

從基礎研究的觀點對產業投資研發的分析及建議

一、研究動機與目的：

有關於「台灣製造 Made in Taiwan」的印象，從 1980 年代的各類民生製品，轉變為 1990 年代的電腦及晶片，從最早在國際間的低價粗糙的印象逐漸轉為半導體及電腦產業印象。在這幾年觀察下來，在前述半導體及電腦產業領域方面，在華碩電腦、台灣積體電路公司，趨勢科技、宏碁電腦，明基電通(明基有達集團)等公司的帶領下，逐漸營造出良好的「台灣品牌」的印象體驗。

然而除了半導體及電腦產業的蓬勃發展下，較二線的電腦產業及其他的傳統產業似乎仍以代工型式為主的生產模式，在獲利情形常受國際下單、經濟產業趨勢及不可預期之疫情等影響，在產業創新處於較劣勢的地位。以部分的產業而言，經營遇到困境大多源自於產業的自身競爭力不足而無法保有足夠的利潤，導致雖有營業額，但是生產越多卻虧越多的狀態，短期的利潤幾乎建立在政策補貼及國與國貿易戰的非市場因素，產業本身的競爭力需要進一步提升。

如何提升台灣的產業創新，本研究就公開資料統計進行相關性分析。就「專利分析及建議」、「產業研發投資及專利產出之相關性分析」、「產業研發面向討論及建議」、「政策平台引領產業研發分析及建議」等面向，探討產業合作面臨的挑戰和可能的成功路徑，可供做為台灣引領產業創新的政策參考。

二、研究方法與過程：

(一) 專利分析及建議

在國際上知名的數據知識圖網站 InformationIsBeautiful.net 的設計家 David McCandless 繪製了一張世界地圖，揭示了世界國家最擅長的領域，稱之為「國際第一名」(International Number One)(見下圖 1)，意思為每個國家都有某個指標是國際第一名，這些數據來作者稱之從世界銀

電腦或是半導體產業等令人印象深刻的相關產業數據，而是被標示著專利或專利數(Patents)，雖然專利一樣是產業的相關數據及指標，但是通常來說專利數領先的國家大多在科技產業上帶領國際領先趨勢。台灣雖然在半導體業及電腦業製造代工是世界強項，但是與印象中來說，科技除了台積電公司外其他公司及產業仍離國際領先有段距離，但圖中所的專利或專利數為世界第一值得深入探討研究及分析。

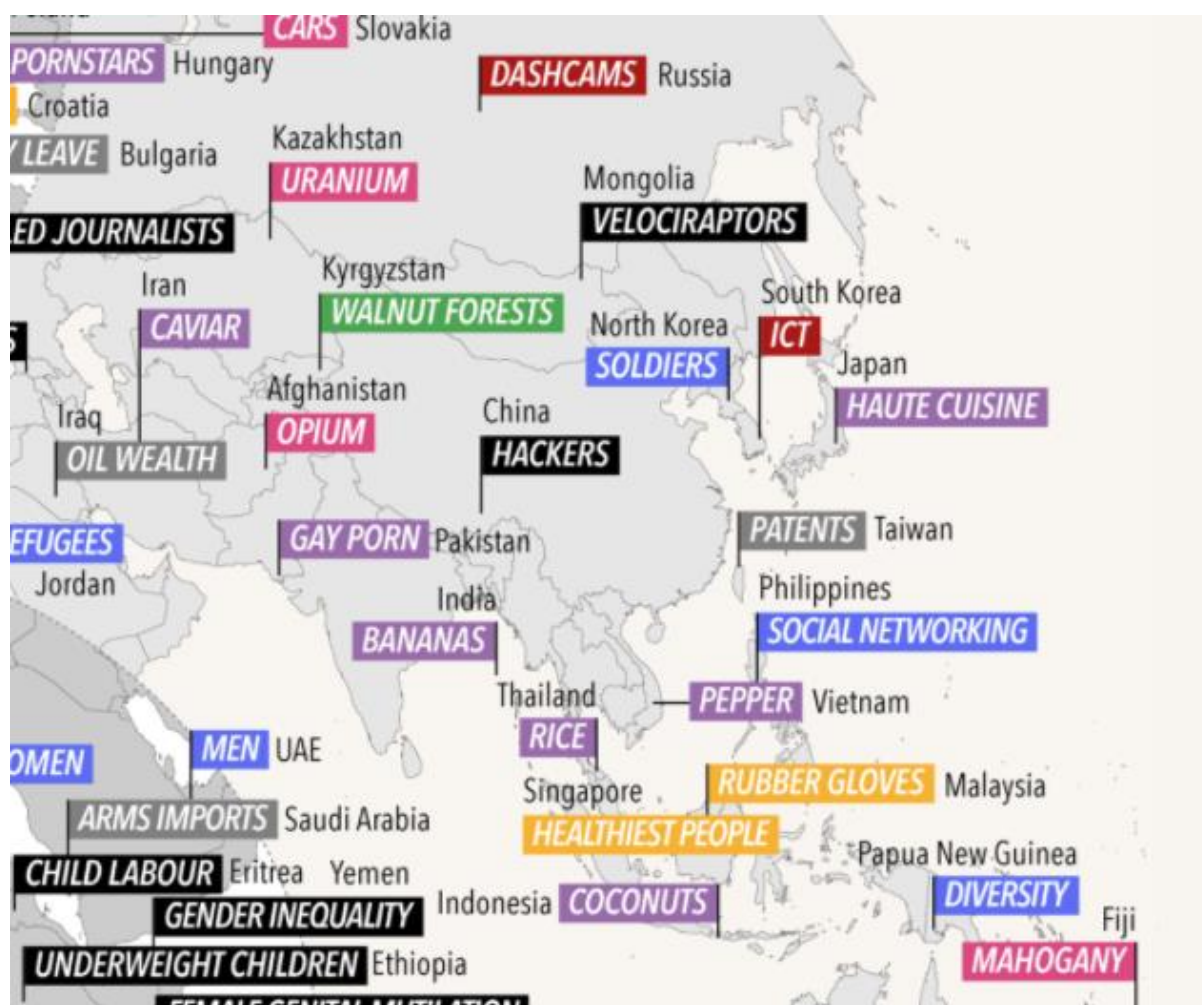


圖 2. 「國際第一名」(International Number One)圖中的亞洲區部分，台灣部分的第一名被標示為專利(PATENTS)。

專利一向都是研發的重要指標，但似乎離想像中的研發大國仍有段距離。為了探究為何專利是國際第一名的原因，嘗試去找尋相關的佐證資料，搜尋到由財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心(下稱科政中心)所製作的「2018 我國與主要競爭國家專利趨勢觀測與優勢分析」，與本

研究相關數據截錄於下圖 3 及圖 4，圖 3 為專利數與國內生產總值(gross domestic product, GDP)之比值分佈，可以看到台灣在 2012 及 2016 的資料均為 17-19 倍之間，遠高於其他美日韓德等國家的 3-10 之間的比例。這樣如此高的專利數與 GDP 的比值的建立成因可能在於：1.台灣的研发能量活躍，2.台灣 GDP 比起世界先進國家相對較低等原因所導致。

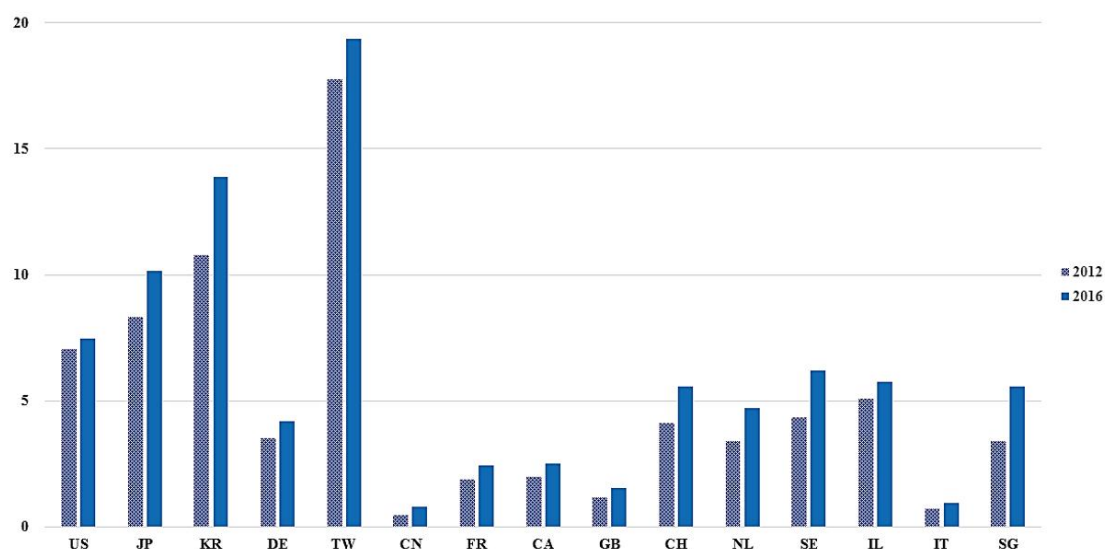


圖 3. 專利數與國內生產總值比值之各國分布圖。資料來源：2018 我國與主要競爭國家專利趨勢觀測與優勢分析-科技政策研究與資訊中心

圖 4 為對比各國之專利數與人口數比值，台灣仍呈現相對極高的比數值，與美國和瑞士及日本等相差不多，可以說台灣的研发每人次能產出的專利極多，在台灣此一小島國仍有此豐富的專利數，代表台灣在專利數相關的研發能量強，高階研發人才比例多，以及可能建構於相關政策的補助及誘因導向之上。

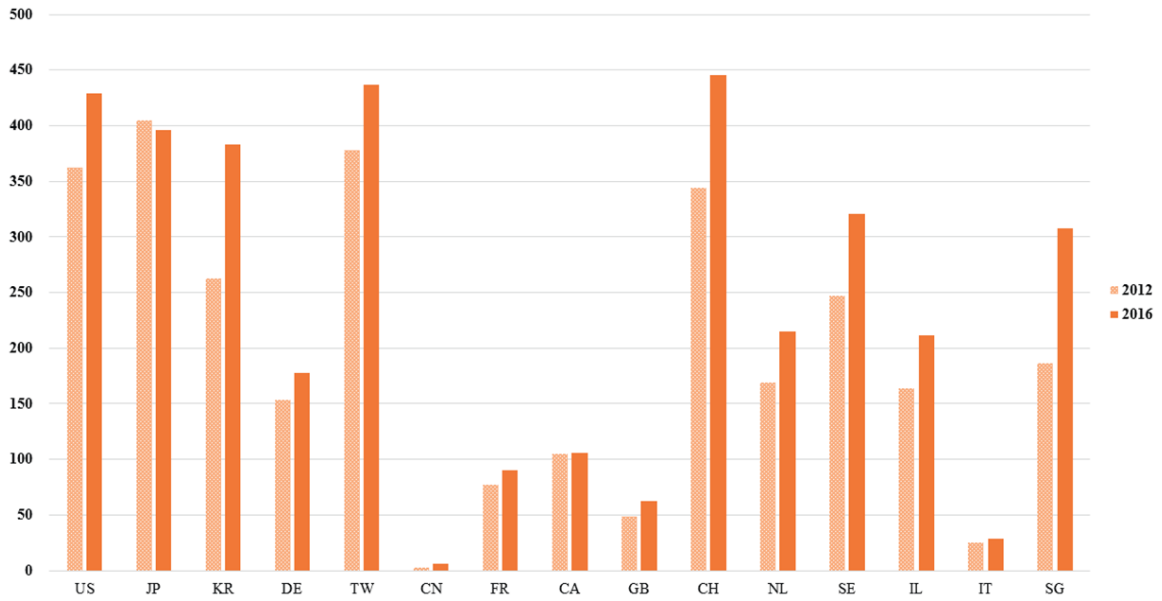


圖 4.. 專利數與人口數比值之各國分布圖。資料來源：2018 我國與主要競爭國家專利趨勢觀測與優勢分析-科技政策研究與資訊中心

然而，雖然以上兩圖顯示出台灣有極高的專利數字，但與想像的與美國日本瑞士以色列等研發大國比起來，台灣的研發規模以及能帶動的產業驅動力仍有段落差，包含了專利技術是否能落實到產業應用層面形成授權金等。科政中心的報告中也指出台灣專利的評比與國際研發大國仍有很多空間可以追趕。如圖 5 所示，台灣的專利影響力指數僅有 0.63 左右，表現十分普通，先不論美國研發大國之專利影響度，土地人口比例人口與台灣相當的歐洲小國以及新加坡對於該數的約落在 0.8 左右，代表台灣的專利影響力還仍可再進一步加強，以免變成空有專利數，但是卻無法轉換成實質的技術含量。

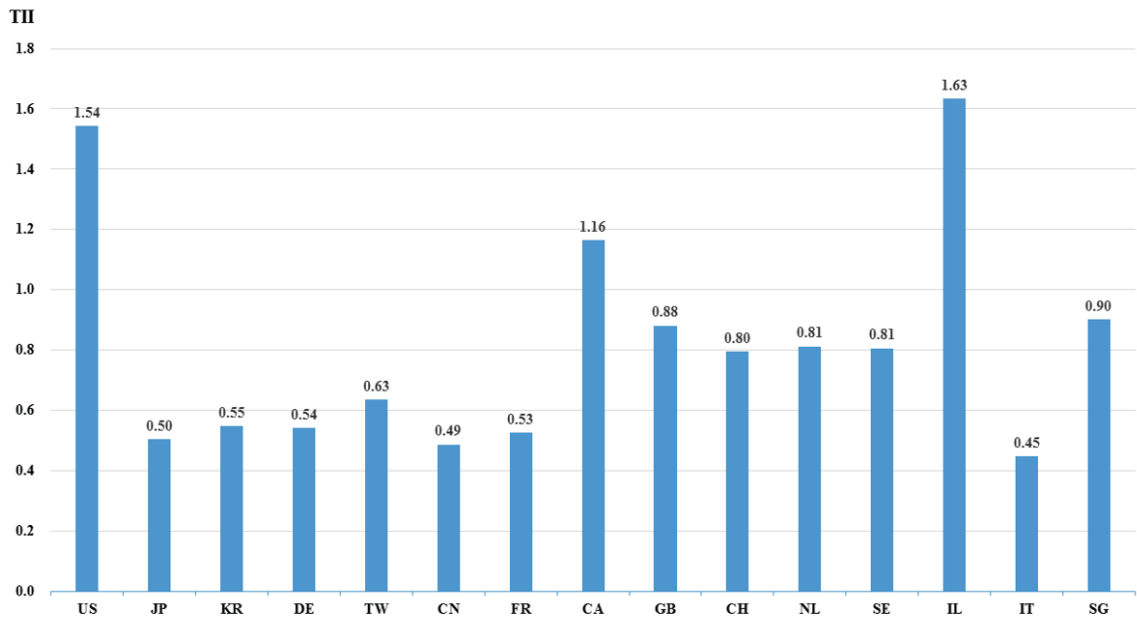


圖 5. 主要專利國家技術影響力指數。資料來源：2018 我國與主要競爭國家專利趨勢觀測與優勢分析-科技政策研究與資訊中心

由以上資料分析，研究發現台灣整體研發能量雖然在專利數上有十分良好的表現，但是在品質來說與國際有相當差距。過去幾年經由各項政策在推動專利件數上雖有良好成效，但是造成重量不重質的情形，以專利數量來衡量研發能力無法與真正的應用層面接軌，期相關的審查及研析能納入專利品質等指標來監測，以進一步增強專利的影響力。

(二) 產業研發投資及專利產出之相關性分析

更進一步的分析專利的技術分佈，企圖尋找一個問題：企業投入研發，不論是應用研究甚至於基礎研究，與專利產出是否有相關性？在分析之前，本研究中提出科技樹的論點：科技樹是該產業從萌芽到生長茁壯後的完整上中下游產業，目前台灣在半導體及電腦產業上已生成一完整的科技樹產業。但是台灣的經濟產業不能全部只依賴上述的一產業，而必需多元發展，若是台灣能再發展成第二、第三棵科技樹的話，這些產業若能發展成類似電子業或是半導體這麼茂密的科技術，因科技樹長成後，因為會有自我的研發製造技術，受國際金融或是經濟技術因素的干擾就會趨微，就

有機會確保台灣未來百年的經濟持續繁榮。

本研究從歐盟資料 2018 EU Industrial R&D Investment(2018 OECD 國家企業研發投資資料，IRI)嘗試與國內的資料進行比較，如下圖 6 所示，圖 6 之左圖為歐盟資料，該圖表將世界前 2500 商業公司所進行的研發投入進行盤點，並以濃縮彙整的型式進行表示，可以看到台灣的研發投入集中在電子設備等硬體設備，企業投資前五大公司為：鴻海精密、台積電、聯發科、台達電及華碩。但其他的產業仍呈現非常小的圓圈，代表投入的研發資源仍相對較少。與右圖的台灣專利技術領域分布圖，台灣產出的專利結構仍集中在半導體、運算科技、電子機械能源裝置等。這兩個圖的聯結代表台灣的研發投入仍集中在電子電機產業，尚無法扶植出其他的科技樹事業。

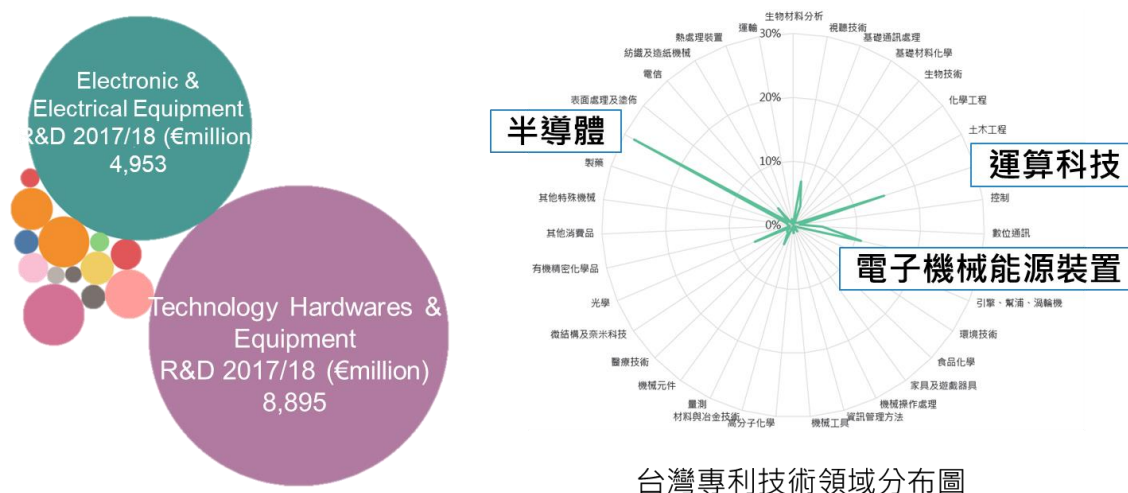


圖 6. 左圖：Industrial R&D Investment 2018 企業研發投入資料-台灣部分。右圖：台灣專利技術領域分布圖。

上述台灣的台灣科技概念樹與專利技術分布可以進一步與其他國家對照，以鄰近國家日本為例，它是概念上的研發大國，足以做為研發模範對照組，相關圖表示圖 7 所示，左圖同樣為企業研發資金投入，顯示出日本已長出九大科技產業樹：汽車、藥物及生科、電子電機、科技硬體、化學、軟體、工業工程、一般工業、休閒產品等部分。圖 7 右圖也顯示專利的各領域呈現多元發展的分布情形，包括在半導體、運輸、視聽技術、運算科

技、數位通訊、電子機械、量測及光學部分都有相關專利發表。

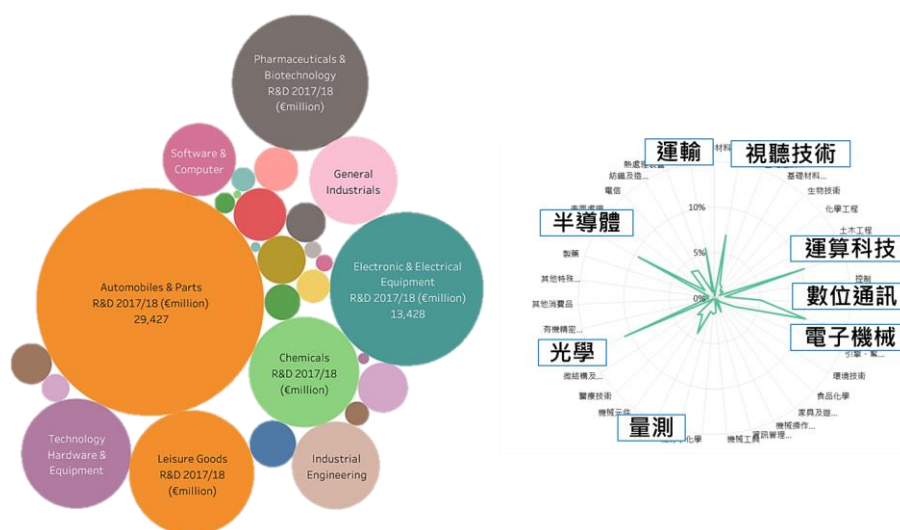
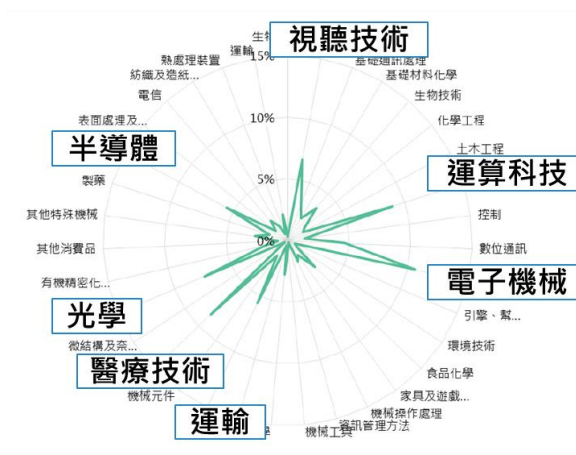
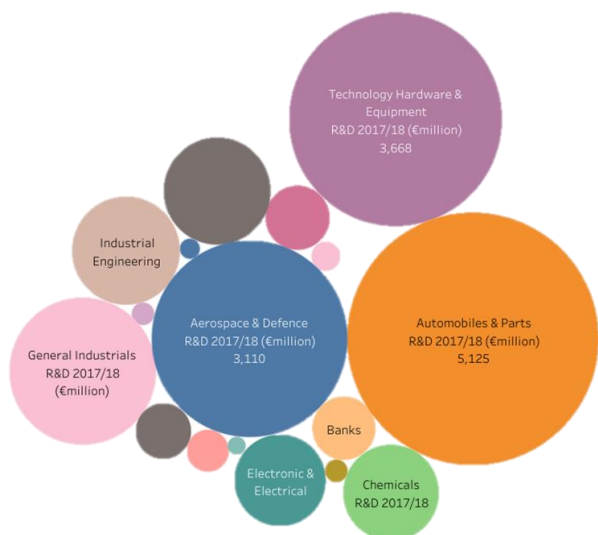


圖 7. 左圖：Industrial R&D Investment 2018 企業研發投入資料-日本部分。右圖：日本專利技術領域分布圖。

以同樣的概念，研究中試著舉歐洲中與台灣資源相近的國家，本次以荷蘭為例子如下圖 8，比起前二個國家更特別的是因荷蘭有空中巴士和達梭公司為主的相關航太及國防企業，因此有著與其他各國不同的太空及國防事業。但由於國防產業的研發投入由於需要保密不易形成專利技術，因此在專利技術分布上對此一項目的表現較無，但即便如此，在領域分布仍呈現多元的面貌。另一個在荷蘭的關鍵產業為飛利浦公司，雖然飛利浦最輝煌的時期是在 1990 年代，近年來受到全球化的衝擊而導致走下坡，但是留下的研發能量仍在荷蘭種下重研發的觀念種子和成為沃土，成為了新創的養份，以致於才有後續的風機電力公司，半導體設備大廠艾斯摩爾 (ASML) 等的多元化關鍵技術的研發成就。



荷蘭專利技術領域分布圖

圖 8. 左圖：Industrial R&D Investment 2018 企業研發投入資料-荷蘭部分。右圖：荷蘭專利技術領域分布圖。

與荷蘭類似的有英國，英國是傳統的研發大國，進年來因歐盟因素(脫歐議題)及相關經濟情勢不如早年英國時期，但英國企業仍積極投入研發，下圖圖 9 之左圖所顯示的企業投入研發也是最為多元的(色彩圓圈最多最豐富)，其中以製藥產業最為龐大。右圖的專利技術領域也在高階精密品，量測儀器以及數位科技等佔有專利投入的多元面向。

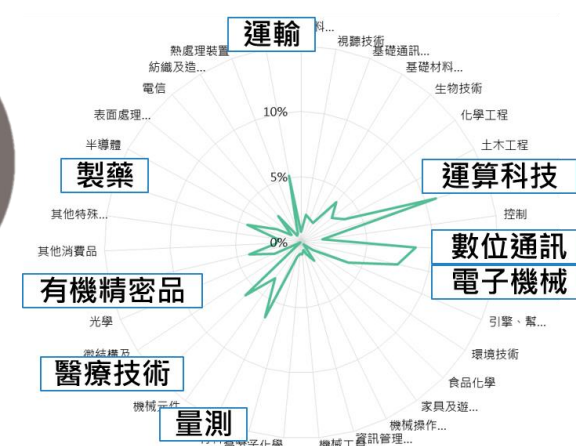
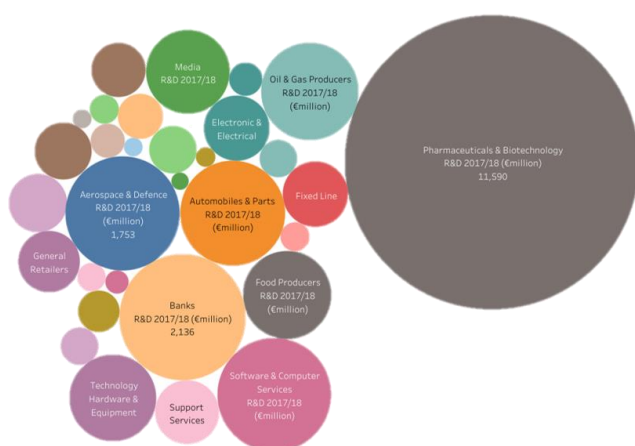


圖 9. 左圖：Industrial R&D Investment 2018 企業研發投入資料-英國部分。右圖：英國專利技術領域分布圖。

本研究也以近幾年經濟掘起的中國部分做為例子(如下圖 10)，雖然在企業研發投入的產業十分多元，科技的概念也多，但是在圖 10 右的專利分布仍十分的窄，沒有多元的面貌呈現，猜想的原因有(1)雖然企業敢在研發項下投資，但是專利的重要性尚未受到重視，無以此目標做為導向發展。(2)中國企業可能過去風評就以國外直接移植技術然後加以改良應用為主，較無自我技術的發展，因此對於專利發表就較為薄弱。(3)中國不良企業直接以仿製為主，而不直接以專利布局的方式做研發。

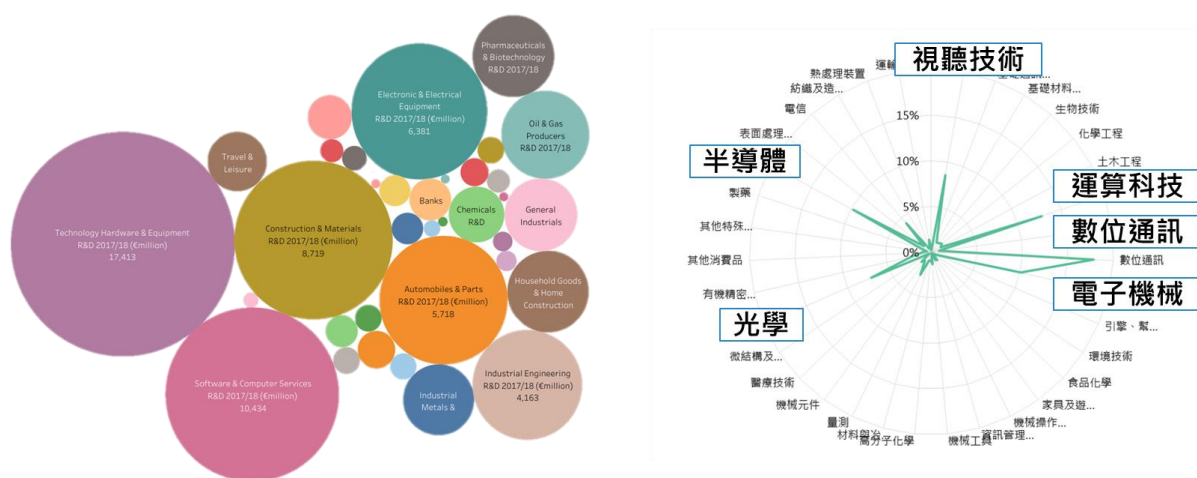


圖 10. 左圖：Industrial R&D Investment 2018 企業研發投入資料-中國部分。右圖：中國專利技術領域分布圖。

(三) 產業研發面向討論

前述論點說明了國際上產業研發投入資金與專利面向的比較，但回過頭來要鼓勵台灣的產業多投入研發，甚至是基礎研究的研究資金，需要進行相關的論述推動，本研究中呼籲並建議為：「科技及科學產業鏈的長期佈局需要科學與技術層面的遠見卓識，才有先發優勢及長久未來。」

以台灣的鄰近國日本為例，日本自 1990 年左右泡沫經濟以來進入平成大蕭條的時期，導致股市泡沫及房市泡沫，但是日本政府對於科學與科技的投資仍唯持著遠見，積極導入相關政策並制定《科學技術基本法》及支持多年期《科學技術基本計畫》，規劃政府研發投資佔 GDP 的 1%，

並力求官方及民間的研發投資總額佔 GDP 比例的 4%。長久下來可以看到相關的科學及科技研究展現相當傑出的成果，以及相關產業在全球持續保持極高優勢地位，例如日本於去(2019)年 7 月日本曾實施管制半導體關鍵原料對南韓出口，一度引發日韓貿易戰，就是在研發上佔有領導地位，足以掐住韓國半導體產業相當依賴日本進口的脖子。

本研究再回過頭來談到學術界最高榮耀的諾貝爾獎，從 2000 年以後的諾貝爾獎，幾乎每年都有日本籍的得主出現(見下圖 11)，也看得出日本在學術發展上展現的長遠支持，不論是科學方面的資金支持(例如日本學術振興機構自 1981 年開始以 ERATO 計畫長期支持頂尖科學家研究)，同時優化科研環境及評價機制，以及產學共同合作研發等多元面向齊力支持基礎科學研發。

各年度日本籍、原籍日本暨日本帝國屬地出身得主概要

合計：25+5名

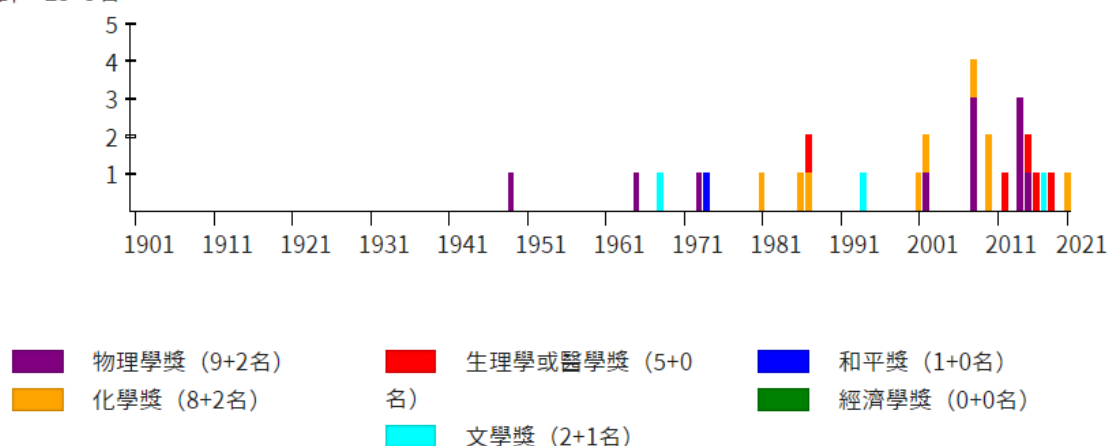


圖 11. 諾貝爾獎各年度日本籍學者得獎分布。資料來源：Wikipedia

由於本研究主要為探討產業研發投資，在學術界中日本學者拿到諾貝爾獎的在此先姑且不論，日本企業產業也有多個研究員或是職員獲諾貝爾獎，以近年來說，包括有 2014 年中村修二、赤崎勇、天野浩等三人因發明藍色發光二極體，使得高亮度的省電白色光源成為可能，這三人在研發時期在日亞化學公司任職以及與松下電器公司合作開發。2002 年島津製作

所的中耕一先生因開發生物巨分子的鑑定與構造解析方法而獲諾貝爾化學獎，同樣也是基於產業界對於質譜研發的需求進一步公開的海報論文發表。2019 旭化成株式會社的吉野彰博士因開發出鋰離子電池而獲 2019 諾貝爾化學獎。另外值得一提的是，同年度的鋰電池獎項頒給 Michael Stanley Whittingham 博士雖然在美國 Binghamton 賓漢頓大學獲獎，但起始亦從任職於 Exxon 公司時期即開始投入電池研究工作。

以上述以最近年諾貝爾化學獎的旭化成株式會社的資料顯示，其公司資本額為 103 億日圓(相當於 289 億新台幣)，營業額 18,980 億日元(相當於 5,311 億新台幣)，每年仍提撥超過 4.2%的經費預算進行研發投資。其他例如 Panasonic 松下電器公司提撥 6.3%及 SONY 的 5.4%之研究經費等，可見日本產業亦十分看重投資研發的重要性。

三、研究發現與建議：

政策平台引領產業研發分析及建議

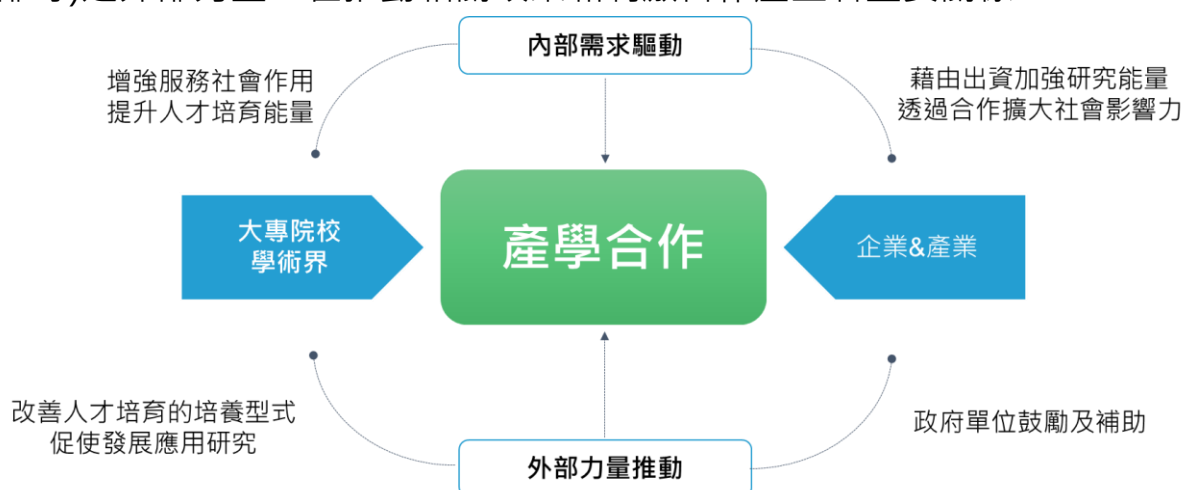
由前述的論點來已說明產業支持基礎研究是支持未來科技引領國際的重要性，大專院校與產業的合作應進行良好的互動，期藉由雙邊合作提高產業研發力量和透過協同合作進而提升雙邊研發的競爭力。但過去數年來並未有國外般積極良好的合作典範可能原因有幾個：(1)產業從參與合作教育中獲得的收益可能是偏少或是不夠多的，在產業的利益導向需求及其需對股東負責的狀況下，導致產業支持合作的良好社會氛圍未能成形。(2)產學合作的人才培育觀念不同，學生的知識和技能與產業力的技術要求不符，透過產業合作將可進一步對培育人才產生正面效益。

目前在台灣的政策倡導各類型的產學合作，大學及大專院校的主要設立機制是教育人才，進行前瞻研究及導入社會服務，透過相對應的產學合作機制，可以同時進行人才培育、科學研究和技術服務等各種合作活動提升產業競爭力。在產業合作下，如何讓企業產生興趣及提升投資基礎研究意願，需要擬定雙贏的驅動策略，在企業有獲得利益追求的狀況下，才有合作的機制以建立雙方合作人才培育的架構。

以企業來說，長期的企業發展需要建基於有系統，具有永續發展的經營策略意識。部分的短期中小型企業著重於短期經濟效益，唯一的追求就是利潤導向指標，在這些產業的理想中，產學合作就是市場投資，需要快速獲利。然而企業持續永續發展需要對科學與科技的創新理解，進一步對技術創新、經營管理、業務發展、人力資源開發等多方面進行策略布局。

以高等教育體系的大專院校來說，與產業合作的機制未能完善規劃，協調性也不足，多數還是架構於單一老師與個人產業的合作關係，對於建立企業類型的中長期、深入及穩定的合作關係仍需進一步推動。或是有一些教授老師體系對於實踐教學的態度仍模糊，認為產學合作的協同教育只是一種生產實踐模式，沒能夠理解透過這樣的模式能培育學生的綜合研發能力，甚至有比較差的例子為先前媒體報導的某些私校之外籍專班以產學合作的名義但實際作為卻為打黑工(詳參考文獻 6)。

為了探討產學合作的因素，我們先以促進長期的動力機制來進行研究，相關的機制動力如下圖 12。可以分成內部需求驅動及外部力量推動二方面，在內部需求驅動來說，企業和產業希望透過產學合作提升自我研究能量，同時儲備培育研究人才，並通過合作擴大社會影響力。這一些導向構成了大學與企業專業人才合作培訓的驅動動力。政府(例如教育部與科技部等)是外部力量，在推動相關政策和刺激合作產生著重要關係。



雙方的利益需求成為發展人才培育及合作的內在動力

圖 12. 產學合作的驅使動力機制概念圖。

身處科技部的政策平台，比起身處一線的產學合作首要利益關係者來說，是為於次要利益關係者的角色(如下圖 13)。但政府基金的補助及投資仍可影響社群的運作與發展，即便與社群的關係較遠，其效果也可以與主要利益相關者媲美。建議可以在審查及產學合作時強化溝通機制、促進企業參與產學合作培養研究人才的激勵機制，以及修訂對於產學計畫及成果的評價方式來推動產業合作。

在產學合作的主要利益受惠者，實際上還是以執行者為主體，包括學校教授及老師、學生、企業第一線接觸研究的員工等，因為他們承擔著合作的工作和具體要研究發展的任務。在科技部為主的政府單位為次要的利益關係者，透過外部力量的資金及政策推動，以及架構於主要利益關係者的內部需求來促進雙邊的長期合作，才能有助於長期的合作模式經營並永續健康發展。

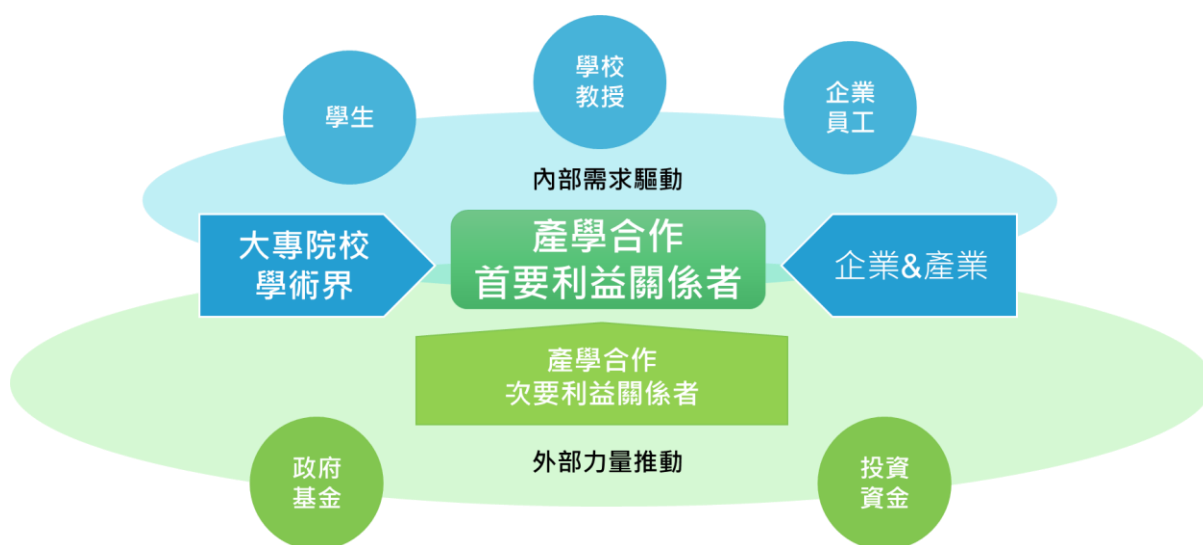


圖 13. 產學合作的利益共同體機制。

由於政府與投資單位具有預算規劃，適合作為外部力量推動的引導，於此的簡單的政策建議列有：

- (一)以政府的完善體系為首，制定戰略目標和規劃，建構良好的發展體系。
- (二)建立促進產業參與產學合作的激勵機制。
- (三)建立溝通機制，並推動產業及相關協會參與人才培養的體系。

結論：

產業的創新經濟與基礎研究間的連結通常是多元化而且是折曲型態的，也需要長時間的投資與持續深化。產學合作的關鍵不僅在於科學家將研發成果直接創業或是技轉而已，更多時候需要透過產業與學者進行合作，以建立廠商的吸收能力與自我研發能量，這樣才足以發展出更多元的產業科技樹。

參考文獻：

1. The 2018 EU Industrial R&D Investment Scoreboard
2. Salter, A.J. and Martin, B.R. (2001). The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review. *Research Policy*, 30, 509–532.
3. 葉席吟、林涼、羅濟威、王惠瑜 (2018) 我國與主要競爭國家專利趨勢觀測與優勢分析
4. 林明仁教授等研究團隊 (2019) 從人力、政策、與資金論台灣創新創業
5. https://zh.wikipedia.org/wiki/List_of_Japanese_Nobel_laureates
6. [南華大學越南專班生遭爆超時打黑工] 新聞連結：
<https://udn.com/news/story/6885/5069079>