的競爭。Lu (2006) 探討當民營廠商為外國廠商時，混合寡占市場的內生化進入市場時點，此時，公營廠商的目標函數為自身利潤及消費者剩餘之加總；Lin and Matsumura (2012) 則將政府最適民營化政策之相關研究，延

---

3 以我國現今之金融業與電信業為例，自從民國 70 年代後，政府推動市場自由化 (liberalization) 以解除管制並使經濟活動回歸市場，使得市場型態由國有獨占轉變為公營廠商與民營廠商並存之混合寡占市場，而後民國 80 年代初期推動之公營事業民營化 (privatization)，政府自國營事業釋出部分或全部股權，促使公營事業中的民間持股增加，市場型態自公、私混合寡占轉變為存在部分民營化廠商的混合寡占市場。

伸至存在外國投資者下的混合寡占市場，此時，公營廠商的目標函數為自身利潤、消費者剩餘與部分民營廠商利潤之加總。

如上所述，當考慮到民營廠商的國籍議題時，公營廠商的目標函數中，將不再包含全部的民營廠商利潤。相對的，本文將消費者的國籍議題，應用至混合寡占市場之相關研究，具體而言，在國際貿易的考量下，廠商生產的產品（或服務），可能有部分或全部銷售至國外，市場是由國內與國外消費者所共同組成之整合型市場 (integrated market)，而公營廠商與民營廠商，在此整合型市場中競爭，因為公營廠商只關心本國的消費者剩餘，因此公營廠商的目標函數中，將只包含部分的（國內的）消費者剩餘。詳言之，(1) 當廠商生產的產品（或服務）全部在國內銷售時（如我國的電信、電力、教育、運輸等產業），公營廠商的目標函數為廠商利潤與全部消費者剩餘的加總；(2) 當廠商生產的產品（或服務），部分銷售至外國時（如我國的銀行業），公營廠商的目標函數中，將只包含部分的消費者剩餘；[4] (3) 當廠商主要的消費市場是在外國或是在本國其他地區時，公營廠商的目標函數中，消費者剩餘的權重將相當低。[5] 舉例來說，金門縣與連江縣政府所經營之金門酒廠和馬祖酒廠，公營廠商在進行決策時，由於出售的商品主要是給外地消費者，生產者剩餘才是當地居民福利的來源，所以為造福當地居民，消費者剩餘占目標函數的權數相當低。[6]

本文在 Matsumura and Ogawa (2012) 的模型架構下，探討由國內與國外消費者所共同組成之整合型市場中，廠商內生化的競爭策略選擇（數量策略或價格策略）。在此混合雙占市場中，存在一家國

---

4 自政府開放赴海外設立分行後，國內銀行陸續在各國際金融中心成立海外分行。根據金融監督管理委員會之統計資料，2013 年海外分行全年獲利占整體銀行獲利的 9.07%。若以海外分行獲利占比來看，臺灣銀行比率最高，其次如第一銀行、兆豐銀行等占比都有 15% 以上。

5 當廠商生產之商品全數銷售至外國時，若此時民營廠商為外國廠商，此模型將部分相似於國際貿易文獻中 Brander and Spencer (1985) 的三國兩廠出口模型。

6 作者感謝淡江大學經濟系楊秉訓教授，於 2014 年台灣經濟學會年會中，提供此項精闢的論點，讀者亦可參考楊秉訓 (2012)。

內民營廠商與一家公營廠商，兩家廠商於此整合型市場中競爭，民營廠商之目標在極大化自身利潤，公營廠商則考慮部分的消費者剩餘，而消費者剩餘在公營廠商目標函數中所占之比重，可代表整合型市場中國內消費者的比例（商品在本國銷售比例），當混合雙占廠商生產的商品在本國銷售比例愈高時，公營廠商考慮的消費者剩餘權重將愈高。

本文假設混合雙占廠商做兩階段的賽局競爭，在賽局第一階段，兩家廠商同時決定其策略選擇變數為「數量」或「價格」策略，在賽局第二階段，兩家廠商在已知賽局第一階段策略變數選擇下，同時個別決定其選擇變數。我們想要探討的幾個問題是：(1) 公營廠商的目標函數中，消費者剩餘的權重（本國消費者比例、商品在本國銷售比例），以及產品的差異性，是否會影響此賽局之均衡結果？(2) 混合雙占廠商都選擇相同的策略變數，是否會是此賽局之均衡結果？(3) 此賽局是否存在混合雙占廠商選擇不同策略變數之均衡結果？(4) 最後，我們將做社會福利分析。

本文研究發現，在線性的市場需求之下，此賽局之均衡結果為：(1) 當商品具有互補關係，或是商品具有替代關係，且公營廠商的目標函數中對消費者剩餘的權重（國內消費者比例）大於商品的替代程度時，公營廠商與民營廠商的優勢策略，皆為選擇價格策略；(2) 當商品具有替代關係，且公營廠商的目標函數中對消費者剩餘的權重（國內消費者比例）小於商品的替代程度時，隨著消費者剩餘的權重愈趨不重要，兩家廠商的策略選擇，陸續從價格策略轉變為數量策略。當消費者剩餘的權重適中時，此模型的均衡結果會出現，一家廠商選擇數量策略，而另一家廠商選擇價格策略的混合數量－價格競爭；當消費者剩餘的權重較低時，公營廠商與民營廠商的優勢策略，皆為選擇數量策略。

在福利分析的部分，Singh and Vives (1984) 研究發現，在純粹雙占市場中，內生化廠商的競爭策略賽局下，當商品是互補品時，均衡結果為兩家廠商都選擇價格策略，此時價格競爭可以得到較高

的社會福利與消費者剩餘，但是當商品是替代品時，均衡結果為兩家廠商都選擇數量策略，此時數量競爭之下的社會福利與消費者剩餘，低於價格競爭之下的社會福利與消費者剩餘。本文研究發現，在由國內與國外消費者所共同組成之整合型市場的混合雙占模型下，當商品具有互補關係，或是商品具有替代關係且公營廠商的目標函數中，消費者剩餘權重（國內消費者比例）夠大時，均衡時兩家廠商都選擇價格策略，此時相較於數量策略，價格競爭可以得到較高的社會福利與民營廠商利潤；如果商品具有替代關係且公營廠商的目標函數中，消費者剩餘權重（國內消費者比例）夠小時，均衡時兩家廠商都選擇數量策略，此時相較於價格策略，數量競爭可以得到較高的社會福利與民營廠商利潤。

本文除第 1 節為前言外，第 2 節說明模型之基本假設，第 3 節分析混合雙占廠商的策略變數選擇與福利分析，第 4 節則為結論。

2. 模型

假設市場上存在兩家生產水平異質產品的廠商，其中一家廠商為追求社會福利極大化的公營廠商（以下標 0 表示），另一家廠商則為追求利潤極大化的國內民營廠商（以下標 1 表示）。代表性消費者極大化下列二次式(quadratic)目標函數

$$U(q_0,q_1)=a(q_0+q_1)-\frac{1}{2}(q_0^2+2\delta q_0q_1+q_1^2)-(p_0q_0+p_1q_1), \qquad (1)$$

其中 p_0 、 p_1 分別為公營廠商與民營廠商的產品價格， q_0 、 q_1 分別為公營廠商與民營廠商的個別產量，而 a 為消費者之最高願付價格，亦代表市場規模。其中 $\delta\in(-1, 1)$ ，當 $\delta>0$ $(\delta<0)$ 時，兩家廠商生產的產品具有替代（互補）關係。在此假設下，兩家廠商所面對的（反）需求函數為

$$\begin{cases} p_0 = a - q_0 - \delta q_1, \\ p_1 = a - q_1 - \delta q_0。\end{cases} \tag{2}$$

在供給面方面，我們假設兩家廠商的生產技術相同，皆為規模報酬固定的生產技術，兩家廠商之單位（邊際）生產成本皆為$c > 0$。[7] 依循 Ghosh and Mitra (2010) 與 Matsumura and Ogawa (2012) 等相關文獻，本文只討論內部解 (interior solution)。

民營廠商的目標為追求利潤極大化，而公營廠商的目標則為追求社會福利極大化，其中社會福利定義為兩家廠商的利潤與本國消費者剩餘之加總

$$\begin{cases} SW_0 = (\pi_0 + \pi_1) + \phi CS = (\pi_0 + \pi_1) + \phi U, \\ \pi_1 = (p_1 - c)q_1 = (a - q_1 - \delta q_0 - c)q_1, \end{cases} \tag{3}$$

其中，$\pi_0 = (p_0 - c)q_0 = (a - q_0 - \delta q_1 - c)q_0$，而 $\phi \in [0, 1]$ 代表消費者剩餘的權重（國內消費者比例、商品在國內銷售比例），當$\phi = 0$時，代表廠商所生產的產品全數出口至外國，此時公營廠商的目標為追求雙占廠商利潤（$\pi_0 + \pi_1$）極大化；當$\phi = 1$時，代表廠商所生產的產品全數在國內銷售，此時公營廠商的目標為追求雙占廠商利潤與消費者剩餘之加總（$\pi_0 + \pi_1 + CS$）極大化。隨著ϕ增加，代表公營廠商愈關注於（注重）消費者剩餘，亦代表廠商所生產的產品在國內銷售比例增加。[8]

---

[7] Lin and Ogawa (2005) 認為公營廠商之生產成本高於民營廠商，且由於公營廠商有龐大的市場資訊及控制能力，導致公營廠商較無降低成本的動機，出現製程無效率之現象。為了簡化分析，本研究假設公營廠商與民營廠商之生產成本相同，必須說明的是，即使假設公營廠商與民營廠商的生產成本不同，本文的主要研究結果依然成立（請參見附錄 2）。

[8] 實務上，廠商商品出口的數量會受到生產技術（生產成本）、國內、外政府的貿易政策、國內、外消費者的偏好，以及運輸成本等項因素之影響。必須說明的是，雖然本文國內、外的消費者比例為外生變數，若商品價格愈低，則廠商產量愈高，在一個固定的商品在國內銷售比例 $\phi \in [0, 1]$ 之下，商品出口的數量也會愈高，因此在本文的模型設定之下，廠商商品出口的數量，亦會受到商品價格的影響，並非是固定的。而本文中的 $\phi \in [0, 1]$ 可視為，除了價格因素之外，其他諸如國內、外政府的貿易政策、國內、外消費者的偏好，以及運輸成本等因素所決定之商品在國內銷售比例。

假設兩家廠商在從事競爭之前,個別有兩種策略變數可以選擇:數量策略 (q) 與價格策略 (p)。本文的賽局架構為，兩家廠商先在賽局第一階段同時決定其策略變數 $t_i \in \{q_i, p_i\}$，其中 $i = 0,1$，若 $t_i = q_i$，代表第 i 家廠商選擇數量策略，若 $t_i = p_i$，代表第 i 家廠商選擇價格策略，兩家廠商選擇策略變數之可能結果共有四種：(q_0, q_1)、(q_0, p_1)、(p_0, q_1)、(p_0, p_1)，其中 (q_0, q_1) 與 (p_0, p_1) 分別表示兩家廠商選擇相同之數量策略與價格策略;(q_0, p_1) 表示公營廠商選擇數量策略,而民營廠商選擇價格策略;(p_0, q_1) 表示公營廠商選擇價格策略，而民營廠商選擇數量策略，在賽局第二階段，分別依其目標決定其最適之選擇變數。依循相關文獻，本文只討論廠商的純粹策略 (pure strategy)，我們以由後向前的倒推法 (backward induction) 求解此賽局之「子賽局完善 Nash 均衡 (subgame perfect Nash equilibrium, SPNE)」。

3. 分析

我們先從賽局的第二階段求解，在已知第一階段兩家廠商選擇的策略之下，分別求出兩家廠商均衡的策略變數與報酬，回到賽局的第一階段，我們比較四種可能結果下兩家廠商的目標函數，以求解均衡時兩家廠商的策略變數選擇。詳細之推論過程請參見附錄 1。

定義 $q_i(t_0, t_1)$ 為兩家廠商策略變數選擇分別為 t_0 與 t_1 時，第 i 家廠商在賽局第二階段的均衡數量。比較附錄 1 之附表 2 中四種策略組合下，兩家廠商產量之差異可知

$$
\begin{aligned}
&q_0(q_0,q_1)-q_1(q_0,q_1)=\frac{(\phi+\phi\delta-\delta)(a-c)}{(2-\phi)(2-\delta^2)}\geq 0 \text{ 若且唯若 } \phi\geq\frac{\delta}{1+\delta}\text{，}\\
&q_0(p_0,p_1)-q_1(p_0,p_1)=\frac{(\phi-\delta)(a-c)}{(2-\phi)(2-\delta^2)}\geq 0 \text{ 若且唯若 } \phi\geq\delta\text{，}\\
&q_0(p_0,q_1)-q_1(p_0,q_1)=\frac{(\phi-\delta)(a-c)}{2(2-\phi)(1-\delta)}\geq 0 \text{ 若且唯若 } \phi\geq\delta\text{，}\\
&q_0(q_0,p_1)-q_1(q_0,p_1)=\frac{(\phi+\phi\delta-\delta)(a-c)}{2(2-\phi)(1+\delta)}\geq 0 \text{ 若且唯若 } \phi\geq\frac{\delta}{1+\delta}\text{。}
\end{aligned}
\tag{4}
$$

由(4) 式可知，如果產品具有互補關係，或是產品具有替代關係且 $\phi\geq\delta$ 時，無論雙占廠商如何選擇策略變數，公營廠商之產量（價格）必定會大於（小於）民營廠商之產量（價格）；反之，如果產品具有替代關係且 $\phi\leq\delta/(1+\delta)$ 時，無論雙占廠商如何選擇策略變數，民營廠商之產量（價格）必定會大於（小於）公營廠商之產量（價格）；當產品具有替代關係且 $\delta/(1+\delta)\leq\phi\leq\delta$ 時，(q_0,q_1) 與 (q_0,p_1) 兩種策略變數組合下，公營廠商之產量大於民營廠商之產量；而 (p_0,q_1) 與 (p_0,p_1) 兩種策略變數組合下，民營廠商之產量大於公營廠商之產量，亦即，如果公營廠商採取數量（價格）策略，則公營廠商將有較高（較低）之產量。

回到賽局的第一階段，兩家廠商之目標函數矩陣整理如下列表 1 所示

表 1　兩家廠商在賽局第一階段的目標函數矩陣

0\1	p_1	q_1
p_0	$\frac{f^{pp}(a-c)^2}{2(1+\delta)(2-\delta^2)^2(2-\phi)}$, $\frac{(1-\delta)(2-\phi+\delta-\phi\delta)^2(a-c)^2}{(1+\delta)(2-\delta^2)^2(2-\phi)^2}$	$\frac{f^{pq}(a-c)^2}{8(1-\delta^2)(2-\phi)}$, $\frac{(2-\phi-\delta)^2(a-c)^2}{4(1-\delta^2)(2-\phi)^2}$
q_0	$\frac{f^{qp}(a-c)^2}{8(1+\delta)^2(2-\phi)}$, $\frac{(2-\phi+\delta-\phi\delta)^2(a-c)^2}{4(1+\delta)^2(2-\phi)^2}$	$\frac{f^{qq}(a-c)^2}{2(2-\delta^2)^2(2-\phi)}$, $\frac{(2-\delta-\phi)^2(a-c)^2}{(2-\delta^2)^2(2-\phi)^2}$

其中

$$f^{qq} = -(1-\delta^2)\phi^2 + (8+2\phi\delta)(1-\delta) - (1-2\delta)\delta^2 > 0,$$
$$f^{pp} = -(1+\delta^2)\phi^2 + 2\phi\delta(1+\delta) - (9+\delta-2\delta^2)\delta^2 + 8 > 0,$$
$$f^{qp} = -(\delta+1)^2\phi^2 + 2\phi\delta(1+\delta) + (8+8\delta-\delta^2) > 0,$$
$$f^{pq} = -\phi^2 + 2\phi\delta + (8-8\delta-\delta^2) > 0。$$

我們接著分析在賽局第一階段，兩家廠商策略選擇時之均衡結果。舉例來說，如果 (p_0, q_1) 策略組合是此賽局之均衡結果，則應滿足：給定民營廠商的數量策略下 (q_1)，公營廠商選擇價格策略 (p_0) 時的社會福利水準，大於或等於選擇數量策略 (q_0) 時的社會福利水準；而且在給定公營廠商的價格策略下 (p_0)，民營廠商選擇數量策略 (q_1) 時的利潤水準，大於或等於選擇價格策略 (p_1) 時的利潤水準。以下為此四種目標函數之比較結果：

$$SW_0(p_0,q_1) - SW_0(q_0,q_1)$$
$$= \frac{(2-\phi-\delta)\delta^2[-(4\delta-2\delta^2-\delta^3)+(4-3\delta^2)\phi](a-c)^2}{8(1-\delta^2)(2-\delta^2)^2(2-\phi)} \geq 0$$

若且唯若 $\phi \geq \dfrac{(4\delta-2\delta^2-\delta^3)}{(4-3\delta^2)}$。 (5)

$$SW_0(p_0,p_1) - SW_0(q_0,p_1)$$
$$= \frac{(2-\phi+\delta-\phi\delta)\delta^2[-(4\delta+2\delta^2-\delta^3)+(4+4\delta-\delta^2-\delta^3)\phi](a-c)^2}{8(1+\delta)^2(2-\delta^2)^2(2-\phi)} \geq 0$$

若且唯若 $\phi \geq \dfrac{(4\delta+2\delta^2-\delta^3)}{(4+4\delta-\delta^2-\delta^3)}$。 (6)

$$\pi_1(q_0,p_1) - \pi_1(q_0,q_1)$$
$$= \frac{(\phi+\phi\delta-\delta)\delta^2[(8+4\delta-4\delta^2-\delta^3)-(4+4\delta-\delta^2-\delta^3)\phi](a-c)^2}{4(1+\delta)^2(2-\delta^2)^2(2-\phi)^2} \geq 0$$

若且唯若 $\phi \geq \dfrac{\delta}{(1+\delta)}$。 (7)

$$\pi_1(p_0,p_1)-\pi_1(p_0,q_1)$$
$$=\frac{(\phi-\delta)\delta^2[(8-4\delta-4\delta^2+\delta^3)-(4-3\delta^2)\phi](a-c)^2}{4(1-\delta^2)(2-\delta^2)^2(2-\phi)^2}\geq 0$$

若且唯若 $\phi \geq \delta$。 (8)

由(5)式至(8)式可知，當產品具有互補關係時 ($\delta<0$)，(5) 式至 (8) 式中四個消費者剩餘權重 ϕ 的臨界值 ($(4\delta-2\delta^2-\delta^3)/(4-3\delta^2)$ 、$(4\delta+2\delta^2-\delta^3)/(4+4\delta-\delta^2-\delta^3)$ 、 $\delta/(1+\delta)$ 與 δ) 皆小於 0。[9] 綜合以上分析結果，我們可以得到下列命題：

[命題 1] 在混合雙占市場中，當產品具有互補關係時 ($\boldsymbol{\delta<0}$)，兩家廠商都選擇價格策略 ($\boldsymbol{p_0, p_1}$)，是此賽局唯一的均衡結果。

命題 1 隱含，在互補品之下，Matsumura and Ogawa (2012) 的研究發現，可延伸至整合型市場中任何的國內消費者比例。其中的經濟直覺在於，當商品為互補品時，若消費者剩餘的權重 (ϕ) 較小時，民營廠商的目標為追求自身利潤極大化，而公營廠商的目標接近於追求廠商聯合利潤極大化。因為個別廠商價格或數量的策略選擇，將影響競爭對手廠商的反應函數（策略性替代、策略性互補、或策略無關），而非自己本身的反應函數，且在互補品之下，就利潤極大化的觀點，個別廠商總是希望對手廠商的產量高、價格低，相較於選擇數量策略，當個別廠商選擇價格策略時，對手廠商的需求彈性

9 (5)式至(8)式四個消費者剩餘權重 ϕ 的臨界值皆小於零之意義為：無論民營廠商是選擇數量或價格為其策略變數，公營廠商的最適反應皆是選擇價格為其策略變數（(5) 式與 (6) 式）；而且無論公營廠商是選擇數量或價格為其策略變數，民營廠商的最適反應皆是選擇價格為其策略變數（(7) 式與 (8) 式），換言之，兩家廠商的優勢策略皆為選擇價格策略。

大，使得對手廠商的價格低、數量高。[10]

相對的，若消費者剩餘的權重 (ϕ) 較大時，公營廠商的目標接近於商品全數在國內銷售時的社會福利極大化,對於公營廠商而言，相較於選擇數量策略，選擇價格策略時，對手廠商的需求彈性大，使得對手廠商的價格低、數量高，因為在不完全競爭市場之下，無論廠商從事價格競爭或數量競爭，民營廠商的價格都過高（數量過低）,因此公營廠商的優勢策略為選擇價格策略。

另一方面，對於民營廠商而言，當公營廠商的目標函數中，消費者剩餘的權重 (ϕ) 較大時，若公營廠商選擇價格策略，則 (1) 當民營廠商選擇數量策略時,公營廠商的價格與民營廠商的數量 q_1（及產品替代性 δ ）無關，其中的關鍵在於，在一個給定的民營廠商數量之下，對於公營廠商而言，像是面對了一個剩餘需求；(2) 當民營廠商選擇價格策略時，在互補品之下，公營廠商的價格低於當民營廠商選擇數量策略時 (p_0,q_1) 子賽局之下的價格，以誘發一個較高的民營廠商數量，以增加社會福利。因為在互補品之下，民營廠商總是希望對手廠商的產量高、價格低，因此民營廠商的最適反應為選擇價格策略。

若公營廠商選擇數量策略,則 (1) 當民營廠商選擇數量策略時，公營廠商的價格與 (p_0,q_1) 子賽局之下的價格相同；(2) 當民營廠商選擇價格策略時，在互補品之下，公營廠商選擇一個較高的數量，以誘發一個較高的民營廠商數量，以增加社會福利，這使得公營廠商的價格低於 (p_0,q_1) 子賽局之下的價格。因此,民營廠商的最適反應亦為選擇價格策略，所以選擇價格策略為民營廠商的優勢策略。綜合言之，當產品為互補品時，無論消費者剩餘的權重高低，兩家廠商的優勢策略皆為選擇價格策略。[11]

當產品具有替代關係時 $(\delta>0)$,(5)式至(8)式四個消費者剩餘權重 ϕ 的臨界值皆為產品替代參數 (δ) 之嚴格遞增函數，且此四個臨界

[10] 相關推論請參閱 Cheng (1985) 與 Singh and Vives (1984)。

[11] 相關推論請參閱附錄 1。

值之相對大小關係為（如圖 1 所示）

$$\frac{\delta}{1+\delta} \le \frac{(4\delta+2\delta^2-\delta^3)}{(4+4\delta-\delta^2-\delta^3)} \le \frac{(4\delta-2\delta^2-\delta^3)}{(4-3\delta^2)} \le \delta \text{。} \tag{9}$$

<table>
<tr><td>(q_0,q_1)</td><td>(q_0,p_1)</td><td></td><td>(p_0,q_1)</td><td>(p_0,p_1)</td></tr>
<tr><td colspan="3">$SW_0(p_0,q_1) \le SW_0(q_0,q_1)$</td><td colspan="2">$SW_0(p_0,q_1) \ge SW_0(q_0,q_1)$</td></tr>
<tr><td colspan="2">$SW_0(p_0,p_1) \le SW_0(q_0,q_1)$</td><td colspan="3">$SW_0(p_0,p_1) \ge SW_0(q_0,p_1)$</td></tr>
<tr><td>$\pi_1(q_0,p_1) \le \pi_1(q_0,q_1)$</td><td colspan="4">$\pi_1(q_0,p_1) \ge \pi_1(q_0,q_1)$</td></tr>
<tr><td colspan="4">$\pi_1(p_0,p_1) \le \pi_1(p_0,q_1)$</td><td>$\pi_1(p_0,p_1) \ge \pi_1(p_0,q_1)$</td></tr>
</table>

$0\ (\delta>0)$ $\quad \frac{\delta}{1+\delta} \quad \frac{(4\delta+2\delta^2-\delta^3)}{(4+4\delta-\delta^2-\delta^3)} \quad \frac{(4\delta-2\delta^2-\delta^3)}{(4-3\delta^2)} \quad \delta \quad 1 \quad \phi$

圖 1　不同消費者剩餘權重 ϕ 與產品替代性 δ 之下的均衡結果

我們可以得到下列命題：

[命題 2]　在混合雙占市場中，當產品具有替代關係時 ($\delta>0$)：

(1) **若 $\phi \ge \delta$，則兩家廠商都選擇價格策略 (p_0, p_1)，是此賽局唯一的均衡結果；**

(2) **若 $(4\delta-2\delta^2-\delta^3)/(4-3\delta^2) \le \phi \le \delta$，則公營廠商選擇價格策略，而民營廠商選擇數量策略 (p_0,q_1)，是此賽局唯一的均衡結果；**

(3) **若 $(4\delta+2\delta^2-\delta^3)/(4+4\delta-\delta^2-\delta^3) \le \phi \le (4\delta-2\delta^2-\delta^3)/(4-3\delta^2)$，則均衡不存在；**

(4) **若 $\delta/(1+\delta) \le \phi \le (4\delta+2\delta^2-\delta^3)/(4+4\delta-\delta^2-\delta^3)$，則公營廠商選擇數量策略，而民營廠商選擇價格策略 (q_0, p_1)，是此賽局唯一的均衡結果；**

(5) **若 $\boldsymbol{0 \le \phi \le \delta/(1+\delta)}$，則兩家廠商都選擇數量策略 $(\boldsymbol{q_0, q_1})$，是此賽局唯一的均衡結果。**

命題 2 之研究發現，除了結果 (1) 與 Matsumura and Ogawa (2012) 之結論相同外，其餘結果皆相異於上述文獻。當公營廠商對消費者剩餘的重視程度，小於產品的替代程度時 $(\phi < \delta)$，兩家廠商都選擇價格策略 (p_0, p_1) 不再是此賽局的均衡結果。換言之，公營廠商的目標函數中消費者剩餘的權重（國內消費者比例），對於此賽局的均衡結果扮演著關鍵性的角色。其中的經濟直覺在於，當消費者剩餘的權重夠大時 $(\phi \ge \delta)$，對於公營廠商而言，選擇價格策略時，對手廠商的需求彈性大，使得對手廠商的價格低、數量高，消費者剩餘高，因此公營廠商的優勢策略為選擇價格策略。對於民營廠商而言，若商品為替代品，選擇價格（數量）策略時，公營廠商的價格高（低）、數量低（高），因此民營廠商的優勢策略亦為選擇價格策略。[12]

相對的，當消費者剩餘的權重夠小時 $(\phi \le \delta/(1+\delta))$，公營廠商選擇價格策略以提升消費者剩餘，變的相對不重要，另一方面，因為在替代品之下，就利潤極大化的觀點，個別廠商總是希望對手廠商的產量低、價格高，而當個別廠商選擇數量策略時，對手廠商的需求彈性小，使得對手廠商的價格高、數量低，因此，兩家廠商的優勢策略皆為選擇數量策略 (q_0, q_1)。

對於公營廠商而言，在一個給定的消費者剩餘權重 ϕ 之下，相較於民營廠商選擇數量策略 (q_1)，當民營廠商選擇價格策略 (p_1)

---

[12] 具體而言，若公營廠商選擇價格策略，則當民營廠商選擇價格策略時 (p_0, p_1)，在替代品之下，公營廠商的價格高於當民營廠商選擇數量策略時 (p_0, q_1) 子賽局之下的價格，以誘發一個較高的民營廠商數量，以增加社會福利。因此，民營廠商的最適反應為選擇價格策略；若公營廠商選擇數量策略，則當民營廠商選擇價格策略時 (q_0, p_1)，在替代品之下，公營廠商選擇一個較低的數量，以誘發一個較高的民營廠商數量，以增加社會福利，這使得公營廠商的價格高於 (p_0, q_1) 子賽局之下的價格。因此，民營廠商的最適反應亦為選擇價格策略，所以選擇價格策略為民營廠商的優勢策略（相關推論請參閱附錄 1）。

時，公營廠商較有誘因選擇價格策略 (p_0)，其中的關鍵在於，當民營廠商選擇數量策略 (q_1) 時，公營廠商的定價，低於民營廠商選擇價格策略 (p_1) 時，公營廠商之定價，而當公營廠商的定價愈低時，產量以及消費者剩餘（社會福利）將愈高，因此，當民營廠商選擇數量策略 (q_1) 時，隨著消費者剩餘權重 ϕ 的增加，公營廠商會較晚才選擇價格策略 (p_0)，換言之，在一個夠大的消費者剩餘權重 ϕ 之下，公營廠商才會選擇價格策略 (p_0)。[13]

對於民營廠商而言，在一個給定的消費者剩餘權重 ϕ 之下，當公營廠商選擇數量策略 (q_0) 時，民營廠商較有誘因選擇價格策略 (p_1)，其中的關鍵在於，當公營廠商選擇數量策略 (q_0) 時，市場需求彈性小（價格高、產量低），若民營廠商也選擇價格策略 (p_1)，則市場的總產量不至於太高（價格不至於太低），相反的，當公營廠商選擇價格策略 (p_0) 時，市場需求彈性大（價格低、產量高），若民營廠商也選擇價格策略 (p_1)，則市場的總產量更高（價格更低），因此，當公營廠商選擇價格策略 (p_0) 時，隨著消費者剩餘權重 ϕ 的增加，民營廠商會較晚才選擇價格策略 (p_1)，亦即，在一個夠大的消費者剩餘權重 ϕ 之下，民營廠商才會選擇價格策略 (p_1)。[14]

綜上所述，隨著公營廠商對消費者剩餘的重視程度 ϕ 逐漸降低時，公營廠商與民營廠商的策略選擇，都將陸續從價格策略轉變為數量策略。若 $(4\delta-2\delta^2-\delta^3)/(4-3\delta^2)\le\phi\le\delta$ ，則公營廠商選擇價格策略，而民營廠商選擇數量策略 (p_0,q_1)，是此賽局唯一的均衡結

[13] 當 $\phi\ge(4\delta-2\delta^2-\delta^3)/(4-3\delta^2)$ 時，在一個給定的民營廠商選擇數量策略 (q_1) 之下，公營廠商的最適反應為選擇價格策略 (p_0)；當 $\phi\ge(4\delta+2\delta^2-\delta^3)/(4+4\delta-\delta^2-\delta^3)$ 時，在一個給定的民營廠商選擇價格策略 (p_1) 之下，公營廠商的最適反應為選擇價格策略 (p_0)，且 $(4\delta-2\delta^2-\delta^3)/(4-3\delta^2)$ $(4\delta+2\delta^2-\delta^3)/(4+4\delta-\delta^2-\delta^3)$ 。

[14] 當 $\phi\ge\delta/(1+\delta)$ 時，在一個給定的公營廠商選擇數量策略 (q_0) 之下，民營廠商的最適反應為選擇價格策略 (p_1)；當 $\phi\ge\delta$ 時，在一個給定的公營廠商選擇價格策略 (p_0) 之下，民營廠商的最適反應為選擇價格策略 (p_1)，且 $\delta>\delta/(1+\delta)$ 。

果；若 $\delta/(1+\delta)\le\phi\le(4\delta+2\delta^2-\delta^3)/(4+4\delta-\delta^2-\delta^3)$，則公營廠商選擇數量策略，而民營廠商選擇價格策略 (q_0,p_1)，是此賽局唯一的均衡結果。最後，應該加以說明的是，因為 $\delta/(1+\delta)\le(4\delta+2\delta^2-\delta^3)/(4+4\delta-\delta^2-\delta^3)$，這隱含了，若 $(4\delta+2\delta^2-\delta^3)/(4+4\delta-\delta^2-\delta^3)\le\phi\le(4\delta-2\delta^2-\delta^3)/(4-3\delta^2)$，則對於兩家廠商而言，不存在一組策略組合，滿足彼此對彼此做最適反應的均衡條件，因此，此賽局之均衡不存在。

命題 2 的研究發現與 Scrimitore (2013) 分析模型中政府對雙占廠商的產量補貼具有相似之效果，具體而言，國內消費者的比例相當高（低）或是政府對產量的補貼相當低（高）時，混合雙占廠商皆選擇價格（數量）策略是唯一的均衡結果；當國內消費者的比例或產量補貼適中時，將存在混合策略變數的均衡結果，或是均衡不存在。

我們接著做賽局均衡解的比較靜態分析，由附錄 1 之附表 3 可知，隨著消費者剩餘權重 ϕ 的上升，公營廠商的目標將愈接近於商品全數在國內銷售時的社會福利極大化，在四種均衡結果之下，公營廠商的均衡產量 q_0 都將上升（均衡價格 p_0 都將下降），而民營廠商之產量 q_1、價格 p_1 與利潤 π_1 皆為之下降，此外，公營廠商產量之增加，對於公營廠商之利潤與消費者剩餘之貢獻程度，將足以彌補民營廠商利潤之下降，進而使得社會福利 SW_0 為之上升。

最後，我們做 Bertrand 與 Cournot 均衡結果之比較，以探討在廠商的競爭策略選擇部分，就社會福利而言，均衡的結果是否是相對有效率的？就民營廠商而言，均衡的結果是否是相對有利的（利潤較高的）？我們比較 (p_0,p_1) 與 (q_0,q_1) 策略變數選擇時，社會福利 (SW_0) 與民營廠商利潤 (π_1)，結果如下：

$$SW_0(p_0,p_1)-SW_0(q_0,q_1)=\frac{\delta^2[-(1+\delta)\phi^2+2(1+\delta)\phi-2\delta)](a-c)^2}{2(1+\delta)(2-\delta^2)^2(2-\phi)}\geq 0$$

若且唯若 $\phi\geq\frac{(1+\delta)-\sqrt{1-\delta^2}}{1+\delta}\equiv g(\delta)$。 (10)

$$\pi_1(p_0,p_1)-\pi_1(q_0,q_1)=\frac{\delta^2[-(1+\delta)\phi^2+2(1+\delta)\phi-2\delta)](a-c)^2}{(1+\delta)(2-\delta^2)^2(2-\phi)^2}\geq 0$$

若且唯若 $\phi\geq\frac{(1+\delta)-\sqrt{1-\delta^2}}{1+\delta}\equiv g(\delta)$。 (11)

由於 $g(\delta)$ 為 δ 的嚴格遞增函數且通過原點，其值域範圍落於 $(-\infty,1)$，因此，當產品具有互補關係時，則 $g(\delta)<0$、$\phi>g(\delta)$；當產品具有替代關係時：$\delta/(1+\delta)<g(\delta)<\delta$。綜合命題 2 與上述分析結果，我們可以得到下列命題：

[命題 3] 如果產品具有互補關係($\delta<0$)或是產品具有替代關係且 $\phi>\delta$ 時，(p_0, p_1) 策略組合是此賽局唯一的均衡結果，此時相較於數量競爭，價格競爭可以得到較高的社會福利與民營廠商利潤。如果產品具有替代關係且 $0\leq\phi\leq\delta/(1+\delta)$，則 (q_0,q_1) 策略組合是此賽局唯一的均衡結果，此時相較於價格競爭，數量競爭可以得到較高的社會福利與民營廠商利潤。

Singh and Vives (1984) 研究發現，在純粹雙占市場中，無論商品是替代品或互補品，價格競爭之下的社會福利與消費者剩餘，皆高於數量競爭之下的社會福利與消費者剩餘，而當商品是替代品（互補品）時，數量競爭之下的廠商利潤，高於（低於）價格競爭之下的廠商利潤。這隱含了，在內生化廠商的競爭策略賽局下，當商品是互補品時，均衡結果為兩家廠商都選擇價格策略，此時相較於數量策略，價格競爭可以得到較高的社會福利，但是當商品是替代品

時，均衡結果為兩家廠商都選擇數量策略，此時數量競爭之下的社會福利，低於價格競爭之下的社會福利。Matsumura and Ogawa (2012) 研究發現，在混合雙占市場中，無論產品為替代品或互補品，價格競爭之下的社會福利與民營廠商利潤，皆高於數量競爭之下的社會福利與民營廠商利潤。

相較於 Matsumura and Ogawa (2012)，本文研究發現，在混合雙占市場中，若公營廠商的目標函數中，消費者剩餘與產業利潤權重不相同時，價格競爭之下的社會福利與民營廠商利潤，未必高於數量競爭之下的社會福利與民營廠商利潤。相較於 Singh and Vives (1984)，本文研究發現，若產品具有替代關係且消費者剩餘權重較小時 ($0 \le \phi \le \delta/(1+\delta)$)，則 (q_0, q_1) 策略組合是此賽局唯一的均衡結果，此時數量競爭可以得到相對較高的社會福利與民營廠商利潤。

4. 結論

本文在混合雙占模型下，探討由國內與國外消費者所共同組成之整合型市場中，廠商之內生化競爭策略選擇。研究結果發現，公營廠商消費者剩餘權重（國內消費者比例）與產品替代程度的相對大小關係，對於均衡結果扮演著關鍵性的角色，此外，研究發現，本文模型的國內消費者比例與 Scrimitore (2013) 政府對於產量的補貼具有相似之效果。

具體而言，在線性的市場需求之下，此賽局之均衡結果為：(1) 當商品具有互補關係，或是商品具有替代關係，且公營廠商的目標函數中對消費者剩餘的權重（國內消費者比例）大於商品的替代程度時，公營廠商與民營廠商的優勢策略，皆為選擇價格策略；(2) 當商品具有替代關係，且公營廠商對消費者剩餘的權重（國內消費者比例）小於商品的替代程度時，隨著消費者剩餘的權重愈趨不重要，兩家廠商的策略選擇，陸續從價格策略轉變為數量策略。當消費者剩餘的權重適中時，此賽局的均衡結果會出現，一家廠商選擇數量

策略，而另一家廠商選擇價格策略的混合數量－價格競爭；當消費者剩餘的權重較低時，公營廠商與民營廠商的優勢策略，皆為選擇數量策略。本文之研究結果，可供未來實證研究，以探討商品在國內銷售比例對廠商策略變數影響之相關研究。

最後，本研究發現，當商品具有互補關係，或是商品具有替代關係且公營廠商的目標函數中，消費者剩餘權重夠大時，均衡時兩家廠商都選擇價格策略，此時相較於數量策略，價格競爭可以得到較高的社會福利與民營廠商利潤；如果商品具有替代關係且公營廠商的目標函數中，消費者剩餘權重夠小時，均衡時兩家廠商都選擇數量策略，此時相較於價格策略，數量競爭可以得到較高的社會福利與民營廠商利潤。

附錄 1：四種子賽局之均衡

(i) $(\boldsymbol{q_0}, \boldsymbol{q_1})$ 子賽局

將(2)式代入(3)式可以得到兩家廠商的目標函數

$$\begin{cases} SW_0 = (a-c)(q_0+q_1) - (1-\dfrac{\phi}{2})(q_0^2+q_1^2) - (2-\phi)\delta q_0 q_1\text{，} \\ \pi_1 = (p_1-c)q_1 = (a-q_1-\delta q_0 - c)q_1\text{。} \end{cases} \tag{A1}$$

個別廠商目標函數對其產量微分，且令其為零，可得

$$\begin{cases} q_0^{qq} = \dfrac{(2-2\delta+\phi\delta)(a-c)}{(2-\phi)(2-\delta^2)}, \\ q_1^{qq} = \dfrac{(2-\delta-\phi)(a-c)}{(2-\phi)(2-\delta^2)}\text{。} \end{cases} \tag{A2}$$

將(A2)式代入(2)式、(A1)式，可得兩家廠商的價格與目標函數

$$\begin{cases} p_0^{qq} = \dfrac{a(1-\phi)+c}{2-\phi}, \\ p_1^{qq} = \dfrac{(2-\phi)(a+c-\delta^2 c) - \delta(a-c)}{(2-\phi)(2-\delta^2)}\text{。} \end{cases} \tag{A3}$$

$$\begin{cases} SW_0^{qq} = \dfrac{f^{qq}(a-c)^2}{2(2-\phi)(2-\delta^2)^2}, \\ \pi_1^{qq} = \dfrac{(2-\delta-\phi)^2(a-c)^2}{(2-\phi)^2(2-\delta^2)^2}\text{。} \end{cases} \tag{A4}$$

其中 $f^{qq} = -(1-\delta^2)\phi^2 + (8+2\phi\delta)(1-\delta) - (1-2\delta)\phi\delta^2 >$ 。

(ii) $(\boldsymbol{p_0}, \boldsymbol{p_1})$ 子賽局

利用(2)式，聯立求解 (q_0, q_1) 可得

$$\begin{cases} q_0 = \dfrac{a(1-\delta) - p_0 + \delta p_1}{1-\delta^2}, \\ q_1 = \dfrac{a(1-\delta) - p_1 + \delta p_0}{1-\delta^2}。 \end{cases} \tag{A5}$$

將(A5)式代入(3)式，可以得到兩家廠商的目標函數

$$\begin{cases} SW_0 = \dfrac{a(1-\phi)(1-\delta)(p_0+p_1) - (1-\dfrac{\phi}{2})(p_0^2+p_1^2) + (2-\phi)\delta p_0 p_1}{1-\delta^2} \\ \qquad + \dfrac{\phi(1-\delta)a^2 - (1-\delta)c(2a-p_0-p_1)}{1-\delta^2}, \\ \pi_1 = (p_1 - c)\dfrac{a(1-\delta) - p_1 + \delta p_0}{1-\delta^2}。 \end{cases} \tag{A6}$$

個別廠商目標函數對其價格微分，且令其為零，可得

$$\begin{cases} p_0^{pp} = \dfrac{(2-2\phi+\phi\delta-2\delta^2+\phi\delta^2)a + c(2-\phi\delta)}{(2-\phi)(2-\delta^2)}, \\ p_1^{pp} = \dfrac{(2-\phi-\delta-\delta^2+\phi\delta^2)a + c(2-\phi+\delta-\delta^2)}{(2-\phi)(2-\delta^2)}。 \end{cases} \tag{A7}$$

$$\begin{cases} q_0^{pp} = \dfrac{a-c}{(1+\delta)(2-\phi)}, \\ q_1^{pp} = \dfrac{(2-\phi+\delta-\phi\delta)(a-c)}{(1+\delta)(2-\phi)(2-\delta^2)}。 \end{cases} \tag{A8}$$

$$\begin{cases} SW_0^{pp} = \dfrac{f^{pp}(a-c)^2}{2(1+\delta)(2-\phi)(2-\delta^2)^2}, \\ \pi_1^{pp} = \dfrac{(1-\delta)(2-\phi+\delta-\phi\delta)^2(a-c)^2}{(1+\delta)(2-\phi)^2(2-\delta^2)^2}。 \end{cases} \tag{A9}$$

其中 $f^{pp} = -(1+\delta^2)\phi^2 + 2\phi\delta(1+\delta) - (9+\delta-2\delta^2)\delta^2 + 8 > 0$

(iii) (q_0, p_1) 子賽局

利用(2)式，聯立求解(p_0, q_1)可以得到

$$\begin{cases} p_0 = a(1-\delta) - (1-\delta^2)q_0 + \delta p_1, \\ q_1 = a - p_1 - \delta q_0。 \end{cases} \tag{A10}$$

將 (A10) 式代入 (3) 式，可以得到兩家廠商的目標函數

$$\begin{cases} SW_0 = (1-\delta)(a-c)q_0 - (1-\delta^2)(1-\dfrac{\phi}{2})q_0^2 + (a-\phi a+c)p_1 \\ \qquad -(1-\dfrac{\phi}{2})p_1^2 + (\dfrac{\phi a^2}{2} - ac), \\ \pi_1 = (p_1 - c)(a - p_1 - \delta q_0)。 \end{cases} \tag{A11}$$

公營廠商與民營廠商目標函數，分別對其數量與價格微分，令其為零，可以得到

$$\begin{cases} q_0^{qp} = \dfrac{a-c}{(2-\phi)(1+\delta)}, \\ p_1^{qp} = \dfrac{(2-\phi+\delta-\phi\delta)(a+c)+2\delta c}{(2-\phi)(1+\delta)}。 \end{cases} \tag{A12}$$

將(A12)式代入(A10)式、(A11)式

$$\begin{cases} p_0^{qp} = \dfrac{(2-2\phi+2\delta-\phi\delta)(a+c)-(1-\phi)\delta^2(a-c)+2\phi c}{2(1+\delta)(2-\phi)}, \\ q_1^{qp} = \dfrac{(2-\phi+\delta-\phi\delta)(a-c)}{2(1+\delta)(2-\phi)}。 \end{cases} \tag{A13}$$

$$\begin{cases} SW_0^{qp} = \dfrac{f^{qp}(a-c)^2}{8(1+\delta)^2(2-\phi)}, \\ \pi_1^{qp} = \dfrac{(2-\phi+\delta-\phi\delta)^2(a-c)^2}{4(1+\delta)^2(2-\phi)^2}。 \end{cases} \tag{A14}$$

其中 $f^{qp} = -(\delta+1)^2\phi^2 + 2\phi\delta(1+\delta) + (8+8\delta-\delta^2) > 0$

(iv) $(\boldsymbol{p_0},\boldsymbol{q_1})$ **子賽局**

相似於 (q_0,p_1) 子賽局的推論方法，可求得

$$\begin{cases} p_0 = \dfrac{(a-a\phi+c)}{(2-\phi)}, \\ q_1 = \dfrac{(a-a\delta-c)+\delta p_0}{2(1-\delta^2)} \text{。} \end{cases} \tag{A15}$$

相似的推論方法可得

$$\begin{cases} p_0^{pq} = \dfrac{a(1-\phi)+c}{2-\phi}, \\ q_1^{pq} = \dfrac{(2-\phi-\delta)(a-c)}{2(2-\phi)(1-\delta^2)} \text{。} \end{cases} \tag{A16}$$

$$\begin{cases} q_0^{pq} = \dfrac{(2+\phi\delta-2\delta-\delta^2)(a-c)}{2(2-\phi)(1-\delta^2)}, \\ p_1^{pq} = \dfrac{(2-\phi-\delta)a-(2-\phi+\delta)c}{2(2-\phi)} \text{。} \end{cases} \tag{A17}$$

$$\begin{cases} SW_0^{pq} = \dfrac{f^{pq}(a-c)^2}{8(1-\delta^2)(2-\phi)}, \\ \pi_1^{pq} = \dfrac{(2-\phi-\delta)^2(a-c)^2}{4(1-\delta^2)(2-\phi)^2} \text{。} \end{cases} \tag{A18}$$

其中 $f^{pq} = -\phi^2+2\phi\delta+(8-8\delta-\delta^2)>0$。

我們將混合雙占市場，四種子賽局個別廠商最適反應函數與對手廠商策略變數之關係，整理如下列附表 1：

附表 1　四種子賽局個別廠商最適反應函數與對手廠商策略變數之關係

	$\delta > 0$	$\delta < 0$
(p_0, p_1)	$\frac{\partial p_0}{\partial p_1} > 0, \frac{\partial p_1}{\partial p_0} > 0$	$\frac{\partial p_0}{\partial p_1} < 0, \frac{\partial p_1}{\partial p_0} < 0$
(p_0, q_1)	$\frac{\partial p_0}{\partial q_1} = 0, \frac{\partial q_1}{\partial p_0} > 0$	$\frac{\partial p_0}{\partial q_1} = 0, \frac{\partial q_1}{\partial p_0} < 0$
(q_0, p_1)	$\frac{\partial q_0}{\partial p_1} = 0, \frac{\partial p_1}{\partial q_0} < 0$	$\frac{\partial q_0}{\partial p_1} = 0, \frac{\partial p_1}{\partial q_0} > 0$
(q_0, q_1)	$\frac{\partial q_0}{\partial q_1} < 0, \frac{\partial q_1}{\partial q_0} < 0$	$\frac{\partial q_0}{\partial q_1} > 0, \frac{\partial q_1}{\partial q_0} > 0$

我們將雙占廠商在賽局第二階段之均衡解，整理如下列附表 2：

附表 2　雙占廠商在賽局第二階段之均衡解

	(q_0, q_1)	(p_0, p_1)
p_0	$\frac{a(1-\phi)+c}{(2-\phi)}$	$\frac{\phi\delta(a\delta+a-c)-2a(\phi+\delta^2)+2(a+c)}{(2-\phi)(2-\delta^2)}$
p_1	$\frac{(2-\phi)(a+c-c\delta^2)-(a-c)\delta}{(2-\phi)(2-\delta^2)}$	$\frac{(2-\phi-\delta^2)(a+c)-(a\phi\delta-a+c)\delta}{(2-\phi)(2-\delta^2)}$
q_0	$\frac{(2-2\delta+\phi\delta)(a-c)}{(2-\phi)(2-\delta^2)}$	$\frac{(a-c)}{(2-\phi)(1+\delta)}$
q_1	$\frac{(2-\delta-\phi)(a-c)}{(2-\phi)(2-\delta^2)}$	$\frac{(2+\delta-\phi-\phi\delta)(a-c)}{(1+\delta)(2-\phi)(2-\delta^2)}$
π_0	$\frac{(1-\phi)(2-2\delta+\phi\delta)(a-c)^2}{(2-\phi)^2(2-\delta^2)}$	$\frac{(1-\delta)(2-2\delta+2\phi+\phi\delta)(a-c)^2}{(1+\delta)(2-\phi)^2(2-\delta^2)}$
π_1	$\frac{(2-\delta-\phi)^2(a-c)^2}{(2-\phi)^2(2-\delta^2)^2}$	$\frac{(1-\delta)(2-\delta+\phi+\phi\delta)^2(a-c)^2}{(1+\delta)(2-\phi)^2(2-\delta^2)^2}$
SW_0	$\frac{f^{qq}(a-c)^2}{2(2-\phi)(2-\delta^2)^2}$	$\frac{f^{pp}(a-c)^2}{2(1+\delta)(2-\phi)(2-\delta^2)^2}$

附表 2　雙占廠商在賽局第二階段之均衡解（續前頁）

	(q_0, p_1)	(p_0, q_1)
p_0	$\frac{(2+2\delta-\phi\delta)(a+c)-(1-\phi)\delta^2(a-c)-2a\phi}{2(1+\delta)(2-\phi)}$	$\frac{a(1-\phi)+c}{(2-\phi)}$
p_1	$\frac{[2-\phi(1+\delta)](a+c)+(a+3c)\delta}{2(1+\delta)(2-\phi)}$	$\frac{(2-\phi)(a+c)-(a-c)\delta}{2(2-\phi)}$
q_0	$\frac{(a-c)}{(2-\phi)(1+\delta)}$	$\frac{(2-2\delta+\phi\delta-\delta^2)(a-c)}{2(2-\phi)(1-\delta^2)}$
q_1	$\frac{(2-\phi+\delta-\phi\delta)(a-c)}{2(2-\phi)(1+\delta)}$	$\frac{(2-\phi-\delta)(a-c)}{2(2-\phi)(1-\delta^2)}$
π_0	$\frac{[2+2\delta-\phi(2+\delta)-(1-\phi)\delta^2)](a-c)^2}{2(2-\phi)^2(1+\delta)^2}$	$\frac{(1-\phi)(2-2\delta+\phi\delta-\delta^2)(a-c)^2}{2(2-\phi)^2(1-\delta^2)}$
π_1	$\frac{(2-\phi+\delta-\phi\delta)^2(a-c)^2}{4(2-\phi)^2(1+\delta)^2}$	$\frac{(2-\phi-\delta)^2(a-c)^2}{4(2-\phi)^2(1-\delta^2)}$
SW_0	$\frac{f^{qp}(a-c)^2}{8(1+\delta)^2(2-\phi)}$	$\frac{f^{pq}(a-c)^2}{8(1-\delta^2)(2-\phi)}$

附表 3　賽局均衡解之比較靜態分析

內生變數	ϕ 上升			
	(q_0, q_1)	(p_0, p_1)	(q_0, p_1)	(p_0, q_1)
p_0	－	－	－	－
p_1	－	－	－	－
q_0	＋	＋	＋	＋
q_1	－	－	－	－
π_0	＋	＋	＋	＋
π_1	－	－	－	－
SW_0	＋	＋	＋	＋

附錄 2：公營廠商與民營廠商的成本不對稱模型

假設民營廠商與公營廠商之單位（邊際）生產成本分別為 0 與 $c>0$。相似於附錄 1 的求解方法，可以推導出相似於表 1 所示之兩家廠商目標函數矩陣。以下為此四個目標函數之比較結果

$$SW_0(p_0,q_1)-SW_0(q_0,q_1)$$

$$=\frac{\delta^2[a(2-\delta-\phi)+\delta c]\{a[-a(4\delta-2\delta^2-\delta^3)+\phi(4-3\delta^2)]+\delta c(4-\delta^2)\}}{8(1-\delta^2)(2-\delta^2)^2(2-\phi)}\geq 0$$

若且唯若 $\phi\geq\dfrac{a(4\delta-2\delta^2-\delta^3)-\delta c(4-\delta^2)}{a(4-3\delta^2)}$。 (A19)

$$SW_0(p_0,p_1)-SW_0(q_0,p_1)$$

$$=\frac{\delta^2[a(2-\delta-\delta^2)+c\delta-a\phi(1-\delta^2)][-a(4\delta-2\delta^2-3\delta^3+\delta^4)+\delta c(4-3\delta^2)+a\phi(4-5\delta^2+\delta^4)]}{8(1-\delta^2)^2(2-\delta^2)^2(2-\phi)}\geq 0$$

若且唯若 $\phi\geq\dfrac{a(4\delta-2\delta^2-3\delta^3+\delta^4)-\delta c(4-3\delta^2)}{a(4-5\delta^2+\delta^4)}$。 (A20)

$$\pi_1(q_0,p_1)-\pi_1(q_0,q_1)$$

$$=\frac{\delta^2[a\phi(1-\delta^2)-\delta(a-\delta a-c)][a(8-4\delta-8\delta^2+3\delta^3+\delta^4)-a\phi(4-5\delta^2+\delta^4)+\delta c(4-3\delta^2)]}{4(2-\delta^2)^2(1-\delta^2)^2(2-\phi)^2}\geq 0$$

若且唯若 $\phi\ \geq\dfrac{\delta(a-\delta a-c)}{a(1-\delta^2)}$。 (A21)

$$\pi_1(p_0,p_1)-\pi_1(p_0,q_1)$$

$$=\frac{\delta^2[\phi a-\delta(a-c)]\{a[(8-4\delta-4\delta^2+\delta^3)-\phi(4-3\delta^2)]+\delta c(4-\delta^2)\}}{4(1-\delta^2)(2-\delta^2)^2(2-\phi)^2}\geq 0$$

若且唯若 $\phi\ \geq\dfrac{(a-c)\delta}{a}$。 (A22)

(A19)式至(A22)式四個消費者剩餘權重ϕ的臨界值皆為產品替代參數(δ)之嚴格遞增函數，且此四個臨界值之相對大小關係為

$$\frac{\delta(a-\delta a-c)}{a(1-\delta^2)}\leq\frac{a(4\delta-2\delta^2-3\delta^3+\delta^4)-c\delta(4-[illegible]}{a(4-5\delta^2+\delta^4)}$$

$$\leq\frac{a(4\delta-2\delta^2-\delta^3)-c\delta(4-\delta^2)}{a(4-3\delta^2)}\leq\frac{(a-c)\delta}{a}。$$

此四個消費者剩餘權重ϕ的臨界值之相對大小關係，等同於正文之(9)式，而當公營廠商與民營廠商生產成本相同時($c=0$)，(A19)式至(A22)式將回復至(5)式至(8)式。因此，即使假設公營廠商與民營廠商的生產成本不同，本文的主要研究結果依然成立。

參考文獻

楊秉訓 Yang, Bing-Xun (2012)，「由經濟分析觀點看馬祖博奕產業的未來規劃」"Planning of the Gaming Industry in Matzu from the Viewpoint of Economic Analysis"，馬祖日報 *Matzu Daily News*，http://www. econ.tku.edu.tw/introd/20120820yang/yang-0.pdf。

Amir, R. and J. Y. Jin (2001), "Cournot and Bertrand Equilibria Compared: Substitutability, Complementarity and Concavity," *International Journal of Industrial Organization*, 19:3-4, 303-317.

Arya, A., B. Mittendorf and D. E. M. Sappington (2008), "Outsourcing, Vertical Integration, and Price vs. Quantity Competition," *International Journal of Industrial Organization*, 26:1, 1-16.

Bárcena-Ruiz, J. C. and M. B. Garzón (2010), "Endogenous Timing in a Mixed Oligopoly with Semipublic Firms," *Portuguese Economic Journal*, 9:2, 97-113.

Boyer, M. and M. Moreaux (1987), "On Stackelberg Equilibria with Differentiated Products: The Critical Role of the Strategy Space," *The Journal of Industrial Economics*, 36:2, 217-230.

Brander, J. A. and B. J. Spencer (1985), "Export Subsidies and International Market Share Rivalry," *Journal International Economics*, 18:1-2, 83-100.

Cheng, L. (1985), "Comparing Bertrand and Cournot Equilibria: A Geometric Approach," *The RAND Journal of Economics*, 16:1, 146-152.

Chirco, A. and M. Scrimitore (2013), "Choosing Price or Quantity? The Role of Delegation and Network Externalities," *Economics Letters*, 121:3, 482-486.

Choi, K. (2012), "Price and Quantity Competition in a Unionized Mixed

Duopoly: The Cases of Substitutes and Complements," *Australian Economic Papers*, 51:1, 1-22.

Dastidar, K. G. (1997), "Comparing Cournot and Bertrand in a Homogeneous Product Market," *Journal of Economic Theory*, 75:1, 205-212.

Fjell, K. and D. Pal (1996), "A Mixed Oligopoly in the Presence of Foreign Private Firms," *The Canadian Journal of Economics*, 29:3, 737-743.

Fujiwara, K. (2007), "Partial Privatization in a Differentiated Mixed Oligopoly," *Journal of Economics*, 92:1, 51-65.

Ghosh, A. and M. Mitra (2010), "Comparing Bertrand and Cournot in Mixed Markets," *Economics Letters*, 109:2, 72-74.

Häckner, J. (2000), "A Note on Price and Quantity Competition in Differentiated Oligopolies," *Journal of Economic Theory*, 93:2, 233-239.

Hamilton, J. H., J. F. Thisse and A. Weskamp (1989), "Spatial Discrimination: Bertrand vs. Cournot in a Model of Location Choice," *Regional Science and Urban Economics*, 19:1, 87-102.

Klemperer, P. and M. Meyer (1986), "Price Competition vs. Quantity Competition: The Role of Uncertainty," *The RAND Journal of Economics*, 17:4, 618-638.

Lambertini, L. (2000), "Strategic Delegation and the Shape of Market Competition," *Scottish Journal of Political Economy*, 47:5, 550- 570.

Lambertini, L. and C. Schultz (2003), "Price or Quantity in Tacit Collusion?" *Economics Letters*, 78:1, 131-137.

Liang, W. J., H. Hwang and C. C. Mai (2006), "Spatial Discrimination: Bertrand vs. Cournot with Asymmetric Demands," *Regional Science and Urban Economics*, 36:6, 790-802.

Lin, M. H. and T. Matsumura (2012), "Presence of Foreign Investors in

Privatized Firms and Privatization Policy," *Journal of Economics*, 107:1, 71-80.

Lin, M. H. and H. Ogawa (2005), "Cost Reducing Incentives in a Mixed Duopoly Market," *Economics Bulletin*, 12:6, 1-6.

Lu, Y. (2006), "Endogenous Timing in a Mixed Oligopoly with Foreign Competitors: The Linear Demand Case," *Journal of Economics*, 88:1, 49-68.

Maggi, G. (1996), "Strategic Trade Policies with Endogenous Mode of Competition," *The American Economic Review*, 86:1, 237-258.

Matsumura, T. (1998), "Partial Privatization in Mixed Duopoly," *Journal of Public Economics*, 70:3, 473-483.

Matsumura, T. and A. Ogawa (2010), "On the Robustness of Private Leadership in Mixed Duopoly," *Australian Economic Papers*, 49:2, 149-160.

Matsumura, T. and A. Ogawa (2012), "Price versus Quantity in a Mixed Duopoly," *Economics Letters*, 116:2, 174-177.

Merrill, W. C. and N. Schneider (1966), "Government Firms in Oligopoly Industries: A Short-Run Analysis," *The Quarterly Journal of Economics*, 80:3, 400-412.

Milliou, C. and E. Petrakis (2007), "Upstream Horizontal Mergers, Vertical Contracts, and Bargaining," *International Journal of Industrial Organization*, 25:5, 963-987.

Naya, J. M. (2015), "Endogenous Timing in a Mixed Duopoly Model," *Journal of Economics*, 116:2, 165-174.

Pal, D. (1998), "Endogenous Timing in a Mixed Oligopoly," *Economics Letters*, 61:2, 181-185.

Qiu, L. D. (1997), "On the Dynamic Efficiency of Bertrand and Cournot Equilibria," *Journal of Economic Theory*, 75:1, 213-229.

Reisinger, M. and L. Ressner (2009), "The Choice of Prices versus

Quantities under Uncertainty," *Journal of Economics & Management Strategy*, 18:4, 1155-1177.

Sato, T. (1996), "On Cournot-Bertrand Mixed Duopolies," *The Japanese Economic Review*, 47:4, 412-420.

Scrimitore, M. (2013), "Price or Quantity? The Strategic Choice of Subsidized Firms in a Mixed Duopoly," *Economics Letters*, 118:2, 337-341.

Singh, N. and X. Vives (1984), "Price and Quantity Competition in a Differentiated Duopoly," *The RAND Journal of Economics*, 15:4, 546-554.

Sun, C. H. (2013), "Combining the Endogenous Choice of Price/ Quantity and Timing," *Economics Letters*, 120:3, 364-368.

Sun, C. H. and F. C. Lai (2014), "Spatial Price Discrimination in a Symmetric Barbell Model: Bertrand vs. Cournot," *Papers in Regional Science*, 93:1, 141-158.

Tanaka, Y. (2001a), "Profitability of Price and Quantity Strategies in an Oligopoly," *Journal of Mathematical Economics*, 35:3, 409-418.

Tanaka, Y. (2001b), "Profitability of Price and Quantity Strategies in a Duopoly with Vertical Product Differentiation," *Economic Theory*, 17:3, 693-700.

Tasnádi, A. (2006), "Price vs. Quantity in Oligopoly Games," *International Journal of Industrial Organization*, 24:3, 541-554.

Thisse, J. F. and X. Vives (1988), "On the Strategic Choice of Spatial Price Policy," *The American Economic Review*, 78:1, 122-137.

Tremblay, C. H. and V. J. Tremblay (2011), "The Cournot-Bertrand Model and the Degree of Product Differentiation," *Economics Letters*, 111:3, 233-235.

Price Competition versus Quantity Competition in a Mixed Duopoly with Integrated Markets

Lin, Ruey-Yih and Chia-Hung Sun

Abstract

This paper investigates the theory of endogenous choice of the competition strategy in a mixed duopoly model, in which the public and private firms compete in an integrated market with both domestic and foreign consumers. We present the following findings. First, if the goods are complements, or if the goods are substitutes and the weight of consumer surplus (the fraction of domestic consumers) is greater than the degree of product substitutability, then choosing price is the dominant strategy for each firm. Second, if the goods are substitutes and the weight of consumer surplus (the fraction of domestic consumers) is less than the degree of product substitutability, then the optimal choice of the two firms will gradually change from the price strategy to the quantity strategy. In particular, when the weight of consumer surplus is relatively moderate, mixed quantity-price competition arises as an equilibrium outcome. When the weight of consumer surplus is relatively low, both firms choosing quantity is a dominant strategy equilibrium in a mixed duopoly.

Keywords: Mixed Duopoly, Integrated Market, Quantity Competition, Price Competition

JEL Classification: D21, D43, L13

Sun, Chia-Hung, Department of Economics, Soochow University, No. 56, Kueiyang St., Sec. 1, Taipei City 10048, Taiwan, R.O.C., Tel.: 886-2-23111531 ext. 3640, E-mail: jerry52.sun@msa.hinet.net. Ruey-Yih Lin, Department of Industrial Engineering and Management Information, Huafan University, No. 1, Huafan Rd., Shihding Dist., New Taipei City 22301, Taiwan, R.O.C., Tel.: 886-2-26632102 ext. 4322, E-mail: rylin66@cc.hfu.edu.tw.

Received 14 June 2016; revised 7 November 2016; accepted 18 May 2017.