

網路外部性、產業外溢與品質—在軟體與硬體產業互補的考慮下

周登陽¹

國立中正大學國際經濟研究所教授

邱奕閣

國立中正大學國際經濟研究所博士班研究生

陳芳岳

國立中正大學國際經濟研究所教授

摘 要

本文假設模型中有兩種產業，即硬體產業與軟體產業，而硬體產業及軟體產業皆只有一家廠商，即兩產業的廠商皆為獨占廠商。我們假設硬體與軟體為完全互補品(perfect complements)，因此，消費者會以固定比率消費此商品組合，亦即一單位硬體必須配置一單位軟體，所以，我們將此商品組合視為合成商品(composite product)。本文主要的目的是分析在硬體產業的獨占廠商及軟體產業的獨占廠商皆以價格作為策略變數去極大化自己的利潤下，去分別探討軟體產業獨占廠商的產品品質、網路外部性參數、產業外溢參數對軟體產業獨占廠商的均衡價格、硬體產業獨占廠商的均衡價格、軟體產業獨占廠商的均衡產量、軟體產業獨占廠商的均衡利潤、硬體產業獨占廠商的均衡利潤、均衡消費者剩餘以及均衡社會福利水準七個內生變數的影響。

關鍵詞：網路外部性、外溢、品質、品質改善成本

¹聯繫作者：周登陽，國立中正大學國際經濟研究所教授。621 嘉義縣民雄鄉大學路 168 號，電話：(05)2720411 轉 34103，E-Mail：ecddyc@ccu.edu.tw。

一、前言

近十幾年來，網路外部性(network externalities)在產業經濟學中成爲一個重要的議題，然而，網路外部性的想法最早來自於 Rohlfs(1974)，該文主要著重於獨占結構的通訊產業，其提出當參加電信服務系統的人數增加時，個別消費者加入該系統獲得的效用隨之提高，此即網路外部性(network externalities)。而 Kaz and Shapiro(1985)則認爲網路外部性是指當某商品使用的人數愈多，則使用該商品的消費者所獲得的效用愈高。而網路外部性又可細分爲直接的網路外部性及間接的網路外部性，例如：我們使用的電腦軟體，如 Word 文書處理、Excel 試算表…等，若消費者皆使用相同的軟體，則消費者就可以藉由互相分享檔案以增加效用，此即直接的網路外部性；假設有兩種互補性財貨，其爲財貨 1 及財貨 2，若因財貨 2 的種類愈多，則會使得消費者購買財貨 1 的意願愈高，亦即因財貨 2 的種類愈多使得消費者購買財貨 1 的效用會增加，如電腦的作業系統與該作業系統相容性的軟體，若該作業系統相容性的軟體種類愈多，則消費者購買該電腦作業系統的意願就愈高，其獲得的效用也就愈高，此即間接的網路外部性。

將網路外部性納入廠商研發的文獻，有 Kristiansen(1996)發現 Rothschild and Stiglitz 的平均數固定下的變異擴張標準(mean preserving spread criterion)衡量風險下，從福利的觀點可知既存廠商(incumbent firm)會選擇最具有風險的方案，而潛在進入者(potential entrant)會選擇最確定的方案。Kristiansen(1998)研究當產品市場具有網路外部性時，兩家廠商決定於何時進行研發以及新產品是否該相容，該文發現若市場具有網路外部性時，會使得廠商較早推出不具相容性的新研發技術，而且當研發成本增加時對社會是有害的，且實際上標準化是不太可能發生。還有很多與網路外部性相關的文獻如 Economides(1996)利用跟隨者與領導者的模型說明在實現的預期均衡(fulfilled expectations equilibrium)與市場上的願付價格會隨著預期銷售量增加而上升的假設下，發現廠商數的增加對領導廠商會產生兩種效果，即網路效果(network effect)與競爭效果(competitive effect)，前者會增

加領導廠商的獲利，而後者會減少領導廠商的獲利，由這兩個效果可知如果網路效果夠大，則領導廠商會有誘因吸引競爭者進入市場且允許競爭者免費使用該技術；Chou and Shy(1993)探討網路外部性與產品部份相容性的關係；Katz and Shapiro(1992)以及 Regibeau and Rockett(1996)皆探討產品導入的時間點與產品的相容性；Chou and Shy(1990)在消費者的效用與使用的軟體種類多寡呈正向關係的假設下，得到當軟體的生產具規模報酬遞增的性質時，若消費相容品牌的人數增加，由於將吸引廠商投入支援該系統的周邊產品研發，因而導致使該品牌的消費者的效用隨之提高；Shy and Thisse(1999)探討軟體廠商可以選擇是否使他們的軟體很容易被拷貝以及軟體廠商是否要保護他們的軟體來對抗盜版，該文發現當廠商採取軟體保護時，若網路效果較強，則會出現低價均衡(low-price equilibrium)，使得有些支援獨立消費者會去購買軟體；若網路效果較弱，則會出現高價均衡(high-price equilibrium)，使得支援獨立消費者不會去購買軟體。另外，其又發現當網路效果很強時，廠商偏好不保護軟體，以至於支援獨立消費者會去購買盜版軟體，所以，對軟體廠商會造成傷害。

消費者選擇一項產品時，會將產品的品質好壞納入考量，因此，每一項產品存在不同品質的特徵也成為產業經濟學的一個重要研究，此種特徵在產業經濟學中稱為垂直產品差異化(vertical product differentiation)。一般而言，我們將品質改善成本(cost of quality improvement)分為固定成本(fixed cost)和變動成本(variable cost)兩種設定，若將品質改善成本假設為固定成本的文獻，有 Aoki and Prusa(1996)是探討廠商投資的時點如何影響廠商選擇品質的水準，該文發現序列的品質選擇(sequential quality choice)比同時的品質選擇(simultaneous quality choice)較會使得廠商做更少的品質投資；Ronnen(1991)是探討最低品質標準(minimum quality standards)限制對廠商選擇均衡品質、社會福利水準及消費者剩餘的影響，其結果為最低品質標準限制會使廠商提高品質，且消費者剩餘及社會福利水準也會增加；Lehmann-Grube(1997)是探討兩家廠商以同時(simultaneous)或者序列(sequential)的方式來選擇品質，該文發現不論是以同時或者序列的方式，選擇生

產高品質產品的廠商皆會獲得較高的利潤，更進一步地，該文發現生產高（低）品質產品的領導者，其品質水準會較採同時的方式來生產高品質水準低（高），且生產低（高）品質產品的跟隨者，其品質水準會較採同時的方式來生產低品質水準低（高）。若將品質改善成本假設為變動成本的文獻，有 Wang(2003)是探討當邊際成本為品質的函數時，該文發現若單位變動成本與品質成正相關，或者隨著品質的提高，單位變動成本增加非常快，則生產高品質廠商可能無法獲得較生產低品質廠商高的利潤；Colombo and Lambertini(2003)是探討當邊際成本為品質的二次函數(quadratic cost function)時，以一個動態廣告的模型來分析品質內生化的問題。然而，Motta(1993)是分別探討在品質改善成本為固定成本和變動成本的情況下，廠商採取 Bertrand 價格競爭及 Cournot 數量競爭所得到的均衡品質水準，其結果為不論在何種成本設定以及競爭型態下，高品質廠商及低品質廠商皆會選擇不同的均衡品質，且不論在何種成本設定，為了避免激烈的市場競爭，Cournot 數量競爭所得到的品質差異會較 Bertrand 價格競爭所得到的品質差異低。

將網路外部性及垂直產品差異化兩種特性結合起來的文獻，有 Baake and Boom(2001)以四階段的賽局模型分析個別廠商生產的產品是否要和競爭廠商相容，其結果發現廠商在均衡時會生產相容性的產品；Lambertini and Orsini(2001)是分析當品質改善成本為變動成本時，其結果為獨佔廠商會提供高於社會最適下的品質水準；Lambertini and Orsini(2005)分析當品質改善成本為變動成本時，其結果發現在價格高於邊際成本的情況，廠商在決定品質階段下的某一個參數範圍有搶先進入市場的誘因，所以，市場不會存在均衡，且進一步地發現如果網路外部性夠大，即使廠商提供差異化的產品，均衡時在 Bertrand 競爭下的廠商有可能獲得正常利潤。

近年來已有學者將網路外部性納入垂直產品差異化中，而本文與前者最大的不同點在於多考量了產業外溢效果。本文假設模型中有兩種產業，即硬體產業與軟體產業，而硬體產業及軟體產業皆只有一家廠商，即兩產業的廠商皆為獨占廠

商。我們假設硬體與軟體為完全互補品(perfect complements)，因此，消費者會以固定比率消費此商品組合，亦即一單位硬體必須配置一單位軟體，所以，我們將此商品組合視為合成商品(composite product)。假設軟體產業獨占廠商生產的軟體具有網路外部性，而獨占廠商生產軟體的網路規模(network size)會外溢(spillover)給生產硬體的獨占廠商，其會使得硬體廠商的單位生產成本減少，若產業外溢效果愈大，則硬體廠商的單位生產成本減少愈多。例如：若愈多人使用軟體產業獨占廠商所生產的軟體時，此時，因軟體與硬體是為完全互補品，所以，生產硬體的獨占廠商會因很多人使用軟體所形成的網路規模外溢給硬體的獨占廠商，這樣，會使得生產硬體的獨占廠商的單位生產成本減少，因此，硬體產業獨占廠商會生產更多的硬體。本文主要的目的是分析在硬體產業的獨占廠商及軟體產業的獨占廠商皆以價格作為策略變數去極大化自己的利潤下，去分別探討軟體產業獨占廠商的產品品質、網路外部性參數、產業外溢參數對軟體產業獨占廠商的均衡價格、硬體產業獨占廠商的均衡價格、軟體產業獨占廠商的均衡產量、軟體產業獨占廠商的均衡利潤、硬體產業獨占廠商的均衡利潤、均衡消費者剩餘以及均衡社會福利水準七個內生變數的影響。

本文的內容如下：第一節為前言；第二節為基本模型；第三節為比較靜態分析；第四節為結論。

二、基本模型

假設模型中有兩種產業且每種產業只有一家廠商，即 X 產業與 Y 產業的廠商皆為獨占廠商，而 X 產業的廠商生產軟體及 Y 產業的廠商生產硬體。我們又假設硬體與軟體為完全互補品，因此，消費者會以固定比率消費此商品組合，亦即一單位硬體必須配置一單位軟體，所以，我們將此商品組合視為合成商品。為簡化分析，因 X 產業產品的消費數量等於 Y 產業產品的消費數量，所以，我們以 X 產業產品的消費數量當作合成商品的消費數量，因此，我們以 X 產業的需求函數

來代表兩產業廠商所面對的需求函數。

假設每位消費者對 X 產業財貨品質的偏好程度不同，且消費者的偏好 θ 在 $[0,1]$ 中呈現均等分配(uniformly distributed)，其密度函數為 $f(\theta)=1$ 。本文採用 Lambertini and Orsini(2001)一文中的效用函數設定，其為

$$U = \begin{cases} \theta s + \alpha x - p - r, & \text{如果消費者購買1單位產品} \\ 0 & \text{,如果消費者不購買任何產品} \end{cases} \quad (1)$$

其中 $\alpha > 0$ 表示衡量網路外部性的大小程度， $\alpha + 2\beta \leq s < 1^2$ 表示 X 產業的廠商生產軟體的品質。 p 代表 X 產業廠商的財貨價格及 r 代表 Y 產業廠商的財貨價格，且 x 代表在 X 產業的消費者使用 X 產業財貨的人數或者代表消費者使用 X 產業財貨的網路規模。(1)式的 αx 表示 X 產業的消費者使用 X 產業的財貨，藉由網路外部性所得到的效益，此即網路外部性效果。

假設在 X 產業中偏好 $\hat{\theta}$ 的邊際消費者對購買 X 產業的財貨或者沒有購買 X 產業的財貨所獲得的滿足程度是無差異的，因此可得

$$\hat{\theta} = \frac{(p+r) - \alpha x}{s} \quad (2)$$

且 X 產業財貨的需求函數為

$$x = \int_{\hat{\theta}}^1 f(\theta) d\theta = \int_{\hat{\theta}}^1 d\theta = 1 - \hat{\theta} \quad (3)$$

將(3)式代入(2)式後，再求解出 $\hat{\theta}$ 便可得

$$\hat{\theta} = \frac{(p+r) - \alpha}{(s - \alpha)} \quad (4)$$

將(4)式代入(3)式可得 X 產業財貨的需求函數為

$$x = \frac{s - (p+r)}{(s - \alpha)} \quad (5)$$

本文將探討 X 產業的廠商面對品質改善成本為變動成本的狀況，所以，假設品質改善成本為變動成本時，其成本函數為

$$C^X(s, x) = \frac{1}{2} s^2 x \quad (6)$$

² $s \geq \alpha + 2\beta$ 以確保 Y 產業廠商的產品價格為正的。

接著，假設Y產業廠商的單位生產成本為

$$C^Y = c - \beta x \quad (7)$$

其中 $0 \leq \beta \leq 1$ 表示產業外溢參數(industrial spillover parameter)， $\beta = 0$ 代表沒有產業外溢效果且 $\beta = 1$ 代表完全產業外溢效果，而 $0 < c < s^3$ 表示 $\beta = 0$ 時的單位生產成本。(7)式表示X產業廠商所產生的網路規模，即每增加1單位會使得Y產業廠商的單位生產成本減少 β 單位。其經濟意義為若X產業廠商所產生的網路規模愈大時，因X產業廠商生產的軟體及Y產業廠商生產的硬體為完全互補品，所以Y產業廠商也會生產愈多，因而造成Y產業廠商的平均成本下降。

本文將X產業廠商的產品品質視作外生下，X產業的獨占廠商及Y產業的獨占廠商皆以價格作為策略變數去極大化自己的利潤。

因X產業的獨占廠商以價格作為策略變數去極大化自己的利潤，因此，X產業獨占廠商的一階條件如下：

$$\frac{\partial \pi_x}{\partial p} = x + (p - \frac{1}{2}s^2) \frac{\partial x}{\partial p} = \frac{2[s - (2p + r)] + s^2}{2(s - \alpha)} = 0 \quad (8)$$

X產業獨占廠商的二階條件為 $-2/(s - \alpha) < 0$ 成立。

由(8)式可得

$$p = \frac{2(s - r) + s^2}{4} \quad (9)$$

接著因Y產業的獨占廠商以價格作為策略變數去極大化自己的利潤，因此，Y產業獨占廠商的一階條件如下：

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_y}{\partial r} &= (1 + \beta \frac{\partial x}{\partial r})x + [r - (c - \beta x)] \frac{\partial x}{\partial r} \\ &= \frac{(s - \alpha)[s - (p + 2r)] + (s - \alpha)c - 2\beta s + 2\beta(p + r)}{(s - \alpha)^2} = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

Y產業獨占廠商的二階條件為 $-2(s - \alpha - \beta)/(s - \alpha)^2 < 0$ 成立。

由(10)式可得

$$r = \frac{(s - \alpha - 2\beta)s + (s - \alpha)c - (s - \alpha - 2\beta)p}{2(s - \alpha - \beta)} \quad (11)$$

³ $0 < c < s$ ，此式可確保X產業廠商的產品價格為正的。

對(9)式及(11)式解聯立可得 X 產業的均衡價格及 Y 產業的均衡價格分別為

$$p = \frac{(s - \alpha)(s - c) + (s - \alpha - \beta)s^2}{[3(s - \alpha) - 2\beta]} \quad (12)$$

$$r = \frac{s(s - \alpha - 2\beta)(2 - s) + 4(s - \alpha)c}{2[3(s - \alpha) - 2\beta]} \quad (13)$$

將(12)式及(13)式代入(5)式可得 X 產業的均衡產量為

$$x = \frac{2(s - c) - s^2}{2[3(s - \alpha) - 2\beta]} \quad (14)$$

為保證(14)式大於 0 須 $2(s - c) - s^2 > 0$ 且 X 產業的均衡產量等於 Y 產業的均衡產量。

由(8)式可知 $\pi_x = (s - \alpha)x^2$ ，將(3.14)式代入此式中可得 X 產業獨占廠商的均衡利潤為

$$\pi_x = \frac{(s - \alpha)[2(s - c) - s^2]^2}{4[3(s - \alpha) - 2\beta]^2} \quad (15)$$

由(10)式可知 $\pi_y = (s - \alpha - \beta)x^2$ ，將(3.14)式代入此式中可得 Y 產業獨占廠商的均衡利潤為

$$\pi_y = \frac{(s - \alpha - \beta)[2(s - c) - s^2]^2}{4[3(s - \alpha) - 2\beta]^2} \quad (16)$$

且均衡消費者剩餘為

$$CS = \int_{\theta}^1 (\theta s + \alpha x - p - r) d\theta = \frac{1}{2} s x^2 = \frac{s[2(s - c) - s^2]^2}{8[3(s - \alpha) - 2\beta]^2} \quad (17)$$

因此，均衡社會福利水準為均衡消費者剩餘、 X 產業獨占廠商的均衡利潤及 Y 產業獨占廠商的均衡利潤三者之和，即

$$\begin{aligned} W &= CS + \pi_x + \pi_y \\ &= \frac{[2(s - c) - s^2]^2 [2(s - \alpha - \beta) + 2(s - \alpha) + s]}{8[3(s - \alpha) - 2\beta]^2} \end{aligned} \quad (18)$$

三、比較靜態分析

首先，探討 X 產業獨占廠商的產品品質對 X 產業的均衡價格、 Y 產業的均衡價格、 X 產業的均衡產量、 X 產業獨占廠商的均衡利潤、 Y 產業獨占廠商的

均衡利潤、均衡消費者剩餘以及均衡社會福利水準七個內生變數的影響。

對(12)式及(13)式的品質 s 偏微分可得

$$\frac{\partial p}{\partial s} = \frac{(s - \alpha) + (s - c) + 2s(s - \alpha - \beta) + s^2}{[3(s - \alpha) - 2\beta]} - \frac{3(s - \alpha)(s - c) + 3s^2(s - \alpha - \beta)}{[3(s - \alpha) - 2\beta]^2} > 0 \quad (19)$$

$$\frac{\partial r}{\partial s} = \frac{2(s - \alpha - 2\beta)(1 - s) + s(2 - s) + 4c}{2[3(s - \alpha) - 2\beta]} - \frac{3s(s - \alpha - 2\beta)(2 - s) + 12(s - \alpha)c}{2[3(s - \alpha) - 2\beta]^2} > 0 \quad (20)$$

由(19)式及(20)式可知當 X 產業財貨的品質 (s) 提升時，不論網路外部性參數 (α)、產業外溢參數 (β)、 X 產業財貨的品質 (s) 以及產業外溢參數等於 0 的 Y 產業獨占廠商的單位成本 (c) 為何， X 產業的均衡價格及 Y 產業的均衡價格皆會上漲。⁴

對(14)式的品質 s 偏微分可得

$$\frac{\partial x}{\partial s} = \frac{2(1 - s)[3(s - \alpha) - 2\beta] - 3[2(s - c) - s^2]}{4[3(s - \alpha) - 2\beta]^2} > 0 \quad \text{if } x < \frac{1 - s}{3} < 0 \quad \text{if } x > \frac{1 - s}{3} \quad (21)$$

由(21)式分析可知當 X 產業財貨的品質 s 提升時，若 X 產業獨占廠商生產的產量低於（高於） $(1 - s)/3$ 時，則 X 產業的均衡產量會增加（減少）。⁵經濟意義為當 X 產業財貨的品質 s 提升時，若 X 產業獨占廠商生產的產量較少（過多）時，則 X 產業的均衡產量會增加（減少）。

對(15)式及(16)式的品質 s 偏微分可得

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_x}{\partial s} &= x^2 + 2x(s - \alpha) \frac{\partial x}{\partial s} \\ &= \frac{[2(s - c) - s^2] \{-[2(s - c) - s^2][3(s - \alpha) + 2\beta] + 4(s - \alpha)(1 - s)[3(s - \alpha) - 2\beta]\}}{4[3(s - \alpha) - 2\beta]^3} \\ &> 0 \quad \text{if } x < \frac{2(s - \alpha)(1 - s)}{[3(s - \alpha) + 2\beta]} \\ &< 0 \quad \text{if } x > \frac{2(s - \alpha)(1 - s)}{[3(s - \alpha) + 2\beta]} \end{aligned} \quad (22)$$

⁴ (19)式及(20)式的證明在數學附錄(A)。

⁵ (21)式的證明在數學附錄(B)。

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \pi_Y}{\partial s} &= x^2 + 2x(s - \alpha - \beta) \frac{\partial x}{\partial s} \\
&= \frac{[2(s - c) - s^2] \{-[2(s - c) - s^2][3(s - \alpha) - 4\beta] + 4(s - \alpha - \beta)(1 - s)[3(s - \alpha) - 2\beta]\}}{4[3(s - \alpha) - 2\beta]^3} \\
&> 0 \quad \text{if} \quad x < \frac{2(s - \alpha - \beta)(1 - s)}{[3(1 - \alpha) - 4\beta]} \\
&< 0 \quad \text{if} \quad x > \frac{2(s - \alpha - \beta)(1 - s)}{[3(1 - \alpha) - 4\beta]}
\end{aligned} \tag{23}$$

由(22)式可知當 X 產業財貨的品質 s 提升時，若 X 產業獨占廠商生產的產量低於（高於） $2(s - \alpha)(1 - s)/[3(s - \alpha) + 2\beta]$ 時，則 X 產業獨占廠商的均衡利潤會增加（減少）。由(23)式可知當 X 產業財貨的品質 s 提升時，若 X 產業獨占廠商生產的產量低於（高於） $2(s - \alpha - \beta)(1 - s)/[3(s - \alpha) - 4\beta]$ 時，則 Y 產業獨占廠商的均衡利潤會增加（減少）。⁶經濟意義為當 X 產業財貨的品質 s 提升時，若 X 產業獨占廠商生產的產量較少（過多）時，則 X 產業獨占廠商的均衡利潤及 Y 產業獨占廠商的均衡利潤皆會增加（減少）。

對(17)式及(18)式的品質 s 偏微分可得

$$\begin{aligned}
\frac{\partial CS}{\partial s} &= x \left(\frac{1}{2} x + s \frac{\partial x}{\partial s} \right) \\
&= \frac{[2(s - c) - s^2] \{-[2(s - c) - s^2][3(s + \alpha) + 2\beta] + 4s(1 - s)[3(s - \alpha) - 2\beta]\}}{8[3(s - \alpha) - 2\beta]^3} \tag{24} \\
&> 0 \quad \text{if} \quad x < \frac{2s(1 - s)}{[3(s + \alpha) + 2\beta]} \\
&< 0 \quad \text{if} \quad x > \frac{2s(1 - s)}{[3(s + \alpha) + 2\beta]}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial W}{\partial s} &= \frac{\partial CS}{\partial s} + \frac{\partial \pi_X}{\partial s} + \frac{\partial \pi_Y}{\partial s} \\
&= \frac{[2(s - c) - s^2] \{-[2(s - c) - s^2](15s - 9\alpha - 2\beta) + 4(1 - s)(5s - 4\alpha - 2\beta)[3(s - \alpha) - 2\beta]\}}{8[3(s - \alpha) - 2\beta]^3} \\
&> 0 \quad \text{if} \quad x < \frac{2(1 - s)(5s - 4\alpha - 2\beta)}{(15s - 9\alpha - 2\beta)} \\
&< 0 \quad \text{if} \quad x > \frac{2(1 - s)(5s - 4\alpha - 2\beta)}{(15s - 9\alpha - 2\beta)}
\end{aligned} \tag{25}$$

由(24)式可知當 X 產業財貨的品質 s 提升時，若 X 產業獨占廠商生產的產量低於（高於） $2s(1 - s)/[3(s + \alpha) + 2\beta]$ 時，則均衡消費者剩餘會增加（減少）。由(25)

⁶ (22)式及(23)式的證明在數學附錄(B)。

式可知當 X 產業財貨的品質 s 提升時，若 X 產業獨占廠商生產的產量低於(高於) $2(1-s)(5s-4\alpha-2\beta)/(15s-9\alpha-2\beta)$ 時，則均衡社會福利水準會增加(減少)。⁷經濟意義為當 X 產業財貨的品質 s 提升時，若 X 產業獨占廠商生產的產量較少(過多)時，則均衡消費者剩餘及均衡社會福利水準皆會增加(減少)。

命題 1：當軟體產業獨占廠商生產的軟體品質提升時，不論網路外部性參數、產業外溢參數、軟體產業產品的品質以及產業外溢參數等於 0 的硬體產業獨占廠商的單位成本為何，軟體的均衡價格以及硬體的均衡價格皆會增加；當軟體產業獨占廠商生產的軟體品質提升時，若軟體產業獨占廠商生產的產量較少(過多)時，則軟體的均衡產量、軟體產業獨占廠商的均衡利潤、硬體產業獨占廠商的均衡利潤、均衡消費者剩餘以及均衡社會福利水準皆會增加(減少)。

接著，探討 X 產業獨占廠商的網路外部性參數對 X 產業的均衡價格、 Y 產業的均衡價格、 X 產業的均衡產量、 X 產業獨占廠商的均衡利潤、 Y 產業獨占廠商的均衡利潤、均衡消費者剩餘以及均衡社會福利水準七個內生變數的影響。

對(12)式及(13)式的網路外部性參數 α 偏微分可得

$$\frac{\partial p}{\partial \alpha} = \frac{[2(s-c)-s^2]\beta}{[3(s-\alpha)-2\beta]^2} > 0 \quad (26)$$

$$\frac{\partial r}{\partial \alpha} = \frac{-2[2(s-c)-s^2]\beta}{[3(s-\alpha)-2\beta]^2} < 0 \quad (27)$$

由(26)式及(27)式可知當網路外部性參數(α)增加時，不論網路外部性參數(α)、產業外溢參數(β)、 X 產業財貨的品質(s)以及產業外溢參數等於 0 的 Y 產業獨占廠商的單位成本(c)為何， X 產業的均衡價格會上漲及 Y 產業的均衡價格會下跌。經濟意義為網路外部性參數(α)增加會使得 X 產業的產品需求增加，造成 X 產業的均衡價格會上漲；而網路外部性參數(α)增加會使得 X 產業的產品需求增加，造成 X 產業的均衡產量增加，透過產業外溢使得 Y 產業獨占廠商的單位生產

⁷ (24)式及(25)式的證明在數學附錄(B)。

成本減少，造成Y產業獨占廠商的產品供給增加，另一方面因X產業的產品與Y產業的產品為完全互補品，所以，當網路外部性參數(α)增加時，會使得Y產業的產品需求減少，由此可知Y產業的均衡價格會下跌，

對(14)式的網路外部性參數 α 偏微分可得

$$\frac{\partial x}{\partial \alpha} = \frac{3[2(s-c)-s^2]}{2[3(s-\alpha)-2\beta]^2} > 0 \quad (28)$$

由(28)式可知當網路外部性參數(α)增加時，不論網路外部性參數(α)、產業外溢參數(β)、X產業財貨的品質(s)以及產業外溢參數等於0的Y產業獨占廠商的單位成本(c)為何，X產業的均衡產量會增加。經濟意義為網路外部性參數(α)增加會使得X產業的產品需求增加，所以，X產業的均衡產量會增加。

對(15)式及(16)式的網路外部性參數 α 偏微分可得

$$\frac{\partial \pi_x}{\partial \alpha} = -x^2 + 2x(s-\alpha) \frac{\partial x}{\partial \alpha} = \frac{[2(s-c)-s^2]^2[3(s-\alpha)+2\beta]}{4[3(s-\alpha)-2\beta]^3} > 0 \quad (29)$$

$$\frac{\partial \pi_y}{\partial \alpha} = -x^2 + 2x(s-\alpha-\beta) \frac{\partial x}{\partial \alpha} = \frac{[2(s-c)-s^2]^2[2(s-\alpha-\beta)+(s-\alpha-2\beta)]}{4[3(s-\alpha)-2\beta]^3} > 0 \quad (30)$$

由(29)式及(30)式可知當網路外部性參數(α)增加時，不論網路外部性參數(α)、產業外溢參數(β)、X產業財貨的品質(s)以及產業外溢參數等於0的Y產業獨占廠商的單位成本(c)為何，X產業獨占廠商的均衡利潤和Y產業獨占廠商的均衡利潤皆會增加。

對(17)式及(18)式的網路外部性參數 α 偏微分可得

$$\frac{\partial CS}{\partial \alpha} = sx \frac{\partial x}{\partial \alpha} = \frac{3s[2(s-c)-s^2]^2}{4[3(s-\alpha)-2\beta]^3} > 0 \quad (31)$$

$$\frac{\partial W}{\partial \alpha} = \frac{\partial CS}{\partial \alpha} + \frac{\partial \pi_x}{\partial \alpha} + \frac{\partial \pi_y}{\partial \alpha} = \frac{[2(s-c)-s^2]^2[2(s-\alpha-\beta)+4(s-\alpha)+3s]}{4[3(s-\alpha)-2\beta]^3} > 0 \quad (32)$$

由(31)式及(32)式可知當網路外部性參數(α)增加時，不論網路外部性參數(α)、產業外溢參數(β)、X產業財貨的品質(s)以及產業外溢參數等於0的Y產業獨占廠商的單位成本(c)為何，均衡消費者剩餘以及均衡社會福利水準皆會增加。

命題 2：當網路外部性參數增加時，不論網路外部性參數、產業外溢參數、軟體產業產品的品質以及產業外溢參數等於 0 的硬體產業獨占廠商的單位成本為何，軟體的均衡價格、軟體的均衡產量、軟體產業獨占廠商的均衡利潤、硬體產業獨占廠商的均衡利潤、均衡消費者剩餘以及均衡社會福利水準皆會增加，而硬體的均衡價格會減少。

最後，探討 X 產業獨占廠商的產業外溢參數對 X 產業的均衡價格、 Y 產業的均衡價格、 X 產業的均衡產量、 X 產業獨占廠商的均衡利潤、 Y 產業獨占廠商的均衡利潤、均衡消費者剩餘以及均衡社會福利水準七個內生變數的影響。

對(12)式及(13)式的產業外溢參數 β 偏微分可得

$$\frac{\partial p}{\partial \beta} = \frac{[2(s-c) - s^2](s-\alpha)}{[3(s-\alpha) - 2\beta]^2} > 0 \quad (33)$$

$$\frac{\partial r}{\partial \beta} = \frac{-2[2(s-c) - s^2](s-\alpha)}{[3(s-\alpha) - 2\beta]^2} < 0 \quad (34)$$

由(33)式及(34)式可知當產業外溢參數(β)增加時，不論網路外部性參數(α)、產業外溢參數(β)、 X 產業財貨的品質(s)以及產業外溢參數等於 0 的 Y 產業獨占廠商的單位成本(c)為何， X 產業的均衡價格會上漲及 Y 產業的均衡價格會下跌。經濟意義為產業外溢參數(β)增加會使得 Y 產業獨占廠商的單位生產成本減少，所以 Y 產業獨占廠商的產品供給會增加，所以 Y 產業的均衡價格會下跌；另一方面，因 X 產業的產品與 Y 產業的產品為完全互補品，所以當 Y 產業的均衡價格下跌會使得 X 產業的產品需求增加，因而 X 產業的均衡價格會上漲。

對(14)式的產業外溢參數 β 偏微分可得

$$\frac{\partial x}{\partial \beta} = \frac{2(s-c) - s^2}{[3(s-\alpha) - 2\beta]^2} > 0 \quad (35)$$

由(35)式可知當產業外溢參數(β)增加時，不論網路外部性參數(α)、產業外溢參數(β)、 X 產業財貨的品質(s)以及產業外溢參數等於 0 的 Y 產業獨占廠商的單位成本(c)為何， X 產業的均衡產量會增加。經濟意義為產業外溢參數(β)增加會使得 Y 產業獨占廠商的單位生產成本減少，所以 Y 產業獨占廠商的產品供給會

增加，因此Y產業的均衡價格會下跌，且因X產業的產品與Y產業的產品為完全互補品，所以當Y產業的均衡價格下跌會使得X產業的產品需求增加，故X產業的均衡產量會增加。

對(15)式及(16)式的產業外溢參數 β 偏微分可得

$$\frac{\partial \pi_x}{\partial \beta} = 2x(s-\alpha) \frac{\partial x}{\partial \beta} = \frac{(s-\alpha)[2(s-c)-s^2]^2}{[3(s-\alpha)-2\beta]^3} > 0 \quad (36)$$

$$\frac{\partial \pi_y}{\partial \beta} = -x^2 + 2x(s-\alpha-\beta) \frac{\partial x}{\partial \beta} = \frac{(s-\alpha-2\beta)[2(s-c)-s^2]^2}{4[3(s-\alpha)-2\beta]^3} > 0 \quad (37)$$

由(36)式及(37)式可知當產業外溢參數(β)增加時，不論網路外部性參數(α)、產業外溢參數(β)、X產業財貨的品質(s)以及產業外溢參數等於0的Y產業獨占廠商的單位成本(c)為何，X產業獨占廠商的均衡利潤及Y產業獨占廠商的均衡利潤皆會增加。

對(17)式及(18)式的產業外溢參數 β 偏微分可得

$$\frac{\partial CS_x}{\partial \beta} = sx \frac{\partial x}{\partial \beta} = \frac{s[2(s-c)-s^2]^2}{2[3(s-\alpha)-2\beta]^3} > 0 \quad (38)$$

$$\frac{\partial W}{\partial \beta} = \frac{\partial CS_x}{\partial \beta} + \frac{\partial \pi_x}{\partial \beta} + \frac{\partial \pi_y}{\partial \beta} = \frac{[2(s-c)-s^2]^2[2(s-\alpha-\beta)+3(s-\alpha)+2s]}{4[3(s-\alpha)-2\beta]^3} > 0 \quad (39)$$

由(38)式及(39)式可知當網路外部性參數(α)增加時，不論網路外部性參數(α)、產業外溢參數(β)、X產業財貨的品質(s)及產業外溢參數等於0的Y產業獨占廠商的單位成本(c)為何，均衡消費者剩餘以及均衡社會福利水準皆會增加。

命題 3：當產業外溢參數增加時，不論網路外部性參數、產業外溢參數、軟體產業產品的品質以及產業外溢參數等於0的硬體產業獨占廠商的單位成本為何，軟體的均衡價格、軟體的均衡產量、軟體產業獨占廠商的均衡利潤、硬體產業獨占廠商的均衡利潤、均衡消費者剩餘以及均衡社會福利水準皆會增加，而硬體的均衡價格會減少。

四、結論

我們由本文的模型可知當軟體產業獨占廠商生產的軟體品質提升時，不論網路外部性參數、產業外溢參數、軟體產業產品的品質以及產業外溢參數等於 0 的硬體產業獨占廠商的單位成本為何，軟體的均衡價格以及硬體的均衡價格皆會增加；當軟體產業獨占廠商生產的軟體品質提升時，若軟體產業獨占廠商生產的產量較少（過多）時，則軟體的均衡產量、軟體產業獨占廠商的均衡利潤、硬體產業獨占廠商的均衡利潤、均衡消費者剩餘以及均衡社會福利水準皆會增加（減少）。

當網路外部性參數增加或者產業外溢參數增加時，不論網路外部性參數、產業外溢參數、軟體產業產品的品質以及產業外溢參數等於 0 的硬體產業獨占廠商的單位成本為何，軟體的均衡價格、軟體的均衡產量、軟體產業獨占廠商的均衡利潤、硬體產業獨占廠商的均衡利潤、均衡消費者剩餘以及均衡社會福利水準皆會增加，而硬體的均衡價格會減少。

數學附錄(A)：

對(12)式及(13)式的品質 s 偏微分後且令 $s = \alpha + 2\beta$ 代入可得

$$\left. \frac{\partial p}{\partial s} \right|_{s=\alpha+2\beta} = \frac{(\alpha + 2\beta)^2 + 4\beta[1 + 2(\alpha + 2\beta)] + 2(c - \alpha)}{16\beta} \quad (\text{A1})$$

$$\left. \frac{\partial r}{\partial s} \right|_{s=\alpha+2\beta} = \frac{2(\alpha + 2\beta - c) - (\alpha + 2\beta)^2}{8\beta} \quad (\text{A2})$$

對(12)式及(13)式的品質 s 偏微分後且令 $s = 1$ 代入可得

$$\left. \frac{\partial p}{\partial s} \right|_{s=1} = \frac{[(1 - \alpha) - \beta][9(1 - \alpha) - 3\beta] + 2\beta c}{[3(1 - \alpha) - 2\beta]^2} \quad (\text{A3})$$

$$\left. \frac{\partial r}{\partial s} \right|_{s=1} = \frac{2\beta(1 - 2c)}{[3(1 - \alpha) - 2\beta]^2} \quad (\text{A4})$$

將(19)式及(20)式分別通分可得分子部分為

$$B = [(s - \alpha) + (s - c) + 2s(s - \alpha - \beta) + s^2][3(s - \alpha) - 2\beta] - [3(s - \alpha)(s - c) + 3s^2(s - \alpha - \beta)] \quad (\text{A5})$$

$$D = [2(s - \alpha - 2\beta)(1 - s) + s(2 - s) + 4c][3(s - \alpha) - 2\beta] - [3s(s - \alpha - 2\beta)(2 - s) + 12(s - \alpha)c] \quad (\text{A6})$$

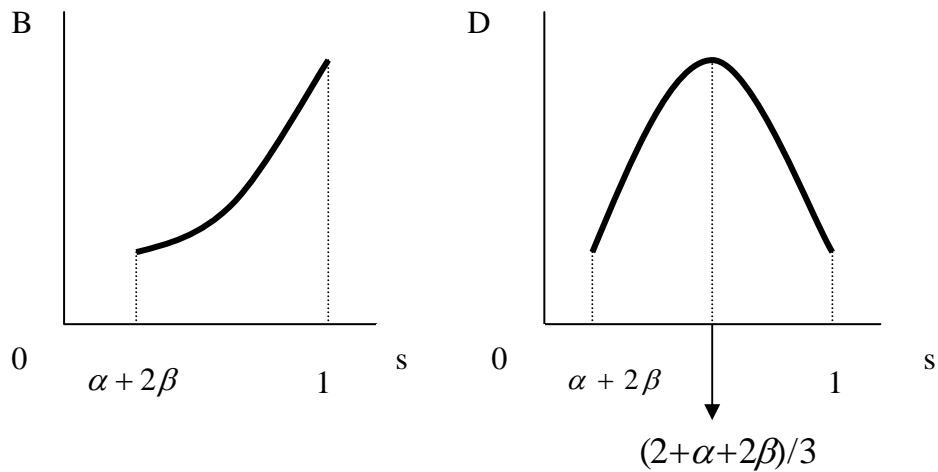
對(A5)式及(A6)式的品質 s 偏微分可得

$$\frac{\partial B}{\partial s} = 2[1 + (s - \alpha - \beta) + 2s][3(s - \alpha) - 2\beta] \quad (\text{A7})$$

$$\frac{\partial D}{\partial s} = 2[2 - 3s + \alpha + 2\beta][3(s - \alpha) - 2\beta] \quad (\text{A8})$$

由(A7)式可知該式為正的。若 $s < (2 + \alpha + 2\beta)/3$ 時，(A8)式為正的；若 $s > (2 + \alpha + 2\beta)/3$ 時，(A8)式為負的；若 $s = (2 + \alpha + 2\beta)/3$ 時，(A8)式為 0。⁸

⁸ 因 $(2 + \alpha + 2\beta)/3 - (\alpha + 2\beta) = 2(1 - \alpha - 2\beta)/3 > 0$ ，且 $(2 + \alpha + 2\beta)/3 - 1 = -(1 - \alpha - 2\beta)/3 < 0$ ，所以 $\alpha + 2\beta < (2 + \alpha + 2\beta)/3 < 1$ 。



由(A1)式及(A2)式可知當 X 產業財貨的品質(s)提升時，不論 $\alpha + 2\beta$ 及 c 為何， X 產業的均衡價格及 Y 產業的均衡價格皆會上漲。⁹由(A3)式及(A4)式可知當 X 產業財貨的品質(s)提升時，在 $s = 1$ 下， X 產業的均衡價格及 Y 產業的均衡價格皆會上漲。¹⁰所以，由此可知當 X 產業財貨的品質(s)提升時，不論 s 、 c 、 α 、 β 為何， X 產業的均衡價格及 Y 產業的均衡價格皆會上漲。

⁹ 因 $2(s - c) - s^2 > 0$ 且 $s \geq \alpha + 2\beta$ ，所以(A2)式的分子 $2(\alpha + 2\beta - c) - (\alpha + 2\beta)^2 > 0$ 。

¹⁰ 因 $2(s - c) - s^2 > 0$ ，所以，將 $s = 1$ 代入此式得 $2(1 - c) - 1^2 = 1 - 2c > 0$ ，故(A4)式的分子大於 0。

數學附錄(B)：

因(21)式的正負符號由分子決定，所以，

$$\begin{aligned}
 & 2(1-s)[3(s-\alpha)-2\beta]-3[2(s-c)-s^2] \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 0 \\
 \Rightarrow & \frac{2(1-s)[3(s-\alpha)-2\beta]}{3} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} [2(s-c)-s^2] \\
 \Rightarrow & \frac{2(1-s)[3(s-\alpha)-2\beta]}{6[3(s-\alpha)-2\beta]} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} \frac{[2(s-c)-s^2]}{2[3(s-\alpha)-2\beta]} \\
 \Rightarrow & \frac{1-s}{3} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} x
 \end{aligned}$$

故當 X 產業財貨的品質 s 提升時，若 X 產業獨占廠商生產的產量低於（高於） $(1-s)/3$ 時，則 X 產業的均衡產量會增加（減少）。

因(22)式的正負符號由分子中大括號決定，所以，

$$\begin{aligned}
 & -[2(s-c)-s^2][3(s-\alpha)+2\beta]+4(s-\alpha)(1-s)[3(s-\alpha)-2\beta] \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 0 \\
 \Rightarrow & [2(s-c)-s^2] \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} \frac{4(s-\alpha)(1-s)[3(s-\alpha)-2\beta]}{[3(s-\alpha)+2\beta]} \\
 \Rightarrow & \frac{[2(s-c)-s^2]}{2[3(s-\alpha)+2\beta]} \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} \frac{4(s-\alpha)(1-s)[3(s-\alpha)-2\beta]}{2[3(s-\alpha)+2\beta][3(s-\alpha)+2\beta]} \\
 \Rightarrow & x \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} \frac{2(s-\alpha)(1-s)}{[3(s-\alpha)+2\beta]}
 \end{aligned}$$

故當 X 產業財貨的品質 s 提升時，若 X 產業獨占廠商生產的產量低於（高於） $2(s-\alpha)(1-s)/[3(s-\alpha)+2\beta]$ 時，則 X 產業獨占廠商的均衡利潤會增加（減少）。

因(23)式的正負符號由分子中大括號決定，所以，

$$\begin{aligned}
 & -[2(s-c)-s^2][3(s-\alpha)-4\beta]+4(s-\alpha-\beta)(1-s)[3(s-\alpha)-2\beta] \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 0 \\
 \Rightarrow & [2(s-c)-s^2] \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} \frac{4(s-\alpha-\beta)(1-s)[3(s-\alpha)-2\beta]}{[3(s-\alpha)-4\beta]} \\
 \Rightarrow & \frac{[2(s-c)-s^2]}{2[3(s-\alpha)-2\beta]} \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} \frac{4(s-\alpha-\beta)(1-s)[3(s-\alpha)-2\beta]}{2[3(s-\alpha)-2\beta][3(s-\alpha)-4\beta]} \\
 \Rightarrow & x \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} \frac{2(s-\alpha-\beta)(1-s)}{[3(s-\alpha)-4\beta]}
 \end{aligned}$$

故當 X 產業財貨的品質 s 提升時，若 X 產業獨占廠商生產的產量低於（高於）

$2(s - \alpha - \beta)(1 - s)/[3(s - \alpha) - 4\beta]$ 時，則 X 產業獨占廠商的均衡利潤會增加（減少）。

因(24)式的正負符號由分子中大括號決定，所以，

$$\begin{aligned} & -[2(s - c) - s^2][3(s + \alpha) + 2\beta] + 4s(1 - s)[3(s - \alpha) - 2\beta] \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 0 \\ \Rightarrow & [2(s - c) - s^2] \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} \frac{4s(1 - s)[3(s - \alpha) - 2\beta]}{[3(s + \alpha) + 2\beta]} \\ \Rightarrow & \frac{[2(s - c) - s^2]}{2[3(s - \alpha) - 2\beta]} \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} \frac{4s(1 - s)[3(s - \alpha) - 2\beta]}{2[3(s - \alpha) - 2\beta][3(s + \alpha) + 2\beta]} \\ \Rightarrow & x \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} \frac{2s(1 - s)}{[3(s + \alpha) + 2\beta]} \end{aligned}$$

故當 X 產業財貨的品質 s 提升時，若 X 產業獨占廠商生產的產量低於（高於） $2s(1 - s)/[3(s + \alpha) + 2\beta]$ 時，則均衡消費者剩餘會增加（減少）。

因(25)式的正負符號由分子中大括號決定，所以，

$$\begin{aligned} & -[2(s - c) - s^2](15s - 9\alpha - 2\beta) + 4(1 - s)(5s - 4\alpha - 2\beta)[3(s - \alpha) - 2\beta] \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 0 \\ \Rightarrow & [2(s - c) - s^2] \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} \frac{4(1 - s)(5s - 4\alpha - 2\beta)[3(s - \alpha) - 2\beta]}{(15s - 9\alpha - 2\beta)} \\ \Rightarrow & \frac{[2(s - c) - s^2]}{2[3(s - \alpha) - 2\beta]} \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} \frac{4(1 - s)(5s - 4\alpha - 2\beta)[3(s - \alpha) - 2\beta]}{2[3(s - \alpha) - 2\beta](15s - 9\alpha - 2\beta)} \\ \Rightarrow & x \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} \frac{2(1 - s)(5s - 4\alpha - 2\beta)}{(15s - 9\alpha - 2\beta)} \end{aligned}$$

故當 X 產業財貨的品質 s 提升時，若 X 產業獨占廠商生產的產量低於（高於） $2(1 - s)(5s - 4\alpha - 2\beta)/(15s - 9\alpha - 2\beta)$ 時，則均衡社會福利水準會增加（減少）。

參考文獻

- Aoki, R. and Prusa, T. J. (1996), "Sequential versus Simultaneous Choice with Endogenous Quality," *International Journal of Industrial Organization*, 15, 103-121.
- Baake, P. and Boom, A. (2001), "Vertical Product Differentiation, Network Externalities, and Compatibility Decisions," *International Journal of Industrial Organization*, 19, 267-284.
- Chou, C. and Shy, O. (1990), "Network Effects Without Network Externalities," *International Journal of Industrial Organization*, 8, 259-270.
- Chou, C. and Shy, O. (1993), "Partial Compatibility and Supporting Services," *Economics Letters*, 41, 193-197.
- Colombo, L. and Lambertini, L. (2003), "Dynamic Advertising under Vertical Product Differentiation," *Journal of Optimization Theory and Applications*, 119, 261-280.
- Economides, N. (1996), "Network Externalities, Complementarities, and Invitations for Enter," *European Journal of Political Economy*, 12, 211-233.
- Katz, M. L. and C. Shapiro (1985), "Network Externalities, Competition, and Compatibility," *American Economic Review*, 75, 424-440.
- Katz, M. L. and C. Shapiro (1992), "Product Introduction with Network Externalities," *The Journal of Industrial Economics*, 40, 55-84.
- Kristiansen, E. G. (1996), "R&D in Markets with Network Externalities," *International Journal of Industrial Organization*, 14, 769-784.
- Kristiansen, E. G. (1998), "R&D in the Presence of Network Externalities: Timing and Compatibility," *Rand Journal of Economics*, 29, 531-547.
- Lambertini, L. and Orsini, R. (2001), "Network Externalities and the Overprovision of Quality by a Monopolist," *Southern Economic Journal*, 67, 969-982.
- Lambertini, L. and Orsini, R. (2005), "The Existence of Equilibrium in a

Differentiated Duopoly with Network Externalities,” *Japanese Economic Review*, 56, 55-66.

Lehmann_Grube, U. (1997), “Strategic Choice of Quality when Quality is Costly: the Persistence of the High-Quality Advantage,” *RAND Journal of Economics*, 28, 372-384.

Motta, M. (1993), “Endogenous Quality Choice: Price vs. Quantity Competition,” *Journal of Industrial Economics*, 41, 113-131.

Regibeau, P. and Rockett, K. E. (1996), “The Timing of Product Introduction and the Credibility of Compatibility Decisions,” *International Journal of Industrial Organization*, 14, 801-823.

Rohlfs, J. (1974), “A Theory of Interdependent Demand for A Communication Service,” *Bell Journal of Economics*, 5, 16-37.

Ronnen, U. (1991), “Minimum Quality Standards, Fixed Costs, and Competition,” *RAND Journal of Economics*, 22, 490-504.

Shy, O. and Thisse, J.-F. (1999), “A Strategic Approach to Software Protection,” *Journal of Economics & Management Strategy*, 8, 163-190.

Wang, X. H. (2003), “a Note on the High-Quality Advantage in Vertical Differentiation Models,” *Bulletin of Economic Research*, 55, 91-99.