

吸收能耐不足限制臺灣創新系統嗎

羅世輝¹、劉成達²

收件日期：Sep. 02, 2016

接受日期：Dec. 13, 2016

摘要

本文以系統思考觀點，從企業/產業知識創造角度，檢視臺灣創新系統產品創新的過程，以瞭解其經濟貢獻偏低原因。研究發現，在長、短期績效誘因影響下，運用型創新主導結構，系統自我誘發一不預期的「吸收能耐」的負鏈結環路，回饋抑制原進行的創新活動。解決之道是及早在高級人力資源上做積極持續的投資，政策槓桿解是以國際化交流改善國家創新系統內長期吸收能耐不足。本文亦提出系統觀點不同於自然科學線性解析取向，而是結構解釋的模型，強調回饋、自我組織、與環境有關等互依關係。

關鍵詞：國家創新系統、系統思考、成長與投資不足、系統觀、雙面靈活組織

¹ 大葉大學管理學院企業管理學系副教授。

² 大葉大學管理學院博士班研究生，通訊作者。E-Mail: donaldliu1000901@gmail.com

1. 前言

1.1 研究背景與動機

「創新」(innovation)是一相當廣泛的概念，在不同的領域有不同的議題，但儘管有很多的定義，卻都有共同的核心概念：採用新想法、或新做法的行為，無論是在產品、流程、系統、政策等(Damanpour, 1988; Utterback, 1971)。創新是基於與現行的想法、思考方式、或做法作比較，發現其缺陷不足，提出不同、更好的想法與做法，故大部分的創新均來自發現問題、知識缺口、組織績效不佳(Bolton, 1993)或無法持續競爭(Nidumolu et al., 2009)等情境需求，透過知識的創新、科技的新手段進行具體改變(善)、解決問題，並藉組織以改變並擴大結果、提升價值。創新的概念來源可能來自個人、及組織，但成功的創新實踐則必定透過組織採用，並經組織間合作執行，以回應社會與環境變化(Damanpour & Evan, 1984)。換言之，在社會-組織-科技的連結情境(context) (Autio et al., 2014; Geels, 2004; Ortt & Patrick, 2008; van der Duin et al., 2014)下，創新提供問題的解決，同時也是回應情境變化的必然演變結果。

Freeman (1987)定義「創新的國家系統」(National System of Innovation, NSI)是公、私部門藉由各種互動來啟動、改良、傳播新科技所形成的機構網絡，廣納不同層級(micro-macro)、不同主體(actors)的互動，亦即情境範圍從企業/產業擴大至政府、非營利研究機構、高等教育為邊界時，便產生「國家創新系統」的概念及研究途徑(Carlsson et al., 2002; Lundvall, 1992; Sharif, 2006)，並以“National innovation system”(NIS)的概念迅速擴散(Fagerberg & Sappasert, 2011; Furman et al., 2002; Godin, 2009; Nelson, 1993; Sharif, 2006)。雖然Lundvall (1992)與Nelson (1993)對國家創新系統所用名詞略有差異且各有定義，但皆強調在一特定國家內，對科學技術知識產生、擴散、及應用，所組成的相關組織、機構、連結(Galli & Teubal, 1997)，其核心概念仍是相同(Marx & Brunner, 2013)。NIS的研究架構與途徑，除有助於學術上基礎理論發展(Balzatz & Hanusch, 2004; Chung, 2002; Fagerberg & Srholec, 2008; Marx & Brunner, 2013)之外，在實務上也能進一步解釋各國間創新系統績效的差異性及其驅動原因(Godin, 2009)。

國家經濟成長動能之一是各企業/產業具持續競爭優勢，而創新正是此持續競爭優勢的最主要來源之一。臺灣在創新的作為上，雖培養眾多高級人力、投入相當財力預算、及擁有許多專利、創意發明，各企業/產業也曾歷經快速成長階段，但其後接續時期，卻無法藉由持續創新帶動各產業升級轉型，進而提高國家整體的創新能量及國家競爭力，顯然現階段個人的創新、組織的創新研發，遇到瓶頸或限制，無法有效轉換成經濟成果。從國家整體的技術貿易額觀察，在技術輸出收入/技術輸入支出比值指標上，更是遠低於一般主要國家，其值是韓國、新加坡的 0.5，瑞士的 0.2，美國的 0.12，日本的 0.04(汪建南, 2014)。換言之，在創新執行過程中，經時間推移下，其內部產、官、學、研等角色之搭配互動，可能已累積形成複雜的互動、動態關係，除無法展現系統原預期行為，反致衍生其他非預期行為。因此推論，在國家創新系統內產業-大學-研究-政府互動情境

中，可能存在有更深層、不變的動態結構——非預期、或隱藏的因果鏈結、互動環路等機制(mechanism)而不自覺，影響或牽制原預期國家創新能量建立，若無法真正探究系統內的深層結構(underlying structure)，釐清複雜系統內相關變化中不變的互動通則之機制(Glennan, 2002)，僅是從表面的外在因素上進行微調監控，可能無法根本解決我國在創新系統上的困境及問題。

面對國家創新系統效能不佳的動態複雜問題，很難單純將其歸咎於何功能部門(或角色)，如高教、企業/產業、政府體制...等，因為一個社會系統的整體表現，是不能個別獨立分割，其整體績效更非個別獨立運作之總和，而是其間互動的非線性函數關係，若將問題歸咎於某一部門、或某當下的前置原因，則此問題將被局限，無法思考較遠的空間(水平部門、或垂直部門)、時間的可能連結、互動(Ackoff, 1994)、及累積的效果，畢竟大部分真實社會系統的運作現象、問題，並非在獨立、真空的情境下、或非突然發生。唯有跨部門，以整體、系統、長期、整合方式來看待人類社會問題，才不被問題所處的時、空所局限，也較可能找到問題根本原因所在，提出建設性、根本性的解決方案。

1.2 研究問題與目的

臺灣博士人數、專利數均持續增加，研發的人力、財力亦高於一般國家平均水準，但長期而言，創新反應在國家經濟實質的技術貿易額上，卻始終無法達到一般國家平均水準以上時，此現象顯示國家創新系統的實踐執行層面，必隱藏著管理實務問題，值得學術研究探討(George, 2014)。國家創新需要高級人力(高教、研究機構、企業)、財力、體制、社會等共同搭配執行，單靠人力、財力之數量是無法完全解決問題，在此系統內互動的過程中，可能還有其他互動不足的關鍵因素、或存在限制因素。

相關研究已證實國家創新系統之創新能力(innovative capability)與吸收能耐(absorptive capacity) (Castellacci & Natera, 2013)為雙向因果關係，而產品創新(product innovation)與流程創新(process innovation)(Utterback & Abernathy, 1975)也為動態(dynamic)關係。此外，Furman et al. (2002)也實證指出國家創新能耐(national innovative capacity)取決於國家創新之基礎(體制、投入資源、政策、知識)與產業群聚環境、及二者相互鏈結強度，而任何與研發生產能力高低差異有關的因素(開放、知識累積量...)才是最重要的角色。但國家創新能力、吸收能耐、政府政策、產學合作、企業外在環境等的互動(interaction)關係、及在整體內各要素如何搭配組合始能提高國家創新能力，卻仍是未知。

企業人力資源中，個人的創新能力、個人/組織的創新能力、吸收能耐，源自何處？其決定因素與後果間是否有時間滯延(lag)(Adler, 1966; Ancona et al., 2001; Damanpour & Evan, 1984; Evan, 1966)？其與組織內外是如何互動？其又與外在環境的制度、政策、社會有何交互作用？如何適配(fit)？其長期的動態變化形式為何？在高教、企業/產業組織、外在環境間，本研究聚焦於國家整體產學創新知識之創造(creation)、傳播(dissemination)、運用(utilization)等成長困境的因果互動關係，分析層級(level of analysis)是企業/產業層級。

本研究在以企業/產業實務角度，觀察創新產學銜接落差，探索臺灣在國家創新上，

高等教育人力育才、產業-高校產學合作、企業/產業間創新知識發展不足等執行困境的結構原因，藉以了解國家創新的整體技術貿易額為何偏低、及如何解決。而本研究的目的希望建構出我國的國家創新系統的深層結構的因果動態模式，了解系統中造成創新成長的成長機制(環路)為何？以及使得成長停滯甚至崩壞的抑制機制(環路)為何？並藉描繪主導的因果動態環路結構，找尋系統內的槓桿解。

2. 文獻回顧

2.1 創新與組織創新(organizational innovation)

創新是創造正向價值(value)，其途徑包含提升利益(benefit)、降低成本(cost)。前者可藉達成效益或問題避免/問題解決做到；後者則可藉減少在時間、金錢、精神上的努力(effort)或降低風險(risk)及不確定性(uncertainty)達成。創新是基於現有知識，提出與既有知識不同的獨特性、或突破性，可逐漸改善/提升做法(process)/產品(product)，超過原先價值，展現額外更多、更好的價值加值(value-added)。

創新是知識連結、知識延伸的實務展現，先前的知識累積水準會影響其後的創新，創新的來源(source)可藉由檢視知識的累積、提升與應用得到了解，Cohen & Levinthal (1990)亦指出吸收能耐對創新能力具關鍵影響。知識源自個人的學習，因個人思維、資訊接收均是有限的，故大部分成功的創新企業均需群體合作、組織支持，以降低不確定性、及加速其成形、傳播。換言之，成功的創新需藉與組織環境互動、學習，以長期培養組織的吸收能耐。吸收能耐包含辨認外部新的資訊、評估、吸收同化、並進而應用(Cohen & Levinthal, 1990)，而創新亦需歷經知識缺口的察覺(awareness)、起始(initiation)、採納(adoption)、模仿(imitation)、執行(implementation)、實驗(experimentation)、問題解決(problem-solving)、擴散(diffusion)等過程(Crossan & Apaydin, 2010; Damanpour & Evan, 1984; Utterback, 1974)，故創新理論至少含個人、組織(企業/產業)二層級的活動，並使組織外的群體能接受此改變做法及其新產出。創新的產品/服務不僅是發明的技術活動，亦需獲得利益關係人/顧客認可，因此創新更是一種經濟活動，並獲得組織內、組織間、組織外協助與支持。若追蹤時間軸更長時，創新甚至包含發展趨勢改變的鉅觀理論，因此創新過程的研究應綜合微觀-鉅觀視野，同時考慮個人及組織結構的目的，以描繪其中主要的互動連結機制(Van de Ven & Rogers, 1988)。

組織創新(organizational innovation)一般含技術創新(technical innovation)、行政創新(administrative innovation)(Daft, 1978; Damanpour & Evan, 1984; Evan, 1966)，本文將技術創新、科技創新(technological innovation)視為同義。企業的科技創新效益與組織內部特性、環境特性、及市場創新需求與技術資訊間交流等有關，Utterback (1971)指出外在需求明確能刺激企業的技術創新，外在技術資訊的易交流性亦可增加創新成功機會。此外，組織潛在的科技創新不僅受到資訊、執行的時間滯延外，更會因與外部人員、資訊、市場、體制、法規的交流難易形成創新障礙(Utterback, 1974)，故組織創新是一長時間的演

化過程(process)，一旦能獲得市場認可，即成階段性的結果(outcome)。故組織創新是過程、也是結果(Crossan & Apaydin, 2010)。

Crossan & Apaydin (2010)更進一步指出組織創新具十種不同的構面(dimensions)，例如：創新的形式(form)：產品(product)、流程、商業模式(business model)；創新的強度(magnitude)：漸進式(incremental)、突破式(radical)；創新知識的本質(nature)，可能遍存於其他領域的顯性知識(explicit knowledge)中，亦可能根植於該領域的隱性知識(tacit knowledge)內，需藉由經驗、靈感、現場環境氛圍的啟發、刺激，組織的二類知識亦可能藉對話進行傳遞、轉換(Nonaka, 1994)，這也回饋累積至原知識的學習。以組織學習觀點而言，知識創新可能是現有知識的精緻、延伸、深化、重組等運用(exploitation)，亦可能是新知識缺口、知識的改變、試驗、跨領域連結整合等探索(exploration)(March, 1991)，故組織需同時考慮運用/探索的雙面靈活性(Organizational Ambidexterity)(Gibson & Birkinshaw, 2004; Raisch & Birkinshaw, 2008; Tushman & O'Reilly III, 1996)。March (1991)更進一步指出知識改善運用，其時間花費遠少於知識探索，且運用比探索更明確，更能有預期及快速回報，因此運用型創新的價值會愈來愈明顯，在企業資源有限、及僅著眼短期目標下，極易形成網路效應(network effect)，這同時也造成創新管理的兩難(Andriopoulos & Lewis, 2009; Benner & Tushman, 2003; Patel et al., 2013)。儘管運用型創新活動的時間軸較短於探索型創新活動，且風險、不確定性均較低，但 Ancona et al. (2001)以策略管理觀點卻認為，在技術、及市場各別不同變動速度的時間軸上，企業必須同步進行運用型創新、探索型創新，以與市場變化一致及適應市場改變(Gibson & Birkinshaw, 2004)，也才能維持企業的動態能力(dynamic capability)(Ancona et al., 2001)。

2.2 系統觀

儘管自然科學、及社會科學對系統的定義有很多，但卻都有類似共同的概念，即系統內部存在交互的(interactive)、互相關的(interrelated)、互聯的(interconnected)等互依性(interdependence)(Ackoff, 1971; Bahm, 1981; Giddens, 1979; Laszlo, 1972; Meadows, 2008; Miller, 1971; Von Bertalanffy, 1968)。Von Bertalanffy (1968)並指出系統是有別於傳統科學解析程序(analytical procedure)，系統是整體大於個別總和(Meadows, 2008)，因為系統內存在有研究無法忽略的個別間互動(interaction)過程、個別間具非線性(nonlinear)關係，此二前提(assumption)均與解析研究不同。而社會系統是社會中有秩序、規律行動的互依關係(Gharajedaghi & Ackoff, 1984; Giddens, 1979)，因此社會系統的研究模型必須含非線性性質(Forrester, 1987)。Bunge (1979, 2000, 2001)更進一步指出社會的系統論(systemism)是兼顧整體的結構外，亦同時考慮其內部個別要素彼此互依的雙向關係，Bunge (1997)稱之為系統觀的取向(systemic approach)。此外，Jackson (2000)更將系統觀(systems approach)提升至科學哲學的層次，探討與其他社會科學典範(paradigm)間的異同，或討論系統動力學(System Dynamics)在科學哲學的定位(Lane, 1999; Lane, 2001a; Lane, 2001b)。

系統觀之科學哲學觀點與批判實在論(critical realism)相同(Lane, 1999; Lane, 2001a;

Mingers, 2000, 2014), 兼具實證學派(positivist)、詮釋學派(interpretivist)(Schwaninger, 2006)之部分觀點, 以辯證(dialectic)方式融合二者之矛盾、對立(Lane, 1999; Neuman, 2011; Pickel, 2004), 既不太近關心單一個體, 但也不忽略系統行為的內部驅動壓力(Forrester, 1964; Richardson, 1991), 原看似矛盾、或對立的二端, 以不同觀點距離反思辯證後, 又浮現(emerge)另一更大的連續因果鏈, 以整合正、反論點(thesis、antithesis)顯露一新整體(synthesis)的觀點(Jackson & Keys, 1984; Lane, 1994, 2000; Sushil, 1997), 綜合個人微觀(micro)、個體觀點(individualism)到整體鉅觀(macro)、整體觀點(holism)(Bunge, 1979, 2000; Sterman, 1989), 亦即具雙焦距(bifocal)觀點, 可兼顧見樹又見林(Richmond, 1994; Sherwood, 2002), 呈現動態非線性的系統本質, 尤其在動態複雜、政策分析等長期永續的問題中, 因結構產生系統之行為(Forrester, 1968a; Senge, 1990), 才能提供變化型態(pattern)的結構解釋(structural explanation)(Bakken et al., 1992; Haslanger, 2015; Neuman, 2011; Senge, 1990)、或堅實結構理論(structural theory) (Forrester, 1968a; Größler et al., 2008; Lane, 2000, 2001a; Sawyer, 2007)。

組織(organization)是一群由規劃完整的體制所形成的集合體, 組織具有整體、成長、階層性、控制、調適等概念, 這些概念均與以可分割為前提之機械論的(mechanistic)解析觀點不同, 反而與系統概念相同--整體大於個別總和、不可分割的, 因為系統是強調個別間互動(interaction)過程、非線性關係、及回饋過程等前提(Dent & Umpleby, 1998), 因此無可不免的, 現代的組織理論將引導至系統理論的觀點, 亦即將組織視為一系統、視為變數間互相依存之系統(Von Bertalanffy, 1968)。Weick (1979)亦指出組織(organizing)是將群體間有共識的連鎖行為(interlocked behaviors), 予以合理的順序組合適配, 而此連鎖行為則具互依行動(interdependent actions)、且具循環(circular)回饋等特質, 藉檢視目前行為與目標或目的間之差距, 可引導修正下一次的行為, 以符合「行為與目的論」(Rosenblueth et al., 1943)。此外, Forrester (1968b)指出社會系統呈現人與人之間的互動, 包含家庭、小群體、企業、國家等, 而國家創新系統是由不同群體行動互動形成的關係體, 因此亦具社會系統、組織等特質。

Forrester (1961)之系統觀強調複雜動態系統之結構、及動作者間的互動, 認為從決策選擇、控制行動的互動關聯性, 發掘現象背後隱藏的不變通則機制, 解釋社會系統浮現的現象或系統不預期行為的問題, 進而調整決策以解決問題。Giddens (1981)也曾指出社會系統是由行動者間或集體間, 跨時空的再現關係型態(patterns of relationships)所組成。在結構中存在動作者間主要的互動連結, 形成一動態機制, 機制是描述系統中的一影響過程, 可產生改變或避免改變(Bunge, 1997), 主要的互動連結關係就是結構的精要, 結構提供一堅實不變的基本通則架構, 互動則形成各種實際行動演化消長的個別實踐。換言之, 系統中的通則架構形塑系統外顯的基本型態(或稱曲線趨勢圖), 個別事件則是基本型態下的其中一種變化(單一曲線)表現, 但個別事件仍透過互動, 再產生、修正、或累積成結構, 個人行動與整體結構(agency & structure)形成相互支持的循環, 此為結構的雙重性(duality of structure), 結構是行動實踐過程的媒介(medium), 也是產出(outcome) (Giddens, 1979, 1981)。此互動關係有二類: 回饋式的環內互動關係(時空通常

相距較遠)、及環間節點上的調節(強化、或弱化)關係。前者是來自資訊回饋環的解釋觀點前提(Dent & Umpleby, 1998),而後者則是複雜動態系統之前提--內部錯綜複雜的網絡關係必存在至少有一關係節點,此節點是二個或多個影響路徑的交點,此二類互動關係也是此系統觀理論的二基本前提。系統動力學認為社會系統亦是藉結構以產生基本關係型態,而其結構是環內、及環間相互作用的整體,雖然與學者 Giddens 的結構定義不盡相同,但在兼顧微觀/鉅觀的科學哲學上、結構雙重性互動形成環的概念仍有些類似。

Richardson (1991)也指出回饋思維(feedback thoughts)普遍存在於重要的社會科學理論中,回饋與環狀因果關係(circular causality)的核心概念是環(loop)。與人類有關的系統,常呈現自我調整(self-regulating)(Tustin, 1952)、或自我增強(self-reinforcing)(Arthur et al., 1987; Schilling, 1998; Sterman, 1986)等不同屬性的社會現象,而此二類均與回饋、環概念有關。一事物或概念的改變,會刺激下一個不同的事物或概念的改變,而此改變的事物或概念又會刺激另一個不同的事物或概念產生改變,依此推移,結果的改變最終又影響本身,對原最早的事物或概念形成非直線的回饋累積(accumulation)(可能增加、或減少),只是社會現象的因果推移可能在時間、空間關係上距離較慢、較遠(間接),不似工程回饋迅速、且直接,而此非線性累積的效應是超乎常人的推理與理解(Sterman, 2010),不易為人發覺其結構環的真相。故只要持續觀察,社會現象均有回饋、環等傾向。Richardson (1991)指出環的概念、累積效應在社會科學(social science)、政策科學(policy science)佔極重要角色,甚至更指出社會中互動的回饋環路(feedback loops),除可能是過濾隨機擾動等變異的控管機制外,亦可能是政策失靈、反直覺現象產生的根源所在。

2.3 國家創新系統

Van de Ven (1986)亦指出創新的過程(process of innovation)是「在一體制情境內,長期與他人相互影響,以促進新想法的發展、實現」。系統內個別要素若無恰當的適配組合、或被組織與管理,即便各部分都執行很好,整體的功能卻往往不能很好(Sengupta & Ackoff, 1965)。因此國家創新系統的性質必須從整體的視野觀察,了解各組成要素之間的互動變化關係。過去研究較關心國家間創新系統的效率(efficiency)比較(Guan & Chen, 2012; Hu et al., 2014),但對單一國家而言,在創新效能(effectiveness)遇到瓶頸時,更應先找出抑制成長的限制因素為何?或成長動力的關鍵為何?例如:促進國家創新能量持續成長、增進產學合作創新效果(Siegel et al., 2003),選擇/執行對的政策、創造有利企業/產業創新的生存與發展環境。

國家創新系統為各內涵構面間的互動關係,系統旨在整合各類資源,提供企業創新資源的鏈結機會與能力建立。企業/產業應避免短視近利僅在技術創新投資外,更應促進產業/企業具長期學習的動態能力,包含技術、組織、市場創新知識的無形資產累積、吸收(Patel & Pavitt, 1994)。換言之,創新是需長期永續性,知識亦需廣泛交流,以拓展知識的深度(depth of knowledge)、廣度(scope of knowledge),並藉由分享資訊、交流,節省尋找、探索、發掘知識缺口的時間與精力,在不相同/不相干的二方間搭橋,做有效連結,以繁衍/整合或轉換成新知識或能力,形成新契機/商機。

3. 研究方法

3.1 研究觀點

本研究將複雜社會系統運作，抽象簡化成環境狀態(condition) - 決策(decision) - 行動(action)三者互動循環之資訊回饋環(information-feedback control loop)(Forrester, 1961)，當行動結果改變狀態，更新現況後，又繼續影響新決策及後續行動，故其實際因果影響鏈絕非僅是單方向，且因與果未必在時間、空間中緊密相近(Richardson, 1991; Senge, 1990)，因此未必符合自然科學解析、線性、一般化、決定性的因果定律。其次，社會系統需回應(respond)環境改變並與環境互動，是具自由意志做選擇，與不考慮環境的機械式反應(reaction)不同，故其環境狀態亦是系統的邊界內，也是環路中一部分(environment-full)的因果影響鏈，然卻未必符合嚴謹自然科學實驗室控制下與環境無關(environment-free)的因果決定論(Ackoff, 1973, 1974; Dent & Umpleby, 1998; Gharajedaghi & Ackoff, 1984)。最後，因為系統是具共同目的(purpose)(Forrester, 1968b)的相互連結結構，然此目的論(teleology)前提結構下變數間的關係，卻非完全符合嚴謹的充分必要的因果律(Neuman, 2011)，而僅是必要非充分的產生者-結果關係(producer-product)(Ackoff, 1979; Churchman & Ackoff, 1950; Churchman & Schainblatt, 1965; Jackson, 2000)。

依據Forrester (1961, 1971)系統動力學存量、流量、輔助變數間之關係，包含實體流、行動的選擇或反應、資訊傳遞、結果滯延、及運算式等，其關係應較傳統因果事件更為廣義。但儘管如此，環路中的因果鏈結(causal link or causal influence)仍有些準則，例如物質平衡、直接觀察、已接受的理論、假設或前提、實證統計等(Morecroft, 1982)。因此在資訊回饋環路思維下的因果鏈結是對系統的質性描述，僅是影響關係，故亦有學者將causal loop diagram稱為influence diagram(Coyle, 1983; Wolstenholme, 1982; Wolstenholme & Coyle, 1983)。

本研究採內生(endogenous)觀點，社會系統動態行為的問題肇因正是來自系統本身內部的結構、互動(Forrester, 1968b)。既是錯綜複雜的系統，每一元素自應有與不止一個元素的關聯(association)，即每一元素均有多個聯結，藉此形成網絡(network)關係。Giddens (1979)指出社會系統是行動的互依關係再現，某一元素改變時，會啟動其他元素發生改變，而其他元素改變又接續影響原第一個元素，形成重複、不間斷地連鎖循環改變，因此複雜社會系統的內部結構具有自我組織(self-organizing)(Dent & Umpleby, 1998; Jackson, 2000)、自我產生(self-producing)(Jackson, 2000)、或自我調節(self-regulating)(Jackson, 2000)的前提或特性。換言之，複雜系統之動態行為，除最初由系統外之因素變化所觸動外，其餘接續的動態演變則是源自系統內環狀因果關聯、及環路間結構等交互作用，而自發性生成系統動態行為(Forrester, 1968a; Richardson, 1991; Senge, 1990)，故為解決系統之某一問題時，須在複雜網絡連結關係中找到與問題有關的適當回饋環路。因此系統思考的分析單位(unit of analysis)是關係(relationships)、因果環路(causal loop)(Carlsson et al., 2002; Dent & Umpleby, 1998; Richardson, 1991)、及行為變化

的形態(pattern of behavior)(Ancona et al., 2001)，研究的描述單位(units of description)是連續性(continuous)的樣態，而非離散(discrete)的事件(Richardson, 1991)，強調連續的累積與變化，及可能的主導環路改變(shift in loop dominance)之非線性系統行為。

臺灣的國家創新系統亦是一複雜之動態系統，也必有要素間非線性的動態回饋(Sharif, 2006)，當研究焦點關心技術貿易額之改變，即欲了解社會系統中某些性質的變化、成長、或波動的原因時，因其主題具互依、循環、回饋等特質，故其研究方法搭配選擇以模控學(Cybernetics)概念中之回饋(feedback)觀點(Richardson, 1991)、及以整體、動態、過程的系統觀(Ackoff, 1971)、系統動力學(Milling, 2002)的研究方法，便顯得相當合適恰當。

3.2 系統思考與因果回饋環路

系統動力模型(SD model)藉由系統建模(system modeling)活動，描述問題真相的特定關聯性，是一合理化的推理結構，能產生具邏輯形式上的系統行為，且與被建模對象所顯露的系統實證行為是緊密吻合的(Sterman, 2000; Vazquez et al., 1996)。藉由理論(theory)、實地觀察(observe)等方式發展，辨識問題完整結構與因果效應，形成視覺概念圖(Kim & Andersen, 2012)，並將概念(concept)定義成可操作化的適當變數，描繪政策程度大小、主要變數間的因果鏈關聯性，賦予因果鏈正負向極性，形成因果回饋環(causal loop)，並辨識其屬不斷增強環路(reinforcing loop，以 R 表示，簡稱正環)、或反覆調節環路(balancing loop，以 B 表示，簡稱負環)(Sterman, 2000)。藉此二類環路組合成的質性因果回饋圖(causal loop diagram)可更簡易描繪問題，方便學者及大眾理解，也更能描述各環路間互動關係及其變化型態，瞭解政策短期效應、長期趨勢、或整體型態，並方便進一步量性模擬，從中辨識可能的轉折點(若存在)、調整(政策)時機、調整(政策)幅度、及槓桿(leverage)解(Senge, 1990)。

社會現象中一概念，可能與多個概念有關，亦即同時源自二個或以上不同的概念/前置變數(antecedent)，此可從傳統量化研究解析取向(analytic approach)之研究設計中，儘可能增加控制變數(control variable)，在其他條件不變下，排除虛假因果關係以純化/釐清該研究問題之因果關係得到印證。而各路徑上的前置變數，更可再向前探究，以形成各自不同可能的複雜網絡關聯。在可找到的回饋環路並予以辨識正、負環下，即可解釋社會系統內諸多現象。當同時有不同環作用在同一事物、概念上，其性質因不同環的累積速度可能不同，甚至是相反方向(例：一增加，另一減少)，在時間的推移(或滯延)下，可能因環間的強弱不同，該事物或概念綜合的累積速度趨緩，淨效果變為 0，並在自我增強環路中產生方向相反的反轉現象，使系統行為呈現非線性。

4. 研究結果

本研究系統之主要環路及邊界圖如圖 1：

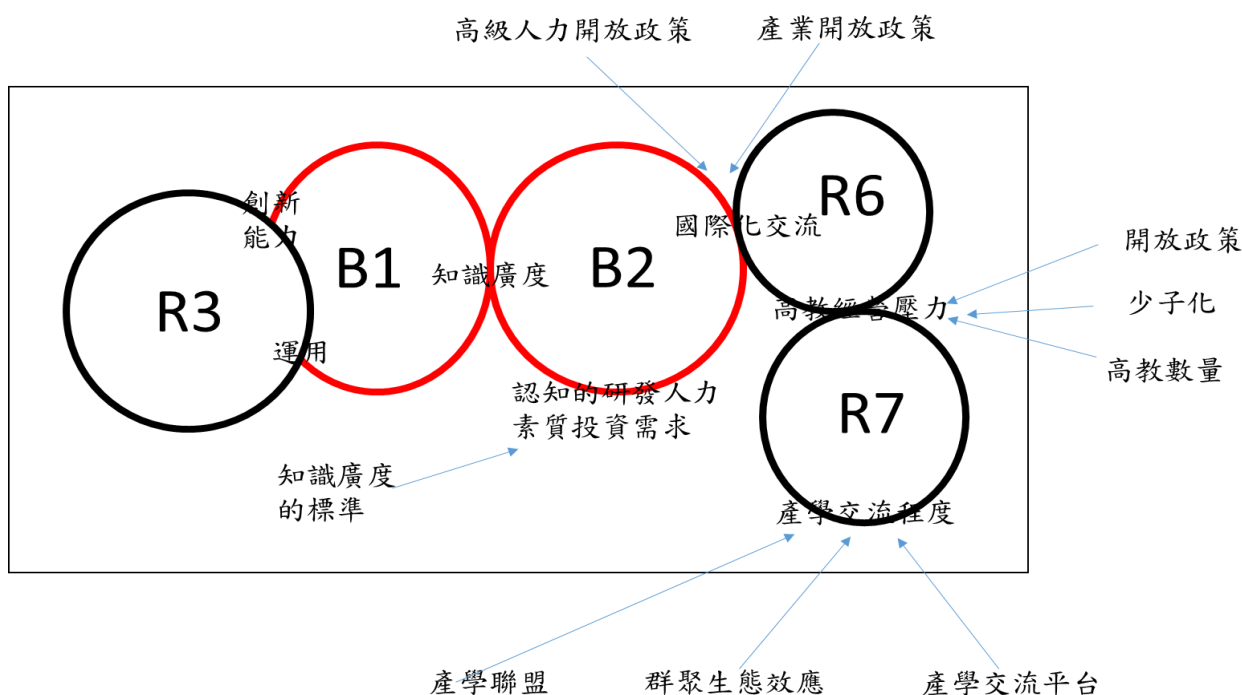


圖 1: 系統之主要環路及邊界

本研究結果之質性因果回饋圖如圖 2，各環路說明如下：

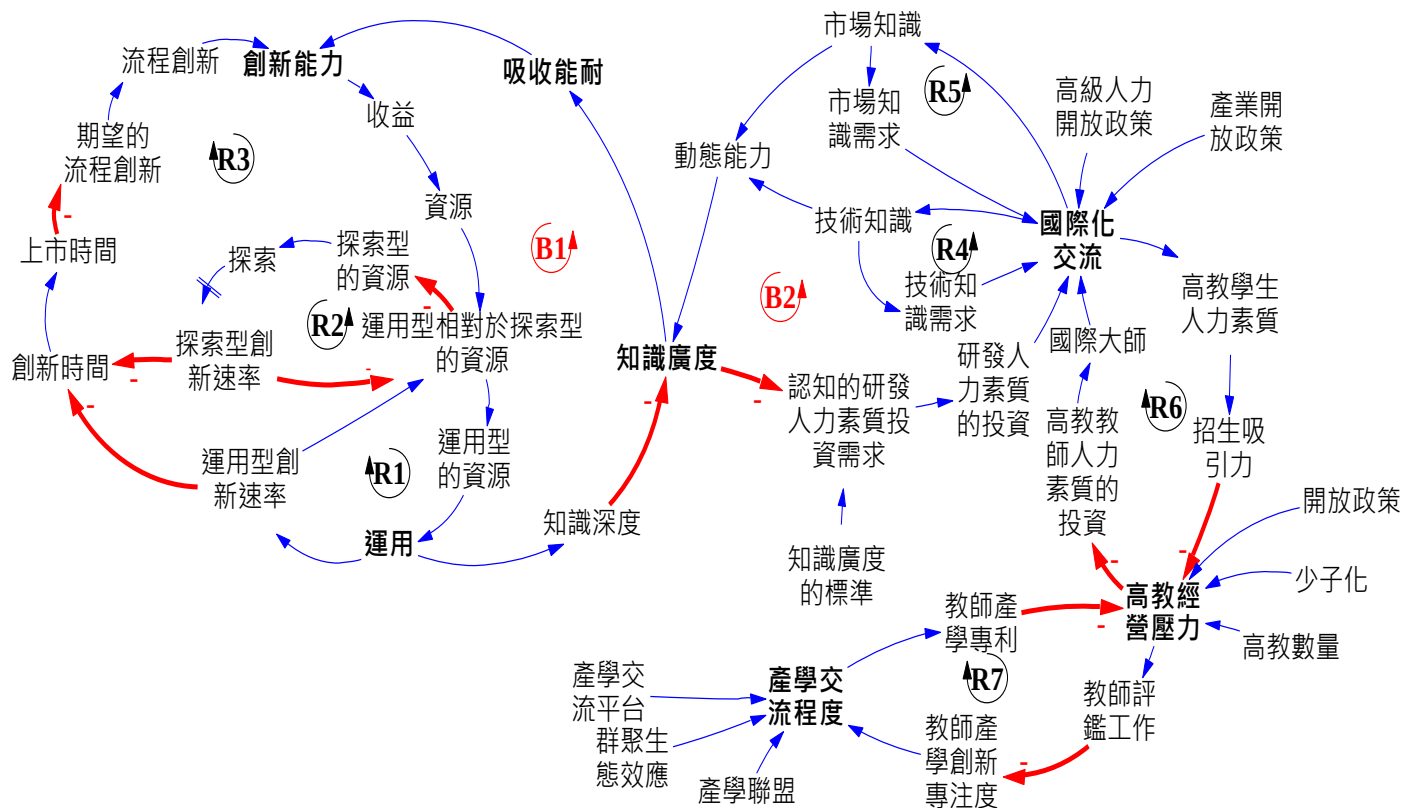


圖 2: 臺灣國家創新系統之因果回饋圖

4.1 知識運用型(exploitative) /知識探索型(exploratory)的產品創新活動(R1/R2)

在競爭環境、及企業共同有限資源下，決策者欲先求現實存活，需有較快速的產品創新速率、較高機率的成功，故較會務實地採知識運用型創新，相對地，運用型較探索型占用較高比例的組織資源，資源投入愈多，運用型的創新活動愈多，運用型的創新速率也愈高，也愈可能成功，導致決策者更願意分配資源在運用型創新活動。相反地，知識探索型創新需要更長遠的時間及滯延，不確定性及風險均較高，因此探索型創新成功的機率低於運用型，也較得不到組織資源，資源更少致使探索型創新活動更少。尤其在臺灣中小企業資源相對薄弱，為在激烈競爭環境下求企業眼前生存，故不得不放棄企業發展的長遠目標，逐漸地，二個相互爭奪共有資源的正環，會形成大者恆大的知識運用型創新主導產品創新環路。

4.2 流程創新(R3)

當產品創新速率愈快時，創新時間愈短，上市所需時間也愈短，促使決策者愈想要進行流程創新，以提高流程效率、降低資源消耗、及減省時間成本，此時兼具產品/流程創新，導致更好的創新能耐，反應在市場上可得更好的收益利潤，回饋成更多的組織資源，也使得運用型產品創新被分配更多的資源，促使更多的運用型創新速率。

4.3 吸收能耐(B1)

當運用型創新活動愈多，表示研發人員對產品進行缺點改良，亦即在現有相同知識基礎下，辨識技術機會，對知識縱向深度進行更多的精進、延伸、深化，也愈了解其間的知識的差異性、技術的專屬性。在時間、人力、資源均有限的情況下，當愈專注投入知識深度的創新，愈無心力進行不同範疇知識廣度的追求，也愈益突顯相對其他範疇的不足性，即誘發不同知識範疇的廣度愈低，限制了對熟悉範疇以外知識的接收、刺激、連結、了解及可能的應用。整體而言，降低個人/組織的學習、同化與吸收能力，也因此限制組織及個人在未來的創新能力，反應至持續的收益將減緩，也回饋限制運用型創新活動僅維持在某一水準。換言之，系統行為被侷限在某一低的知識廣度水準附近，無法持續成長，此隱藏的知識廣度標準類似天花板的上限，當專注於運用型的知識深化活動，將不自覺誘發吸收能耐不足問題，導致產品創新、流程創新都被侷限在某一水準。

4.4 研發人力素質投資(B2)

企業組織的吸收能耐需藉由人力素質的投資始得維持，企業知識範疇廣度的標準更攸關對人力素質投資與否。組織決策者往往是被動地受限在某一知識廣度，當實際知識廣度低(不足)時，與標準間的差距大，即認知的研發人力素質投資需求高，便產生研發人力素質投資活動，藉建立國際化交流機制或活動以提升知識廣度，強化/拓展技術知識範疇、及與市場知識間的橫向連結、應用，才能有效掌握關鍵技術發展軌跡、及市場需求型態變化，進而培養組織/個人更多的動態能力，以累積既有的知識廣度。換言之，企業/產業組織相對較無力/無意願投資人力素質，當實際知識範疇廣度不足時，系統僅

存在有一本質較脆弱的調節環(B2)欲改善吸收能耐不足的問題，但此調節環除需持續不斷地投資外，更須主動地適時調高知識廣度標準，才能維持發揮改善吸收能耐不足問題。

4.5 技術/市場知識(R4/R5)

國際化交流愈頻繁，企業內個人/組織對技術知識了解便愈多，當了解愈多時，愈可能知道很多新技術知識缺口，愈多缺口代表愈多的可能學習需求，也就導致更多的國際化交流。同理，企業內個人/組織對市場知識了解愈多時，愈可能解析市場缺口及市場商機，當愈了解正確缺口時，就更想進一步精確地鎖定未被滿足的價值鏈斷層商機需求，導致做更多的國際化交流學習。

4.6 高教與國際化交流(R6)

企業/產業人力資源的國際化交流來源，很大部分需透過培育高級人才的高教機構媒合及協助。在高教機構內，當高教經營壓力愈大時，就愈無力在教師人力素質的投資，也就愈不可能聘請國際大師，教師的國際化交流學習就愈少，學生素質也愈低，招生吸引力就愈低，更惡化原本已高的高教經營壓力。當企業/產業人力投資低時，國際化交流活動就變少，間接也會造成高教不易聘請國際大師。

4.7 高教與產學交流(R7)

當高教經營壓力愈大時，學校會被政府要求執行更多的行政措施，而教師也會被學校要求做更多的評鑑，相對投入於產學創新專注度也愈低，產學交流程度也愈低，也愈不可能了解產業問題或需要以發展技術、知識，教師的產學專利成果也就愈少，導致更惡化原本已高的高教經營壓力。

4.8 討論

整體而言，因競爭壓力、有限資源、及缺乏更長遠目標，促使企業愈來愈專注於運用型知識創新活動，固守原熟悉、擅長、易接近的創新形式，不改變以選擇另一短期較無績效的創新形式，致產生朝某一單邊發展，形成牢不可破的慣性、及愈來愈難改變的局勢(Van de Ven, 1986)、富者愈富基模(success to the successful)(Senge, 1990)、網絡效應(network externality)(Garud & Kumaraswamy, 1993; Katz & Shapiro, 1985)、或自我應驗(self-fulfilling prophecy)(Richardson, 1991)。

Cohen & Levinthal (1989)指出先前累積相關知識有助於吸收能耐、學習能力、問題解決、及創新能力，藉吸收能耐可同化來自外部、新的知識。相較於知識深度的探究，外部新知識較可能屬知識廣度的拓展，因此本文進一步提出累積的知識深度、廣度對組織吸收能耐、創新能力的可能動態影響，運用型創新僅專注於知識深度深化，導致企業/產業組織對長期所需培養知識廣度的學習、成長、潛在能力需求的忽視，系統便自我誘發持續創新的吸收能耐不足問題(B1)，影響原技術創新的成長速度，致創新能力逐漸趨緩。若持續僅做運用型創新，則可能發生主導環路轉移，致創新能力反轉下降。故環路

的作用時間慢快(滯延長短)、時機便顯得相當關鍵。因此，各環路間的牽制、或增強作用，及環路內的影響過程，必須進一步在時間軸上分析其動態過程，才有意義。

從產業/國家長遠發展角度思考產業升級、企業創新，則需另以投資人力資源方式，加強國際化交流(B2)以持續創新，才能解決吸收能耐不足問題。Cohen & Levinthal (1989)也實證研發投資對吸收能耐需求的回應，更提出企業應及早投資以培養吸收能耐。此外，產業/企業若以很低的知識廣度為標準，則此調節環的強度將變得很低，調節吸收能耐不足問題的效果將受到很大的局限，故產業/企業應以較高的知識廣度為標準，促使產業/企業認知到人力資源的投資需求，進而願意及早進行投資，國家認知到交流法規開放的迫切性，及早促進產業研發人力、高教教師人力的國際化交流，此模型也印證「成長與投資不足(growth and underinvestment)」的系統基模堅實性(Senge, 1990)。

交流一直是大部分成功創新的起源，也是排除創新障礙的重要手段。因此無論創新的管理問題出現在生活需求與技術提供的適配、知識的探索或運用之關注焦點分配、專業分工僵固性與組織管理相容性之衝突等(Van de Ven, 1986)，惟有透過國際化交流的政策，才可能有機會同時解決上述國家創新管理上的諸多問題。因為國際化交流有助於了解當今人類技術知識發展前沿，發掘與自己不同的差異與不足，透過多樣化的激盪、省思，才能連結產生新的概念，轉換成學習、同化、重組、吸收、再利用的創新能力，並同時節省尋找、辨識知識缺口的時間與努力。

此外，只有透過國際化交流活動，技術知識、市場知識、組織知識等三者才能大幅且快速跨領域連結，特別是使用需求、技術提供者間的對話、交換、刺激、反思、啟發與延伸，有助發現商機並直接產生有意義的解決方案，滿足雙方共同的需求(Utterback, 1974)，透過實作、展示、回饋、試誤修正得到很好的市場、技術的整合實踐。再者，組織內、組織間的創新管理知識，亦可經由國際化交流，在不同層級、多面向同步展開，在戰略上避免陷入守著創新而拒絕創新的僵固迷思、微觀正確而鉅觀錯誤的錯誤適配(Van de Ven, 1986)，在戰術上有效平衡探索型/運用型產品創新、兼顧融合知識的深度/廣度。在多方的交流平台(platform)機制合作下，不經意的舊概念可能成為他人創新的靈感，多餘閒置的事物亦可能是他人眼中有用的資源，因平台可累積、儲存共享的一切，交流愈廣泛，愈易於察覺精緻區隔的差異性，有助於提高選擇性，使產業/企業在機會、資源、能力間得到最充分、有效率的創新適配、孕育創新實踐，找到更有利基價值的定位、建立持久性競爭優勢(Porter, 1996)。

國際化交流不足不僅影響產業技術創新、組織創新、市場創新的吸收能耐，更影響高教培育高級人才素質、博士畢業生知識創新能力水平、教師產學創新投入的質與量。國際化交流不足、或高教經營壓力大是二關鍵因素，透過開放政策，在國際大師交流議題上，讓高教擁有更大的自主空間、及選擇彈性。若能從其中任一個關鍵因素進行改變，就有可能產生反轉效果，使人力資源的創新成長投資環產生較大的強度，進一步大幅啟動改善國家、產業長期創新所需的吸收能耐負環。

再者，本文也嘗試對跨領域或社會科學不同典範間進行討論，對社會系統內回饋環結構，儘管其與系統動力學領域學者理解可能不同，但仍企圖找到一些相似之處，以連

結其他的可能理論，例如歷史社會學學者 Sewell (1992)曾對結構做進一步深化論述，結構是社會互動過程的源頭，結構也是持續演化的結果，認為結構可比喻由資源(resources)等組合而成，資源兼具使能(empower)、限制(constrain)社會行動。社會學學者 Giddens (1979)亦曾指出結構含規則與資源(rules and resources)，行動者可跨越時空，藉規則與資源，進行與結構的互動，即可主動地產生、及再造一結構。亦即規則提供不變原則、資源提供起始動量，經傳遞、轉換以循環不斷，結構可始能(enable)、或限制(constrain)人的行動，但卻非完全決定，人亦可在某些範圍內有選擇意志，在堅實不變結構互動中仍有其變化，人的行動被動地受結構限制或增能，但也同時在主動之互動過程再創造結構(Giddens, 1984)。二領域卻仍有共通之處，系統中的通則架構形塑系統外顯的基本型態(或稱曲線趨勢圖)，個別事件則是基本型態下的其中一種變化(單一曲線)表現。此二學者之結構觀點可能可對系統思考的正環、負環提供一些補充性解釋，並對兼具鉅觀/微觀、整體結構與個人行動的雙重性互動環，在方法論上提供一些不同領域學者間的類似觀點。

5. 結論與建議

臺灣之國家創新能量展現在經濟層面的技術貿易額，未達一般國家平均水準以上，顯現國家創新系統內各角色之互動過程，長期以來未能真正找到在全球市場上有價值的知識缺口、及知識廣度的連結。如果企業/產業僅選擇做知識運用型(知識深度)創新活動，長期演化下，會變得愈來愈難選擇另一探索型(知識廣度)創新，此舉卻誘發產生不預期的整體企業/產業、國家吸收能耐不足的負鏈結環路，不利於持續創新的環境建立，並回饋抑制各企業/產業原進行的創新活動，終致停滯不前甚至崩壞，這是國家、產業/企業易於忽略的，也是其他研究者所未見的真相，原因是人的心智模式(mental model)往往無法處理複雜動態的回饋(Sterman, 2000)。

吸收能耐不足關乎國家、產業長期創新能力的建立，必須採有效的投資作為以改善吸收能耐不足的問題。儘管國家創新系統本身隱藏存在有一欲解決此問題的調解環概念，但卻都不夠積極強化投資以彰顯此環、或未真正找到適當的系統槓桿解。組織的內、外各層面、全方位的交流是促進組織創新的關鍵因素(Kivimaki et al., 2000)，尤其在整體環境的建立上，國家必須採政策槓桿點--國際化交流的思維，協助及鼓勵改善高級人力資源的品質，才能停損及減弱高教、產業/企業惡性循環，反轉並逐漸增強良性循環。

本文除提出國家創新系統的限制因子是吸收能耐，指出需在高級人力資源品質上做更積極持續的投資之外，企業/產業更須定出較高的知識廣度標準，驅策其探索組織外市場知識、技術知識，組織內、組織間不同層面的行政創新知識，搭配國家政策--國際化交流，使各層級人力均得以學習技術、市場、組織等新知識，藉交流溝通分享激盪，找尋合適自身的定位、發掘可能的連結商機，延伸、重組、整合、創造各種新知識，合適彼此滿足雙方需求，累積成動態能力，以有效改善吸收能耐不足，並在知識深度、知識廣度間取得一較適切的平衡點，才能永續實踐國家創新活動。

此外，本研究也進一步論述系統觀與一般自然科學解析觀點的因果關係、因果解釋(causal explanation)不同。而在社會科學的研究典範中，系統觀的科學哲學是與兼具實證學派、詮釋學派二者的批判學派(Critical social science) (Neuman, 2011)相同，擷取互補的觀點，因為人具自由意志可依環境不同做選擇，系統觀考慮環境狀態、人的決策、及行動以改變環境狀態，因此情境、回應、行動均在研究之系統邊界內，與環境有關且具回饋循環的本質，在複雜動態系統中，內部會互動演化產生環內、環間的結構，故系統觀之系統思考所提出的模型是堅實不變的通用結構理論(structure theory)，在科學解釋上，其理論屬結構解釋(structural explanation)，甚至是機制解釋(mechanistic explanation) (Glennan, 2002; Kuhlmann, 2011)、(or mechanistic explanation)(Bunge, 1997; Pickel, 2004; Sadovnikov, 2004)。

本研究仍有其侷限性，例如不同產業可能在探索型/運用型創新間，有不同程度的動態互動，而技術專利、技術發展脈絡、產品生命週期、組織雙面靈活度、組織資源配置、企業差異性等亦影響二者間創新互動，但儘管如此，臺灣之國家創新系統在此變化關係中仍有些不變性的堅實結構通則，可解釋關係的型態，這也是本文僅初步提出質性思考的因果回饋圖目的，考量模型效度(validity)時，未來尚需透過對話建立信心，逐步修正，畢竟此一因果環路僅是眾多可能描述真實情況的其中一種，其相對於研究目的的有效性(usefulness) (Barlas, 1996; Barlas & Carpenter, 1990; Lane, 1998)仍需有更多實證資料驗證，以更完備此模型理論的解釋力。

參考文獻

- 汪建南 (2014)，台灣創新體系與政策的探討及建議，*國際金融參考資料*，67：60-107.
- Ackoff, R. L. (1971), "Towards a System of Systems Concepts," *Management Science*, 17(11), 661-671.
- . (1973), "Science in Systems Age - Beyond Ie, or, and Ms," *Operations Research*, 21(3), 661-671.
- . (1974), "The Systems Revolution," *Long Range Planning*, 7(6), 2-20.
- . (1979), "The Future of Operational Research Is Past," *Journal of the Operational Research Society*, 30(2), 93-104.
- . (1994), "Systems Thinking and Thinking Systems," *System Dynamics Review*, 10(2-3), 175-188.
- Adler, L. (1966), "Time Lag in New Product Development," *Journal of Marketing*, 30(1), 17-21.
- Ancona, D. G., Goodman, P. S., Lawrence, B. S., & Tushman, M. L. (2001), "Time: A New Research Lens," *Academy of Management Review*, 26(4), 645-663.
- Andriopoulos, C., & Lewis, M. W. (2009), "Exploitation-Exploration Tensions and Organizational Ambidexterity: Managing Paradoxes of Innovation," *Organization Science*, 20(4), 696-717.
- Arthur, W. B., Ermoliev, Y. M., & Kaniovski, Y. M. (1987), "Path-Dependent Processes and the Emergence of Macro-Structure," *European Journal of Operational Research*, 30(3), 294-303.
- Autio, E., Kenney, M., Mustar, P., Siegel, D., & Wright, M. (2014), "Entrepreneurial Innovation: The Importance of Context," *Research Policy*, 43(7), 1097-1108.
- Bahm, A. J. (1981), "Five Types of Systems Philosophy," *International Journal of General Systems*, 6(4), 233-237.
- Bakken, B., Gould, J., & Kim, D. (1992), "Experimentation in Learning Organizations - a Management Flight Simulator Approach," *European Journal of Operational Research*, 59(1), 167-182.
- Balzatz, M., & Hanusch, H. (2004), "Recent Trends in the Research on National Innovation Systems," *Journal of Evolutionary Economics*, 14(2), 197-210.
- Barlas, Y. (1996), "Formal Aspects of Model Validity and Validation in System Dynamics," *System Dynamics Review*, 12(3), 183-210.
- Barlas, Y., & Carpenter, S. (1990), "Philosophical Roots of Model Validation: Two Paradigms," *System Dynamics Review*, 6(2), 148-166.
- Benner, M. J., & Tushman, M. L. (2003), "Exploitation, Exploration, and Process Management: The Productivity Dilemma Revisited," *Academy of Management Review*, 28(2), 238-

256.

- Bolton, M. K. (1993), "Organizational Innovation and Substandard Performance - When Is Necessity the Mother of Innovation," *Organization Science*, 4(1), 57-75.
- Bunge, M. (1979), "A Systems Concept of Society: Beyond Individualism and Holism," *Theory and Decision*, 10(1), 13-30.
- . (1997), "Mechanism and Explanation," *Philosophy of the Social Sciences*, 27(4), 410-465.
- . (2000), "Systemism: The Alternative to Individualism and Holism," *Journal of Socio-Economics*, 29(2), 147-157.
- . (2001), "Systems and Emergence, Rationality and Imprecision, Free-Wheeling and Evidence, Science and Ideology: Social Science and Its Philosophy According to Van Den Berg," *Philosophy of the Social Sciences*, 31(3), 404-423.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002), "Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues," *Research Policy*, 31(2), 233-245.
- Castellacci, F., & Natera, J. M. (2013), "The Dynamics of National Innovation Systems: A Panel Cointegration Analysis of the Coevolution between Innovative Capability and Absorptive Capacity," *Research Policy*, 42(3), 579-594.
- Chung, S. (2002), "Building a National Innovation System through Regional Innovation Systems," *Technovation*, 22(8), 485-491.
- Churchman, C. W., & Ackoff, R. L. (1950), "Purposive Behavior and Cybernetics," *Social Forces*, 29, 32-39.
- Churchman, C. W., & Schainblatt, A. H. (1965), "The Researcher and the Manager: A Dialectic of Implementation," *Management Science*, 11(4), B69-B87.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1989), "Innovation and Learning - the Two Faces of R & D," *Economic Journal*, 99(397), 569-596.
- . (1990), "Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation," *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128-152.
- Coyle, R. G. (1983), "Who Rules the Waves? -- a Case Study in System Description," *Journal of the Operational Research Society*, 34(9), 885-898.
- Crossan, M. M., & Apaydin, M. (2010), "A Multi-Dimensional Framework of Organizational Innovation: A Systematic Review of the Literature," *Journal of Management Studies*, 47(6), 1154-1191.
- Daft, R. L. (1978), "A Dual-Core Model of Organizational Innovation," *Academy of Management Journal*, 21(2), 193-210.
- Damanpour, F. (1988), "Innovation Type, Radicalness and the Adoption Process," *Communication Research*, 15(5), 545-567.
- Damanpour, F., & Evan, W. M. (1984), "Organizational Innovation and Performance: The

- Problem of "Organizational Lag", " *Administrative Science Quarterly*, 29(3), 392-409. Dent, E. B., & Umpleby, S. (1998), "Underlying Assumptions of Several Traditions in Systems Theory and Cybernetics," *Cybernetics and Systems*, 29(5), 513-518.
- Evan, W. M. (1966), "Organizational Lag," *Human Organization*, 25, 51-53.
- Fagerberg, J., & Sapprasert, K. (2011), "National Innovation Systems: The Emergence of a New Approach," *Science and Public Policy*, 38(9), 669-679.
- Fagerberg, J., & Srholec, M. (2008), "National Innovation Systems, Capabilities and Economic Development," *Research Policy*, 37(9), 1417-1435.
- Forrester, J. W. (1961), *Industrial Dynamics*: Cambridge, MA: MIT Press.
- . (1964), "Common Foundations Underlying Engineering and Management," *IEEE Spectrum*, 1(9), 66-77. ———. (1968a), "Industrial Dynamics- after the First Decade," *Management Science*, 14(7), 398-415.
- . (1968b), *Principles of Systems*: Cambridge, MA: MIT Press.
- . (1971), *World Dynamics*: Cambridge, Wright-Allen Press.
- Freeman, C. (1987), *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, London: Pinters Publishers.
- Furman, J. L., Porter, M. E., & Stern, S. (2002), "The Determinants of National Innovative Capacity," *Research Policy*, 31(6), 899-933.
- Galli, R., & Teubal, M. (1997), *Paradigmatic Shifts in National Innovation Systems, Systems of Innovation: Technologies, Institutions, and Organizations*, New York: Routledge.
- Garud, R., & Kumaraswamy, A. (1993), "Changing Competitive Dynamics in Network Industries - an Exploration of Sun Microsystems Open Systems Strategy," *Strategic Management Journal*, 14(5), 351-369.
- Geels, F. W. (2004), "From Sectoral Systems of Innovation to Socio-Technical Systems: Insights About Dynamics and Change from Sociology and Institutional Theory," *Research Policy*, 33(6-7), 897-920.
- George, G. (2014), "Rethinking Management Scholarship," *Academy of Management Journal*, 57(1), 1-6.
- Gharajedaghi, J., & Ackoff, R. L. (1984), "Mechanisms, Organisms and Social Systems," *Strategic Management Journal*, 5(3), 289-300.
- Gibson, C. B., & Birkinshaw, J. (2004), "The Antecedents, Consequences, and Mediating Role of Organizational Ambidexterity," *Academy of Management Journal*, 47(2), 209-226.
- Giddens, A. (1979), *Central Problems in Social Theory : Action, Structure, and Contradiction in Social Analysis Contemporary Social Theory*, London and Basingstoke: The Macmillan Press Ltd. ———. (1981), *A Contemporary Critique of Historical Materialism*, London and Basingstoke:

The Macmillan Press Ltd.

- . (1984), *The Constitution of Society : Outline of the Theory of Structuration*: Polity Press.
- Glennan, S. (2002), "Rethinking Mechanistic Explanation," *Philosophy of Science*, 69(S3), S342-S353.
- Godin, B. (2009), "National Innovation System: The System Approach in Historical Perspective," *Science Technology & Human Values*, 34(4), 476-501.
- Größler, A., Thun, J.-H., & Milling, P. M. (2008), "System Dynamics as a Structural Theory in Operations Management," *Production and Operations Management*, 17(3), 373-384.
- Guan, J., & Chen, K. (2012), "Modeling the Relative Efficiency of National Innovation Systems," *Research Policy*, 41(1), 102-115.
- Haslanger, S. (2015), "What Is a (Social) Structural Explanation?," *Philosophical Studies*, 173(1), 113-130.
- Hu, J.-L., Yang, C.-H., & Chen, C.-P. (2014), "R&D Efficiency and the National Innovation System: An International Comparison Using the Distance Function Approach," *Bulletin of Economic Research*, 66(1), 55-71.
- Jackson, M. C. (2000), *Systems Approaches to Management*, New York: Kluwer Academic Publishers.
- Jackson, M. C., & Keys, P. (1984), "Towards a System of Systems Methodologies," *Journal of the Operational Research Society*, 35(6), 473-486.
- Katz, M. L., & Shapiro, C. (1985), "Network Externalities, Competition and Compatibility," *American Economic Review*, 75(3), 424-440.
- Kim, H., & Andersen, D. F. (2012), "Building Confidence in Causal Maps Generated from Purposive Text Data: Mapping Transcripts of the Federal Reserve," *System Dynamics Review*, 28(4), 311-328.
- Kivimäki, M., Lansisalmi, H., Elovainio, M., Heikkilä, A., Lindström, K., Harisalo, R., Sipilä, K., & Puolimatka, L. (2000), "Communication as a Determinant of Organizational Innovation," *R & D Management*, 30(1), 33-42.
- Kuhlmann, M. (2011), "Mechanisms in Dynamically Complex Systems." In *Causality in the Sciences*, edited by Illari, Phyllis, Russo, Federica & Williamson, Jon. OXFORD University Press.
- Lane, D. C. (1994), "With a Little Help from Our Friends: How System Dynamics and "Soft" or Can Learn from Each Other," *System Dynamics Review*, 10(2-3), 101-134.
- Lane, D. C. (1998), "Can We Have Confidence in Generic Structures?," *Journal of the Operational Research Society*, 49(9), 936-947.
- . (1999), "Social Theory and System Dynamics Practice," *European Journal of Operational Research*, 113(3), 501-527.

- Lane, D. C. (2000), "Should System Dynamics Be Described as a 'Hard' or 'Deterministic' Systems Approach?," *Systems Research and Behavioral Science*, 17(1), 3-22. ———. (2001a), "Rerum Cognoscere Causas: Part I - How Do the Ideas of System Dynamics Relate to Traditional Social Theories and the Voluntarism/Determinism Debate?," *System Dynamics Review*, 17(2), 97-118.
- Lane, D. C. (2001b), "Rerum Cognoscere Causas: Part II - Opportunities Generated by the Agency/Structure Debate and Suggestions for Clarifying the Social Theoretic Position of System Dynamics," *System Dynamics Review*, 17(4), 293-309.
- Laszlo, E. (1972), *Introduction to Systems Philosophy: Toward a New Paradigm of Contemporary Thought*: Gordon and Breach.
- Lundvall, B.-Å. E. (1992), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*.: Pinter, London.
- March, J. G. (1991), "Exploration and Exploitation in Organizational Learning," *Organization Science*, 2(1), 71-87.
- Marxt, C., & Brunner, C. (2013), "Analyzing and Improving the National Innovation System of Highly Developed Countries — the Case of Switzerland," *Technological Forecasting and Social Change*, 80(6), 1035-1049.
- Meadows, D. H. (2008), *Thinking in Systems - a Primer*.
- Miller, J. G. (1971), "The Nature of Living Systems," *Behavioral Science*, 16(4), 277-301.
- Milling, P. M. (2002), "Understanding and Managing Innovation Processes," *System Dynamics Review*, 18(1), 73-86.
- Mingers, J. (2000), "The Contribution of Critical Realism as an Underpinning Philosophy for or/MS and Systems," *Journal of the Operational Research Society*, 51(11), 1256-1270. ———. (2014), *Systems Thinking, Critical Realism and Philosophy: A Confluence of Ideas*: Routledge.
- Morecroft, J. D. W. (1982), "A Critical Review of Diagramming Tools for Conceptualizing Feedback System Models," *Dynamica*, 8(1), 20-29.
- Nelson, R. R. (1993), *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, New York: Oxford University Press.
- Neuman, W. L. (2011), *Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches*, Boston: Pearson Education.
- Nidumolu, R., Prahalad, C. K., & Rangaswami, M. R. (2009), "Why Sustainability Is Now the Key Driver of Innovation," *Harvard Business Review*, 87(9), 56-64.
- Nonaka, I. (1994), "A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation," *Organization Science*, 5(1), 14-37.
- Ortt, J. R., & Patrick, A. v. d. D. (2008), "The Evolution of Innovation Management Towards Contextual Innovation," *European Journal of Innovation Management*, 11(4), 522-538.

- Patel, P., & Pavitt, K. (1994), "National Innovation Systems: Why They Are Important, and How They Might Be Measured and Compared," *Economics of Innovation and New Technology*, 3(1), 77-95.
- Patel, P. C., Messersmith, J. G., & Lepak, D. P. (2013), "Walking the Tightrope: An Assessment of the Relationship between High-Performance Work Systems and Organizational Ambidexterity," *Academy of Management Journal*, 56(5), 1420.
- Pickel, A. (2004), "Systems and Mechanisms: A Symposium on Mario Bunge's Philosophy of Social Science," *Philosophy of the Social Sciences*, 34(2), 169-181.
- Porter, M. E. (1996), "What Is Strategy," *Harvard Business Review*, (11-12).
- Raisch, S., & Birkinshaw, J. (2008), "Organizational Ambidexterity: Antecedents, Outcomes, and Moderators," *Journal of Management*, 34(3), 375-409.
- Richardson, G. P. (1991), *Feedback Thought in Social Science and Systems Theory*, Philadelphia, PA: University of Pennsylvania Press.
- Richmond, B. (1994), "Systems Thinking System Dynamics - Lets Just Get on with It," *System Dynamics Review*, 10(2-3), 135-157.
- Rosenblueth, A., Wiener, N., & Bigelow, J. (1943), "Behavior, Purpose and Teleology," *Philosophy of Science*, 10(1), 18-24.
- Sadovnikov, S. (2004), "Systemism, Social Laws, and the Limits of Social Theory: Themes out of Mario Bunge's: The Sociology-Philosophy Connection," *Philosophy of the Social Sciences*, 34(4), 536-587.
- Sawyer, R. K. (2007), *Simulating Complexity, The Sage Handbook of Social Science Methodology*, London, England: SAGE Publications Ltd.
- Schilling, M. A. (1998), "Technological Lockout: An Integrative Model of the Economic and Strategic Factors Driving Technology Success and Failure," *Academy of Management Review*, 23(2), 267-284.
- Schwaninger, M. (2006), "System Dynamics and the Evolution of the Systems Movement," *Systems Research and Behavioral Science*, 23(5), 583-594.
- Senge, P. M. (1990), *The Fifth Discipline : The Art & Practice of the Learning Organization*, New York: Doubleday / Currency.
- Sengupta, S. S., & Ackoff, R. L. (1965), "Systems Theory from an Operations Research Point of View," *General Systems*, 10, 43-48.
- Sewell, W. H. (1992), "A Theory of Structure: Duality, Agency, and Transformation," *American Journal of Sociology*, 98(1), 1-29.
- Sharif, N. (2006), "Emergence and Development of the National Innovation Systems Concept," *Research Policy*, 35(5), 745-766.
- Sherwood, D. (2002), *Seeing the Forest for the Trees: A Manager's Guide to Applying Systems Thinking*, London: Nicholas Brealey.

- Siegel, D. S., Waldman, D. A., Atwater, L. E., & Link, A. N. (2003), "Commercial Knowledge Transfers from Universities to Firms: Improving the Effectiveness of University–Industry Collaboration," *The Journal of High Technology Management Research*, 14(1), 111-133.
- Sterman, J. D. (1986), "The Economic Long Wave: Theory and Evidence," *System Dynamics Review*, 2(2), 87-125. ———. (1989), "Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment," *Management Science*, 35(3), 321-339.
- . (2000), *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, Boston: McGraw-Hill. ———. (2010), "Does Formal System Dynamics Training Improve People's Understanding of Accumulation?," *System Dynamics Review*, 26(4), 316-334.
- Sushil, X. (1997), "Flexible Systems Management: An Evolving Paradigm," *Systems Research and Behavioral Science*, 14(4), 259-275.
- Tushman, M. L., & O'Reilly III, C. A. (1996), "Ambidextrous Organizations: Managing Evolutionary and Revolutionary Change," *California Management Review*, 38(4), 8-30.
- Tustin, A. (1952), "Feedback," *Scientific American*, 187(3), 48-54.
- Utterback, J. M. (1971), "The Process of Technological Innovation within the Firm," *Academy of Management Journal*, 14(1), 75-88. ———. (1974), "Innovation in Industry and the Diffusion of Technology," *Science*, 183(4125), 620-626.
- Utterback, J. M., & Abernathy, W. J. (1975), "A Dynamic Model of Process and Product Innovation," *Omega-International Journal of Management Science*, 3(6), 639-656.
- Van de Ven, A. H. (1986), "Central Problems in the Management of Innovation," *Management Science*, 32(5), 590-607.
- Van de Ven, A. H., & Rogers, E. M. (1988), "Innovations and Organizations - Critical Perspectives," *Communication Research*, 15(5), 632-651.
- van der Duin, P. A., Ortt, J. R., & Aarts, W. T. M. (2014), "Contextual Innovation Management Using a Stage-Gate Platform: The Case of Philips Shaving and Beauty," *Journal of Product Innovation Management*, 31(3), 489-500.
- Vazquez, M., Liz, M., & Aracil, J. (1996), "Knowledge and Reality: Some Conceptual Issues in System Dynamics Modeling," *System Dynamics Review*, 12(1), 21-37.
- Von Bertalanffy, L. (1968), *General System Theory: Foundations, Development, Applications*, New York: George Braziller.
- Weick, K. E. (1979), *The Social Psychology of Organizing*. 2nd ed: Random House.
- Wolstenholme, E. F. (1982), "System Dynamics in Perspective," *Journal of the Operational*

Research Society, 33(6), 547-556.

Wolstenholme, E. F., & Coyle, R. G. (1983), "The Development of System Dynamics as a Methodology for System Description and Qualitative Analysis," *Journal of the Operational Research Society*, 34(7), 569-581.

Does Insufficient Absorptive Capacity Limit Innovation System in Taiwan?

Shih-Hui Lo¹ Cheng-Da Liu²

Abstract

This study, with the perspective of systems thinking, examined the process of product innovation in Taiwan's Innovation System and tried to understand why its economic contribution from innovation had been below the average from the viewpoint of knowledge creation of firm/industry. The result found that under the interaction of long-term and short-term incentives the exploitative innovation dominated the structure and an unintended negative loop of "absorptive capacity", which counteracted the innovation before, then emerged from the system of its own accord. The remedy for this was doing a more active and continuous investment in senior human resources at early stage. With the leverage policy of international communication, the National Innovation System could fix the insufficiency of absorptive capacity itself. Besides, this study proposed that systems approach was not linear analytical approach of physical science but a model of structural explanation, focusing on the interdependence relationship of feedback, self-organizing, and environment-full.

Keywords: National Innovation System, Systems Thinking, Growth and Underinvestment, Systems Approach, Organizational Ambidexterity

¹ Associate professor, Department of Business Administration, Da-Yeh University

² Graduate student, Ph. D. program in management, Da-Yeh University (Corresponding author). E-Mail: donaldliu1000901@gmail.com