

使用 S 曲線模型進行技術預測分析： 以自由軟體 Linux 為例

徐濟世

國立雲林科技大學資訊管理系

惠龍

國立雲林科技大學管理研究所

摘要

技術預測是科技管理領域中相當重要的研究主題之一，當企業能夠領會某一特定技術的發展有其極限時，若能洞悉極限之所在、掌握目前的位置及明瞭此一位置距離極限尚有多少空間，而此空間又在多少時間內將被填實時，企業即能進行決策決定是否將繼續投入公司研發資源於此一技術上，或轉換到另一條技術上。本文先對正負向回饋循環與網路外部性及轉換成本，探討技術擴散及套牢轉換成本問題，後就生命週期與 S 曲線作一討論；末以技術預測模式 S 曲線為理論依據，使用 Loglet Lab 為工具，將自 1993 年起至 2000 年止自由軟體協會所提供的全球 Linux 系統安裝估算數進行使用市場的直接 S 曲線預測推估，及利用自 1993 年起至 2000 年止全球主要學術資料庫對 Linux 的發表情形來進行技術市場的間接 S 曲線預測推估。

關鍵字：技術預測、S 曲線、Linux

To Use the S Curve Model Carry out the Analysis of the Technology Forecast - an Example for Linux

Jih-shih Hsu

National Yunlin University of Science & Technology

Lung Huei

National Yunlin University of Science & Technology

Abstract

The technology forecast in the science management realm is an important research subject. A company is able to understand the limit of a certain technique. If the company knows where is the limit and how much time will finish, then it will decide whether put more resources for the

technique or change to develop another. The article focuses on the positive and negative feedback cycle, the characteristic of the external network, the transform price, then to discuss the extending of technology, the problem of the lockup transform price and the relation between the life cycle and the S curve. The article's theory is base on the technology forecast model, S curve model, and to use the Loglet Lab as the tool. According to the association of the free software provided the estimated data of the world Linux system from 1993 to 2000, and then to proceed with the evaluation of forecast. To use the Linux announcement state of the main academic's data bank in the world from 1993 to 2000, estimates the forecast of the indirect S curve in the technique market.

Keyword : technology forecast、s curve、linux

壹、前言

資訊軟體產業發展至今以來，商業軟體(commerce software)的發展及銷售方式一直是整個主要軟體市場及影響市場運作得主流，尤以近十餘年來的微軟幾乎壟斷整個個人電腦全球使用平台環境，其利用各種行銷手法、套牢效應甚至法律條文，對於使用者予取予求以取得公司最大利益，而所提供的作業系統產品等，由於係以商業目的出發、有商業利益的系統開發與修補的利益性壓力、而無職業道德的即時性修補程式錯誤與漏洞的倫理性壓力，瑕疵、功能不足及漏洞的改善速度不及實際使用者的期望；今有開放原始碼(open source)自由軟體運動，並造就了 Linux 系列的作業系統軟體的發展。

開放原始碼由 Eric S. Raymond 倡導，是以軟體工程的角度來看原始碼的再改寫與再使用，認為以市集（菜市場）模式開發會獲得品質較好的軟體；以本質上來看待開放原始碼是一種方法學，一種哲學，更是一種新的經營典範。而自由軟體是由 Richard S. Stallman 所提倡的，其以道德的觀點看待原始碼的散布及使用，認為人有四種處分軟體的自由：(1)任意使用軟體的自由(2)研究軟體的運作方式、並可修改使其符合個人使用的自由(3)拷貝散布軟體的自由(4)改進軟體並將之散佈給大眾的自由；自由軟體(Free Software)的 Free 所指的是自由而並非免費，自由與免費為獨立無關的兩個問題，自由表示可以擁有使用它的自由，軟體的設計者不可剝奪其他使用者使用或修改或散佈的權力。而自由軟體的功用一般分為三類：(1)自由軟體的作業系統做為一般終端使用者平台系統使用(2)自由軟體的應用系統提供一般使用者使用(3)自由軟體的作業系統做為伺服器平台系統使用提供如 www server、mail server、bbs server 等使用。Linux 是一種作業平台軟體更是一種新的軟體開發方式，此一開發模式承襲駭客使用多年的模式，Linux 賦予了使用者對軟體基礎結構有控制權，此種對軟體基礎結構

有控制權的開放原始碼開發模式，增加了程式錯誤會被發現且修正且立即修正的機會，此點是諸如微軟等商業軟體所不及之處。

上述開放原始碼及自由軟體的運作得以順暢，實植基於史托曼所創的 GNU 通用公共授權(GPL)，GNU GPL 主要在規範開發者的行為，禁止私藏程式碼，或在更改開放原始碼的產品後，不將所做的修改變動回饋開發者社群。GPL 主要是透過「反版權」(Copyleft)條款，要求那些經 GPL 而傳播的程式，不得收取權利金、且須提供原始程式碼。基本上開放原始碼除了是一種新的軟體開發方式外，更是另種分配及授權的方式，Linux 所面對的是要應用自由軟體模式，建構出能同時滿足技術性及非技術性使用者需求的產品。此一 copyleft 對應 copyright 的方式，除對微軟等商業軟體的運作造成影響外，也對人類知識形成的方式產生另類的運作模式；本文主要針對開放原始碼中的 Linux 做為技術預測分析對象，引用分析的資料源為(1) Linux 歷年使用人數(2) 歷年學術期刊 Linux 發表數量，並以 Loglet Lab 為工具進行 S 曲線的預測，企圖找出 Linux 的技術擴散的可能市場發展預測。

貳、文獻探討

正負向回饋：Arthur(1996,1994)將產品與服務分為主體程序(Bulk processing)及知識基礎(Knowledge based)兩種；主體程序(Bulk processing)著重在自然資源，而以知識基礎者則為低度使用自然資源而高度使用技術；以知識基礎的產品有正向回饋現象(Bettis and Hitt,1995)，具開發成本非常高、單位生產成本非常低的特性。而在整個網路經濟下產業的市場佔有率發展的有兩種極端情形(如圖1)(Shapiro, 1998)；正向回饋循環與負向回饋循環，正向回饋循環的成長模式可以用統計上的「logistic pattern of growth」來描述；即強者愈強、弱者愈弱。

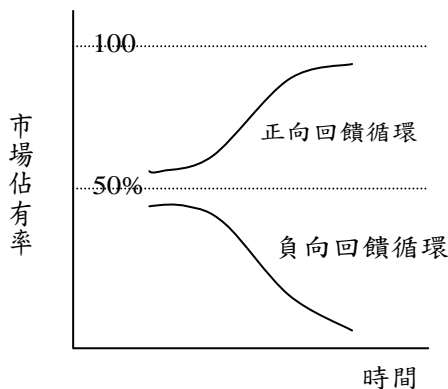


圖 1：正負向回饋循環

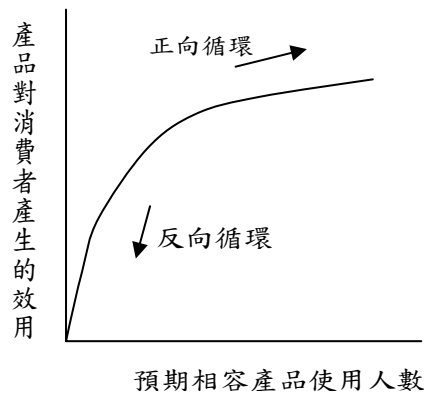


圖 2：消費者效用愈預期相容產品使用

傳統產業經濟在規模經濟的議題上大都著眼於供給面的規模經濟，而在網路經濟時代中，軟體的初製成本高，而複製成本幾乎為零，軟體對使用者的價值會隨使用者預期此一軟體使用人數的增加而提高，使得網路經濟中更重視需求面的規模經濟。需求面之規模經濟對軟體產業之市場佔有率影響很大，若預期相容產品使用人數位於圖 2(Shapiro, 1998)曲線中間，則朝正向循環或反向循環的關鍵在於消費者對此產品未來普及程度的理想預期。

網路外部性：若某一方加入一網路系統所願意支付的價格，與網路中現有的顧客數量或對象有關，則網路外部性即存在(Varian & Shapiro, 1986)，Katz and Shapiro(1985, 1986)對網路外部性提出「消費者使用財貨的效用，會隨著相容產品網路使用人數的增多，而帶給消費者更高的價值」。對資源加以加工，妥善運用能源，此種經濟行為模式的機制為報酬遞減，而對資訊進行加工，充分運用理念，則此時此種經濟行為模式機制為報酬遞增(Katz, 1985)；報酬遞增會使產品有機會變成業界標準，業界可以依此以不同方式營運。Haruvy(2001)就最佳化自由軟體品質的網路外部性作一討論；對於網路效果(network effect)，此係屬間接的網路外部性，其義為消費某產品的效用會隨其互補品的增多或售後服務的增加，而使消費的價值感較原先期望為高的現象。

套牢效果：轉換成本(switch cost)與套牢效果(lock-in effect)關係密切，所稱套牢係指使用者需付出相當成本代價方能完成技術或服務轉換的現象，套牢效果強弱的衡量在於轉換成本的高低。Allan Afush 認為若 A 技術優於 B 技術，但由於「知識基礎產品」的網路外部性及鎖定(lock-in effect)客戶的特性，技術 B 仍可能勝過競爭的技術(Afush, 1998)。套牢效果對生產者而言代表日後潛在的龐大利潤，對消費者而言意味著選擇機會減少與被廠商剝削的機率增高。而作業系統的總轉換成本的衡量應同時考量消費者與供給者所承擔的轉換成本。

生命週期：生命週期是用來描述某類模式的演化，此模式可以是產業部門、產品、技術等。Levitt(1965)最早描述生命週期，也是用的最廣的，即隨時間遷移，銷售量的變化情形。Foster 認為技術的提昇率決定於對技術努力投入的多寡，如圖 3。

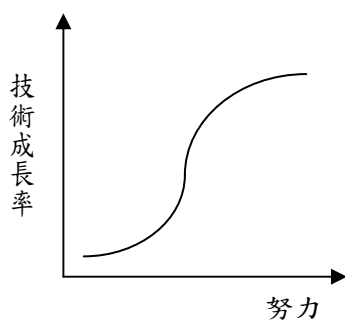


圖 3：Foster 的 S 曲線

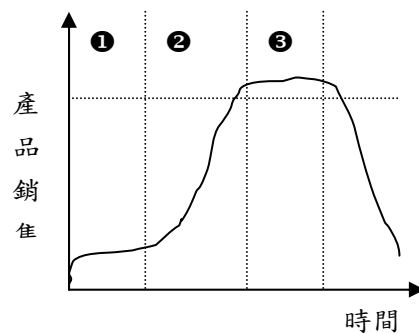


圖 4：產品生命週期模式

產品的生命週期有四階段：初生、成長、成熟、衰退(如圖 4)，Cox 等人的研究指出並非所有產品的生存理論曲線都如 S 型般，許多經驗研究指出 *logistical function* 在前三個階段都有效(Cox,1967)：

- ①上市：新產品上市競爭少，產品的新鮮性決定銷售率，產品小改款比大改型要銷售得好，此時技術績效創新是緩慢的。
- ②成長：許多消費者採用此產品，同等替代品也變多，銷售快速上揚，此時為順應市場成長，產品會開始改版，成功的創新增量會促進技術績效的提昇。
- ③成熟：市場趨於飽和銷售走平，想賣更多產品變得不太可能，創新不太頻繁，此時技術績效呈現穩定狀態。

技術生命週期和 S curve model：對於技術演進的研究，Kuznets(1930)提出以 S 曲線模型來推演技術改變。Foster(1986)提出 S 曲線可用來建立技術生命週期，此 S 曲線可用來表明在此技術發展努力的結果，如圖 5 所示(Nieto,1998)。

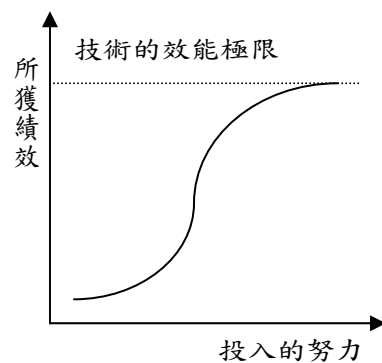


圖 5：S curve model

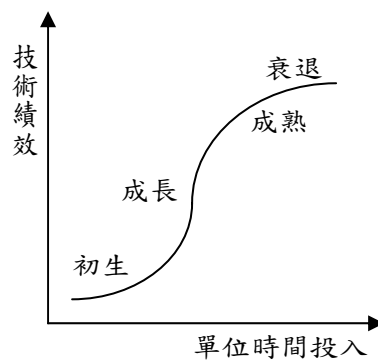


圖 6：技術成熟與 S curve

S 曲線的不同面相和在生命週期的階段特性有一致性和相似性，模式的目標是也是一致：皆在證明技術策略的合理性。如圖 6，在某一定時點，特別技術就會建立，同樣，也預估未來發展與限制。許多既往經驗顯示 S 曲線 揭示技術績效的演進流程，及在產業部門的有

系統的循環。Foster 認為新技術進步並不一定依時間的時程進展，而反倒是與投入（如研發金額、研發人數、研發時數等）有關。但由於此類投入的投資資料非常難以取得，是以在許多經驗研究(Roussel, 1984)中採用時間來製作技術績效模式。另技術績效價值可建立於技術面及商業面的總合上，當 S curve model 用於特定技術演進的績效模式時，它能真實展示技術增量創新的速度；故若能適當定義績效參數，S curve model 則能進行可靠分析，且在技術策略設計方面提供預估技術潛在績效重要資訊。

多代擴散模型：Norton and Bass(1987,1992)提出多代擴散模型的一些假設(1)當某應用採用某種新科技到某種程度後，舊科技就不會被採用(2)創新性產品其銷售數量=使用人數*平均每人購買數量(3)創新的應用以時間來看，有些當下已顯現、有些日後會產生，但創新皆會有應用上限；Norton and Bass 所提模型認為當代產品在進入飽和期之前新一代產品便已被導入市場，創新市場來自創造的需求與替代舊產品的需求。

參、S 曲線技術預測分析

本研究利用 Jason Yung, Perrin S. Meyer 與 Jesse Ausubel(1998)所開發出來的 Loglet Lab 為工具，來進行 S 曲線的預測；Loglet Lab 是以 Logistic Curve 繪製出 S 曲線，所應用的方程式為：

$$Y = \frac{k}{1 + e^{-\alpha(t-\beta)}}$$

利用 Loglet Lab 進行配適預測推估，有三項參數可由系統自動估算、亦可由操作者自行判斷給定：

- (1) Saturation(飽和點)：使用某一技術所產生的最大效用值
- (2) Growth time(成長時間)：使用某一技術所產生最大效用值的 10% 效用值，到產生最大效用值的 90% 效用值的整個花費時間
- (3) Midpoint(反曲點)：為 S 曲線的反曲點，即二次微分由正轉負的 0 值點

以 S 曲線分析特定技術實務上有多種難度，而自由軟體的作業系統全球安裝數量非常難以獲得，本文嘗試以使用者人數(如表 2)與時間的關係來建構 S 曲線，以自由軟體協會所提供的 Linux 系統安裝估算數值為依據，進行 Linux 的 S 曲線的預測，試圖找出發展趨勢。

表 2：LINUX USER 使用人數(註 1)

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
使用人數	1	1000	20000	100000	500000	1500000	350000	7500000

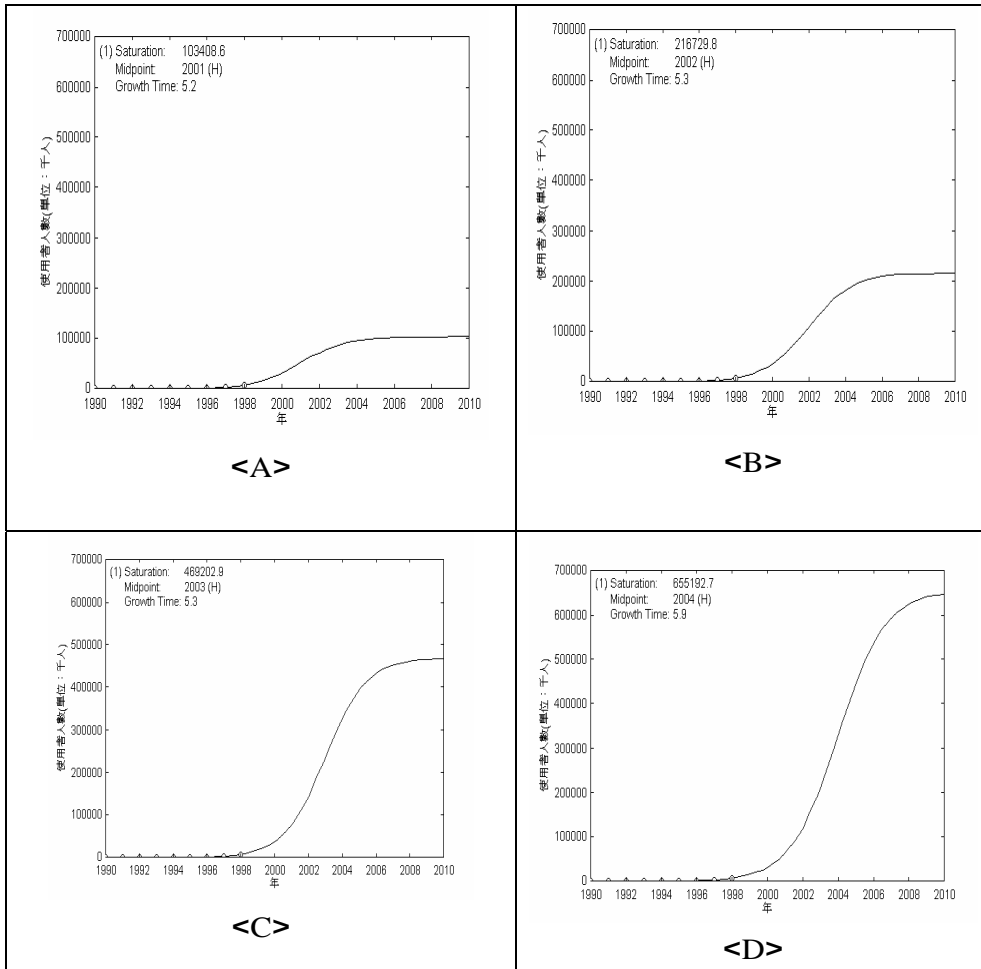


圖 7：使用人數 S 曲線

表 3：主要資料庫 Linux 發表統計[本研究整理]

	各類資料庫					總計
	OCLC index of articles from the contents pages of journals	OCLC catalog of books, web resources, and other material worldwide	ABI	IEL	swetsnet	
1992	0	0	0	0	0	0
1993	1	4	0	0	0	5
1994	9	18	4	0	0	31
1995	16	42	30	3	0	91
1996	11	64	26	7	3	111
1997	19	70	26	11	112	238
1998	57	105	177	24	452	815
1999	223	384	574	99	1116	2396
2000	292	469	483	106	1392	2742

利用 Loglet Lab 進行配適預測推估，有三項參數 Saturation(飽和點)、Growth time(成長時間)、Midpoint(反曲點)可由系統自動估算、亦可由操作者自行判斷給定。由於 Linux 軟體的飽和點與成長時間不易估計，故我們決定由系統自動估算方式，至於反曲點我們則採分年預估方式推估之。詳細結果如圖 7 所示，其中<A>的反曲點定在 2001 年，系統自動估算出成長時間為 5.2 年，飽和點使用人數為 103,408,600 人，接近 90%飽和點時間為 2003 年至 2004 年間發生；的反曲點定在 2002 年，系統自動估算出成長時間為 5.3 年，飽和點使用人數為 216,729,800 人，接近 90%飽和點時間為 2004 年至 2005 年間發生；<C>

的反曲點定在 2003 年，系統自動估算出成長時間為 5.3 年，飽和點使用人數為 469,202,900 人，接近 90%飽和點時間為 2005 年至 2006 年間發生；<D>的反曲點定在 2004 年，系統自動估算出成長時間為 5.9 年，飽和點使用人數為 655,192,700 人，接近 90%飽和點時間為 2007 年發生。

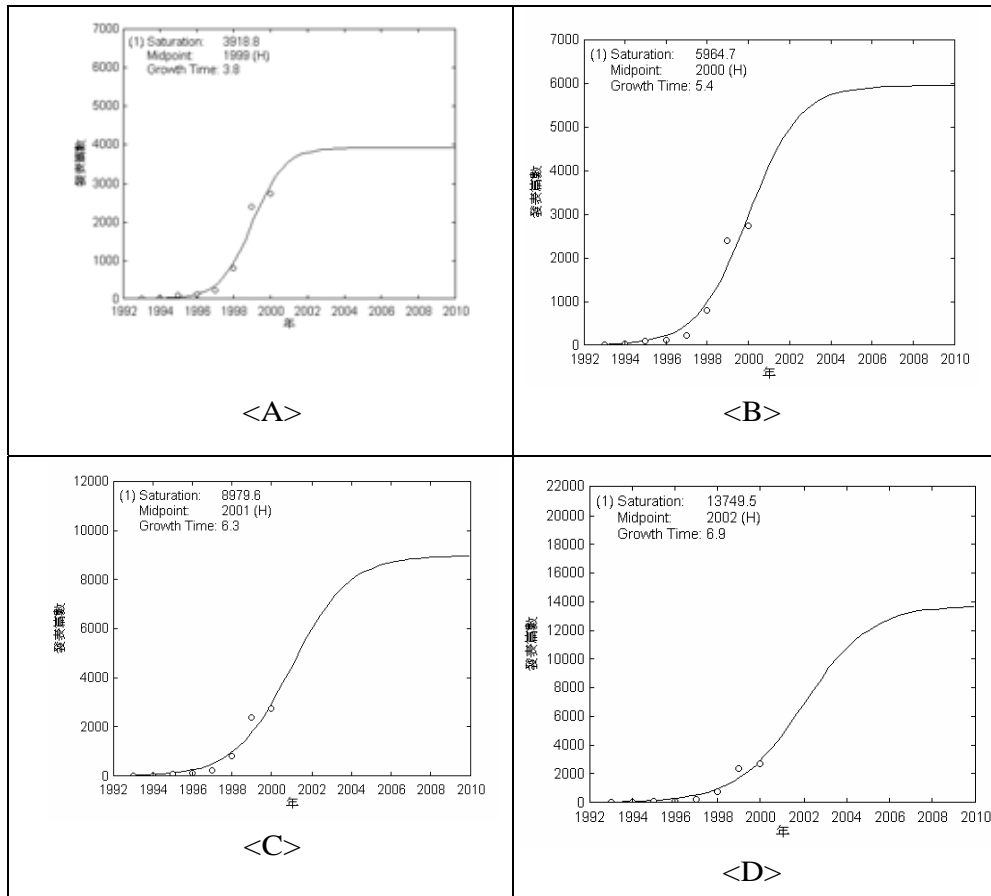


圖 8：發表篇數 S 曲線預測

除了上述利用使用人數來進行預測外，另外本文也嘗試以文獻發表情形(如表 3)來間接推估以此技術為主題的研究情形，當愈多篇數被學術期刊所發表代表此一議題越被重視，當某一主題的重要性備預期比現在更重要或有更大發揮、發展空間時，則會有更多的研究學者投入是項主題或技術的研究。我們檢索了幾個主要資料庫，將有關 Linux 的發表情形彙整如表 3，各資料庫蒐列或雖可能有所重複，但由於蒐

列主題範圍等並不相同，故重複比例應非常低，不致影響預測進行。

利用 Loglet Lab 進行配適預測推估，對於 Saturation(飽和點)、Growth time(成長時間)、Midpoint(反曲點)的估算方式，我們以使用人數的推估方式，即飽和點與成長時間由系統自動估算，而反曲點則採分年預估方式推估之。詳細結果如圖 8 所示，其中未列於表上的是曾嘗試反曲點定於 1998 年，此時是完全無法匹配現有資料，故自 1999 年起予以分年推之；其中反曲點發生於 1999 年時，2001 年左右會進入成熟期；反曲點發生於 2000 年時，2002 年中左右會進入成熟期；反曲點發生於 2001 年時，2004 年左右會進入成熟期；反曲點發生於 2002 年時，2005 年中左右會進入成熟期。

此外我們也查檢了國內期刊論文(中華民國期刊論文索引資料庫)有關 Linux 的發表情形，如表 4，由表 3 與表 4 比較知悉 1999 以前國內之於此部份研究甚少，直至 2000 年方有較大成長，而與國外相較，我們的發展還是慢了一些。

表 4：發表篇數[本研究整理]

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
發表篇數	1	4	1	1	0	1	24

肆、結論與建議

對於有形產品的科技技術特性一般而言有其物理特性極限，是以以生命週期的角度來看待，會有多代擴散的現象；而就無形的軟體而言，其並無所謂的物理特性極限；商業軟體一般會以產品的生命週期對等於技術的生命週期看待，不同的產品或不同版本的產品可依其延續舊有產品特性的多寡分為漸進式創新同一 S 曲線或突破式創新的另條新的 S 曲線。

開放原始碼迫使開發者須配合共通的參考點或是開放標準；而在所有權專屬的世界裡，智慧財產所形成的障礙阻絕此種型態的凝聚力。以軟體開發而言，商業軟體諸如微軟軟體其產品生命週期或技術生命週期的版次分明；而自由軟體如 Linux 等其經常小改版不易形成版次分明現象，此為 Linux 與商業軟體於產品的發展上明顯的差異；此外商業軟體的新版本版次主要在取代前代產品促使使用者購買或更新以獲取利潤，而 Linux 在此獲利企圖方面並不積極主張。微軟等商業軟體產品技術可以以多代技術生命週期表示較適宜，而 Linux 不易以多代技術生命週期表示，反倒是以單軌 S 曲線表示較恰當，然對於 Linux 的生命週期的估算，其中 Saturation(飽和點)、Growth time(成長時間)、Midpoint(中點)，相當不易估計，須配合專業人員判斷較不易產生偏離。

生命週期和 S 曲線模式的連接和所成的績效，在形成技術策略上

有很大用處，S 曲線在 R&D 的技術績效發生變化時會經由技術發展和時間來完成，而創新擴散流程則以技術績效解釋變數來形成模式，Betz(1993)便依此找出技術績效變數和新技术擴散流程的關聯項目。產業创新的主要相面間之轉折（出生、發展、成熟、衰退、再生）可用技術績效來解釋(Porter,1980)。市場使技術績效增加，銷售就會上升，產業主要技術的績效決定生命週期和競爭方式；雖然 S 曲線不具精確預測性，但其可提供如下資訊：(1) 技術產能獲得重大增進的方法，(2) 績效的先天限制所在，用來建立技術績效創新模式、導入成爲技術策略卻是極其有利的。

在文獻計量學中我們探討文獻的成長、分布、老化，並探討文獻被參考引用情形，一般而言文獻的發表情形與被參考引用是有一段時間差；相對的本文中所蒐集到在各學術、技術期刊上的 Linux 發表情形，是否與實際的技術現況或發展趨勢有一時間差並未驗證；在未來的研究上若能釐清此點，即技術的發展前導因子：論文發表情形之於技術發展趨勢影響，則可有助我們更能掌握技術發展的趨勢。

註釋

註 1：LINUX USER 使用人數資料引用自

<http://counter.li.org/estimates.html>

參考文獻

- Allan Afush, Innovation Management Strategies, Implementation, and Profits, Oxford University Press, 1998, pp.23-25。
- Arthur, B. Increasing returns and the new world of business. Harvard Business Review , July-August 1996.
- Arthur, B. Increasing Returns and Path Dependence in the Economy. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press,1994.
- Bettis, R.A., and M. A. Hitt., The new competitive landscape. Strategic Management Journal, 1995 pp.7-19
- Betz, F. , Managing Technology Competing Through New Ventures, Innovation, and Corporate Research, Prentice Hall, 1993
- Cox, W. E., product life cycle as marketing models. The Journal of Business. , 1967 October, pp.375-384
- Foster, R. N. Assessing technological threats. Research Management , 1986 July- August ,pp.17-20
- Haruvy, Ernan, Optimal freeware quality in the presence of network externalities: an evolutionary game theoretical approach. Journal of

- Evolutionary Economics, 2001 11(2),pp.231-248
- Katz,M. L. and C.Shapiro, Network Externalities, Competition and Compatibility , American Economic Review, 1985
vol.75(3),pp.424-440
- Katz,M. L. and C.Shapiro, Technology Adoption in the Presence of Network Externalities , Journal of Political Economy, 1986
vol.94,pp.822-841
- Kuzents, S. Secular Movements in Production and Prices. Houghton Mifflin, Boston, MA. 1930
- Levitt, T., Exploit the product life cycle ,Harvard Business Review, 1965
November- December, pp.81-94。
- Mariano Nieto and Francisco Lopêz and Fernando Cruz, Performance analysis of technology using the S curve model : the case of digital signal processing (DSP) technologies, Technovation, 1998 18(6/7),
pp.439-457
- Michael E. Porter, Competitive Strategy: Technique for Analyzing Industries and Competitors, NY: Fress Press, 1980.
- Norton, J. A. and F. M. Bass , A diffusion Theory Model of Adoption and Substitution for Successive Generations of High Technology Products, Management Science, 1987, Vol. 33, pp.1069-1086.
- Norton, J. A. and F. M. Bass , Evolution of Technological Generations: The Law of Capture, Sloan Management Review, 1992 winter,
pp.66-77.
- Roussel. P. A. Technological maturity proves a valid and important concept. Research Management ,1984 January-February, pp29-34
- Shapiro,C. and H.R. Varian, information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy, Harvard Business School Press.1998

作者簡介

徐濟世現為雲林科技大學資訊管理系副教授，電子郵件為

hsujs@mis4k.mis.yuntech.edu.tw。

惠龍現為雲林科技大學管理研究所博士生、雲林科技大學電算中心組長，電子郵件為 **hueilung@yuntech.edu.tw。**