

產學合作中的知識探索與利用

Knowledge Exploration and Exploitation in the University-Industry Collaboration

陳宗權 / 行政院國家科學委員會處長
Tzong-Chyuan Chen, Director, National Science Council

林博文 / 國立清華大學科技管理研究所教授
Bou-Wen Lin, Professor, Institute of Technology Management, National Tsing Hua University

朱默庵 / 國立台灣大學工商管理學系暨商學研究所博士
Mo-An Chu, Post-doctoral Researcher, Department and Graduate Institute of Business Administration,
National Taiwan University

Received 2010/11, Final revision received 2011/11

摘要

本研究的目的是探討知識探索 / 利用、產學合作計畫性質對產學合作績效之間的關係。本研究蒐集了自 2007 年至 2009 年間 1,703 筆產學合作計畫為樣本，採用階層迴歸分析來驗證所提出之研究假設。研究結果顯示知識探索與產學合作績效有正向關係，而知識利用與利用型之產學合作計畫的交互作用對於產學合作績效具有正向影響。除了主作用與交互作用外，本研究也更進一步發現學術研究人員執行產學合作計畫時，並非要兼顧知識探索 / 利用二項能力才能提升績效。本文最後提出結論與建議，可做為企業界與後續研究者參考。

【關鍵字】產學合作、知識探索、知識利用

Abstract

The purpose of this study is to investigate the effects of knowledge exploration/exploitation and the types of university-industry research collaborative (UIRC) projects on the performance of UIRC projects. In this study, hierarchical regression analysis was used to test the hypotheses in a sample of 1,703 Taiwanese UIRC projects during the period from 2007 to 2009. The findings suggest that knowledge exploration is positively related to the performance of UIRC projects, while knowledge exploitation has positive interaction effect with exploitative UIRC projects on the performance. Furthermore, we also find that over and above their independent and interaction effects, academic researchers in UIRC projects may enhance the performance by a focus on managing imbalance between knowledge exploration and exploitation. Managerial implications and further research suggestions are discussed.

【Keywords】university-industry research collaborative (UIRC) projects, knowledge exploration, knowledge exploitation

壹、前言

產學合作對鼓勵企業積極參與學術界應用研究中所扮演的角色，一直是國家創新體系「產業－政府－學術」三螺旋 (Triple Helix) 中關注的議題。產學合作一詞源自 2005 年大學法修訂後第 38 條始見，而建教合作可以視為產學合作的前身，由於公立研究機構和高等教育之研究機構在知識經濟裡扮演了關鍵功能的執行角色，除須擔負原來的教學與研究的任務外，也須逐漸增加與產業的合作 (Dosi, 2000; Freeman, 1987, 1994; Lundvall, 1992; Mowery & Nelson, 1999; Nelson, 1993; Nelson & Rosenberg, 1993)。因此，產學合作有助於提昇學校研究發展水準 (OECD, 1996, 1999)，對既有產業技術進行再加值開發，並積極進行關鍵技術研發，進而帶動產業升級轉型、活化創新系統，並促進經濟發展的目標。台灣目前產學合作的推動，主要是以國科會、經濟部技術處與教育部為主，其中，國科會產學合作研究是以政府提供主要研究經費，學術界投入研究人力，企業界提供配合款並派員參與的方式進行，其研究成果則由國科會、計畫研究團隊與出資企業共同分享；而經濟部技術處科技專案計畫以技術發展為主，教育部則以教育系統與產業界銜接為目的之政策為核心。一般大學要進行的研究內容多為基礎研究，對於應用研究及商業化產品開發可經由產學合作，將基礎研究結果開發移轉成應用研究，因此，如何有效地進行知識的轉換和傳播，以完成知識擴散並在知識經濟體中扮演重要的作用便成為重要的議題 (Bruneel, D'Este, & Salter, 2010; Caldera & Debande, 2010; Crespi, D' Este, Fontana, & Geuna, 2011)。

過去研究指出：知識探索 (Knowledge Exploration) 與知識利用 (Knowledge Exploitation) 是產學合作過程中二項重要的能力。就知識探索而言，企業界可將學術界視為知識泉源，以創造並獲取新的知識、資訊與技術；此外，知識利用的重要性也不亞於知識探索，在國家創新系統 (National Innovation Systems) 中，大學是為產業建立研究能量的關鍵組織 (Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Motohashi, 2005; Nelson, 1993)，研究人員可直接將現有研發成果，藉由授權 (Licensing)、各式的技術移轉 (Technology Transfer)、策略聯盟 (Strategic Alliances) 以及新創公司 (Spin-off Firms) 的方式轉移給產業。因此，大學已經成為高科技產業發展與區域經濟發展的原動力 (Feldman & Florida, 1994; Powell, 1998; Rosengrant & Lampe, 1992; Saxenian, 1994)。由上述可知，知識探索與利用對產學合作發展中扮演十分重要的角色，產學合作在執行時，企業界應該知道如何運用學術界知識探索與利用的能力，已達到預期的目標，進而提升產學合作績效。由於產學合作關聯性的課題，在實務方面之重要性日益提升，因此在學術上亦被視為重要課題。產學合作之研究依過去學者的研究方向多數在討論哪些政策面或制度面的因素會影響學術研究成果商業化 (Debackere & Veugelers, 2005; Di Gregorio & Shane, 2003; Owen-Smith & Powell, 2001; Powers & McDougall, 2005)，但卻鮮少有研究針對研究人員本身，研究知識探索與利用兩者對產學合作績效之影

響，因此值得深入探討。

此外，本研究認為知識探索與利用應會與產學合作性質產生交互作用來影響產學合作績效，本研究將產學合作性質依照理論與實務之意涵劃分為探索型與利用型二類產學合作計畫。探索型之產學合作計畫是指為產業發展前瞻之技術或知識、或助產業開發核心應用創新技術，屬於技術萌芽階段之高風險、高創新或需長期研發的先期研究產學合作計畫；而利用型之產學合作計畫是指為培育計畫執行機構之人才，從事應用性研究計畫之基礎能力，所從事應用加值研究產學合作計畫。學校研究人員 (Faculty Member) 的知識探索與利用能力能否發揮，可能會受到產學合作研究案性質差異而有不同影響，因此，知識探索與知識利用能為產學合作帶來多強的正面績效，也會因執行產學合作計畫性質的差異而有所不同，本研究產學合作計畫性質是依照理論與實務之意涵，將產學合作性質劃分為探索型與利用型二類，探索型之產學合作計畫係指為產業發展前瞻之技術或知識，增加產業未來競爭力，或協助產業開發核心應用創新技術之產學合作計畫；而利用型之產學合作計畫則為培育計畫執行機構之人才，從事應用性研究計畫之基礎能力，結合民間企業需求，建構企業營運模式、提升經營管理能力，增進產品附加價值或產出數位內容應用加值之產學合作計畫。由此可知，在不同產學合作性質下，知識探索與利用對產學合作績效可能會有不同的影響。然而，過去在知識探索 / 利用與產學合作性質之交互作用對產學合作性質影響之相關研究，卻付之闕如。因此本研究擬進一步探討知識探索 / 利用與產學合作性質之交互作用對產學合作績效之影響。自從 March (1991) 首度提出探索 / 利用雙元創新 (Ambidexterity) 的概念後，過去文獻已經針對探索 / 利用這二個概念能否同時達到 (Orthogonal) 或僅能擇一達成 (Continuum) 進行探討 (Cao, Gedajilovic, & Zhang, 2009; Gupta, Smith, & Shalley, 2006; He & Wong, 2004)，本研究延續過去的研究脈絡，並針對知識探索 / 利用的失衡效果 (Imbalanced Dimension) 與加乘效果 (Combined Dimension) 對產學合作績效的影響進行研究。

由上述可知，知識探索 / 利用與產學合作性質，以及兩者間之交互作用應會對產學合作績效產生影響，此外，知識探索 / 利用的失衡效果與加乘效果亦會影響產學合作績效，因此本研究的目的是探討研究人員的知識探索 / 利用對產學合作績效之間的相關性，亦是驗證學術研究、智財品質對於商業價值間之關係，希望透過文獻回顧來確認研究變數與建立研究架構，並進而提出研究假設；接著再進行實證研究，驗證所提出之研究架構與研究假設，以補文獻之不足；最後則進行討論與結論。

貳、文獻探討與假說發展

一、知識探索 / 利用與產學合作績效

現今世界經濟的發展已由過去勞力、資本、技術密集，轉為以追求知識創新為主

流的新經濟型態。知識蘊含在人與技術，逐漸成為經濟發展的中樞，全世界已開發及開發中國家對於知識的產出、擴散及應用，也越來越依賴。然而，傳統上認為大學和研究機構等科學系統 (Science System) 是探索新知識與利用現有知識的來源 (Bruneel et al., 2010; Caldera & Debande, 2010; Crespi et al., 2011)，許多企業需藉由與學校進行產學合作從事研究創新，開發新產品及儲備研發創新的能量，因此產學合作的成效良窳取決於產學間對新知識的探索與現有知識的利用程度 (Bishop, D'Este, & Neely, 2011; March, 1991; Zahra & George, 2002)；知識探索係指研究人員探察和獲取新知識、資訊與技術的能力，而知識利用係指將現有知識、資訊與技術進行延伸或加值的能力 (He & Wong, 2004; Gupta et al., 2006; March, 1991)。就知識探索而言，企業界通常認為大學是知識工場 (Knowledge Factory)，知識已經取代天然資源和勞力密集產業，成為產生財富與經濟成長的驅動力 (Drucker, 1993; Nonaka & Takeuchi, 1995; Florida, 1995; Romer, 1993; Leonard-Barton, 1995; Yli-Renko, Autio, & Sapienza, 2001)，在知識經濟時代，學校從事基礎研究所做的知識探索，有助於企業對特定現象的瞭解 (Bishop et al., 2011)。以奈米原料為例，學校實驗室提供的機器設備，可以藉由科學方法進行試片、成型、檢驗、分析等基礎研究工作，進而規劃開發尚未商業化之產品、服務或技術；除此之外，研究人員還需要高層次以及跨領域的知識探索能力，方能解決從研發到商品化過程中的複雜問題，進而提供企業開發滿足市場需求的產品、服務或技術 (Cohen, Nelson, & Walsh, 2002; Markman, Gianiodis, & Buchholtz, 2009; Mowery, Nelson, Sampat, & Ziedohis, 2004)，這也使得大學在新知識的創造上，藉由知識探索所創造出的智慧財產，已經成為產業推動國家經濟成長的關鍵力量 (Braun, Brown, Grat, & Leroyer 2000)。根據上述之推論，本研究提出如下之研究假設：

研究假設 1a：知識探索對產學合作績效有正向影響

另一方面，就知識利用而言，產學攜手合作培育出的人才，結合大專校院之豐沛研發能量，確實協助產企業解決技術、營運及人力不足的問題，也可以降低學校所培育之學生與產企業所需人才之差距，達到務實致用提昇學生就業力 (Florida & Cohen, 1999; Salter & Martin, 2001)，的確，透過產學合作培育出的人才，結合大專校院之豐沛研發能量，確實協助產企業解決技術及營運問題，達到務實致用特色，使產學雙方共蒙其利。對學校而言，學生論文或專題製作之應用性，可以降低學校所培育之學生與產企業所需人才之差距，提昇學生就業力；對企業而言，推動產學合作可以有效利用學校現有知識與研發能量，以利產業技術之研究開發、系統整合、中間試驗及商業性試驗，為技術成果轉化提供驗證環境，並解決技術移轉過程相關問題，一方面有助於對既有產業技術進行再加值開發，以達產業研發升級之有利後盾，另一方面可提供產業技術研發所需支援，進而提升後續廠商技轉意願與技轉金額，協助技轉廠商快速進入量產階段並早日獲利 (Abramson, Encarnacao, Reid, & Schmoch, 1997; Gulbrandsen

& Smeby, 2005), 因此可進一步提升產學合作的績效。根據上述之推論, 本研究提出以下研究假設:

研究假設 1b: 知識利用對產學合作績效有正向影響

二、產學合作性質與知識探索 / 利用的交互作用

行政院國科會將產學合作依性質分為先導型、開發型與應用型三種類型, 先導型為產業發展前瞻之技術或知識, 增加產業未來國際競爭力, 屬於技術萌芽階段之高風險、高創新或需長期研發的先期研究產學合作計畫; 開發型為協助產業開發核心應用創新技術, 包括合作企業對於特定技術或產品之共同創新開發之產學合作計畫; 而應用型為培育計畫執行機構之人才, 從事應用性研究計畫之基礎能力, 結合民間企業需求, 建構企業營運模式、提升經營管理能力, 增進產品附加價值或產出數位內容應用加值之產學合作計畫。承上所述, 產學合作可能會產生一種前瞻之知識或技術做為新的策略規劃, 也可能運用現有知識或技術進行改變、加值與應用, 因此本研究依照理論與實務之意涵, 將產學合作性質劃分為探索型(即先導型與開發型)與利用型(或稱應用型)二類。從上述的論述顯示產學合作性質與知識探索 / 利用都會對產學合作績效產生影響。然而, 這兩個構念間也可能會產生交互作用來影響組織績效, 即在不同知識探索 / 利用能力的研究人員, 去執行不同性質的產學合作研究案, 可能會對產學合作績效產生不同的影響 (Feldman & Florida, 1994; Powell, 1998; Rosengrant & Lampe, 1992; Saxenian, 1994), 就產學合作性質與知識探索 / 利用之交互作用而言, 當執行探索型之產學合作計畫時, 由於處於萌芽階段之特定核心應用技術對於廠商技術移轉後的產品銷售具有潛力, 因此無論研究人員的知識探索 / 利用程度高低, 企業往往都願意針對特定技術或產品支付較高之權利金去執行這項探索型之產學合作計畫 (Braun et al., 2000; Markman et al., 2009; Uotila, Maula, Keil, & Zahra, 2009); 例如, 幹細胞及再生醫學領域係屬於先導型產學合作計畫, 其研發團隊不僅具備幹細胞領域所需的基礎研究與臨床實務經驗, 若能運用知識探索能力去完成產品開發並通過人體試驗階段, 不僅可以提升我國醫藥研發水準, 且預估未來產值將能大幅提升, 獨具慧眼的企業主為提高市場競爭力, 也願意用更高的金額取得技術移轉, 甚至衍生新創企業。根據上述之推論, 本研究認為研究人員在執行探索型之產學合作計畫時, 知識探索程度的高的研究人員, 對於產學合作績效之提升會具有顯著效果, 因此提出以下研究假設:

研究假設 2a: 產學合作性質與知識探索之交互作用會對產學合作績效有正向影響

另一方面, 當執行利用型之產學合作計畫時, 基於民間企業對增進產品附加價值或產出應用加值的考量, 研究人員本身知識利用之能力高時, 則有助於提升企業對現有製程技術的資源投入及產品附加價值的產出效益, 進而對產學合作績效提升會具有

較顯著的影響 (Bishop et al., 2011; Yli-Renko et al., 2001)；例如，台灣為世界螺絲螺帽主要生產國，50 年悠久歷史已經擁有紮實的產業鏈，加上產業穩定的特性，使得產業內廠商多以製造生產標準螺絲、車輛螺絲、螺帽、扣件等其它相關產品，扣件可將各種零件結合成一個單元或系統，使組件容易組裝或拆裝；組件透過扣件鎖固功能，組成完整物件，發揮整件功效，並在裝配、維修、替換或重新組合時具有方便性，基於前述產業特性，學校研究人員在執行相關產學合作計畫時，多半是以降低成本或品質改善（如耐蝕、良率提升等）等技術深耕與價值創造為主要成果，在國內螺絲螺帽產業基礎穩定情況下，產業界導入學術界資源的重點將朝向生產實務應用方面。根據上述推論，本研究認為在執行利用型之產學合作計畫時，知識利用程度高的研究人員會顯著提升產學合作績效。因此提出以下之研究假設：

研究假設 2b：產學合作性質與知識利用之交互作用會對產學合作績效有正向影響

三、知識探索 / 利用的失衡效果與加乘效果

國內公私立大學、科技大學與技術學院肩負多元的義務，除了知識創造與傳播外，尚有利益的開發。許多的大學不僅強調技術專利與揭露數量，同時亦將權利金與獲得研究計畫的數量視為其商業化 (Commercialization Activities) 的成果 (Crespi et al., 2011)。雖然這些產出的重要性不同，但確實是許多大學衡量商業化活動的參考。然而，隨著大學的授權活動與專利行為快速增加，影響商業化的因素會取決於研究人員對於知識探索 / 利用二種能力，過去文獻指出：知識探索與知識利用的失衡與加乘之概念值得進一步探討 (Cao et al., 2009; He & Wong, 2004)，失衡效果意謂研究人員基於資源限制，會在知識探索與知識利用採取兩者擇一發展，並非兩者兼得的方式，其衡量方式可以用知識探索減去知識利用的絕對值進行估計，若測量出的數值越小，則代表研究人員對知識探索與知識利用採取平衡 (Balance) 的管理方式；若測量出的數值越大，則意謂研究人員對知識探索與知識利用採取失衡 (Imbalance) 的管理方式，由表 1 所示：若研究人員 A 在知識探索獲得 10 分，知識利用獲得 5 分，則 A 在知識探索 / 利用二種能力的發展是採取失衡的管理方式，而研究人員 B，在知識探索 / 利用均獲得 5 分、則 B 在知識探索 / 利用二種能力的發展是採取平衡 (Balance) 的管理方式。學校研究人員從事產學合作就是希望能降低企業研發初期的風險，將學校之現有研發能量與產業串連，以協助企業建力核心能力，並將研究成果進行商品化 (Christensen & Overdorf, 2000; Levinthal & March, 1993; Leonard-Barton, 1995; March, 1991)，此時會形成知識利用會高於知識探索的失衡現象；相反的，學校研究人員和企業合作去發展前瞻之技術或知識，增加產業未來競爭力，從事高風險、高創新或需長期研發的產學合作，以期開發出應用於主導性新產品上的關鍵技術或主流規格 (Teece, 1986; Utterback, 1994)，這時也會形成知識探索會高於知識利用的失衡現象。根據上述之推論，知識探

索 / 利用的失衡效果有助於提升產學合作績效，本研究提出以下之研究假設：

研究假設 3a：知識探索 / 利用的失衡效果對產學合作績效有正向影響

表 1 探索 / 利用失衡效果與加乘效果範例

	知識探索分數	知識利用分數	失衡效果	加乘效果
研究人員 A	10	5	5 高	50 高
研究人員 B	5	5	0 低	25 低

資料來源：本研究整理

另一方面，加乘效果則認為知識探索 / 利用是互補的概念，例如同時將新技術運用在現有市場上，因此並不需要因為資源限制而擇一發展 (Brown & Eisenhardt, 1997; Burgelman & Grove, 2007; Gupta et al., 2006)，其衡量方式可以將知識探索與知識利用相乘進行估計，若測量出的數值越大，則代表研究人員的知識探索與知識利用加乘效果越大，若測量出的數值越小，則代表研究人員的知識探索與知識利用加乘效果越小；透過表 1 可知：研究人員 A 的加乘效果 (10×5) 會高於研究人員 B (5×5)，代表研究人員 A 在知識探索 / 利用這二種能力的加乘效果會高於 B。學校研究人員進行產學合作時，研究人員的知識探索能力與知識利用能力的加乘效果，有助於學術界根據企業目前的產品市場，以進行有用之技術或可商業化之產品 (Cohen & Levinthal, 1990; Zahra & George, 2002)，例如：中華電信藉由產學合作和學術界攜手，於 2006 年開始致力於將現有傳統電話的語音、數據、多媒體資料機房裡的線路，更改為光纖網路，以提供傳輸速率更快的上網服務，這項新技術就是透過將現有網路骨幹光纖化，讓光纖傳輸成為網路資訊傳播的主流技術。根據上述之推論，若能結合豐富之技術開發的知識探索能力，進一步結合企業界針對現有產品市場進行商業化的知識利用能力，兩者之加乘效果對產學合作績效的提升具有正向的影響，因此本研究提出以下之研究假設：

研究假設 3b：知識探索 / 利用的加乘效果對產學合作績效有正向影響

參、研究方法

本研究分別從研究架構、樣本與資料來源、實證模式等三部分進行說明。

一、研究架構

本研究主要探討雙元創新中：(1) 知識探索 / 利用對產學合作績效的影響，(2) 產

學合作性質對「知識探索／利用與產學合作績效」的調節效果，以及(3)知識探索／利用的失衡效果與加乘效果對產學合作績效的影響，圖1為本研究的概念架構。解釋變數為知識探索／利用，調節變數為產學合作性質，被解釋變數則為產學合作績效，而控制變數包括性別、年齡、學校權屬別與職級等。

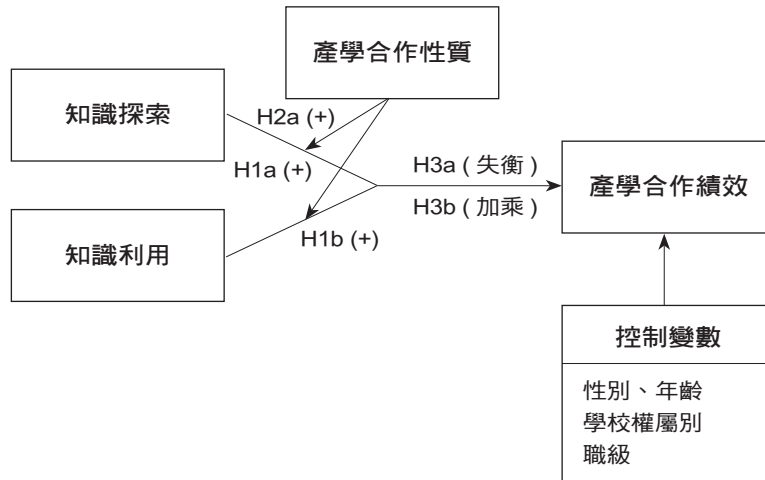


圖 1 研究架構圖

二、樣本與資料來源

本研究樣本期間涵蓋範圍為 2007 年至 2009 年行政院國科會補助產學合作研究計畫案為主要對象，涵蓋了工程領域者佔 84.69%，自然科學領域佔 1.33%，生物醫農佔 7.00%，人文社會佔 5.50%，科學教育佔 1.48%，樣本總計為 2,711 筆，然而，有些產學合作研究案因牽涉保密等因素，並未揭露相關資訊 (Blumenthal, Campbell, Causino, & Louis, 1996; Dasgupta & David, 1987; Florida & Cohen, 1999; Van Looy, Ranga, Callaert, Debackere, & Zimmermann, 2004)，因此會出現資料缺漏的情形，因此本研究最後所流存的樣本為 1,703 個產學合作研究案。本研究所需相關變數，包括：(1) 研究人員性別、年齡、學校權屬別、職級等基本資料，(2) 自 2007 年至 2009 年累積之權利金，(3) 產學合作性質 (先導型、開發型與應用型三類)，(4) 研究人員發表之學術論文數、技術報告數、專書發表數量，以及 (5) 研究人員擁有發明、新型、新式樣專利之數量等，核對其所提供之證明文件，逐筆檢視實際完成的授權技轉合約書，比對所提供各項資料正確性，部分資料如有疑慮，再洽各機構確認，請其提供正確資訊後，重新修正相關資料，再進行後續彙整作業。其中權利金與產學合作性質的資料則整理了大學向國科會繳交的結案報告，而研究人員學術論文、技術報告以及專書發表數量的資料主要取自於財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心所維護之「法人

與大學研究能量平台」，係以姓名為基礎，自國家科技人力資源庫取得著作資料，比對整理而成；而研究人員擁有發明、新型、新式樣專利之數量的資料則蒐集自經濟部智慧財產局之「中華民國專利資料檢索系統」，以姓名逐一比對整理而成。

除了上述次級資料 (Secondary Data) 外，為了增進研究結果的實務意涵，本研究還針對正在執行產學合作計畫的計畫主持人進行深度訪談 (In-depth Interview) 方式蒐集初級資料 (Primary Data)，經由對等之對話方式 (Taylor & Bogdan, 1984)，以獲取周詳的、結構豐富的、及計畫為主的資訊。訪談對象之選擇以便利樣本 (Convenient Samples) 及滾雪球式樣本 (Snowball Samples) 為主，就台灣大專院校執行產學合作計畫的計畫主持人進行正式的人員訪談，一般而言，難度是非常高的；本研究先透過公文與電話等方式，取得學校計畫主持人的支持，這些訪談都是以正式、事先約定的方式進行。本研究一共進行五位計畫主持人次訪談，以求深入了解個別計畫主持人對執行產學合作計畫制度設立之背景、運作與成效，訪談採用開放式方式進行，本研究在訪談過程對問題做進一步追蹤，非常有助於澄清疑惑之問題。另外，研究者親自到計畫主持人的學校訪談期間，不但可以觀察其現場氣氛、運作、實驗室與管理方式，更可以蒐集許多有價值之相關資料，有助於補充訪談內容，甚至是本研究獨特的資訊來源，包括計畫主持人提供的簡報、計畫簡介、歷史性文件、相關之書面文件、內部結案報告等。而對個別產學合作計畫之新聞報導政府與民間機構之資料，在研究期間亦不斷地蒐集。初級與次級資料的收集是交互進行，整個資料收集過程持續到我們可以達成理論的飽和性 (Saturation) 為止 (Glaser & Strauss, 1967)。

三、實證模式

迴歸分析 (Regression Analysis) 為一種可以用來分析兩個或兩個以上的變數相互之間因果關係的統計方法，本文討論的解釋變數超過一個，因此以多元迴歸模型進行分析，並以線性模型進行參數之估計。本文以迴歸的方法檢驗知識探索、知識利用、產學合作性質與產學合作績效之間的關係，線性迴歸模式如下：

$$\begin{aligned} \log \text{產學合作績效} = & \beta_0 + \beta_1 \times \text{教師性別} + \beta_2 \times \text{教師年齡} + \beta_3 \times \text{學校權屬別} \\ & + \beta_4 \times \text{教師職級} + \beta_5 \times \text{產學合作性質} + \beta_6 \times \text{知識探索} \\ & + \beta_7 \times \text{知識利用} + \beta_8 \times \text{知識探索} * \text{產學合作性質} \\ & + \beta_9 \times \text{知識探索} * \text{產學合作性質} \\ & + \beta_{10} \times \text{知識探索與利用的失衡作用} \\ & + \beta_{11} \times \text{知識探索與利用的加乘作用} + \mu_i \end{aligned}$$

其中，產學合作績效：研究人員所獲權利金金額 (Royalty)，取自然對數。

性別：以虛擬變數來指出研究人員是屬於女性或男性 (1：女；2：男)。

年齡：將研究人員的實際年齡取自然對數。

學校權屬別：以虛擬變數指出研究人員任職於公 / 私立大學 (1：私立；2：國立)。

教師職級：以類別變數指出研究人員的職級 (1：講師；2：助理教授；3：副教授；4：教授)。

產學合作性質：以虛擬變數指出產學合作計畫的性質 (1：探索型；2：利用型 (註¹))。

知識探索：研究人員發表學術期刊論文與所獲發明專利的數量。

知識利用：研究人員發表非學術期刊論文 (技術報告、專書或其他) 與所獲非發明專利 (新型專利或新式樣專利) 的數量。

知識探索與利用失衡效果：知識探索減去知識利用的絕對值。

知識探索與利用加乘效果：知識探索乘以知識利用。

μ_i ：誤差項。

本文的資料以大學向國科會繳交部分比例的權利金作為被解釋變數產學合作績效的代理變數 (Proxy)，並蒐集研究人員性別、年齡、學校權屬別、職級作為控制變數，以及研究人員發表學術論文數、技術報告數、專書發表數與所獲發明、新型、新式樣專利數作為解釋變數知識探索與知識利用的代理變數，最後，產學合作性質以虛擬變數加以衡量。

肆、研究結果

一、敘述性統計與相關係數分析

本研究試圖探討知識探索 / 利用、產學合作性質對於產學合作績效的影響。表 2 顯示本研究所有衡量變數的敘述統計量，整體樣本中，權利金最高為新台幣 22,583,800 元，最低為新台幣 710 元，平均值為新台幣 812,718.4 元；而男性研究人員佔了 91.73%、研究人員的平均年齡為 45.5 歲、公立大學研究人員佔了 52.56%、研究人員的職級依教授、副教授、助理教授及講師分別佔了 45.9%、37.1%、15.8%、1.2%。本研究的解釋變數與調節變數在進行交互作用分析前，皆進行標準化，以減低共線性的問題 (Aiken & West, 1991)。各個衡量變數的變異膨脹因子 (Variance Inflation Factors) 皆位於 1.01 到 3.37 之間 (見表 2 第四欄)，平均值為 1.97，皆在可接受的範圍 10 以內，因此本研究變數間之共線性問題並不顯著 (Hair, Anderson, Tatham, & Black, 1998)。

二、知識探索 / 利用與產學合作績效的關係

表 3 顯示階層迴歸分析的所有結果。表 3 的模式一為僅包含控制變數的基本模式，

註¹ 行政院國科會將產學合作研究計畫分為先導型、開發型與應用型，本研究將先導型與開發型歸類成探索型之產學合作計畫，而應用型歸類成利用型之產學合作計畫。

模式二呈現知識探索 / 利用對產學合作績效的直接效果，模式二達到 $p < .001$ 顯著水準 ($F = 37.651, R^2 = 0.131$)，其模式解釋變異量較模式一增加 5.3%，就知識探索而言，其對產學合作績效的係數有正向顯著的影響 ($\beta = 0.053, p < .001$)，這顯示當知識探索程度越高，則產學合作績效會越好，此與研究假設 1a 所提出的知識探索對產學合作績效有正向影響相符，因此研究假設 1a 獲得支持，這也意謂著：研究人員發表學術期刊論文與獲得發明專利的能力，有助於在產學合作中導致新創的發現，因此參與產學合作的廠商在使用移轉之技術進行產品銷售所得時，也願意支付給研究人員（即技術所有權者）較高之權利金。對於本研究假設 1a：「知識探索對產學合作績效有正向影響」之實證結果，一位現正執行產學合作的資深教授有以下的看法：

「我們針對奈米碳管，開發出新的混煉配方，朝低成本添加物及碳管補強基材物性的新技術進行開發，這項革新一方面可以降低廠商成本並提高產品競爭力，另一方面也可以符合 RoHS 及 WEEE 綠色環保法規，這將是產業的未來趨勢。商業上以符合法令跟成本為考量的前提下，這項全新複合式配方具有潛力，合作廠商才會願意出錢來跟我們做技轉。」

表 2 研究變項的平均數、標準差及相關係數

變數	平均數	標準差	VIF	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 權利金 (自然對數)	5.91	0.46										
2 性別 (虛擬變數)	1.92	0.28	1.02	0.04								
3 年齡 (自然對數)	1.65	0.07	1.27	0.15	0.09							
4 學校權屬別 (虛擬變數)	1.50	0.50	1.12	0.16	0.05	0.13						
5 職級 (類別變數)	3.28	0.77	1.43	0.27	0.08	0.45	0.28					
6 知識探索	8.45	16.38	3.37	0.12	0.01	-0.06	-0.02	-0.06				
7 知識利用	12.92	28.04	2.86	0.26	0.07	0.13	0.20	0.27	0.00			
8 產學合作性質 (虛擬變數)	0.61	1.13	1.01	0.19	0.08	0.10	0.11	0.21	-0.02	0.67		
9 知識探索與利用失衡效果	8.94	19.56	2.99	0.22	0.07	0.12	0.12	0.17	-0.02	0.73	0.65	
10 知識探索與利用加乘效果	1.51	0.50	2.68	0.18	0.03	0.02	0.04	0.08	-0.01	0.67	0.70	0.55

註：1. 相關係數的絕對值大於 0.05 則達 $p < 0.05$ 顯著水準 (雙尾檢定)

2. 性別 (1：女；2：男)、學校權屬別 (1：私立；2：國立)、職級 (1：講師；2：助理教授；3：副教授；4：教授) 產學合作性質 (1：探索型；2：利用型) 為類別變項

表 3 產學合作績效的階層迴歸分析結果

被解釋變數：產學合作績效（自然對數）	假設檢定	模式一	模式二	模式三	模式四
常數項		4.144	4.429	4.420	4.381
控制變數					
性別（虛擬變數）		.017	-.005	-.005	-.002
年齡（自然對數）		.136	.170	.174	.164
學校權屬別（虛擬變數）		.091***	.067**	.065**	.070**
職級（類別變數）		.138***	.116***	.117***	.122***
解釋變數					
知識探索	H1a		.053***	.095**	.069***
知識利用	H1b		.009	-.063	-.076
產學合作性質（虛擬變數）			-.127***	-.126***	-.127***
知識探索 × 產學合作性質	H2a			-.027	-.024
知識利用 × 產學合作性質	H2b			.045*	.041*
雙元創新 (Ambidexterity)					
知識探索與利用失衡效果 (Balance)	H3a				.034*
知識探索與利用加乘效果 (Combine)	H3b				.003
模型統計量					
調整 R 平方		.078	.131	.133	.135
R 平方改變量		.000	.053***	.002	.002
F 值		24.212***	37.651***	29.912***	25.008***

註：樣本數為 1,703

* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ ，*** $p < 0.001$

另一方面，知識利用對產學合作績效的係數為正向但不顯著 ($\beta=0.009, p = .325$)，此實證結果雖與研究假設 2b 所預測之方向相符，但並無法支持研究假設 2b，結果不顯著的原因可能是因為研究人員發表非學術期刊論文與獲得非發明專利的能力，對廠商利用自然法則之技術思想之高度創作上的商業價值較低，換言之，研究人員對於物品之形狀、構造、裝置或視覺訴求之創作與改良，無益於產學合作績效。對於本研究假設 1b：「知識利用對產學合作績效有正向影響」之實證結果，一位現正執行產學合作的教授有以下的看法：

「我們執行產學合作所累積的技術領先業界非常多，我們開發經過驗證之滅益生菌，是一種創新的技術且能高度符合市場之未來需求，能對這個產業有持續性的貢獻；如果只是做小規模的改良，或比較不具長期前瞻的思維，這種技術就算開發出來，它的影響層面也頂多只有一、二年而已，沒辦法持續，這種短期的思維對廠商也比較沒

有保障，自然會影響他們技轉的意願。」

三、知識探索 / 利用與產學合作性質的交互效果對產學合作績效的影響

再者，本研究探討知識探索 / 利用與產學合作性質的交互作用對於產學合作績效的影響，其結果如模式三所示。模式三呈現產學合作性質與知識探索 / 利用兩個變數的交互作用。模式三達到 $p < .001$ 顯著水準 ($F = 29.912, R^2 = 0.133$)，其模式解釋變異量較模式一增加 5.5%。產學合作性質與知識探索的交互作用係數並未達顯著水準 ($\beta = -0.027, p = .124$)，因此無法支持研究假設 2a，結果不顯著的原因可能是因為知識探索程度高的研究人員在執行探索型之產學合作計畫時，因為技術開發的不確定性高，故商業價值需以長期角度視之。對於本研究假設 2a：「產學合作性質與知識探索之交互作用會對產學合作績效有正向影響」之實證結果，一位執行先導型產學合作的教授表示：

「我們開發的藥物對產業有重要影響，因此需要較長時間去研發，短期指標不能太要求臨床實驗一定要怎樣，因為研發過程中有時候一些成果是可遇不可求的，必須設立好 Milestone 去達成，像本計畫這種具前瞻性、風險性高的可能在一些技術指標、專利、技轉家數等，短時間是暫時看不出來的。」

另一方面，產學合作性質與知識利用的交互作用對產學合作績效的係數是正向且顯著 ($\beta = 0.045, p < .05$)，此實證結果支持研究假設 2b。為進一步瞭解產學合作性質與知識利用的交互作用型態，本研究依 Aiken 與 West (1991) 的建議，將產學合作性質依照探索型與利用型二種類型，以虛擬變數之數值代入迴歸式後，進一步繪製交互作用圖 (詳見圖 2)。圖 2 表示知識利用與產學合作性質之交互作用對產學合作績效之影響。當知識利用程度較低時，探索型的產學合作績效高於利用型的產學合作績效；當知識利用程度較高時，探索型的產學合作績效亦高於利用型的產學合作績效，但其差距較小。透過分析結果，本研究發現：雖然探索型之產學合作績效顯著高於利用型，但是當高知識利用的研究人員在執行利用型之產學合作計畫時，其產學合作績效的提升會十分明顯；換言之，高知識利用之研究人員與利用型之產學合作的配適，對於產學合作績效提升具有較顯著的影響。

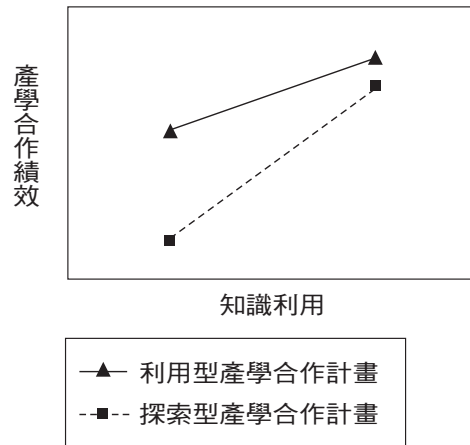


圖 2 知識利用與產學合作性質交互作用對產學合作績效的關係

因此，本研究依據上述結果判定，知識利用與產學合作性質之交互作用對產學合作績效有顯著影響。對於本研究假設 2b：「產學合作性質與知識利用之交互作用會對產學合作績效有正向影響」之實證結果，一位執行應用型產學合作的資深教授表示：「經濟部擬定節能政策，其中 LED 光電照明產業，已規劃 2012 年停產禁用白熾燈泡，我們透過光學與散熱技術的突破去提高 LED 的光輸出使用效率，這項技術應用立即吸引廠商合作興趣，例如我們老師用很好的散熱與 LED 磊晶技術幫他們解決問題，有些公司第一年引進業界投資達 1 億 2 千萬。」

四、知識探索 / 利用的失衡效果、加乘效果對產學合作績效的影響

在表 3 的模式四中呈現出知識探索 / 利用的失衡效果、加乘效果對產學合作績效的影響，模式四達到 $p < 0.001$ 顯著水準 ($F = 25.008, R^2 = 0.131$)，其模式解釋變異量較模式一增加 5.7%。知識探索 / 利用的失衡效果對產學合作績效是正向且顯著的 ($\beta = 0.34, p < .05$)，顯示當研究人員在知識探索 / 利用上越失衡時，將會顯著地提升產學合作績效，此實證結果支持研究假設 3a。對於本研究假設 3a：「知識探索 / 利用的失衡效果對產學合作績效有正向影響」之實證結果，一位專注在執行先導型產學合作的計畫主持人表示：「本中心設備不只是一般工業化的機器，還可供培養基礎研究能力的廣度，所以我們有能力去執行具前瞻性產學合作計畫，之後用這項核心技術吸引廠商的興趣，只要這個技術具有 potential、開發出的產品能在業界存活下來，廠商都願意出找學校合作，對企業來說，有學校這麼好的技術團隊幫他做研發的靠山，縱向從原料到最後產品都可以把他建立起來，很多老闆都願意出資金、提供場地去成立公司、設立工廠，把這項技術移轉過去。」

此外，另一位聚焦在執行應用型產學合作的計畫主持人做了以下的表示：「精密機械是以技術導向為主的產業，我們會比較踏實、虛心去拜訪廠商，瞭解業界需要的技術，比較無法吸引專注在基礎研究要升等的老師投入這塊。例如工具機這行業，我們就要運用本身現有的知識與技術，藉由經常和業者互動，一起去改善他們面臨的問題，通常工具機都要經過幾十個版本，才可以做到精度提升，滿足業者的需求，這項技術才有可能技轉。」

另一方面，知識探索 / 利用的加乘效果對產學合作績效的係數是正向但不顯著，此實證結果雖與研究假設 3b 所預測之方向相符，但並無法支持研究假設 3b，結果不顯著的原因可能是因為研究人員在執行產學合作計畫時，審查委員通常會依據產學合作計畫的性質去評估研究人員是否有執行能力，研究人員僅需依照過去在知識探索 / 利用的能力去執行產學合作計畫即可，並不需要刻意去結合知識探索 / 利用這兩項能力。因此，對於本研究假設 3b：「知識探索 / 利用的加乘效果對產學合作績效有正向影響」之實證結果，一位現正執行產學合作的研究中心主任有以下的看法：「一般學校在發表 paper、知識探索的部分都能做得很好，以導電粉而言，學術上會用科學的方法做實驗設計，把影響的重要因素或配方討論出來，這是從事基礎研究老師在做的事情，但是產學合作是比較後端的應用，不同的產品都要求不同的材料，物性都不一樣，你都要替客戶客製化一個的規格出來，從試片、產品到驗證等，就算認證過也不見得能獲利，很多東西往往跟基礎研究是連不起來的，基礎研究比較像是國科會計畫在探討的，產學合作有時候不需要基礎研究做好，只要花心思就可以用出客戶要的東西。」

伍、討論與結論

本研究的目的是探討了大學及研究機構研究人員的知識探索 / 利用、產學合作性質，以及知識探索 / 利用的失衡效果與加乘效果對於產學合作績效的影響，透過文獻回顧來確認研究變數與建立研究架構，並進而提出研究假設，接著再進行實證研究，驗證所提出之研究架構與研究假設，以補文獻之不足。研究結果顯示：第一，在知識探索 / 利用對產學合作績效之影響方面，由階層迴歸分析結果可知，知識探索對產學合作績效有顯著正向之影響，由此顯示，研究人員可以透過發表學術期刊論文與獲得發明專利的能力，以期將大學的新知識與新技術轉換為實用的商業化產出，進而提升產學合作績效，而知識利用對產學合作績效的關係並不顯著；第二，在產學合作性質與知識探索 / 利用之交互作用對產學合作績效之影響方面，由階層迴歸分析結果可知，產學合作性質與知識利用之交互作用對產學合作績效有顯著之影響，其中，若將產學合作性質分為探索型與利用型二類後，探索型之產學合作其產學合作績效高於利用型之產學合作，而其差距會隨著知識利用程度高低而有所不同，意即研究人員的知識利

用程度高時，在執行利用型之產學合作計畫時，對於產學合作績效提升具有較顯著的影響，因此利用型之產學合作計畫透過知識利用程度較高的研究人員去執行會獲得不錯之成效，而產學合作性質與知識探索之交互作用對產學合作績效的關係並不顯著；第三，在知識探索/利用的失衡效果、加乘效果對產學合作績效之影響方面，由階層迴歸分析結果可知，知識探索/利用的失衡效果對產學合作績效有顯著正向的影響，意謂研究人員產學合作績效好壞，可能是取決於知識探索/利用中的一項能力，而不是去同時達到或是取得兩種能力的平衡，而知識探索/知識探索利用兩種能力的加乘效果對產學合作績效的關係並不顯著。

本研究在學術研究上之貢獻包括：第一，過去已有學者探討知識探索/利用對組織績效的影響，然而，以專案為分析單位去專案績效之研究卻付之闕如，更遑論以產學合作研究案為分析單位的產學合作績效，因此本研究透過文獻探討來建立研究架構與研究假設，以整體的角度探討知識探索/利用對產學合作績效之影響。第二，本研究蒐集次級資料之實證結果大致支持本研究所提出之論點，除了上述知識探索/利用對產學合作績效的影響外，更證明了知識探索/利用與產學合作性質會產生交互作用，進而對產學合作績效產生影響，此論點及實證結果彌補了過去文獻之不足。第三，本研究也指出產學合作績效升，並非取決於知識探索/利用這兩種能力越能兼顧的研究人員，某一種能力強的研究人員反而有助於產學合作績效的提升，透過實證結果發現：知識探索能力有助於產學合作績效，然而知識利用能力強的研究人員若執行利用型之計畫，其產學合作績效的提升十分顯著。

本研究之實證結果在實務上有下列意涵：首先，本研究結果顯示研究人員的知識探索（學術期刊論文與獲得發明專利）能力是提升產學合作績效的重要因素，這顯示智財品質確實會直接影響其衍生之價值，科學成分較高之商業產出也隱含著較高的經濟利益，因此對於具有新知識的學術研究與發明之研究人員，應該設計適當的回饋機制，俾有利於研究人員在學術產出與商業產出；其次，本研究結果也顯示研究人員的知識利用（非學術期刊論文與獲得非發明專利）能力，對執行利用型之產學合作計畫時，其產學合作績效的提升會十分明顯，因此對於知識利用能力高的研究人員，在制度上應該鼓勵他們執行利用型之主題，以提升產學合作績效；最後，研究人員在提升產學合作績效時，應該單獨考量知識探索或知識利用能力，而不建議採取兩者兼得或平衡的方式，主要的考量是由於資源稀少且有限的基本假設。

最後，本研究的研究限制包括：首先，知識探索與知識利用的衡量是根據參與國科會產學合作的大學教授為樣本，而有些較資深不再從事產學合作的教授，或是年輕學者只專注在學術研究而未參與產學合作的學者 (Blumenthal et al., 1996; Dasgupta & David, 1987; Florida & Cohen, 1999; Van Looy et al., 2004)，研究者無法取得全部大學教授的學術研究與專利揭露資料，因此部分產學合作研究人員之資訊揭露不足，可能導

致變數低估的結果，不過本研究已針對年齡做為控制變數，希望能降低這項研究限制，建議後續研究能針對影響產學合作績效的其他前置因素，如：產學之間的行為不確定性 (Behavioral Uncertainty) 或資源互補性 (Resource Complementarity) 等對產學績效的影響 (Bruneel et al., 2010)；其次，本研究僅以權利金做為產學合作績效的指標會過於狹隘，然而由於其他可量化指標之資訊取得上較為困難，建議後續研究可以問卷或訪談等方式，針對其他產學合作績效的指標，如：人才培育情形 (Crespi et al., 2011) 或新創公司數 (Caldera & Debande, 2010; Powers & McDougall, 2005) 等進行探討。最後，本研究屬橫斷面研究，建議後續研究最好能採時間序列或縱斷面的研究設計 (Huang & Murray, 2009)，來瞭解影響產學合作績效的因果關係。

總結而言，知識探索 / 利用兩者皆是產學合作績效的關鍵影響因子，本研究所提出的論點強調知識探索是主要提升產學合作績效的因素，此外，知識利用與利用型之產學合作計畫對於產學合作績效的提升具有顯著影響，因此知識利用與產學合作性質兩者具有交互作用，最後，知識探索 / 利用的失衡效果會正向影響產學合作績效，研究人員應該從知識探索 / 利用能力中擇一，做為決定產學合作績效的因素，而非以兩者兼顧的方式，實證結果支持此論點，可提供企業、政府與研究人員運用知識探索 / 利用來提升產學合作績效時的參考。

Knowledge Exploration and Exploitation in the University-Industry Collaboration

Tzong-Chyuan Chen, Director, National Science Council

Bou-Wen Lin, Professor, Institute of Technology Management, National Tsing Hua University

Mo-An Chu, Post-doctoral Researcher, Department and Graduate Institute of Business Administration,
National Taiwan University

Purpose/objective

An increasing number of studies in university-industry research cooperative (UIRC) projects contribute to the understanding of the relationship between knowledge transfer activities and the performance of UIRC projects in national innovation systems (Bruneel et al., 2010; Caldera & Debande, 2010; Crespi et al., 2011). However, current research has not examined the link between knowledge exploration/exploitation and U-I collaborative performance. Therefore, the purpose of this study is to fill this gap of knowledge by investigating the relationship of exploration and exploitation on UIRC project performance and examining the moderating roles of the types of UIRC projects on this link. Because of the linked nature of the exploration and exploitation constructs, researchers use ambidexterity as an integral concept with regard to exploration and exploitation (Cao et al., 2009; Gupta et al., 2006; He & Wong, 2004). Based on this characterization, previous literatures regarded ambidexterity as comprising of two distinct but related dimensions, as follows: one dimension pertaining to the balance between exploration and exploitation, which previous scholars termed “balance dimension of ambidexterity” (BD), and the other dimension pertaining to their combined magnitude, which was termed “combined dimension of ambidexterity” (CD) in the extant literature. By explicitly distinguishing between these ambidexterity dimensions, the second purpose of our analyses is to verify that both BD and CD are integral to the ambidexterity construct, and this study distinguished between them conceptually, operationally, and empirically. The authors regard the relationship between ambidexterity and UIRC project performance as more complex than previously understood because, although BD and CD dimensions contribute to U-I collaborative performance, this is achieved through distinct processes.

Design/methodology/approach

To investigate this issue, we collected information on the knowledge exploration and exploitation of a sample of the individual UIRC project to build a comprehensive dataset. We

used a survey of a UIRC project that received grants from the National Science Council (NSC) in the period between 2007 and 2009. The main goal of NSC-sponsored UIRC projects is to create connections among academic, industrial and governmental institutions to promote the academic results of basic research in line with the industry, facilities, and to obtain the support of the government.

The unit of analysis is the individual UIRC project in five scientific disciplines corresponding to the Natural Sciences, Engineering, Biomedicine Sciences, Science Education, and Social Sciences. The data in our survey were collected by using both primary and documentary sources for testing the validity of our model and research hypotheses. To clarify the conceptual framework proposed in this study, we conducted the in-depth, semi-structured interviews by following the qualitative approach (Bruneel et al., 2010; Taylor & Bogdan, 1984). The focus of our interview was to request information from the academics who collaborate with businesses on a wide range of detailed aspects of university-industry interactions. In particular, the interview requested data on identifying the following: (a) main activities in various types of engagement; (b) incentives and barriers to collaborative activity; and (c) outcomes or benefits from the collaborations. In this research, open-ended interviews were conducted to illustrate a relation among knowledge exploration and exploitation, the types of UIRC projects, and UIRC project performance.

The secondary data source was the records of past collaborations detailed on the NSC collaborative grants for 2007-2009. On the basis of company names and postcodes, we matched our set of 1,703 UIRC projects with information on grants awarded by the NSC. Because these data enabled us to identify both the university and industry partners (that is, academics and business names), we gathered demographic characteristics of each UIRC projects (for example, distributions of gender, age, institutional affiliation and career status of the academics) and some information related to the UIRC projects (for example, types of engagement) and subsequent performance (for example, royalty payments for technology transfer from each UIRC project). Moreover, we also collected information on the number of publications and invention disclosure for academics involved in the UIRC projects as the proxy variables for knowledge exploration (measured by the total numbers of the research publications and invention disclosure) and exploitation (measured by the total numbers of the non-research publications and non-invention disclosure).

Findings

This study investigated the effects of knowledge exploration/exploitation and the types

of UIRC projects on UIRC project performance. The empirical results in our survey provide moderate support to the proposed research framework and hypotheses. The major findings and the implications are discussed as follows: first, the results provide empirical evidence to connect the positive relationship between knowledge exploration and UIRC project performance (H1A), although knowledge exploitation does not considerably affect UIRC project performance (H1B).

Second, our study examined the contingent moderator of types of UIRC projects. In contrast to our prediction, knowledge exploration does not have considerable interaction effects with both explorative and exploitative UIRC projects in explaining UIRC project performance (H2A). Conversely, we obtained evidence consistent with our hypothesis by demonstrating that, for two university faculties with the same low knowledge exploitation, the member participating in explorative UIRC projects had a higher UIRC project performance than UIRC project performance for a member participating in exploitative UIRC projects (H2B).

Third, we hypothesized that an imbalance of knowledge exploration and exploitation (that is, BD) enhances UIRC project performance (H3A). In this regard, the empirical findings suggest that, when the level of knowledge exploitation of UIRC projects are considerably lower than those of exploration because of pursuing the most advanced technology or emerging market, they are likely to enhance their performance in UIRC projects (that is, low BD). Similarly, the other situation of low BD is that the knowledge exploration of UIRC projects is considerably lower than their knowledge exploitation. Under such conditions, less new technology development results from academics and only one of the possible routes to commercialization of existing products will be presented to the firm through knowledge exploitation activities, which may have a greater effect on UIRC project performance (that is, low BD).

We also hypothesized that highly combined levels of knowledge exploration and exploitation (that is, high CD) may enhance UIRC project performance (H3B). In contrast to this hypothesis, the current evidence about the relationship between high CD and UIRC project performance does not confirm that knowledge exploration and exploitation are supportive of one another and that each may help leverage the effects of the other. This may occur because, as academics focus on the development of new technology through knowledge exploration, their knowledge exploitation may not occur in a complementary domain. Therefore, pursuing CD represents a less effective way to enhance UIRC project performance.

Research limitations/implications

This study has limitations in context and methods that inform the interpretations of results and indicates areas for further research. First, our measures of knowledge exploration and exploitation include a large proportion of publications and invention disclosure for academics. However, this measure is based on a detailed and unique condition that academics disclosed to university administrators. However, the sample may be biased because it included only active academics, and excluded older academics who may have been research-active during their careers, but who were not engaged in NSC-funded research in the surveyed period. Although this empirical analysis control for the age of the academics is attributed to this sample bias, further research is required to expand the measures of knowledge exploration and exploitation beyond the publications and invention disclosure, to include resource complementarity and behavioral uncertainty (Bruneel et al., 2010). Furthermore, the UIRC project performance analysis based on royalty payments indicators cannot substitute for in-depth analysis and other data sources of UIRC project performance measures to supplement the objective measures, such as student trainings and placements (Bruneel et al., 2010) or number of spin-offs (Powers & McDougall, 2005). We believe that careful interpretation of results may yield a crucial contribution to the design of more qualitative studies aimed at capturing the subtleties involved in the interactions between the two fields. Finally, we based our empirical analysis on a single cross-section of data. Although this method is appropriate for testing our hypotheses, a longitudinal analysis that examines the knowledge exploration and exploitation from academics may provide additional insights regarding various timing issue for UIRC project performance (Huang & Murray, 2009).

Originality/contribution

University–industry interaction is a crucial part of national innovation systems, and this study noted and described the knowledge exploration and exploitation with regard to UIRC project performance. However, in contrast to earlier research on this topic, the approach presented in this study offers two novelties in the field of UIRC projects. First, it provides detailed empirical evidence of the conceptualization and operationalization of the knowledge exploration and exploitation that firms gain from interactions with universities, which adds to the limited empirical research on this topic. Second, the preliminary findings from our analysis theorize that the relationships between knowledge exploration/exploitation and UIRC project performance is contingent on the multifaceted types of engagement, that is,

explorative and exploitative case of UIRC projects. Third, this study also contributes by examining greater conceptual clarity to the two distinct but related dimensions, as follows: one dimension pertaining to the balance between knowledge exploration and exploitation (BD), and the other dimension pertaining to their combined magnitude (CD) in explaining the UIRC project performance. Previous studies did not explicitly distinguish these dimensions at the conceptual level, and did not examine their interrelationship or their distinct causal mechanisms and differing contingencies with respect to UIRC project performance. Therefore, this study contributes to filling this gap in the literature for future theorizing and the discernment of practical implications.

參考文獻

- Abramson, H. N., Encarnacao, J., Reid, P. P., & Schmoch, U. 1997. *Technology transfer systems in the United States and Germany: Lessons and perspectives*. Washington, DC: National Academy Press.
- Aiken, L. S., & West, S. G. 1991. *Multiple regression: Testing and interpreting interactions*. Newbury Park CA: Sage publication .
- Bishop, K., D' Este, P., & Neely, A. 2011. Gaining from interactions with universities: Multiple methods for nurturing absorptive capacity. *Research Policy*, 40 (1): 30-40.
- Blumenthal, D., Campbell, E. G., Causino, N., & Louis, K. S. 1996. Participation of life-science faculty in research relationships with industry. *New England Journal of Medicine*, 335 (23): 1734-1739.
- Braun, M., Brown, D., Gräf, G., & Leroyer, J. 2000. *Getting more innovation from public research*. New York, NY: Arthur D. Little International, Inc.
- Brown, S. L., & Eisenhardt, K. M. 1997. The srt of continuous change: Linking complexity theory and time-paced evolution in relentlessly shifting organizations. *Administrative Science Quarterly*, 42 (1):1-34.
- Bruneel, J., D' Este, P., & Salter, A. 2010. Investigating the factors that diminish the barriers to university-industry collaboration. *Research Policy*, 39 (7): 858-868.
- Burgelman, R. A., & Grove, A. S. 2007. Let choas reing then rein in chaos-repeatedly: Managing strategic dynamics for corporate longevity. *Strategic Management Journal*. 28 (10): 965-979
- Caldera, A., & Debande, O. 2010. Performance of Spanish universities in technology transfer: An empirical analysis. *Research Policy*, 39 (9): 1160-1173.
- Cao, Q., Gedajilovic, E., & Zhang, H. 2009. Unpacking organizational ambidexterity: Dimensions, contingencies, and synergistic effects. *Organizational Science*, 20 (4): 781-796.
- Christensen, C. M., & Overdorf, M. 2000. Meeting the challenge of disruptive innovation. *Harvard Business Review*, 78 (2): 66-76.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. 1990. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35 (1): 128-152.
- Cohen, W. M., Nelson, R. R., & Walsh, J. P. 2002. Links and impacts: The influence of public research on industrial R&D. *Management Science*, 48 (1): 1-23.
- Crespi, G., D'Este, P., Fontana, R., & Geuna, A. 2011. The impact of academic patenting on

- university research and its transfer. *Research Policy*, 40 (1): 55-68.
- Dasgupta, P., & David, P. A. 1987. Information disclosure and the economics of science and technology. In G. R. Feiwel (Ed.), *Arrow and the ascent of modern economic theory*: 519-542. New York, NY: NY University Press.
- Debackere, K., & Veugelers, R. 2005. The role of academic technology transfer organizations in improving industry science links. *Research Policy*, 34 (3): 321-342.
- Di Gregorio, D., & Shane, S. 2003. Why do some universities generate more start-ups than others? *Research Policy*, 32 (2): 209-227.
- Dosi, G. 2000. *Innovation, organization and economic dynamics: Selected essays*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Drucker, P. F. 1993. *Post capitalist society*. New York, NY: Harper Business.
- Feldman, M. P., & Florida, R. 1994. The geographic sources of innovation: Technological infrastructure and product innovation in the United States. *Annals of the Association of American Geographers*, 84 (2): 210-229.
- Florida, R. 1995. Toward the learning region. *Futures*, 27 (5): 527-536.
- Florida, R., & Cohen, W. M. 1999. Engine or infrastructure? The university role in economic development. In L. M. Branscomb, F. Kodama, & R. Florida (Eds.), *Industrializing knowledge: University-industry linkages in Japan and the United States*, 589-610. London, UK: MIT Press.
- Freeman, C. 1987. *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. London, UK: Pinter.
- _____. 1994. The economics of technical change. *Cambridge Journal of Economics*, 18 (5): 463-514.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. 1967. *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. New York, NY: Aldine Publishing Company.
- Gulbrandsen, M., & Smeby, J. C. 2005. Industry funding and university professors' research performance. *Research Policy*, 34 (6): 932-950.
- Gupta, A. K., Smith, K. G., & Shalley, C. E. 2006. The interplay between exploration and exploitation. *Academy of Management Journal*, 49 (4): 693-706.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. 1998. *Multivariate data analysis* (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- He, Z. L., & Wong, P. K. 2004. Exploration vs. exploitation: An empirical test of the ambidexterity hypothesis. *Organizational Science*, 15 (4): 481-494.

- Huang, K. G., & Murray, F. E. 2009. Does patent strategy shape the long-run supply of public knowledge? Evidence from human genetics. *Academy of Management Journal*, 52 (6): 1193-1221.
- Leonard-Barton, D. 1995. *Wellsprings of knowledge: Building and sustaining the sources of innovation*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Levinthal, D. A., & March, J. G. 1993. The myopia of learning. *Strategic Management Journal*, 14: 95-112.
- Lundvall, B. A. 1992. *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. London, UK: Pinter.
- March, J. G. 1991. Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization Science*, 2 (1): 71-87.
- Markman, G. D., Gianiodis, P. T., & Buchholtz, A. C. 2009. Factor market rivalry. *Academy of Management Review*, 34 (3): 423-441.
- Motohashi, K. 2005. University-industry collaborations in Japan: The role of new technology-based firms in transforming the nation innovation system, *Research Policy*, 34 (5): 583-594.
- Mowery, D. C., & Nelson, R. R. 1999. *Sources of industrial leadership*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Mowery, D. C., Nelson, R. R., Sampat, B. N., & Ziedonis, A. A. 2004. *Ivory Tower and industrial innovation: University-industry technology transfer before and after the Bayh-dole act*. Palo Alto, CA: Stanford University Press.
- Nelson, R. R. 1993. *National innovation systems: A comparative analysis*. New York, NY: Oxford University Press.
- Nelson, R. R., & Rosenberg, N. 1993. Technical innovation and national systems. In R. R. Nelson (Ed.), *National innovation systems: A comparative analysis*: 3-21. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. 1995. *The knowledge-creating company*. New York, NY: Oxford University Press.
- OECD, 1996. *The knowledge-based economy*. France: Organization for Economic Cooperation and Development.
- _____. 1999. *University research in transition*. France: Organization for Economic Cooperation and Development.
- Owen-Smith, J., & Powell, W. W. 2001. To patent or not: Faculty decisions and institutional success at technology transfer. *Journal of Technology Transfer*, 26 (1/2): 99-114.

- Powell, W. W. 1998. Learning from collaboration: Knowledge and networks in the biotechnology and pharmaceutical industries. *California Management Review*, 40 (3): 228-240.
- Powers, J. B., & McDougall, P. P. 2005. University start-up formation and technology licensing with firms that go public: A resource-based view of academic entrepreneurship. *Journal of Business Venturing*, 20 (3): 291-311.
- Romer, P. 1993. Ideas and things. *The Economist*, 328 (7828): 70-72.
- Rosengrant, S., & Lampe, D. R. 1992. *Route 128: Lessons from Boston's high-tech community*. New York, NY: Harper Collins, Basic Books.
- Salter, A., & Martin, B. 2011. The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review. *Research Policy*, 30 (3): 509-532.
- Saxenian, A. 1994. *Regional advantage: Culture and competition in silicon valley and route 128*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Taylor, S. J., & Bogdan, R. 1984. *Introduction to qualitative research methods: The search for meanings*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Teece, D. 1986. Profiting from technological innovation: Implications for intergration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy*, 15 (6): 285-305.
- Uotila, J., Maula, M., Keil, T., & Zahra, S. A. 2009. Exploration, exploitation, and financial performance: Analysis of S&P 500 corporations. *Strategic Management Journal*, 30 (2): 221-231.
- Utterback, J. M. 1994. *Mastering the dynamics of innovation: How companies can seize opportunities in the face of technological change*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Van Looy, B., Ranga, M., Callaert, J., Debackere, K., & Zimmermann, E. 2004. Combining entrepreneurial and scientific performance in academia: Towards a compounded and reciprocal Matthew-effect? *Research Policy*, 33 (3): 425-441.
- Yli-Renko, H., Autio, E., & Sapienza, H. J. 2001. Social capital, knowledge acquisition, and knowledge exploitation in young technology-based firms. *Strategic Management Journal*, 22 (6/7): 587-613.
- Zahra, S. A., & George G. 2002. Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension. *Academy of Management Review*, 27 (2): 185-203.

作者簡介

* 陳宗權

國立台灣大學工學院機械工程研究所碩士、現就讀於國立清華大學科技管理研究所博士班。曾任交通部民用航空局桃園國際航空站維護組組長、行政院國家科學委員會企劃考核處副處長，現任行政院國家科學委員會綜合業務處處長。主要研究領域科技政策。

林博文

美國壬色列理工學院科技管理博士、決策科學與工程系統博士。曾於元智大學企業管理系任教，現於清華大學科技管理研究所服務，及擔任國研院政策中心主任一職。多次接受國科會、科學園區管理局等委託進行科技管理實務與科技政策的研究工作，重要的工作如中華民國科學技術白皮書先期研究、我國科學技術發展願景與策略前期研究、科技政策形成機制與國家創新之相關研究及科技政策論壇等，且在 2008 年獲得「國際科技管理學會 IAMOT」頒發「全球 TOP50 卓越研究學者」殊榮。

朱默庵

國立成功大學企業管理博士，現職為國立台灣大學工商管理學系博士後研究。主要研究領域為新產品開發、專案管理及知識管理。

*E-mail: tcchen@nsc.gov.tw