

國立交通大學

管理科學系

博士論文

No.017

以系統觀探討台灣產業的發展



**Using Systems Approaches to Investigate Industrial
Development in Taiwan**

研究生：陳幸雄

指導教授：詹天賜 教授

中華民國九十四年十月

國立交通大學

管理科學系

博士論文

No.017

以系統觀探討台灣產業的發展

**Using Systems Approaches to Investigate Industrial
Development in Taiwan**



研究生：陳幸雄

研究指導委員會：李經遠 教授

包曉天 教授

詹天賜 教授

指導教授：詹天賜 教授

中華民國九十四年十月

以系統觀探討台灣產業的發展

**Using Systems Approaches to Investigate Industrial
Development in Taiwan**

研究生：陳幸雄

Student : Hsing Hsiung Chen

指導教授：詹天賜

Advisor : Tain Sue Jan



Submitted to Department of Management Science
College of Management
National Chiao Tung University
in Partial Fullfillment of the Reguirements
for the Degree of
Doctor of Philisophy
in
Management

October 2005

Hsin-Chu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十四年十月

以系統觀探討台灣產業的發展

研究生：陳幸雄

指導教授：詹天賜博士

國立交通大學管理科學系博士班

摘 要

開發中國家產業系統的發展是一個複雜、動態的過程，它包含了本土民間企業與多國籍企業的互動、政府扮演的角色、及技術學習與累積等問題。多國籍企業及政府這二者同時扮演了環境及資源提供者的角色，本土民間企業與這些角色的互動，深遠的影響了開發中國家產業的發展。本研究以生態系統及系統動態學的觀點，探討了台灣國防產業、汽車產業、及半導體產業的發展。再以演化的觀點，探討了資訊產業與半導體產業的發展。結果顯示，開發中國家產業發展的環境及條件各不相同，不同的系統觀點，提供了不同的見解，而更多元的看法將有助於對產業發展更進一步的了解。

關鍵詞：台灣、產業發展、系統觀、系統動態學、演化

Using Systems Approaches to Investigate Industrial Development in Taiwan

Student: Hsing Hsiung Chen

Advisor: Dr. Tain Sue Jan

Department of Management Science
National Chiao Tung University

ABSTRACT

The industrial development of a developing country is a complex and dynamic process. It includes the interactions of the domestic firms and the multinational corporations (MNCs), the government's role, and the technology development. Both the MNCs and the government play the roles of environment and resource providers for industry systems development. This study employs the viewpoints of ecological systems and system dynamics to analyze the development of Taiwan's automobile industry, semiconductor industry, and national defense industry. In addition, the evolution perspective is used to examine the IT industry and semiconductor industry development. The results show that the different systems viewpoint provides different insight for industrial development. Therefore, more diverse systems thinking is needed to further improve our understanding of the industry systems development.

Keywords: Taiwan, industrial development, systems thinking, system dynamics, evolution

誌 謝

1987 年到新竹就學，接著從事產業研究；光復路交通狀況，幾乎可以當作觀察台灣高科技產業的替代變數。2000 年參與工研院經資中心的成立，帶領產業技術政策、知識管理等研究團隊；跨領域多元複雜，已非光復路交通可以比擬。2001 年感謝瓊文的提醒，和史院長欽泰、王主任弓的推薦；十餘年實務經驗，終於有機會和嚴謹的管理科學融合，以處理日益複雜的問題。

幸好有慶銘、宗誠、翠倚、佳燕、子衙、宜棻、羅偉、春美、宜仁、趙瑀、憲宗、裕凌、杏華等同學的一道研讀與鼓勵，資格考得以順利過關。有賴志同、建宏、宜仁學長的引薦，成為詹老師退休前最後一位學生，得以一窺「系統研究」奧妙。從博一下開始，除了到美國史丹福當交換學者一學期，研究區域創業跨國人力流動外，六個學期浸潤於系統思維、系統方法、系統觀、系統管理、系統動態學等系統的世界，不知何以為終。感謝詹老師的引導，秋貴、志同、建宏、宜仁等學長的砥礪，雪娟、正玫、宗誠、趙瑀、千芬等系統同好的鼓勵，在浩瀚學涯裡，似乎有了方向。

本論文最後得以順利完成，須感謝聯合張院長東生、台大陳教授家聲、清大張主任瑞芬，和交大謝國文、李經遠、詹天賜等教授的斧正。

需讀的東西太多，而時間太少，是過去四年最深的感受，凌晨五點起床遂成為常態。感謝華辰、韋璵、俞均的體諒，例假日大都在家陪我讀書。也要感謝仍住在台中霧峰的爸媽，沒責怪不常回去探望。

回想清華畢業以來，十六年產業研究工作，期間三年台大資管的研讀，一路若沒有諸多良師益友的鼓勵和支持，相信今天無法順利完成學業。尤其要感謝現暫調行政院科顧組的林主任銘貴，從我第一天到工研院以來，不論是工作，還是日常生活，都無私地提攜，我才能有今天。

目 錄

摘 要	i
ABSTRACT	ii
誌 謝	iii
目 錄	iv
表目錄	vi
圖目錄	vi
一、緒 論	1
1.1 研究動機與背景	1
1.2 研究目的	4
1.3 研究方法	5
1.4 論文架構	6
二、文獻回顧	8
2.1 開發中國家產業發展的問題	8
2.1.1 國家創新系統	11
2.1.2 多國籍企業與政府的角色	13
2.1.3 台灣產業發展模式	14
2.2 系統觀點	17
2.2.1 系統觀與系統方法	20
2.2.2 系統動態學	23
2.2.3 產業系統演化	25
2.3 系統觀探討台灣產業發展	29
三、台灣產業發展的特性	30
3.1 台灣產業發展的議題	30
3.2 產業發展的系統思維	36
四、系統觀點探討產業系統發展	41
4.1 生態系統觀點	41
4.2 系統動態學觀點	43
4.2.1 台灣半導體產業模式	44
4.2.2 台灣汽車產業模式	45

4.2.3 台灣國防產業模式.....	46
4.3 演化觀點.....	48
4.3.1 台灣資訊產業演化.....	48
4.3.2 台灣半導體產業演化.....	60
五、討 論.....	63
5.1 開發中國家產業發展.....	63
5.2 多元系統觀點.....	67
六、結論與未來研究建議.....	72
6.1 總結.....	72
6.2 結論.....	74
6.3 建議.....	75
參考文獻.....	76
附錄 名詞中英文對照.....	90
作者簡歷.....	93
歷年著作一覽表.....	94



表目錄

表一、產業系統中主要的雙重角色(關鍵參與者，key players).....	42
表二、生態系統觀點看台灣的半導體產業、汽車產業、國防產業	43
表三、台灣資訊產業演化	52
表四、2002 年全球筆記型電腦 7 大廠商委外台灣廠商代工生產關係	59

圖目錄

圖一、台灣資訊產業的發展與全球主流廠商互動關係	51
-------------------------------	----



一、緒論

1.1 研究動機與背景

產業系統的發展是一個十分複雜、動態的過程，除了受各國不同的歷史、文化、政治、經濟、社會和發展時機影響外，同時也受科學、技術相關政策所左右(Abramovitz, 1989; Lemola, 2002)。一個國家產業的發展，除了和經濟發展相關外，也包含了人力、資金、技術、產能等各方面的學習、累積與創新，這些因素環環相扣，系統結構十分複雜。而系統思維(System Thinking)普遍被認為可以用來了解複雜的世界，可以恰當、貼切的處理複雜的問題(Checkland, 1985; Senge, 1990)。

國家創新系統(National Innovative System, NIS)是一個產業發展的系統觀，它從創新及知識創造的角度，整體探討企業、學術界、及研究單位三者互動，如何造就技術創新，進而帶動產業發展(Ennals, 2004; Freeman, 1995; Hayashi, 2003; Levin, 2004; Nelson and Rosenberg, 1993)，這種「三者螺旋」(Triple Helix)的整合模式常見於已開發國家。雖然也有許多開發中國家採用此模式來提升產業研發水準 (Intarakumnerd *et al*, 2002; Konde, 2004; Lu and Lazonick, 2001; Parayil and Sreekumar, 2004)。但這種方式卻有其限制，因為開發中國家的技術發展，大多是以學習導向而非創新導向(Viotti, 2002)。以台灣為例，台灣學術界早期以基礎研究為主，對產業的發展貢獻較為有限，因此，產業技術系統的發展，集中在政府支助的研發單位與企業的互動上 (Chen and Jan, 2005^b; Jan and Chen, in press)。

除此之外，以中小企業為主，從開發中國家成為新興工業化國家，進而朝已開發國家過渡的台灣產業發展，看似更為複雜，它包含了本土民間企業與多國籍企業的互動 (Ghemawat, 2001; Mathews and Cho, 1999; Prahalad and Hammond, 2002)、政府扮演的角色(Haley and Low, 1998; Mathews and Cho, 1999)、及技術引進、創新、學習與累積等問題(王健全, 1995; Berardes and Albuquerque, 2003; Guerin, 2001; Lin, 2003; Mahmood and Singh, 2003)。例如：台灣半導體產業的發展，早期主要來自政府政策扶植，藉由研究機構引進國外技術，進而衍生公司、擴散技術，形成本土產業；進入 1990 年代，本土民間企業已逐成氣候，資本累積、產能擴充、國際策略合作等，取代政府成為產業發展的主要動力(Chen and Jan, 2005^b)。

探討開發中國家產業的發展和多國籍企業的互動，常見有「雁行理論」、外國直接投資、路徑依賴等模式。「雁行」是一個開發中國家產業系統與環境互動的發展模式，是開發中國家的本地企業和多國籍企業互動促使產業發展的具體呈現，它說明了已開發國家將低附加價值的產業轉移到開發中國家的過程(Kojima, 2000)。國際貿易理論的外國直接投資(Foreign Direct Investment, FDI)指出開發中國家的政府藉由開放市場、提供土地、勞動力、租稅優惠等吸引多國籍企業直接投資，以發展技術與產業(Liu and Wang, 2003; Ramamurti and Doh, 2004)。路徑依賴(Path Dependence)說明現在資源配置和技術的選擇，具有記憶與鎖定性，受它們過去的條件所決定。認為產業發展期初狀態和正回饋(Positive Feedback)作用，產生網路外部性，決定產業發展走向，演化分析模式遂成為探究產業發展的方法之一 (Garrouste and Ioannides, 2001)。

本土民間企業和多國籍企業、政府的互動深遠的影響了台灣產業的發展。多國籍企業參與台灣產業發展有其特有立場和目的，且隨著產業發展狀態而時有改變；而政府參與台灣產業發展的政策，亦會隨著產業發展而有所調整。例如：進入台灣汽車產業的海外技術母廠，以新車型、新技術協助本土業者打開市場；但當本土業者，推出自有品牌時，即不提供新車型、新技術，迫使本土業者放棄自主策略。而當台灣武器研發能力躍升，武器取得成本大幅下降，政府政策隨即調整為外購為主。由此可見，影響台灣產業發展的因素，動態複雜，不易單一觀察。

為數眾多的中小企業對台灣產業發展影響深遠，產業技術的研發成為產業系統發展的重要課題。單純的路徑依賴、國際貿易理論、雁行理論、國家創新系統等，雖能提供某些角度的觀察與理解，卻不易整體說明台灣技術發展和產業發展過程中，多國籍企業、本土業者、政府、研究機構等角色，錯綜複雜的互動關係，和隨著時間改變的動態變化。

台灣產業發展充滿了複雜和不確定，而系統思維普遍被認為，可以用來了解複雜的世界。不過，系統觀並不是只有一種，而是有很多種，包含有一般系統理論(General Systems Theory, GST) (Boulding, 1956)、一般生命系統理論(General Living Systems Theory, GLST) (Miller, 1978)、模控學(Cybernetics) (Francois, 1999; Morgan, 1982; Morgan, 1983; Wiener, 1948)、系統動態學(System Dynamics, SD) (Forrester, 1958, 1961, 1975, 1990; Lane, 2000)、柔性系統方法論(Soft Systems Methodology, SSM) (Checkland,

1981,1985)、批判性系統思維(Critical Systems Thinking, CST) (Jackson, 2001)、能存活系統模式(Viable System Model, VSM)(Beer, 1972)、一般演化理論(General Evolution Theory, GET) (Artigiani, 1993; Laszlo, 1995, 2001; Meadows *et al*, 1972; Loye,2000; Prigogine & Stengers, 1984)、自覺演化(Self-conscious Evolution) (Banathy, 1993, 1998; Laszlo, 2001; Salk, 1983)、生態系統(Ecological system) (Ackoff and Gharajedaghi, 1996)等系統觀。

系統觀雖然可以整體探討台灣產業發展，複雜動態的現象；然而，不同的系統觀各有其適用時機；因此，本研究試圖以多元系統觀點，初步探討適用於台灣產業的系統觀，以增進對台灣產業發展的理解。



1.2 研究目的

由上可知，探討開發中國家的產業發展，有必要將多國籍企業的角色與互動，一併列入考量。因此，已開發國家產業發展的產官學互動模式，有必要加以修正。台灣產業發展早期，學界著眼於基礎研究；本土民間企業、政府、多國籍企業的互動，深遠影響台灣技術及產業的發展。由於台灣產業系統發展的結構與模式，和已開發國家不盡相同；因此，需要不同的概念和方法去瞭解。而產業系統發展十分複雜，需要宏觀而整體的探討。

具體而言，本研究的主要目的有四：

1. 由本土民間企業、政府與多國籍企業的互動，探討台灣產業與技術發展的問題。
2. 初步探討適用於台灣產業發展的系統觀和系統方法。
3. 利用生態系統、系統動態學、演化觀點等系統觀探討台灣產業的發展。
4. 從系統觀探討台灣產業發展的意涵。

藉由所建立的多元系統觀，觀察台灣產業發展的脈動，並探討關鍵參與者的互動如何影響產業發展，期待藉此增加對台灣產業發展本質的瞭解。

1.3 研究方法

國家創新系統適用於分析已開發國家產業及技術的發展，而開發中國家則另需考慮多國籍企業的角色。因此本研究首先以產官學和多國籍企業的角度，探討本土民間企業、多國籍企業、政府三者的互動，以分析台灣產業及技術的發展問題。

探討本土民間企業、多國籍企業、政府三者的互動是複雜、動態的問題，系統觀可以提供豐富的方法。但系統觀並不是只有一種，每種系統觀各有其適用時機。因此，本研究將產業視為一系統，而以 Churchman (1968) 的系統方法、Ackoff 和 Gharajedaghi (1996) 的生態系統、系統動態學、演化等多元系統觀，進行探討台灣產業的發展。

Churchman (1968) 指出系統思維的起點在於如何界定系統的目標，但產業系統的目標並不明確，並非政府、多國籍企業或本土民間企業所能單獨界定。更甚的是，政府和多國籍企業，於產業發展過程中，同時扮演元件和環境的角色。也就是說，以系統觀探討台灣產業發展，首先必需處理系統目標不明確，和政府、多國籍企業雙重角色的問題。因此，本研究先根據 Churchman (1968) 系統思維的起點，探討產業系統的目標。再由 Ackoff 和 Gharajedaghi (1996) 依系統與元件目標的關係對系統的分類觀點，採用其生態系統觀點，即系統本身沒有目標，但元件有目標，元件間需互利以維持系統的存在，來看台灣產業系統的發展；並以參與者(Player)取代元件的觀點，以妥善處理政府和多國籍企業同時兼具環境與資源兩種角色的問題；而結合系統動態學的方法，探討台灣半導體、汽車、國防等產業，參與者政策間互動和產業發展的互動關係。最後以演化的觀點，觀察當政府角色逐漸淡化後，以資訊、半導體產業為例，觀察本土民間企業如何和環境互動，以維持產業蓬勃發展。期望藉由以上多元系統觀，對台灣產業發展，提出不同角度的理解。

1.4 論文架構

產業發展既動態且複雜，宜以整體觀之。本研究嘗試以 Churchman (1968)的系統方法、Ackoff 和 Gharajedaghi (1996)生態系統、系統動態學和演化觀點等系統觀，以台灣資訊、半導體、汽車、國防等產業為例，探究如何以多元的系統觀，觀察產業的發展，期待對台灣產業的發展，提出不同觀點的理解。本論文的章節編排如下：

第一章為緒論，包括研究動機與背景、研究目的、研究方法與論文架構。說明台灣正由新興工業化朝已開發國家轉型，產業發展與技術發展息息相關，政府、多國籍企業、本土民間企業互動動態、複雜。藉由多元系統觀，以不同觀點瞭解產業發展。

第二章為文獻回顧包含三個部份，第一部份為產業發展，包括：國家創新系統、多國籍企業與政府的角色和台灣產業發展模式等。第二部份系統觀點介紹系統觀與系統方法、系統動態學、生命系統演化等。第三部份為系統觀探討台灣產業發展相關的文獻。

第三章為台灣產業發展的特性，說明以中小企業為主的台灣產業，技術引進、創新、學習與累積是重要課題。單純的經濟分析，雁行理論、國際貿易理論、國家創新系統等，雖能提供某些角度的觀察與理解，卻不易整體說明台灣技術發展和產業發展過程中，多國籍企業、本土民間企業、政府、研究機構等角色，錯綜複雜的互動關係，和隨著時間改變的動態變化。多元系統觀點可以整體、宏觀不同角度觀察台灣產業的發展，唯產業系統目標和政府、多國籍企業兼具元件與資源雙重角色需突破。

第四章為系統觀點探討產業系統發展，生態系統觀點以關鍵參與者，取代台灣產業系統中政府、多國籍企業雙重角色；而任何單一參與者都無法單獨決定產業發展，其互動的結果，決定了產業發展的走向。系統動態學觀點，則對每一參與者政策做分析，建立系統結構，以觀察台灣半導體產業、汽車產業和國防產業發展。演化觀點，探討當政府角色淡化後，台灣資訊產業和半導體產業，本土民間企業藉由和多國籍企業合作，以因應環境變化的存活策略。

第五章為討論，利用本研究之生態系統、系統動態學、演化等多元系統觀，可以進一步觀察其他開發中國家，例如：韓國、大陸等的產業發展。而多元系統觀指出，不同系統觀，可以提供不同角度的理解。例如：Morgan (1983)的避免無法存活策略，可以指出開發中國家，產業發展是永無止盡對環境的調適過程。

第六章為結論與未來研究建議，台灣產業發展不是政府、多國籍企業或本土民間企業所能單獨主導，而是互動後的結果。多元系統觀，實務上的應用，可以進一步擴展到，技術預測、新事業規劃、策略規劃、政策模擬等。



二、文獻回顧

2.1 開發中國家產業發展的問題

開發中國家的產業發展動態、複雜，它包含了本土民間企業與多國籍企業的互動、政府扮演的角色、及技術引進、學習、創新與累積等問題。

根據 Abramovitz (1989) 的說法，決定產業發展、經濟成長的因素，相當複雜難以掌握。決定經濟成長的因素，五花八門，且會隨著時間變化。深究其原因，有的是技術投資的效果，也有是國家或歷史的淵源。其指出 1990 年代相關研究顯示，帶動產業發展、經濟成長的原因，包括：創新、所得分配、教育、健康與營養、公共機構、投資、貿易等，其因果關係不易衡量，各因素相互作用更難以釐清。

不同國家的產業發展歷程和成效，不僅和其歷史、文化、政治和工業化時機等息息相關，也深受其發展目標、範圍、優先順序等科技政策所影響。(Lemola, 2002)

路徑依賴乃經濟學以隨機過程的概念，說明現在資源配置的選擇具有記憶性，受它們過去的條件所決定，後來的發展深受期初狀態的影響。過去資源配置情形，深深影響現在產業發展的走向，這正是經濟學家關注所在。期初一個不是很重大的事件，或是非常小的改變，都有可能造成截然不同的結果，因此往往造成無法預測(Non-predictability)和潛在沒效率(Potential Inefficiency)的情形(Liebowitz and Margolis, 1995)。

Garrouste 和 Ioannides (2001) 認為，近年來，實務上發現越來越多網路外部性效果的影響，以演化角度分析產業發展的研究，日益受到重視。經濟發展的現象，實務上可以藉由路徑依賴過程加以說明。

在某些特定的條件下，例如：網路外部性，促使個人採取某些特定的作為，只因為其他人也都採取同樣的作為。David (1985, 1986) 的研究，以現今 QWERTY 排列的標準電腦鍵盤為例，即使別種宣稱較具效率的鍵盤出現，也無法輕易取代舊的產業標準。

因此，探討產業發展，不可能不分析過去發展的軌跡。Arthur (1989) 的研究顯示，產業技術、標準、規範等的競爭，乃是自我強制、強化的過程，其結果有可能呈現不是最佳方案的閉鎖(lock-in)狀態。

1980 年代以來，科技成為國際競爭的新戰場。科技、市場與各國政府政策目標三者互動，使得全球策略合作蔚為風潮。航太、汽車、電腦、通訊與生化科技五種產業之跨國合作，最為明顯(吳青松, 1996)。

技術發展與技術商品化同樣為國家經濟發展帶來無限活力。美國政府鼓勵所屬實驗室與產業界合作，進行科技研發，落實產業化；而日本則著重改善研發環境，推動產官學合作，以加速科技創新(王文娟, 1999)。

Berardes 和 Albuquerque (2003)歸結探討技術所引發的經濟成長，相關研究可分為以下四個層次。(1) Schumpeter(1942)提出的簡單模型開始，即技術創新推動經濟發展；(2) Rosenberg (1982, 1990)進一步了解在成型的社會形態裡，創新過程中科學所扮演的角色，並提出創新是互動而來，而非簡易直線關係；(3)說明公共機構在國家創新系統中，各個部份所扮演的角色 (Freeman, 1995; Nelson and Rosenberg, 1993); (4) 調查研究產業發展過程中，科學和技術所扮演的角色，和其互動的影響(Freeman and Soete, 1997; Klevorick *et al.*, 1995; Narin *et al.*, 1997; Pavitt, 1991; Rosenberg, 1990)。

過去幾十年，亞洲開發中國家，南韓、台灣、香港、新加坡等創造了高度經濟成長(Krugman, 1994; Young, 1995)。能有這樣的成績，絕不僅是高儲蓄率和吸引多國籍企業投資，引進全球先進技術而已(Dahlman, 1994; Hobday, 1995; Kim, 1998)。這些國家藉由吸收海外技術，致力自主研發、技術創新和企業創業，也是其創造經濟持續高度成長的重要因素 (Mahmood and Singh, 2003)。

Mathmood and Singh (2003)利用分析專利資料庫，實證亞洲開發中國家技術創新各有不同途徑。例如：南韓主要集中於三星(Samsung)、大宇(Daewoo)、現代(Hyundai) and LG 等大集團企業，台灣和香港則是以當地個人和企業為主，而新加坡則是多為多國籍企業的貢獻。各國創新途徑雖有不同，但創新在經濟成長中都扮演同樣重要的角色。創新對產業發展的貢獻，已有諸多學者討論，然而大多集中在已開發國家(Archibugi, *et al.*, 1999; Archibugi and Michie, 1998; Laursen, 2000)。而 Mahmood 和 Singh(2003)則專注於，探討開發中國家的創新，對產業發展的影響。

Mowery 和 Rosenberg(1991)指出，1980 年代有關創新的研究都顯現經濟成長和技術發展有關。不過，大都專注於那些，創新活動是產業發展核心的高度開發國家。一般認知，創新都會牽涉到知識上的基本改變。但是開發中國家的創新，大都僅是漸進式的改善，和如何有效地將引進的技術本地化(Cooper,1993; Enos, 1991; Fransman, 1985; Lall, 1992)。

技術移轉是將創新成果從原創地移往其他地區應用的過程，創新有可能包括：科學或技術的知識、想法、發明、服務、系統、產品等，而技術知識的落實應用則是技術引進、有效吸引的具體展現(Guerin and Guerin, 1994)。全球化趨勢，促使跨國技術移轉成為重要議題(Bartlett and Ghosal, 1998)。對技術相對落後的開發中國家，從已開發國家引進技術，遂成為發展產業的重要手段之一(Guerin, 2001)。而成功的企業都是那些能成功地，將外部技術轉化成內部學習，並累積成核心能力者(Lin, 2003)。

根據 Akamatsu (1962)的說法，雁行模式主要用來說明，較晚開發國家，跟隨領先國家的步伐，發展產業的過程。也就是說，雁行模式是用來說明，開發中國家在國際產業價值鏈中產業發展的追趕過程。

雁行模式試圖說明開發中國家，產業發展的追趕過程，基本上分兩大類：(1) 基本模式，追蹤一個特定產業的成長軌跡，進口、生產、出口的變化；(2) 變化模式，追蹤產業的變化，由消費財移動成資本財，或由簡單初階產品成為高階產品的變化過程(Akamatsu, 1962)。隨後 Higgins (1969) 和 Zimmerman (1965)亦先後著書討論雁行模式。

Kojima (2000)整理雁行相關理論的發展，指出自 1930 年代 Akamatsu 提出基本觀念以來，雁行模式即廣泛被用來說明東亞地區產業發展的現象。然而，其內涵和相互關係卻未被明確的定義和講明白。Kojima (2000)進一步以比較利益的觀點，補充說明 FDI 的必然性而促使產業的移動。而國際專業分工成型，區域間產業合作機制，促使效率提昇，自然造成價值鏈的移動。

Dutta (1999, 2000)和 Klein (1990)以雁行模式能描述東亞國家出口導向，帶動經濟成長的過程。藉由進口資本財、技術和中間材料，引進外資、授權、合約生產，快速建立出口導向的營運能力。

Cutler (2003)以時間序列研究日本、南韓、台灣、香港、新加坡、大陸、越南、泰國、馬來西亞、印尼等勞力密集產品出口到美國的演變，實證雁行模式。

根據 Hobday(1995)的研究。藉由吸引外國直接投資，創造技術外部性，知識擴散到本土產業，開發中國家得以低成本優勢切入國際市場，產業得以持續發展。

Markusen 和 Venables(1999)指出外國直接投資也會為開發中國家的產業結構帶來變化，藉由競爭改善市場效率，整體產業因而受益。

而 Grossman 和 Helpman (1995)的研究則說明外國直接投資在內生成長模型中，提昇人力資源、促使技術改變和知識的外溢，造成產業發展的效果，在 Wang 和 Blomstrom (1992)的模型中，則進一步指出外國直接投資技術擴散，乃本土廠商和外國企業互動所造成，可視為內生成長模型中帶動成長的動力之一。

Liu 和 Wang (2003)以跨產業實證外國直接投資對大陸整體工廠生產力 (total factor productivity)，結果顯示 FDI 不僅帶來資金、移轉技術，若從事研發工作，對人力資源提昇貢獻，更為顯著。

1980 年代以來，海外直接投資逐漸取代國際貿易，成為全球經濟整合的驅動力。1980 年全球海外直接投資存量占全球固定資本形成比例為 4.6%，到了 1995 年成長至 10.1%。若只計算開發中國家，比例則由 4.3% 成長到 15.4% (李政達, 1998)。

2.1.1 國家創新系統

國家創新系統是一個產業發展的系統觀，它從創新及知識創造的角度，整體探討企業、學術界、及研究單位三者互動，如何造就技術創新，進而帶動產業發展(Ennals, 2004; Freeman, 1995; Hayashi, 2003; Levin, 2004; Nelson and Rosenberg, 1993)。然而，D'Costa(1998)、Viotti(2002)、Parayil 和 Sreekumar (2004)等學者指出，開發中國家乃學習導向而非創新導向，經由不斷的學習和累積，才能進而逐步走向創新。

國家創新系統中學校和研究單位，大都負責基礎科學的研究，而企業則負責技術的開發和產品的製造(Nelson 和 Rosenberg, 1993)。當然也有，企業從事基礎科學研究、發表學術論文、創造新知，而學校則申請專利、發表新產品的情形(Hicks *et al.*, 2001)。

Freeman (1995)認為企業、學校、研究單位等，機構間的互動和相互回饋，是國家創新系統的關鍵所在，其他尚包括金融、法律、教育體系的搭配。不然就會像前蘇聯，他們擁有眾多的國家實驗室、學校、企業，只差彼此互動不多，導致創新效果不顯著。

Hayashi (2003)針對日本政府主導的共同研發計畫的研究，計畫規劃階段若未能深思，企業、學校、研究單位等參與者的互補性，最後研發成果都常是零星、片斷，滿足特定對象的興趣而已，無法達成預期效果。所有基礎科學的研發計畫，幾乎都有這樣的傾向。

根據 Levin (2004)的研究，以學校為起源，線性的知識流動，並不正確。由系統的觀點，學校、企業、政府所屬研究機構，三者間跨單位的互動與相互回饋，才能源源不絕地知創造識。

開發中國家的技術發展較少原創性，而多以跟隨先進國家的技術為主。面對的挑戰並非複雜的前瞻技術，而是和原先既有技術一致性的問題。既有累積的知識、當地市場結構、政府的相關政策等因素，都會對技術發展造成影響(D'Costa, 1998)。

Viotti (2002)研究巴西和南韓，認為開發中國家並不適合以國家創新系統的架構，而應以國家學習系統(National Learning System)架構探討技術改變和產業發展。主要因為開發中國家的技術改變，重點在吸引先進國家的知識，而非創新。

Parayil 和 Sreekumar (2004)系統化探討香港自 1950 以來，產業和科技的發展。香港以往創新機制，和南韓、台灣、新加坡並不一樣，但 1997 以後已開始朝「三者螺旋」(Triple Helix)的創新機制靠攏，將引導香港朝創新經濟發展。

Konde (2004)以非洲尚比亞網際網路的發展為例，說明政府、學校和企業三者合作對非洲國家知識創新的重要性。在非洲，學校是先進科技知

識的代理人，政府則在政府、法規上著手以利新知流動，協助企業獲得與使用先進知識，以利產業競爭。

Lu 和 Lazonick (2001) 以北大方正集團的電子出版系統為例，說明國家創新系統 1990 年代在大陸的情形和成果。政府所謂研究單位策略選擇、知識擴散和整合投資，加上企業組織學習得宜，造就北大方正得以在其本土和國際市場立足。

Intarakumnerd *et al.* (2002) 以國家創新系統的概念，說明類似泰國這類，剛由農業經濟朝工業轉型，科技較不發達國家。探討 NIS 時，應將注意力集中在，如何改善長期知識積弱，經濟結構無法有效銜接的問題。否則，即使偶爾有所謂的發展機會，也終將無法從事國際競爭。

2.1.2 多國籍企業與政府的角色

開發中國家技術發展以學習為主，由學習進而創新，其間多國籍企業 (Multinational Corporations, MNCs) 及政府扮演重要角色。多國籍企業的角色，有直接投資、技術移轉、策略夥伴等；而政府的角色，則有提供租稅減免、保護政策，設立、支持研發機構等。

根據汪寧生和李政達(1998)的研究，引進外資是地主國提升技術的重要管道，技術移轉成功與否，需配合地主國本身條件，如市場競爭程度、固定投資高低、教育程度、對外資營運之限制等因素。

新加坡政府自 1965 年獨立以來，雖受限於其先天地理、社會、文化等條件，卻藉由各種政策、法規、規劃和宣傳，提供良好的基礎建設、可信賴的商業環境、透通而連續的政策和法規，至 1997 年為止吸引全球 5,000 家多國籍企業設立據點，其中約有一半設立區域總部。新加坡政府致力吸引多國籍企業到新加坡投資，促使產業得以持續發展，經濟得以繁榮(Haley and Low, 1998)。

兩個國家的距離，可以用文化、行政、地理和經濟等四個維度表示，不同形態的距離對企業經營造成不同類型的影響。歷史和政治對國際貿易影響深遠，例如：英國和其散佈全球的殖民地、法國和西非原法屬諸國、

西班牙和拉丁美洲國家，相互經貿關係密切。各國政府也常藉由行政手段，製造貿易障礙，減降多國籍企業在本國市場的競爭力(Ghemawat, 2001)。

科技的進步、自動化生產規模和效率大幅提升、研發成本激增、產品生命週期縮短，多國籍企業藉由整合全球資源，確保原材料供應、加速技術與產品創新、開拓市場，提升全球競爭力(徐中琦, 1996)

藉由激發位於全球經濟金字塔底層國家的產業發展，多國籍企業能大幅改善數十億人民的生活水準，協助他們進入更穩定、較少危險的世界。事實上，很多有創意、具創業家精神的多國籍大企業，已開始這樣做，並從中創造大量的營運績效(Prahalad and Hammond, 2002)

政府在開發中國家產業系統的發展所扮演的角色，一直是一個常被提及的課題。由於產業系統發展初期，常缺乏人才、技術、資金等所需資源，又要面對已開發國家的市場競爭。因此，政府在產業發展初期，扮演著重要的角色，常需制定保護政策及法規，以保護本土民間企業；甚至建立產業研發機構，以支持企業發展(Passos *et al.*, 2004; Shyu and Chiu, 2002)。但是，開發中國家的企業最終仍須面對來自國際的競爭(Wang and Pollard, 2002)，政府終究也無法單獨主導產業的發展。

2.1.3 台灣產業發展模式

台灣的產業結構以中小企業為主，產業發展初期技術的學習與累積，政府藉由培育人才、技術研發計畫、租稅獎勵等方法協助形成。

陳慧澄(1997)根據 Hoffman 理論，當產業結構從基本的消費財產業逐漸發展到資本財產業時，其 Hoffman Ratio 值會隨之下降。觀察台灣從 1952 年到 1995 年間，製造業內部結構的變化，指出 1991 年 Hoffman Ratio 值 0.5，真正進入資本財產業的時代。

台灣中小企業眾多，技術如何有效發展、應用、升級與擴散，一直是台灣產業發展過程中的重要議題(司徒達賢, 2000)，政府和多國籍企業一直扮演重要的角色(丁偉, 1996; 江雪嬌, 2001; 江雪嬌, 2002; 吳青松, 1996; 承立平, 1997)。

中小企業組織靈活、生命力旺盛，一直是台灣地區經濟發展過程中的重要角色。然而其資金有限，無力從事技術研發，全球觀、產業與技術資訊、管理能力等不足，則是台灣產業發展更上層樓的限制(司徒達賢, 2000)。

1980年代中期以來，台幣大幅升值、勞工、土地成本高漲、環保意識抬頭，促使台灣產業加速朝技術、資本、知識密集型態發展，朝亞太製造研發中心邁進，成為政府施政重要目標(王健全, 1995)

台灣政府為了完成經濟政策目標，經濟部從1993年2月到1996年6月間，共與41家多國籍企業簽署策略聯盟意願書，彼此交換無法藉由市場交易取得的專屬優勢，引進跨國企業之資金與技術，發展台灣成為亞太營運中心(丁偉, 1996)。

1987年台幣開始大幅升值，台灣經濟發展進一步朝資本財產業集中，產業科技議題益受重視。行政院院會於1995年通過「發展台灣成為亞太營運中心計畫」，確立「民間主導、政府輔導」的產業技術政策，以整體提昇科技研發能力(孫克難, 1998)。

強化技術能力是台灣中小企業，邁入21世紀增加競爭力的不二法門。由於技術之研發具有明顯的產業外溢效果，政府遂於1999年開始實施「鼓勵新興中小企業開發新技術推動計畫(Small Business Innovation Research, SBIR)」執行，鼓勵新興中小企業發展高科技產業(江雪嬌, 2001)。

台灣政府除了藉由科學工業園區之設置，造成聚落效應，讓新創事業可以在創立初期即享有人才、技術、資金與資訊等經營上的地利之便外，並藉由協助關鍵技術之取得、促使學術界與產業界合作、創新育成中心之支援、資金或財務的支援等，營造有利的創業環境(江雪嬌, 2002)。

台灣科技產業的發展初期，幾乎全由政府主導，然後隨著本土民間企業實力逐漸茁壯，政府漸退居第二線(承立平, 1997)。

1990年代中期以來，台灣產業發展呈現兩極化現象：已是全球分工體系一環，國內良性競爭激烈，技術不斷提昇以成為多國籍企業夥伴的資訊電子業一支獨秀；而在「新經濟」思潮下，食品、紡織、營建、石化等傳統產業，在資金、技術、人才及租稅獎勵等資源取得屈於劣勢下，長期表現不佳(王健全, 2000)。

從台灣資訊電子產業過去數十年的發展經驗得知，台灣產業全球競爭力主要來自於大量生產的代工模式，後所衍生之運籌管理能力，以及製程改善之創新能力。但是，在面對知識經濟時代的到來，這些競爭優勢已漸漸不足以因應環境變化。邁入 21 世紀，台灣經濟發展朝知識經濟邁進，產業結構亦由以往強調製造轉向高附加價值創新活動發展；以往偏重技術應用、產品改良和製程改善的研發功能，轉而為以領先當前三至五年技術的創新研發為主；具體而言，其內涵為新領域技術、前瞻性技術、深層次技術和產品創新。政策轉為鼓勵從事創新研發，引進全球研發資源，建構研發社群，培育創新科技產業等(黃重球和呂正華, 2002)。



2.2 系統觀點

真實世界充滿複雜和不確定，系統思維普遍被認為可以用來了解複雜的世界，唯系統理論存在眾多分支，適用時機各有不同。

在追求知識的過程中，科學哲學家試圖回答一個根本問題，「我們如何知道我們所知道的」。兩個主要學派各有不同說法，邏輯實證論者 (Positivism) 認為，我們因為有能力察覺環境現象，所以能知道；觀念論者 (Idealism) 則認為，心靈是一切知識的創造者和來源。前者以量化模式看世界，是典型自然科學觀點，假說、推論、演繹、特定、簡化、解析、客觀、結果驗證導向；而後者則以質化模式看世界，是典型社會人類學觀點，現象、描述、歸納、整體、擴展、綜合、主觀、過程探索導向。由於前者簡化了真實世界，其挑戰在於可信度 (Reliability)；而後者雖根基於真實世界做觀察，問題在於如何確保有效度 (Validity) (Deshpande, 1983)。

真實世界充滿了複雜和不確定，複雜 (Complexity) 主要來自三個構面，相關成員的個數 (數量)、成員間連結的個數 (連接)、連結的複雜程度 (功能)。三者細微、動態相互作用引發高度複雜，導致結果的不確定性 (Milling, 2002; Sterman, 2000)。藉由邊界的設定，可以降低複雜度，但是以簡約化、經驗法則、歸納法，並不容易獲得邊界的合理性 (Größler, 2004)。

根據 Flood (1999) 的研究，對人類心智而言，事務本質上就是不可知。雖然「化約主義者」(Reductionism) 根據「因果率」認為只要找到法則，就可以知道一切，森羅萬象都是可知；但是系統學者認為一般化不易看出細節，需特定化才能掌握真相，惟太多細節，根本無法全部掌握。即使是具持續性、或然性或決定性的自然科學也是一樣；更不用談論，根基於社會規則、實務和人群有意或無意的認同上的社會科學；至於人類系統更是複雜，難以了解，不僅根據社會規則和實務，更會自行調適和修改規則。

牛津字典對研究 (Research) 的定義：建構事實，達成新的結論。因此在實務研究上，研究者需具備兩項核心能力。(1) 觀察技巧，高品質、具效度以建構事實；(2) 論證技巧，中肯而切題地推論，觀察到的事實間的解釋、判斷和關聯，以達成新的結論。陳述可能會隨目的而調整，事實卻不會因目的而改變。觀察和論證是研究工作的一體兩面，前者重點在客觀，後者則重合理 (Ulrich, 2001)。

方法可視為是一種技巧，其反映某一種原理、教條、理論的行動指引。而方法論則是，包含實踐者(或是研究者)實務的經驗。方法論是實踐者根據理論和實務，在不斷衝擊和折衝中，建立的研究方法；藉由研究進行的狀況、實踐者和相關理論，三部份不斷的互動與整合，漸漸得到適當的研究方法(Freire, 1974)。

系統思維普遍被認為用來了解複雜的世界，可以恰當、貼切的處理複雜的問題(Checkland, 1985; Senge, 1990)。Maani (2004)利用心理學上常見的語詞規範分析法 (Verbal Protocol Analysis)，實證發現，較高程度的系統思維，的確有助於提昇複雜問題的決策品質。

系統思維基本上認為，行為是迴路中的變數相互作用、回饋後的結果。兩種回饋典型：負回饋，會產生穩定狀態；正回饋，則會導致不穩定(Flood, 1990)。

系統理論的家族龐雜。Bausch (2002)從社會系統觀點，檢視 35 位重要系統學者，於 2001 年 ISSS (International Society for the System Sciences)研討會中，提出其認為系統理論，衍生出超過 400 年來的根和分枝。其認為從歷史演化的觀點看系統思維的根，分別為：(1) 17 和 18 世紀的機械模式(The Mechanical Model)，代表性人物有：笛卡兒(Descartes)、萊布尼茲(Leibniz)、牛頓(Newton)，物理的簡約論和機械原理，帶動現代科學的進步；(2) 19 世紀和 20 世紀初期的有機模式(The Organic Model)，生物學和演化理論的興起，將系統思維帶進有機的世界，代表性人物有：斯賓塞(Spencer)、索姆奈(Sumner)。(3) 20 世紀中期的，代表性人物有：卡農(Canon)、Deutsch、Miller (1978)、Parsons (1977)，考量動態、程序和環境互動的生理系統為開放系統，促使模控學(Cybernetic)的出現 (4) 20 世紀晚期的程序模式(The Process Model)，認為人類社會是個多構面、複雜、非線性、充滿動態，各個團體相互作用的世界，社會現象都是暫時、適應、調節的過程，代表性人物有：奧爾波特(Allport)、Buckley (1967)、杜威(Dewey)、Meadows (1972)。

Bausch (2002)認為系統理論家族中的分枝有：

自我組織(Self-organization)，混沌理論嚴格說起來是數學，討論的是一個混亂情境下，和原先不預期的小擾動的關聯。一般的說法，是非線性動態的一支。相關的理論有，複雜理論(Complexity theory)、協同作業論

(Synergetics)和雜訊的秩序(Order from noise)等。主要學者有：Csanyi (1989)、Eigen (1992)、Goertzel (1994)、Kampis (1991)、Prigogine (1984)等。

一般演化理論(General Evolution Theory)，以非常廣泛的角度討論演化，主要探討人道意識和宇宙的未來。可追溯到 Meadows (1972)的羅馬俱樂部 和 Prigogine (1984)的研究。主要學者尚有：Artigiani (1993)、Laszlo (1995)、Loye (2000)等。

自我創造(Autopoiesis)，生命會在其生存的環境裡，不斷自我複製。生命同時是封閉和開放的系統。人類社會的語言、溝通、表達也都是會自我不斷創造。主要學者有：Bausch (1997, 2000, 2001)、Bickerton (1990)、Habermas (1989)、Luhmann (1995)、Maturana and Verala (1987)等。

社會設計(Social Design)，堅信不斷地改善自己的生存環境，是人類自己應付的責任。理想的系統設計，不能由上而下，也不能交由專家主導；而必須是所有利益關係人(Stakeholders)共同分享願景，表達其想法、渴望、價值、理想的結果。好的設計，在達成目標的前題下，有效辨認出顧客(Customer)、行動者(Actor)、轉換程序(Transformation process)、世界觀(Weltanschauungen)、擁有者(Owner)、環境(Environment)，簡稱 CATWOE，並要能分辨邊界所在。主要學者有：Ackoff (1974, 2003)、Banathy (1998)、Checkland (1981)、Churchman (1968)、Flood (1990)、Jackson (1991, 1997)、Ulrich (1991)、Warfield (1994)等。

根據 Jackson(2001)的研究，1980 年代初期，各種系統思維理論在變化永不停歇的實務中，出現反思的浪潮。以實用主義的觀點，如何客觀地觀察和判斷隨時變化的社會的現象，而有所謂的「批判性系統思維(Critical Systems Thinking, CST)」方法的提出。

CST 包括三項承諾(Midgley, 1996)：

1. 批判性的知覺(Critical awareness)，所有假設經過一次再一次的檢視。
2. 自我超越、解放(Emancipation)，確保研究聚焦於「改善(Improvement)」，基於特定時空，關切權力者(可以影響題目者)的議題。
3. 多元方法論 (Methodological pluralism)，在理論一致的前題下，

根據不同的議題，採取適當的研究方法。

Flood 和 Jackson(1991)基於 CST，提出整體系統介入(Total Systems Intervention, TSI)，是一個有關係統方法論的系統，認為解決問題的三個階段：創造(Creativity)、選擇(Choice)和執行(Implementation)，應用各種不同系統思維，能夠更清楚觀察事務本質。

Hammond (2002)研究近代系統思維學域演化，其認為：

系統思維的來源：

- * 工程和管理學：效用最大化
- * 有機和生物學：整體大於部份的總和
- * 模控學和資訊理論：回饋和平衡
- * 生態和社會理論：結構、功能和演化

系統研究的礎石：

- * 一般系統理論：Ludwig von Bertalanffy
- * 行為科學：芝加哥學派(Ralph Gerard, Anatol Rapoport, James Grier Miller)
- * 經濟學、生態學：Kenneth Boulding

根據 Klir(1978)的研究，最具影響力的系統思維學者，依序為 Ashby, Bertalanffy, Rapoport 和 Weiner。

Churchman 於 1993 跟 Hammond 說，現代系統思維起源於四個人，分別為 Bertalanffy, Boulding, Gerard 和 Rapoport，他們 1954 年在史丹福中心(Stanford Center)從事行為科學的研究前瞻(Hammond, 2002)。

Hammond (2002)針對 ISSS 34 個成員做調查，Bertalanffy, Churchman, Ackoff, Miller, Checkland, Boulding, Ashby, Beer 等，榮登最具影響力的系統思維學者前幾名。

2.2.1 系統觀與系統方法

系統觀不是只有一種，而是有很多種，至少有一般系統理論(General Systems Theory, GST)、一般生命系統理論(General Living Systems Theory,

GLST)、模控學(Cybernetics)、系統動態學(System Dynamics, SD)、柔性系統方法論(Soft Systems Methodology, SSM)、批判性系統思維(Critical Systems Thinking, CST)、一般控制理論(General Control Theory)、一般演化理論(General Evolution Theory, GET)、能存活系統模式(Viable System Model, VSM)、自覺演化(Self-conscious Evolution)、生態系統(Ecological system)等，不同系統觀各有其適用時機，而目標則是系統思考的起源。

原則上，依人類現代科技水準，貧窮、饑餓、健康、教育、戰爭、自由及新資源等問題，有辦法逐一解決，卻因其相互影響而無法解決 (Churchman, 1968)。我們必須透徹思考每個行動可能引發的結果，否則眼前看得到需求，將引導我們走向毀滅之路 (Churchman, 1979)。

Churchman (1968,1979)提出系統方法(Systems approach)思考全球問題 (World problems)。全球問題太過複雜，且需要強大力量才有辦法解決。三十餘年來，Churchman 的系統方法以其利於思考複雜問題，被實用主義者廣泛應用到區域組織發展問題的思維上 (Fuenmayor, 2001)。

系統方法是指把事務當成一個完整的系統，去觀察、探究和理解它的一種思維方式。當我們說 X 是一個系統，它並不是所有部份的總和，而是以整理觀之，包括其間互動的部份 (Churchman, 1968)。

根據 Churchman(1979)的說法，系統要看的是整體，不包括和系統互相影響的觀察者本身，可以分成 5 個部份。號稱看到整體的人，要通過 5 個部份的檢視。

1. 目標(Objective)：一開始一定是先思考整個系統的目標、目的 (Objective)，惟真實的目標不易掌握，而透過檢視是否將精力、時間、知識用到別的地方去，以確定真正的目標。
2. 環境(Environment)：指系統外面，和系統的目標有關，但卻不能改變，相當於給定的條件。
3. 資源(Resource)：談的是系統的內部，也就是系統依靠它以完成任務，有可能是人、錢、設備、研發能量、資訊系統等。
4. 元件(Component)：要如何區分一個系統的各部份元件也不是件易事，社會科學研究者依使命、目標、活動，取代傳統依部門別區分系統的組成；方得以估算每個活動對整體系統的價值，進而找出元件的績效和整體績效的真正關聯。當其他元件條件不變，某一元件的績效增加，整體系統績效也跟著增加，才是

有關聯；否則該元件，對系統沒有貢獻。單一元件績效改善很難直接反應在整體績效上，因為各元件間會相互影響。

5. 管理(Management)：一個系統的管理在於設定目標、界定環境、分配資源和控制績效。管理者並不是行動者，而是思考者；不僅規劃系統，更要確定照原先理想執行；若偏差過大，必須決定如何進行調整。

根據 Ulrich(2001)的研究，應用 Churchman 的系統方法時，應考慮、注意以下幾點：

1. 對系統思考方法本身了解的程度(Role of Method)
2. 專家角色的認定和個人專業的判斷能力(Role of Expert)
3. 任何情況下目的的合法性(Source of Legitimizing)
4. 以實用最大化的角度思考關鍵的詮釋(Critical Implication)
5. 有系統地對邊界設定進行批判(Systematic Boundary Critique)
6. 「事實」和「價值」如何影響對邊界判定(Facts and Values)
7. 相互依存的高品質的觀察和精確令人尊敬的推論(Observation and Argumentation)
8. 多元方法論的操作(Methodological Pluralism)
9. 理論和實務間差異的問題(Problem of Mediating)
10. 研究和實務上最關鍵的轉折(Critical Turn)

根據 Ulrich(2001)的說法，Churchman(1968)的系統方法(Systems Approach)，提供了一個解決問題和做決策的思維方法，開啟了有別於以 Bertalanffy、Wiener、Ashby、Rapport、Forrester 等為主的傳統「硬的(Hard)」系統理論所建立的方法論。傳統系統理論，並不假設系統在真實世界具有特定目的，而是當作解釋複雜現象，使之清楚易懂，表達概念的工具。Churchman「軟性(Soft)」系統方法，強調目的論，例如：重新設計社會系統等，後繼者有 Ackoff (1974, 1981; Ackoff and Emery, 1972), Checkland (1981, 1985) and Luhmann (1995)等。

人類的心智無法了解整體、全部，設定邊界成為進一步使用 Churchman 的系統方法的首要工作。但問題是誰能判斷邊界設定的合理性？根據「相關性」(Relevant)決定系統邊界。思考的問題包括：誰會受益？誰不會受益？接下來會是什麼？我們覺得如何？自然演生出倫理、效率、效果的問題。

每一個邊界都會是當事人，自認已包含所有重要相關因素後的選擇。誰是系統的顧客，將是邊界判斷的準則(Flood, 1999)。

較大的系統包含了設計較小系統所需的一切資訊，但是無所不包的系統是不可能的。因此，適當的邊界設定，是無法避免的。既然沒有人可以宣稱他的考量已無所不包，夠周全，相關事實、價值、規範都已納入。因此，從批判性系統思維(Critical Systems Thinking)方法的角度，邊界設定的重點不在包進多少資訊，而在於如何小心處理那些無法避免沒被包進來的部份。一個適當的關鍵系統思維方法，應該提供具哲學理論基礎，又能實務操作的邊界判斷(Ulrich, 2001)。

根據 Ackoff(1994)的研究，系統是個整體，不能分割成幾個獨立的部份，系統內各部份的互動創造出綜效，而綜效的提昇則來自於系統中複雜度的增加。系統可分為機械(Mechanical)系統、有機(Organismic)系統和社會(Social)系統三類。機械系統：系統本身沒有目的，元件也沒有自己的目的，但能提供特定功能滿足外界的需要。有機系統：系統本身至少有一個目的，元件沒有目的，但卻能協助系統滿足其目的。社會系統：系統本身有目的，元件也有目的。隨後 Ackoff and Gharajedaghi(1996)，又提出第四類系統，生態系統(Ecological system)，系統本身沒有目的，但元件卻有目的。



2.2.2 系統動態學

藉由因果關係環路和資訊系統模擬，掌握動態複雜現象背後結構，而說明系統中動態行動，使系統動態學得以找出政策介入點，和模擬政策作為互動的影響。

Jay W. Forrester 於 1950 年代提出的系統動態學，是一種基於伺服機構原理的系統方法，藉由電腦模擬技術，將建模者對問題結構，實務上的瞭解和決策所造成的長期可能影響，具體呈現 (Forrester, 1958, 1961, 1975, 1990; Lane, 2000; Randers, 1980; Richardson, 1991)。

系統動態學的建模方法，具有以下三個特色(Doyle and Ford, 1998; Forrester, 1958; Lane, 1999)：

1. 資訊回饋環路，包含延遲和非線性的特性
2. 電腦模擬，協助建模者掌握環路間，隨著時間互動的變化
3. 心智模式，複雜、細緻、難以量化的資訊，藉由建模者實務經驗和專業判斷得以克服

Forrester(1961)的產業動態(Industrial Dynamics)一書，主要藉由資訊回饋特性探討產業活動，說明組織結構、政策作用和資訊、決策、行動等間之時間延遲現象，相同作用如何影響企業的表現。相互作用藉由流(Flow)表達，包括：資訊流、資金流、訂單流、材料流、人員流、設備流等，在一個特定產業或國家、經濟體下的運作情形。提供一個單一架構，探討行銷、生產、會計、研發、投資等活動的相互關係。以質性方法將實務經驗，導入量化模擬中。

根據 Forrester(1961)，系統動態學分析工具，包括四個基本特徵：

1. 若干個累積量(Level)，表達事務狀態
2. 不同累積量間的流量(Flow)
3. 決策功能(Decision Functions)就像控制流量的控制閥
4. 累積量和決策功能間的決策資訊傳遞(Information Channel)

系統動態學藉由掌握因果關係的結構，得以說明系統中動態的行為。結構中特定政策作為，可以集體討論和學習，使實務上的直覺得以進一步釐清，進而瞭解複雜的現象(Randers, 1980)。

對於複雜、動態的產業發展現象，常見藉由系統動態學探索其背後的系統結果，以增加對過去成功經驗的了解，處理目前產業發展面臨的挑戰、增進對政策介入點的信心(Berends and Romme, 2001; Chen and Jan, 2005^a; Corben *et al.*, 1999; Ford, 1997; Jan and Hsiao, 2004; Jan and Jan, 2000)。

根據 Berends and Romme(2001)的說法，使用系統動態學模擬技術探究產業發展，主要基於下列三點：

1. 系統思維或則更精準的說法—回饋思維，利用符號、圖象使系統中主要元件的意義更為豐富，容易溝通。
2. 模擬過程中，容許研究者進行各種假說測試。所使用的數學方法並不會因為模擬大小而增加複雜度。即使多維模擬，亦相當

容易使用。

3. 結構影響行為和互動觀點，兩項前題，更使系統動態學模擬成為研究者容易使用的工具。

系統動態學廣泛被應用到各種產業和組織，以釐清思維、增加理解、協助進行決策，主要因為其能測試各種政策介入，對系統的影響 (Richardson, 1996; Wolstenholme, 1990)。

根據 Forrester(1990)的說法，系統動態學重點不在一點一滴，每一點精準的統計，對應歷史資料，去預測未來。其目的在於刺激或聚焦，使討論、思慮、關切能集中在重要策略議題上。政策的眼光、洞察力在建模過程中，每一次從概念到模擬結果，都具體呈現。

2.2.3 產業系統演化

將產業系統以生態系統視之，其被動因應環境或主動參與環境共同演化，不斷衍生出新的能力或增加複雜度，提供整體理解產業系統不斷的與環境互動，持續成功的發展過程。

生命組織、群體的維持、成長和發展，需要環境提供的物資和能源，經濟的發展也是一樣，相關的理論和實務研究已有相關多的討論 (Ayres, 1978; Faber *et al.*, 1987; Perrings, 1987; Ruth, 1993; Victor, 1972)。亦有多位學者模仿自然生態探討產業生態 (Andrews, 1999; Cushman-Roisin, *et al.*, 1999; Erkman, 1997; Frosch, 1989; Graedel and Allenby, 1995; Schendler, 2003; Geng and Cote, 2004)

根據 Miller 的研究(1978)，生命系統(Living Systems)，可分為細胞 (Cell)、器官(Organ)、生物體(Organism)、群體(Group)、組織(Organization)、社會(Social)和超國家系統(Supranational system) 七個層級。每一層級都是開放系統，由 19 個關鍵的次系統所組成，分別處理物質(Matter)、能量 (Energy)和資訊(Information)的輸入、流通量和輸出。生命系統層級越高越複雜，而其一般朝更複雜的方向演化，畢竟單元越複雜，越可處理複雜的狀況。不管是最原始的細胞，或是最高層級的超國家系統，為了應付更複雜的狀況，19 個次系統要能突變，否則即會被自然環境所淘汰。

生命系統會不斷演化出新的能力或複雜度(Variety)以因應環境的變化(Lorenzana and Ward, 1987)。

Morgan 由生態學得到的啟示，認為環境是複雜無法預測，傳統的理性規劃功效不大，組織需藉由「多餘(Redundancy)」，演化增加內容複雜度，才有辦法因應環境變化。簡言之，就像模控學中的正向迴饋，組織要能不斷增加複雜度，才能避凶(Morgan, 1982)。

根據 Morgan(1983)的研究，演化牽涉到整體環境，受到自然系統的控制。生物的形態是由演化而來，其決定適應環境的過程，而非一開始就設定了形態。不同物種採取不同適應環境的方法，不是僅一種人類認為對的方式而已。環境過於複雜，環環相扣，任何一個改變，都會影響系統的其他部份，因此目標導向的策略行動是不可能的成功。能夠存活下來的形態，都是因應環境避免無法存活策略下的產物。

人類有關於生物的演化，有過諸多版本，最後以達爾文(Charles Darwin, 1809-1882)和華生(Russel Wallace, 1823-1913)的說法，較經得起時間的考驗(Berra, 1990)。達爾文以自然的選擇(Natural Selection)，說明有些物種成功的適應自然環境的變化而得以存活下來，有些則無法適應變化而消失，其長時期結果，就造成生物的演化。演化(Evolution)是自然選擇和其他有性生殖、突變等，交互作用，造成基因的改善；而環境則扮演篩選的角色，區域環境不時的改變，不同的環境適合不同物種生存。

一般演化理論展現出完美的架構，從整體故事的觀點提供了豐富的圖像，說明如：國家發展規劃、永續發展策略等，巨觀社會文化議題(Laszlo, 2001)。它整合了相關系統觀點，包括：一般系統理論、模控學、資訊與傳播理論、混沌理論、動態系統理論、非均衡熱力學等，得以確實理解各種領域複雜系統的演化、動態和法規(Laszlo, *et al.*, 1993)。

一般演化理論提供了一個聚焦於改變模式的觀察方法，邀請人們去欣賞宇宙、萬物、自然創造的過程。而社會系統設計(Social Systems Design, SSD)則提供一個工具，讓人們得以主動參與修定與日常工作、學習和生存息息相關的社會系統(Laszlo, 2001)。

從社會演化的系統觀點，可將演化視為：(1) 人類經驗在時空中不斷擴散的現象；(2) 有意識的設計新的溝通技術系統以強化上述擴散；(3) 在

人類系統中不斷展開新的關係，引領朝更高複雜度的層級重組；(4) 新典範的出現，知識組織、效用、信仰、思維重新系統化整合；(5) 人類更高層級集體意識的形象出現 (Banathy, 1998)。

演化的意識得以激發人們意識的演化，進而引領未來的發展(Salk, 1983)。而意識的演化則藉由自我反思的意識而獲得，自我反思的意識是個人、團體、組織或社會，對其所處世界和所處地位的洞察與感知的過程 (Banathy, 1993)。

未來受過去和現在的影響但非全然決定，因此人們意識的介入，得以引領未來的演化走向。透過學習，累積出演化的能力；可以幫助人類擺脫無意識被動因應環境的演化，而進入主動參與設計未來，與環境共同演化，引領和管理改變(Banathy, 1998)。也就是人類除了被動因應環境外，還得以主動自覺演化(Self-conscious Evolution)。

當我們在討論一個生態系統時，我們在探討其每一特定期間重要物質所累積存量的演化，例如是物種的多樣性、多元文化等(Ruth, 1995)。

根據 Andrews (1999)的研究，1960 年代日本系統思維某一分支的學者業已提出產業生態的概念，但直到曾任職美國太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)，當時是通用汽車(General Motors, GM)研發負責人的 Frosch 和他的同事 Callopoulos，於 1989 年在科學美國(Scientific American)期刊發表文章，討論一個產業的報廢品，可以成為另一個產業的材料，產業生態概念才開始廣受重視。Arthur D. Little 這家顧問公司於 1991 年，根據產業生態的概念，發表各產業環境備忘錄。同年來自 AT&T 貝爾實驗室的科學家，於美國國家科學院舉辦產業生態專家會議。美國國家工程院 1992 年開始，舉辦一連串和產業生態相關的工程、環境研討會。AT&T 基金會 1993 年開始支助學者，從事產業生態相關研究。Graedel and Allenby(1995)發表第一本產業生態相關教科書。名為產業生態的學術期刊(The journal of Industrial Ecology)，則於 1997 年首度發行。

根據 Allenby(2002)的研究，Frosch (1989)由產業生態觀點，提出工業化和開發中國家的製造業發展策略；Graedel and Allenby (1995)發表書名為，產業生態(Industrial Ecology)一書；以類比自然生態(Natural Ecosystem)

的方法，也就是產業生態(Industrial ecology)，探討產業系統的發展，從此成為眾多研究、設計產業、組織的方法之一。

根據 Ehrenfeld(2001)的研究，國際產業生態學會於 2002 年 2 月開始對外，廣招同好，鼓吹利用產業生態從事研究、教學、政策制定、社區建立和產業實務等，朝建立新的學域發展。

產業生態被利用來了解產業系統，如何運作、如何被管理和如何與生態環境互動。在了解生態系統的基礎下，決定如何重新設計產業系統，就像自然生態一樣運作(Erkman, 1997)。

產業生態概念清楚易懂，強調大視野的系統思維，適合各種層級分析，很快成為經濟、環保、工程各領域政策規劃的工具(Andrews, 1999)。

Cushman-Roisin, et al. (1999)利用產業生態模擬工具，具體說明產品生命週期分析、環境保護與資源回收政策等，對美國汽車產業發展的重要性。

產業生態以往都以製造業的研究為主，Schendler(2003)進一步，將其概念應用到服務業，探討滑雪場、五星級飯店的經營。綜合考量能量效率、能源再生、生命週期、生態多樣化、當地資源、人力資源等相互關係。

Geng and Cote (2004)應用產業生態的概念，探討亞洲急速工業化國家(例如：中國大陸)，如何才能得以較小的資源發展產業，以減少對環境的壓力。

Iansiti and Levien (2004)以威瑪百貨和微軟各自構成的產業生態系統(Business Ecosystem)為例：說明企業若未能理解其所採取的任何行動，都將對視為一體的產業生態系統造成衝擊，便是忽略了其所處產業網絡環境的真實環境。就像生物學的生態系統(Biological Ecosystem)中的任一獨立物種，在產業生態系統中的任一成員都共同承擔整體的命運。一個生態系統試圖精準地劃出邊界是不可能的，而是應該試著系統化定義出和組織未來的發展關係密切、互動頻繁的關係人；考量整體生態環境，慎重採取發展策略。

2.3 系統觀探討台灣產業發展

藉由系統觀探討台灣產業發展並不多見，2000 年以後才逐漸出現相關研究。

Jan and Jan (2000)利用系統動態學的觀點建構動態模式，搜集並整合與武器系統研發相關的特性，包括決定系統行為的運轉機制、作業流程、任務及組織性質、本土政治環境及國際軍品市場的互動，說明台灣國防產業累積不易研發實力，因政策改變而快速衰退。

Jan and Hsiao (2004)提出四個角色的模型，利用系統動態學說明台灣汽車產業發展動態而複雜的過程。台灣汽車產業的發展乃政府、本土民間企業、海外技術母廠和消費者四個角色互動後的結果。

Chen and Jan (2005^a)利用系統動態學建構台灣半導體產業的模式，探討台灣半導體產業的人力、資金與產能等資源累積結構；說明台灣半導體產業的成功發展，在於台灣產業轉型過程中，透過政府、本土民間業者和國外先進廠商各角色互動演化而成的結果。

Chen and Jan (2005^b)利用複雜度增加和內部學習的概念，針對台灣半導體產業的發展提出一個理解架構。指出台灣半導體產業的發展，乃複雜度不斷增加的過程；是本土民間企業不停地在更高複雜度的環境裡，不斷尋找合作機會、建立重要資源的結果。以三個階段說明，產業複雜度隨著和環境互動而增加。

三、台灣產業發展的特性

3.1 台灣產業發展的議題

台灣產業發展，深受技術發展的影響；而以中小企業為主，台灣產業技術的學習和累積過程，政府和多國籍企業介入甚深。台灣朝已開發國家邁入，政府和多國籍企業的角色，已不同於以往。觀察台灣產業系統的發展，單純的經濟分析、雁行理論、國際貿易理論、路徑依賴、國家創新系統等，不易掌握各角色互動的動態過程。

產業系統的發展是一個十分複雜、動態的過程，除了受各國不同的歷史、文化、政治、經濟、社會和發展時機影響外，同時也受科學、技術相關政策所左右(王文娟, 1999; Abramovitz, 1989; Lemola, 2002)。開發中國家一員的台灣產業發展看似更為複雜，它包含了本土民間企業與多國籍企業的互動、政府扮演的角色(Ghemawat, 2001; Haley and Low, 1998; Mathews and Cho, 1999; Prahalad and Hammond, 2002)、及技術引進、學習、創新與累積等問題(王健全, 1995; Berardes and Albuquerque, 2003; Guerin, 2001; Lin, 2003; Mahmood and Singh, 2003)。尤其中小企業眾多，技術如何有效發展、應用、升級與擴散，一直是台灣產業發展過程中的重要議題(司徒達賢, 2000)，政府和多國籍企業一直扮演重要的角色(丁偉, 1996; 江雪嬌, 2001; 江雪嬌, 2002; 吳青松, 1996; 承立平, 1997)。

以中小企業為主的產業結構，是近 20 年來台灣產業技術發展更上層樓的制約因素。中小企業一直是台灣地區經濟發展過程中的重要角色，其組織靈活、生命力旺盛，在 1980 年代以前消費財仍是經濟主體的時代，的確為台灣創造不少經濟奇蹟。然而，1980 年代開始，資本財產產業在台灣逐漸抬頭，技術、資金、人力、知識成為維持競爭優勢的要素，中小企業資金有限，無力從事技術研發，全球觀、產業與技術資訊、管理能力等不足，遂成為台灣產業發展更上層樓的限制。

政府在開發中國家產業系統的發展所扮演的角色，也是一個常被提及的課題。由於產業系統發展初期，常缺乏人才、技術、資金等所需資源，又要面對已開發國家的市場競爭。因此，政府在產業發展初期，扮演著重要的角色，常需制定保護政策及法規，以保護本土民間企業；甚至建立產

業研發機構，以支持企業發展(Passos *et al.*, 2004; Shyu and Chiu, 2002)。但是，開發中國家的企業最終仍須面對來自國際的競爭(Wang and Pollard, 2002)，政府終究也無法單獨主導產業的發展。例如：半導體和資訊產業，政府明列策略性產業，發展初期藉由進入園區，享受租稅優惠，科專計畫技術支援等幫助。然而，進入1990年代，本土民間企業實力逐漸茁壯，政府能著力之處，便大為減少。

半導體、資訊等科技產業自1980年代以來，逐漸成為台灣經濟發展的主力。產業發展已不再單純經濟議題，而於科技研發息息相關。政府協助產業發展，具體措施包括：1979年12月成立行政院科技顧問組(Science and Technology Advisory Group)，聘請海內外學者專家擔任科技顧問，與國內各政府單位、學術研究機構及企業界共同討論科技發展決策性問題，形成共識，再由行政院科技顧問組或相關部會擬訂方案或計畫加以推動。1980年設置新竹科學園區，讓新創事業可以在創立初期即享有人才、技術、資金與資訊等經營上的地利之便。1989年經濟部技術處成立產業技術資訊服務推廣計畫(Industrial Technology Intelligence Services, ITIS)，從事產業資訊的蒐集、分析與研判，做為每年將近新台幣150億的科技專案預算，投入方向的引導機制，進一步協助廠商面對全球科技競爭與市場統合的態勢。1990年通過「促進產業升級條例」，取代「獎勵投資條例」，利用租稅抵減獎勵措施來鼓勵廠商進行研究發展、自動化和人才培訓等(王健全, 1999)。1993年開始積極和多國籍企業，簽署策略聯盟意願書，引進多國籍企業之資金與技術(丁偉, 1996)。1999年實施「新興中小企業技術創新計畫」，以提升中小企業之技術創新活動(江雪嬌, 2001)。

台灣位處一個正在興起，龐大經濟體旁邊，人才、技術、資金等各式資源的競爭，益形複雜。1990年代以來，全球貿易成長的前16大中亞洲國家佔了9席。全球吸收海外直接投資的前十順位中，亞洲國家亦佔有8席，就全球經濟動態而言，經濟活動中心已轉向東方(陶在樸, 1996)。其中尤以與台灣一水之隔的中國大陸，表現最受矚目。全球知名企業幾乎已盡數赴對岸投資，多國籍企業全球佈局選項變多，影響台灣產業發展的因素更為多元。例如：台灣資訊產業廠商在代工原廠不斷降低成本壓力下，1992年開始赴上海投資，1993年明碁和神通開始在大陸設廠營運。在台灣資訊、通訊廠商紛紛西進，形成產業兩岸分工的局面下，中國大陸資訊產業產值於2000年達255億美元，僅次於美日，取代台灣成為世界第三大資訊硬體產品生產地(高鴻翔, 2001)。

從 1992 年起，中國大陸已成為台灣每年對外投資最多的地區。至 2000 年底台灣對中國大陸的累計投資金額為 171 億美元，相當於台灣對外總投資的 39%。早期投資以中小企業為主，至 1990 年中期以後，越來越多資本、技術密集的大型企業加入投資行列，目的亦由早期海外加工，轉為市場開發。而 1993 年起，台灣成為中國大陸第二大進口來源，大陸則是台灣第二大出口市場。若香港列入計算，則 1994 年起，大陸已是台灣最大出口市場(342 億美元)。台商到中國大陸投資，帶動台灣對中國大陸出口中間財、資本財。在中國大陸的台商則提供必要的資本、技術、與管理經驗。兩岸的經濟互賴絕對不僅僅侷限在貿易層面，更重要的是投資與生產的層面，已是全球生產架構下的一環，無法單獨看待 (童振源, 2001)。

多國籍企業對台灣產業發展影響深遠。例如：康柏、HP 與 IBM 等資訊大廠，除早期委外代工，將資金、技術、市場帶進台灣產業外，1990 年代中期以後，藉由「最佳運送模式」(Optimized Distribution Model; ODM) 與「接單生產」(Build to Order; BTO) 等相關模式僅保留最具競爭力，並最具附加價值的核心業務 (如產品規劃、行銷與採購)，而將生產、物料倉儲、零組件／半成品／成品存貨、前段系統組裝等工作，交由台灣代工夥伴執行，進一步促使台灣產業在運籌管理能力上發揮 (陳信宏, 2000)。另觀察臺灣的 IC 產業發展歷程，亦可看出多國籍企業對台灣產業發展的影響。自 1966 年高雄電子成立，之後 1969 年飛利浦建元廠、1970 年德州儀器等外商，陸續成立，為台灣發展 IC 產業埋下種子。1976 年工研院引進美國 RCA 公司七微米製程技術，打開 IC 製造業的大門。1987 年飛利浦的參與，促使專業代工廠台積電的設立。1990 年代日商來台合資建 DRAM 廠，而美商 IC 設計公司則參與專業代工廠的設立，間接促使台灣 IC 產業成為全球第四大。

隨著產業發展日益複雜，工研院特別成立產業經濟與資訊服務中心 (Industrial Economics and Knowledge Center, IEK)，簡稱經資中心，以協助產業發展。1980 年代台灣致力發展半導體、資訊等科技產業，工研院從事技術研發，一直扮演著重要的角色 (Jan and Chen, in press)。然而，進入 1990 年代，本土民間企業已具相當實力、大陸經濟興起、多國籍企業全球佈局，產業發展變得更為複雜與動態。工研院遂於 2000 年將原本散於各所的產業研究人員集中，成立，期望藉由同時掌握技術與產業發展動向，引導技術研發方向，協助產業發展。

觀察台灣產業系統的發展，有眾多方法，例如：藉由 Hoffman Ratio 值可以看出，台灣經濟由消費財產業朝資本財產業轉型。然而，卻無法進一步說明促成轉變的原因。陳慧滢(1997)根據 Hoffman 理論的研究，可以看出台灣經濟發展，1952~1960 資本財產業處於萌芽期，1961~1987 則是消費財產業和資本財產業並重，1988~1995 經濟發展進入以資本財產業為主的階段，但卻無法說明其轉變的原因。

「雁行理論」(“Flying geese”, FG model)說明已開發國家將低附加價值的產業，轉移到開發中國家的過程，但卻無法說明，台灣半導體產業獨創的專業分工方式，為何得以成功。關於開發中國家的產業系統和環境的互動，早在 1930 年代日本學者 Akamatsu 比較東亞各國進口、本地生產、出口隨著時間變化的趨勢，提出「雁行」的說法。隨後在 1960 年代於英文期刊發表，根據比較利益說明以日本為首，接著台灣、韓國、香港、新加坡，而後東南亞等國，產業遞延發展的現象。「雁行」是一個開發中國家產業系統與環境互動的發展模式，是開發中國家的本地企業和多國籍企業互動促使產業發展的具體呈現，它說明了已開發國家將低附加價值的產業轉移到開發中國家的過程(Kojima, 2000)。例如：早期日本將電視機製造先轉移到韓國、台灣等地，接著再轉到馬來西亞、泰國等地生產(Cutler, 2003; Kojima, 2000)。但雁行理論卻無法說明，台灣半導體產業獨創的專業分工方式，為何得以成功。

國外直接投資(Foreign Direct Investment, FDI)相關研究說明，多國際企業在開發中國家投資的考量因素和變化趨勢；然而，卻不易掌握其間各種角色的互動過程，和相互影響。國際貿易理論的國外直接投資是另一種互動模式，開發中國家的政府藉由開放市場、提供土地、勞動力、租稅優惠等吸引多國籍企業直接投資，以發展技術與產業(Liu and Wang, 2003; Ramamurti and Doh, 2004)。而本地企業和多國籍企業的國際合作也常是，發展中國家技術創新、產業發展的重要方法之一。例如：台灣資訊產業早期藉由替多國籍企業代工，得以茁壯；半導體則透過工研院引進 RCA 技術，進而衍生公司，創造產業；汽車產業也是靠技術母廠不斷的提供新車型，以確保市場競爭力。國外直接投資可以看出，多國際企業對開發中國家產業系統發展的重要性，和投資的考量因素與變化趨勢。然而，卻不易掌握其間各種角色的互動過程，和相互影響。

路徑依賴(Path Dependence)觀點得以描述產業發展途徑，卻無法說明角色互動和政策作為對產業發展的影響。路徑依賴決定產業發展走向，於1980年代開始漸有學者提出，經濟學家重新對以歷史演化觀點看經濟現象，產生興趣(Garrouste and Ioannides, 2001)。產業發展期初狀態和正回饋(Positive Feedback)作用，產生網路外部性，促使產業依循特定方向發展，演化分析模式遂成為探究產業發展的方法之一。1980年代初期台灣在既有電玩、電視機、電子零組件等產業基礎下，順利邁入資訊產業，即是路徑依賴的例證，但卻無法具體說明其間的互動關係。

國家創新系統(National Innovative System, NIS)需要加以修正，以確切說明台灣產業發展的脈絡。國家創新系統從創新及知識創造的觀點，探討企業、學術界、及研究單位三者的互動關係(Ennals, 2004; Freeman, 1995; Hayashi, 2003; Levin, 2004; Nelson and Rosenberg, 1993)，這種「三者螺旋」(Triple Helix)的整合模式常見於已開發國家。雖然也有許多開發中國家採用此模式來提升產業研發水準 (Intarakumnerd *et al.*, 2002; Konde, 2004; Lu and Lazonick, 2001; Parayil and Sreekumar, 2004)。但這種方式卻有其缺點，因為開發中國家的技術發展，大多是以學習導向而非創新導向(Viotti, 2002)。以台灣為例，台灣學術界早期以基礎研究為主，對產業的發展貢獻較為有限。因此，產業技術系統的發展，集中在政府支助的研發單位與企業的互動上 (Jan and Chen, in press; Chen and Jan, 2005^b)。而台灣的汽車產業技術則大多仰賴，多國籍企業的技术母廠，且以組裝為主(Jan and Hsiao, 2004)。

為數眾多的中小企業對台灣產業發展影響深遠，產業技術的研發成為產業系統發展的重要課題。單純的經濟分析，雁行理論、國際貿易理論、國家創新系統等，雖能提供某些角度的觀察與理解，卻不易整體說明台灣技術發展和產業發展過程中，多國籍企業、本土業者、政府、研究機構等角色，錯綜複雜的互動關係，和隨著時間改變的動態變化。

系統思維普遍被認為用來了解複雜的世界，可以恰當、貼切的處理複雜的問題(Checkland, 1985; Senge, 1990)。Maani (2004)利用心理學上常見的語詞規範分析法 (Verbal Protocol Analysis)，實證發現，較高程度的系統思維，的確有助於提昇複雜問題的決策品質。系統學者認為一般化不易看出細節，需特定化才能掌握真相，惟太多細節，根本無法全部掌握。即使是具持續性、或然性或決定性的自然科學也是一樣；更不用談論，根基於

社會規則、實務和人群有意或無意的認同上的社會科學；至於人類系統更是複雜，難以了解，不僅根據社會規則和實務，更會自行調適和修改規則。

超過 400 年的演化，系統理論(Systems Theory)已是個龐大的家族，各式各樣的系統觀，可以提供不同角度的理解。本研究試著藉由不同的系統觀，包括：Churchman 的系統方法、Ackoff 的生態系統、系統動態學和演化觀點等，對台灣半導體、資訊、汽車、國防等產業的發展，進行整體觀照，以期能對台灣產業發展提供較為整體的理解。



3.2 產業發展的系統思維

系統觀不是只有一種，而是有很多種，至少有一般系統理論(General Systems Theory, GST)、一般生命系統理論(General Living Systems Theory, GLST)、模控學(Cybernetics)、系統動態學(System Dynamics, SD)、柔性系統方法論(Soft Systems Methodology, SSM)、批判性系統思維(Critical Systems Thinking, CST)、一般控制理論(General Control Theory)、一般演化理論(General Evolution Theory, GET)、能存活系統模式(Viable System Model, VSM)、自覺演化(Self-conscious Evolution)、生態系統(Ecological system)等，不同系統觀各有其適用時機。本研究根據 Churchman 的系統目標為思維起點，將產業系統視為 Ackoff 的生態系統，利用系統動態學探討元件如何互動，另以演化角度提供多元的觀點。

強調整體、互動的系統觀，雖善於處理宏觀、動態、複雜的問題，但以 Churchman 系統觀看台灣的產業系統：目標並不明確、具體、單一而客觀存在，至少有三個角色(政府、多國籍企業、企業)，各有其目標，沒有人可以主導產業系統的目標。元件是否就是政府、多國籍企業、本土民間企業、研發機構等，也需進一步考慮。而環境、資源、管理等也都不是很清楚，可以清易指出在哪裡。以 Ackoff 和 Gharajedaghi(1996)生態系統觀點看台灣產業系統，以參與者(Player)取代元件的觀點，可以突破政府和多國籍企業同時兼具環境與資源兩種角色，一個在系統外，一個在系統內的困境。而參與者各有其作為(Policy)，藉由系統動態學，看其互動就是產業發展的結果。當政府角色沒那麼重時，以演化觀點，觀察企業如何和環境互動，可以對產業發展有不同角度的體認。

藉由產業經濟、國際貿易、雁行理論等解析方法，的確有助於理解台灣產業發展的某些特徵；但不易觀察因政府、多國籍企業、本土民間企業、研發機構等多角色，長時期互動，所引起的複雜、動態現象。尤其進入 21 世紀，台灣產業發展深受知識經濟、中國大陸、異業交流、跨領域整合等所影響，而變得益形複雜。越來越多現象，不是藉由簡化模式，進行某些特定觀察的解析法，可以獲得圓滿解答。例如：創新創業、知識管理、知識服務業、技術預測等跨領域、整合性研究，需根基於真實世界，以整體、綜合、探索導向去觀察現象、描述事實和歸納。也正因為如此，工研院經資中心成立於 2000 年成立時，除了電子資訊、化學材料、生技醫療和機

電運輸，四個產業研究組外；特別成立整合研究組，負責跨領域、整合性研究，歷年來相關研究包括：產業技術政策、創新創業、知識管理、知識服務業、技術預測、決策支援系統建置等；承接行政院科技顧問組「產業科技人才調查(2002)」、「創新型經濟活動調查與案例研究(2003)」、「提昇台灣創新研發與高值化績效(2003)」、經建會「知識密集服務業發展綱領(2003)」、國科會「產業科技資訊系統建置(2004)」、技術處「產業群聚與創新政策研究(2004)」等計畫。

諸多因素相互作用下，台灣產業發展充滿了複雜和動態。系統思維以宏觀、整體看世界，雖被認為可以恰當、貼切的處理複雜的問題。然而如何藉由正確豐富的觀察資料，貼近真實世界，詳實描述現象，掌握背後的結構，以確保效度是關鍵。

系統目標是系統思維的起點，因此要了解系統的發展，首先要思考系統的真正目標 (Real Objectives) (Churchman, 1968)。系統真正的目標，不是客觀存在的 (not out there)，須要多方面的思考與批判，才能對系統目標有較清晰的界定。要界定系統的目標，也同時要思考系統的環境 (Environment) 及邊界 (Boundary)。由於人類的心智沒有能力了解整體，邊界設定在系統思考中也是一個重要的步驟 (Flood, 1999)。系統範圍的界定，在於它區別了環境與資源，但對產業系統而言，邊界的設定似乎較為困難，因為政府及已開發國家這二者同時扮演了環境與資源提供者的雙重角色。

以政府角色為例，它提供了產業系統的有利環境，它可以制定保護政策來保護產業系統的發展，它也可以建立研發機構、或提供經費，來支持產業系統的研究發展。但是政府的產業政策，通常是較為整體性的，對特定產業的支持，也有一定的限度。一般而言，政府會在產業發展初期，提供較多的資源。以台灣為例，當政府決定以半導體產業為策略性工業時，政府支助研發機構，從事 IC 技術的研發，然後透過衍生公司 (Spin-offs) 的方式，將研發機構的人力、設備移轉而成立企業，台灣目前許多的國際知名的半導體企業，如晶圓代工業中的台積電、聯電等，都是以這種方式成立的企業。這種政府贊助的產業研發機構，隨著產業的發展作調整的情形，說明了對單一產業系統發展而言，固然可以將政府提供的資源部份劃歸系統，但是隨著產業的發展，這部份的資源 (主要是產業研發機構的支持程度)，並不是企業可控制的，它會隨政府的產業政策而變，例如：可

能轉支持液晶顯示器(Thin Field Liquid Crystal Display, TFT-LCD)，和生物技術等。換言之，政府雖然在產業系統發展上始終都扮演了協助者的角色，但它的政策會隨著整體的產業發展而變，對不同產業發展而言，來自政府的支持會隨著產業階段不同而有所變化，也就是說，是動態而非靜態的，這是探討產業系統的一個問題。

多國籍企業和政府一樣，同時扮演資源提供者和環境兩種角色。對已開發國家而言，參與產業系統發展的是多國籍企業，在企業發展早期，它提供了人力、資金、技術等資源，協助本土民間企業建立它的初步技術能力與產能。但是多國籍企業在開發中國家設據點的目標，主要在尋求新的市場，追求企業的整體利益，而不在於本土民間企業的利益(Arnold and Quelch, 1998)。因此，它與本土民間企業的關係是合作又衝突的。許多成功的多國籍企業會集中資源在較高附加價值的活動上，而將附加價值較低的技術轉移出去或委外生產。雁行理論說明了這種合作關係。這種將非核心技術委外的做法，已成為多國籍企業的常見手段，透過國際分工，來達到雙贏的效果。因此開發中國家產業系統的發展，必要考慮到多國籍企業的企圖與目標。例如：當本土民間企業藉由學習而累積夠多的能量時，和多國籍企業的利益衝突的可能性，便會提高。此時，多國籍企業反而變成產業成長的限制條件。事實上，台灣汽車產業的發展，在整車設計能力的提升上，就受到主要技術伙伴(多國籍企業)的極大影響 (Jan and Hsiao, 2004)。

產業系統的目標，依產業經濟學的角度，乃在於產業系統是否善用資源，以達到有效使用資源的目的(Coase, 1988)。但對於開發中國家而言，產業系統受到政府及已開發國家的多國籍企業所影響，因此如何妥善處理這些環境因素，是系統思考必須妥善處理的問題。

Ackoff 分析現代企業的演變，以系統目標的角度，提出了機械系統、有機系統、社會系統等三系統觀點(Ackoff, 1994)，其後又加入生態系統(Ecological System)，而形成四種系統的模式(Ackoff and Gharajedaghi, 1996)。

生態系統本身沒有目標，但它的元件各有其目標。站在產業研究者的角度，適合將開發中國家的產業系統，視為一生態系統。因為產業系統的元件，包括本土民間企業、政府支助的研發機構、來自己開發國家的多國籍企業等，各元件都有其不同的目標，但每個元件都無法單獨主導產業的

發展。而各元件之間的互動及系統與環境互動的結果，則會影響產業發展的走向和結果。

站在產業系統研究者的角度，產業系統本身似乎沒有目標，但各個元件卻有其不同的目標。因此，將產業系統的發展視為生態系統，應是一個可行的觀點。但是，政府和多國籍企業，兩者都有扮演資源和環境的角色，則必須進一步釐清。為了解決政府及多國籍企業，同時兼具環境與資源提供者，雙重角色的困境，本研究以關鍵參與者(Key Players)的方式來代表雙重角色。

對一個生態系統而言，它無法透過傳統的規劃、控制等程序來了解系統的發展，而是各參與者互動的結果。各關鍵參與者依據各自的目的訂定不同的政策，來參與，並影響系統發展的結果。開發中國家的產業發展，不是任一參與者可以單獨決定，而是幾個主要關鍵參與者互動的結果。在這種情境下，系統動態學是一個適當的方法論，透過對每一關鍵參與者政策的分析，將可建立系統結構，來瞭解系統的行為 (Forrester, 1961)。

開發中國家產業的發展，政府常扮演重要的角色，但是也有一些成功產業的發展，政府並沒有太大的影響，尤其是以國際市場為主的產業。例如台灣的資訊產業，它的產值曾占全球第三位，主要憑藉的是本土民間企業不斷的因應環境變化，與全球領導廠商的成功互動的結果。此外，像半導體產業的發展，早期雖依賴政府協助建立初步的人力、資金、技術，但後期則主要依賴本土民間企業不斷的與環境互動以取得資金、人力、與產能、與技術。這二個產業的發展，可以視為是一個演化的程序，是產業系統不斷的與環境互動，持續成功的因應環境的變化而建立自身的競爭優勢的結果。

資訊、半導體、汽車、國防等產業都是台灣自 1980 年代以來，致力發展的重點產業，成效卻截然不同。資訊和半導體產業成績斐然，已是全球前四大生產國(Jan and Chen, 2004)。汽車產業則以零組件生產、整車組裝、小改款穩住本土市場，2000 年以後才赴大陸設廠，而開始打開海外市場(Jan and Hsiao, 2004)。國防科技經過多年努力已具備相當研發能量，卻因政策轉變，而未能商業化(Jan and Jan, 2000)。

以台灣資訊、半導體、汽車、國防等產業為例，可以看出開發中國家的產業發展是一個複雜、動態的過程，其發展深受政府及多國籍企業的影響。

響，而這二者同時扮演了環境與資源提供者的雙重角色。本土民間企業與這些角色的互動，深遠的影響了開發中國家產業的發展。本研究將產業視為一系統，藉由 Churchman 對全球問題的系統思維方法 (Churchman, 1968, 1979; Fuenmayor, 2001)，重新思考產業系統的目標、環境、資源、及元件，以 Ackoff 和 Gharajedaghi (1996) 生態系統的觀點來探討系統中角色的相互關係，並利用系統動態學 (Forrester, 1958, 1961, 1975, 1990; Lane, 2000; Randers, 1980; Richardson, 1991) 及演化觀點檢視產業系統的發展。即本文以台灣產業系統發展為例，探究如何以系統思維方法去探討開發中國家的產業發展。



四、系統觀點探討產業系統發展

4.1 生態系統觀點

將產業系統的發展視為生態系統，最重要的是界定元件及各元件的目標。就表面來看，一個開發中國家(如台灣)，特定產業系統的主要的元件是它的本土民間企業，這些本土民間企業的目標在於建立自己的人力、資金、技術、產能等，為自己的企業獲取最大的生存空間。與政府有關的元件是它所支助建立的產業研發機構，目標在於支持產業的研發活動，參與產業系統的發展(Su *et al.*, 2003)。與多國籍企業有關的元件則為它所成立的分支單位，提供本土民間企業必要的資金與技術，以協助產業發展(Bamford *et al.*, 2004)。但是，這種界定元件的方式，較適合靜態的分析，並不適用於動態分析。事實上，政府對特定產業的支持程度，是隨著整體產業發展狀態而改變的，而多國籍企業提供的支持，也會隨著與本土民間企業的合作、競爭關係而有所調整。因此，將產業系統的發展視為生態系統，元件的定義需要進一步的思考。

對台灣的產業系統而言，政府和多國籍企業都同時兼具環境和資源的角色。例如：設置科學園區、選定十大新興產業、執行環保法規時政府扮演環境的角色；而培育科技人才、支援研發機構、提供租稅優惠等則是資源提供者。至於多國籍企業，其全球佈局追求整體最大效益策略下，提供初級技術、資金、培養策略夥伴是資源的角色；而不樂見本土民間企業自我品牌、行銷等高附加價值活動，則是環境的角色。

為了解決政府及多國籍企業，同時兼具環境與資源提供者，雙重角色的困境，本研究以關鍵參與者(Key Players)的方式來代表雙重角色，它們的角色及目標如表一所示。換言之，本文以參與者來界定產業系統的元件。

一般而言，一個產業系統的參與者至少包含了本土民間企業、政府、及多國籍企業等三者，當然不同的產業可能會有其它的參與者。這些參與者的政策及決定，對產業系統的發展會產生影響。事實上，每一個參與者在系統發展過程的不同階段，各有其政策、目標。例如：產業發展初期，政府可能會藉由保護政策，協助產業發展；但相對的，當產業進入成熟期，政策可能轉以刺激創新、研發為主。

每個參與者在產業發展不同階段，都有其本身特定目標，但卻也無法單獨決定產業的發展；所有參與者共同互動後的結果，決定了產業發展的走向。也就是說，產業系統本身沒有目標，但每個參與者都有其特定目標。這種以參與者來代替元件的界定方式，符合了生態系統的定義。

對雙重角色的關鍵參與者而言，它的資源提供者角色，屬於產業系統內的元件，而其環境的角色，則為系統外的環境。當政府或多國籍企業對產業的目標改變時，只須調整其政策即可。

表一、產業系統中主要的雙重角色(關鍵參與者，Key Players)

	政府	多國籍企業
環境角色	<ul style="list-style-type: none"> · 建立有利於產業發展的法規 · 提供良好的基礎建設 (含建立科學園區) · 	<ul style="list-style-type: none"> · 保持核心競爭力 · 較不可能提供較高附加價值的技術 · 利潤導向 · 本土民間企業不要變成競爭者
資源角色	<ul style="list-style-type: none"> · 政府支助的研發機構 · 獎勵、減稅等措施 · 培育產業發展所需人才 · 培養出建立具有競爭力的本土民間企業 	<ul style="list-style-type: none"> · 早期提供必要的人力、資源、技術 · 傾向只提供較低附加價值或過時的技術 · 培養合作夥伴

4.2 系統動態學觀點

對一個生態系統而言，它無法透過傳統的規劃、控制等程序來了解系統的發展，而是各參與者互動的結果。各關鍵參與者依據各自的目的訂定不同的政策，參與並影響系統發展的結果。由於開發中國家的產業發展，不是任一參與者可以單獨決定，而是幾個主要關鍵參與者互動的結果。在這種情境下，系統動態學是一個適當的方法論，透過對每一關鍵參與者政策的分析，將可建立系統結構，來瞭解系統的行為 (Forrester, 1961)。事實上，系統動態學(System Dynamics, SD)已廣泛被應用來，探索電力、原油、資訊、鋼鐵、造紙、航空、服務業等產業發展的動態(Berends and Romme, 2001; Corben *et al.*, 1999; Dangerfield and Roberts, 2000; Ford, 1997; Liehr *et al.*, 2001; Oliva and Sterman, 2001; Pardue *et al.*, 1999)。

藉由資訊-決策-行動環路分析每一個關鍵參與者的政策，可以有效掌握系統的結構和行為。以Jan and Jan (2000); Jan and Hsiao (2004); Chen and Jan (2005^a), 針對台灣的半導體產業、汽車產業、國防產業發展所做的系統動態學分析為基礎，進一步以本文之生態系統的角度觀之，其關鍵參與者和其主要政策如表二所示。

表二、生態系統觀點看台灣的半導體產業、汽車產業、國防產業

	關鍵參與者	主要政策
半導體產業	<ul style="list-style-type: none"> · 本土民間企業 · 政府支持的研發機構 · 政府 · 國際策略夥伴 	<ul style="list-style-type: none"> · 生產與服務能力 · 衍生公司 · 基礎設施 (如:科學園區) · 提供技術
汽車產業	<ul style="list-style-type: none"> · 本土民間企業 · 政府 · 外國技術母廠 · 消費者 	<ul style="list-style-type: none"> · 生產和設計能力 · 保護政策 · 提供較低層次技術，不支持整車設計 · 視汽車為奢侈品
國防產業	<ul style="list-style-type: none"> · 政府支持的研發機構 · 政府 · 武器系統供應商 	<ul style="list-style-type: none"> · 武器系統研發 · 長期經費支持 · 視本土研發能量提供武器系統

4.2.1 台灣半導體產業模式

台灣政府將半導體產業訂為策略性工業。政府在早期製訂了許多的獎勵法令，配合建立科學園區等措施，來推動高科技產業的發展。政府支持的研發機構(工研院，Industrial Technology Research Institute, ITRI)，早期亦扮演重要角色，藉由衍生公司打下產業發展的基礎。本土民間企業逐步建立起初步的產業規模後，不斷的與環境互動，成功的吸引了台灣資本市場的資金，又以股票分紅的策略，成功吸引了大量的人力，在良性循環下，累積了大量的人力、資金、技術、與產能，從而吸引了更多多國籍企業作為合作的伙伴，而建立起全球第四大的半導體產業。

半導體產業是一個人力、資金、技術密集的產業，有效累積大量的人力、資金、技術、與產能，正是台灣發展半導體產業成功的關鍵。一座 12 吋晶圓廠造價，高達三十億美金。製造過程牽涉到眾多學域，包括：電子學、光學、化學、精密機械以及材料科學等知識的整合、生產過程的控制與管理(Clemens, 1997)。人力資源對半導體產業的發展非常重要，產品設計變化，原料品質變異，設備特性最適化，都需要高素質人力整體考量解決(Appleyard and Brown, 2001)，而這種整合與處理問題的能力，需要靠經驗的累積而來(von Hippel and Tyre, 1995)。

台灣半導體產業的成功發展，乃政府、研發機構、本土民間企業、多國籍企業等參與者互動後的結果。1970 年代台灣本土民間企業尚無力自行負擔發展半導體產業所需的巨額投資，政府藉由研發機構引進海外技術、開闢科學園區提供軟硬體環境、並以租稅補貼降低營運成本，協助本土民間企業投入半導體產業發展，奠定產業發展的基礎。進入 1990 年代，本土半導體企業已具相當規模，專業代工、記憶體專業廠、以資訊應用為主的 IC 設計公司，在國際市場上逐漸嶄露頭角，吸引眾多日本、美國、歐洲的多國籍企業，跨海合作，進一步累積技術與產能。

半導體產業的競爭力依靠的產業所累積的人力、資金、技術與產能。擁有越優秀的人力，就越能吸收海外先進技術、設計先進產品；擁有越優秀的人力和越先進的技術與充足穩定的產能，就越能及早生產高附加價值的產品，從競爭激烈的市場中獲利；企業獲利能力越強，就越容易從資本市場中取得資金，就越有能力投入產能的擴充、技術的提昇、人力的優化。

Chen and Jan (2005^a)利用動態流程圖說明台灣半導體產業發展中，人力、資金、技術、產能累積過程中，政府、多國際企業、本土民間企業如何互動，造成台灣半導體產業成功的發展。並利用量化模式模擬，在人力供給限制、市場極限和人力資源流失等不同情境下，對台灣半導體產業未來發展的衝擊。其中以當台灣的資源無法再支持半導體產業繼續高速擴張時，人力流失導致人力增加環路的效果反轉，會讓產業長期累積的能力，在短時間內快速散失，影響最為嚴重。

4.2.2 台灣汽車產業模式

汽車產業是一高度整合型產業，其車型開發週期長、零組件種類繁多、生產流程複雜，需要各種產業、衛星體系相互配合，是資本和技術密集的產業。產品從市調開始、產品的研發、車型的設計、生產製造到銷售回饋，週期長達四年；汽車零組件個數上萬以上，材料包括鋼鐵、非鐵金屬、橡膠、玻璃、石棉、陶瓷、纖維及石化材料等；中心衛星廠生產體系，零組件製造方式包括：鑄造、沖壓、鍛造、機械加工及熱處理等，整車組裝過程包括：焊接、裝配、上漆等。

台灣汽車產業發展初期，缺乏設計與生產能力，政府扮演了重要的角色，制定技術引進和保護法規，使本土民間企業得以在多國籍企業技術支援下，由裝配維修開始，逐漸累積出初步的製造及設計能力。Arnold (1986)以「發展階段論」探討台灣政府政策，解釋台灣汽車產業的發展過程，描述台灣如何從進口替代至出口擴充。事實上，台灣汽車產業的發展是一個複雜、動態的過程，許多因素相互影響後的結果。根據 Jan and Hsiao (2004)的研究，台灣汽車產業的發展，初期政府扮演重要角色，後期則是本土廠商、技術母廠、及消費者特性互動後的結果。

當本土民間企業在政府政策扶植下，逐漸具有製造、設計能力時，開始出現和提供技術的多國籍企業伙伴的目標相衝突。台灣過去曾有二家本土民間企業嘗試進行整車設計，推出自行研發設計的新車；違反和其合作的多國籍企業的目標，技術母廠遂以不引進新車型、新技術的手段，來壓抑本土民間企業，進一步發展。由於台灣消費者將汽車視為奢侈品，在沒有新車型的市場衝擊下，本土民間企業最後放棄了整車設計的活動，又回

到與技術母廠的合作關係。這種與母廠成為合作伙伴而非競爭的關係，使本土民間企業占有了國內的市場，但卻失去整車設計能力。Jan and Hsiao (2004)利用動態模式，說明影響台灣汽車產業發展的四個角色，其如何互動與影響產業發展。並進一步討論其消費者、政府、技術母廠角色改變時，對產業系統的影響。其中屬於多國籍企業的技術母廠扮演關鍵性角色，其策略改變時，系統行為將大受影響。在多國籍企業的國際分工體系的利益考量，和消費者每兩年期待新車型的偏好下，台灣的汽車產業即使經過政府和本土民間企業的不斷努力，仍無法持續累積轎車整車設計能力，只能維持改款設計能力，以維持國內市場佔有率，卻無法建立自有品牌以進軍國際市場。

4.2.3 台灣國防產業模式

武器系統的研發時間長、成本高、管理複雜；研發和管理能力都需要不斷的學習，和長期經驗的累積。現代武器系統龐大而複雜，一套大型的武器系統，從使用部隊提出需求開始，經由概念設計、展示確認、全型發展到生產部署，最後再交部隊使用，全程通常超過十五年(DoDD, 1982; DoDI, 1982)。而台灣國際地位特殊和本土民間企業技術水準未能配合，導致武器獲得決策，更形複雜。

在 Jan and Jan (2000)的研究中指出，台灣國防產業的發展係以武器裝備研發為核心，現代化武器裝備，主要集中於中山科學研究院。而台灣國防產業自民國三十八年至今，依武器裝備獲得方式可區分為四個階段。

台灣的武器系統的獲得，主要來源為國外採購和自行研發，而這二種獲得方式具有密切的關係。台灣武器獲得的政策可分為三階段，由早期的外購，轉為自主研發，再轉為外購為主。其中研發經費佔武器獲得所有經費比例曾增加至 50%，並已累積許多的關鍵技術。在台灣擁有相關技術後，使它有機會以更低廉的價格購買到相當的武器系統。武器提供者的這項低價政策，使得台灣武器獲得政策又傾向外購。到 1998 年研究經費比例一路下降到 30%以下，使得研發單位流失許多，需長期才能累積的人力與技術，對自主研發產生重大的衝擊。

Jan and Jan (2000)利用系統動態學，說明台灣武器系統研發，對台灣國防工業的影響。並進一步模擬研發能力和外購價格的關係，結果發現，維持自行研發和海外採購的適度平衡，才是台灣武器系統發展的最佳模式。



4.3 演化觀點

當討論一個生態系統時，主要是探討其每一特定期間重要物質所累積存量的演化，例如是物種的多樣性、多元文化等(Ruth, 1995)。演化是自然選擇和其他有性生殖、突變等，交互作用，造成基因的改善；而環境則扮演篩選的角色，區域環境不時的改變，不同的環境適合不同物種生存。根據 Miller 的研究(1978)，生命系統一般朝更複雜的方向演化，以便應付更複雜的環境變化。而 Morgan(1982, 1983)則認為組織藉由演化，不斷增加複雜度，才能因應環境變化，才能避凶，才能存活下來。

開發中國家產業的發展，政府常扮演重要的角色，但是也有一些成功產業的發展，政府並沒有太大的影響，尤其是以國際市場為主的產業。例如台灣的資訊產業，它的產值曾占全球第三位，主要憑藉的是本土民間企業不斷的因應環境變化，與全球領導廠商的成功互動的結果。可以視為是一個演化的程序，是產業系統不斷的與環境互動，持續成功的因應環境的變化而建立自身的競爭優勢的結果。



4.3.1 台灣資訊產業演化

台灣資訊產業的發展，與全球 PC 產業的領導廠商的發展息息相關(Jan and Chen, 2004)。1980 年 IBM 採取開放架構策略，成為 PC 市場領導廠商後，也為台灣資訊產業帶來了發展機會。台灣以電玩和家電產業為基礎，成功的轉型為監視器的委託加工廠商(Original Equipment Manufacture, OEM)。Compaq 於 1986 年率先推出 32 位元 PC，挑戰 IBM 領導地位，委外代工成為競爭利器，台灣資訊業者在當時大幅擴充了 OEM 的能力，逐漸建立原廠設計生產(Original Design Manufacturer, ODM)的能力。1990 年初期，視窗軟體的出現和中央處理器(CPU)效能價格比大幅提昇，促使低價個人電腦(低價電腦)興起，台灣業者藉由優異的製造能力、低成本的海外廠生產，成為主流業者因應低價電腦時代的最佳委外夥伴。1990 年代中期網際網路興起，Dell 逐漸威脅 Compaq 的地位，而台灣廠商已建立 ODM 和全球運籌的管理能力，開始展現影響多國籍企業，主流廠商策略選擇的能力。台灣資訊業者成功的與全球多國籍資訊廠商的互動，不斷的建立因

應環境變化的能力，確保了台灣資訊業者的生存發展，並演化出了與主流廠商同步發展的生存能力與策略。2000年中國大陸在全球及台灣資訊業者的資助下，取代日本成為全國第二大資訊產品生產國，台灣廠商再度面臨轉型的壓力，紛紛以3C整合產品、資訊應用服務、強化研發以因應環境的變化。因此，台灣資訊產業的發展，政府並未扮演重要的角色，主要係由廠商不斷的發展出因應全球資訊產業變化的競爭優勢。

全球資訊產業環境變化激烈，從1980年代IBM PC興起到網際網路盛行，二十餘年來台灣卻能屹立不搖。2002年台灣資訊產業產值排名全球第四，計有十四項資訊產品產量全球排名第一。回顧過去二十餘年的演化，全球主流廠商的競爭，固然提供了台灣資訊產業不斷成長的機會。但不同階段，以中小企業為主的台灣資訊產業，不斷調整自己的角色，以因應和全球主流廠商不同互動模式的需求，才是長期得以成功存活的關鍵。台灣資訊產業過去的成功，說明了：面對詭譎多變的環境，持續不斷地發展出新的核心能力，與主流廠商同步成長，是中小產業有效的長期存活策略。

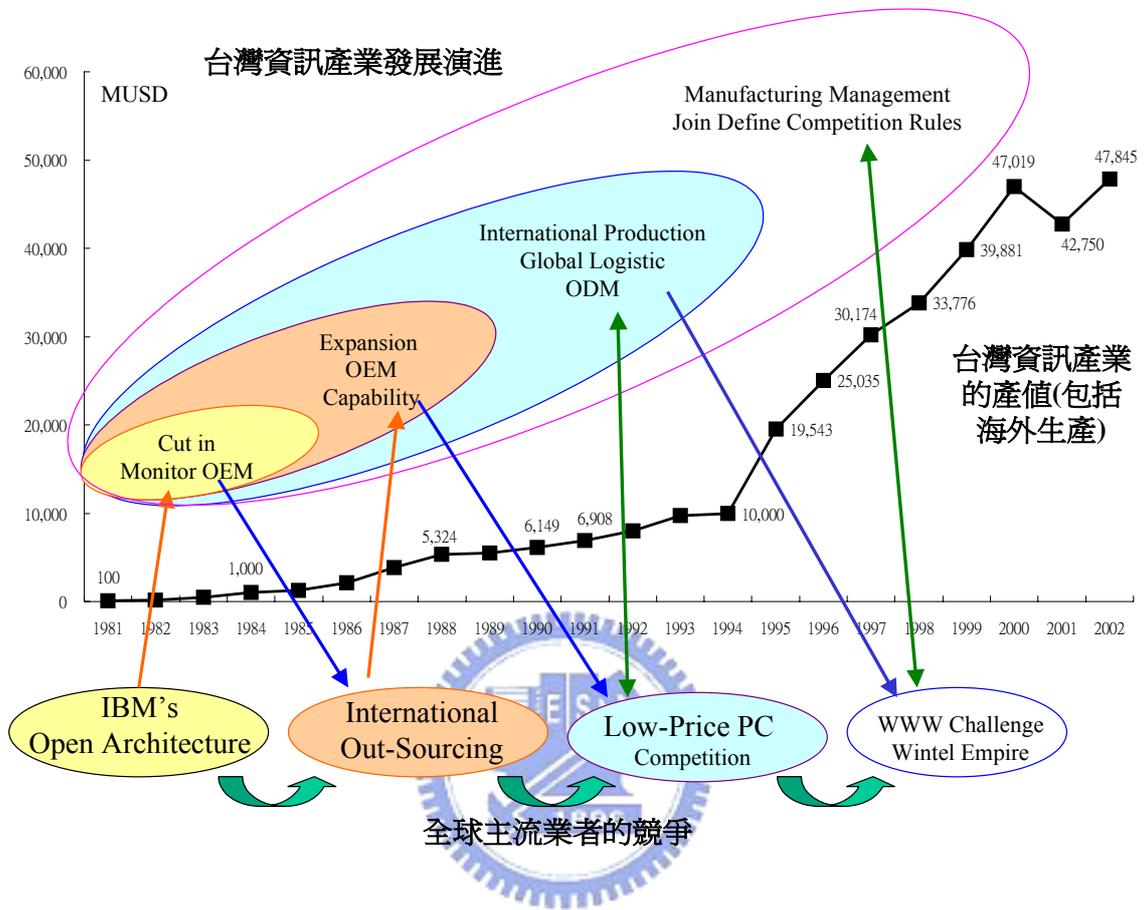
二十幾年來全球資訊大廠更替不斷，台灣業者卻能不斷成長(Ernst, 2001)。2001年在全球衰退13%的影響下，台灣資訊產業歷經過去22年來首度負成長，產值衰退了9.1%。但在多年的製造優勢和全球運籌與兩岸分工佈局的漸趨完備下，2002年全球雖仍衰退3.1%，但台灣卻成長了11.9%。台灣資訊產業從1981年開始連續20年不斷成長，年複合成長率高達38.2%。2002年海內外產值478億美元，國內產值173億美元。僅次於美(702億美元)、大陸(352億美元)、日本(314億美元)，全球排名第四。支撐台灣資訊產業的主力產品，計有筆記型電腦(筆記型電腦)、桌上型電腦(Desktop PC)、液晶監視器(LCD Monitor)、主機板(主機板)、陰極射線管監視器(CRT Monitor)、光碟機(CD-ROM)、數位相機(DSC)和投影機(Projector)。其中在全球市佔率超過6成的有主機板(75%)、筆記型電腦(61%)、LCD Monitor(61%)等(Yearbooks, 2002)。

在競爭激烈、變動頻繁的環境下，台灣資訊產業何以能擺脫新興工業國家，如韓國、新加坡、香港等的競爭；成為美日重要大廠，如IBM、Compaq、Dell、NEC等的代工夥伴；協助主流廠商實現低價電腦的佈局，促使網際網路的盛行；在國際大廠爭主導標準之爭，如PC133 V.S RamBus, Socket 7 V.S Slot 1等時，扮演左右局勢的關鍵角色。台灣資訊產業在沒有規模夠大的企業和強有力的科技能力下，卻有這般成績，產業發展研究

者，相當著迷。有些研究者從國際生產分工網路切入(Gereffi, 1996; Hatch and Yamamura, 1996)，這種以產品生命週期，比較利益觀點的雁行模式，並無法有效說明台灣資訊產業成長的複雜過程(Bernard and Ravenhill, 1995)。如同 Borrus (1994)的研究，美國高科技公司和台灣資訊業者合作，雙方都獲利。台灣資訊產業業者，究竟如何和全球多國籍企業互動，從歷史、演化觀點，可以提供更多的理解。以演化的觀點，可以看出台灣資訊產業發展的軌跡。

生命系統是一個開放的系統，存在一個特定的環境裡(Miller, 1978)。系統的發展，受限於環境、依於環境，而環境也提供了發展的機會(Churchman, 1968, 1979)。從演化的觀點，生命系統會不斷演化出新的能力或複雜度以因應環境的變化(Lorenzana and Ward, 1987)。產業存在一個開放的環境，有很多社會、經濟等因素會影響其發展。開發中國家產業的發展，和環境的互動格外重要，尤其是像台灣資訊產業，這類變動快速的產業。利用生命系統演化的觀點看台灣資訊產業的演化，可以說明過去這二十餘年來台灣資訊產業，如何成功地和環境互動。從中看出全球主流廠商的競爭，提供了台灣資訊產業不斷成長的機會；而台灣資訊產業的成長，建立新的能力後，也協助了主流廠商提升競爭力。如圖一和表三所示。





圖一、台灣資訊產業的發展與全球主流廠商互動關係

表三、台灣資訊產業演化

Years	IT industry milestone	Major International Players	Core Competence of Taiwan
1980~1984	Open Architecture	-IBM vs. Apple -Apple II incorporated VisiCalc and became the market leader (1977) -IBM launched the 16 byte PC (1981)	-Reduction in Monitor OEM -Electric Component Supply System
1985~1989	International Out-Sourcing	-Compaq and IBM -Compaq launched its 32byte PC (1986) -IBM launched the PS/2(1987)	-Expansion OEM Capability - Mass Production
1990~1994	Low-Priced PC Competition	-AMD and Intel -AMD presented the AM386 processors (1991) -Compaq gave up its high-price strategy (1991) -Compaq replaced IBM as the largest PC firm (1994)	-International Production -Global Logistics -ODM
1995~2000	WWW Challenged Wintel Empire	-Dell and Compaq -Intel entered the motherboard market (1995) - Dell established internet shops (1996) -VIA presented the PC133 chip (1999)	-Manufacturing Management -Join Defined Competition Rules
2001~	Integration World Personalized Service	-Dell became the largest PC firm (2001) -HP merged with Compaq (2001) - China replaced Japan as the 2 nd largest production country, and business from Taiwan contributed 64% (2002)	-Enhance R&D -Integrate 3C -Integrate Service

1980 年代全球資訊產業進入全新紀元，IBM 採取開放架構(開放架構)固然得以快速推出 PC，以取代 Apple 成為市場領導廠商。不過此舉，卻埋下往後二十餘年全球資訊產業詭譎多變的競爭，也為台灣廠商進入全球資訊產業舞台開了一扇門，使台灣成為全球主要資訊產品生產國。Compaq 於 1986 年率先推出 32 位 PC，挑戰 IBM 領導地位。IBM 雖於隔年推出 PS/2 因應，然終因台灣、南韓等新興工業化國家的加入，使相容電腦氣候已成，而黯然收場。1990 年初期，AMD, Cyrix 陸續推出可以和 Intel 價格競爭的微處理器，促使低價(個人)電腦興起。台灣業者強有力的製造能力與經驗，加上海外設廠降低製造成本，配合全球運籌管理，成為協助主流業者因應低價電腦時代的利器。1990 年代中期網際網路興起加速低價電腦

盛行，以直銷起家的 Dell 於 1996 年推出網路商品，落實為顧客量身定做的策略，終於 2001 年成為個人電腦第一大廠。而台灣廠商彈性生產和全球運籌管理能力，正是其實現策略的最佳夥伴。

全球主流廠商藉由不斷研發創新、主導標準、強化品牌等提高其附加價值，以維持其競爭優勢。例如：電腦公司不著重於製造電腦(Rapport and Halevi, 1991)，主流廠商著眼在建立技術標準(Morris and Ferguson, 1993)；而台灣資訊產業則專注於較低附加價值的製造與研發，此種相輔相成的關係，使台灣成為全球資訊產業不可或缺的一部份。回顧過去，台灣資訊產業的發展和全球主流廠商競爭佈局，息息相關。

4.3.1.1 IBM PC 階段

IBM 偶然地打開了全球資訊產業大門，台灣及時搭上全球資訊產業發展的浪潮。1980 年代初期蘋果電腦(Apple Computer)具彩色圖形並用卡式錄音磁帶存儲資訊，又有 VisiCalc 試算軟體支援，迅速成為個人用電腦市場主流。稱霸大型主機的 IBM 眼見蘋果電腦在 PC 的成功，為求快速趕上，於 1981 年斷然採取開放架構，宣告了全球 PC 行業的誕生，吸引歐、日、韓、大陸、印度等競相投入發展資訊產業。台灣也在既有電視機和電玩產業基礎，與政府政策強烈主導下，及時轉型投入發展資訊產業。(黃欽勇, 1995)

主流廠商採取技術開放擴散策略，造成產業全球化分工的成形。IBM 為了快速推出產品以趕上蘋果電腦，採取和以往截然不同的開放架構策略。採用較為便宜的微軟 MS-DOS 作業系統(價格 40 美元為當時主流 CP/M 的十分之一不到)，和功能較強的 Intel 8088 16 位元處理器(當時蘋果電腦使用 Motorola MC68000 8 位元處理器)，並且允許它們可以將產品賣給別家企業。利用此開放架構策略，使 IBM 得以短短一年不到的時間，於 1981 年 8 月快速推出性能較為優異的 PC，而快速取代蘋果電腦成為 PC 市場領導廠商(羅耀宗, 1994)。IBM 採取開放架構策略，允許零組件業者可以將產品賣給別家企業，重新定義全球資訊產業競爭態勢，奠下了爾後相容電腦的發展趨勢，和全球化的競爭態勢，宣告了全球 PC 行業的誕生，也為台灣進入資訊產業提供了機會。全球各國在 IBM 以開放架構切入 PC，快速取得

成功的激勵下，競相投入資訊產業。例如：1981年，單單日本就有六、七十家廠商生產 PC。歐洲的 Olivetti International、ICL 和 Philips 也都準備推出 PC 新機型。大陸也可以拼裝十三種不同的 PC，更擬定一項七年發展計劃，廣邀外商協助其發展電腦產業。韓國從事電腦研究發展的業者，大大小小也有兩百家。其他如香港、新加坡、墨西哥等新興工業國家亦都積極投入發展資訊產業。

IBM 採取開放架構，PC 成為模組化組裝產業。台灣從 1960 年代從零組件組裝開始進入電子產業，建立電視、電動玩具等上下游群聚，正好符合 PC 產業特性。因此，有機會成為 IBM 代工夥伴。1981 年 IBM 推出 PC 時，台灣家電產業正面臨成長瓶頸，促使家電業者，開始進軍監視器和終端機市場，成為台灣資訊產業發展初期的主力，直至 2002 年，仍是台灣資訊產業主力產品之一。2002 年台灣廠商所生產的液晶監視器佔有全球 61% 的市場。1982 年台灣決定全面禁絕電動玩具。電玩工業未發達以前，台灣電路板廠商只有兩、三家。但至 1982 年已有兩、三十家，其中 50~60% 供電動玩具工業。主機板產業在此基礎下，逐步壯大。2002 年台灣廠商所生產的主機板佔有全球 75% 的市場。

政府適時引介主流廠商，台灣業者藉週邊產品代工，奠下爾後發展的根基。台灣電子廠商在原家電和電玩的產業基礎下，分別因競爭力衰退和政府全面禁止而轉戰資訊產業，洽逢 IBM 採開放架構，形成發展初期的有利環境。1984 年在台灣科技顧問，前 IBM 總公司副總裁艾文思(Bob Evans)引介下，IBM 開始大量在台灣採購電子零組件及資訊產品，使台灣成為 IBM 在東南亞最大的供應商，在 IBM 採購政策下，大同公司躍升為全球最大電腦監視器供應商，也促使台灣資訊產業產值從 1981 年的 1 億美元快速達到 10 億美元規模，年複合平均成長率高達 115%。

4.3.1.2 全球委外階段

台灣資訊產業前十年的發展，乃美國主流廠商因應全球競爭的佈局結果，在歷經模索、適應階斷後，逐漸展現 OEM 的實力。經過

10 年的努力，台灣資訊產業 1990 年產值已達 61 億美元，十年間年複合成長率高達 58%，出口值 59 億美元，全球排名第三。IBM 為了快速趕上 Apple 而決定採取開放架構，為台灣進入資訊產業開了一扇窗。接著日本業者的生產效率迫使美國業者不得不移往海外生產，而台灣自 1966 年成立加工出口區以來，已累積諸多和國際大廠合作的經驗，正好可以搭配美國業者全球佈局策略。爾後日圓升值促使日本也來台代工，進一步強化台灣業者製造優勢。

日本業者的生產效率所造成的威脅，迫使美國業者不得不移往海外生產與之競爭，導致台灣資訊產業趁勢而起。80 年代以來美國廠商紛紛脫離製造行列，轉型為以服務業為主的經濟，只有全面電腦化、自動化、雇用員工極少的工廠才能生存下來。例如 Wyse Technology 採取由美國母公司做研究發展、行銷，在台灣製造的模式，即為典型例子。藉由此種模式，成立五年的美國 Wyse Technology 已經超越 Digital Computer，僅次於 IBM 成為全美第二大的終端機供應商。多年持續海外設廠，美國電子業終於 1984 年首度出現赤字，入超達六十八億美元。美國業者在國際競爭中節節敗退，1985 上半年美國幾家大電腦公司，IBM、Wang Laboratories、Apple Computer，紛傳裁員、停工、營運損失慘重的壞消息。1985 年美國矽谷落入有史以來第一次大衰退，磁碟機市場損失尤其慘烈，幾家大磁碟機廠商早已把大量生產移往海外，龍頭 Seagate 及華人創辦的公司 Microscience 都已經在新加坡設廠。另一方面，日本產品出口持續強勢，造成日圓不斷升值，低階產品亦不得不移到海外生產。例如：1987 年日本 Ricoh 委託中華誠豐公司代工生產 PC，開啟台灣資訊廠商正式為日本大廠代工生產的先河。

台灣資訊產業 80 年代末期已逐漸展現與主流廠商同步發展的實力。例如 IBM 因為擔心 PC 會對其大型電腦業務造成衝擊，即使 Intel 已推出 32 位元的 80386 處理器，卻遲遲不肯採用。然而宏碁則緊跟著 Compaq 於 1986 年 11 月完成亞洲第一部 80386 三十二位元 PC，並成立一家公司，從事特殊應用積體電路 ASIC 之設計。而倫飛則在 1988 年以新開發之 386SX PC Superset-490 在美國 Comdex show 中大放異彩，並登上美國 BYTE 雜誌封面。1989 年華碩在沒有 486CPU

測試的情況下，以舊版本的 386 Chipset 加上其他電子零件為材料，自行設計出 486 主機板，並通過測試與 IBM 等同步推出 486 主機板。1986 年 11 月美國 Texas Instruments Incorporated 通函台灣電腦廠商要求支付權利金，顯示台灣資訊業者實力已引起國際大廠注視。

4.3.1.3 低價電腦階段

1990 年代初期，視窗軟體的出現和 AMD, Cyrix 的加入促使 CPU 效能價格比大幅提昇；各廠牌的 PC 功能差異逐漸縮小，促使主流廠商不得不以低價電腦因應。累積十年以上的製造經驗，和低製造成本的東南亞、大陸廠，使台灣資訊廠商得以協助美日主流業者實現低價電腦的策略，同時擴大本身規模。台灣終於 1994 年成為僅次於美、日、德的全球第四大資訊產品生產國。

PC 規格日趨標準，功能差異優勢逐漸不顯著，主流廠商不得不推出低價電腦以因應競爭。Compaq 自從 1986 年率先全球推出 32 位元 80386 PC 以來，由於所開發的功能較為優異，以強勢價格獲得豐厚的利潤。但到了 1990 年初，Microsoft 推出 Windows 3.0 成為 386、486 PC 新的作業系統標準。AMD 則於 1991 年和 1993 年分別推出與 Intel 對應的 AM386 和 AM486 微處理器。PC 規格已日趨標準化，大量相容性電腦也能提供功能很強的產品，因此 Compaq 的高價位策略漸漸失去市場的吸引力。1991 年隨即放棄高功能差異化策略，宣佈低價電腦時代來臨。生產電腦的利潤大幅削減，導致許多國際大廠紛紛展開裁員行動，但 Compaq 卻因此於 1994 年取代 IBM 成為 PC 第一大廠。

台灣資訊產業歷經十年的演化茁壯，逐步海外建廠，為全球運籌佈局。一向以製造見長的台灣業者，在經過 10 年的努力，已經累積相當製造經驗，並趁台幣升值之際，開始到東南亞各地投資設廠，以降低生產成本。例如：1989 年明碁投資馬來西亞廠，生產鍵盤和監視器跨出海外投資設廠的第一步；多家廠商於 1992 年 7 月連袂赴大陸投資，並在上海成立台灣電子一條街；1993 年明碁和神通在大陸設廠營運等。至 1993 年勞力密度較高的鍵盤、滑鼠、電源供應

器等產品，已大量移往海外生產。台灣業者強有力的製造經驗，加上海外設廠降低製造成本，配合全球運籌能力，成為協助主流業者因應低價電腦時代的利器。

完成全球運籌佈局後，台灣已累積了足以影響主流廠商策略實現的實力。例如：當 Compaq 等大廠為求在低價電腦競爭中取得優勢，而需大量委外生產時，台灣資訊業者恰好有此能力挺身而出，共襄盛舉。累積十年以上的製造經驗，和低製造成本的東南亞、大陸廠，終於使台灣資訊廠商得以協助美、日主流業者實現低價電腦的策略，台灣資訊產業也因此而大放異彩，於 1995 年成為僅次於美、日的全球第三大資訊產品生產國。此一時期，台灣資訊業者已逐漸嶄露對主流廠商發展策略的影響力。

4.3.1.4 後 Wintel 階段

回顧以中小企業為主的台灣資訊產業，早期只是主流廠商委外生產的眾多選擇之一，藉由持續不斷地累積和發展出新的核心能力，每每在主流廠商重要策略轉折時，適時提供相關的配套。到了 1990 年代後半，已充分嶄露影響主流廠商策略的實力。

1990 年代中期以後，網際網路興起加速低價電腦的盛行，全球資訊產業上下游業者，面臨全新的挑戰。Intel 為了擺脫競爭力羸 Rambus、進軍主機板，卻因台灣業者另有盤算而無功而返。另一方面，台灣廠商的彈性製造管理和全球運籌能力，則是協助 Dell 藉由網路，實現其為顧客量身訂做策略的要素之一。

台灣 PC 相關零組件的設計與生產能力，已躍上檯面，主流廠商無法漠視。為了區隔 AMD、Cyrix 等公司的產品，Intel 於 1993 年推出新一代 CPU 時，不再取名 586 而以 Pentium 為名。此時台灣主機板產業勢力龐大，市場佔有率超過 80%。Intel 為了主導產業標準，避免台灣業者採用其他品牌的微處理器，遂於 1995 年宣佈大舉進軍主機板產業。然而，主機板產業終究非 Intel 所長，遂於 1996 年三月修改策略，加強與台灣主機板業者，如精英、華碩、大眾等大廠技

術合作。

此外台灣終於開始參與制定產業競爭規則。由於低價電腦盛行，使得 Intel 在零售市場之佔有率節節下滑；有鑑於此，Intel 遂投資 Rambus 公司，企圖制訂新規格且逐漸提昇記憶體之執行速度，以確保 CPU 世代交替持續向前邁進。不過，高頻下所衍生之問題相當多，有關之產品，其量產進度相繼遞延且生產成本仍居高不下。相較之下，PC-133 較符合低價電腦之風潮，當台灣半導體廠商威盛公司積極推動 PC-133 規格時，普遍獲得 Compaq、Dell、HP、IBM 等主要 PC 廠商的支援，顯示 Intel 對全球電腦業界的控制能力，已有逐步式微的跡象。Intel 想藉由控制系統規格賺取到暴利的時代，已因台灣業者分庭抗禮而逐步被全球廠商所共同打破。

4.3.1.5 長期存活策略

台灣進入資訊產業在產業發展初期是一個偶然的機會，但台灣及時掌握了此機會演化出 OEM、ODM、全球運籌能力時，即得以確保長期之生存發展。在家電產品和電玩產業建立的電子零組件供應體系基礎下，當 1980 年代 IBM PC 崛起時，提供了台灣一個進入資訊產業的機會。在電視機產業的基礎下，台灣業者得以終端機、監視器等周邊產品為全球主流廠商代工；在電玩產業的基礎下，主機板產業、電路設計、晶片採購、軟體人才等相關配套得以快速就位。其後台灣資訊產業則不斷演化出 OEM、ODM、全球運籌等各種能力。台灣業者即藉此得以，輕易地融入全球資訊產業體系。

事實上，以中小企業為主的台灣資訊產業，本土內部競爭非常激烈，在極小的地域上爭奪有限的技術、人才、資金和市場。例如：1990 年工研院電通所成立筆記型電腦開發聯盟，即有 46 家廠商參與。2002 年主機板有 16 家上市公司，除了第一線年產一千萬片以上的前五大廠商：精英、華碩、鴻海、微星和技嘉，尚有五家年產 200~350 萬片的二線廠，和眾多年產 150 萬片以下的三線廠，難怪台灣業者能佔全球 75% 的出貨量。經過本土激烈競爭後的台灣資訊產業，自然培養出獨步全球的主機板、掃描器、筆記型電腦等全球競爭優勢。

台灣資訊產業長期的存活策略，一直以成為主流業者的策略夥伴為最高指導原則。例如：2002 年台灣筆記型電腦出貨量佔全球市場的 61%，主要廠商：廣達、仁寶、緯創、華宇、英業達、大眾、神基和華碩，幾乎全都是仰賴為全球前 7 大筆記型電腦公司代工而興起。台灣廠商和主流廠商的相互關係如表四所示。

表四、2002 年全球筆記型電腦 7 大廠商委外台灣廠商代工生產關係

Kpc/Year		5,300	4,020	2,300	1,800	1,300	1,200	880	800
委外 比例	台灣業者								
	全球前七大	廣達	仁寶	緯創	華宇	英業達	大眾	神基	華碩
70%	HP+Compaq	V	V		V	V			
70%	Dell	V	V	V					
20%	Toshiba		V			V			
20%	IBM	V		V					
50%	Sony	V							V
15%	Fujitsu	V	V	V	V				
80%	NEC	V		V	V		V	V	

然而目前與主流廠商的關係則有微妙改變。網際網路興起後，全球競爭態勢丕變，台灣主要業者和全球主流廠商在一些特定領域，由既有夥伴關係變成競爭對手。例如：威盛進軍低價 CPU、力鞏 PC-133，宏碁於開發中國家力推自有品牌等。如此定位的改變，勢必影響台灣資訊產業未來發展的走向。當台灣資訊業者推向產業活動較高附加價值段時，過去和主流廠商的合作經驗已不足恃。

知識化、全球化過程中，台灣資訊產業面臨潛在的危機。21 世紀，預期資訊家電將取代 PC，成為帶動產業成長的主要動力，台灣資訊產業亦將進入全新時期。因應網路環境的成熟、資訊家電的興起，宣告知識服務時代的來臨。另一方面，台灣資訊產業海外生產比重逐年增加，尤其是大陸地區。例如 2002 年已有 46.9%，接近 224 億美元的產值，由大陸地區所產生；2003 年預計將有六成，超過 300 億美元的產值於大陸產生。台灣資訊產業經營模式，逐漸趨向以台灣為研發、行銷中心，大陸為生產、製造基地。幾十年來累積製造相關的能量，雖仍會是維持競爭優勢的主要來源之一，但卻不足以支撐產業進一步發展。為了再創另一個二十年佳績，台灣資訊業者勢必需朝研發設計、經營服務、跨領域整合等方向努力，和全球主

流廠商的互動模式和角色，勢必進一步演化。

二十年期間，台灣資訊業者和全球主流廠商的互動模式和角色不斷改變；初期完全依賴，接著相互依存，到最後成為競合。

回顧台灣資訊產業的演化，全球主流廠商間的競爭，固然提供了台灣資訊產業不斷成長的機會。但不同階段，以中小企業為主的台灣資訊產業，不斷調整自己的角色，以因應和全球主流廠商不同互動模式的需求，才是長期得以成功存活的關鍵。台灣資訊產業過去的成功，說明了：面對詭譎多變的環境，持續不斷地發展出新的核心能力，與主流廠商同步成長，是中小產業有效的長期存活策略。

4.3.2 台灣半導體產業演化

原始森林，藉由不定期的自然大火，調整生態；每一棵大樹的倒下，意謂著諸多小樹，脫穎而出的機會。全球半導體產業，又何嘗不是如此：1985年那一波，造成諸多美國業者退出動態記憶體市場，日本業者登上全球佔有率冠軍寶座，同時埋下韓國廠商茁壯的生機；1990年那一波則反之，美國業者重登冠軍寶座，韓商在動態記憶體的實力直逼日本業者，三星於1993年起，一舉奪下冠軍寶座，而台灣業者亦漸展露頭角，台積電和聯電，於專業晶圓代工市場上獨領風騷。1996~1998年，也可看到一些企業倒下，如：TI退出動態記憶體市場、Rockwell將半導體部門獨立出去、新日鐵的半導體56%的股權以15億日圓便宜地賣給聯電等，也看到一些新進者躍躍欲試，其中以中國大陸最為積極。

全球半導體產業系統以生態系統視之，系統本身並沒有目標，而各個參與者，至少包括多國籍企業、各國政府、下游應用業者、設備和材料供應商、產業協會等，卻各有目標。後進國發展初期，政府著力甚深，大都藉由支助技術研發、低利或免息貸款、關稅保護、非關稅障礙等，協助本土業者發展。早期日本、韓國、台灣如是，近期大陸也不例外。但俟產業發展到一定程度，本土廠商終究要躍上國際舞台，畢竟半導體產業乃全球性競爭的產業。此時以演化的觀點看本土民間企業的發展，成功的關鍵在於如何有效和大環境互動，以累積人才、資金、技術、產能等資源。

台灣半導體產業進入 1990 年代，深次微米計畫能量移轉民間後，政府的角色遂逐漸淡化，本土民間企業實力已逐漸養成，設計、光罩、製造、封裝、測試，專業分工模式，已證實具有獨特競爭力。產業發展，端視本土民間企業如何有效和大環境互動，於不同階段累積經驗與能量，以進入下一階段。

進入 1990 年代，於 80 年代由政府促成的半導體業者，如聯電(1980)、台積電(1987)等已逐漸站穩腳步，而大量民間業者，例如：旺宏(1989)、凌陽(1990)、揚智(1993)、南科(1994)、力晶(1994)、義隆(1994)、茂德(1996)、聯發(1997)、聯詠(1997) 陸續出現，則更令產業欣欣向榮。和國際大廠合作方式亦由早期技術引進，轉為策略聯盟、共同開發，例如：1992 年旺宏與日本鋼鐵公司 (NKK) 共同開發 Mask ROM 與 EPROM 產品。1995 年聯電與美國著名的設計公司，像 S3, Trident, OPTi, Alliance 等 11 家 IC 設計公司合資成立聯誠，聯嘉以及聯瑞三家專業代工公司。

在產業實力逐漸穩固進入 1990 年代後半，公開市場資金的挹注，提供產業發展更大的助力。例如：1995 年華邦、旺宏、茂矽上市。1996 年華邦發行 2 億美元海外可轉換公司債，旺宏則藉由存託憑証在美 NASDAQ 上市。1997 年華邦再發行 1 億美元海外可轉換公司債，茂矽赴日本發行 125 億日幣的債券，上櫃則有偉詮和凌陽。1998 年華邦轉至國內發行 60 億元的可轉換公司債，旺宏則赴歐洲發行 1.5 億美元的可轉換公司債，另有力晶和世界先進陸續上櫃成功。1999 年力晶第一次發行海外存託憑証 2.9 億美元，揚智和茂德則於此時上櫃。

大量資金的挹注，促使產業發展更具動力。例如：1997 年聯電宣佈將在十年內投資五千億元台幣，在南科興建一座 8 吋和 5 座 12 吋廠。華邦宣佈將在十年內投資 1,600 億元，在南科興建一座 8 吋廠和 2 座 12 吋廠。旺宏宣佈未來十年內將投資二千億台幣在南科興建二至三座 12 吋廠。1998 年聯電併購新日鐵半導體。1999 年聯電宣佈與日本日立(Hitachi)公司合資建立 12 吋晶圓廠。

進入 2000 年，全球 3C 產品的生產逐漸朝大陸移動，使得大陸儼然成為全球的代工基地，衍生出對上游 IC 的龐大需求。國內相關業者亦陸續赴對岸設立公司，以開拓市場。例如：揚智 2000 年設公司於上海，隔年則有華邦、盛群跟進，接著 2002 年南科、凌陽、聯詠、義隆等亦都分別在大陸各地設下據點。此時台灣半導體產業發展的複雜度，與大陸產業發

展的關聯，較以往更甚。兩岸人力資源、技術、產能、價值鍊、市場的互動關係，對產業的發展，已具舉足輕重的角色。例如：2003 年台灣 IC 設計業產值 1,902 億中，香港/大陸貢獻了 33.5%，較前一年增加了 2.7 個百分點，逐步接近台灣本土市場的 45.4%(較前一年減少 4.0%)。

大陸的興起和異業對資源的競爭，促使台灣半導體產業，朝進一步複雜演化。眾多業者南下到南部科學園區發展，進入 12 吋晶圓，朝奈米級尺寸發展。產業系統中各參與者角色和政策目標，因而有所調整，其互動勢必引起產業朝更複雜方向演化。

例如：台灣半導體進入 1990 年代，本土民間企業實力逐漸茁壯，和國際大廠合作，已由早期技術引進，轉為策略聯合、共同開發，甚至技術輸出。1990 年代後半公開市場資金的挹注，提供大量產業成長動力；而此同時也面臨液晶顯示器產業大舉發展，對人才、資金、土地等資源產生競食現象。2000 年開始，大陸市場吸引力大增，台灣主要業者陸續前往設立據點，本土產業發展進一步朝更複雜演化。



五、討 論

5.1 開發中國家產業發展

開發中國家的產業發展，乃產、官、學、多國籍企業四者互動的結果。每一個開發中國家，依其環境與條件，各自採取不同的模式。以半導體產業為例：台灣發展初期，主要是政府藉由所屬財團法人研究機構，引進海外技術，藉以累積人力、技術資源；財稅減免，鼓勵本土民間企業參與衍生公司。1990年代以後，多賴本土民間企業和多國籍企業的技術合作、策略聯盟等，茁壯產業的發展。而韓國企業結構主要以大財團為主，大財團藉由本身的財力與政府的金融支援，大舉投入半導體產業的發展；1990年代以後，已成為動態記憶體主要生產國，直接和多國籍企業競爭，支持產業發展。

開發中國家各有不同的產業發展經驗。以韓國為例，它的產業發展，與它存在多個大財團的產業結構，和人民強烈愛國心有深遠關係。韓國人民普遍愛用國貨，支持國產品牌，提供韓商在本土市場試煉機會；廠商傾向合作，政府支持開發核心技術，迅速擴散整體產業；財團擁有足夠的人力與資金，從事新產業的發展，全球行銷。因此，韓國的產業發展，常能透過規劃的方式進行。韓國政府透過和大財團協商，設立明確產業發展目標，導引資源集中；藉由非關稅障礙，保護新興產業；支持開發核心技術，深植競爭優勢；透過銀行，提供財務協助。財團則藉由和多國籍企業的互動，早期以技術引進、設備和材料為主，累積資源；近期已具相當實力，偏重上下游合作、市場競合、人員交流、共同開發等。

韓國和台灣同屬自然資源缺乏的國家，產業發展階段類似。出口主力產品，由輕工業(1960年代)，重工業、化學工業(1970年代)；到家電(1980年代)、資訊產品(1990年代)。然而以大財團為主的產業結構，產業發展模式卻與台灣截然不同。政府和大財團合作規劃、主導，加上本土消費者支持國產品牌，促使需以海外市場帶動產業發展的韓國，得以兼具大陸型經濟體具本土市場支持的優點。以文化創意產業為例：1999年，韓國政府制定《文化產業振興基本法》，以振興韓國影視產業。政府不但提供融資機

制，同時也透過基金會模式，實際投資電視、電影公司，創立“原創文化數位內容機構”和“故事銀行”，有效支援歷史劇的拍攝。此外，以租稅減免等，大量引導民間創投資金挹注在本土影視文化產業上。對外，即使面臨美國好萊塢片商頻頻抗議的外交壓力，還是堅持採取進口影音產品配額制度，撐了十年，為韓國本土業界，留下了發展的空間。終於造就了2004年韓劇「大長今」在韓國首次上演時，收視率突破50%（52.5%）的奇蹟，並外銷亞洲臨近台灣、中國大陸、香港等地皆創下超高收視率，悄悄地攻佔了亞洲戲劇市場的峯頂。而隨著歷史劇的受歡迎，帶動食譜、食補商品、小說、漫畫、觀光等傳統文化相關的產品發展；已具有自定標準、自有品牌、行銷國際的實力，直接和先進國家和國際市場上競爭，邁入已開發中國家之林。其他如：家電、汽車、通訊、顯示器、半導體等產品，亦都以類似模式，成為全球知名名牌，和先進國家多國籍企業直接競爭。

至於地大人多的中國大陸的產業發展，則是各級政府、國有企業、校辦企業、鄉鎮企業、多國籍企業和內需市場互動後的結果；政府藉由政策引導吸引海外技術、資金、人才，各級企業配合政府政策，釋出人力資源、研發能量、既有廠房等有形、無形資產，多國籍企業則以資金、人力、管理或技術、設備、材料等參與大陸的產業發展，而龐大潛在的內需市場，則是促使產業蓬勃發展的一大誘因。

中國大陸從1978年開始由社會主義規劃經濟朝市場經濟轉型，各地區產業發展已明顯看出差異。二十餘年來，中央政府宏觀調控產業發展方向與進展速度；地方政府相互競爭，造成產業發展豐富風貌；各級企業和外資多國籍企業資源相互利用，造成各地區產業發展各具特色。中央政府、地方政府、各級企業和多國籍企業交互作用，造就大陸各地區產業發展，呈現不同風貌；不同區域多樣化的產業風貌，整體呈現大陸過去二十餘年產業蓬勃發展的成果；龐大潛在的內需市場因產業發展而日趨明朗，進一步吸引全球資金、技術、人力，源源不斷投入，促使大陸產業更上層樓。進入21世紀，大陸已開始準備從「全球製造工廠」的角色轉型，強調研發、品牌、行銷等高附加價值的活動。大陸和全球各地資金、技術、人才互動，已累積了二十餘年的經驗，加上具有不同層級和特色，日益明朗的龐大潛在市場；預期短期內，可以培育出不少全球品牌，產業發展進入本土民間企業主導的階段，和多國籍企業的互動關係，勢必由過去的互補互利，進入相互競合。

而地小人少卻多人種，城市型國家的新加坡，多國籍企業則是帶動產業發展的主要動力。以 2002 年為例，多國籍企業多達 6,000 家，其中 3,600 家設置區域營運中心；帶動金融與企業服務、運輸通訊、批發零售產業發展，佔 GDP 的 53%。政府政策以吸引多國籍企業投資為主，包括：外國公司擁有全部所有權，利潤匯出的自由、准許公司加速折舊、進口原料與機器無限免稅、負擔所有費用與多國籍企業共同訓練人員等，以達到技術創新、累積，和帶動產業發展的目標。學術界則藉由國際學術合作或企業建教合作，培養多國籍企業活動所需人才參與產業發展，而建立國際聲譽。

其他東南亞諸國，例如：泰國、馬來西亞、印尼、越南、菲律賓等，雖然以相對便宜勞力積極吸引海外投資，然而本土技術人才和基礎建設普遍不足；多國籍企業多以組裝加工為主，技術創新、累積、擴散效果較不顯著。以台灣產業發展的經驗觀之，東南亞政府應可藉由財團法人研發機構，引進先進技術同時，培養技術人才，以協助本土民間企業和多國籍企業互動，達到技術學習、累積、創新，進而帶動產業發展。

開發中國家隨著產業系統的發展，面對競爭日益複雜的環境。包括：同業競爭促使產業朝價值鍊兩端，較高附加價值的研發、設計和行銷、服務移動；異業對人才、資金等資源的競爭，一方面刺激產業投入研發，創造更高附加價值，一方面也對產業進一步的發展，造成制約效果；而既存成功產業培養了眾多技術、管理人才，健全產業結構，提供了發展互補、相似產業的機會和基礎；因應產業全球化，鄰近經濟區域，提供了市場機會，但卻對技術、人才、資金等資源，造成排擠效果。

例如：1980 年代初期台灣資訊產業得以發展，除 IBM 策略選擇開放性架構，提供切入機會外，原先電玩產業、家電產業，培養相關科技人才和健全的產業結構，提供了發展資訊產業的基礎亦是主因。而 1990 年代中，台灣液晶顯示器產業得以成功發展，除了日本業者因應國際競爭考量，選擇與台灣廠商合作外，半導體產業培養了大量科技人才，和完整的產業分工體系，可以迅速移轉人力也功不可沒。也就是說，一個成功的產業，很有機會演化出另一個產業。至於 2000 年以後，台商前往大陸投資，呈現技術密集化、營運當地化、規模大型化三大趨勢。大陸已成為台灣資訊電子產業的腹地，觀察台灣產業系統的發展，勢必將大陸相關的產業系統，納入考量。

開發中國家產業的發展，不會突然發生，也不會突然結束，而會像自然生態中的生命系統，逐漸朝更複雜演化，以因應環境變化。因此，可以將韓國政府、大財團、多國籍企業視為關鍵參與者；而大陸的關鍵參與者則是各級政府、國有企業、校辦企業、多國籍企業；至於新加坡則有政府、多國籍企業、學界。然後利用本研究將產業視為生態系統的方法，以系統動態學方法觀點，探討參與者互動和產業發展關係。而面對競爭日益複雜的產業發展環境，僅需將系統邊界擴大，仍可將產業系統視為一生態系統，重新定義關鍵參與者，以系統動態學方法觀點，探討參與者互動和產業發展關係。然而，每個開發中國家的產業發展，終究各有特色，實有必要輔佐以各種不同系統觀點，以增加不同構面的瞭解。



5.2 多元系統觀點

開發中國家產業發展十分的複雜，建立一般的原理原則或模式來解釋它的發展，均有其限制。不同產業有其特有資源條件，和不同發展環境；即使是同一產業，隨著發展階段，亦有不同的資源條件和環境。因此，探討不同產業的發展，需要不同的系統觀；甚至同一產業，隨著階段不同，都可能需要利用不同的系統觀。也就是說，同一系統觀，可以探究不同的產業；而同一產業，也可能需要利用不同的系統觀。例如：藉由系統動態學觀點，可有效理解台灣半導體產業發展過程中，相關參與者(本土民間企業、政府支持的研發機構、政府、國際策略夥伴等)，其主要政策作為和互動如何影響產業發展；而若輔佐以演化觀點，則更可以具體掌握半導體產業發展過程中，特定參與者在不同階段，因應環境變化，累積能力和調適策略的脈絡。

不同系統觀各有其適用性，探討開發中國家的產業發展，除了本研究所提 Churchman 的系統方法、Ackoff 的生態系統、系統動態學、生物演化(Biological Evolution)等觀點外，尚有 Miller(1978)的一般生命系統理論(General Living Systems Theory, GLST)、Morgan(1983)的避免無法存活策略(Avoiding Non-survival Strategy)、Beer(1972)的能存活系統模式(Viable System Model, VSM)、自覺演化(Self-conscious Evolution)等系統觀，可對產業發展提供不同角度的理解。

Miller (1978)利用熱力學(Thermodynamics)、資訊理論(Information Theory)、模控學、系統工程(Systems Engineering)等觀念分析生命系統，以輸入、輸出、流動、狀態和回饋，說明細胞、器官、生物體、群體、組織、社會和超國家系統，七個層級的結構和程序，指出生命系統為追求目標(Goal-Seeking)的開放系統，一般朝更複雜的方向演化，增加多樣性以應付環境各種不同的刺激及挑戰；而具有重複的元件，可執行同一流程，生命系統會較為強健，存活較長久。產業系統為一開放系統，也朝更複雜的方向發展，參與者藉由互動，交換物資、能源和信息，以促進整體系統發展，似乎亦符合 Miller 所描述的生命系統。然而，Miller 的生命系統中卻未見產業層級。本研究指出開發中國家產業系統本身並沒有特定目的，並不具有生命系統追求目標的特徵；然而，生命系統中的社會和超國家系統，系統本身亦不具特別目的，而類似產業的情況，是元件各有目的。若

將產業視為生命系統，生命系統的若干觀點，例如：增加多樣性以因應環境變化，重複功能的元件以強健系統存活等，可提供探究產業發展，不同層面的理解。台灣半導體產業發展過程中，台積電、聯電兩者皆衍生自工研院，從事專業代工服務，為積體電路設計公司提供晶圓製造服務，功能重疊，卻促使產業成功發展。1990年工研院電通所成立筆記型電腦開發聯盟，培養了46家廠商，雖埋下內部競爭之種子，卻提供了日後台灣成為全球主要筆記型電腦製造地的保證。

中國大陸各級地方政府相互競爭，競相投入熱門產業，吸引多國籍企業參與產業發展，引發資源投入重複的爭議；然而以生命系統，重複功能的元件以強健系統的存活觀點視之，或許可用來解釋大陸過去這二十餘年來，產業蓬勃發展的原因。大陸土地面積大，各地人文、自然資源差異顯著。中央政府僅能就宏觀調控，如控制匯率、關稅、貨幣供給、租稅減免、低利融資、發展重點產業等，產業發展仍需仰賴地方政府具體實現。大陸改革開放，正值多國籍企業進入全球化階段。擁有十三億以上人口的中國大陸，提供了歐美日等先進國家多國籍企業，進一步擴展市場的機會；而大陸各地區產業發展各具特色，提供了多國籍企業各種合作機會；各級政府囿於產業發展所需資金、技術、人才的缺乏，相互以提供土地、廉價勞力、內需市場等，吸引多國籍企業投入參與當地的產業發展。面對資訊不充分的經營環境，多數參與者傾向選擇同樣的發展途徑。自然造成熱門產品，如早期的彩色電視機、電冰箱、洗衣機、機車、自行車，和最近的汽車、影音光碟機等，供過於求而倍受質疑。然而，各地區品牌相互的激烈競爭，汰弱留強卻有助於整體產業健康發展；經過內部激烈競爭的洗禮，有助於進軍全球市場，例如：海爾、聯想已分別於家電、資訊領域建立全球品牌。

Morgan (1983)以模控學的觀點指出，目標導向的發展策略，有可能是未來問題的來源，應以避免毒害(Avoidance of Noxiants)的觀點，才是企業追求長期發展的正途。Morgan這種避免無法存活策略的觀點，在開發中國家的產業發展過程中，極為常見。在台灣產業發展中，本土民間企業發現採取與多國籍企業合作策略較能存活，而採取競爭策略是一個應避免的存活策略。例如晶圓代工(Foundry)是台灣發展較為成功的產業，它建立了利基市場，避免與整合元件廠(Integrated Device Manufacturer, IDM)作正面的競爭。而IC設計業中的威盛，雖曾成功的威脅Intel在晶片組市場的地位，但終究無法長久維持。資訊產業廠商採取與國際領導廠商合作的策

略，避免在高附加價值的品牌及核心技術競爭的策略，都是避免無法存活策略的例証。當然，隨著產業的發展，開發中國家成為新興工業化國家，再往已開發國家發展時，就必須往附加價值較高的領域發展，這時就無法避免會與多國籍企業競爭。台灣企業目前廣建研發中心，就是一個趨勢。開發中國家的產業發展，本土民間企業如何與環境互動、調整發展策略，建立利基市場，似乎是一個無止盡的調適程序。

韓國政府和大財團合作，選擇特定領域發展產業，避開和先進國家多國籍企業直接競爭。例如：具傳統文化的歷史劇、非全球無線通訊主流的 CDMA、日本已現疲態的顯示器等，皆創造不凡的成績。韓國所採取的產業發展策略，正符合 Morgan 避免毒害(Avoidance of Noxiants)的觀點，預期此等模式下的韓國產業，可以維持一段相當長期的繁榮。

Beer(1972)認為一個系統必需有能力因應環境的變化，即使是事先設計時，並未考慮到的情況發生，系統亦必需能夠因應，方得以存活；並以人體的神經系統五個層級，類推說明任何能存活系統的控制運作模式。開始是層級一，當環境變化不複雜或是已習慣的變化，第一線的自主單位，類似人體的脊椎直接反射；接著複雜度變大，透過事先已約定好的協調機制，類似人體的神經結進行局部協調；到了層級三，需整體協調，類似人體交感神經，進行全身資訊融合，維持全身穩定；接著環境變化已複雜到，需藉助環境監測系統的加入，收集外界不同角度的資訊，類似人體的眼、耳、鼻、舌，綜合偵測環境變化，才能整體協調各部門，採取適當作為；最後則需腦神經的理解、分析、推理能力，才能因應環境巨大的變化。

開發中國家產業發展所面對的環境複雜度，和產業的類型、產業發展的生命週期，息息相關。一般而言，產業發展初期，多國際企業引進技術，獨佔鰲頭，產業複雜度較低；接著本土民間企業，因技術擴散，逐漸成為多國籍企業的外包廠商；俟本土民間企業技術能量，累積至一定程度，往往迫使多國籍企業技術升級或出走，此時產業結構大致已成型，環境複雜度大幅提升；隨著產業結構資本的累積，本土民間企業已具有相當程度的國際競爭力，與多國籍企業，競合關係日益複雜；進一步發展，本土民間企業往往已是全球主要廠商，區域合作成為支撐產業發展的重要因素。

產業面對的複雜度既然隨著環境，有所不同，應該可以借用 Beer 的能存活系統模式五個層級，探討確保產業存活發展的協調運作機制。例如：剛開始是個別企業自行反應；接著是同業工會局部協調；然後是跨部會業

務整體協調；進而是產業發展策略會議，廣納各界資訊，以利整體協調資源，擬定發展策略；最後則為科技顧問會議，探討大環境變化，匯集各界菁英與國內外科技顧問，提出發展方針，以利各部會展開後續政策，確保產業存活發展。

中國大陸經過二十餘年的改革開放，產業發展已見相當成績。各地區各自努力下，雖然進展不一，但普遍具有一定的成果。然而可以預期，面對日益複雜的競爭環境，若要追求更進一步的發展，區域分工、合作、整合，勢必更有效率。意即欲發揮大陸型經濟體，龐大內需的優勢；產業發展有必要整體規劃，從中央到地方的溝通、協調、分工、運作等機制，勢必重新調整以因應實際需求。以 Beer 的能存活系統模式五個層級看大陸產業發展，由於社會主義的習慣使然，市場資訊、產業調查未能自由公開進行，到了層級三需整體協調，類似人體交感神經，進行全身資訊融合，維持全身穩定，將會是一大瓶頸。若未能有所突破，則層級四環境監測系統，收集外界不同角度的資訊；層級五綜合理解、分析、推理，因應環境巨大的變化；勢必難以如願，產業發展更上層樓將不易實現。

生物演化觀點認為物種藉由變異(Variation)，演化出新的能力或複雜度(Variety)，其中能成功的適應自然環境變化，即通過自然的選擇(Selection)者得以留存(Retention)。由生物演化觀點，演化方向由環境決定，物種並無法自主決定演化方向。開發中國家產業發展初期似乎都適用生物演化觀點理解。例如：台灣於 1980 年代剛進入資訊產業時，只能以 OEM 的方式切入，被動因應多國籍企業的選擇；韓國發展半導體產業在 1980 年代，也只能選擇具標準規格的 DRAM 切入，隨著全球半導體產業景氣起伏。

然而開發中國家的產業發展初期，雖是因應環境變化的結果；然而不斷累積能力後，卻漸能影響產業環境，參與決定演化的方向，即所謂自覺演化。例如台灣資訊產業經過二十年的學習和能力的累積，藉由跨國生產基地、彈性生產管理和全球運籌能力等影響多國籍企業的發展；進入 21 世紀，將生產重心移至中國大陸，台灣本土以研發為主，參與決定產業演化方向。1993 年以後，韓國三星取代日本業者成為全球第一大 DRAM 廠商，從此主導產業演化方向。

藉由不同系統觀，可以對複雜的產業系統發展，提供不同角度的理解。本研究指出將產業視為 Ackoff 的生態系統，系統本身沒有特定目的，而參與者各有目的，可以看出參與者互動維持了產業發展，並從中獲得各自

利益；藉由系統動態學則可以探究各參與者的互動情形，和對產業系統發展的影響；以演化觀點，豐富的例證，掌握本土民間企業因應複雜環境的演化過程。除此之外，尚有 Miller 的生命系統觀點，認為增加多樣性可以因應環境變化，而重複功能的元件以強健系統存活等，提供了探究產業發展，不同層面的理解，似乎可以用來說明中國大陸過去二十餘年產業的蓬勃發展。Morgan 避免無法存活策略的觀點，指出開發中國家，本土民間企業因應產業發展是永無止盡對環境的調適過程，韓國採取避免毒害的觀點發展產業，預期可以維持一段相當長期的繁榮。運用 Beer 能存活系統模式，可以看出開發中國家為了確保產業存活發展，隨著產業發展日益複雜的協調運作機制，也可預期中國大陸產業發展，更上層樓的瓶頸。

多元系統觀點，雖可提供不同構面理解開發中國家的產業發展，然而究竟何種情境下，該用何種系統觀，還是個研究問題，尚未有明確的定論，值得進行更多的研究。



六、結論與未來研究建議

6.1 總結

已開發國家以國家創新系統探討產業發展，它從創新及知識創造的角度，整體探討企業、學術界、及研究單位三者互動，如何造就技術創新，進而帶動產業發展；對已開發國家的產業發展提供了系統化的觀察與見解，但對技術學習導向的開發中國家並不十分恰當。以台灣汽車產業為例：經過半世紀的努力，依舊缺乏整車設計能力，仍依賴海外技術母廠不斷提供新車型，以確保市場佔有率；企業、學術界及研究單位三者的互動，雖累積了相當的人力資源和技術能力，但終究不是帶動產業發展的主力。

開發中國家產業發展所需的人力、技術、資金均十分依賴多國籍企業，台灣為開發中國家，產業發展除產、官、學三者外，尚必須考量多國籍企業的角色與互動。本研究以多元系統觀探討本土民間企業、政府與多國籍企業三者的互動模式，分析台灣產業發展的問題，結果顯示政府和多國籍企業同時扮演環境和資源的角色，在產業發展初期，多國籍企業提供人力、資金、技術，而政府則支助研發機構、政策支持，來促進台灣產業發展。俟產業進入成熟期後，多國籍企業基於本身最大利益，開始調整全球佈局，而政府則基於社會公平或為了扶植其他新興產業，對產業進一步發展，所需之人力、資金、技術，造成排擠效果。

本研究利用 Ackoff 的生態系統，將產業視為本身不具有目標，而各元件(本土民間企業、政府、多國籍企業等)各有目標的觀點，成功的探討這三者的互動；再進一步以系統動態學方法表達，這三者的目標政策和互動，成功的整合以系統動態學探討台灣國防、汽車、半導體產業的研究，可看出這些產業的發展，是各元件互動後的結果，顯示以生態系統及系統動態學能有效探討這些產業的發展。

例如：台灣國防產業因政府政策由早期的外購轉為自主研發，而累積大量研發能量，提高了軍品市場的談判籌碼；因而得以較低廉買到更優異的武器系統，誘使政策再度傾向外購為主，導致累積不易的研發能力快速消退。零組件煩雜、製造流程複雜、開發週期長、技術累積不易，但消費者卻偏好新車型；造成台灣汽車產業幾次嘗試自行整車設計，以失敗收

場；即使政府以「民族工業」視之，仍不得不又回到和海外技術母廠合作之路。台灣半導體產業發展，早期依賴政府支助的研究單位引進海外技術，衍生本土公司，接著則是本土民間企業和多國籍企業相互競合，帶動產業發展；然而，若人力資源限制和市場極限，未能有效突破，產業長期累積的能力，有可能在短時間內快速散失。

在政府角色較不顯著的情形下，本研究則以演化觀點分析本土民間企業與多國籍企業的互動過程，以台灣資訊為例：1980年IBM採取開放架構策略，為台灣資訊產業帶來了發展機會。台灣以電玩和家電產業為基礎，成功的轉型為監視器的委託加工廠商。Compaq於1986年率先推出32位元PC，挑戰IBM領導地位，委外代工成為競爭利器，台灣資訊業者在當時大幅擴充了OEM的能力，逐漸建立原廠設計生產的能力。1990年初期，視窗軟體的出現和中央處理器效能價格比大幅提昇，促使低價個人電腦興起，台灣業者藉由優異的製造能力、低成本的海外廠生產，成為主流業者因應低價電腦時代的最佳委外夥伴。1990年代中期網際網路興起，Dell逐漸威脅Compaq的地位，而台灣廠商已建立ODM和全球運籌的管理能力，開始展現影響多國籍企業，主流廠商策略選擇的能力。結果顯示：本土民間企業藉由不斷的因應環境變化，與全球領導廠商的成功互動，不僅成功建立競爭優勢，並進一步促進產業持續發展。

6.2 結論

本研究的主要結論有三：

首先，双重角色深遠影響開發中國家產業的發展。已開發國家可以藉由國家創新系統，產官學互動模式探討產業的發展；而探討開發中國家的產業發展，則必須多考慮多國籍企業的角色。即多國籍企業加上產官學的互動模式，才是開發中國家產業發展的常態。其中政府和多國籍企業在產業發展中扮演著重要的角色，兩者既是資源提供者，同時也扮演環境的角色

其次，利用生態系統的觀點，有助於我們了解開發中國家產業的發展。將產業視為一系統，它本身沒有目標，但是其元件(參與者)各有其目標。多國籍企業提供產業發展所需的資源，並由產業發展中獲取商業利益。政府亦然，藉由支助研發機構、培育人才、提供獎勵、減稅等優惠措施，達到協助技術創新、新興產業發展、經濟繁榮的目的。參與者目標不盡相同，但卻將產業視為一整體，共同維繫產業發展，以持續從中獲的利益。

最後，掌握開發中國家的產業發展，有賴於多元觀點及方法。開發中國家產業發展十分的複雜，建立一般的原理原則或模式來解釋它的發展，均有其限制。以生態系統、系統動態學及演化觀點等系統觀，有助於對開發中國家產業發展的瞭解。多元的系統觀，則可以提供不同角度的理解，生態系統觀點說明了產業本身沒有目標，而參與者各有目標，卻以整體視之，維繫產業發展。系統動態學則能進一步分析，參與者的政策互動對產業發展的影響。而演化觀點則可以說明，本土民間企業在政府角色不突出時，因應多國籍企業全球競爭的過程。以台灣半導體產業為例，它的發展依階段之不同，可分別由生態系統及演化觀點來分析。

6.3 建議

產業系統過於複雜，藉由多元觀點有助於理解。例如：系統動態學探究各參與者的政策與互動關係，對產業系統發展的影響；演化觀點則藉由豐富的例證，掌握其複雜的演化過程，說明本土民間企業因應產業發展的脈絡。不過尚有一些系統觀點，如 Morgan(1983)避免無法存活策略的觀點、Beer(1972)的能存活系統模式(Viable System Model, VSM)、自覺演化(Self-conscious Evolution)等系統觀，尚待進一步深入探討。

藉由多元系統方法觀察產業發展，除了本文已探討的台灣國防、汽車、半導體、資訊產業外，尚可進一步探討其他更多種產業，例如：液晶顯示器、生技、數位內容等。每種產業在台灣的競爭、發展、成果不盡相同，但都牽涉到政府、本土民間企業、多國籍企業等參與者。

開發中國家產業發展，產官學和多國籍企業的互動模式，以生態系統、系統動態學、演化觀點視之，有可能具有不同的模式。例如：韓國本土民間企業以大財團為主，新加坡幾乎仰賴多國籍企業，而中國大陸的國有企業、校辦企業、三資企業，則是造成近二十年產業蓬勃發展的主力；其互動方式和對產業發展的影響，可能不盡相同。值得採用本研究多元系統觀點，進一步分析這些國家產業發展，以嘗試探討，並比較其可能的共同點及相異點。

多元系統方法實務上的應用，可以進一步擴展到，技術預測、新事業規劃、策略規劃、政策模擬等。這些活動都有其共同特徵，複雜、動態，影響發展的參與者多，且非單獨某一參與者可以主導。以技術預測為例：技術發展牽涉到技術、市場、社會、經濟、法規、國家等環境變化，影響變化的參與者眾多，而又沒有人可以單獨主導其發展。是故技術預測，需要不同領域的專家參與，其複雜度相當高；利用多元系統觀探討技術發展的趨勢，應該可以有更多的理解。

參考文獻

- 丁偉 (1996). 經濟部與簽署策略聯盟之跨國企業合作現況分析, *經濟情勢暨評論季刊*, 第二卷第三期
- 王文娟 (1999). 美、日產業技術政策之比較, *經濟情勢暨評論季刊*, 第五卷第三期
- 王健全 (1995). 推動台灣成為亞太製造中心規劃之探討暨建議, *經濟情勢暨評論季刊*, 創刊號
- 王健全 (1999). 「促進產業升級條例」租稅優惠措施實施成效評估及其修正方向對台灣經濟的影響, *經濟情勢暨評論季刊*, 第五卷第一期
- 王健全 (2000). 高科技產業的發展對傳統產業的影響及再造傳統業競爭力策略的探討, *經濟情勢暨評論季刊*, 第五卷第四期
- 司徒達賢 (2000). 我國中小型企業升級問題及對策, *經濟情勢暨評論季刊*, 第五卷第四期
- 江雪嬌 (2001). 我國鼓勵中小企業技術創新策略之研究, *經濟情勢暨評論季刊*, 第七卷第二期
- 江雪嬌 (2002). 我國政府相關措施對中小企業創業活動影響之研究, *經濟情勢暨評論季刊*, 第八卷第一期
- 吳青松 (1996). 策略聯盟之國際發展趨勢, *經濟情勢暨評論季刊*, 第二卷第三期
- 李政達 (1998). 淺析外人直接投資之國際投資規範趨勢, *經濟情勢暨評論季刊*, 第四卷第一期
- 汪寧生、李政達 (1998). 外人直接投資與經濟貢獻及獎勵措施之關係, *經濟情勢暨評論季刊*, 第三卷第四期
- 承立平 (1997). 我國科技產業發展政策之做法與檢討, *經濟情勢暨評論季刊*, 第三卷第二期
- 孫克難 (1998). 發展台灣成為「科技島」之策略與作為, *經濟情勢暨評論季刊*, 第三卷第四期
- 徐中琦 (1996). 多國籍企業的新挑戰—國際營運與組織能力, *經濟情勢暨評論季刊*, 第二卷第二期

- 高鴻翔 (2001). 積極開放兩岸經貿政策後對我國高科技產業發展之影響，
經濟情勢暨評論季刊，第七卷第三期
- 黃重球、呂正華 (2002). 我國產業創新研發之遠景與藍圖，*經濟情勢暨評論季刊*，第八卷第一期
- 黃欽勇 (1995). *電腦王國 R.O.C.*，天下文化，台北
- 陳信宏 (2000). 全球運籌管理對台灣資訊電子業的影響，*經濟情勢暨評論季刊*，第六卷第一期
- 陳慧滢 (1997). 台灣產業結構變遷之探討，*經濟情勢暨評論季刊*，第二卷第四期
- 陶在樸 (1996). 歐亞經濟互動的時代已經來臨，*經濟情勢暨評論季刊*，第二卷第一期
- 童振源 (2001). 兩岸經濟全球分工與互賴，*經濟情勢暨評論季刊*，第七卷第三期
- 羅耀宗 譯 (1994). *意外的電腦王國*，聯經，台北
- Abramovitz, M. (1989). *Thinking about Growth*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Ackoff, R.L. (1974). *Redesigning the Future*, Wiley, New York.
- Ackoff R.L. (1981). *Creating the Corporate Future*, Wiley, New York.
- Ackoff, R.L. (1994). Systems Thinking and Thinking Systems. *System Dynamics Review*. **10**(2-3), 175-188.
- Ackoff, R.L. (2003) *Redesigning Society*, Stanford University Press, CA.
- Ackoff, R.L and Emery, F.E. (1972). *On Purposeful Systems*, Tavistock, London/Aldine-Atherton, Chicago, IL.
- Ackoff, R.L. and Gharajedaghi (1996). Reflections on Systems and Their Models. *Systems Research*. **13**(1), 13-23.
- Allenby, B.R. (2002) Industrial Ecology Redivivus. *Journal of Industrial Ecology*. **6**(3/4), 4-6
- Akamatsu, K. (1935). Waga kuni yomo kogyohin no susei. *Shogyo Keizai Ronso*, **13**, 129-212.
- Akamatsu, K. (1962). Historical Pattern of Economic Growth in Developing Countries. *The Developing Economies*. **1**, 3-25.

- Andrews, C.J. (1999). Putting Industrial Ecology into Place Evolving Roles for Planners. *Journal of the American Planning Association*. **65**(4), 364-375.
- Appleyard, J.T. and Brown, C. (2001). Employment Practices and Semiconductor Manufacturing Performance. *Industry Relation*. **40**(3), 436-471.
- Archibugi, D., Howells, J. and Michie, J. (Eds.), (1999). *Innovation Policy in a Global Economy*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Archibugi, D. and Michie, J. (1998). Trade, Growth, and Technical Change: What are the Issues? In: Archibugi, D. and Michie, J. (Ed.), *Trade, Growth and Technical Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Arnold, D.J. and Quelch, J.A. (1998). New Strategies in Emerging Markets. *Sloan Management Review*. **40**(1), 7
- Arnold, W. (1986). Bureaucratic Politics, State Capacity, and Taiwan's Automobile Industrial Policy. *Modern China*. **15**(2), 178-214.
- Arthur, W.B. (1989). Competing Technologies and Lock-in by Historical Small Events. *Economic Journal*. **99**, 116-147.
- Artigiani, R. (1993). From Epistemology to Cosmology: Post-Modern Science and the Search for New Cultural Maps. In Laszlo, E. and Masulli, I. (Ed.). *The Evolution of Cognitive Maps*, Gordon & Breach, New York.
- Ayres, R.U. (1978). *Resources, Environment, and Economics*, Wiley-Interscience, New York.
- Bamford, J., Ernst, D. and Fubini D.G. (2004). Launching a World-Class Joint Venture. *Harvard Business Review*. **82**(2), 90.
- Banathy, B.H. (1993). The Cognitive Mapping of Social Systems. In Laszlo, E. (Ed.), *The Evolution of Cognitive Maps*, Gordon & Breach, New York.
- Banathy, B.H. (1998). Evolution Guided by Design: A Systems Perspective. *Systems Research and Behavioral Science*. **15**, 161-172.
- Bartlett, C. A. and Ghosal, S. (1998). *Managing Across Borders*. 2nd ed., Harvard Business School Press, Boston, MA, p. 389.
- Bausch, K. (1997). The Habermas/Luhmann Debate and Subsequent Habermasian Perspectives on Systems Theory. *Systems Research and Behavioral Science*. **14**, 315-330.
- Bausch, K. (2000). The Practice and Ethics of Design. *Systems Research and Behavioral Science*. **17**, 25-50.

- Bausch, K. (2001). *The Emerging Consensus in Social Systems Theory*, Kluwer Academic/Plenum Press, New York.
- Bausch, K.C. (2002). Roots and Branches: A Brief, Picaresque, Personal History of Systems Theory. *Systems Research and Behavioral Science*. **19**, 417-428
- Beer, S. (1972). *Brain of the Firm*, Allen Lane, London.
- Berardes, A.T. and Albuquerque, E.D. (2003). Cross-Over, Thresholds and Interactions, between Science and Technology: Lessons for Less-Developed Countries. *Research Policy*. **32**(5) 865-885.
- Berends, P.A.J. and Romme, A.G.L. (2001). Cyclicity of Capital-Intensive Industries: a System Dynamics Simulation Study of the Paper Industry. *OMEGA-Int J Manage S.* **29**, 543-552.
- Bernard, M. and Ravenhill, J. (1995). Beyond Product Cycles and Flying Geese: Regionalization, Hierarchy and the Industrialization of East Asia. *World Politics*. **47**(2), 171-209.
- Berra, T.M. (1990). *Evolution and the Myth of Creationism*, Stanford University Press, CA.
- Bickerton, D. (1990). *Language and Species*, University of Chicago Press, Chicago.
- Borrus, M. (1994). Left for Dead: Asian Production Networks and the Revival of US Electronics. In Doherty, E. (ed) *Japanese Investment in East Asia: International Production Strategies in a Rapidly Changing World*. Berkeley Roundtable on the International Economy, Berkeley, CA.
- Boulding, K.E. (1956). General Systems Theory – The Skeleton of Science. *Management Science*. **2**(3), 197-208.
- Buckley, W. (1967). *Sociology and Modern Systems Theory*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Checkland, P. (1981). *Systems Thinking, Systems Practice*, Wiley, Chichester.
- Checkland, P. (1985). From Optimizing to Learning: A Development of Systems Thinking for the 1990s. *Journal of the Operational Research Society*. **36**(9), 757-767.
- Chen, J.H. and Jan, T.S. (2005^a). A System Dynamics Model of the Semiconductor Industry Development in Taiwan, *Journal of the Operational Research Society*. **56**(10), 1141-1150

- Chen, J.H. and Jan, T.S. (2005^b). A Variety-Increasing View to the Development of the Semiconductor Industry in Taiwan. *Technological Forecasting and Social Change*. **72**(7), 850-865.
- Churchman, C.W. (1968). *The Systems Approach*, Dell Publishing, NY
- Churchman, C.W. (1979). *The Systems Approach and Its Enemies*, Basic Book, NY
- Clemens, J.T. (1997). Silicon Microelectronics Technology. *Bell Labs Technology Journal*. **2**(4), 76-102.
- Coase, R.H. (1988). *The firm, the Market, and the Law*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Cooper, C. (1993). Relevance of Innovation Studies to Developing Countries, in C. Cooper, (Ed.). *Technology and Innovation in the International Economy*, United Nations University Press, Maastricht.
- Corben, D., Stevenson, R. and Wolstenholme, E.F. (1999). Holistic Oil Field Value Management: Using System Dynamics for 'Intermediate Level' and 'Value-Based' Modeling in the Oil Industry. *Journal of Operational Research Society*. **50**, 383-391.
- D'Costa, A. (1998). Coping with Technology Divergence Policies and Strategies for India's Industrial Development. *Technological Forecasting and Social Change*. **58**, 271-283
- Cushman-Roisin, B., Rice, N.J. and Moldaver, M.A. (1999). A Simulation Tool for Industrial Ecology Creating a Board Game. *Journal of Industrial Ecology*. **3**(4), 131-144.
- Cutler, H. (2003). Market Recycling in Labor-Intensive Goods, Flying-Geese Style: an Empirical Analysis of East Asian Exports to the U.S. *Journal of Asian Economics*, **14**, 35-50
- Csanyi, V. (1989). *Evolutionary Systems and Society*, Duke University Press, Durham, NC.
- David, P.A. (1985). Clio and the Economics of QWERTY. *American Economic Review*. **75**(2), 332-339.
- David, P.A. (1986). Understanding the Economics of QWERTY: the Necessity of History. In Parker, W.N. (Ed.), *Economics, History and the Modern Economist*, Basil Blackwell, Oxford.
- Dahlman, C. (1994). Technology Strategy in East Asian Developing Economies. *Journal of Asian Economics*. **5**, 541-572.

- Dangerfield, B.C. and Roberts, C.A. (2000). A Strategic Evaluation of Capacity Retirements in the Steel Industry. *Journal of Operational Research Society*. **51**, 53-60.
- Deshpande, R. (1983). "Paradigms Lost": on Theory and Method in Research in Marketing. *Journal of Marketing*. **47**, 101-110
- DoDD 5000.1. (1982). *Major System Acquisition*, Department of Defense, USA.
- DoDI 5000.2. (1982). *Major System Acquisition Procedure*, Department of Defense, USA.
- Doyle, J. K. and Ford, D. N. (1998). Mental Models Concepts for System Dynamics Research. *System Dynamics Review*. **14**, 3-29.
- Dutta, M. (1999). *Economic Regionalization in the Asia-Pacific*, Edward Elgar, Cheltenham, Gloucestershire.
- Dutta, M. (2000). The Euro Revolution and the European Union: Monetary and Economic Cooperation in the Asia- Pacific Region. *Journal of Asian Economics*, **11**, 65–88.
- Ehrenfeld, J. (2001). Industrial Ecology Begets a Society. *Journal of Industrial Ecology*. **4**(3), 1-2.
- Eigen, M. (1992). *Steps toward Life: A Perspective on Evolution*, Oxford University Press, New York.
- Ennals, R. (2004). Europe as a Knowledge Society: Integrating Universities, Corporations, and Government. *Systemic Practice and Action Research*. **17**(3), 237-248.
- Enos, J. L. (1991). *The Creation of Technological Capability in Developing Countries*, Pinter Publishers, London.
- Erkman, S. (1997). Industrial Ecology: An Historical View. *Journal of Cleaner Production*. **5**(1-2), 1-10
- Faber, M., Niemes, H. and Stephan, G. (1987). *Entropy, Environment and Resources: An Essay in Physico-economics*, Springer-Verlag, Heidelberg.
- Flood, R.L. (1990). *Liberating Systems Theory: On Systems and Inquiry*, Plenum, New York.
- Flood, R.L. (1999). Knowing of the Unknowable. *Systemic Practice and Action Research*. **12** (3), 247-256.
- Flood, R.L. and Jackson, M.C. (1991). *Creative Problem Solving: Total Systems Intervention*, Wiley, Chichester.

- Ford, A. (1997). System Dynamics and the Electric Power Industry. *System Dynamics Review*. **13**, 57-85.
- Forrester, J. W. (1958). Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers. *Harvard Business Review*. **36**, 37-66.
- Forrester, J.W. (1961). *Industrial dynamics*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Forrester, J. W. (1975). *Collected Papers of Jay W. Forrester*, Wright-Allen Press, Cambridge, MA.
- Forrester, J. W. (1990). *The Beginnings of System Dynamics*, International System Dynamics Society, Boston, MA.
- Francois, C. (1999). Systemics and Cybernetics in a Historical Perspective. *Systems Research and Behavioral Science*. **16**, 203-219.
- Fransman, M. (1985). Conceptualizing Technical Change in the Third World in the 1980s: An Interpretive Survey. *Journal of Development Studies*. **21**(4), 572-652.
- Freeman, C. (1995). The “National System of Innovation” in Historical Perspective. *Cambridge Journal of Economics*. **19**(1), 5-24.
- Freeman, C. and Soete, L. (1997). *The Economics of Industrial Innovation*, Pinter Publishers, London.
- Freire, P. (1974). *Pedagogy of the Oppressed*, Continuum, New York.
- Ernst, D. (2001). Inter-Organizational Knowledge Outsourcing: What Permits Small Taiwanese Firms to Compete in the Computer Industry? *East-West Center Economics Series*. No.1
- Frosch, R.A. (1989). Strategies for Manufacturing. *Scientific American*, **261**(3), 144-152
- Fuenmayor, R. (2001). The oblivion of Churchman’s Plea for a Systems Approach to World Problems. I. The Inseparability of Systems Thinking and World Issues in the Modern Epoch. *Systemic Practice and Action Research*. **14**(1), 11-28.
- Garrouste, P. and Ioannides, S. (2001). *Evolution and Path Dependence in Economic Ideas: Past and Present*, Edward Elgar, Massachusetts.
- Gereffi, G. (1996). Commodity Chains and Regional Divisions of Labor in East Asia. *Journal of Asian business*. **12**(1), 75-112.
- Geng, Y. and Cote, R. (2004). Applying Industrial Ecology in Rapidly Industrializing Asian Countries. *Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.* **11**, 69-85.

- Ghemawat, P. (2001). Distance Still Matters – The Hard Reality of Global Expansion. *Harvard Business Review*. **79**(8), 137-147.
- Goertzel, B. (1994). *Chaotic Logic: Language, Thought, and Reality from the Perspective of Complex Systems Science*, Plenum Press, New York.
- Größler, A. (2004). A Content and Process View on Bounded Rationality in System Dynamics. *Systems Research and Behavioral Science*. **21**, 319-330
- Graedel, T.E. and Allenby, B.R. (1995). *Industrial Ecology*, Prentice Hall.
- Grossman, G. and Helpman, E. (1995). *Innovation and Growth in the Global Economy*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Guerin, L. J. and Guerin, T. F. (1994). Constraints to the Adoption of Agricultural and Environmental Innovations and Technologies: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. **34**, 549–571
- Guerin T.F. (2001). Transferring Environmental Technologies to China: Resent Developments and Constraints. *Technological Forecasting and Social Change*. **67**(1), 55-75.
- Habermas, J. (1989). *The Theory of Communicative Action*, McCarthy, T. (Ed.). Vol. 2: *Lifeworld and System*, Beacon Press, Boston, MA (original work published 1981).
- Haley, U.C.V. and Low, L. (1998). Crafted Culture: Governmental Sculpting of Modern Singapore and Effects on Business Environments. *Journal of Organizational Change Management*. **11**(6), 530-553
- Hammond, D. (2002) Exploring the Genealogy of Systems Thinking. *Systems Research and Behavioral Science*. **19**, 429-439
- Hatch, W. and Yamamura, K. (1996). *Asia in Japan's Embrace: Building a Regional Production Alliance*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Hayashi, T. (2003). Effect of R&D Programmes on the Formation of University-Industry-Government Networks: Comparative Analysis of Japanese R&D Programmes. *Research Policy*. **32**(8), 1421-1442.
- Hicks, D., Britzman, T., Olivastro, D. and Hamilton, K. (2001). The Changing Composition of Innovative Activity in the US— a Portrait Based on Patent Analysis. *Research Policy*. **30**, 681–703
- Higgins, B. (1969). *Economic Development, Principles, and Policies*, rev. ed., Norton, New York.
- Hobday, M. (1995). Innovation in East Asia: Diversity and Development. *Technovation*. **15**(2), 55-63.

- Iansiti, M. and Levien, R. (2004). Strategy as Ecology. *Harvard Business Review*. March, 68-78.
- Intarakumnerd, P., Chairatana, P.A. and Tangchitpiboon, T. (2002). National Innovation System in Less Successful Developing Countries: the Case of Thailand. *Research Policy*. **31**(8-9), 1445-1457.
- Jackson, M.C. (1991). *Systems Methodology for the Management Science*, Plenum, New York.
- Jackson, M.C. (1997). Pluralism in Systems Thinking and Practice, in: *Multimethodology: the Theory and Practice of Comining Management Science Methodolgies*, J. Mingers and A. Gill, (Ed.), Wiley, Chichester, pp.237-257.
- Jackson, M.C. (2001). Critical Systems Thinking and Practice. *European Journal of Operational Research*. **128**(2), 233–244.
- Jan, T.S. and Chen, Y.J. (in press). The R&D System for Industrial Development in Taiwan. *Technological Forecasting and Social Change*. to appear in DOI:10.1016/j.techfore.2005.01.005
- Jan, T.S. and Chen, H.H. (2004). Evolution of the IT industrial in Taiwan, *Unpublished Working Paper*.
- Jan, T.S. and Hsiao, C.T. (2004). A Four-Role Model of the Automotive Industry Development in Developing Countries: A Case in Taiwan. *Journal of Operational Research Society*. **55**(11), 1145–1155.
- Jan, T.S. and Jan, C.G. (2000). Development of Weapon Systems in Developing Countries: A Case Study of Long Range Strategies in Taiwan. *Journal of Operational Research Society*. **51**(9), 1041-1050.
- Kampis, G. (1991). *Self-Modifying Systems in Biology and Cognitive Science*, Pergamon Press, New York.
- Kim, L. (1998). *Imitation to Innovation: Dynamics of Korea's Technological Learning*, Harvard Business School Press, Boston.
- Klein, L. R. (1990). Can Export-Led Growth Continue Indefinitely? An Asian-Pacific Perspective. *Journal of Asian Economics*. **1**, 1–12.
- Klevorick, A., Levin, R., Nelson, R. and Winter, S. (1995). On the Sources and Significance of Inter-Industry Differences in Technological Opportunities. *Research Policy*. **24**, 185–205.
- Klir, G. (1978). *Applied General Systems Research*, Plenum Press, London.

- Kojima, K. (2000). The 'Flying Geese' Model of Asian Economic Development: Origin, Theoretical Extensions, and Regional Policy Implications. *Journal of Asian Economics*. **11**(4), 375-401.
- Konde, V. (2004). Internet Development in Zambia: A Triple Helix of Government-University-Partners. *International Journal of Technology Management*. **27**(5), 440-451.
- Krugman, P. (1994). The Myth of the Asian Miracle. *Foreign Affairs*, November–December.
- Lall, S. (1992). Technological Capabilities and Industrialization. *World Development*. **20**(2), 165–186.
- Lane, D. C. (1999). Friendly Amendment: a Commentary on Doyle and Ford's Proposed Re-definition of 'Mental Model'. *System Dynamics Review*. **15**, 185-194.
- Lane, D.C. (2000). Should System Dynamics Be Described as a Hard or Deterministic Systems Approach? *Systems Research and Behavioral Science*. **17**, 3–22
- Laszlo, E.M. I., Artigiani, R., Cásányi V. (Ed.). (1993). *The Evolution of Cognitive Maps: New Paradigms for the Twenty-first Century*, Gordon & Breach, Langhorne, PA.
- Laszlo, E. (1995). *The Interconnected Universe: Conceptual Foundations of Transdisciplinary Unified Theory*, World Scientific, New Jersey.
- Laszlo, A. (2001). The Epistemological Foundations of Evolutionary Systems Design. *Systems Research and Behavioral Science*. **18**, 307–321.
- Laursen, K. (2000). *Trade Specialization, Technology and Economic Growth: Theory and Evidence from Advanced Countries*, Edward Elgar Publishing Ltd.
- Lemola, T. (2002). Convergence of National Science and Technology Policies: the Case of Finland. *Research Policy*. **31**(8-9), 1481-1490.
- Levin, M. (2004). Cross-boundary Learning Systems – Integrating Universities, Corporations, and Governmental Institutions in Knowledge Generating Systems. *Systemic Practice and Action Research*. **17**(3), 151-159.
- Liebowitz, S.J. and Margolis, S.E. (1995). Path Dependence, Lock-in, and History. *Journal of Law, Economics, and Organization*. **11**(1), 205-231.

- Liehr, M., Größler, A. and Milling, P.M. (2001). Cycles in the Sky: Understanding and Managing Business Cycles in the Airline Market. *System Dynamics Review*. **17**, 311-332.
- Lin, B.W. (2003). Technology Transfer as Technological Learning: A Source of Competitive Advantage for Firms with Limited R&D Resources. *R&D Management*. **33**(3), 327-341.
- Liu, X.H. and Wang, C.G. (2003). Does Foreign Direct Investment Facilitate Technological Progress? Evidence from Chinese Industries. *Research Policy*. **32**(6), 945-953.
- Lorenzana, J.M.A., and Ward, L.M. (1987). On Evolutionary Systems. *Behavioral Science*. **32**, 19-33.
- Loye, D. (2000). *Darwin's Lost Theory of Love*, toExcel, Lincoln, NE.
- Lu, Q.W. and Lazonick, W. (2001). The Organization of Innovation in a Transitional Economy: Business and Government in Chinese Electronic Publishing. *Research Policy*. **30**(1), 55-77.
- Luhmann, N. (1995). *Social Systems*, Bednarz, J. and Baecker, D. (trans.). Stanford University Press, Stanford, CA (original work published 1984).
- Maani, K.E. (2004). Links between systems thinking and complex decision making. *System Dynamics Review*. **20**(1), 21-48
- Mahmood, I.P. and Singh, J. (2003). Technological Dynamism in Asia. *Research Policy*. **32**(6), 1031-1054.
- Markusen, J.R. and Venables, A.J. (1999). Foreign Direct Investment as a Catalyst for Industrial Development. *European Economic Review*. **43**, 335-356.
- Mathews, J.A. and Cho, D.S. (1999). *Tiger Technology: The Creation of Semiconductor Industry in East Asia*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Maturana, H.R. and Varela, F.J. (1987). *The Tree of Knowledge: The Biological Roots of Human Understanding*, New Science Library, Boston, MA.
- Meadows, D.H., Meadows, D. and Randers, J. (1972). *The Limits to Growth*, Universe Books, New York.
- Midgley, G. (1996). What is This Thing Called CST? In Flood, R.L. and Romm, N.R.A. (Ed.). *Critical System Thinking: Current Research and Practice*, Plenum Press, NY.
- Miller, J.G. (1978). *Living Systems*, McGraw-Hill, New York.

- Milling, P.M. (2002). Understanding and Managing Innovation Processes. *System Dynamics Review*. **18**(1), 73–86.
- Morgan, G. (1982). Cybernetics and Organization Theory: Epistemology or Technique? *Human Relations*. **35**(7), 521-537.
- Morgan, G. (1983). Rethinking Corporate Strategy: A Cybernetic Perspective. *Human Relations*, **36**(4), 345-360.
- Morris, C.R. and Ferguson, C.H. (1993). How Architecture Wins Technology Wars, *Harvard Business Review*, March-April., 86-96
- Mowery, D. C. and Rosenberg, N. (1991). *Technology and the Pursuit of Economic Growth*, Cambridge University Press, New York.
- Narin, F., Hamilton, K.S. and Olivastro, D. (1997). The Increasing Linkage between US Technology and Public Science. *Research Policy*. **26**(3), 317–330.
- Nelson, R. and Rosenberg, N. (1993). Technical Innovation and National Systems. In: Nelson, R. (Ed.), *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Oxford University Press, Oxford, pp.3–21.
- Oliva, R. and Sterman, J.D. (2001). Cutting Corners and Working Overtime: Quality Erosion in the Service Industry. *Manage Science*. **47**, 894-914.
- Parayil, G. and Sreekumar T.T. (2004). Industrial Development and the Dynamics of Innovation in Hong Kong. *International Journal of Technology Management*. **27**(4), 369-392.
- Pardue, J.H., Clark, Jr T.D. and Winch, G.W. (1999). Modeling Short- and Long-Term Dynamics in the Commercialization of Technical Advances in IT Producing Industries. *System Dynamics Review*. **15**, 97-105.
- Parsons, T. (1977). *Social Systems and the Evolution of Action Theory*, Free Press, New York (original work published 1968).
- Passos, C.A.S., Terra, B.R.C., Furtado, A.T., Vedovello, C. and Plonski, G.A. (2004). Improving University-Industry Partnership – the Brazilian Experience through the Scientific and Technological Development Support Program. *International Journal of Technology Management*. **27**(5), 475-487.
- Pavitt, K. (1991). What Makes Basic Research Economically Useful? *Research Policy*. **20**(2), 109–119.

- Perrings, C. (1987). *Economy and Environment: A Theoretical Essay on the Interdependence of Economic and Environmental Systems*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Prahalad, C.K. and Hammond, A. (2002). Serving the World's Poor, Profitably. *Harvard Business Review*. **80**(9), 48-57.
- Prigogine, I. and Stengers, I. (1984). *Order out of Chaos*, Bantam Books, New York.
- Ramamurti, R. and Doh, J.P. (2004). Rethinking Infrastructure Investment in Development Countries. *Journal of World Business*. **39**(2), 151-167.
- Randers, J. (1980). Guidelines for Model Conceptualisation. In Randers, J. (Ed.), *Elements of the System Dynamics Method*, MIT Press, Cambridge, MA, pp. 117-139.
- Rapport, A.S. and Halevi, S. (1991). The Computerless Computer Company. *Harvard Business Review*. July-Aug., 69-80.
- Richardson, G. P. (1991). *Feedback Thought in Social Science and Systems Theory*, University of Pennsylvania, Philadelphia.
- Richardson, G.P. (1996). *Modelling for Management*, Dartmouth, Aldershot, UK.
- Rosenberg, N. (1982). *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Rosenberg, N. (1990). Why do Firms do Basic Research (with Their Money)? *Research Policy*. **19**, 165–174.
- Ruth, M. (1993). *Integrating Economics, Ecology, and Thermodynamics*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Ruth, M. (1995). Information, Order and Knowledge in Economic and Ecological Systems: Implications for Material and Energy Use. *Ecological Economics*. **13**, 99-114
- Salk, J. (1983). *Anatomy of Reality: Merging of Intention and Reason*, Columbia University Press, New York.
- Schendler, A. (2003). Applying the Principles of Industrial Ecology to the Guest-Service Sector. *Journal of Industrial Ecology*. **7**(1), 127-138.
- Schumpeter, J. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper & Row, New York.
- Senge, P. (1990). *The Fifth Discipline*, Doubleday, New York.

- Shyu, J.Z. and Chiu, Y.C. (2002). Innovation Policy for Developing Taiwan's Competitive Advantages. *R&D Management*. **32**(4), 369-374.
- Sterman, J.D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, Irwin McGraw- Hill, Boston, MA.
- Su, P.H., Shyu, J.Z., Yu, H.C., You, C.C. and Lo, T.H. (2003). Exploring the Interaction Between Incubators and Industrial Clusters: The Case of the ITRI Incubator in Taiwan. *R&D Management*. **33**(1), 79-90.
- Ulrich, W. (2001). The Quest for Competence in Systemic Research and Practice. *Systems Research and Behavioral Science*. **18**, 3-28
- Victor, P. (1972). *Pollution: Economy and Environment*, Allen and Unwin, London.
- Viotti, E.B. (2002). National Learning Systems – A New Approach on Technological change in Late Industrializing Economies and Evidences from the Cases of Brazil and South Korea. *Technological Forecasting and Social Change*. **69**(7), 653-680.
- von Hippel, E. and Tyre, M.J. (1995). How Learning by Doing is Done: Problem Identification in Novel Process Equipment. *Research policy*. **24**(1), 1-12
- Wang, J.Y. and Blomstrom, M. (1992). Foreign Direct Investment and Technology Transfer. *European Economic Review*. **36**, 137–155.
- Wang, T. and Pollard, R. (2002). Selecting a Technical Strategy for High-Tech Enterprises in Developing Countries – a Case Study. *International Journal of Technology Management*. **24**(5-6), 648-655.
- Warfield, J.N. (1994). *A Science of Generic Design: Managing Complexity through Systems Design*, Iowa State University Press, Ames.
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, Hermann, Paris.
- Wolstenholme, E.F. (1990). *System Enquiry—A System Dynamics Approach*, Wiley, Chichester, UK.
- Yearbooks of Information Industry. (2002). MIC/III, Taiwan
- Young, A. (1995). The Tyranny of Numbers: Confronting the Statistical Realities of the East Asian Growth Experience. *Quarterly Journal of Economics*. **110**(3), 641–680.
- Zimmerman, L. J. (1965). *Poor Lands, Rich Lands: the Widening Gap*, Random House, New York.

附錄 名詞中英文對照

Avoiding Non-survival Strategy	避免無法存活策略
Autopoiesis	自我創造
Build to Order (BTO)	接單生產
Complexity	複雜
Critical Systems Thinking (CST)	批判性系統思維
Cybernetics	模控學
Ecological System	生態系統
Emancipation	解放
Flying Geese (FG)	雁行
Foreign Direct Investment (FDI)	外國直接投資
General Control Theory	一般控制理論
General Evolution Theory (GET)	一般演化理論
General Living Systems Theory (GLST)	一般生命系統理論
General System Theory (GST)	一般系統理論
Homeostasis Model	平衡模式
Idealism	觀念論者
Information Theory	資訊理論
Integrated Device Manufacturer (IDM)	整合元件廠
International Society for the System Sciences	國際系統科學協會
Key Players	關鍵參與者
Mechanical Model	機械模式
Methodological Pluralism	多元方法論
Multinational Corporations (MNCs)	多國籍企業
National Innovative System (NIS)	國家創新系統

National Learning System 國家學習系統
Non-predictability 無法預測
Order from Noise 雜訊的秩序
Organic Model 有機模式
Original Design Manufacturer (ODM) 原廠設計生產
Original Equipment Manufacture (OEM) 委託加工廠商
Path Dependence 路徑依賴
Player 參與者
Positive Feedback 正回饋
Positivism 實證論者
Potential Inefficiency 潛在沒效率
Process Model 程序模式
Reductionism 化約主義者
Reliability 可信度
Research 研究
Self-organization 自我組織
Small Business Innovation Research (SBIR)
鼓勵新興中小企業開發新技術推動計畫
Social Design 社會設計
Social Systems Design (SSD) 社會系統設計
Soft Systems Methodology (SSM) 柔性系統方法論
Stakeholders 利益關係人
Synergetics 協同作業論
Systems Approach 系統方法
System Dynamics (SD) 系統動態學
Systems Engineering 系統工程
System Thinking 系統思維

Thermodynamics 熱力學
Total Systems Intervention (TSI) 整體系統介入
Triple Helix 三者螺旋
Validity 有效度
Variety 複雜度
Verbal Protocol Analysis 語詞規範分析法
Viable System Model (VSM) 能存活系統模式
Weltanschauungen 世界觀



作者簡歷

姓名：陳幸雄

性別：男

籍貫：台灣省台中縣

出生年月：1959年11月26日



目前任職於工研院產業經濟與資訊服務中心（經資中心），擔任整合研究組組長。專長產業研究、技術預測、策略規劃、跨領域協同作業，特別是提供以資訊科技協助組織轉型，以因應知識經濟時代多元化變革的挑戰。

學歷：

1. 國立交通大學 管理科學系 博士班畢業 (2001.09-2005.10)
2. 美國史丹福大學 Asia-Pacific Research Center 訪問學者 (2004.09-2005.02)
3. 國立台灣大學 資訊管理研究所 碩士班畢業 (EMBA) (1998.07-2001.06)
4. 國立清華大學 電機工程研究所 碩士班畢業 (1987.09-1989.06)
5. 國立台灣技術學院 (現名國立台灣科技大學) 電機工程學系 學士畢業 (1985.09-1987.06)

經歷：

1. 工業技術研究院 經資中心整合研究組 組長 (2002.04-現在)
2. 工業技術研究院 經資中心整合研究組 副組長(代組長) (2000.07-2002.04)
3. 工業技術研究院 電子所策略規畫部 經理 (1999.11-2000.06)
4. 工業技術研究院 電子所策略規畫部 副理 (1996.05-1999.11)
5. 工業技術研究院 電子所策略規畫部 企畫工程師 (1989.06-1996.05)

歷年著作一覽表

A. “期刊論文”

1. 陳幸雄、易維綺、洪立瑜 (2001). 知識管理對產業資訊服務業者的時代意義與實務探討，*產業論壇*，第三卷，第一期，92-117 頁
2. Jan, T.S. and Chen, H.H. (2005). Systems Approaches for the Industrial Development of a Developing Country. *Systemic Practice and Action Research*, **18**(4), 365-377. (SSCI)

B. “研究報告”

1. 陳幸雄 (1990). 90 年代平面顯示器—LCD，*電子產業透析*，工研院電子所
2. 陳幸雄 (1990). 90 年代的視訊世界，*電子產業透析*，工研院電子所
3. 陳幸雄 (1990). 影像電話的現況與未來趨勢，*電子產業透析*，工研院電子所
4. 陳幸雄 (1991). Mixed-Mode IC 機會分析，*電子產業透析*，工研院電子所
5. 陳幸雄 (1991). CCD 的應用與市場，*電子產業透析*，工研院電子所
6. 陳幸雄 (1992). 大陸電子工業綜覽，*電子產業透析*，工研院電子所
7. 陳幸雄 (1992). 通訊產品 IC 機會，*電子產業透析*，工研院電子所
8. 陳幸雄 (1992). LCD 剖析與我國發展知道，*電子產業透析*，工研院電子所
9. 陳幸雄 (1993). 大陸 IC 工業發展契機，*電子產業透析*，工研院電子所
10. 陳幸雄 (1994). 我國 IC 市場行銷戰略分析，*電子產業透析*，工研院電子所

11. 陳幸雄 (1995). 審視我國 IC 產業發展現況，電子產業透析，工研院電子所
12. 陳幸雄 (1995). 大陸 IC 市場探索，電子產業透析，工研院電子所
13. 陳幸雄 (1996). 我國積體電路產業對日逆差探索，電子產業透析，工研院電子所
14. 陳幸雄 (2001). 知識型服務業推動知識管理實務研究，碩士論文，台大資管所，台北
15. 陳幸雄 et. al. (2003). 「願景領航、知識起飛：以人為本，以效益為據，由知識管理走向知識經營」 全球華人知識管理推動實務，中國生產力中心
16. Trappey, C. V. and Chen, H. (2001). "The Integrated Circuit Industry: A Technological Powerhouse," Made by Taiwan-Booming in the Information Technology Era, edited by Chun-Yen Chang & Po-Lung Yu, pp105-132,

