

網路外部性對異質雙占廠商在 不同競爭模式的均衡影響分析*

The Effect of Network Externalities on Price and Quantity Competition in a Vertically Differentiated Duopoly

張瑞雲

中國文化大學經濟學系副教授

Ray-Yun Chang

Associate Professor,

Department of Economics,

Chinese Culture University

* 本文承兩位匿名評審人及本刊編輯委員所提供之寶貴意見與建議，使本文更臻完善，作者謹誌謝忱。

網路外部性對異質雙占廠商在不同競爭模式的均衡影響分析

張瑞雲
中國文化大學經濟學系副教授

中文摘要

本文擴充 Motta (1993, *Journal of Industrial Economics*) 的模型，建立一個結合垂直產品差異性及網路外部性的模型，並藉以比較在 Bertrand 價格競爭與 Cournot 數量競爭下，廠商的最適品質選擇、市場均衡及社會福利的異同。當網路外部性夠大時，我們得到 Motta (1993) 一文所無法談及的結果：(1) 高品質廠商的利潤在 Bertrand 均衡下將大於 Cournot 均衡下的結果；(2) 低品質廠商的數量在 Bertrand 均衡下小於 Cournot 均衡下的結果；(3) 生產者剩餘在 Bertrand 均衡下都將大於 Cournot 均衡下的結果。

關鍵字：網路外部性、垂直產品差異性、價格競爭、數量競爭

壹、前言

文獻上，經濟學家通常使用Bertrand價格競爭或者Cournot數量競爭來分析雙占廠商間的競爭行爲。Tremblay *et al.* (2013) 一文指出在汽車產業中，Saturn和Scion等汽車業者採取價格策略，而Honda與Subaru則是採取數量策略。另一方面，根據2016年J.D. Power的美國新車品質調查 (Initial Quality Study, IQS) 中，Subaru的排名領先了Honda與Scion。¹2017年美國新車新車品質調查中，Honda的排名卻高於Subaru的排名。²這些資料統計與Tremblay *et al.* (2013) 的結果，我們得知在汽車產業中，高品質的Subaru與Honda是採取數量策略，低品質的Scion則是採取價格策略。因此，爲了因應這些市場不同競爭模式與品質差異並存的現況，本文將著重在垂直產品差異性 (vertical product differentiation) 模型下兩種廠商競爭模式的市場均衡異同的分析上。

不論在何種模型或環境設定下，多數的研究已指出這兩種廠商競爭模式下的均衡結果可能存在相當大的差異。其中Singh and Vives (1984) 於異質產品設定下最早針對這兩種競爭模式的異同進行分析。之後，Cheng (1985) 與Vives (1985) 則提供更一般化的模型對Singh and Vives的論點進行討論。當廠商所生產的產品爲替代品時，這些文獻皆指出，相對於Cournot數量競爭，在Bertrand價格競爭下：(1)廠商的均衡價格、均衡利潤及生產者剩餘皆較小；(2)廠商的均衡數量、消費者剩餘與社會福利皆較大。因此，Bertrand 價格競爭較具有效率。

繼Singh and Vives (1984) 文章後，許多學者陸續應用這兩種廠商競爭模式於分析其它議題上。在垂直產品差異性的相關分析中，³Motta (1993)、Aoki (2003)、Boccard and Wauthy (2006)、Lambertini (2000)、Nguyen *et al.* (2014) 與Nguyen (2015) 已分別探討廠商於不同的競爭模式下之最適品質的決策與市場均衡問題。其中，當品質改善成本爲變動 (variable costs of quality improvement) 時，Motta (1993) 指出兩家廠商在Bertrand價格競爭

¹ 參考來源<http://www.jdpower.com/press-releases/2016-us-initial-quality-study-iqs>。

² 參考來源<http://www.jdpower.com/press-releases/2017-us-initial-quality-study-iqs>。

³ 所謂「垂直產品差異性」一般是指每家廠商的產品品質具有差異性，當所有產品的價格均相同時，則所有的消費者均會購買高品質的產品。

下的均衡數量、消費者剩餘及社會福利都較於Cournot數量競爭時為大，但兩家廠商的均衡利潤及生產者剩餘皆小於Cournot數量競爭的結果；這些結論與Singh and Vives（1984）、Cheng（1985）與Vives（1985）等相關文獻的分析比較結果類似。唯一不同的是，Motta（1993）進一步發現高品質廠商的均衡價格在Bertrand價格競爭下將比Cournot數量競爭時為高。

此外，近年來隨著科技的快速發展，除了每家廠商所提供的產品品質具有相當的異質性外，網路外部性的存在也已成爲許多新興產業的共同特徵。常見的實例如：軟體產業中，除了軟體內容差異外，消費者對於軟體的價值大多仍取決於該軟體被大眾的接受使用程度；而若以通訊產業爲例，除了通話品質外，因爲網內互打通常享有較低的通信費率，消費者可能因此以該電信用戶的多寡作爲選擇考量依據。以通訊軟體市場爲例，當周遭的親朋好友都使用Line或者Skype時，自己也會跟進使用這些通訊軟體產品，導致了大者恆大的現象。根據ibuzz口碑分析中心的調查，⁴多數人覺得Line在「適合文字聊天」與「操作簡單」等功能具有優勢，而Skype在「通話品質好／穩定」與「語音和視訊通話品質」等功能上具有優勢，這也表示在通話品質上，Skype爲一家高品質的廠商，而Line爲一家低品質的廠商。藉由這些實例，我們可輕易發現廠商所提供的產品將同時具有品質差異性與網路外部性的特徵。

近幾年網路外部性的重要性也逐漸提升，網路外部性的相關議題，除了消費者的網路成癮的行爲外，廠商將搶銷售量並利用網路外部效果來形成市場上「大者恆大、小者恆小」的現象，以及廠商行銷的套鎖現象（locked in effect）等均是常見的議題。除此之外，網路規模、網路關聯性與網路相容性均會影響到網路外部性的效果。例如：通訊軟體使用者愈與他人通訊，則此網路價值越高。或者某件軟體若能適用於多種作業系統，這表示該軟體和其它產品的相容性高，這將提高此產品的價值。由此可見，網路外部性對於消費者行爲與廠商決策的影響相當大。

在探討網路外部性的相關文獻中，不論模型或環境的設定爲何，大部分的研究都指出網路外部性對廠商的競爭行爲與消費者的決策行爲具有相當

⁴ 參考來源<http://www.brain.com.tw/news/articlecontent?sort=&ID=20890#8xFqUXTL>。

的影響。文獻上的相關探討以Katz and Shapiro (1985) 與Farrell and Saloner (1985, 1986) 為開端。Navon et al. (1995) 探討正負網路效果對廠商最適價格選擇的影響，其結果指出正的網路效果會促進競爭而降低價格，而負的網路效果則因會減緩競爭而提高價格。Foros and Hansen (2001) 則設定一個兩階段的賽局來討論 ISP 產業的競爭行為，他們的分析結果指出由於網路外部性的存在，廠商會傾向增加產品的相容性以減緩競爭，因此會過度投資 (overinvest) 增加產品的相容性。另一方面，Kim (2002) 指出當消費者僅能辨識既存廠商的產品品質時，新進廠商將會選擇生產相容性較低的產品藉以揭示其產品具有較高品質。Lambertini and Orsini (2004) 的研究顯示協調問題 (coordination problem) 會對網路產品市場產生影響，以及廠商設廠位置的內生化會讓獨占廠商獲得更多的消費者剩餘並進而占有全部的市場。Fujiwara (2011) 一文則是探討網路外部性對政府的最適關稅率與雙邊貿易政策下的社會福利之影響。Cabral (2011) 利用一個動態競爭模型，探討網路外部性對廠商的最適訂價與消費者決策行為的影響。Chirco and Scrimatore (2013)、Pal (2014) 與Toshimitsu (2016) 等文獻延申Singh and Vives (1984) 的模型，探討當存在網路外部性的特徵時，Bertrand與Cournot這兩種競爭模式下市場均衡的異同。除此之外，文獻上已經有一些研究著重於探討同時存在垂直產品差異性及網路外部性兩個特性下的產品市場均衡，如Baake and Boom (2001) 與Lambertini and Orsini (2001, 2005) 等。然而，這些文獻對於廠商競爭模式的設定在市場均衡中扮演的角色，並無太多著墨。

有鑑於網路外部性及垂直產品差異性已是當今許多產業所共有的特徵，在不同競爭模式下的均衡比較分析是否仍和Motta (1993) 一文於不考慮網路外部性的研究結論類似，是我們這篇研究所主要關心的議題。就我們所知，目前文獻上仍未有類似的完整探討。本文因此擴展Motta (1993) 的設定，建立一個結合垂直產品差異性及網路外部性的模型，並藉此在Bertrand價格競爭與Cournot數量競爭下，探討廠商如何決定其產品的均衡品質及均衡價格（或數量）。再者，我們將探討網路外部性的存在對廠商均衡品質的選擇與市場均衡的影響，並比較這兩種廠商競爭模式對市場均衡的影響及其差異。

當產品具有網路外部性的特徵時，我們得到了以下的結果。首先，相較於

Cournot數量競爭，高品質廠商的均衡利潤與生產者剩餘在Bertrand價格競爭下均可能較大，而低品質廠商的均衡數量在Bertrand價格競爭下卻可能較小；這是異於Singh and Vives（1984）及Motta（1993）於未考慮網路外部性時的分析結論。再者，我們的分析指出在Bertrand價格競爭下，網路外部性的存在會增加廠商間的均衡品質差異性；反之，在Cournot數量競爭下，網路外部性的存在則會減少廠商間的均衡品質差異性。就我們所知，這個有趣的分析結果在文獻上目前並沒有被揭露。

本文的後續架構如下：第貳節中，我們闡述基本模型的設定。第參節中，我們探討廠商如何在Bertrand價格競爭與Cournot數量競爭下，決定其產品的均衡品質及均衡價格（或數量）。第肆節中，我們將分析比較這兩種廠商競爭模式下其相對應的廠商均衡品質選擇、市場均衡及社會福利的異同。第伍節中，我們將分析不同成本面的設定對兩種廠商競爭模式下市場均衡的影響。最後一節則是結論。

貳、基本模型的設定

如前所述，本文的主要目的是建立一個結合網路外部性與垂直產品差異性的模型，並藉以探討不同廠商競爭模式（Bertrand價格競爭與Cournot數量競爭）對廠商均衡品質的選擇，及對市場均衡所造成的變動與影響。在模型的設定上，我們假設市場上只有廠商1與廠商2兩家廠商，其中兩家廠商的產品品質分別為 u_1 與 u_2 。在不失一般性的情況下，我們令 $u_1 \geq u_2$ 。廠商間的決策行為則以一個二階段的賽局（two-stage game）來描述。在第一階段中，兩家廠商同時選擇各自所欲生產的產品品質 u_1 與 u_2 。到了第二階段，在給定第一階段各家廠商所宣稱的產品品質下，兩家廠商從事Bertrand價格競爭（或Cournot數量競爭），以決定產品的均衡價格（或均衡數量）。針對此二階段賽局，我們以逆向求解法（backward induction）來推導完善子賽局均衡（subgame perfect equilibrium）。

對於消費者而言，我們假設每位消費者最多只會向其中任一家廠商購買一單位產品，且每位消費者對產品品質的偏好程度 θ 皆不同，其中 θ 假設為介於

[0, 1]之間的均等分配變數。爲了結合網路外部性與垂直產品差異性這兩種特徵，我們採用Baake and Boom（2001）模型中的設定，將單一消費者對購買此一產品的效用表示爲

$$U = \begin{cases} \theta u_i + \alpha x_i u_i - p_i, & \text{若消費者向廠商} i \text{購買一單位產品, } i=1,2; \\ 0 & \text{若消費者沒有購買任何產品} \end{cases} \quad (1)$$

式中， p_i 與 x_i 分別爲廠商 i 的產品價格與其網路規模， α 爲網路外部性的程度大小，其對於所有消費者而言皆相同且不爲負。在第(1)式中， θu_i 爲該產品品質所直接產生的效用；而 $\alpha x_i u_i$ 可視爲消費者因向廠商 i 購買該產品而藉由其網路外部性效果所額外得到的效用。因此，該消費者購買此產品的願付價格將爲 $(\theta + \alpha x_i) u_i$ 。此外，若消費者沒有購買任何產品，則其效用將爲零。在決策過程中，消費者會依據其效用的高低來決定購買廠商1或廠商2所生產的產品，亦或選擇不購買任何產品。

我們令向廠商1或者向廠商2購買產品皆無差異的邊界消費者的偏好程度爲 θ_{12} ，而 θ_{o2} 則爲向廠商2購買產品或者不購買產品皆無差異的邊界消費者的偏好程度。當某一消費者的偏好程度 $\theta \in [\theta_{12}, 1]$ 時，表示該消費者會向廠商1購買產品，因此在均等分配的假設下，共有 $1 - \theta_{12}$ 比例的消費者購買廠商1的產品。若此消費者的偏好程度 $\theta \in [\theta_{o2}, \theta_{12})$ ，表示該消費者會向廠商2購買產品，故有 $\theta_{12} - \theta_{o2}$ 比例的消費者購買廠商2的產品。若此消費者的偏好程度 θ 小於 θ_{o2} 時，表示該消費者不會購買任何產品。此設定隱含了市場爲未完全涵蓋（uncovered market）的假設。⁵⁶另外，在不失一般性的情況下，我們將市場上所有消費者的總人口數標準化爲1。依此設定，廠商1與廠商2所面對的需求函數將分別爲 $q_1 = 1 - \theta_{12}$ 與 $q_2 = \theta_{12} - \theta_{o2}$ 。除此之外，本文假設各家廠商的產品網路規模等於

⁵ 在單一需求的假設下，所謂的未完全涵蓋市場是指產品市場的總需求小於市場上所有消費者的總人口數，因此在未完全涵蓋市場中將有部分消費者沒有購買任何產品。

⁶ 當 $\theta_{o2}=0$ 時，市場爲完全涵蓋市場（covered market），這表示所有的消費者均購買任何產品。但是此市場的總需求函數並不是兩家廠商訂價的函數，因此無法求出逆需求函數，及無法進一步分析 Cournot數量競爭下的市場均衡的結果，故本文只探討未完全涵蓋市場下的均衡結果。

該廠商最終產品的市場需求，即 $x_1 = q_1 = 1 - \theta_{12}$ 與 $x_2 = q_2 = \theta_{12} - \theta_{o2}$ ；類似的設定也可參見Baake and Boom（2001）及Lambertini and Orsini（2005）等文獻。

根據第(1)式，我們可以寫下兩條偏好程度為 θ_{12} 及 θ_{o2} 的邊界消費者的無差異條件式，並藉此聯立求解出 θ_{12} 及 θ_{o2} 的值。繼而將 θ_{12} 及 θ_{o2} 的值代入兩家廠商的需求函數中，我們可重新將兩家廠商所面對的需求函數表示為

$$q_1 = \frac{(u_1 - p_1)(1 - \alpha) - (u_2 - p_2)}{u_1(1 - \alpha)^2 - u_2}, \quad (2)$$

$$q_2 = \frac{u_2 p_1 - u_1 p_2 - \alpha u_1 (u_2 - p_2)}{u_2 (u_1 (1 - \alpha)^2 - u_2)}. \quad (3)$$

將上述兩式重新整理，我們就可以推導出兩家廠商的逆需求函數，其分別為

$$p_1 = u_1 - q_2 u_2 - (1 - \alpha) q_1 u_1, \quad (4)$$

$$p_2 = u_2 - q_1 u_2 - (1 - \alpha) q_2 u_2. \quad (5)$$

在生產成本的設定方面，我們假設廠商的成本函數為品質的二次方函數且與產量有關，其型式為 $C_i(u_i, q_i) = u_i^2 q_i / 2, i = 1, 2$ 。⁷根據上述這些設定，我們將探討這兩家廠商如何在Bertrand價格競爭與Cournot數量競爭下，選擇其產品的均衡品質及均衡價格（或均衡數量），並藉此分析比較這兩種廠商競爭模式對市場均衡的影響及差異。

參、兩種廠商競爭模式下的市場均衡

為了清楚區分兩種廠商競爭模式的變數，我們在下列分析中將標以不同的上標（ B 表示Bertrand價格競爭， C 表示Cournot數量競爭）。舉例而言， P_1^B 表

⁷ 在垂直產品差異性文獻中，此一設定為品質改善成本為變動時的常見設定，相關文獻可參考如 Motta（1993）、Ries（1993）、Cremer and Thisse（1994）、Crampes and Hollander（1995）、Lambertini（1996）、Lambertini and Mosca（1999）、Lambertini and Orsini（2001, 2005）、Nguyen *et al.*（2014）與Nguyen（2015）等文獻。

示在 Bertrand 價格競爭下高品質廠商的均衡價格， q_1^C 則表示在 Cournot 數量競爭下高品質廠商的均衡數量。

根據兩家廠商的需求函數(2)、(3)二式與成本函數，我們將兩家廠商的利潤函數定義成

$$\pi_1 = \left(p_1 - \frac{1}{2}u_1^2 \right) q_1(p_1, p_2) = \left(p_1 - \frac{1}{2}u_1^2 \right) \left(\frac{(u_1 - p_1)(1 - \alpha) - (u_2 - p_2)}{u_1(1 - \alpha)^2 - u_2} \right), \quad (6)$$

$$\pi_2 = \left(p_2 - \frac{1}{2}u_2^2 \right) q_2(p_1, p_2) = \left(p_2 - \frac{1}{2}u_2^2 \right) \left(\frac{u_2 p_1 - u_1 p_2 - \alpha u_1 (u_2 - p_2)}{u_2 (u_1 (1 - \alpha)^2 - u_2)} \right). \quad (7)$$

我們首先分析第二階段的均衡結果。在該階段中，給定兩家廠商的任一產品品質組合 (u_1, u_2) ，我們將求解兩家廠商產品的均衡價格。故將兩家廠商的利潤函數先分別對各自的價格作一階微分並令為零，並整理如下⁸

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial p_1} = \left(p_1 - \frac{1}{2}u_1^2 \right) \frac{\partial q_1}{\partial p_1} + q_1 = \frac{(2u_1 + u_1^2 - 4p_1)(1 - \alpha) - 2(u_2 - p_2)}{2(u_1(1 - \alpha)^2 - u_2)} = 0, \quad (8)$$

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial p_2} = \left(p_2 - \frac{1}{2}u_2^2 \right) \frac{\partial q_2}{\partial p_2} + q_2 = \frac{2u_2(p_1 - \alpha u_1) - u_1(1 - \alpha)(4p_2 - u_2^2)}{2u_2(u_1(1 - \alpha)^2 - u_2)} = 0. \quad (9)$$

將上述兩條一階條件聯立求解後，我們可以求得兩家廠商的均衡價格 P_1^B 與 P_2^B ，其分別為

$$P_1^B(u_1, u_2; \alpha) = \frac{u_1[4u_1(1 - \alpha)^2 + 2u_1^2(1 - \alpha)^2 + u_2^2(1 - \alpha) - 2u_2(2 - \alpha)]}{2[4u_1(1 - \alpha)^2 - u_2]}, \quad (10)$$

$$P_2^B(u_1, u_2; \alpha) = \frac{u_2[2u_1(1 - \alpha)(1 - 2\alpha) + 2u_1u_2(1 - \alpha)^2 + u_1^2(1 - \alpha) - 2u_2]}{2[4u_1(1 - \alpha)^2 - u_2]}. \quad (11)$$

⁸ 兩家廠商的二階條件分別為 $\partial^2 \pi_1 / \partial p_1^2 = -2(1 - \alpha) / u_1(1 - \alpha)^2 - u_2 < 0$ ， $\partial^2 \pi_2 / \partial p_2^2 = -2u_1(1 - \alpha) / u_2(u_1(1 - \alpha)^2 - u_2) < 0$ 。安定條件為 $(\partial^2 \pi_1 / \partial p_1^2)(\partial^2 \pi_2 / \partial p_2^2) - (\partial^2 \pi_1 / \partial p_1 \partial p_2)(\partial^2 \pi_2 / \partial p_2 \partial p_1) = 4u_1(1 - \alpha)^2 - u_2 / u_2(u_1(1 - \alpha)^2 - u_2)^2 > 0$ 。

爲了後續研究的分析與比較，我們利用圖1來分析網路外部性程度（ α ）的變動對兩家廠商的均衡產量的影響。由(8)、(9)二式，我們可以得出兩家廠商的反應函數，並且將逆需求函數(4)、(5)代入這兩條反應函數後，就可以將兩家廠商的反應函數 R_1^B 與 R_2^B 表示成 q_1 與 q_2 的函數。在給定兩家廠商的任一產品品質組合 (u_1, u_2) 且 $u_1 > u_2$ 下，當 $\alpha = 0$ 時（表示產品不具有網路外部性的特徵）， R_1^B 與 R_2^B 的交點在 B 點，此時兩家廠商的均衡產量分別爲 q_{11}^B 與 q_{22}^B 。隨著 α 的增加，如 α_0 到 α_1 （ $\alpha_1 > \alpha_0$ ），產量的均衡點由 B_0 移到 B_1 。爲了確保市場爲未完全涵蓋（即 $\theta_{o2} > 0$ ），我們需進一步假設 $\alpha < 0.4708$ ，此時圖1中當 $\alpha = 0.4708$ 時相對應的產量均衡點爲 \bar{B} 點。因此， $B\bar{B}$ 曲線爲Bertrand 價格競爭下的均衡產量路徑。

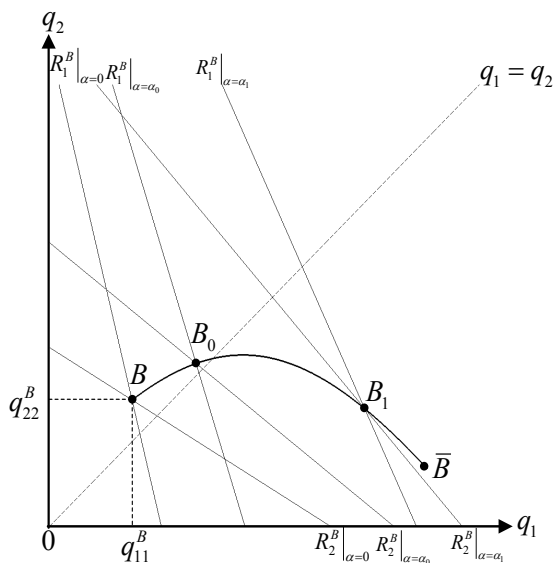


圖1 Bertrand價格競爭下的均衡產量路徑

圖1中我們可以看出隨著 α 的增加，廠商1的均衡產量 q_1^B 將持續增加，但廠商2的均衡產量 q_2^B 則呈現先上升後下降的情況。其原因是當網路外部性程度夠小時，隨著 α 的增加（如圖中 $\alpha = 0$ 到 $\alpha = \alpha_0$ ），廠商1的反應函數右移的程度

小於廠商2的反應函數右移的程度（如圖中 $R_1^B|_{\alpha=0}$ 右移到 $R_1^B|_{\alpha=\alpha_0}$ 的幅度小於 $R_2^B|_{\alpha=0}$ 右移到 $R_2^B|_{\alpha=\alpha_0}$ 的幅度），產量的均衡點由 B 移到 B_0 ，則兩家廠商的均衡產量均增加。反之，當網路外部性程度夠大時，隨著 α 的增加（如圖1中 $\alpha = \alpha_0$ 到 $\alpha = \alpha_1$ ），廠商1的反應函數右移的程度大於廠商2的反應函數右移的程度（如圖1中 $R_1^B|_{\alpha=\alpha_0}$ 右移到 $R_1^B|_{\alpha=\alpha_1}$ 的幅度大於 $R_2^B|_{\alpha=\alpha_0}$ 右移到 $R_2^B|_{\alpha=\alpha_1}$ 的幅度），產量的均衡點由 B_0 移到 B_1 ，則廠商1的均衡產量 q_1^B 增加，廠商2的均衡產量 q_2^B 反而減少。這是個相當有趣的結果。一般而言，網路外部性程度的增強對增加廠商的數量應當有正向的影響。然而，由我們的分析卻發現，當網路外部性大至某一程度時，低品質廠商的數量卻可能因網路外部性程度增加而減少。

另一方面，由圖1的 B 點，我們可以得知當產品無網路外部性的特徵時，高品質廠商不具有高市場份額的優勢，亦即 $q_1^B < q_2^B$ 。然而，當網路外部性程度夠大時（圖1中的 B_1 點），由於網路外部性程度增加造成 R_1^B 右移的程度大於 R_2^B 右移的程度，因此高品質廠商反而存在高市場份額的優勢，此優勢在Motta（1993）的分析架構下並不存在。由此可見，網路外部性的程度大小確實對兩家廠商的數量的變動具有相當的影響。我們將上述的結果整理成下列命題。

命題1 當網路外部性程度較大時，高品質廠商具有高市場份額的優勢。

將兩家廠商的均衡價格代入兩家廠商的利潤函數，我們可以求得兩家廠商的均衡利潤分別為

$$\pi_1^B(u_1, u_2; \alpha) = \frac{u_1(1-\alpha)^2 - u_2}{1-\alpha} (q_1^B(u_1, u_2))^2, \quad (12)$$

$$\pi_2^B(u_1, u_2; \alpha) = \frac{u_1 u_2 (1-\alpha)^2 - u_2^2}{u_1(1-\alpha)} (q_2^B(u_1, u_2))^2. \quad (13)$$

根據第二階段所推導出的兩家廠商的利潤函數，再將其分別對各自的品質作一階微分並令為零，並整理如下

$$\frac{\partial \pi_1^B}{\partial u_1} = (1-\alpha)(q_1^B)^2 + 2q_1^B \left(\frac{u_1(1-\alpha)^2 - u_2}{1-\alpha} \right) \left(\frac{\partial q_1^B}{\partial u_1} \right) = 0, \quad (14)$$

$$\frac{\partial \pi_2^B}{\partial u_2} = \left(\frac{u_1(1-\alpha)^2 - 2u_2}{u_1(1-\alpha)} \right) (q_2^B)^2 + 2q_2^B \left(\frac{u_1 u_2 (1-\alpha)^2 - u_2^2}{u_1(1-\alpha)} \right) \left(\frac{\partial q_2^B}{\partial u_2} \right) = 0. \quad (15)$$

當存在網路外部性的特徵時，我們無法輕易地由(14)、(15)二式來求出均衡品質的解析解，因此，我們進一步假設 $\lambda \equiv u_1 / u_2$ 且，將 $u_1 = \lambda u_2$ 關係式分別代入(14)與(15)二式，並整理成

$$u_2 = \frac{2\beta}{\chi}, \quad (16)$$

$$u_2 = \frac{2\lambda(\alpha-1)\delta}{\varepsilon}. \quad (17)$$

接著，將(17)式代入(16)式，我們可以整理成

$$\begin{aligned} G \equiv & -8 + 4\alpha + 32\lambda^5 + 16\alpha^7\lambda^3 - 2128\alpha^3\lambda^5 - 2352\alpha^5\lambda^5 - 272\alpha\lambda^5 + 2800\alpha^4\lambda^5 \\ & + 1232\alpha^6\lambda^5 + 1008\alpha^2\lambda^5 + 384\alpha\lambda^4 - 368\alpha^7\lambda^5 + 48\alpha^8\lambda^5 - 48\alpha^8\lambda^4 - 4660\alpha^4\lambda^4 \\ & - 2624\alpha^2\lambda^4 - 1432\alpha^6\lambda^4 + 3212\alpha^5\lambda^4 + 4408\alpha^3\lambda^4 + 892\lambda^4\alpha - 94\alpha\lambda - 594\alpha^2\lambda^2 \quad (18) \\ & - 922\lambda^3\alpha + 8\alpha^6\lambda^3 - 10\alpha^3\lambda + 62\alpha^2\lambda + 42\lambda - 119\lambda^2 + 185\lambda^3 + 428\lambda^2\alpha + 372\alpha^3\lambda^2 \\ & - 83\alpha^4\lambda^2 - 4\alpha^5\lambda^2 + 1920\alpha^2\lambda^3 - 2134\alpha^3\lambda^3 + 1311\alpha^4\lambda^3 - 384\alpha^5\lambda^3 - 132\lambda^4 = 0. \end{aligned}$$

由(18)式，我們可以求出多項式的實根為 $\lambda(\alpha)$ ，將 $\lambda(\alpha)$ 代入(17)式後，再用 $u_1 = \lambda u_2$ 的關係式，我們即可求出在 Bertrand 價格競爭下兩家廠商的均衡品質為 u_1^B 與 u_2^B 。⁹當 $\alpha = 0$ 時，表示產品不具有網路外部性的特徵，此對應為 Motta (1993) 的均衡結果，將(18)式表示為 $G = 32\lambda^4 - 100\lambda^3 + 85\lambda^2 - 34\lambda + 8 = 0$ ，並且求出 $\lambda = 2.0554$ 、 $u_1^B = 0.8195$ 與 $u_2^B = 0.3987$ 等結果。當 $\alpha > 0$ 時則表示產品具有網路外部性的特徵，我們用圖2(a)來表示 $\lambda(\alpha)$ 的值，以及圖2(b)來表示在 Bertrand

⁹ 其中 $\beta = -4 + 2\alpha - 21\alpha\lambda - 68\alpha^2\lambda^2 - 48\alpha\lambda^3 + 8\alpha^6\lambda^3 - \alpha^3\lambda + 12\alpha^2\lambda + 10\lambda - 14\lambda^2 + 8\lambda^3 + 5\alpha\lambda^2 + 32\alpha^3\lambda^2 + 2\alpha^4\lambda^2 - 4\alpha^5\lambda^2 + 120\alpha^2\lambda^3 - 160\alpha^3\lambda^3 + 120\alpha^4\lambda^3 - 48\alpha^5\lambda^3$ ， $\chi = 2\alpha - 2 - 66\lambda^2\alpha + 360\alpha^2\lambda^4 + 360\alpha^4\lambda^4 + 63\alpha^2\lambda^2 - 3\lambda + 27\lambda^2 + 24\lambda^4 - 46\lambda^3 + 3\alpha^2\lambda - 3\alpha\lambda - \alpha^3\lambda - 40\alpha^3\lambda^2 + 20\alpha^4\lambda^2 - 4\alpha^5\lambda^2 - 276\alpha^2\lambda^3 + 184\alpha^3\lambda^3 - 46\alpha^4\lambda^3 + 184\lambda^3\alpha - 480\alpha^3\lambda^4 - 144\alpha^5\lambda^4 + 24\alpha^6\lambda^4 - 144\lambda^4\alpha$ ， $\delta = 8\alpha^5\lambda^2 - 36\alpha^4\lambda^2 - 10\alpha^3\lambda + 64\alpha^3\lambda^2 + 31\alpha^2\lambda - 56\alpha^2\lambda^2 - 32\alpha\lambda + 24\lambda^2\alpha + 5\alpha - 7 + 11\lambda - 4\lambda^2$ ， $\varepsilon = -2 + 150\lambda^2\alpha - 40\alpha^2\lambda^4 - 20\alpha^4\lambda^4 - 228\alpha^2\lambda^2 + 19\lambda - 36\lambda^2 - 4\lambda^4 + 23\lambda^3 + 19\alpha^2\lambda - 38\alpha\lambda + 152\alpha^3\lambda^2 - 38\alpha^4\lambda^2 + 357\alpha^2\lambda^3 - 479\alpha^3\lambda^3 + 360\alpha^4\lambda^3 - 141\lambda^3\alpha + 40\alpha^3\lambda^4 + 4\alpha^5\lambda^4 + 20\lambda^4\alpha - 144\alpha^5\lambda^3 + 24\alpha^6\lambda^3$ 。

¹⁰ 兩家廠商的均衡品質為 u_1^B 與 u_2^B 均滿足利潤極大化的一階條件與二階條件。

價格競爭下的均衡品質 u_1^B 與 u_2^B 的分析結果。綜合上述，我們可以得知不管產品是否具有網路外部性的特徵，均衡時兩家廠商將會選擇生產差異性的產品。

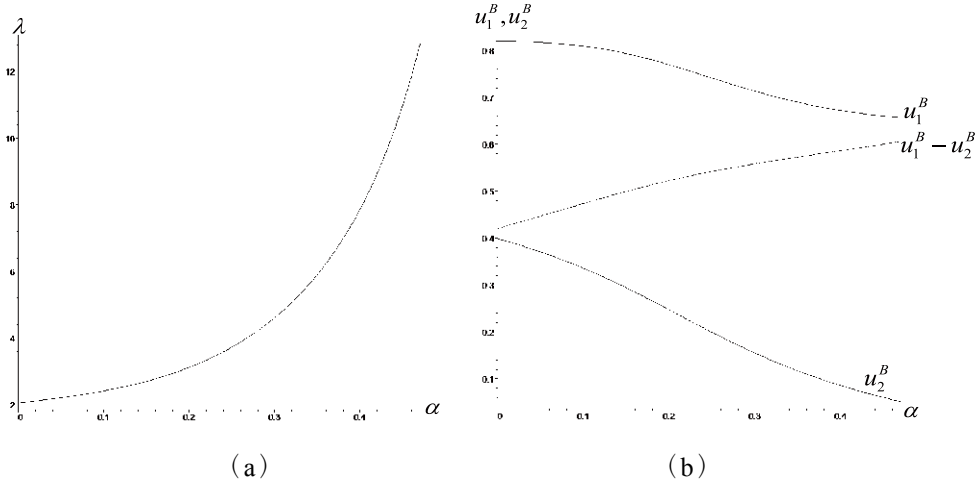


圖2 Bertrand價格競爭下的均衡品質

接著，我們將分析在Cournot數量競爭下的市場均衡結果，根據兩家廠商的逆需求函數(4)、(5)二式與成本函數，我們將兩家廠商的利潤函數表示成

$$\pi_1 = \left(p_1(q_1, q_2) - \frac{1}{2}u_1^2 \right) q_1 = \left[u_1 - q_2 u_2 - (1-\alpha)q_1 u_1 - \frac{1}{2}u_1^2 \right] q_1, \quad (19)$$

$$\pi_2 = \left(p_2(q_1, q_2) - \frac{1}{2}u_2^2 \right) q_2 = \left[u_2 - q_1 u_2 - (1-\alpha)q_2 u_2 - \frac{1}{2}u_2^2 \right] q_2. \quad (20)$$

將兩家廠商的利潤函數先分別對各自的數量作一階微分並令為零，並整理如下¹¹

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial q_1} = \left(p_1 - \frac{1}{2}u_1^2 \right) + \frac{\partial p_1}{\partial q_1} q_1 = u_1 - 2u_1 q_1 (1-\alpha) - u_2 q_2 - \frac{1}{2}u_1^2 = 0, \quad (21)$$

¹¹ 兩家廠商的二階條件分別為 $\partial^2 \pi_1 / \partial q_1^2 = -2u_1(1-\alpha) < 0$ 與 $\partial^2 \pi_2 / \partial q_2^2 = -2u_2(1-\alpha) < 0$ 。安定條件為 $(\partial^2 \pi_1 / \partial q_1^2)(\partial^2 \pi_2 / \partial q_2^2) - (\partial^2 \pi_1 / \partial q_1 \partial q_2)(\partial^2 \pi_2 / \partial q_2 \partial q_1) = u_2(4u_1 - u_2 - 8\alpha u_1 + 4\alpha^2 u_1) > 0$ 。

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial q_2} = \left(p_2 - \frac{1}{2}u_2^2 \right) + \frac{\partial p_2}{\partial q_2} q_2 = \frac{1}{2}u_2(2(1-q_1) - 4q_2(1-\alpha) - u_2) = 0. \quad (22)$$

將上述兩條一階條件聯立求解後，我們可以求得兩家廠商的均衡產量，其分別為

$$q_1^C(u_1, u_2; \alpha) = \frac{4u_1(1-\alpha) - 2u_1^2(1-\alpha) + u_2^2 - 2u_2}{2[4u_1(1-\alpha)^2 - u_2]}, \quad (23)$$

$$q_2^C(u_1, u_2; \alpha) = \frac{u_1^2 - 2u_1u_2(1-\alpha) + 2u_1(1-2\alpha)}{2[4u_1(1-\alpha)^2 - u_2]}. \quad (24)$$

如同上述，我們利用圖3來分析網路外部性程度的變動對兩家廠商的均衡產量 q_1^C 與 q_2^C 的影響。由(21)、(22)二式，我們可以得出兩家廠商的反應函數分別為 R_1^C 與 R_2^C 。在給定 $u_1 > u_2$ 下，當 $\alpha = 0$ 時， R_1^C 與 R_2^C 的交點在 C 點；隨著 α 的增加，如 α_0 到 α_1 ($\alpha_1 > \alpha_0$)，產量的均衡點由 C_0 移到 C_1 。為了滿足低品質廠商的利潤函數符合利潤極大化的二階條件，我們需進一步假設 $\alpha < 0.5$ ，此時圖3中當 $\alpha = 0.5$ 時相對應的產量均衡點為 \bar{C} 點。因此， $C\bar{C}$ 曲線為Cournot 數量競爭下的均衡產量路徑。

圖3中我們可以看出隨著 α 的增加，兩家廠商的均衡產量均增加。其原因是隨著的增加（如圖中 α_0 到 α_1 ），廠商1的反應函數右移的程度小於廠商2的反應函數右移的程度（如圖中 $R_1^B|_{\alpha=\alpha_0}$ 右移到 $R_1^B|_{\alpha=\alpha_1}$ 的幅度小於 $R_2^B|_{\alpha=\alpha_0}$ 右移到 $R_2^B|_{\alpha=\alpha_1}$ 的幅度），產量的均衡點由 C_0 移到 C_1 ，兩家廠商的均衡產量均增加。因此，由圖3的結果，我們可以得知不管產品是否具有網路外部性的特徵，高品質廠商仍不具有高市場份額的優勢。

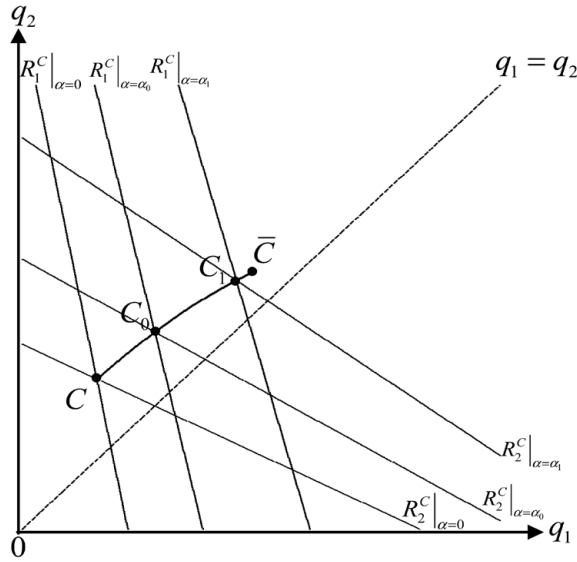


圖3 Cournot數量競爭下的均衡產量路徑

再將兩家廠商的均衡數量代入兩家廠商的逆需求函數，我們可以得到兩家廠商的均衡利潤，其分別為

$$\pi_1^C(u_1, u_2; \alpha) = u_1(1-\alpha)(q_1^C(u_1, u_2))^2, \quad (25)$$

$$\pi_2^C(u_1, u_2; \alpha) = u_2(1-\alpha)(q_2^C(u_1, u_2))^2. \quad (26)$$

根據第二階段所推導出的兩家廠商的利潤函數，再將其分別對各自的品質作一階微分並令為零，並整理如下

$$\frac{\partial \pi_1^C}{\partial u_1} = (1-\alpha)(q_1^C)^2 + 2u_1(1-\alpha)q_1^C \left(\frac{\partial q_1^C}{\partial u_1} \right) = 0, \quad (27)$$

$$\frac{\partial \pi_2^C}{\partial u_2} = (1-\alpha)(q_2^C)^2 + 2u_2(1-\alpha)q_2^C \left(\frac{\partial q_2^C}{\partial u_2} \right) = 0. \quad (28)$$

如同上述，當存在網路外部性的特徵時，我們無法輕易地由(27)、(28)二式來求出均衡品質的解析解，因此，我們將 $u_1 = \lambda u_2$ 關係式分別代入(27)與(28)二式，並整理成

$$u_2 = \frac{2(-4\alpha^2\lambda + 2\alpha\lambda + 2\lambda - 1 - 8\lambda^2 + 24\alpha\lambda^2 - 24\alpha^2\lambda^2 + 8\alpha^3\lambda^2)}{8\alpha\lambda - 4\alpha^2\lambda + 72\alpha\lambda^3 - 72\alpha^2\lambda^3 + 10\lambda^2 + 24\alpha^3\lambda^3 - 10\alpha\lambda^2 - 24\lambda^3 - 1 - 4\lambda}, \quad (29)$$

$$u_2 = \frac{2(16\alpha\lambda - 20\alpha^2\lambda - 4\lambda - 1 + 2\alpha + 8\alpha^3\lambda)}{-72\alpha^2\lambda + 72\alpha\lambda - 23\lambda + 2 + 4\lambda^2 - 8\alpha\lambda^2 + 4\alpha^2\lambda^2 - 2\alpha + 24\alpha^3\lambda}。 \quad (30)$$

接著，將(30)式代入(29)式，我們可以整理成

$$H = (-144\alpha\lambda^3 + 32\lambda^3 + 240\alpha^2\lambda^3 - 176\alpha^3\lambda^3 + 48\alpha^4\lambda^3 - 48\alpha^4\lambda^2 + 192\alpha^3\lambda^2 - 280\alpha^2\lambda^2 + 180\alpha\lambda^2 - 44\lambda^2 + 16\alpha^3\lambda - 24\alpha^2\lambda + 7\lambda - 3 + 4\alpha) = 0 \quad (31)$$

由(31)式，我們可以求出多項式的實根為 $\lambda(\alpha)$ ，將 $\lambda(\alpha)$ 代入(30)式後，再用 $u_1 = \lambda u_2$ 的關係式，我們即可求出在 Cournot 數量競爭下兩家廠商的均衡品質為 u_1^C 與 u_2^C 。¹²當時 $\alpha = 0$ ，表示產品不具有網路外部性的特徵，此對應為 Motta (1993) 的均衡結果，並且求出 $\lambda = 1.2605$ 、 $u_1^C = 0.7381$ 與 $u_2^C = 0.5856$ 等結果。當 $\alpha > 0$ 時則表示產品具有網路外部性的特徵，我們以圖4(a)來表示 $\lambda(\alpha)$ 的值，以及圖4(b)來表示在Cournot數量競爭下的均衡品質 u_1^C 與 u_2^C 的分析結果。綜合上述，我們可以得知不管產品是否具有網路外部性的特徵，均衡時兩家廠商將會選擇生產差異性的產品。

¹² 由本文的分析發現當 $\alpha < 0.5$ 時，低品質廠商的利潤函數才符合利潤極大化的二階條件。因此，在Cournot數量競爭下，我們需進一步假設 $\alpha < 0.5$ ，則兩家廠商的均衡品質均滿足利潤極大化的一階條件與二階條件。

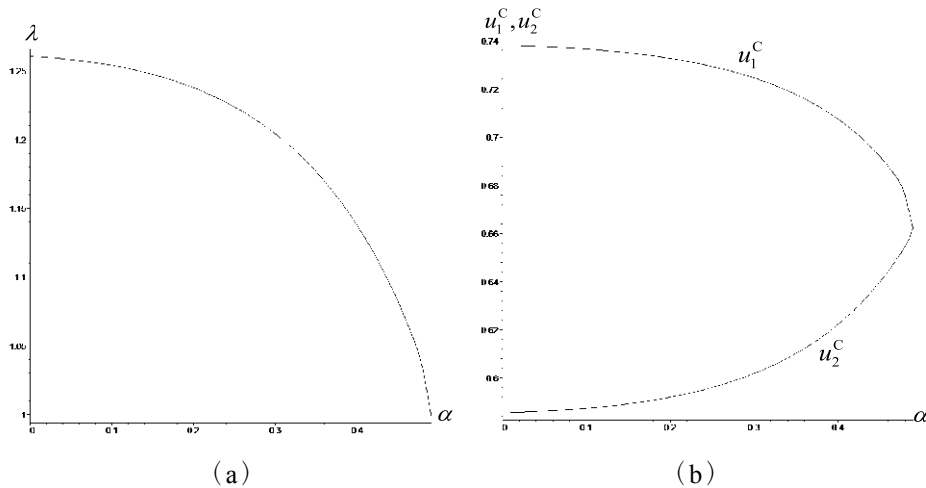


圖4 Cournot數量競爭下的均衡品質

最後，我們進一步將分析不同 α 值下，兩種廠商競爭模式的品質差異性。在給定同一網路外部性程度下，我們均可以求出Cournot數量競爭的品質差異性小於Bertrand價格競爭的產品差異性。這樣的結果是來自於，當兩家廠商從事Bertrand價格競爭時，彼此之間的競爭相較於Cournot數量競爭時為大，也因此誘使廠商在Bertrand價格競爭下會選擇生產品質差異性較大的產品以減緩競爭。再者，由圖2(b)與圖4(b)的結果，我們得知在Bertrand價格競爭下，網路外部性的存在會增加廠商間均衡品質的差異性；但是在Cournot數量競爭下反而減少其差異性。這是因為相較於Cournot數量競爭，兩家廠商於Bertrand價格競爭下的競爭隨著網路外部性程度愈大而更加劇烈，此舉將誘使兩家廠商擴大彼此的產品品質差異，以減緩彼此間的競爭行為。我們將此結果整理於命題2。

命題2 在Bertrand價格競爭下，網路外部性的存在會增加廠商間的均衡品質差異性；反之，在Cournot數量競爭下，網路外部性的存在則會減少廠商間的均衡品質差異性。

肆、兩種廠商競爭模式的比較

在此小節中，我們將分析比較這兩種競爭模式的市場均衡在網路外部性效果有無下的差異。爲了後續研究的分析與比較，本文只探討 α 小於 $\bar{\alpha} \approx 0.4708$ 的情況，並將圖1與圖3的結果綜合表示在圖5中；圖5中 \overline{BB} 曲線與 \overline{CC} 曲線分別爲Bertrand價格競爭與Cournot數量競爭下的均衡產量路徑。此外，在圖5中， G 點爲兩家廠商聯合利潤的極大點，因此愈靠近中心則表示兩家廠商的利潤加總愈大。圖5中我們發現當網路外部性程度大到某一程度時（如 $\alpha = \alpha^*$ ），由圖5中均衡點 B^* 與均衡點 C^* ，我們可以得出 $q_2^B < q_2^C$ 的結果，這表示兩種競爭模式下低品質廠商的均衡數量的大小會因網路外部性程度的不同而有所差異。因此，我們假設 $q_2^B = q_2^C$ 時所對應的網路外部性程度爲 α_q （藉由數值模擬得知 α_q 約0.4141），則當 $\alpha \in [0, \alpha_q)$ 時，低品質廠商的均衡數量在Bertrand價格競爭下比Cournot數量競爭下的數量大（ $q_2^B > q_2^C$ ）；但當 $\alpha \in (\alpha_q, \bar{\alpha})$ 時，低品質廠商的均衡數量在Bertrand價格競爭下反而較小（ $q_2^B < q_2^C$ ）。

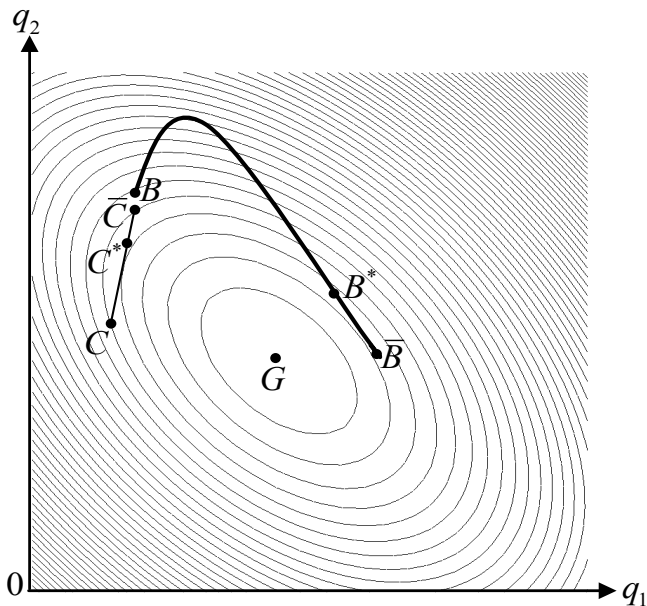


圖5 兩種競爭模式下的均衡產量

一般而言，網路外部性程度的增強對增加廠商的均衡數量應當有正向的影響。然而，由前一節的分析我們卻發現當網路外部性夠大時，低品質廠商在 Bertrand 價格競爭下的均衡數量因網路外部性程度變大反而減少，其原因是網路外部性程度增加造成 R_1^B 右移的程度大於 R_2^B 右移的程度，則廠商1的均衡產量 q_1^B 增加，廠商2的均衡產量 q_2^B 反而減少。因此，當網路外部性程度夠大時，低品質廠商在 Bertrand 價格競爭下的均衡數量下降幅度過大，此時就可能存在低品質廠商的均衡數量在 Bertrand 價格競爭下反而較小的結果。我們將此分析結果整理成下列命題。

命題3 相較於 Cournot 數量競爭，當網路外部性程度較大時，低品質廠商的均衡數量在 Bertrand 價格競爭下反而較小。

接著，藉由圖2(b)與圖4(b)的結果，我們利用圖6來進一步分析兩種廠商競爭模式的均衡品質。圖6中我們得知當產品不具有網路外部性的特徵 ($\alpha = 0$) 時，Bertrand 價格競爭下高品質廠商的均衡品質大於 Cournot 數量競爭 ($u_1^B > u_1^C$) 的結果，但低品質廠商的均衡品質小於 Cournot 數量競爭 ($u_2^B < u_2^C$) 的結果。然而，當網路外部性存在時，我們發現高品質廠商的均衡品質大小在兩種競爭模式下將會因網路外部性程度的不同而有所差異。我們假設 $u_1^B = u_1^C$ 時所對應的網路外部性程度為 α_u (藉由數值模擬得知 α_u 約 0.2739)，則當網路外部性程度 $\alpha \in [0, \alpha_u)$ 時，高品質廠商的均衡品質在 Bertrand 價格競爭下大於 Cournot 數量競爭的均衡品質 ($u_1^B > u_1^C$)；反之，當網路外部性程度 $\alpha \in (\alpha_u, \bar{\alpha})$ 時，高品質廠商的均衡品質在 Bertrand 價格競爭下小於 Cournot 數量競爭 ($u_1^B < u_1^C$)。這是因為由消費者的效用函數 ($\theta u_i + \alpha x_i u_i - p_i$) 得知，當存在網路外部性效果時，消費者因向廠商購買該產品會額外得到的效用，此時廠商有誘因降低品質水準。由圖5中我們得知隨著 α 的增加 (圖中 $\alpha = 0$ 到 $\alpha = \alpha^*$)， q_1^B 增加的幅度大於 q_1^C 增加的幅度 (圖中 B 右移到 B^* 的幅度大於 C 右移到 C^* 的幅度)，使得消費者因網路外部性效果所額外得到的效用愈大，故高品質廠商調降品質的動機就愈強。因此，當網路外部性程度夠大 ($\alpha > \alpha_u$) 時，高品質廠商的均衡品質在 Bertrand 價格競爭下將低於 Cournot 數量競爭的均衡品質。根據上述的結果，我們可以得到下列命題。

命題4 當網路外部性程度較大時，高品質廠商的均衡品質在Bertrand價格競爭下將低於Cournot數量競爭下的均衡品質。

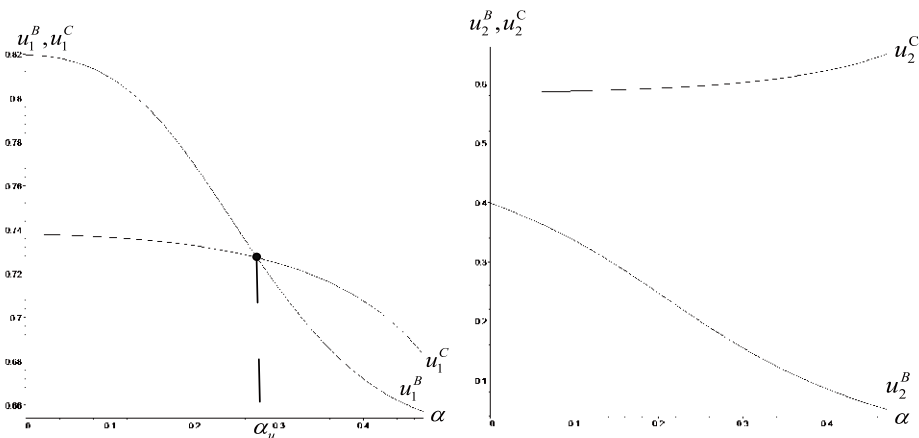


圖6 兩種廠商競爭模式的均衡品質

再者，我們利用圖7來討論不同的競爭模式對兩家廠商的均衡利潤與生產者剩餘的影響。由圖7的結果，我們得知當產品不具有網路外部性特徵時，相較於 Cournot數量競爭，在Bertrand價格競爭下兩家廠商的均衡利潤及生產者剩餘皆較小。相較於無網路外部性的情形，我們發現在兩種競爭模式下高品質廠商的均衡利潤的大小因網路外部性程度的不同而有所差異。令 $\pi_1^B = \pi_1^C$ 時所對應的網路外部性程度為 α_π （藉由數值模擬得知 α_π 約 0.0727），則我們發現當 $\alpha \in [0, \alpha_\pi)$ 時，高品質廠商的均衡利潤在Bertrand價格競爭下小於Cournot數量競爭的均衡利潤（ $\pi_1^B < \pi_1^C$ ）；但當 $\alpha \in (\alpha_\pi, \bar{\alpha})$ 時，高品質廠商的均衡利潤在Bertrand價格競爭下將大於Cournot數量競爭的均衡利潤（ $\pi_1^B > \pi_1^C$ ）。這個結果的產生是因為，當網路外部性程度夠大時，隨著網路外部性程度愈大，均衡產量的差異性 $q_1^B - q_1^C$ 越大，也使得兩者的均衡利潤的差異性（ $\pi_1^B - \pi_1^C$ ）愈大。由此可見，就高品質廠商而言，當網路外部性程度夠大時，Bertrand 價格競爭的均衡產量相對較大而使得利潤也相對較高。

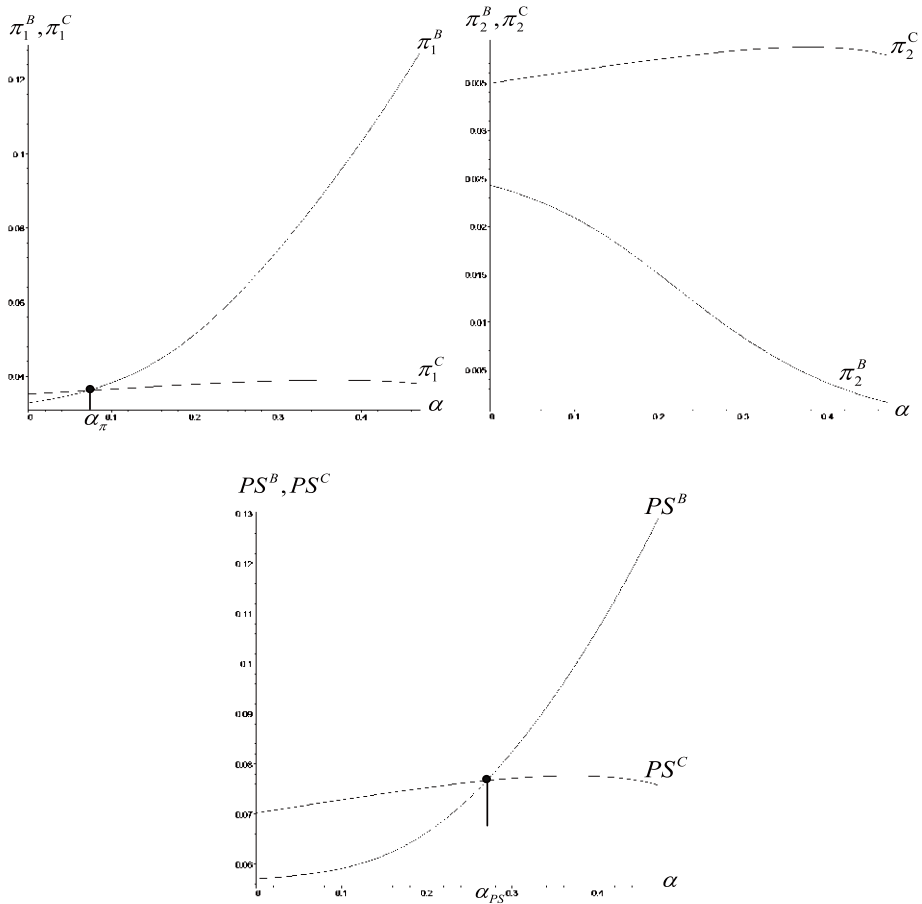


圖7 兩種廠商競爭模式的均衡利潤與生產者剩餘

在生產者剩餘方面，本文定義生產者剩餘（ PS ）為兩家廠商利潤的加總。在圖7中我們發現這兩種競爭模式的生產者剩餘的大小因網路外部性程度的不同而有所差異，因此，我們進一步令 $PS^B = PS^C$ 時所對應的網路外部性程度為 α_{PS} （藉由數值模擬得知 α_{PS} 約0.2701）。我們發現當 $\alpha \in (0, \alpha_{PS})$ 時，Bertrand價格競爭的生產者剩餘小於Cournot數量競爭的生產者剩餘（ $PS^B < PS^C$ ）。然而，當網路外部性程度大到某一程度時，即 $\alpha \in (\alpha_{PS}, \bar{\alpha})$ ，由於高品質廠商的均衡利潤在Bertrand價格競爭下相對大很多，反而使得Bertrand價格競爭的生產

者剩餘大於Cournot數量競爭的生產者剩餘 ($PS^B > PS^C$)。

此結果我們也可以利用圖5來說明，圖5中的橢圓曲線是等市場利潤線（亦即生產者剩餘），G點為兩家廠商聯合利潤的極大點。當 $\alpha = 0$ 時（表示產品不具有網路外部性的特徵），Bertrand價格競爭與Cournot數量競爭下的均衡點分別為B與C，我們可以看出均衡點C比較靠近聯合利潤的極大G點，因此 $PS^B < PS^C$ ；反之，當網路外部性程度大到某一程度時（如 $\alpha = \alpha^*$ ），由均衡點B*與均衡點C*，我們可以得出 $PS^B > PS^C$ 的結果。

這個結果相當有趣。相較於Cournot數量競爭，過去的研究大部分都指出Bertrand價格競爭的生產者剩餘較小，當產品具有較強的網路外部性時，我們卻可能得到不同的結論。這個結果的產生是因為，當網路外部性程度大到某一程度時（大於 α_{PS} ），高品質廠商的均衡利潤在Bertrand價格競爭相對較大的效果遠大於低品質廠商的均衡利潤在Bertrand價格競爭相對較小的效果，因此，生產者剩餘將愈大。我們將上述結果整理成下列命題。

命題5 當網路外部性程度較大時，相較於Cournot數量競爭，高品質廠商的均衡利潤以及生產者剩餘在Bertrand價格競爭下均較大。

綜合而言，命題3與命題5的結果相當具啟發性，大部分的研究，如Singh and Vives（1984）與Motta（1993）等，皆指出在Bertrand價格競爭下廠商的均衡數量會大於Cournot數量競爭的結果，但廠商的均衡利潤及生產者剩餘在Cournot數量競爭下則較大。然而，當產品具有網路外部性的特徵時，我們卻可能得到不同以往文獻的分析結果。由此可見，網路外部性的存在是影響市場均衡與廠商決策的重要因素。

最後，我們將分析比較這兩種競爭模式的消費者剩餘（CS）與社會福利（SW）在不同網路外部性程度下的差異，¹³並將結果以圖8表示。藉由圖8的結果，我們可以得知不管產品是否具有網路外部性的特徵，Bertrand價格競爭的消費者剩餘與社會福利均大於Cournot數量競爭的消費者剩餘與社會福利。雖然兩種競爭模式的生產者剩餘的大小會因網路外部性程度的強弱而有所不

¹³ 關於消費者剩餘及社會福利的定義，本文參照Motta（1993）一文的設定加以計算。

同，但整體效果仍是在Bertrand價格競爭下有較大的社會福利；且隨著網路外部性程度愈大，兩者的社會福利的差異性（ $SW^B - SW^C$ ）將愈大。藉由這個結果我們可以推論隨著網路外部性程度愈大，Bertrand價格競爭愈有效率，其原因是兩家廠商於 Bertrand價格競爭時的競爭行為，將隨著網路外部性程度愈大而更加劇烈，因此，市場總需求相對愈大，進而使得社會福利也相對愈大。在研究投資的分析中，Qiu（1997）指出當研發投資愈有效率、外溢效果愈強及兩家廠商的產品愈趨於同質時，則價格競爭的社會福利反而小於數量競爭的社會福利，此分析結果與本文的結論不同。

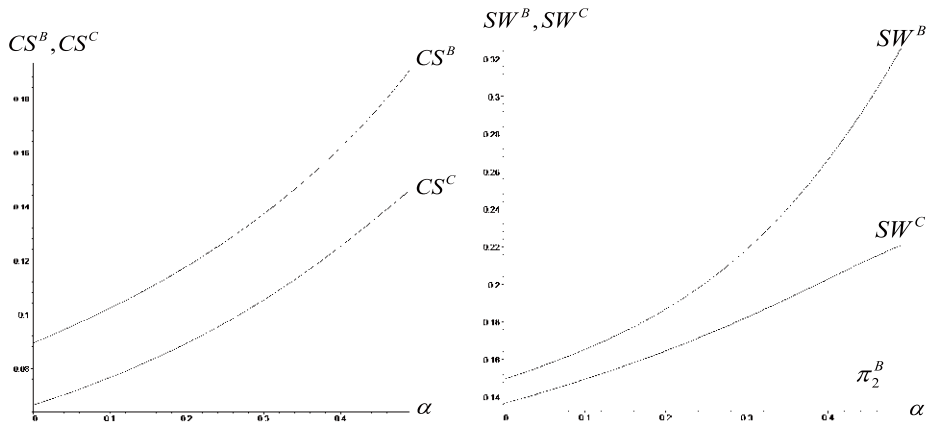


圖8 兩種廠商競爭模式的消費者剩餘與社會福利

伍、延伸與討論

前述中關於成本面的設定，我們假設廠商的成本函數為品質的二次方函數且與產量有關，此即 Motta（1993）所定義的品質改善變動成本（variable costs of quality improvement）。在此小節中，我們分別就兩種不同型的成本函數設定進行分析：一為假設廠商的成本為零；另一為假設廠商的成本函數為品質的二次方函數但與產量無關，此即Motta（1993）所定義的品質改善固定成本（fixed costs of quality improvement）。除了成本函數的設定改變外，其餘的設定均與基本模型的設定相同。

首先，我們先探討廠商的成本為品質改善固定成本的情況。根據兩家廠商的需求函數(2)、(3)二式與成本函數，我們將在Bertrand價格競爭下兩家廠商的利潤函數定義成 $\pi_1 = p_1 q_1 - u_1^2/2$ 與 $\pi_2 = p_2 q_2 - u_2^2/2$ ，並且將第二階段的均衡結果整理如下：¹⁴

$$p_1^B = \frac{u_1(2u_1(1-\alpha)^2 - u_2(2-\alpha))}{4u_1(1-\alpha)^2 - u_2}, p_2^B = \frac{u_2(u_1(1-2\alpha)(1-\alpha) - u_2)}{4u_1(1-\alpha)^2 - u_2}, \quad (32)$$

$$\pi_1^B = \frac{u_1^2(2u_1(1-\alpha)^2 - u_2(2-\alpha))^2(1-\alpha)}{(4u_1(1-\alpha)^2 - u_2)^2(u_1(1-\alpha)^2 - u_2)} - \frac{1}{2}u_1^2, \quad (33)$$

$$\pi_2^B = \frac{u_2 u_1(u_1(1-2\alpha)(1-\alpha) - u_2)^2(1-\alpha)}{(4u_1(1-\alpha)^2 - u_2)(u_1(1-\alpha)^2 - u_2)} - \frac{1}{2}u_2^2. \quad (34)$$

接著，我們將在Cournot數量競爭下第二階段的均衡結果整理如下：¹⁵

$$q_1^C = \frac{2u_1 - 2u_1\alpha - u_2}{4u_1(1-\alpha)^2 - u_2}, q_2^C = \frac{u_2(1-2\alpha)}{4u_1(1-\alpha)^2 - u_2}, \quad (35)$$

$$\pi_1^C = \frac{u_1(1-\alpha)(2u_1 - 2u_1\alpha - u_2)^2}{(4u_1(1-\alpha)^2 - u_2)^2} - \frac{1}{2}u_1^2, \quad (36)$$

$$\pi_2^C = \frac{u_2 u_1^2(1-2\alpha)^2(1-\alpha)}{(4u_1(1-\alpha)^2 - u_2)^2} - \frac{1}{2}u_2^2. \quad (37)$$

如同第參節的分析方法，我們可以分別求出在Bertrand價格競爭與Cournot數量競爭下多項式的實根 $\lambda(\alpha)$ 、兩種廠商的均衡品質以及各種市場均衡結果。

¹⁴ 兩家廠商的二階條件分別為 $\partial^2 \pi_1 / \partial p_1^2 = -2(1-\alpha) / u_1(1-\alpha)^2 - u_2 < 0$ ， $\partial^2 \pi_2 / \partial p_2^2 = -2u_1(1-\alpha) / u_2(u_1(1-\alpha)^2 - u_2) < 0$ 。安定條件為 $(\partial^2 \pi_1 / \partial p_1^2)(\partial^2 \pi_2 / \partial p_2^2) - (\partial^2 \pi_1 / \partial p_1 \partial p_2)(\partial^2 \pi_2 / \partial p_2 \partial p_1) = 4u_1(1-\alpha)^2 - u_2 / u_2(u_1(1-\alpha)^2 - u_2)^2 > 0$ 。

¹⁵ 兩家廠商的二階條件分別為 $\partial^2 \pi_1 / \partial q_1^2 = -2u_1(1-\alpha) < 0$ 與 $\partial^2 \pi_2 / \partial q_2^2 = -2u_2(1-\alpha) < 0$ 。安定條件為 $(\partial^2 \pi_1 / \partial q_1^2)(\partial^2 \pi_2 / \partial q_2^2) - (\partial^2 \pi_1 / \partial q_1 \partial q_2)(\partial^2 \pi_2 / \partial q_2 \partial q_1) = u_2(4u_1 - u_2 - 8\alpha u_1 + 4\alpha^2 u_1) > 0$ 。

在此種成本函數設定下，我們指出當網路外部性程度較小（大）時，高品質廠商的均衡品質在Bertrand價格競爭下將高（低）於Cournot數量競爭下的均衡品質，此結果與命題4相同。除此之外，我們發現其它的市場均衡結果並不會因網路外部性的存在與否而改變兩種競爭模式之間的相對均衡關係。

最後，我們將探討廠商的成本為零的情況。不管是Bertrand價格競爭或Cournot數量競爭，第二階段的均衡結果均與品質改善固定成本的均衡結果相同。由於兩家廠商的成本為零，我們發現兩家廠商若進行Cournot數量競爭時，兩家廠商將同時選擇以最佳品質（the largest quality）生產，因此產品品質的差異性將不存在；該結果和Bonanno（1986）與Ireland（1987）的分析結果相同。因此，在這種成本函數設定下，我們將無法探討網路外部性程度的變動對廠商選擇最適品質的影響，以及比較兩種廠商競爭模式的差異。

藉由這些不同嘗試，我們可以推論，與品質有關的網路外部性設定以及廠商品質改善成本為變動的假設，是造成兩種競爭模式相對均衡關係可能逆轉的關鍵。由於這兩個假設在現實環境中仍可能成立或被資料支持，因此我們認為此研究的推論應仍有相當的參考價值。

陸、結論

本文擴展Motta（1993）的模型設定，建立一個結合垂直產品差異性及網路外部性的模型，並藉以探討不同廠商競爭模式（Bertrand價格競爭與Cournot數量競爭）對廠商均衡品質的選擇，以及對市場均衡所造成的變動與影響等議題。當產品具有網路外部性的特徵時，針對兩種競爭模式下的均衡結果，本文得到當網路外部性程度較大時，高品質廠商的均衡品質（均衡利潤）在Bertrand價格競爭下將低（高）於Cournot數量競爭下的均衡品質（均衡利潤）；低品質廠商的均衡數量在Bertrand價格競爭下反而較小。再者，我們還指出當網路外部性程度較大時，Bertrand價格競爭下的生產者剩餘將大於Cournot數量競爭下的生產者剩餘。最後，我們指出在Bertrand價格競爭下，網路外部性的存在會增加廠商間的均衡品質差異性；反之，在Cournot數量競爭下，網路外部性的存在則會減少廠商間的均衡品質差異性。

另外，除了針對不同成本面的設定對該議題進行分析外，在我們所採用的模型設定下，文獻上諸多有趣的議題也都可以在本文的架構下探討及延伸，如產品相容性等相關議題。這些也都是未來研究的可行方向。

參考文獻

- Aoki, Reiko. 2003. "Effect of Credible Quality Investment with Bertrand and Cournot Competition," *Economic Theory*, vol.21, pp. 653~672.
- Baake, Pio and Anette Boom. 2001. "Vertical Product Differentiation, Network Externalities, and Compatibility Decisions," *International Journal of Industrial Organization*, vol. 19, pp. 267~284.
- Boccard, Nicolas and Xavier Wauthy. 2006. "Quality Choice, Sales Restriction and the Mode of Competition," *The Manchester School*, vol. 74, pp. 64~84.
- Bonanno, Giacomo. 1986. "Vertical Differentiation with Cournot Competition," *Economic Notes*, vol. 15, pp. 68~91.
- Cabral, Luís. 2011. "Dynamic Price Competition with Network Effects," *The Review of Economics Studies*, vol. 78, pp. 83~111.
- Cheng, Leonard. 1985. "Comparing Bertrand and Cournot Equilibria: A Geometric Approach," *Rand Journal of Economics*, vol. 16, pp. 146~152.
- Chirco, Alessandra and Marcella Scrimatore. 2013. "Choosing Price or Quantity? The Role of Delegation and Network Externalities," *Economics Letters*, vol. 121, pp. 482~486.
- Crampes, Claude and Abraham Hollander. 1995. "Duopoly and Quality Standards," *European Economic Review*, vol. 39, pp. 71~82.
- Cremer, Helmuth and Jacques-Francois Thisse. 1994. "Commodity Taxation in a Differentiated Oligopoly," *International Economic Review*, vol. 35, pp. 613~633.
- Farrell, Joseph and Garth Saloner. 1985. "Standardization, Compatibility, and Innovation," *RAND Journal of Economics*, vol. 16, pp. 70~83.
- Farrell, Joseph and Garth Saloner. 1986. "Installed Base and Compatibility, Innovation, Product Preannouncements, and Predation," *American Economic Review*, vol. 76, pp. 940~955.
- Foros, Oystein and Bjorn Hansen. 2001. "Competition and Compatibility among

- Internet Service Providers,” *Information Economics and Policy*, vol. 13, pp. 411~425.
- Fujiwara, Kenji. 2011. “Tariffs and Trade Liberalisation with Network Externalities,” *Australian Economic Papers*, vol. 50, pp. 51~61.
- Ireland, Norman. 1987. *Product Differentiation and Non-Price Competition* (Basil Blackwell) .
- Katz, Michael L. and Carl Shapiro. 1985. “Network Externalities, Competition, and Compatibility,” *American Economic Review*, vol. 75, pp. 424~440.
- Kim, Jeong-Yoo. 2002. “Product Compatibility as a Signal of Quality in a Market with Network Externalities,” *International Journal of Industrial Organization*, vol. 20, pp. 949~964.
- Lambertini, Luca. 1996. “Choosing Roles in a Duopoly for Endogenously Differentiated Products,” *Australian Economic Papers*, vol. 35, pp. 205~224.
- Lambertini, Luca. 2000. “Technology and Cartel Stability under Vertical Differentiation,” *German Economic Review*, vol. 1, pp. 421~442.
- Lambertini, Luca and Manuela Mosca. 1999. “On the Regulation of a Vertically Differentiated Market,” *Australian Economic Papers*, vol. 38, pp. 354~366.
- Lambertini, Luca and Raimondello Orsini. 2001. “Network Externalities and the Overprovision of Quality by a Monopolist,” *Southern Economic Journal*, vol. 67, pp. 969~982.
- Lambertini, Luca and Raimondello Orsini. 2004. “Network externality and the Coordination Problem,” *Journal of Economics*, vol. 2, pp. 123~136.
- Lambertini, Luca and Raimondello Orsini. 2005. “The Existence of Equilibrium in a Differentiated Duopoly with Network Externalities,” *Japanese Economic Review*, vol. 56, pp. 55~66.
- Motta, Massimo. 1993. “Endogenous Quality Choice: Price vs. Quantity Competition,” *Journal of Industrial Economics*, vol. 41, pp. 113~131.
- Navon, Ami, Shy Oz and Jacques-Francois Thisse. 1995. “Product Differentiation in the Presence of Positive and Negative Network Effects,” CEPR Discussion

- Paper, NO. 1306.
- Nguyen, Xuan, Sgro Pasquale and Munirul Nabin. 2014. "Licensing under Vertical Product Differentiation: Price vs. Quantity Competition," *Economic Modelling*, vol. 36, pp. 600~606.
- Nguyen, Xuan. 2015. "On the Efficiency of Private and State-Owned Enterprises in Mixed Markets," *Economic Modelling*, vol.50, pp. 130~137.
- Qiu, Larry. 1997. "On the Dynamic Efficiency of Cournot and Bertrand Equilibria," *Journal of Economic Theory*, vol.75, pp. 213~229.
- Ries, John C. 1993. "Voluntary Export Restraints, Profits, and Quality Adjustment," *Canadian Journal of Economics*, vol. 3, pp. 688~706.
- Pal, Rupayan. 2014. "Price and Quantity Competition in Network Goods Duopoly: A Reversal Result," *Economics Bulletin*, vol. 34, pp. 1019~1027.
- Toshimitsu, Tsuyoshi. 2016. "Price and Quantity Competition in a Differentiated Duopoly with Network Compatibility Effects," *Japanese Economic Review*, vol. 67, pp.495~512.
- Tremblay, Victor, Carol Horton Tremblay and Kosin Isariyawongse. 2013. "Cournot and Bertrand Competition when Advertising Rotates Demand: The Case of Honda and Scion," *International Journal of the Economics of Business*, vol. 20, pp. 125~141.
- Singh, Nirvikar and Xavier Vives. 1984. "Price and Quantity Competition in a Differentiated Duopoly," *Rand Journal of Economics*, vol. 15, pp. 546~554.
- Vives, Xavier. 1985. "On the Efficiency of Bertrand and Cournot Equilibria with Product Differentiation," *Journal of Economic Theory*, vol. 36, pp. 166~175.

The Effect of Network Externalities on Price and Quantity Competition in a Vertically Differentiated Duopoly

Ray-Yun Chang
Associate Professor,
Department of Economics,
Chinese Culture University

Abstract

This paper compares Bertrand and Cournot equilibria in a vertically differentiated duopoly with network externalities and attempts to provide more inference than what obtained by Motta (1993, *Journal of Industrial Economics*). In addition to the results of Motta (1993), if the network externality is large enough, we show that (i) the profit of high-quality firm and producer surplus under Bertrand competition are higher than that under Cournot competition; (ii) the equilibrium quantity of low-quality firm under Bertrand competition is lower than that under Cournot competition.

Keywords: Network externalities, vertical product differentiation, Bertrand competition, Cournot competition