

創新技術的早期採用：光電技術之分析*

陳忠榮** 楊浩彥***

既存文獻對於廠商技術擴散的研究，多以「雙元模型」與「期待模型」來探討廠商間對新技術採用的決定因素以及等待時間的長短。本文旨在對傳統模型應用在創新擴散早期階段的適用性提出質疑。我們以光電技術在傳統工業廠商間擴散的情況為研究對象加以驗證，並同時探討光電技術擴散的決定因素。實證結果顯示：廠商成立久暫，成長率，研究發展活動及資訊為影響廠商採用光電技術以及等待時間的重要決定因素，而資訊則為影響決策者計劃採用的唯一因素。模型中的解釋變數對不同狀態之影響有顯著性差異，足以推定傳統模型處理光電技術的早期擴散是值得商榷的。

- 一、前言
- 二、實證模型
- 三、變數說明
- 四、資料說明
- 五、實證結果
- 六、結論

一、前言

自 Griliches (1957) 探討技術擴散以來，技術擴散的研究在產業經濟領域始終佔有一席之地。根據產業經濟理論，技術採用可視為經濟個體在失衡狀態下，對資源重新配置的行為。因此，在一個動態技術環境裡，經濟個體必須把握優越創新投入所獲得的優勢機會，但是當技術

* 作者感謝薛琦教授，張清溪教授，顏吉利教授以及劉錦添教授對本文初稿所提出的建議與指正。兩位審稿人的寶貴意見亦一併致謝。文中若有任何遺誤，悉由作者負責。另外，本研究曾獲得國科會的經費補助(NSC-79-0301-H008-05)，謹此致謝。

** 國立中央大學產業經濟研究所副教授

*** 國立中央大學產業經濟研究所碩士

採用為不確定報酬情況下，經濟個體間技術採用的決策速度便有差異。

傳統在文獻上對於此方面的研究大致從兩種層面：其一是由決策理論分析架構出發，建立理論模型(Jensen, 1982; Reinganum, 1981a, 1981b, 1983; Quirmbach, 1986);其二根據產業經濟學傳統「結構—行為—績效」的分析架構，建立實證模型。對於後者，既存文獻大多使用「期待模型」探討創新使用者對新技術採用反應速度的影響因素(Mansfield, 1963b; Romeo, 1975; Hasting, 1976; 曾麗蓉, 1989)，並緣用「雙元模型」處理廠商對新技術採用的決定因素(Romeo, 1975; Globerman, 1975; Benvignati, 1982; Oster, 1982; 林慧貞, 1988; 曾麗蓉, 1989)。

本文由 Davies (1979) 的決策模型出發，旨在針對傳統「雙元模型」應用在創新擴散早期階段的適用性提出質疑，並同時探討影響廠商採用創新技術等待時間的決定因子。我們以光電技術在傳統工業廠商間擴散的情況為研究對象¹。根據圖一，Nabseth & Ray (1974) 描述廠商內部對技術採用的決策流程，由於我國光電化正處於早期階段，廠商對於光電設備並非處於兩極化——採用和不採用，亦可能處於計劃採用的情況。為更正確明瞭光電技術擴散情況，除了將使用機率模型(Probability Model)估計「雙元模型」外，我們建立三元模式推估影響擴散的因素²。除此之外，傳統「期待模型」僅針對採用者進行探討。本文為充份利用有效訊息，在模型中加入未採用者的訊息，同時建立設限迴歸模型(Tobit Model)推估影響廠商採用光電設備等待時間長短的因素。

本文共分五節。第一節前言中首先說明本研究的動機和目的，第二節根據廠商特性因素和技術採用的適當函數建立實証模型，第三節說明變數；第四節說明資料來源；第五節為實證結果及其蘊涵；第六節

為結論，總結全文分析結果。

二、實證模型

大多數的管理決策模型皆假定廠商最終決策的擬定，會考慮創新活動的獲利能力(Gold, Peirce and Rosegger, 1970);換言之，廠商對引進技術來調整生產組合的決定取決於該技術預期償付(pay-off)的多寡。Davies (1979)指出廠商對創新的預期償付受不同廠商特性影響，而廠商特性係由技術因子和經濟因子所構成；前者指現存製程等基本要素投入，後者則泛指研究發展密度與管理進步等因素。

根據 Davies (1979) 的模型，假定所有廠商使用經驗法則(rule of thumb)來決定是否採用光電技術。在滿足下述條件下，廠商將採用光電技術：

$$ER_{i\tau} \leq ER_{i\tau}^*, \quad \tau \leq t \quad (1)$$

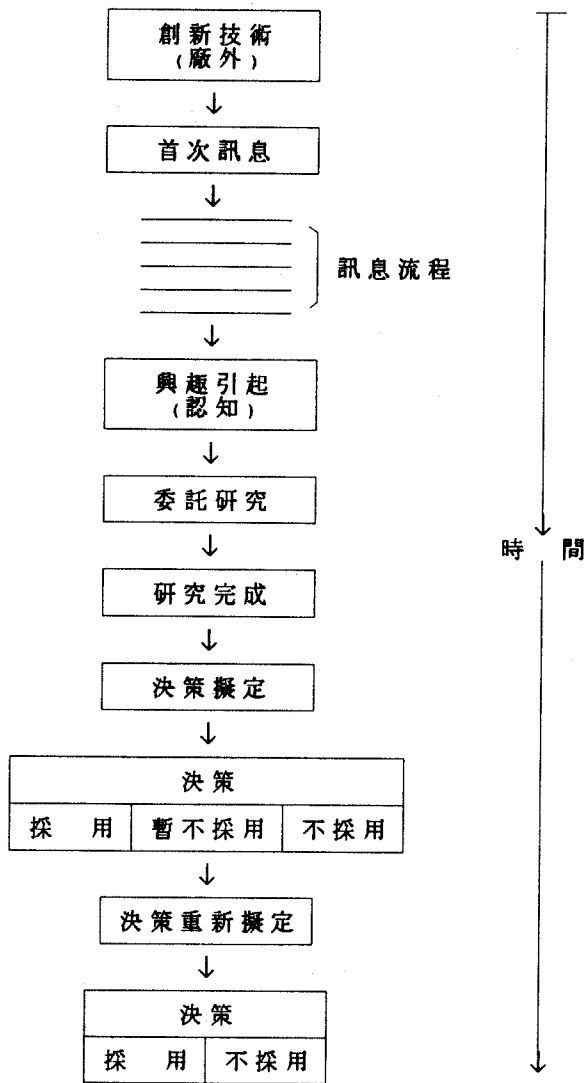
在式(1)， $ER_{i\tau}$ 為廠商*i*在 τ 期採用光電技術的預期償付期， $ER_{i\tau}^*$ ，表廠商*i*在 τ 期最大可接受償付期；換言之，在研究期 τ 觀察的廠商採用光電技術，表示廠商在 t 期或 t 期以前對光電技術的預期償付滿足該法則。

1. 期待模型

根據式(1)，個別廠商滿足經驗法則，將會採用光電技術；而該技術在時間歷程中，被廣泛利用的過程，構成擴散的本質。參考圖一，創新被應用的首次訊息進入廠商，而廠商會因不同的環境條件對技術採用的反應速度不一，在此假定個別廠商內部的決策流程因廠商特性而異。

傳統觀察創新產生到該廠採用過程，僅針對採用者衡量其對技術採用的反應速度(Mansfield, 1963b; Romeo, 1975; Hasting, 1976)。本研究擬觀察廠商採用光電技術到觀察期(1988年)的過程，因而可納入

圖一
廠商內部的決策流程



資料來源：Nabseth & Ray (1974)

未採用者特性,充份利用有效訊息。本研究所建立的模型表示如下:

$$T_i = X_i' \beta \quad (2)$$

在式(2)中, T 為該廠採用期到觀察期的時間; X 為廠商特性因子所構成變數矩陣,將在第三節中說明; β 為參數向量,驗證相關命題。

在估計方面,不論是針對傳統廠商採用技術反應速度的模型或是本文所修正的模型,這類的探討都具有一個特性,即廠商等待或使用技術的時間必定大於或等於零。Tobin (1958)對耐久財需求的研究首先注意到此特性,他指出非負整數的因變數不符合多元迴歸的基本假設條件(full ideal condition),因此普通最小平方法(OLS)是不適用的。

為了修正樣本的選擇性偏誤(selection bias),Tobin(1958)提出有名的Tobit模型,也就是設限迴歸模式(censored regression model),依據Amemiya(1985)的分類歸納,又稱之為Type I Tobit Model。引用在本模型意義如下說明:

$$T_i^* = X_i' \beta + \varepsilon_i \quad (3)$$

其中,

$$T_i = \begin{cases} T_i^* & \text{if } T_i^* > 0 \\ 0 & \text{if } T_i^* \leq 0 \end{cases}$$

在式(3)中,變數同前,假如廠商在研究期以前採用光電技術,則 $T_i > 0$;若到觀察期仍未採用,則 $T_i = 0$;因此實證模型可以表示為:

$$T_i = X_i' \beta + \varepsilon_i \quad (4)$$

在式(4)中, ε_i 解釋為所有未納入模型的變數總影響。因為 T_i 被設限為非負性,假定 $T_i^* \sim N(X_i' \beta, \sigma^2)$,因此未採用光電技術的機率,可表示為:

$$P(T^* \leq 0) = P\left[\frac{\varepsilon_i}{\sigma} \leq \frac{-X'_i\beta}{\sigma}\right] = \Phi\left[\frac{-X'_i\beta}{\sigma}\right] \quad (5)$$

因此在一般情況下，即採用狀況的機率為：

$$f(T_i - X'_i\beta; \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp - \frac{1}{2} \left\langle \frac{T_i - X'_i\beta}{\sigma} \right\rangle^2 \quad (6)$$

本模型的概似函數可表示為：

$$L = \prod_{i=1}^{14} f(Y_i - X'_i\beta; \sigma) \prod_{i=15}^{77} \left[1 - \Phi\left(\frac{X'_i\beta}{\sigma}\right) \right] \quad (7)$$

此模型擬由最大概似法(MLE)進行估計。

2. 三元模型

由圖一來看，廠商若在決策流程中，滿足式(1)將採用光電技術，因此該廠採用光電技術的條件機率，可表示為：

$$Prob(\text{採用}|X_i) = Prob(ER \leq ER^*) = F(X'_i\beta)$$

F 為任意可能的分配型態，x 為廠商特性因子所構成變數矩陣將在第三節中說明； β 為待估計之參數向量用以驗證相關命題。在估計方面，雙元模型的特性是因變數為離散的，因此逕行使用普通最小平方法(OLS)估計，將產生不符合有效性的估計值，是故使用古典顯著性測試時，便會產生偏誤(Maddala, 1983)。在自變數方面；過去的研究，使用對數線型化迴歸(logarithmic regression)處理廠商間模型(Clarke, 1985)。然而在本研究，存有負自變數，因此逕行使用對數線型迴歸法便會產生偏誤(Hasting, 1976)。

根據上述建立的雙元模型， $F(x'\beta)$ 的統計分配可設定為下述三種情況(Amemiya, 1985)：

Linear Probability Model: $F(X'\beta) = X'\beta$;

Probit Model: $F(X'\beta) = \Phi(X'\beta) = \int_{-\infty}^{x'\beta} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp[-(t^2/2)] dt$;

Logit Model: $F(X'\beta) = \Lambda(X'\beta) = \frac{e^{x'\beta}}{1+e^{x'\beta}}$

本文將分別估計上述三種模型，並比較結果。除了上述雙元模型外，由於光電技術正處於早期階段，廠商對於光電設備並非完全處於採用或不採用的兩種極端的決策階段，亦可能處於計劃採用階段；為了更正確明瞭光電設備擴散情況，我們將樣本廠商分為採用羣、計劃採用羣和未採用羣，建立三元模式推估影響技術擴散的因素⁴。三元模型表示如下：

$$\text{Prob} \begin{pmatrix} \text{採用} \\ \text{未採用} \\ \text{計劃採用} \end{pmatrix} = \Omega(X'_i\beta) \quad (8)$$

式中， Ω 為任意可能的統計分配型態。為了推估我們所建立的三元模型，此模型將使用Trinomial Logit Model推估影響擴散的因素⁵。(8)式的函數設定為：

$$\Omega(X'\beta) = \Lambda(X'\beta) \quad (9)$$

式中， Λ 為Logistic分配。

三、變數說明

本研究實證模型內的變數將納入廠商規模、成立久暫、報酬率、成長率、研究發展活動、決策者認知程度及產業虛擬變數等七項廠商特性因子。其中廠商規模與成立期間屬於廠商結構變數，報酬率與成長率屬於績效變數，而研究發展活動則為行為變數。

首先說明結構變數，我們將納入廠商規模和成立久暫兩變數。傳統技術採用的文獻中，廠商的絕對規模大小為最主要的結構因素。在早期Schumpeter(1943)和Galbraith(1956)認為大型廠商是廠商從事研究發展活動的先決條件，因此比較容易去採行新技術(Liven, Liven & Meisel, 1987); Mansfield(1963b)同意上述看法，認為採用新技術等待時間和廠商規模呈反比關係；換言之，大廠對新技術採行有較快的反應速度。Mansfield(1963b)對上述假說提議的理由可歸結為三點：第一點，廠商規模愈大在財務上或經營管理上愈具優勢，因此比較容易採用新技術，同時大廠也有較大的能力承擔採用新技術失敗的風險；第二點，大廠的生產範圍較廣泛，擁有多種型式不同的設備，有較多率先採用新技術的機會；第三點，大廠擁有特定型態較多數量的設備，因此在某一時點更換設備的機會較大。Davies(1979)的看法則認為大型廠商掌握資訊來源較為充份。由不同學者的看法歸納可知，廠商規模被視為規模經濟效應下創新獲利率的代理變數(Hannan & McDowell, 1984b)。但是Mansfield(1968)同時也承認，大型廠商的龐大運作機能和保守性，使得大廠對技術採用的速度要較小廠慢；此一看法也和Hannan & McDowell (1984b)極為一致，他們認為管理態度和風險趨勢因廠商規模而異。學者的觀點並不一致，實證上也並沒有一致性的結果，故預期符號不確定。

其次，廠商的成立久暫亦是一個重要因素。一般而言，舊廠存有舊機器設備及原有員工等處理問題，而新廠則無；新廠設立時沒有立即採行新技術設備，而採用現存的機器設備，則將面臨折舊年數較舊廠少；且殘留之機器壽命較舊廠長等情況。對於採用光電設備後，舊機器設備及原有員工等處理問題就比舊廠複雜。從另一方面來看，舊廠有學習效果累積的經驗較多，因此採行新技術有較快反應速度。因此符號

亦不確定。

前述由 Schumpeter (1943) 和 Galbraith (1956) 的觀點, 可知大型企業是廠商從事研究發展活動的先決條件, 亦即將廠商規模視為研究發展活動的代理變數。然而不論由屬質證據或屬量證據的結果顯示: 廠商規模和研究發展活動的密度並沒有可資識別的簡單一對一關係 (Scherer, 1980)。本研究將研究發展活動納入考慮, 檢視其對技術採行的影響。Romeo (1975) 認為高密度的研究發展活動是管理進步的表徵。在發明、創新和擴散三階段的技術變動過程, 研究發展活動被視為發明過程的基本要素投入, 然而新技術的採用並非單純的模倣行為, 而必須考慮如何將新技術配合原有的生產體系。假若研究發展活動投入於創新技術的領域內, 對創新技術的熟悉將促進採行的速度。但若研究發展投入並非在此一創新技術領域, 研究發展活動的學習效果也將使新技術較易採行; 因此研究發展活動在擴散過程亦扮演重要角色。多數學者認為, 研究發展活動的投入將會較快採用新技術, 故預期符號為正值。

在績效變數方面, 我們納入廠商獲利率和成長率。Mansfield (1968) 認為廠商獲利率的納入, 主要的考量在於技術的採用是否受廠商資金流動的限制。假如內部形成的資金限制了技術採用決策的投資, 則廠商獲利率愈大亦必有較大的採用傾向 (Hannan & McDowell, 1984b)。換言之, 若技術採用決策的投資與資金形成並無關, 則廠商獲利率未必對新技術採用反應速度有正的衝擊; Gold, Peirce & Rosegger (1970) 認為新技術的採用可表現在三方面: 一、增加產能, 二、功能性的設備置換, 三、資本的重置。因此所有的新技術設備未必都具昂貴和風險性, 使得兩者的關係未必如此強烈 (Hasting, 1976)。因此預期符號不確定。

廠商成長率亦是一個重要因子。Mansfield(1968)認為廠商如果成長較慢,對新技術的引進往往要等到現有設備耗用殆盡才能進行;亦即快速成長的廠商為擴充其產能,有較多的機會引進新技術。從管理層次來看,高成長公司預期有一個活躍管理環境,有更多誘因嘗試新的觀念,或者高成長率可視為未來預期環境的代理變數(Nabseth and Ray, 1974)。從另一方面來看,成長率低的廠商更容易較早採用新技術;因為低成長率的廠商較早採用新技術後,可能使產品在市場上具競爭力而成長加快。故預期符號不確定。

在擴散的早期階段,新技術不確定性很大,但會隨時間過程而降低(Wozniak, 1984)。Jansen(1982)所發展的決策模型能解釋此一現象,他認為廠商在未知引進創新是否有利時,會延遲採用該技術,俾便收集資訊降低不確定性;亦即廠商對採用和不採用的決擇轉化為資訊層次的最適終止問題。從圖一廠商的決策流程可知由資訊認知到技術採用的決策所耗損的時間隨個別公司環境而異,而資訊認知的多寡對技術期待的時間有正的衝擊(Nabseth and Ray, 1974)。Wozniak(1984)使用經濟個體接觸外在訊息頻率的多寡衡量該變數,然而此一代理變數,將因決策個體的不同而有不同的影響;此處將由決策個體的認知程度進行衡量,由圖一亦可知,訊息的認知不失為資訊的較佳代理變數。

最後,廠商規模、成立久暫、研究發展活動、報酬率、成長率及資訊等六個重要變數的預期符號和衡量方法及其基本統計量則列於表一。

四、資料說明

在資料來源方面,係取自薛琦、陳忠榮和蔡明宏「應用光電技術促進工業升級所需調查與分析」的原始資料。該實證調查工作分為兩

表一：解釋變數定義、預期符號與其基本統計量

變數	定義	平均數		標準差		極大值	極小值	預期估計符號
		未採用	採用	未採用	採用			
結構變數								
廠商規模 ^a	資本額 (百萬元)	244.17	434.35	443.73	660.78	2600	17	?
	員工數 (人)	186.58	441.85	481.30	381.72	3500	5	?
	銷售額 (百萬元)	542.81	776.00	1300.0	821.21	8400	1.5	?
成立久暫 ^b	成立年代	64.92	60.71	8.16	12.29	75	38	?
行為變數								
研究發展 ^c	研究發展活動：0=否 1=是	0.47	0.93	0.49	0.25	1	0	+
績效變數								
成長率	%	23.30	84.83	79.52	140.99	501	-13	?
週利率	%	12.50	20.75	11.59	15.21	67.90	-0.5	?
其它變數								
資訊 ^d	決策者對15項電 科技的認知程度 (範圍=0-45)	16.50	23.50	7.09	10.98	43	0	+

說明：a 過去的研究使用資本額來衡量有 Hannan & McDowell (1984b, 1987)；使用員工數來衡量有 Romeo (1975)；Globerman (1975)，Benvignati (1982)，林慧貞 (1988)，曾麗蓉 (1989)；使用銷售額來衡量有 Oster (1982)，林慧貞 (1988)；Levin, Levin & McDowell (1987) 則以銷售額超過兩百萬為 1 的虛擬變數來衡量。

b 曾麗蓉 (1989) 曾以同樣方法衡量。

c Globerman (1975) 曾以同樣方法衡量。

d 該變數請參閱薛瑋、陳忠榮和蔡明宏 (1990) 該調查原始問卷。

部份，分別對光電技術供應商及光電技術使用商進行調查，研究主題為光電技術對傳統工業的影響。光電應用商是指傳統工業廠商，在此指塑膠、食品、電子、紡織和機械等五大產業。

適合本研究樣本計七十七筆，各產業的樣本分配比例為塑膠業十八筆、食品業十筆、電子業十七筆、機械業十六筆、紡織業四筆、其它十二筆。由於五大產業佔製造業產值的百分之六十五，故該樣本具製造業代表性，適合探討傳統工業採用光電技術的研究。

五、實證結果

我們使用設限迴歸模型推估「期待模型」，並使用機率模型推估「雙元模型」及「三元模型」；以下將分別說明估計結果並闡述其意義。

1. 期待模型

針對77個樣本，估計採用光電技術等待的決定因子，茲將估計結果列於表二和表三。表二使用普通最小平方法估計；表三使用設限迴歸模型估計。每一種估計法的方程式主要差異在於廠商規模的代理變數不同。

在表二和表三中，實證結果支持一般的預期。比較兩種估計結果的差異；在設限迴歸模型中，廠商成長率在95%的信賴區間呈顯著，但使用最小平方法並不顯著，而研究發展活動的顯著水準也因而提高。由於方程式中非負因變數的特性，使用設限迴歸模型獲得較優良的估計值因此獲得驗證。我們進一步說明各決定因素的效果。

首先說明廠商規模。廠商規模並非影響光電技術採用等待期間的決定因子，不論使用資本額、員工數或銷售額，變動方向並不一致，且皆不顯著。因此本研究對傳統Schumpeterian命題在臺灣地區傳統工

表二：採用光電技術等待的決定因子

OLS REGRESSION ^a			
方程式	(1)	(2)	(3)
常數項	1.212 (1.708)	1.023 (1.411)	1.149 (1.585)
成立年代	-0.244E-01** (-2.289)	-0.219E-01** (-2.009)	-0.238E-01** (-2.191)
廠商規模			
資本額	-0.973E-04 (-0.462)		
員工數		0.187E-03 (0.872)	
銷售額			-0.141E-04 (-0.174)
報酬率	0.593E-02 (0.713)	0.506E-02 (0.611)	0.566E-02 (0.682)
成長率	0.115E-02 (1.060)	0.106E-02 (1.029)	0.101E-02 (0.974)
研究發展	0.395* (1.908)	0.386* (1.883)	0.409* (1.998)
資 訊	0.367E-01*** (3.291)	0.351E-01*** (3.196)	0.357E-01*** (3.241)
R ²	0.3169	0.3222	0.3151
$\bar{R}^2$	0.2584	0.2641	0.2564

*表示顯著水準在 0.1

**表示顯著水準在 0.05

***表示顯著水準在 0.01

^a括號內數值為迴歸係數除以標準差。

表三：採用光電技術等待的決定因子

TOBIT MODEL ^a			
方程式	(4)	(5)	(6)
常數項	-0.255 (-0.191)	-0.578 (-0.423)	-0.459 (-0.335)
成立年代	-0.511E-01** (-2.485)	-0.468E-01** (-2.260)	-0.485E-01** (-2.346)
廠商規模			
資本額	-0.287E-03 (-0.691)		
員工數		0.295E-03 (0.882)	
銷售額			-0.732E-02 (-0.474)
報酬率	0.790E-02 (0.519)	0.632E-02 (0.410)	0.732E-02 (0.479)
成長率	0.327E-02* (1.892)	0.301E-02* (1.856)	0.295E-02* (1.816)
研究發展	1.428** (2.349)	1.412** (2.318)	1.429** (2.361)
資 訊	0.825E-01*** (3.631)	0.781E-01*** (3.657)	0.782E-01*** (3.662)
概似函數	-42.983	-42.868	-43.119

*表示顯著水準在 0.1

**表示顯著水準在 0.05

***表示顯著水準在 0.01

^a括號內數值為係數除以漸近標準差。

業對光電技術採行的研究並不支持。

其次，廠商成立久暫為一重要決定因素，不論由學習效果或舊廠所蘊涵特性來看，廠商成立愈早愈易採用。基本上，我們可以推論，光電技術在科學領域和應用領域上不斷推陳出新，廠商成立愈久愈熟悉原有製程如何附加光電零組件，以增進原有製程功能，提昇產品品質。

廠商報酬率對光電技術的採用有正的影響效果，惟並不顯著。我們可以仔細推敲發現，光電技術主要透過機械或自動化工業對傳統產業發生影響，在功能上主要由原製程附加光電零組件以增進其績效。誠如 Gold, Peirce & Rosegger(1970)所言，技術採用可能是表現在功能性的設備置換，因此所有的新技術設備未必都具有昂貴和風險性，而使得採用技術和資金形成並無多大關係。

成長率對光電技術採用的顯著正向效果，支持高成長率帶來創新環境的假說。在這層意義上，光電技術在提高生產效率以降低成本，似乎對突破近年來製造業勞工短缺及工資不斷上漲的困境，有正面影響效果。

在研究發展方面，不論廠商研究發展活動是否投入在此一領域，研究發展活動對光電技術採用等待時間有顯著效果；換言之，光電技術的採用並非單純模仿行為，而必須考慮如何配合在原有生產體系。因此研究發展活動在光電技術擴散過程，扮演重要角色。

而在創新早期階段，資訊的重要性是在降低不確定性或熟悉該技術的命題獲得驗證；因此，訊息對光電技術採用顯著為正。換言之，光電科技配合原生產體系的技術是不斷推陳出新，對如何應用到傳統機械或自動化製程是需要深入了解的。因此政府提供光電訊息諸如光電大展是有助益的，並且是直接的。

另外，產業的虛擬變數皆不顯著，因而未納入。其次考慮不同產業

具有不同的規模經濟特性，我們同時納入廠商規模和產業虛擬變數的交互項逐次迴歸，但並沒有獲得顯著性結果。

綜合實證說明的歸納，可知廠商特性的不同對技術採用的反應速度便有差異。

2. 雙元模型

針對在1988年，14家採用羣及63家未採用羣，驗證技術採用的決定因子。本文分別由最小平方法(OLS)、羅吉模型(Logit Model)和波比模型(Probit Model)進行推估⁶。實證結果分別列於表四、表五和表六。我們分別由概似函數、 R^2 和McFadden- R^2 評判模型的優劣⁷。

比較三個估計結果，雖然使用普通最小平方法不符合古典假設檢定，但差異並不大。至於羅吉模型和波比模型，因為兩模型的變異數不同⁸，不能直接比較。我們使用加權總合彈性進行比較，方程式(10)和(13)、(11)和(14)、(12)和(15)具相似的結構，可以進行比較。茲將估計結果列於表七。在該表中，廠商報酬率、成長率、和資訊在羅吉模型有較大彈性，因此預期這些變數在羅吉模型較波比模型對技術採用的機率有較大效果。比較變數間的彈性大小，以成立年代的敏感度(sensitive)最大。

我們進一步說明各決定因子的效果。觀察方程式(10)、(11)、(12)、(13)、(14)和(15)的估計結果，與前述期待模型的推估相同，亦即在創新的早期階段，成立年代、成長率、研究發展活動及資訊為影響光電技術採用相當重要的決定因子；此外，廠商規模的效果仍不顯著。

3. 三元模型

三元模型的理念是同時針對採用羣、未採用羣及計劃採用羣進行推估。在本研究樣本中，採用光電技術羣計14家(佔18.18%)、未採用

表四： 採用光電技術的決定因素：OLS REGRESSION^a

方程式	(7)	(8)	(9)
常數項	0.321 (1.202)	0.297 (1.087)	0.342 (1.255)
成立年代	-0.795E-02** (-1.983)	-0.755E-02** (-1.834)	-0.817E-02** (-2.001)
廠商規模			
資本額	-0.289E-04 (-0.365)		
員工數		0.404E-04 (0.501)	
銷售額			-0.548E-05 (-0.181)
報酬率	0.142E-02 (0.455)	0.138E-02 (0.443)	0.150E-02 (0.481)
成長率	0.689E-03* (1.688)	0.747E-03* (1.917)	0.729E-03* (1.866)
研究發展	0.157** (2.020)	0.146* (1.885)	0.154** (1.993)
資 訊	0.182E-01*** (4.334)	0.182E-01*** (4.404)	0.184E-01*** (4.451)
R^2	0.4026	0.4036	0.4017
$\bar{R}^2$	0.3515	0.3525	0.3505

- *表示顯著水準在 0.1
 **表示顯著水準在 0.05
 ***表示顯著水準在 0.01
 a括號內數值為迴歸係數除以標準差。

表五：採用光電技術機率的決定因素：LOGIT 模型^a

方程式	(10)	(11)	(12)
常數項	-1.187 (-0.374)	-1.649 (-0.522)	-1.543 (-0.485)
成立年代	-0.113** (-2.172)	-0.1111** (-2.142)	-0.113** (-2.164)
廠商規模			
資本額	-0.139E-03 (-0.130)		
員工數		0.469E-03 (0.772)	
銷售額			0.144E-03 (0.528)
報酬率	0.356E-01 (0.796)	0.344E-01 (0.748)	0.368E-01 (0.800)
成長率	0.673E-02* (1.940)	0.704E-02** (2.042)	0.692E-02** (2.019)
研究發展	2.919** (2.066)	2.923** (2.062)	2.932** (2.067)
資 訊	0.214*** (3.063)	0.219*** (3.069)	0.219*** (3.074)
概似函數	-17.068	-16.830	-16.968
McFadden- R^2	0.5422	0.5525	0.5461

*表示顯著水準在 0.1

**表示顯著水準在 0.05

***表示顯著水準在 0.01

^a括號內數值為估計係數除以漸近標準差。

表六：採用光電技術機率的決定因子：PROBIT 模型^a

方程式	(13)	(14)	(15)
常數項	-0.648 (-0.364)	-0.859 (-0.480)	-0.778 (-0.434)
成立年代	-0.628E-01** (-2.211)	-0.608E-01** (-2.140)	-0.621E-01** (-2.185)
廠商規模 資本額	-0.414E-04 (-0.067)		
員工數		0.240E-03 (0.643)	
銷售額			0.643E-04 (0.394)
報酬率	0.162E-01 (0.695)	0.144E-01 (0.614)	0.158E-01 (0.673)
成長率	0.391E-02* (1.885)	0.405E-02** (1.993)	0.399E-02** (1.968)
研究發展	1.706** (2.146)	1.697** (2.137)	1.703** (2.149)
資 訊	0.116*** (3.304)	0.116*** (3.369)	0.117*** (3.367)
概似函數	-17.029	-16.843	-16.959
McFadden- R^2	0.5336	0.5387	0.5355

*表示顯著水準在 0.1

**表示顯著水準在 0.05

***表示顯著水準在 0.01

a括號內數值為估計係數除以漸近標準差。

表七：加權總合採用彈性估計值：LOGIT 模型和 PROBIT 模型^a

方程式	(10)	(13)	(11)	(14)	(12)	(15)
成立年代	-2.703	-2.680	-2.263	-2.574	-2.677	-2.642
廠商規模						
資本額	-0.015	-0.008				
員工數			0.076	0.067		
銷售額					0.048	0.038
報酬率	0.240	0.195	0.230	0.173	0.247	0.190
成長率	0.185	0.184	0.193	0.190	0.191	0.188
研究發展	0.951	1.006	0.947	0.994	0.958	1.004
資 訊	1.501	1.431	1.522	1.436	1.532	1.445

^a加權總合彈性估計值是個別彈性估計值以機率加權所得。

(10)(11)(12)為Logit估計的彈性，(13)(14)(15)為Probit估計的彈性。

表八：採用光電技術機率的決定因子：TRINOMIAL LOGIT 模型^{ab}

方程式	(16)	(16)	(17)	(17)	(18)	(18)
常數項	-2.449 (-0.841)	-1.660 (-0.467)	-3.128 (-1.043)	-2.578 (-0.717)	-3.159 (-1.054)	-2.458 (-0.682)
成立年代	-0.261E-01 (-0.563)	-0.128** (-2.169)	-0.166E-01 (-0.347)	-0.119** (-2.021)	-0.177E-01 (-0.374)	-0.122** (-2.063)
廠商規模						
資本額	-0.509E-03 (-0.477)	-0.435E-03 (-0.340)				
員工數			0.387E-03 (0.545)	0.676E-03 (0.868)		
銷售額					0.169E-03 (0.648)	-0.238E-03 (-0.725)
報酬率	0.256E-01 (0.293)	0.486E-01 (1.029)	0.216E-01 (0.665)	0.464E-01 (0.958)	0.244E-01 (0.759)	0.502E-01 (1.044)
成長率	0.385E-02 (0.889)	0.890E-02* (1.908)	0.309E-02 (0.833)	0.869E-02* (2.073)	0.305E-02 (0.826)	0.852E-02* (2.054)
研究發展	1.183 (1.550)	3.416** (2.303)	1.177 (1.541)	3.428** (2.300)	1.175 (1.545)	3.415** (2.295)
資訊	0.150*** (2.676)	0.301*** (3.574)	0.144*** (2.570)	0.302 (3.540)	0.146*** (2.608)	0.304*** (3.566)
概似函數值	-42.1913		-41.5092			-41.9746

*表示顯著水準在 0.1

**表示顯著水準在 0.05

***表示顯著水準在 0.01

^a括號內數值為係數除以漸近標準差^b將樣本分為採用量、計劃採用量及未採用量。

羣計49家(佔63.64%)及計劃採用羣計14家(佔18.18%)。我們使用三元羅吉程序估計,茲將結果列於表八。

方程式(16-1)、(17-1)和(18-1)為不同廠商規模衡量下,影響計劃採用機率的變數估計值;(16-2)、(17-2)和(18-2)則為影響採用機率的變數估計值。

首先觀察結構變數。廠商成立愈久,成為採用羣的機率較成為計劃採用羣的機率高;而廠商規模對採用羣和計劃採用羣的機率並不顯著。

廠商報酬率和成長率對光電技術採用羣和計劃採用羣的機率均有正的影響,而報酬率並不顯著;但兩者對採用羣的機率有較大影響效果。

研究發展活動和成長率的效果一致;亦即,廠商從事研究發展活動對採用羣和計劃採用羣的機率高有正的影響,但對採用羣的機率影響較大。資訊對兩羣體的機率高為正,皆極為顯著。

綜合發現,成立久暫、成長率、研究發展活動及資訊對廠商進入計劃採用羣和採用羣的影響一致,但這些因子對進入採用羣有較顯著效果。換言之,資訊為影響決策者計劃採用的唯一顯著因素,而其它影響廠商直接採用光電技術的重要決策因素,則除了資訊外,尚有廠商成立久暫、成長率、研究發展活動。

六、結論

本文旨在對傳統「雙元模型」及「期待模型」應用在創新擴散早期階段的適用性提出質疑,並同時探討影響擴散的決定因素。在期待模型方面,為了充份利用有效訊息,本文在模型中加入未採用者的訊息,同時建立設限迴歸模型(Tobit Model)推估影響廠商採用光電設備等

待時間的因素。實證結果顯示：廠商成立愈久，有較高成長率，從事研究發展活動及決策者對光電科技的認知程度愈高，對光電技術的採用有較快反應速度。在Tobit模型中，尤其是廠商成長率變數呈現顯著，並且研究發展活動變數的顯著水準也提高了，因此，模型中的解釋變數在不同估計方法的顯著性差異，足以推定傳統「期待模型」宜納入未採用者的訊息，並考慮內生變數的設限(Censored)問題。

在三元模型方面，首先利用「雙元模型」推估影響擴散的廠商特性因子。由於我國光電化正處於早期階段，廠商對於光電設備並非處於兩極化——採用和不採用，亦可能處於計劃採用的情況，我們建立三元模式推估影響技術擴散的因素。實證結果顯示：廠商成立久暫，成長率，研究發展活動及資訊為採用光電技術的重要決定因素，而資訊則為影響決策者計劃採用的唯一因素。由於光電技術本身的複雜性，再加上廠商普遍缺乏光電知識（薛琦，陳忠榮，及蔡明宏，1989，頁57），例如百分之八十五以上的主管自認對光電知識的了解和同業一樣粗淺。因此，從創新採用行為的觀點而論，資訊提高廠商採用光電技術的興趣並且增加其對光電技術的認知，進而成為計劃採用羣的主要決定因素。而對於採用光電技術的廠商而言，除了資訊的認知外，成立久暫，成長率，與研究發展活動均顯著的影響其採用決策。換言之，資訊並非唯一的決定因素。因為認知固然會引起興趣，卻並不一定表示會採用光電技術。當然，在一般情況下，興趣高意味著採用機率也相對提高。模型中的解釋變數對不同狀態之影響有顯著性差異，傳統上利用「雙元模型」處理光電技術擴散的早期階段是有商榷的必要。

本文的結論在政策涵義上，可分為兩方面：第一、就政府推動光電化的方式而言除了提供資訊與廠商外，尚應注重輔導廠商在研究發展，市場開拓，經營成長上的相關措施，互相配合。第二、就推動光電化

的對象而言，不應只重視成長快，成立久，以及進行研究發展的廠商，而應是全面推動，尤其是光電資訊的提供。最後，本文實証方法上只針對廠商特性對光電技術採用的影響，至於選擇特性(choice-specified)的變數並未考慮，亦即選擇特性的引進是本文可以進一步做後續研究的方向。

註釋

- 1 光電技術為一尖端科技的大整合，可應用的領域相當廣泛，包括資訊、電信、機械、自動化、能源、材料處理、化工、醫療、國防、藝術、家電用品等。本研究中，所使用的光電技術或產品均根據薛琦、陳忠榮及蔡明宏(1989)。本文中所謂的光電技術事實上包含了光電產品的採用。例如資訊的測度，則由國科會光電小組所發行的介紹光電刊物中挑選15項較通俗的光電產品或技術。包括發光二極體、光耦合器、雷射二極體、真空鍍膜、多層抗反射模、雷射印表機、光碟片或光碟機、雷射讀碼機、光纖通訊、雷射加工、光纖檢測器、機械視覺系統、雷射光學度量、全像片、光電監控系統。至於廠商採用何種光電技術則由廠商自行填答。
- 2 關於技術擴散的速度在產業間不同的論點是以往學者在產業間擴散之研究主題。然而本文主要目的在於探討光電科技在傳統工業的廠商間，並非產業間，的擴散情形。而資料中各產業的樣本不夠大(見第九頁的資料說明)，資料的限制將使得產業間的比較不易進行，而且資料在各產業間的代表性亦將使得比較結果受到質疑。
- 3 既存文獻處理早期採用現象，偶以創新使用者等待新技術的時

間來探討(Hasting,1976),或對傳統「雙元模型」進行修正來分析(Globerman,1975)。本文除了使用傳統方法來處理這個問題外,並使用異於前兩者的處理方式。

- 4 計劃採用者為未來三年內採用光電技術之機率在50%以上之廠商。
- 5 在應用上通常使用 Conditional Logit Model 和 Multinomial Logit Model。前者主要在強調選擇特性(choice-specify)對選擇機率的影響;而後者則強調選擇者本身的特性(choser- specify)對選擇機率的影響。請參閱 Maddala(1983)。本文主要探討廠商特性對調整生產組合之光電技術採用決策,故使用後者。可參閱Boskin(1974)及 Schmidt and Strauss (1975b)。
- 6 學者研究使用OLS有Romeo(1975); Globerman(1975);林慧貞(1988);曾麗蓉(1989);使用Logit Model有Oster(1982);使用Probit Model有Benvignati(1982)。
- 7 McFadden(1974)定義一Pseudo- R^2 為:

$$1 - \left[\frac{LU}{LW} \right]$$

其中, LU為未受限的最大概似函數; LW則為僅考慮極大化常數項之最大概似函數。諸多論點請參閱Chen(1987)。

- 8 因為羅吉分配的變異數為 $\Pi^2/3$,而波比模型的常態分配變異數為1,因此羅吉模型參數估計值必須標準化,方能與波比模型參數估計值比較。Amemiya(1981)則認為乘0.625便能獲得近似值,另可參閱Maddala(1983)。本研究則由彈性值進行比較,請參閱Wozniak(1987)。

參考資料

林慧貞

- 1988 「我國自動化技術擴散之研究」，國立臺灣大學經濟研究所
未出版碩士論文。

陳忠榮、洪德昌

- 「創新產品的技術擴散——台灣光電產業的實證分析」，*經濟論文叢刊*（即將出版）。

曾麗蓉

- 1989 「我國生產自動化技術擴散之實證研究」，國立中央大學產業經濟研究所未出版碩士論文。

薛琦等著

- 1988 *產業經濟學——理論與實務*。正中書局。

薛琦、陳忠榮及蔡明宏

- 1990 「應用光電技術促進工業升級所需調查與分析」，國科會光電小組編印。

Amemiya, T.

- 1985 *Advanced Econometrics*, Harvard University Press.

Benvignati, A.M.

- 1982 "Interfirm Adoption of Capital-Goods Innovations", *Review of Economics and Statistics*, 64(2).300-35.

Chen, J.R.

- 1987 "The Conditional Probit and Logit Models: An Investigation of the Estimation Methods", Unpublished Ph.D. dissertation, University of North Carolina at Chapel Hill.

Clarke, R.

1985 *Industrial Economics*. New York: Basil Blackwell Ltd.

Davies, S.W.

1979 "Inter-Firm Diffusion of Process Innovation", *European Economic Review*, 12:299-317.

Duffy, S.Q., and R.H. Lee

1989 "Market Structure and the Diffusion of Innovations in Hospitals", Manuscript.

Gold B.W., W.S. Peirce, and G. Rosegger

1970 "Diffusion of Major Technological Innovations in U.S. Iron and Steel Manufacturing", *Journal of Industrial Economics*, 18(3):218-41.

Gold, B.

1981 "Technological Diffusion in Industry: Research Needs and Shortcomings", *Journal of Industrial Economics*, 29(3):247-69.

Globerman, S.

1975 "Technological Diffusion in The Canadian Tool and Die Industry", *Review of Economics and Statistics*, 57(4):428-34.

Hannan, T.H. and J.M. McDowell

1984a "Market Concentration and the Diffusion of New Technology in Banking Industry", *Review of Economics and Statistics*, 66(4):686-91.

1984b "The Determinants of Technology Adoption : The Case of Banking Firm", *Rand Journal of Economics*, 15(3):328-35.

1987 "Rival Precedence and Dynamics of Technology Adoption: An

Emperical Analysis", *Economica*, 54(214):155-171.

Hasting, T.

1976 "The Characteristics of Early Adopters of New Technology: An Australian Study", *Economic Record*, 52(138):239-47.

Jensen, R.

1982 "Adoption and Diffusion of an Innovation of Uncertain Profitability", *Journal of Economic Theory*, 27(1):182-93.

Kmenta, J.

1986 *Elements of Econometrics*. 2nd, ed. New York: MacMillan.

Liven, S.G., S.L. Levin, and J.B. Meisel

1985 "Intermarket Differences in the Early Diffusion of an Innovation", *Southern Economic Journal*, 51(3):672-80.

1987 "A Dynamic Analysis of the Adoption of A New Technology: The Case of Optical Scanners", *Review of Economics and Statistics*, 69(1):12-17.

1989 "Market Structure, Uncertainty, and Intrafirm Diffusion: The Case of Optical Scanners in Grocery Stores", Presented at the Meetings of the Southern Economic Association.

Maddala, G.S.

1983 *Limited-dependent and Qualitative Variables in Econometrics*. Cambridge University Press.

Mansfield, E.

1961 "Technical Change and the Rate of Imitation", *Econometrica*, 2(4):741-66.

1963a "Intrafirm Rate of Diffusion of an Innovation", *Review of Eco-*

nomics and Statistics, 45:348-59.

- 1963b "The Speed of Response of Firm to New Technigues", *Quarterly Journal of Economic*, 77:290-309.

Nabseth and Ray

- 1974 *The Diffusion of Industrial Process: International Study*, New York: Cambridge University Press.

Oster, S.M.

- 1982 "The Diffusion of Innovation among Steel Firms: the Basic Oxygen Furnace", *Bell Journal of Economics*, 13(1):328-35.

Oster, S.M., and J.M. Quigley

- 1977 "Regulatory Barriers to the Diffusion of Innovation: Some Evidence from Building Codes", *Bell Journal of Economics*, 8(2):361-77.

Quirmbach, H.C.

- 1986 "The Diffusion of New Technology and Market for and Innovation", *Rand Journal of Economics*, 17(1):33-47.

Reinganum, J.F.

- 1981a "On the Diffusion of New Technology: A Game-Theory Approach", *Review of Economic Studies*, 48(3):395-405.
- 1981b "Market Structure and the Diffusion of New Technolosy", *Bell Journal of Economics*, 12(2):618-24.
- 1983 "Technology Adoption under Imperfect Information", *Bell Journal of Economics*, 14(1):57-70.

Romeo, A.

1975 "Inter-Industry and Inter-Firm Differences in the Rate of Diffusion", *Review of Economics and Statistics*, 57(3):311-19.

1977 "The Rate of Imitation of a Capital-Embodied Process Innovation", *Economica*, 44(173):63-9.

Scherer, F.M.

1980 *Industrial Market Structure and Economic Performance*. 2nd. ed., Chicago: Rand MacNolly Press.

Tobit, J.

1958 "Estimation of Relationships for Limited Dependent Variable", *Econometrica*, 26:24-36.

Trajtenberg, M. and Yitzhaki, S.

1989 "The Diffusion of Innovations: A Methodological Reappraisal", *Journal of Business and Economic Statistics*, 7(1):35-47.

Wozniak, G.D.

1984 "The Adoption of Interrelated Innovation: A Human Capital Approach", *Review of Economics and Statistics*, 66(1):70-9.

1987 "Human Capital, Information, and the Early Adoption of New Technology", *Journal of Human Resources*, 22(1):101-112.

The Early Adoption of Innovative Technology: An Analysis of Optoelectronic Technology

Jong-rong Chen Hao-yen Yang

Abstract

Studies of technology diffusion have traditionally applied “binary model” and “waiting model” to study the determinants of adoption and the length of waiting time. This paper is aimed at questioning the appropriateness of applying these traditional models to study the early stage of technology adoption. Instead, “trinomial logit model” and “Tobit model” are used in this study. Empirical results indicate that firm’s age, growth rate, R&D activity, and information significantly influence the firm’s decision-making on adopting the optoelectronic technology and the length of waiting time, whereas information is the only determinant for the firm’s decision on planning to adoption.