

國立政治大學

商管專業學院碩士學位學程

碩士學位論文

跨知識疆界的實用溝通過程

以「先進無線生醫保健監測系統」學界開發產業技術計畫為例

Practical Communication Process Cross Knowledge

Boundary: Take the Research Team “Wireless Health Advanced

Monitoring Bio-Diagnosis System” for Example

指導教授：蕭瑞麟 博士

研究生：吳伊凡

民國九十八年七月

中文摘要

本研究主要探討，在牽涉到不同專精知識領域的產品研發與創新時，研發人員在溝通上所遇到的障礙。採用質性研究方法，研究以「先進無線生醫保健監測系統」學界開發產業技術計畫為例，探討其團隊在執行研發整合時所遇到的跨專業知識領域上的溝通情形。本研究透過參與觀察與訪問的資料蒐集方法，了解不同知識領域科學家溝通的過程及行為，以期提供企業在該如何管理、組織和整合「知識」上的參考。

研究發現，不同的專業知識領域的科學家，其專業知識養成過程不同，造成對產品的概念與語言不同，因而形成不同的地域性知識(Local Knowledge)。這些地域性知識的黏著性(Stickiness)強，會在溝通合作上造成知識疆界(Knowledge Boundary)的問題。本研究將描述此種知識疆界的樣貌，並描述運用疆界物件(Boundary Objects)來幫助溝通的模式。

Abstract

This study focuses on observing how two R&D groups communicate with each other when they come from different specialties of knowledge fields. The study takes of the research team “Wireless Health Advanced Monitoring Bio-Diagnosis System” for example, to know the communication process and behavior of scientists from different knowledge fields by observation and interview methods to collect data, hopefully, to provide references for enterprises to manage, organize, and coordinate knowledge.

The study is based on qualitative measures extracted from researcher’s own observation, interviews, personal perception and comprehension, and the abilities of generalization and analysis. These are the tools to recognize and understand the interviewees. That is, using the researcher him/herself as a tool, for truly entering the world of interviewees’ experiences, and completely and authentically reflecting these experiences.

The study finds that the different education process in different knowledge fields forms different concepts and language to the product from scientists. Due to these different concepts and languages to the product, the different “Local Knowledge” will be formed. This “Local Knowledge” has strong stickiness, which will cause the problem in communication. This study will describe the characteristics of “Knowledge Boundary” and the models of how to use the “Boundary Objects” to help build a clearly communication platform.

謝誌

首先誠摯的感謝指導教授蕭瑞麟博士，經由蕭老師的帶領使我得以一窺質性研究領域的深奧，精闢的討論並指點我正確的方向，使我在研究的過程中獲益匪淺。老師對學問的嚴謹更是我輩學習的典範。

本論文的完成另外亦得感謝科管所博士班學姐素華學姊、蕙芬學姊、啟旭學長不時給予我很多鼓勵及對我研究上的指教評點及協助，及蕭老師實驗室所有可愛、溫馨的成員給予硬體及軟體上支援，以及 AMBA 班上同學的互相勉勵。感謝眾位學長姐、研究夥伴、同學們的共同砥礪，你/妳們的陪伴讓研究生生活變成一段美好的回憶，也因為有你們的砥礪及幫忙，使得本論文能夠更完整而嚴謹。

家人在背後的默默支持更是我前進的動力，沒有家人的體諒、包容，相信我無法這麼無後顧之憂的重返校園。另外感謝在學習生涯中，曾經教導我給予我啟發的老師們，在此一併致謝，因為你/妳們的指導，讓我開了另一扇窗。

最後，謹以此文獻給我摯愛的雙親及家人。

目 錄

目 錄.....	I
表 目 錄.....	III
圖 目 錄.....	IV
壹、緒論.....	1
第一節 研究背景.....	1
第二節 研究目的.....	2
第三節 研究問題.....	3
第四節 章節安排.....	4
貳、文獻回顧.....	5
第一節 脈絡.....	6
第二節 疆界物件.....	11
第三節 跨群組間的溝通.....	12
第四節 推理架構與理論缺口.....	14
參、研究方法.....	16
第一節 質性研究.....	16
第二節 個案背景--無線奈米生醫團隊.....	17
第三節 資料蒐集.....	23
第四節 資料分析.....	25
肆、研究發現.....	25
第一節 知識疆界的脈絡：學科、實際實驗、對產品的概念、語言.....	25
第二節 跨知識疆界.....	28

事件一：裝置感測方式的溝通—兩條平行線.....	29
事件二：專有名詞的誤解.....	34
事件三：製程順序的決定—隱藏的限制線.....	38
第三節 個案發現.....	42
第四節 跨知識領域溝通的過程.....	52
伍、討論.....	55
第一節 學理貢獻.....	55
第二節 實務貢獻.....	59
陸、結論.....	62
參考文獻.....	64



表 目 錄

表 1 無線奈米生醫團隊成果統計	20
表 2 田野訪談紀錄	24
表 3 知識的關鍵不同處	28
表 4 事件一：裝置感測方式的溝通	44
表 5 事件二：專有名詞的誤解	48
表 6 事件三：製程的順序	51



圖目錄

圖 1 無線奈米生醫團隊組織架構圖	21
圖 2 無線奈米生醫團隊研發時程表	22
圖 3 跨功能性組織的理解過程	53
圖 4 跨知識疆域的溝通過程	54



壹、緒論

第一節 研究背景

企業的競爭力，漸漸開始從成本導向轉為研發導向，追求低成本已經不足以因應現今環境的快速變動，突破式產品的出現、或新產品的不斷推陳出新，才能讓企業在未來站穩腳步。因此企業的研發部門扮演越來越重要的角色，它將無形的知識化為有形可獲利的產品，而唯有能巧妙地運用與管理知識的企業，才可能變成未來產業中重要的、具備競爭優勢的佼佼者。因此，在學術上或實際應用上，有越來越多的人有興趣去研究企業該如何管理、組織和整合「知識」。

因此有許多的研究，都想要將組織內的知識傳遞行為概念化，不過大都著重在一般的程序，也就是組織利用「編纂、整理和傳遞」來跨越知識疆域。這些研究指出，組織只要利用組織結構和程序(如:例行公事跟標準運作)，便可以有效編纂和傳遞從局部脈絡而來的知識(March and Simon, 1958; Levitt and March, 1988; Huber, 1991; Cohen and Bacdayan, 1994)。另外一些學者發現，成功的知識傳遞並非如此簡單，他們強調許多知識是「隱性」的(tacitness)，這會讓例行公事和標準作業程序，很難編纂、傳遞以及複製 (Nonaka, 1991,1994; Nelson and Winter, 1982; Kogut and Zander 1992)。這種觀點認為，由於某些知識具有由其社會背景和認知上的限制而來的局部性、地域性和脈絡性(localized contexts)，所以隱含了一種固有的“知識黏性”(von Hippel, 1994; Nelson and Winter, 1982)。例如，一個人即使他很願意，也可能無法用文字很清楚闡明該怎麼做(Polanyi, 1958;1967)。同時，動機和文化方面的限制也會進一步阻礙知識的傳遞(Szulanski, 1996)。

然而，即便在溝通的方法上沒有任何問題，組織內不同專業部門的合作，彼此要去創造共同的認知還是有困難的（Fiol, 1994）；主要是因為以不同專精領域來分類的部門，他們對工作和組織都持有不同的觀點(Dougherty, 1992; Boland and Tenkasi, 1995; Carlile, 1997)。研究也發現，不同的專業領域與經驗，會發展出「地域性的局部理解」(local understandings)。(Jelinek and Schoonhoven, 1990)。這種根源於社群地域性的根本差異，會造成不同部門專業在知識分享上的障礙。管理者在協調各個不同功能社群時，需面臨整合組織中不同專業團體間對同一事件或同一創新在理解上(understandings)的挑戰。這些研究讓我們清楚明白的了解，為什麼知識管理與整合是如此的困難。

為了克服這種溝通困難，就有學者試著去釐清溝通困難的本質，並觀察困難被克服的發展歷程。在 Bechky(2003)發表的文章中，就特別透過探討「地域性的局部理解」(local understandings)究竟是如何經由一個「協助跨社群理解分享」的轉換的過程，來增進知識分享歷程中，所隱含的因地性意義(situated meaning)的理解，以更清楚掌握跨越知識疆界的過程，進而有利於有效整合產品的研發與上市過程。

第二節 研究目的

產品的創新與研發對處於科技日新月異的現今企業來說，是提升企業競爭力最重要的課題。在過去的研究中，有學者提出，在產品開發和製造的企業中，注重跨部門或跨職能上的知識管理，會縮短產品的上市時間、加速技術移轉並產生創新(Eisenhardt and Tabrizi, 1995; Leonard and Sensiper, 1998)。而如前所述，產品的創新當中，又以突破式創新，最能替企業帶來新契機。例如，Motorola 結合了可攜式收音機與呼叫器得到的靈感，耗時了 15 年，花費 1 億五千萬美金，研發成功第一支行動電話，商品暢銷至今，嚐到勝利。日本的 Casio 這家鐘錶公

司，結合了技術異質性差異極大的光學、鐘錶、電子學、軟體工程，開發了第一台數位相機，一推出即造成市場銷售熱潮，供不應求。這些都是突破式創新最好的例子。

在這些例子中，不難觀察到，越是突破式的創新，牽涉的專業領域異質性越高。因此在這樣的組織中，將面臨跨「專業知識」疆域溝通與理解上的議題。因此本研究將承續過往前人在對跨功能性組織發展的研究，來觀察當牽涉跨專業知識領域的新產品研發中，不同專業知識的團體間，團隊成員如何進行知識交流與跨越的過程，以期對企業未來在跨知識領域研發管理上，有更多的了解。

第三節 研究問題

過去研究即顯示，存在於組織中的「知識傳遞」是有其限制的 (Reddy, 1979) 因此學者認為，應該要形成「知識在組織中可以完全不帶任何隱性的被傳遞」；但這個概念，有幾個假設前提。簡單的知識傳遞，必須奠定在同質性很高的組織基礎上，在這個組織中，對特定知識與譬喻的意義都是統一的，脈絡也是一致的。而在實際上，這些假設都不可能存在，因為組織內不同專業部門的知識領域與工作脈絡都有所不同。即便當不同知識均被明確地編纂在檔案中，但是在進行跨團體溝通時，一些組織的成員還是可能因為在不同的部門工作脈絡裡，而使得應用和解讀這個知識的方式產生差異，甚至無法確實理解來自其他部門知識的真實內涵。因此要制定、頒布、管理組織中的知識，就變成是一個牽涉到許多個社群有效「理解」的複雜過程。要順利的跨越溝通的障礙，就必須先理解這個過程。

而現今的研究中，Bechky(2003)特別就企業中，不同功能性部門做了跨功能性社群溝通過程的研究。而企業中除了功能性社群之外，特別強調創新研發的企業，更多了一個跨專業學門知識疆界的研發群組與團隊。這種跨越專門知識疆

域的合作是如何進行的，它與跨功能性組織的合作有什麼不同，將會是本研究探討的重點。

第四節 章節安排

本研究的章節安排是，首先會先從回顧過去文獻有關跨群組溝通時疆界物件使用方式的問題進行探討。第二章前人文獻的部分，主要是透過分析 Beth Bechky (2003)所提出的在功能性群組中分享知識(Sharing meaning across occupational communities: The transformation of understanding on a production floor.)為主要的學理基礎來源。此篇研究主要著重在一個組織中的跨功能性群組，它們之間的脈絡會受到哪接關鍵因素影響，而疆界物件又是如何幫助群組間的理解。在第三章中，主要是介紹研究個案-無線奈米生醫團隊，包括研發團隊的組織構成、團隊研發的目標等。接著介紹研究方法及資料蒐集及分析的重點，說明本研究如何觀察知識領域脈絡的樣貌，進而觀察在這樣的脈絡下，疆界物件如何幫助兩群組的溝通？第四章，以無線奈米生醫團隊自行研發的「先進無線生醫保健監測系統」為例，首先解析知識脈絡的構成主要因素，並提出三個事件說明脈絡對跨知識群組溝通上的影響，以及說明疆界物件在其中運用的方式。接著，提出研究發現，包括這個脈絡的形成因素，以及討論三個事件中疆界物件的運用方式。在第五章中，提出了本研究的發現對學理上及實務上的意涵為何。研究疆界的脈絡及疆界物件的使用過程，對於個案團隊的影響為何。接著提出這個研究對產業的建議。最後，提出研究的重要結論總結本文。

貳、文獻回顧

在前人的研究中，多位學者已提出「跨組織知識共享是個挑戰」這樣的觀念 (Adler, 1995; Wheelwright and Clark, 1992; Clark and Fujimoto, 1991)。

Wheelwright 和 Clark (1992)這兩位學者建議，所有不同功能性的團隊的活動都會牽涉到產品開發的各階段，並指出公司對時間、頻率、方向和溝通媒介的選擇，會影響整合的成功與否。銜接著上述的論點，有學者卻提出，即便在溝通的方法上沒有任何問題，彼此間要去創造共同的認知還是困難的 (Fiol, 1994)。另一批學者進一步探討造成這個困難的原因，是因為以不同專精領域來分類的各部門，對工作和組織都持有不同的觀點(Dougherty, 1992; Boland and Tenkasi, 1995; Carlile, 1997)。另有學者也提出，不同的專業領域與經驗，會發展出「在地性的理解」(local understandings)。(耶利內克和 Schoonhoven, 1990年)。這些社群間的不同觀點，會造成在知識分享上的障礙。管理者在協調各個不同功能社群時，需面臨整合組織中不同團體間的理解(understandings)的挑戰。

許多想要概念化這些挑戰的研究，都著重在一般的程序，也就是組織利用「編纂整理資料和傳遞」來跨越知識疆域。這些研究指出組織利用組織結構和程序(如:例行公事跟標準運作)，來編纂和傳遞從現場的脈絡而來的知識(March and Simon, 1958; Levitt and March, 1988; Huber, 1991; Cohen and Bacdayan, 1994)。另外一些學者卻發現，成功的知識傳遞並非如此簡單，他們強調許多知識的「隱性」(tacitness)，會讓例行公事和標準作業程序，很難編纂、傳遞以及複製 (Nonaka, 1991,1994; Nelson and Winter, 1982; Kogut and Zander, 1992)。

這後一種觀點認為，由於某些知識有從社會背景和認知上的限制而來的因地性脈絡(localized contexts)，所以隱含了一種固有的“黏性”(von Hippel, 1994;

Nelson and Winter, 1982)。例如，一個人即便他願意想要把技術知識傳遞出去，可能都無法只用文字就可以清楚的闡明 (Polanyi, 1958; 1967)。同時，動機和文化方面的限制也會更加深的阻礙這種傳遞 (Szulanski, 1996) 。從這些研究表明了一個論點，就是「知識是不容易被傳遞的」。

當理論學家認知到了「知識傳遞」的這個觀念是有其限制的，接著學者 Bechky(2003)的研究認為要形成「知識在組織中可以完全不帶任何隱性的被傳遞」的概念，有幾個假設前提。知識如果想要直接的被傳遞，這些知識在組織中必須要有一個共同的意義，也就是在組織中，對知識的隱喻都是統一的，脈絡也是一致。而在實際上，這些假設都不可能存在。即便當知識明確地編纂在組織的例行公式中，但當在跨團體溝通時，一些組織的成員還是可能因為在不同的「脈絡」裡應用和解讀，而讓這個的知識沒辦法被理解。所以 Bechky 接續著前人的研究，透過探討 1. 影響理解的「脈絡」、2. 如何運用「疆界物件」和 3. 知識分享「轉換」的過程，實際在一個「依功能性」區分群組的設備儀器製造公司中觀察，了解形成各群組不同脈絡的因素有哪些，知識是如何受到各群組脈絡的影響而產生「在地性的理解」 (local understandings)，而這些不同的理解是經由一個協助跨社群分享的「轉換」過程，來達到各群組對知識分享的目的。而本研究也將承接這樣的理論，針對這三個部分，探討在「依不同知識領域」區分的研發團隊群組中，互相之間知識轉換的過程又是如何進行，並以 Bechky 的研究中對這三個部分的探討為出發點，詳述於以下三節。

第一節 脈絡

在社群中的特有知識，是因為所處社群中的活動而產生，社群間知識的差異，往往就源自於不同的環境與活動中。因為這些知識的累積都是一脈相傳、因地制宜的，因此這些不同的集合，就稱之為「脈絡」，而知識就會在特定的社會

脈絡裡被構築。Lave 在(1988, p175)提出，知識不是一個實際的物品，它需要的是一個認知的過程。由於知識的發展與人們的活動息息相關，在外面的人看來是一樣的活動，在實務中攤開來看，事實上卻是極為不同的。有學者就曾針對地區環境做因地性認知的研究，用人類的算術能力來闡述這個現象。例如，處於日常生活中的活動:巴西的小孩在市場中的算術能力比在紙筆算數上好得多，雜貨採購員也是因為數學能力在市場上比較成功(Lave, 1988)。在這些研究中的知識，由於在不同的社會脈絡裡形成同時被構築，而變成非常不同的性質。

在組織內，知識也一樣是被構築的、依情境而有差異的。多重的意義從組織中很多不同的來源生出，這包含了次文化群、職業、功能及組織網絡(Perrow, 1970; Weick, 1979; Van Maanen and Barley, 1984; Krackhardt and Kilduff, 1990; Martin, 1992)。員工依專長分部門的情形下，不同工作社群的員工有不同的工作經驗。研究這些社群的學者指出，個人是根據本身工作領域的脈絡來理解組織中的事件，由於各自獨特的工作文化，會在合作時造成觀點上很大的差異(Orr, 1990; Lave and Wenger, 1990; Wenger, 1998)。Brown 及 Duguid (1991)兩位學者觀察初學者在組織中適應的過程:他們會“先適應社群中的主流價值並學習用這個社群的語言說話”。Lave 和 Wenger's (1990)這兩位學者從外部參與者的角度也指出，社群深刻地影響著個人對工作的學習。他們的研究顯示，當日益增加參與這個團體的各種活動，學習適當的工作行為跟規範，個人就成為實際社群的一員。透過講故事和學徒制等的方式參與社群，可讓成員們分享他們對該領域的共同理解。職業型的社群的關係也架構了成員工作的組織，而也形成了知識的因地性 (situated knowledge)。

Goodwin 和 Goodwin (1996, p. 65)對航空業營運的研究中指出，組織的工作結構會界定大多數的觀點--在特定風氣下，不同種類的工作人員看一架飛機的方法極為不同。透過他們的工作，例如行李的管理者及維護人員學習用不同的方

式看待飛機及其他工作物件。行李管理者會根據航班的飛機的數量來安排裝備行李的行程表，但維修人員是根據飛機的維修紀錄來安排他們的工作。事實上每一個小組都用適當的但不同的方式來看待這些飛機，是一種實際組織社群中依情況不同而達成任務的進行方式(Goodwin and Goodwin, 1996, p. 87)。這種依「不同情境而發生的實際情形」引導著組織中地域性的局部認知(local understandings)。在工作型組織內由文字呈現的概念知識中，很強調工作中的次文化的理解(subcultural understandings)。這些次文化在成員相互解釋組織內工作事件的範圍裡，提供了一個框架。就如同 Schon 學者(1983, p. 271)在專業做法研究中指出，這些不同框架代表「一個工藝的實際做法在執行者之間是不透明的」。因此在組織內的工作社群可以預期會有各種不同領域的實質知識及不一樣的學習方法(Orr, 1996; Van Maanen and Barley, 1984; Boland and Tenkasi, 1995)。這些對異質性的理解都可推證「在組織間知識的傳遞是簡單的」的想法是錯的。因為組織知識的創造跟建立是一個複雜的過程，它涉及很多社群的成員，了解這些社群如何成功地跨團隊溝通是非常重要的。

另外，由社會語言學家的研究中，也證明脈絡對語言意涵的理解是很重要的。文字不但可以代表很多意涵，而且這些意涵取決於所處的情境、脈絡或是社群裡人們表達自己的方式而不同 (Cicourel, 1981; Blom and Gumperz, 1972)。當是在跟同一言語社群裡的人講話時，會認定對方與自己有共同的理解，這會影響說話的方式(Garfinkel, 1967)。而這些理解隨不同的社群而改變，也就是說一個社群裡的知識在另一個社群可能難以被理解。

Bechky(2003)針對跨功能性組織進行脈絡的研究，觀察組織中因脈絡造成的溝通障礙。以精密儀器製造公司 EquipCo 為例，探討在生產產品的製造流程中，研發部門的工程師、原型製造部門的技師及生產線部門的作業員，此三群組間是如何跨部門合作。

研究首先分析了此三群組的脈絡是如何形成：

研發工程師的脈絡：

工程師的主要工作是繪製機器的草圖，所以「平面草圖設計」是工程師工作的本質。工程師繪製其他部門在建構時所使用的草圖，實際作業的場所或是每天工作的核心特質都是存在於平面的圖形，因此他們對產品是抽象的概念。工程師每日的工作是多方面思考如何描繪產品，並且都是在腦中想像，在電腦螢幕上作業，並且在平面上呈現機器的樣貌。因為工程師並不直接製造機器，因此他們實際的工作是與實體的產品有一段距離的。他們專注於設計新的產品，腦袋中的點子都是如何增進現有產品的功能及外型，且實際工作的場所是辦公室，知識都集中於草圖的繪製，所以對機器有的是抽象的概念。他們對產品的概念及生產流程是概念式的理解，而不是過程式的理解。在這種情況下，工程師之間的談話都是標準的製圖語言，對實際機器的語言只有最基礎的理解。

生產線上的組裝員的脈絡：

組裝員的工作是結構性、有形的及具體的。組裝員實際工作的地點是在工廠內對組成機器的部分裝置做實體的操作：組裝員在一個乾淨的房間裡逐一遵循著說明書來建造機器，並且被允許對最終產品有些微的修改空間。他們依照守則以機器工作，製作機器的每一個小部分，然後把它們組裝在為了成品所做出的框架中。組裝員對產品的理解是基於他們每天實體接觸的機器所形成的脈絡，他們的知識就是建構於他們對機器的觀點。這個實體工作的方式讓這些組裝員有時空的及過程的概念。

建構一個機器代表著許多小組合以立體的方式組合成產品的過程，因此只能以臨時的順序放置在機器上。所以，雖然組裝員一般而言並不特別知道機器會

如何運作，但他們對於哪個部分應該放哪裡、哪個部分應該組裝在一起、應該用哪一種順序來組合，卻是非常清楚且有經驗的。

製作原型的技師的脈絡:

技師的主要責任是在草圖中用紅線圈出並說明需要工程師做哪些改變以提高產能。技師們的工作地點是實際地在實驗室的實驗桌上工作，而且這項工作還牽涉產品的換手，他們必須從無到有地建造一個機器。技師依經驗在工程部與製造部間中介協調，轉譯兩者間對對方所必須了解的事項(Barley, 1996; Barley and Bechky, 1994)。技師利用工程師觀點來建造具體的機器，因此他對產品的概念是概念性及實體性兼具的。他們需要去解讀草圖，這樣的工作需要比組裝的工作更具抽象概念性。同時，建造新機器也是他們實際工作上的重心，他們實體的工作經驗遠多過於那些工程師。因此他們可以利用他們概念化產品跟製程的能力去提升產能。技師對產品的設計是具有可改變的概念，他們的目標是去確保產品是可運作的，同時製造的方式越簡單越好。技師這個角色讓草圖及機器相連結，他們因此可以在產品及生產過程上同時獲得工程師及組裝員兩邊的理解。當工程師跟技師透過設計活動來共享機器上的概念性理解，而技師與組裝員則是用建造的過程而產生共同理解的實質上的關係。這樣子雙方面的理解讓技師在製造的過程中順利的穿梭於各種關係，並且讓機器從理論上的一個點子到具體產品的轉換流暢。這些跨三個社群間工作脈絡的關鍵區別，在三個群組的成員交流互動時明顯的呈現。

研究發現不同功能性部門的員工，會各自形成該部門特有的脈絡，這些脈絡會實際的影響彼此間的溝通。最後整理出在跨功能性部門中，影響部門脈絡的因素包括：文化、語言、實際工作的內容及地點等。並分析這個組織中，多個因脈絡而造成溝通障礙的實例。而本研究也將遵循這樣的一個過程，首先探討不同專業知識的脈絡形成的影響因素有那些，與跨功能性社群

的影響因素有哪些不同，並做一個整理。然後舉一些實例，來觀察這些是哪些因素影響著跨知識領域的兩群組間的脈絡形成。

第二節 疆界物件

除了知識脈絡的因地性及文化性的認知非常重要之外，在知識分享上，當溝通障礙發生時，不同部門間的人員常需要藉助一些元件，透過這些元件，讓知識可以清楚的、正確的與有效率的跨越到另一個社群，而這些所用到可以幫助理解的元件，就稱之為「疆界物件」。因為疆界物件會共同存在於兩個社群的脈絡中，所以可以成為幫助雙方溝通的一個平台。疆界物件在各自領域中使用的軌跡，讓彼此有一個尋線釐清疑慮的方向。因此疆界物件在跨功能性部門的溝通中，扮演了一個重要的角色。疆界物件是一個靈活的與認識有關的物件，它存在於幾個社交界的交界處，並可以滿足每一個社群間得到資訊所需的條件 (Star and Griesemer, 1989, p. 393)。也有一些研究是為了「達成目標與使結果具體化」的目的，來研究團體間的疆界物件(Carlile, 1997, 2002; Henderson, 1995; Star and Griesemer, 1989; Leonard-Barton, 1988)，例如，Carlile(2002)提供不同型態的疆界，並提出很有助益的疆界物件的分類：文字上的、語意上的跟政治性的三大類。但對物件在組織內的發展、使用與影響並不是十分得清楚。Bechky(2003)接續著把在 EquipCo 的研究納入 Carlile 的研究中，同時也提供了更多的疆界物件有用或沒用的情境。

而關於疆界物件在跨功能性群組間的使用，在 Bechky(2003)的發表內，有詳盡的描述。例如，當在 EquipCo 常常用「機器」當做一個實體定義的物件，因為單純的只想要用說的或文字去澄清問題，並沒有辦法讓不同部門的人去抓住對方的意思。工程師可能就會用專業術語來指稱機器的某個部份，可是同一個部份組裝員就不是用專業術語來稱呼。例如：當組裝員與工程師用電話針對某個問題

在溝通時，組裝員所說的名詞在工程師聽起來根本不知道是機器的那一個部份。因此直接到現場看著機器說明，用實體的方式去示範問題點，以雙手放在機器上所指稱的位置來表達，利用這樣的方式就可以對組裝員提供了一部分的共同基礎。在 EquipCo 依功能性而分的群組下，只有用可以出現在各自脈絡中的實體物體來表達，才會立刻抓到對方要說的重點，這就是疆界物件的運用。藉由提供一個實體接觸的方式，以實體的定義來幫助轉換，這種方式可以當作說明的一個基礎，將不同脈絡連接在一起。實體的定義可以讓人們利用實體建立對不同理解的共同基礎—實質地提供彼此在脈絡上轉譯的一種具體連結。

這樣的說明同時牽涉到了具體的工作位置及對產品的概念。這個實際組裝的具體位置被工程師親眼看見，就可以連結到概念化上的位置。同樣地，組裝員在向工程師說明對空間與製程上的觀念，工程師就可以把這樣的理解建立到對產品圖像化的概念上，並且具體的創造一個連結，讓工程師的理解結合組裝員工作脈絡上的一些元素而更寬廣。

同樣的，在本研究中也將觀察在跨知識領域群組間，是否同樣有提供幫助理解的疆界物件存在，以及這樣的疆界物件在跨知識領域的團隊研發合作中是經由怎樣的過程來幫助理解。

第三節 跨群組間的溝通

組織知識的創造跟建立是一個複雜的過程，它涉及很多社群的成員，了解這些社群如何成功地跨團隊溝通是非常重要的。由前述的前人研究探討，可知脈絡是形成群組間溝通障礙的主要原因，而疆界物件則是幫助有效溝通的方法。在探討完有關脈絡的形成與疆界物件的意義後，接著將進一步探討脈絡對跨群組間溝通的影響，及觀察在跨群組溝通時使用疆界物件的過程。

在跨群組的溝通方面，Bechky(2003)藉由 EquipCo 這個主要生產晶圓蝕刻設備的晶圓製造工廠為例，做跨職能性的知識共享的研究。EquipCo 面臨著快速變化的市場，因此總是在建造新的原型。這些原型的製造過程中，必須要很多部門有效的知識分享，才能順利讓原型成形。這個從工程轉移到原型製作再轉移到生產製造，這個「換手」的過程，則是最佳的觀察溝通障礙的實例所在。

研究指出在這三個群組溝通上，最大的困難點就是來自於三者工作脈絡的不同。如前所述，每個功能性社群因為對產品跟生產流程有不同的理解所以呈現不同的工作脈絡。例如組裝員在描述或想像建造的過程，在他們腦中此過程是以實際機器的方式呈現，而不是圖像的，在他們的談話中幾乎很少提及圖像。他們的語言深植於建構機器的實體脈絡中，並且很依賴由機器本身所提供的具體觀點。研究中並詳細描述，當一位組裝員說：「一台渦輪幫浦。」他腦中可能是幫浦裝置在機器上的畫面。因為在他們工作的過程中，組裝員並不需要知道機器每個部分的名稱，在實際工作時，他們並不會用名稱來指稱某個部分。當機器在他們旁邊，他們可以直接點出機器的問題。可是當機器沒有在旁邊時，他們就會用手勢或提供一個說明。因為他們大部分的談話都在實體物件旁，不斷的用手勢及互相繞著機器轉來溝通。所以他們會用的字彙，都是跟機器之間有實體關係的用語。即便當工程師在向他們解釋機器草圖時，他們還是會用他們自身的句子，例如：「這個閥是在另一側。」或「把這個集合管裝置在這裡，幫浦的旁邊。」在互動時，組裝員通常用語言學家所指的「直接用語」(Tanz, 1980; Cicourel, 1990)，而這種用語通常跟時空及自身背景脈絡有關，例如指稱代名詞「這個」、「那個」。它包含非常少被講出口的字，同時大部分的意思都用手勢來指出那個地方。相對於組裝員，工程師們形容機器的具體語言，就會是繪圖的專業用語。

組裝員們的社群靠著他們具體建造機器的工作來形成脈絡，在組裝員實際上繞著機器互動時是比較容易的。而工程師則是靠著他們實際畫圖的設計工作來形

成脈絡。因此，在溝通上，工程師們比較是固定在機器草圖上互動而不是機器，這就是兩者間的區別。同樣的也用實例描述了組裝員與技師及工程師與技師，並分析三者間知識分享的方式。

最後 Bechky 用「脈絡」在知識分享時所隱含的意義，來強調知識是經由「轉換」的過程來共享，並非傳遞。研究發現在組織中知識分享的困難點，都是根源於他們工作的脈絡。這些脈絡起因於他們的語言、工作環境及對產品概念化的不同。當溝通的問題產生，如果這些社群的成員提供了在彼此社群中有共同根基的疆界物件來幫助說明，他們就可以創造出一個新的溝通平台，轉換其他知識的理解，並進而產生出對產品及他們所面對的問題更豐富的了解。

同樣承接前人研究的理論，本研究將釐清在跨知識疆域團隊的研發過程中的溝通又是如何進行，並探討這樣的過程與跨功能性部門的溝通過程有何不同之處。

第四節 推理架構與理論缺口

由上述前人研究可知，學者們從很多觀點想表達，在組織中知識的傳遞有以下的含義：「理解」是因地性的、文化性的和脈絡性的。因此要制定頒布組織中的知識，就變成是一個牽涉到許多個社群的「理解」的複雜過程。而這些學者僅存在於探究單一組織內不同生長環境、文化及脈絡的人與人之間的溝通，卻鮮少探討到在同一個組織內部，各群組依功能性分工後，各功能性部門因功能性不同形成各自的脈絡，在此情況下所形成的這種工作脈絡又如何影響著溝通，及用何種方式溝通的過程。

因此，Bechky(2003)的進一步研究中，她希望探討在一個依功能性分工的組織內，各群組的「地域性的理解」(local understandings)是如何經由一個『跨社群理解分享』的轉換的過程，來擴充這個研究領域中在知識分享時所隱含的因地性意義(situated meaning)的理解。最後發現在組織中不同群組知識分享的困難點，都是根源於工作的脈絡。這些脈絡起因於他們的「語言」、「工作環境」及「對產品概念化的不同」。而「實體定義」的使用(也就是機器)可以在 EquipCo 建立一個共同基礎，並將地域性的理解轉換，進而產生出對產品及所面對的問題更豐富的了解。

Bechky(2003)的研究提供了在知識傳遞研究領域中另一種型態的脈絡，及它是如何影響著組織內知識分享的溝通過程，並形成另一種溝通模式。而本研究將擴充此種模式的應用，探討另一種方式區成群組的團體－當處於一個「依知識領域」區成群組的研發團隊，其團隊內部影響各群組的脈絡又為何，轉換理解的模式是否將改變，以提供在組織內的知識傳遞領域上的另一種溝通模式。本研究的研究方法將延續此理論，以同樣的方式來觀察「跨知識領域」團隊的知識分享過程，以台大無線生醫團隊為例，一個由生物研發人員與電機研發人員所組成的團隊，探討群組間造成知識疆界的原因是什麼，形成脈絡的主要因素又是哪些，什麼樣的元件可以幫助在跨知識領域中群組理解，這些元件又是如何在跨知識疆界的合作中幫助釐清誤解。最後提出在跨知識性領域的團隊中，疆界物界幫助釐清的過程、這樣的過程會與跨功能性團隊的溝通過程上有什麼樣的差異、是哪些因素造成這樣的差異，以及在這樣的組織中如何做有效率的知識共享，以提供在組織內知識分享的研究上更多元的參考。

參、研究方法

第一節 質性研究

本研究採用質性研究的方法，以親自到田野調查紀錄的方式，觀察在一個跨知識領域所組成的團隊，會如何跨越知識疆界。調查紀錄的方式有：參與技術課程、實驗階段觀察、正式及非正式的訪問。

技術課程

技術課程是為了讓學專計劃內的研發人員系統性的了解無線奈米生醫研發的相關知識，因此請台大應力學研究所開設奈米生醫技術課程。課程邀請各領域的專家前來講課，將目前的技術發展及原理詳細解說，內容深且廣。此課程不但讓研究所學生了解現在科技發展的趨勢，也讓計劃相關的研發人員了解此計畫所需要用到的技術知識背景。藉由參加此課程將可架構性的了解計劃所牽涉到的技術內容，同時，也提供了非正式訪問上課的老師及學生的機會。

實驗階段

參與實驗階段的觀察，可了解研發人員實際進行實驗的方式。最重要的資料蒐集，是在整合實驗階段。在此整合實驗，所有的研究人員都會到場，是一個非常好的訪問及觀察的機會。實驗整合的進行方式為，總召集人會集合所有的相關研究人員，到台大的實驗室中，根據製程步驟安排實驗流程。各研發人員會將事前準備好的產品部分原型帶到現場組裝測試。主要流程是工程組的人先進行組裝、測試原型，原型組裝完成並測試無誤後，就交由生物研發人員進行動物實驗階段。生物研發人員現場對老鼠進行植入手術，將裝置植入老鼠體內，一連串的手術直至縫合完成後，會開始進行體內測試階段。此測試階段包括隔皮充電系統

的測試及無線傳輸系統的測試，最後打入欲偵測的不同濃度的樣本，結合工程研發人員一起收集數據。這個整合實驗為了一氣呵成，每次歷時大概都會超過 24 小時。

由於這是一個非常完整的實驗過程，因此會在一旁紀錄觀察同時會與研發人員互動，詢問他們正在做什麼？這麼做的目的是什麼？知不知道他領域的研發人員在做什麼？如果遇到問題會怎麼跟另一領域的人詢問等問題。

訪談

正式訪談，這個部分會特別針對重要的關鍵人物進行約訪。訪談時會先與受訪者約好時間正式拜訪，以詳實記錄。地點都是在受訪者平時進行研究的場所，因此也一定會參觀實驗室及觀察實驗的進行。每次訪談時間約一至兩小時左右，訪談內容會先請受訪者介紹他們在從事的計劃內容，接著會請教他們在跨知識領域團隊的合作上，有沒有遇到什麼溝通困難。最後會請他們回想在過去的研究中是否有印象深刻的困難，而這些困難出現時，研發人員們是如何的解決，做了什麼事情讓困難得到修正。最後，由於作者本身曾是生物科技背景進入商院，在學校及產業界都有數年在實驗室從事研發的經驗。因此，作者本身對實驗室工作的親身經歷及理解，也將納入作為本研究的參考。

第二節 個案背景--無線奈米生醫團隊

本研究以先進無線奈米生醫團隊為研究對象。「先進無線生醫保健監測系統(Wireless Health Advanced Monitoring Bio-Diagnosis System, WHAM-BioS)」，是經濟部主導的計劃學界開發產業技術計畫，由台灣大學為主導執行單位。此計畫的形成，是政府希望在台灣發展今日全球各先進國家亟欲搶攻的技術領域之先進技術。同時為求充分發揮台灣大學中優秀研究團隊之研發優勢，及尋求最先進

之應用載具來創造以知識為主之高科技產業和達成台灣大學亟思培育國際第一流人才之願景。因而結合臺灣大學微奈米機電研究群、生物醫學奈米微機電系統研究群、先進儲存技術研究群、國科會北區微機電系統中心、及台灣大學電子、資訊等領域之研究團隊，基於長期合作所產生之共識，組成臺灣大學奈米生醫微機電系統研究群。

團隊成立旋即提出「先進無線生醫保健監測系統(Wireless Health Advanced Monitoring Bio-Diagnosis System, WHAM-BioS)」學界開發產業技術計畫，務求以「團隊、組織、目標、時程」等信念，全力達成為我國奠定「無線先進可攜式通訊生物醫學檢測系統(Wireless Health Advanced Monitoring Bio-Diagnosis System, WHAM-BioS)」全球領先研發基礎之目標，並且將於計畫之規劃執行中，確立多項研究成果釋放機制，以求為創造我國知識產業盡一份力量。

此團隊所提出的「先進無線生醫保健監測系統(Wireless Health Advanced Monitoring Bio-Diagnosis System, WHAM-BioS)」學界開發產業技術計畫，其欲發展的科技為今日全球各先進國家亟欲搶攻之技術領域，以微奈米科技及微機電技術(Nano-technology/MEMS)為基礎，橫跨生物醫學(Bio-technology)、資訊電子(Information technology)、及通訊網路(Network/communications)三大領域。同時，考量本世紀四大議題：「老人化國家、災區、戰區、疫區」中之「老人化國家」為牽引應用 (Application Pull) 之平台，並以晶片系統平台技術之開發，以實現計畫之目標為開發『以電化學及力學為量測基礎之可植入式多功能無線生醫監測系統』，並以可以移轉業界之技術與平台為落實方法，逐步完成特定之里程碑，輔以適切之技轉釋放機制，來確認研究之聚焦及團隊整體能力之蒼萃。

團隊目標

計畫開發的目標是「可植入式多功能無線生醫監測系統」平台，此裝置為一如五十元硬幣大小的微型感測裝置，植入皮下組織靠近血管處，可針對心臟血管疾病相關之蛋白質分子進行檢測，配合低省電能源無線發射器，將獲得之監測結果即時傳輸，做為隨時健康保健之主要利器。此裝置可加強對於個人身體各處健康狀況之瞭解，於各種疾病發炎情況產生時先一步進行治療，避免疾病之擴散，達到預防之效果。如此不僅對於全民之健康有所助益，更可落實預防保健之理想，減少政府對於全民健保之支出。

團隊研發成果

在跨知識領域研發團隊中，尤其是從事跨知識領域的科技研發，其合作上原本就有很高的困難度。然而在如此高難度的組織架構下，此計劃在相關技術專利與佈局方面卻依然成果豐碩。團隊已提出國內外共 64 項專利、獲證國內外 13+1 項專利，其中關於多功能介面化學分子的合成、共價鍵結固定化、具生物相容性之電極保護層、微流道電極系統整合製程、微粒子的 nDEP 分離與輸送、微流道混合結構、具電流與電壓前級放大之微控制器、低耗能高頻 RF 傳輸電路、人體無線感測網路架構規範、鎖相近距無線充電電路等重要創新技術。並促成 10 次的國際合作事宜，產出論文與報告共 495 篇，並舉辦了 7 場研討會吸引了共約 1000 多人次進行討論，完成了 2 件先期技術成果移轉案，與 4 件技術成果移轉，總共促進 49026.755 千元之投資金額。在國內產業推動上，除了也成功技轉協助表面電漿子光纖感測器在動物檢疫應用之外，並通過國科會成功案例審查將以三年 1.8 億之總經費，共同開發肝硬化先期檢測系統，另已與創投公司簽署合作意願書，整合本計畫之微系統成果共同開發植入式脊椎疼痛刺激控制系統，以應用於頑固性下背痛之患者。在國際產業合作上也已與日本電子大廠簽署合作保密協定，將就表面電漿子元件與植入式系統晶片共同研發，並擁有幾家國際大廠的合作開發案在進行中。在國際學術合作上與法國 ENS Cachan、加拿大 NRC IMI、加拿大 EPM 進行計畫合作，同時也接獲 CRC Press 來函洽談出版專書之提案。

專利發表等成果，整理如下統計表。在跨專業知識領域的合作模式下，此團隊要獲得上述的成果，必定經過了許多跨越知識領域合作的歷程，本研究就是要釐清這些合作的歷程，以供未來組織在跨知識領域合作上之參考。

表 1 無線奈米生醫團隊成果統計

成果項目		第一年 預估	第二年 預估	第三年 預估	全程預 估	第一年 期中 (94/12- 95/05) 達成	第一年 全年 (94/12- 95/11) 達成	第二年 期中 (95/12- 96/05) 達成	第二年全 年 (95/12- 96/11) 達成	第三年 期中 (96/12- 97/05/31) 達成	第三年 查證更 新 (97/06/01 - 97/08/14) 達成	全程達成	
1.專利	申請	項數	12	14	8	27	5	8	20	28	7	3	46
		國內(件數)	10	14	8	25	5	8	15	22	6	2	38
		國外(件數)	5	3	3	10	2	4	11	17	4	1	26
		國內外合計件數	13	17	11	31	7	12	26	39	10	3	64
	獲得	項數	8	7	5	18	4	4	5	7	2	1	14
		國內(件數)	7	7	4	16	4	4	4	6	2	1	13
		國外(件數)	2	0	5	7	0	0	1	1	0	0	1
		國內外合計件數	9	7	9	23	4	4	5	7	2	1	14
	應用	項數	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
		國內(件數)	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
國外(件數)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	國內外合計件數	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
2.國際 合作	件數	4	4	5	7	4	4	1	3	1	2	10	
	金額	10608	6538	9766	19522	6538	6538	952	6402	952	0	13892	
3.論文 (篇)	期刊	國內	9	7	11	26	0	1	3	6	0	0	7
		國外	19	28	24	72	26	47	26	89	12	13	161
	討論 會	國內	21	21	16	64	10	40	11	27	13	0	80
	國外	21	48	19	79	21	59	26	66	21	16	162	
4.報告	技術 調查 訓練	技術	10	10	6	20	10	11	2	42	2	21	76
		調查	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		訓練	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	2
5.研討 /說	場次	5	0	2	10	5	5	0	0	2	0	7	
	人數	420	0	100	520	757	757	0	0	240	0	997	
6.先期 技術 成果 移轉	財團 法人	件數	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		技術授權金	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	權利金	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	業界	件數	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	2
		技術授權金	0	1200	0	0	0	0	25	25	0	2400	2425
	權利金	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
技術 成果 移轉	件數	專利授權金	0	1000	0	0	0	0	0	0	1500	1500	
		技術授權金	0	0	0	0	0	0	233.333	0	0	233.333	
		權利金	0	0	0	0	0	0	3.855	3.855	0	0	3.855
		權利金	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7.可移轉產業技術項數	0	1	0	1	1	1	0	0	5	0	6		
8.分包 研究	學界	件數	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
		金額	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	財團 法人	件數	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	2
		金額	300	300	300	300	300	300	0	300	0	0	600
	業界	件數	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		金額	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.衍生 委託 計畫	件數	金額	1	1	1	1	1	1	0	0	2	0	3
		金額	1600	1600	1600	1600	1600	1600	0	0	900	0	2500
10.促進投資金額	0	0	0	0	0	20000	#####	1326.755	27700	0	49026.755		
11.人 才培	博士	0	8	7	13	2	5	2	11	2	5	23	
	碩士	18	24	16	48	5	31	5	28	0	16	75	

資料來源：無線奈米生醫團隊

團隊組織架構

首先分析團隊的組織架構。此學界科專計畫組織以計畫辦公室、功能分組、與技術分組做三層次分工，除了總計畫辦公室負責計畫聯絡匯整與管理事務外，研發團隊主要分三大主要知識疆域，依「專業知識」分為生醫與介面研究、感測與控制技術研究、電子與網路系統研究、與臨床應用研究三組，以下再分為個別子計畫執行。

其組織架構如下圖：

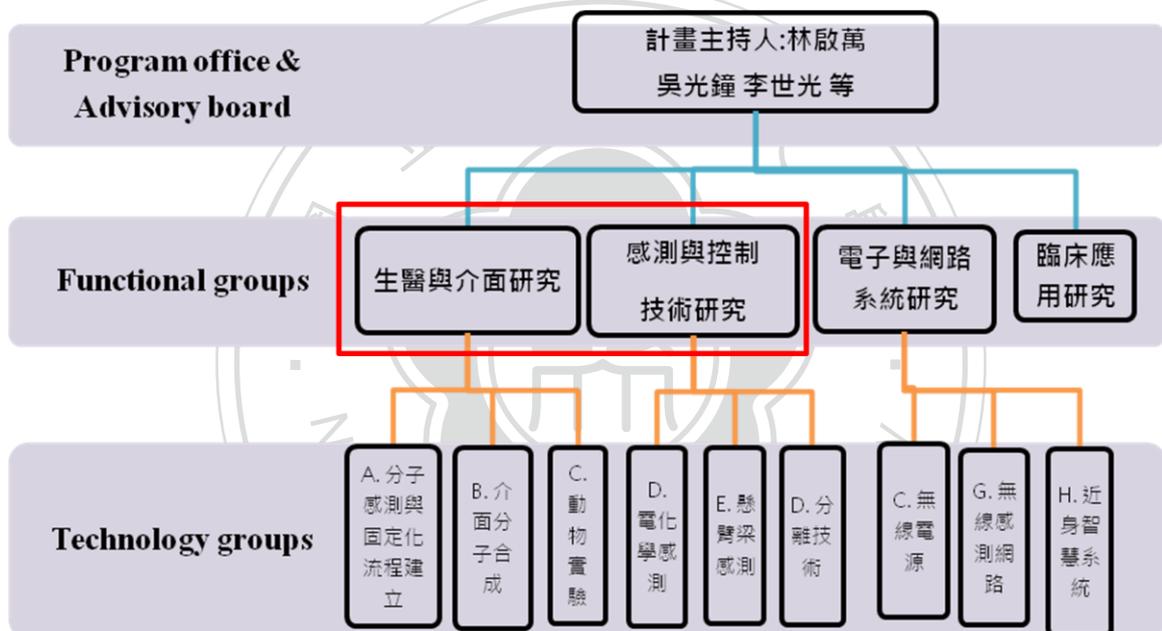


圖 1 無線奈米生醫團隊組織架構圖

計劃執行歷程

而計畫的執行歷程為，2002-2004 前兩年的計畫進行方式為子計畫各自進行初步試驗，於第三年加快技術整合與應用收斂聚焦，於最後 2007-2009 年進行計畫整合性實驗。將其計畫歷程作一整理如下圖所示。

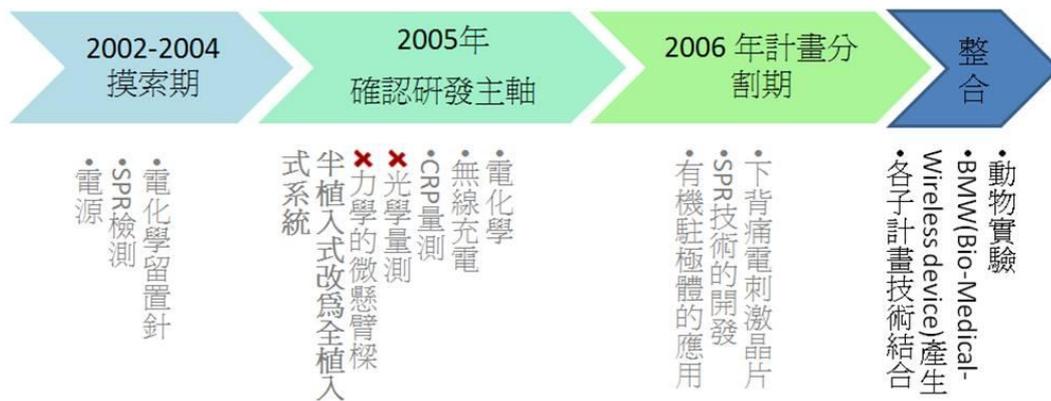


圖 2 無線奈米生醫團隊研發時程表

由於計畫目標是期望能以最新穎的技術，開發可植入式多功能無線生醫監測系統。因此技術一開始尚屬未成熟階段，故計劃的前期階段會由不同專業領域的子計畫各自進行技術摸索以確認研發主軸。主軸確認之後有相關聯的子計畫會開始進行溝通，以試產出產品的原型。這些原型的製造過程中，必須牽涉到很多小組間有效的知識分享，才能順利讓原型成形。而大部分的反饋意見是發生在工程人員要在試製的裝置上加上生物科技領域的生理偵測分子的「整合」的過程中。在此階段工程人員必須先將偵測裝置的基座製造完成，然後交由生物組的人員將生理因子以特定的方法接合在基座上，再交回工程人員進行最後的組裝。這個「整合」的過程，提供了許多機會去目擊研發小組間，是如何讓地域性的知識，成功的傳達給另一知識領域的研究人員。

描述無線奈米生醫團隊基本的研發過程，是了解如何知識共享的第一步。研發過程從摸索、收斂到進入最後的整合是階段性的。每個階段的時間大約都要歷時一至二年，而以整合時期最為困難。

由於此計畫以微奈米科技及微機電技術(Nano-technology/MEMS)為基礎，橫跨生物醫學(Bio-technology)、資訊電子(Information technology)、及通訊網路(Network/communications)等三大領域，因此在研究跨知識疆界領域如何進行的議題上，是非常適合的研究對象。本研究著重在跨知識疆界領域的研究，因此特別針對團隊中的專業知識異質性大的「生物與介面研究」與「感測與控制技術」兩組為研究對象。並聚焦在此兩團體的最後整合階段之研發情形。

第三節 資料蒐集

延續 Bechky(2003)對跨功能性疆界的方法，本研究主要針對在無線奈米生醫團隊中的「生物與介面研究」與「感測與控制技術」這兩個領域，利用上述質性研究的方法，從參與、觀察、正式與非正式的訪問及文件來蒐集資料。資料蒐集的來源：

1. 星期參與前述此團隊為研發人員所開設的技術課程。在上課當天會提早到相關的實驗室進行非正式的拜訪。
2. 分別正式約訪「生物與介面研究」與「感測與控制技術」組的計畫主持人，受訪者為大學內研究所的老師。訪談內容主要請老師介紹研發計劃及闡述跨領域合作的情形，如前所述。
3. 各子計畫執行單位針對研發人員進行訪談。受訪者都是於大學內實驗室的研究員及研究所學生。
4. 進入實際操作研發人員的研究地點，觀察實際操作實驗的情形。

5. 最後整合階段的整合實驗。
6. 觀察研發人員實驗時的非正式訪問。

資料蒐集完，會特別針對「生物領域與工程領域的部分」，彙整出在跨知識領域研發中溝通的問題進行整理，並會針對不足或有疑慮的部分，再次請教受訪者。

在這兩個領域主要蒐集的資料及訪談對象整理如下表：

表 2 田野訪談紀錄

訪談對象	次數	田野觀察
計畫主持人	3	全體整合動物實驗 計畫最終審查實驗
生物組老師	2	淡江化學實驗室參訪
計畫整合執行者	5	台大醫學院實驗室參訪
		台大機械實驗室參訪
生物組研究人員	4	課程--奈米感測與微系統在生醫研究上之應用
		課程--法規篇:生醫認證與法規
工程組研究人員	7	生物分子_光學偵測篇：表面電漿共振偵測
		化學篇：有機奈米分子在生物科技及材料上之應用
		奈米微生物晶片簡介

第四節 資料分析

本研究採比較與對照的理論架構來分析資料(Bechky 2003)。這個理論是來自於理論樣本採集的過程，將此篇文獻中在功能性群組脈絡形成的方式，與疆界物件的使用，來比較與對照本研究的個案無線奈米生醫團隊中知識脈絡形成的方式，以及在跨知識領域中疆界物件的使用。利用所蒐集資料來的例子去架構理論範疇，之後再拿這些資料去比較對照以形成本研究的基礎。在整個田野過程中，定期分析資料與調整範疇，以確定檢驗範疇，同時將助於本研究聚焦。在田野工作的尾聲，重新分析研究中所有的田野紀錄，來決定專業知識社群其合作是如何進行。進行的方式與以功能性而分的社群有什麼不相同，以及這種進行方式會對在研發過程中的知識分享造成什麼樣的影響。本研究，將從描述兩個不同專業專門的知識脈絡開始，並用跨專業學門溝通的例子去闡明這些脈絡上的不同會形成怎麼樣的溝通障礙，以期對跨專業知識群組的溝通過程有更清楚的理解。

肆、研究發現

第一節 知識疆界的脈絡：學科、實際實驗、對產品的概念、語言

首先，從田野採訪的資料中，整理出兩個知識領域脈絡上關鍵的不同處，從資料中發現工程領域與生物領域，兩領域主要的不同分別陳述如下：

工程領域

工程領域主要研究的學科為物理、化學等基礎科學，以及衍伸而來的電子電機、電晶片、無線傳輸等應用科學。工程研發人員主要的工作是整個裝置的架構、量測方式及無線傳輸，研發的重點是產品的功能性。在工程的實驗室，可以

看到很多工具，例如：起子、電銲、電路板、電線等，研究人員在這個實驗室裡，像在組裝十分精密的樂高積木般進行各式各樣的拼裝。同時，他們也大量使用電腦的軟體，設計出各種電路圖，這些電路圖雖然可以用機器製作，但若是不用機器也可以用手工的方式製作。因此，工程人員所進行的實驗，多是具體可見的實體工作，較少借重其它的儀器，對產品的概念是實體化的、具體的。

在進行無線奈米生醫裝置的研發時，工程領域的研發人員關心的是該如何偵測這些生理數值，以及該如何把它們組裝起來。他們工作的重心就是系統設計、原型製作、量測檢測、系統整合、乃至於產品之先期試產(pilot run)等產品開發鏈建立完成，並建構出多項具市場導向技術之商品，是由技術導向轉型為以應用導向之創新型產品開發。在這個過程當中的所有相關技術，他們最不了解的部分就是生物技術的部分。而他們的目標則是去確保產品是可運作的，同時規劃出最可行的製造方式。

而在整合階段的時候，他們與生物領域的研發人員進行跨知識領域的合作時，通常會希望知道所需要偵測的生理因子被偵測到時，會產生什麼變化，而這些變化可能是光的速度的改變、光行進方向的改變、晶片重量的改變或是電流或電壓的改變。他們必須知道這些訊號要用哪一種方式表現，以及何時會被偵測到。

生物領域

生物領域主要研究的學科為生物、細胞學等學科，以及衍伸而來的生化學、免疫學、基因工程等應用科學。生物科技實驗室裡，看不到工具，取而代之的是很多裝了液體的試管、燒杯、試劑，還有分析量測儀器。生物人員主要的工作是

依據相關研究資料與綜合分析，將心血管疾病高度相關之代謝異常相關標記分子找出，並清楚研究生物分子的大小與個別的特性反應，以提高此無線生醫即時監控系統對心血管疾病診斷的準確性。因為生物科系所研究的是細胞層級的生化反應，因此在進行實驗工作時，所有的生物樣本都是以水溶液的方式呈現。若不經由研發人員解說，一般人從外觀並沒有辦法了解他們是在從事什麼樣的實驗，即便研發人員告訴你管中的液體是什麼，也是無從了解的專有名詞。就是因為如此，所以生物領域研發人員的實驗都是理論性的存在執行人員的腦中，並需要借重各式精密儀器(例如：免疫分析儀、顯微鏡等)才能知道實驗的結果。

因此，在無線生醫團隊中從生物領域介入計畫的生物研發人員，他們會以生物的觀點去看產品，他們所關心的是選擇生物分子，選擇正確的、可以即時偵測體內生理狀態的生物分子，以及疾病發生時體內異常分子分泌的狀況等，這些才是他們所關心的事。他們對產品的概念是微觀的、概念化的，他們會想像當體內反應異常時，該用什麼樣的分子去偵測，兩者間會怎麼樣被結合。至於生物研發人員對這個無線生醫偵測裝置實際上怎麼製作，甚至外觀會如何具體呈現，則並不是那麼清楚。

影響知識脈絡形成的關鍵因素

由上述觀察可發現，此兩知識領域會因「學科」、「實際實驗」、「對產品的概念」及「語言」的不同，而形成不同的知識脈絡。而知識脈絡上的差異，讓兩領域的研發人員用不同的角度看待同一個產品。生物研發人員用微觀的、概念化的角度，去想像理論上生化反應的變化；而工程研發人員，則是可以直接實際的操作，並且看到他們所正在進行的實驗裝置。這是兩者看待產品的觀念不同。同時，由於產品研發所用到的科技層次高，其知識的深度跟廣度早已超越了常識的範圍。同一個知識領域的研發人員在進行討論的時候，是涵蓋了非常多的專業

術語的，另一個領域的研發人員要在短時間理解，是有高度介入困難的。這就是因為這些知識脈絡上的不同，讓兩領域的研發人員對本身專業領域具有黏著性。因此當整合階段開始，是進入障礙最高的時期，兩個知識領域的人幾乎都無法理解對方想要傳達的訊息，在溝通上就出現很多的障礙。整理工程與生物科技領域的關鍵不同處如下表：

表 3 知識的關鍵不同處

兩知識領域關鍵的不同處		
	生物領域	工程領域
主要學科	生物化學 免疫學	工程學 電子學
實際實驗	貴重儀器 免疫實驗 動物實驗	基本電學儀器 電路板 電晶片 無線傳輸
實驗上的概念	微觀的 概念化的	實體的 具象的
語言	生物用語	工程用語
例子	要測試那一種生理數值? CRP、Glucose...?	要用哪一種測試方式?電壓、 電流、電阻...?

第二節 跨知識疆界

在經由田野觀察找出了造成兩知識領域脈絡上關鍵的不同處後，本節將分析這些關鍵的不同處，在進行跨知識領域的研發時，會如何影響團隊的溝通。

由上一節的描述發現，每個知識背景不同的群組，會因「學科」、「實際實驗」、「對產品的概念」及「語言」而呈現不同的脈絡。探究這些影響脈絡形成方式的關鍵因素之本質，發現「學科」這個因素，是在脈絡中養成時間最久、

影響最深的。因為這些研發人員的背景都是研究所畢業或是在就讀中，長時間來都受同一領域的知識訓練。同時，在越來越講求專精的研究所教育下，研究所所教授的學科，都已經是在大範圍的知識分類下所細分出來的更專精領域。這些學門都各有一群專家不斷深入的探討研究，更由於這些專門的研究人員都是已經有長時間累積的專精知識，同時長時間接觸這些專精知識，因此知識的脈絡早已深深的植入研發人員的腦中。這些知識脈絡深深地影響著研發人員的思維，進而影響著他們與人溝通時所用的言語及文字。

再者，兩專精知識領域的研發人員所研讀的學問，由於已經經過各自大範圍的知識體系下再細分，因此幾乎很少會有重複的科目，有些科目在另一個知識領域的人，甚至聽都沒有聽過，兩者之間的學科內容差異很大，所以，當在他們在從事產品研發時，研發人員的腦中所存在的都是在研究所所培養的專業知識。總結來說，長時間專精的訓練，讓專業知識的脈絡具有高度的黏著性；科目差異性大，則讓群組溝通具高度困難。

因此，當兩個知識領域脈絡下的研發人員共同合作研發時，都各自存在著對實驗設計跟對產品不同的概念。而大部份的研發人員在這個高科技產品研發的研究中，對另一的知識領域的了解也是非常有限的。在這樣的情形下，溝通上的問題就會出現在當每個子計劃各自完成，到要開始與其他子計劃的研究部份結合的整合階段時出現。

事件一：裝置感測方式的溝通—兩條平行線

在這樣的脈絡影響下，團隊溝通發生障礙的第一個事件，是發生在整合期的一開端。工程領域的研發人員為了設計一個可以無線傳輸出生理數值訊號的裝置，他們第一個想要了解的是，生理數值的訊號是利用什麼方式傳遞的。也就是

說他們必須要知道所用來偵測的生物分子，當它偵測到所欲偵測的物質時，會有什麼反應，因為唯有知道是藉由什麼樣的反應，他們才可以去設計訊號要如何傳出，因此，他們就用他們的思考方式去尋問生物組的研發人員。然而，當他們詢問生物組的研發人員時，生物組的研發人員卻一頭霧水，他們完全卡在「生理數值的訊號是利用什麼方式傳遞？」這個問題，他們對數據傳遞訊號的方式沒有一點概念。而會有這樣的反應是可以理解的，因為生物醫學領域，研究的是人體內繁雜的生化反應的交互作用，他們如果想要看交互作用的結果，只要把所需要偵測的樣本直接送入分析儀偵測，儀器就會印列出的實驗的數據，他們所關心的是這些數據，他們研究這些數據的不同來了解真正身體內複雜的生化反應是如何的作用。他們只依照這些數據，作下一步的實驗規劃，不斷進行改良，以獲得他們期望中更好的數據。這些數據代表的是在發生什麼疾病時，會有那些生化反應，會連結到哪些疾病，再將這些觀念運用至疾病的偵測系統。至於機器是如何收集訊號以得出這些數據的，並不是他們關心的範圍。因此，當被問及有關儀器偵測原理這樣的問題，他們完全無法提供任何一點的幫助。

而工程研發人員，他們雖然懂得很多儀器偵測的方法，可是複雜的生化反應是怎麼運作，這些反應發生時，會用哪一種方式呈現，是他們所不了解的。因為知識脈絡完全不同，他們從未接觸過對方的領域，也無法悉知自己要怎麼描述，對方才會了解自己所想要的重點是什麼。在這樣的情況下，用語言的方式幾乎無法溝通。例如當採訪時詢問生物研發人員是否工程研發聽得懂實驗的部分，生物研發人員會回答：

『其實要解釋生化反應是如何運作就是比較困難的地方，有時候對方會聽不懂，我們就必須解釋給他聽，我們也會聽不懂他們所講的，例如電路的部分。』

從訪談的過程可以知道，在一開始遇到兩知識領域必須結合的時候，兩知識領域的研發人員，會用解釋說明的方式，讓對方領域的研發人員了解另一個領域的知識。同時他們也會經由這些討論，得知在合作開發這個產品時另一個領域的研發人員會考量些什麼，哪些是與自己所做的部分有連結，會是怎樣的影響等，這樣的解釋與討論就可以幫助對方學習另一個領域的知識。因此，再進一步詢問，那工程研發人員想知道什麼，生物研發人員回答：

『他們會想知道我們的訊號出來是怎麼樣子的，訊號是怎麼接的，比如說我們現在就是用商用儀器，我們要把這台商用儀器的電路規格給他，它的裡面會有電極，那電極跟電極是怎麼接的，那可能他們懂電極，可是他們不懂這台儀器的電極怎麼接，那我們一開始就告訴他們，我們是使用者，只知道怎麼用。』

在這個訪談中，就可以發現，兩領域的人從互相解釋自己在做什麼的過程中，工程領域的研發人員發現了在生物領域實驗室中的一個他們可能會理解的線索，也就是生物研發人員平時實驗用來測試產品數值的儀器。這個線索讓工程研發人員找到一個著力點，因為以這次無線奈米的研發來說，他們就是希望可以知道生物反應的訊號是如何被放大傳出，所以會問生物研發人員這台儀器裡面的電極是怎麼接的。可惜的是，生物研發人員並無法知道他們所使用的偵測儀器內部的電路板是怎麼接的，畢竟這遠遠的超過他們所理解的知識範疇。雖然兩知識領域的人會試著解釋自己所知的部分給對方知道，可是當在遇到對方知識領域範疇的部分，還是會受限於知識的不足，而無法以言語溝通。

『工程組有跑來把這台儀器拆開，想看看機器內部的電路板，看看訊號出來時，電極與電極是怎麼接的。』

這顯示在語言溝通無效後，研發人員開始嚐試其他的方法，以這個例子來說，工程研發人員在經由溝通發現生物組的研發人員都是由儀器來偵測時，他們就親自到生物研發實驗室去研究生物研發人員所使用的儀器。由於儀器就屬於工程的領域範圍了，所以當工程研發人員去拆解它，他們就可以看到他們實驗領域內熟悉的裝置。這些裝置都存在於他們日常實驗中，因此可以概略的知道儀器偵測的原理，進而推估生化反應會是怎樣的變化。在這個例子中，兩個領域的人都在同一台儀器上找到自己所熟悉的部分，所以這台儀器就提供了兩個知識領域一個共同的介面，成為幫助兩個領域理解的物件。因為這台儀器是生物領域研發人員平時所使用的儀器，他們熟悉這台儀器的操作，並且知道送入什麼樣的實驗結果會有什麼樣的訊號，同時他們懂得如何解讀這些數據。而工程組的研發人員將儀器打開看到內部的電路，他們就開始了解，生物反應的訊號是如何傳遞，因此可以開始想像要是他們自己要重新設計另一種傳輸方式，可以設計成什麼樣子。藉由這台儀器，生物組的研發人員了解了工程組的研發人員想要知道什麼樣的訊息，而工程組的研發人員也知道了生物組的研究中生化反應會放出什麼樣的訊息，兩領域的研發人員藉由這台儀器，他們的知識領域都獲得了延展，這台儀器也提供了兩邊學習對方知是最好的橋梁。因此，分析儀器可以當作工程與生物兩領域間的疆界物件。

除此之外，生物研發人員為了想辦法與工程研發人員溝通，他們會自行在網路上查詢相關的知識，以理解這些生化反應是如何被偵測的基礎原理，最後根據本身對此生化反應的理解再融合電學的基本知識，他們畫出了一個簡單的電路圖。而這張電路圖就屬於工程研發人員可以理解的知識範圍，因而工程人員得以理解偵測的基本原理。

『我們就盡量去了解，把我們知道的都告訴他們，我們會去查詢資料，會知道一些基本的原理。他們也會過來拆商用儀器看電路板，我們也會畫簡單的電路圖給他們看。』

這個由生物研發人員經由涉獵新知識而手繪出的電路圖，就成了另一個幫助理解的疆界物件。因為這樣的一個電路圖，在工程組的研發人員的領域裡是一個可以理解範疇，而更值得一提的是，這樣的疆界物件的產生，更是出自於一個學習的過程，所以在新產品開發的過程中，兩個知識領域的研發人員都會不斷的互相學習，進入對方的領域，以利研發工作的進行。

在這個例子中，兩個領域的研發人員，都必須進入部分對方的知識領域內，因為在兩個領域的研發人員，在研發的知識領域，所有他們可以用來溝通的語言中，幾乎沒有對方可以了解的部分，因此在沒有其他工具的情況下，他們是完全無法溝通的兩條平行線。雙方都必須試圖去尋找對方的領域中可能可以幫助溝通的線索，但因為這些知識都已不屬於常識範圍，所以即便有了第一步接觸的動作，也不會立即得到答案。

例如即便工程研發人員到生物實驗室中，看到了儀器的樣貌，但是也只是一個概略性的了解；同樣的，生物研發人員藉由網路進入了工程的知識領域中，但他們也只是如同複習國中物理般，藉由過往曾學習過的基礎，畫出一張簡單的電路圖。這些方法都幫助雙方慢慢找尋可能的線索，而在這個過程中所接觸的可以幫助理解的疆界物件，都是學習的最初起始點。在訪談帶領團隊的老師的時候，老師也說到：

『這些優秀的人才喔，他們常常都會自己去找書來看，去讀懂對方的語言，都會互相稍微知道，然後才可以討論，把必須要

的概念知道後，才可以知道要怎麼改，那對方也會聽得懂你的意思。」

由這個例子清楚得知，在這個過程當中，雙方都藉由一些中介於兩個知識領域的物件，進入了對方的知識領域，而利用這樣的一個著力點，去延伸自己本身領域的知識，去試圖理解對方知識領域與本身知識領域的連結在哪裡，並且會連帶著一連串的學習過程，是溝通最初始的源頭。

事件二：專有名詞的誤解

而除了以上兩條平行線般的溝通問題，有些溝通也會因為兩領域的研發人員在對同一個名詞的理解不同，而造成誤解。舉一個例子來說，在決定這個裝置的感測方式時，研發人員決定設計以「電化學」的方式來偵測。計畫決定了偵測方式以後，兩領域的研發人員就開始進行製程研發。在研發的一開始，由於工程研發人員並不了解生化反應如何進行，他們熟悉的是電學的部分；而生物研發人員對工程的知識，也只是有一個概略的了解。所以當生物研發人員用他們對「電化學」的理解去跟工程研發人員說明，該製造怎麼樣的裝置來配合偵測這些生理因子時，工程研發人員雖然已經聽得懂了，但由於本身對生物領域知識上的限制，並沒有辦法針對建議提供反饋，只能照著生物研發人員的理解做出原型。然而，經過幾次的測試，都發現偵測不到應有的變化。生物背景的研發人員會誤認為「電化學」是用電來偵測反應的一個名詞；而對工程背景的研發人員來說，電化學是一種特定的反應，它是涵蓋在電學這個大範圍底下的一部份，兩方面對一個名詞的誤解，造成研發設計上的錯誤。在出現這個問題後，訪問工程組的研發人員，他們表示：

『在一開始我們製程組的工作就是作東西出來給他們，做東西的方式與技巧，別組幾乎不懂。而一開始，我們也單純的認為，別組只要開規格，我們就負責做完給他們就好，而我們的製作方式應該不需要跟他們報備。』

從工程組的訪談中可以知道，在無線奈米生醫團隊的研發中，工程組與生物組的研發人員一開始的認知是彼此只要負責自己領域相關的部分，然後將兩個部份結合，用這種方式進行新產品的研發。在這個例子中就可以發現到，在跨知識合作的研發案中一開始，通常兩知識領域的研發人員的認知都是以為做好自己領域的工作，就可以讓研發工作繼續進行，這是跨知識領域研發很容易形成的誤解。

像這種研發人員的認知是各自負責本身專精的領域的情形下，進行跨知識領域的研發，他們會將本身的部份在各自領域的實驗室不斷的測試，直到確定這個部份的裝置是精確無誤的時候，才會拿出去與另一個知識領域的部分做結合。也就是因為他們所拿出來的，都是經過內部無數的謹慎地測試才設計出的裝置，因此，當試驗失敗時，彼此都不會認為是自己一方的裝置出了問題。像在這個無線生醫團隊工程領域與生化領域合作的例子中，工程組的研發人員負責的是無線奈米裝置的偵測系統，他們會將裝置的外型及內部電路訊息傳輸的系統都裝置完成，再交由生物組的研發人員將具生化反應的試劑，以表面吸附的方式覆蓋在需要的位置。這個過程在一開始都是依照各自的專精領域，去將裝置的組成切成兩個階段，兩邊都是基於本身的知識背景找出最有把握的設計，然而理論上可行的東西，卻不斷的試驗失敗。在訪談的過程中一位工程組的研發人員就曾提到：

『後來在幾次實驗之後，生物組那邊量測都失敗，就發現了似乎不可行。接著，最麻煩的是要找出原因，這時很容易吵架，因為大家都會認為是別組的錯。』

而雙方會有這樣的反應是正常的。因為雖然這個研發是牽涉到的都是非常專精的知識領域，而在兩個知識體系內各自都有在不斷的發展更新的技術，可是當遇到需要與其他知識領域結合產品開發的計畫時，兩知識領域的研發人員一定會拿出具可應用性的技術，同時這個技術一定是已經到達非常成熟的技術層次，如此才能將不確定性降至最低。所以雙方在產品上所應用的技術，都是經由該領域中無數科學家的驗證與證實所獲得的具公信力的成熟技術概念，所以研發人員很難去想像有任何會推翻這些概念的可能。因而，他們會自然而然地將失敗的原因，歸到自己所無法確定的那一部分。因此，在訪談另一位生物組的研發人員也這麼說：

『其實因為大家都有大家習慣用的儀器，所以在各自的實驗室都可以讀得出來。所以搭配起來的時候做不出來，也很難去說問題是出在哪裡。』

在這個例子中可以看見，兩個知識領域的研發人員都對於實驗的失敗會牽涉到另一個並不能非常清楚了解的知識這樣的事實，感到無助並覺得棘手。當彼此不斷的向對方確認另一個部份的裝置設計，確定對方部分的設計在該領域也確實是確信無誤時，他們就開始意識到彼此有跨足到另一個知識領域的必要了。

為了解決問題，原本都埋頭在本身實驗室的兩方研發人員，開始跨出各自工作的實驗室，向外尋求其他的解答。他們用自己具有本身專業知識領域的眼睛，

去另一個知識領域尋找可能獲得連結的任何蛛絲馬跡，而這就是一個學習過程的開始，也是跨知識整合研發的一個重要的開端。例如在這個無線奈米裝置中的研發人員開始會去詢問對方研發人員關於另一個領域的知識，同時會藉由對方實驗室中的某樣他們理解的物品中，去發現兩領域是怎麼樣的聯結。兩組的研發人員藉由所出現的困難去得到尋找解決方式的動機，進而了解並進入另一方的知識領域，因而工程研發人員知道了生化反應的原理，他們才知道用電化學的方式偵測不到的原因，是因為該變化根本不牽涉電化學。而生物研發人員也因此懂得會用電化學這個名詞來跟工程組的研發人員溝通，因為他們重新定義了在工程研發中怎樣的反應才叫做電化學。同時他們會利用網路搜尋知識的方式，從另一方面進一步介入工程領域知識，讓兩方知識如同編織一個雙色的網絡般連結起來。

在這個例子發生時，疆界物件介入做了釐清的動作，經由這個疆界物件將兩個領域的研發人員帶入對方的知識領域中，生物研發人員解釋他們所認知的「電化學」這個名詞的真正定義，同時與工程研發人員溝通，生化反應是以什麼原理作用。而工程研發人員也解釋，在工程領域中所定義的「電化學」這個名詞，指的是什麼樣的反應，雖然其中也牽涉到電學的基本原理，他們會用最簡單易理解的方式，例如一張簡單的電路圖等，讓生物組的研發人員明白這些基本原理。在這樣討論的過程中，「電化學」這個名詞就扮演了一個疆界物件的角色，這個疆界物件將更多工程的知識帶入生物研發人員，也將部分生化反應的知識帶入工程研發人員中。在工程研發人員吸收了這些生化反應的知識之後，他們才了解之前用來偵測的方式，根本偵測不到生化反應放出的訊號，因為是兩種完全不同的訊號體系，而也是因為藉由這樣的過程，工程研發人員才真正可以判別該用什麼方式來偵測；同時生物研發人員也因而對工程領域得到了更多的理解。這個溝通的例子，就是在描述因為兩知識領域對同一名詞有不同程度的了解，發生誤解後團隊調解的實例。

分析這個溝通障礙的例子，生物研發人員雖然在之前的經驗中已經有了一些工程研發的知識，但光是這樣概略性的知識，沒有辦法讓他們分辨出細節上的不同，因此對「電化學」的定義產生誤解。而工程研發人員則是一開始就沒有去涉入生物領域，因此他們無法察覺出可能的錯誤。經由這個例子可發現，兩知識領域的研發人員必須去真正了解對方知識在產品上的原理，也唯有涉入另一領域的知識，雙方才能有反饋，進行真正的溝通。就像這個例子的經驗，工程研發人員理解了生化反應的原理，而生物研發人員理解了「電化學」的意義。兩領域的研發人員都帶著更多的在製作原型上對另一領域知識的理解離開，這些理解提供了在設計上有用的訊息，同樣也會改變對產品製程及在未來要怎麼設計這個產品的概念。

事件三：製程順序的決定—隱藏的限制線

除了上述名詞定義上的誤解外，在跨知識領域研發，另外還有一類會隱藏在知識脈絡中的限制存在研發的過程中。這些限制會影響著另一組研發人員的設計方式，這些限制會使有些裝置的設計方式變成完全不可行，但另一組的研發人員對這些限制卻毫無所知。這些隱形的限制存在於各自的知識脈絡中，當在進行產品研發、兩知識領域交疊時，這些限制才會呈現。因為不同的知識領域有不同的研究脈絡，所專注的面向也不相同，因此所需要或不需要限制的條件自然也不相同，甚至會有很大的差異。當兩個不同知識領域的研發人員在共同合作研發一項產品時，這些限制無法在一開始設計實驗時就被看見，所以會造成產品研發進行上的困難。以所關注的無線生醫研發團隊為例來說，在一開始的製程設計上，他們把裝置的製造順序訂為最先是工程研發人員先把用來測量生化因子的裝置原型整個組裝完成，再交由生物研發人員把生物試劑接合在裝置上；也就是工程研發人員做完，交由生物研發人員黏附所要偵測的生物試劑部分，經由這樣的順序把一個部分的裝置完成。而這個部份的裝置，最後再直接組裝成原型。結果

當工程組研發人員把組裝好的原型交給生物組的研發人員時，生物組的研發人員才發現這是不可行的。他們提出：

『如果是先封裝好再交給我們接合的話，因為晶片上的遮蓋罩都已經封死，這樣就無法分別遮蔽晶片某個部分來黏著，會每一個電極都接上一樣的東西，會造成無法偵測差異。』

在這個例子中，工程人員一開始會這樣設計製程，是因為他們不了解生物分子是會如何被接在裝置上，這種屬生物領域的知識，並不存在於工程人員的腦中。只有生物研發人員的知識脈絡中有生物分子是如何被接合的知識，因此只有生物研發人員才能夠判別這種製程的順序，是不可行的。他們重新要求工程研發人員，在還沒有封裝之前，就把裝置先交由他們處理。這樣他們才可以用遮蓋的方式，隔離掉他們不想接合的部分，而分別在每個電極接合上他們所想要接上的不同生物試劑。如此一來，製程步驟變為：工程研發人員進行前半部的組裝→交由生物研發人員接合處理→之後才進行最後封裝，共分三個部份。在這個過程中，就看到了第一個隱形的限制，是發生在工程人員的身上。由於工程研發人員沒有生物分子檢測是如何反應的概念，所以流程設計上無法考慮到這個面向，而且他們也很難找到可以參考的資訊，例如訪談中有提到：

『我是電子所的，所以我們看的期刊是電子方面的期刊。』

問：『那你們都不會去看生醫方面的期刊嗎？』

『那個其實是隔閡蠻大的。』

問：『與裝置相關的生醫期刊中，有關於電學的部分嗎？』

『雖然有電的部分，可是在生醫期刊上通常是簡單帶過，不會寫的很詳細，那不會是他們的重點，大部分都是隨便撇過去就算了。』

從訪談中可以發現，不同領域的研究人員他們所著重的文獻(也就是他們的知識基礎來源)，差異性是很大的，各自用有各自的知識體系，而且任一知識在進入研究領域的層次下，更是著重於知識的深度大於廣度，所以兩者幾乎不太有交集。工程研發人員在不了解生物組所應用的知識背景的情況下根本無法知道會有哪些限制，這是為什麼在這個例子中，工程組的研發人員一開始會安排那樣的順序。然而生物研發人員卻可以從實驗流程就看出問題，是因為造成這個限制的知識，是存在於生物研發人員的知識脈絡中。因此，此種限制只有處於此限制所存在脈絡的該領域研發人員才會發覺。這就是在不同知識領域合作進行研發產品時，所謂的隱藏的限制。

然而這些隱形的限制，在製程的交換中很容易就可以從外觀發現，但另一些限制受限的地方是在另一知識領域所負責研發的部分，就可能由於知識領域的不同而不知道會有這樣的限制，因而這樣的限制是最不容易被發現的。

例如在上一個例子裡，一開始團隊研發人員考慮到生物製劑接合的特別需要，因此需要把原本的製程分為兩段，也就是先把裝置的半成品拿到生物研發人員那裡進行生物偵測分子的接合，然後才再把接合好的裝置半成品交回工程研發人員繼續完成接下來的封裝成為一個完整的裝置。本來大家也以為，只要經過這樣的調整，使問題獲得解決，就可以完成這一部份的裝置，讓它順利偵測到所要抓取的生理訊號。然而，即便當製程改變之後，裝置依然感測不到變化。這種完全不在預期下的結果，讓兩邊研發人員陷入一片無知，他們無法理解他們在裝置上所運用的技術，在本身的知識領域下，根本已經是牢不可破的鐵律，為什麼會在這個時候出現問題？當這個問題發生時，兩邊的研發人員會直覺的把問題歸類到實驗操作的環節出了錯誤，因此他們會再次與對方的研發人員核對每個步驟是否正確執行，兩方的研究人員都對實驗的每個步驟再次進行確認，以確保不是操作中出现人為上的差錯。可是，一試再試，結果依然是失敗的，偵測不到應有

的反應！他們互相告知對方自己製作的流程，然後他們不斷的思考，卻怎麼也找不出到底哪裡出了問題，這時他們陷入了困惑。

此時他們想到團隊中有一位具雙重知識背景的研究人員，他們決定去尋求他的意見。這位研發人員的背景是大學唸工程，研究所唸生醫，因此他同時受過兩方知識的訓練。他在聽完整個製造流程後，他發現在工程後製部份的封裝過程中，有一個步驟需要用到「高壓氧」來進行封裝，這個用「高壓氧」的封裝方式，是工程製程中常用的封裝方式，因此他也了解這種封裝的過程。也因此他知道這個「高壓氧」的製程是會牽涉到高溫的，再加上由於他所接觸過的生物醫學領域的知識，同時讓他了解任何生物分子只要接觸到高溫，它的活性就會受到破壞。(生物分子都是在體內運作，而人體的溫度大約是攝氏 37 度，才是分子運作最佳的溫度，只要溫度過高，所接合的生物因子其結構就會被破壞。這樣的概念雖然不難理解，但卻不是一個工程研發人員會以直覺想到的)。而裝置之所以無法正常運作，就是因為上面所接合的生物分子，受到了高壓氧高溫的破壞，而失去了活性。終於，團隊又抓出了問題。

這兩個故事都是在陳述在知識脈絡下所造成的限制，而第一個例子的限制，是可以從流程中看見而改正的。但第二個例子中的限制，就不像第一個例子中的限制那麼容易被看見。像「高壓氧」這樣的製程，從這個代名詞上看不出溫度的訊息，卻隱含了會經歷高溫的內涵，這是隱藏在工程領域脈絡內的知識；而所接合的生物因子，它也同時隱含了受到高溫會被壞破的限制，這是隱藏在生物領域脈絡下的知識，這些正是所謂的隱形的限制線。「溫度」這條隱形的限制線同時隱含於兩個知識領域的脈絡下，在沒有任何代表名詞可以從文字的表面傳達出任何與溫度限制有關的訊息時，這樣的限制是無法經由言語或文字的溝通被找出來的。在這樣的情況下，研發人員必須要更進一步的了解對方領域知識中某部分的深入內涵，才可能找到限制的所在。而學習對方領域知識的方法，可能是藉由某

台儀器、一張圖形、有跨知識領域的人或是透過觀察對方研發人員在進行裝置時的實際操作過程，(例如:生物研發人員到工程實驗室看實際的造作過程，直到看見他們在使用高溫封裝的這個步驟)。總而言之，在進行跨知識領域的研發合作時，研發人員必須更深入的了解對方的領域，才能找出這隱含在製程底下的「隱形的限制線」。

第三節 個案發現

從以上的個案研究可以發現，在進行跨知識領域的研發工作時，研發人員通常無法預測在兩知識領域的交疊處，對方領域的知識會對自己本身領域造成什麼樣的限制，因而形成研發上的盲點。而這些障礙又由於起因於知識脈絡的不同，所以文字或語言的本身常常蘊含許多表面無法意會的意涵，這些都是無法直接用文字或言語溝通的部分。而從以上觀察研發人員解決問題方式的例子中可以發現，其實這種無法用言語溝通的障礙，都可以運用適當的物件來幫助釐清，釐清的方法就是藉由這樣的一個物件去介入學習對方領域的知識，所以這種可以幫助學習的物件，就可以稱之為疆界物件。這些疆界物件有可能是一台儀器、一個圖像、一個具有雙重背景的研發人員或是一個觀察對方整個製造流程的過程。而這些疆界物件之所以可以幫助兩個領域跨越，就是因為這個疆界物件都具有重疊於兩個脈絡之間交界部分的這種特性，因此藉由使用這樣的疆界物件，可以使兩領域的人循線找到對方脈絡與自己本身脈絡在這個研發裝置上所交疊的區域，同時藉由這個疆界物件去學習交疊區中對方部分的知識，從而獲得了一個共同的理解。

在本節中，將針對以上三個事件的例子，來分別分析脈絡是如何影響跨知識疆界的溝通。接著分別說明三個例子中，各是如何藉由疆界物件的運用，轉化誤解以及重新脈絡化的過程。

事件一：裝置感測方式的溝通

以第一個例子來說，當兩個領域的研發人員陷入了語言上溝通的瓶頸時，工程組的研發人員在生物組研發人員的實驗室中所使用的精密儀器上看到了自己熟悉的部分，因此這台儀器就會立刻吸引住他們，進而把這台儀器拿來當成一個實體的溝通界面。而生物組的研發人員，從網路上搜尋了一些電學有關的基本知識，畫出了一張他們想像中偵測生化反應可能方式的電路圖，因此這張圖也成為溝通開始的一個很好的橋梁。藉由這台儀器或是網路，兩領域的研發人員各自從自己所熟悉的脈絡，對原本陌生的對方的知識領域，有了一個初步進入對方領域的著力點。因此，這個儀器以及這張電路圖就可以當作一個疆界物件來幫助溝通。分析前述團隊最初開始決定裝置偵測方式的故事，其整個溝通的方式與歷程可整理如後表：



表 4 事件一：裝置感測方式的溝通

事件	互動者	最初理解	表現溝通方式	解決方法 (幫助具體化的物件)	再次澄清	新理解
(一) 裝置感測的方式	生物研發人員	生物上所要感測的分子種類				
	工程研發人員	電學上各種的交流反應變化	『要偵測什麼樣的訊號變化?』			
	生物		『要測 CRP 及 Glucose。』			
	工程		『那是什麼?要怎麼偵測?』			
	生物			查電學相關的基本知識畫出電路圖。	『可能是這樣的電路圖。』(拿著手繪的電路圖)	電路的觀念。
	工程			到生物實驗室去拆「商用儀器」。	『喔，這樣看懂了。』	生化反應方式的觀念。

由這個例子可以看到，當工程組的人員在問『要偵測什麼樣的訊號變化?』這個問題時，生物組研發人員的回答，完全不是在他們所預料的答案選項中，因為他們對生物組研發人員為什麼會這樣回答一頭霧水，而生物組的研發人員之所以會這樣回答，顯然也是因為無法理解工程組人員提出的問題底下所代表的意涵。所以在這邊可以清楚地看見兩知識領域的研發人員的頭腦，存在著兩套完全不同

的概念體系，而這種概念體系的形成，就是起因於不同知識領域的培養過程。知識體系的培養訓練方式不同，形成研發人員的概念及思考方向上的不同，所以就出現在這個例子裡有雞同鴨講的情形，從這裡就可以清楚地看見知識領域的疆界。

更進一步說明，這個知識領域的疆界就像是一面牆，兩領域的研發人員各在牆的兩邊接受專業知識的訓練與培養，更由於專精知識的培養講求深度的特質，除非必要不會隨便擴大範圍。而也就是因為專業知識訓練培養講求深度的這個本質，所以當出自於兩不同知識領域的研發人員面對同一個問題時，會自然而然地從各自牆內的角度去解讀。例如：工程人員關心的是偵測的方式，因為在工程領域一直以來所探討研究的就是各種物理現象或化學變化，他們觀察掌握分類這些變化，主要著重在藉由一些方法將這些蒐集到的變化傳出，整理成可以解讀的訊號使之可以加以應用。而生物領域的知識體系，著眼於體內的各種生理反應的交互作用，研發人員關心的是疾病引起的體內反應會生成哪些生理因子，用這些生理因子的選擇來判斷與那些疾病有關。這是兩領域的研究人員分別在牆的一邊所進行的研究，而形成這道牆的各自知識脈絡的最主要關鍵因素就是「專業學科的不同」。因此從這個例子中就可以明顯回應，由於一開始兩個知識領域的人都站在牆內與對方溝通，並直覺性的假設對方也是站在同一邊，所以用的都是直覺性的語言，導致對方都無法了解自己指的是什麼。而這樣雞同鴨講的過程會一直持續，直到兩邊的研發人員都發現並清楚認知到這樣的溝通是無效的以後，兩領域的研發人員，才會開始試著找尋其他的辦法。為了解決問題，他們會想辦法讓自己盡量從對方的角度去解釋問題。

然而當他們開始認知道到必須從對方的角度才能進行溝通解決問題時，他們發現到他們必須要進入的是另一個與自身領域完全不同的「專精」領域，而事

實上真的要在短時間內全面性的了解另一個專精知識領域根本不可能，這對他們造成很大的心理障礙。為了降低對另一知識領域的排拒感，同時希望用最少的時間達成目標，研發人員如果在對方的領域中看到一點點自己熟悉的影子，他們會立刻被這樣的東西引起注意，而這個東西就會是他們進入另一知識領域最佳的起始點。研發人員會在對方的脈絡中找尋自己熟悉的實體物件，然後利用這個實體物件來幫助找到溝通的線索。例如在這個個案的例子中，工程研發人員到生物實驗室中，他們發現了一台生物組研發人員常用來做為偵測的儀器，這是他們所熟悉的實體物件，因此他們去拆解儀器，來試圖找出一些關於生物因子的訊號是如何釋放出的蛛絲馬跡，藉由這樣的一個過程去尋求他們想要的答案。而生物研發人員就利用網路去了解工程相關的知識，想辦法去了解一些對方領域的基本知識，最後畫出一張在他們生物頭腦下所理解的生化反應的電路圖，他們是利用網路獲取基本知識的方式，改從對方的角度去回答問題。這些動作所代表的意義是，他們都從「去對方領域中尋找一個自己看得懂的物件」來當作一個著力點，進而利用這樣的一個物件去學習對方知識領域的部分內涵。同時，從「去對方領域中尋找一個自己看得懂的物件」當做一個起點，有一個更大的優點是，這種方式最容易精準地篩選出他們所必要了解的部分，也就是在對方知識領域中需要與自身領域重疊的部份，並自動去除了很大一塊根本不需要花時間與心力了解的部分。他們利用這種方式取代言語的溝通，同時利用學習必要的部分的這個過程去找到答案。他們跨出自己本身的知識領域，對對方的知識領域進行涉獵，這個過程中雙方都可以藉由這種疆界物件，更精準地去尋找對方知識領域中的與自己領域有關的部分，並對對方的知識獲得一個必要的理解。最後他們會將這些理解納入自己本身的知識體系中，進行一個重新脈絡化的過程。這種利用疆界物件幫助雙方了解對方領域知識的方法，事實上更精準來說是一個藉由疆界物件去學習的過程。這個學習的過程並不同於單純去學習一個新的知識。這個學習過程特殊的地方在於，兩邊的研發人員都是帶著具有本身知識背景的眼睛，去看另一方的知識。因此，他們所要找尋的並不光只是新知識，他們所要找尋得是一種連結。因為這

些研發人員是為了同一產品去學習另一領域的知識，為了這樣的目的地去學習，帶著本身的知識背景的研發人員會特別去針對性地學習，他們要的是尋找出在這個產品的範圍內與自己本身領域有關連結中的知識。他們把有關係的部分納入自己本身的知識領域中，最後會帶著新的理解離開，而這樣的理解會在以後的研發過程中，融入他們各自的設計之中，進而帶到整個產品。

事件二：專有名詞的誤解

符號學家指出，當一個人想用一個記號去表達，這個被表達的記號(或物或語言)會有很多種不同意義的理解(Barthes 1967, Eco 1976)。例如，同樣的一個字，醫生告知醫院裡手術室外等候心導管手術的家屬時，或是想要在電視螢幕前表現醫生的形象時，或是在表達情感上的關懷時，所代表的意義都是不同的。這代表著，特定的知識表達，很有可能會被解讀成很多不同的意涵。這在知識傳遞的觀念上帶來了一個問題，因為如果傳遞者所表達跟接受者接受到的意義有不一樣的話，這樣被傳遞的知識就會變得模糊不清了。同樣就如同先前提及的，社會語言學家也證明脈絡對語言意涵的理解是很重要的。文字不但可以代表很多意涵，而且這些意涵還取決於所處的情境、脈絡或是社群裡人們表達他們自己方式而不同 (Cicourel, 1981; Blom and Gumperz, 1972)。

在個案中的第二個例子就是遇到同樣的文字所代表的意義，在不同知識領域中的人可能會有解讀上的誤差這樣的問題。在第二的例子中，即便同樣是一個「電化學」的名詞，在不同知識領域下，不同的認知就產生了意義上的不同。也就是因為使用一樣的名詞，所以這種理解上的不同，研發人員在用語言或文字溝通時根本無法發現。這樣的誤解就很容易發生於跨知識領域的合作中。整理這個例子發展的過程如下表所示：

表 5 事件二：專有名詞的誤解

事件	互動者	最初理解	表現溝通方式	解決方法 (幫助具體化的物件)	再次澄清	新理解
(二) 專有名詞 —電化學	工程	電化學牽涉氧化還原。	生化反應要怎麼偵測?			
	生物	用「電」來偵測叫電化學。	用「電化學」方式偵測。			
	工程			實驗結果：偵測不到變化。		
	具工程與生物 雙重背景研發人員			名詞「電化學」	「電化學」是氧化還原反應。但其實實驗只要用電學就可以偵測。	
	工程					喔，用電學方式就可以測。
	生物					原來電化學跟電學是不同的。

在這個例子當中，「電化學」這個名詞，以工程領域來講，在工程領域中所代表的是電學裡面特定細分的一種反應類別，這樣的意義是存在於工程領域的知識脈絡中，但是卻不會出現於生物領域的知識脈絡中，生物研發人員可能不清楚它正確的意涵，而只從文字表面來意會。而這種脈絡上的不同，就形成了對同

一個名詞，卻解讀為不同意義的誤解，這種誤解就會造成溝通上的障礙，甚至持續一段時間都沒有被發覺。而觀察團隊跨越障礙的方式，團隊經由「電化學」這樣的一個名詞，進入一個互相學習的過程。生物組的研發人員向工程研發人員解釋生化反應的原理，並描述她們所認知的電化學是指什麼樣的生化反應，同時工程組的研發人員會對生物研發人員重新給予「電化學」正確的定義。因此「電化學」這個名詞在這個例子當中，就是扮演一個疆界物件的功能。分析這個名詞可以當成疆界物件的原因，就是因為它引發了一個學習的過程，藉由這樣的一個名詞，讓兩個領域的研發人員在彼此知識的某個部份進行交流，把另一個領域的知識納入了自身的領域，因此「電化學」這個名詞就會成為兩者開始溝通的重要媒介。

事件三：製程的順序--未知的限制會隱含在不同的知識脈絡中

如同之前文獻整理部分提及，理論學家認知到了「知識傳遞」的這個觀念是有其限制的 (Reddy, 1979)。「知識要在組織中完全不帶任何隱性的被傳遞」有幾個假設前提：簡單的知識傳遞必須要在一個意義跟隱喻上都相同的組織中，就是在組織中，意義都是統一的，脈絡也相對的一致。而即便是運用同一種技術的製造生產流程的組織中，這些假設都不可能存在。就如同另外一些學者的研究發現，成功的知識傳遞並非如此簡單，他們強調許多知識的「隱性」(tacitness)，會讓例行公事和標準作業程序，很難編纂、傳遞以及複製 (Nonaka, 1991, 1994; Nelson and Winter, 1982; Kogut and Zander, 1992)。而這些知識的隱性，就是由於不同的脈絡所形成。

上述整理的前人研究中顯示，在依功能性劃分的兩組織間，知識的傳遞並不是那麼容易。承接以上這些前人研究對應到本研究所關注的無線奈米生醫團隊，當知識的交流與傳遞更進一步牽涉到多種技術的跨知識領域的研發活動時，這種

團隊中的知識傳遞將會比只在單一領域的技術研發更為困難。而造成跨知識領域溝通困難的幾個因素，其與跨功能性部分組織中溝通困難上的不同，可探討如下列幾點：1. 因為跨知識領域組織中各知識的形成，都牽涉非常長時間的研究累積，這些知識的傳遞與跨功能性部門中知識的傳遞，其中的不同在於，這些知識都具有高深度的特性。2. 在跨功能性部門的組織中，各部門所累積的知識，並不會因時間的改變而有非常大的差異，然而在跨知識領域的合作中，各領域所累積的知識卻可能會隨學術研究不斷的精進，而有大幅度的改變。因此，在知識領域中所一脈相傳的知識將比功能性部門中所累積的知識更為繁瑣且知識累進的變化性更大。除此之外，更由於因知識脈絡所造成的差異，遠比功能性組織所形成的脈絡差異來的大。因此疆界物件的功用不只是一要幫助當下的溝通，更需要在溝通無法涵蓋的部分，進行知識的學習，才能真正獲取有效溝通所需要的資訊知識背景。尤其是這個例子中所遇到的隱形的限制這個部份，更是需要經由不斷的試誤學習，來不斷找出隱藏的關鍵限制因素，才能將之逐漸納入實驗設計中。在這個第三個隱藏限制的事件中，團隊解決問題的過程同樣整理如後表：

表 6 事件三：製程的順序

事件	互動者	最初理解	表現溝通方式	解決方法 (幫助具體化的物件)	再次澄清	新理解
(三) 製程的順序之故事一	工程	用最簡單的方式設計製程	『請你們在我們完成組裝後，將生物分子接合上去。』			
	生物	生物分子與工程組裝方法互不相干	『生物分子必須在未封裝前先附著。』	「指著」被封裝好的電極，解釋實際上的困難。	『如果先封起來，就無法部分遮蓋，以接合不一樣的分子。』	
	工程				『這樣的話，那製作到晶片完成，就先接合處理，之後再封裝。』	原來有不同的生物分子需接合在不同位置的順序問題。
製程的順序之故事二	工程組研發人員	生物分子只要被接合上就好了，不會受到溫度的影響。	『生物分子正確接合完，就可以交回工程組進行高壓氣的封裝。』			
	生物組研發人員	也認為封裝的製程不會影響反應。	『怎麼都偵測不到所接合上去的生物分子?』			
				具工程與生物雙重背景研發人員	封裝時高壓氣電漿技術牽涉高溫，會導致生物分子(抗體)	

					被破壞。	
工程 組研 發人 員					那應該需要再 加附一個隔熱 層。	原來生物 分子怕高 溫，有溫度 限制。
生物 組研 發人 員						高壓氧的 封裝方 式，會牽涉 到高溫。

從這個例子中可以看出，不同的知識領域所形成的脈絡，會涵蓋不同的限制，這些限制只有存在該知識脈絡的研發人員才看得見。觀察團隊解決的方式，同樣必須經由實體的物件，來幫助發掘限制的存在。而這些隱形的限制，在經由疆界物件可能是一個手勢或是一個疆界中介者發現後，同樣會重新脈絡化兩方的知識，分別帶進兩方各自的知識系統中，以得到新的理解，並把這些新的理解加入未來研究設計的考量中。

第四節 跨知識領域溝通的過程

在這幾個跨知識疆界合作的例子當中，每個例子造成溝通障礙的原因都不相同。總結以上這幾個造成溝通障礙的原因，包括：「學科」、「實際實驗」、「對產品的概念」及「語言」，而這些因素也使兩知識背景呈現不同的脈絡，從構成溝通障礙的這些原因中，也可以清楚看見源自於不同知識脈絡的疆界樣貌。回顧在本研究中跨越這些障礙的方法，發現當語言或文字無法溝通時，研發人員都會藉由存在於兩領域中的疆界物件來幫助理解。這些疆界物件包括在生物研發人員實驗室裡的生化偵測儀器、一個專有名詞或是一位具有兩方學位的跨專業領

域的研發人員等。而這些疆界物件在幫住研發人員進行跨知識疆界的合作時，所扮演的角色是「指引」，這個疆界物件帶領著兩知識領域的研發人員，找到一個自己能部分理解的著力點，藉由這樣的一個著力點進入另一個未知的領域，然後經過一個有方向性、有限制範圍的學習過程，才能真正針對性地獲得必要的理解。這樣的理解是一種利用疆界物件學習的過程。反觀在前人研究中所探討的疆界物件的運用，同樣是利用疆界物件獲得理解，在跨知識領域中的這種疆界物件的運用，是與 Bechky(2003)在 EquipCo 的跨功能性組織中疆界物件所扮演的角色有很大的不同的。

再次回顧在 Bechky(2003)在 EquipCo 所做的疆界物件的研究，在一個製造機器公司的組織中，公司依功能性區分成工程師、技師及組裝員這三個社群，造成了他們局部的理解的關鍵因素為：「工作地點」、「對產品的概念」及「語言」的不同。這些脈絡上的不同，會讓此三群組的人針對同一物件發展出不同用語，但是只要在溝通時加入這個用語所指稱的實體，這個疆界物件就能夠成為讓人豁然開朗的重要溝通工具。依功能性區分的群組溝通的過程為：

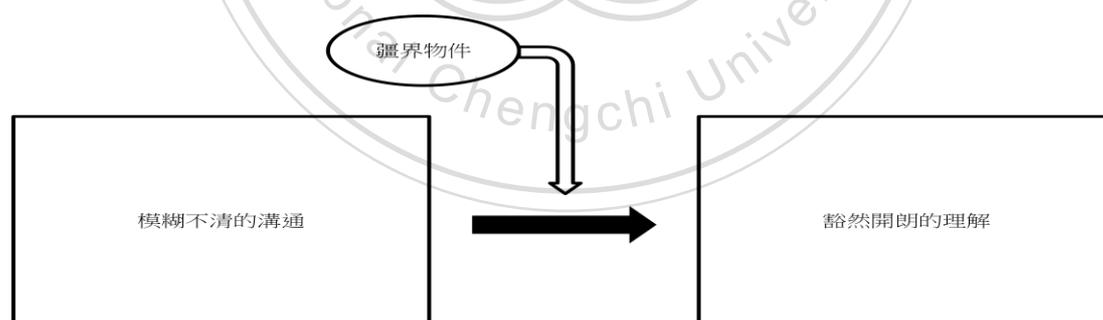


圖 3 跨功能性組織的理解過程

以上這個圖就代表著，當在跨功能性領域的溝通中有遇到任何不理解時，只要兩方的人員一起到現場，指著實體機器來說明，很多語言上用詞上的不同，就會因為直接用手指著所指稱的裝置而立刻理解，所以只要在所共同開發的機器

實體旁邊，指著實體討論，溝通就可以很順利的進行，而這個機器實體就可以被當成一個幫助理解的疆界物件。

而對照本研究中的跨知識領域的生醫研發團隊合作研發的例子中，疆界物件的功用，就不是讓對方產生立即性的了解。探討這兩者間最大的不同，在跨知識領域的研發團隊中，兩方研發人員所擁有的知識都是屬於專精知識，形成脈絡的關鍵因素為：「學科」、「實際實驗」、「對產品的概念」及「語言」。這與依功能性區分的群組中的「工作地點」、「對產品的概念」及「語言」有很大的不同。因此，疆界物件在跨知識疆界幫助溝通的運用，是會需要牽涉到一個學習的過程。跨知識領域的溝通過程如下圖：

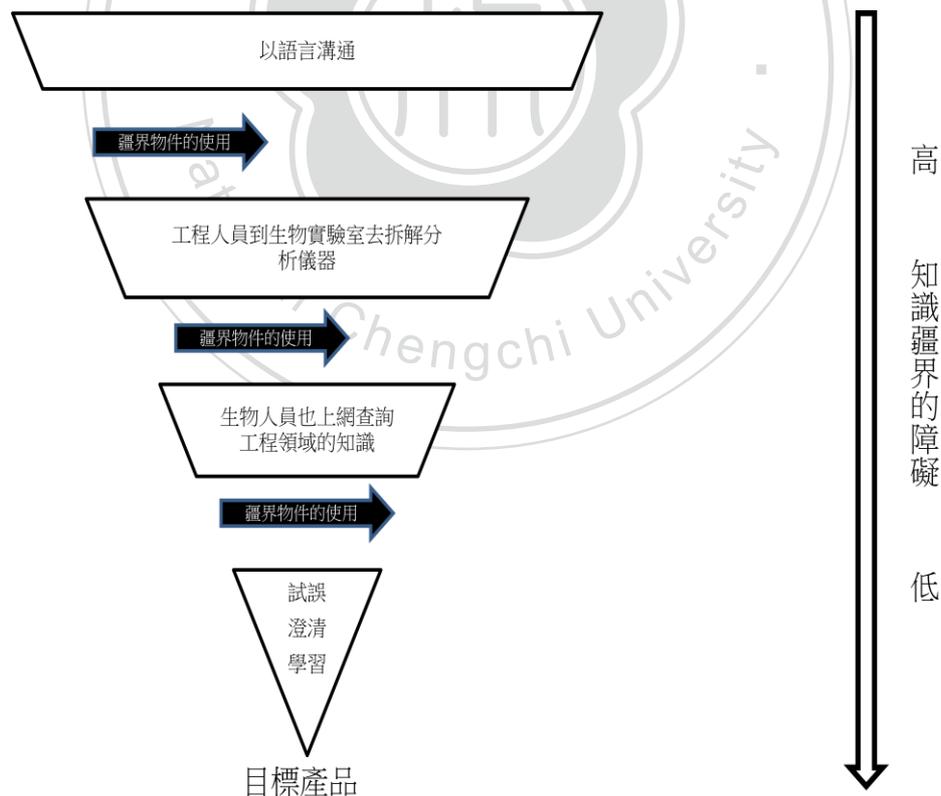


圖 4 跨知識疆域的溝通過程

伍、討論

第一節 學理貢獻

此節將闡述本研究如何藉由前人研究衍生，以及與前人研究的差異之處。在 Bechky(2003)的研究提出在依功能性區分的組織中，形成每個群組不同脈絡的本質有：「工作的地點」、「對產品的概念」及「語言」。因為這三個本質上的不同，而讓每個群組形成不同的脈絡。脈絡上的差異會造成溝通上的誤解，可適當的運用疆界物件來幫助釐清，但這些本質上的差異會影響疆界物件幫助溝通的模式，同時也會讓疆界物件實質功能的意義不同。例如 Bechky 在跨功能性群組中所觀察到的溝通模式，如果要能夠清楚、正確並且有效率的溝通，必須要在機器實體所在的現場進行，因為這個實體機器會直接定義溝通者用手所指的地方讓對方直接了解，所以可以當作一個疆界物件，而這個疆界物件之所以有用，則是因為它存在於形成各群組脈絡的本質中。所以這個「實體定義」在 EquipCo 可行的必要條件是：它有「對問題具體的呈現」的功能。因為它出自於實際工作的地點及團隊對產品所擁有的概念，所以它在各自的社群都是有意義的。在 EquipCo，雖然工程師、技師及組裝員的概念及實際工作的地點都不同，但他們有生產同一個產品的共同目標。若不是在這種情況下依功能性不同而分別的群組，實體的物件就無法從工作脈絡中得到這樣的本質，因此實體物件也依然無法幫助溝通。例如若一組織不同社群的成員，是有不同的概念或是實際工作地點不同的情況下，在解決問題時，具體的物件就不能替他們帶來共同的理解。

另外 Bechky(2003)同時提出了「知識共享是經由一個轉換的過程而不是傳遞」這樣的觀點。「轉換」發生在當一個社群的成員希望了解如何將由另一個社群來的知識置入自己的工作脈絡中，豐富和改變自己原本所知道的東西。經由轉換的

過程，個人對產品、製程或組織的理解是被擴大的，而不僅僅是被介紹了一個新的知識，是把這些知識轉換到在他自己的實際工作上，提高個人對本身工作的了解，使他能夠在工作內容上看到新的曙光。所以，在團體間的誤解，是可以經由共同創造一個共通基礎來調解。在這個共同的基礎下，團體的成員能夠重新脈絡化地域性的理解，提供脈絡所需，來建立跨社群建立共同的理解。Bechky 用發生在 EquipCo 公司的轉換過程，來說明在組織中共同基礎該如何被建立，並指出疆界物件是如何被運用在組織的學習及解決問題中，引介了一種關於實際社群觀點上新的思考方式。

承襲上述的研究，本研究針對無線奈米生醫團隊，提供另一種分組類型的實際社群溝通模式的觀察。所觀察的無線奈米生醫團隊是由生物領域與電機領域所組成的跨知識領域的研發團隊，經由觀察及實際探訪發現，與跨功能性群組不同的是：影響著跨知識群組脈絡的本質因素有：「主要學科」、「實際實驗」、「對產品的概念」及「語言」，這些本質上的不同讓各群組有不同的脈絡，造成溝通上的困難。而這些影響脈絡的本質因素與跨功能性群組最大的不同處在於，它們並不像跨功能性群組是由於負責的工作不同而慢慢衍生出的差異；在跨知識領域的合作中，兩個群組在合作之前就已經帶著根深蒂固的差異來共事，這樣的不同，讓知識分享不能單純地經由傳遞就能理解；同時也是因為這些不同，讓運用疆界物件的轉換過程，也會與跨功能性組織的過程大不相同。這個過程無法如同跨功能性組織般只要運用實體就能產生立竿見影的效果，所以疆界物件的功用也與跨功能性群組不同。

在跨知識領域團隊中所觀察到的知識分享的轉換過程，它的特別之處是在於需要花一段時間去完成轉換的目的，並不能是立即性的理解，它必須加入一個「學習」的過程。這是因為影響跨知識領域團隊各群組脈絡形成的主要本質因素，是在還未共同合作前就存在的，這包括知識的培養、專業技術的訓練、專業用語的

養成。培養的時間端看技術的難易程度，技術越精深先前培養技術的時間就越久。本研究以所觀察的無線生醫團隊為例，兩個知識領域的研發人員都是非常專精的研發人員，兩領域的研發人員各自在自身的知識領域受到長期非常專精的訓練，因此在合作時會讓兩領域的研發人員造成很高的溝通門檻。在這樣的情形下，兩知識領域的人員在跨知識領域的溝通，會需要很長一段時間的摸索磨合期，因此，知識分享的轉換過程與跨功能性團隊的轉換是並不相同的。

在跨知識領域合作這樣的一段摸索學習過程，是一種知識理解的轉換過程，但此過程不可能是完全接受學習另一知識領域的全部知識，也不會是像跨功能性組織一樣利用實際的物品當做一個疆界物件就可以立刻理解。然而在跨知識領域的溝通仍可利用疆界物件來幫助理解，此時疆界物件的功能是可幫助縮短轉換理解的過程，疆界物件雖不是立刻提供具體的意義，但它可提供學習過程中方向的指引。也就是說，藉由另一方的研發人員，藉由這個疆界物件可以有效率地找到需要學習的知識，而不是將對方的知識全面接收或是漫無目標的搜尋。

有這個疆界物件的指引，讓兩知識領域的研發人員，可以跳過對方知識領域中龐大的基礎知識架構，直接針對所需的重點知識進行交流。這個跨知識的理解轉換過程雖然不是即時的，但經由運用疆界物件可以縮短雙方的摸索過程，讓兩知識領域的研發人員可以更有效率地達到溝通理解所需的知識層次，並將新知識帶回自己的研究中，讓兩個領域的知識進行重新脈絡化的過程。以本研究針對無線生醫奈米團隊觀察到的這幾個故事來說，就是藉由疆界物件找到一個介入對方知識領域的著力點的最佳範例，研發人員藉著這個施力點逐步進入對方的知識領域，再經由一個有方向的學習過程，將這些知識納入本身的知識脈絡中。

本研究發現影響脈絡的「本質因素」會影響疆界物件幫助溝通的模式，同時也會讓疆界物件的實質功能的意義不同。再進一步深入探討，兩者不同的脈絡，

是如何影響疆界物件溝通模式及實質使用意義上的不同，分別對跨功能性群組及跨知識領域群組論述如下：

1. 在跨功能性群組中疆界物件的使用與意義：

在跨功能性群組中，由於都在同一個公司處理同一種產品，所以群組間的理解都是從開始製造產品而來，這些各自產生的理解有很多相似之處，會造成他們溝通不良的狀況，都是因脈絡不同而「會錯意」的情況。這樣的誤會，只要在實體物件旁直接用手勢指著所要表達的部分，雙方就立刻清楚明白對方所指稱的是什麼樣的情形。這是因為疆界交疊之處所需要溝通的內容本質，並不包含艱澀的內容，即便是工程師需用複雜的繪圖程式來製作草圖，但是工程師與技師的溝通不需要包含製圖的部分，技師及作業員只要正確解讀草圖就可以了，因此合作前各自的脈絡並不會影響溝通理解。因此功能性組織的「誤解」，本質上是「會錯意」，疆界物件實質功能是提供一個具體的定義，其使用模式為—在疆界物件旁溝通就能立即明白。

2. 跨知識領域群組中疆界物件的使用與意義：

在跨知識疆界的群組中溝通時，疆界物件也是非常重要幫助跨疆界理解的工具，但運用疆界物件不會有立即性的理解產生。在這樣的組合中理解無法立即產生的原因，是因為在跨知識領域的研發合作之前，兩知識領域都早已各自擁有深且廣的知識脈絡，且兩領域交疊之處所牽涉的知識內涵，其難易程度都已超越常識範圍。這些知識來自於各知識領域無數前人研究的累積，即便是商業化產品的應用，其技術也是來自於許多基礎科學的理論架構。因此在跨知識疆域的交會處，疆界物件是用來當作幫助溝通的一個著力點，真正的理解必須靠一連串的澄清、試誤、學習才會形成。但理解還是需要疆界物件的幫助，才能找到在產品開發上真正所需要的知識內涵，因此疆界物件扮演的是一個指南針的角色。它的功能是讓這個學習具有目標性，才不至於在浩瀚的知識海中迷失了方向，或是浪費資源

去學習不必要的東西。因此，在跨知識領域的溝通中，疆界物件的功能是指引方向，讓研發更有效率地聚焦；而使用的模式為，從疆界物件出發，經過一個學習的過程，最終獲得理解。

以上是本研究所提出疆界物件在跨知識疆界與跨功能性群組的使用過程上最大的不同處。

第二節 實務貢獻

本節將針對理論層次的差異在實際企業中所代表的意義，提出更進一步的看法，以提供產業界最貼近實際應用面的參考。

在前人的研究中，提出知識是不容易被傳遞的概念，闡明跨功能性群組的溝通並不是容易的事。這樣的觀點在實際產業應用上所代表的意義就是：企業的管理者如果沒有清楚意識到跨群組的溝通並不是那麼容易的這一點，讓跨功能性組織中的部門與部門間單純利用言語或文字來溝通，在產品的開發上就會造成很多的誤解，耗費時間在無效的溝通、釐清及修正錯誤。Bechky (2003)在針對跨功能性群組的研究最後提出，管理者應該為了溝通及具體的解決方案，尋找可提供及支援的管道，並納入正式的流程中。因為工程師的設計活動與組裝員的建造活動都是必須的，所以組織應該促進兩個社群去得到對對方領域的理解，例如提供工程師穿上兔子裝進入生產區域的誘因。相同的，工程師與組裝員的專案小組應該在實際產品旁開會，讓他們彼此有實際的事物的可互動，並把這樣的一種溝通方式，當成一種必要且正式的規定。另外，在組織設定標準流程及擴大訓練時，也要規定以具體的物件輔助，如此才可以進一步促進實際上具體的溝通。由以上這些發現中暗示著，如果在組織中存在的科技媒介的溝通，像是電話或是文字的信件，就應該特別考量到這樣的溝通是有可能出現問題的。如果一個跨功能性的

團隊是經由網路會議(conference call)，這樣的方式可能會造成很多無法解決的口語上的誤會，應該盡量避免。因此，Bechky(2003)最後提出依照功能性組織涉入的程度及分享工作脈絡的多寡，設置實體的、可以共享實體工作物件理解的會議，可能會是跨功能性團隊在溝通上，比較有效的方式。

接續到本研究所探討的跨知識領域合作，當團隊是由跨知識領域所組成的研發團隊時，跨群組的溝通又有了另一種模式。跨知識領域的研發所追求的就是研發上的突破，這種突破式創新，常常隱含著高投資、低成功率的風險，會擁有這種高風險的特性，是因為在跨知識領域的研發團隊中的研發人員都會處於有一半的知識是自己所不熟悉的狀態，在這樣的情況下合作，他們所會遇到的困難或瓶頸常常會是無法預料。因此從本研究的觀察與發現，希望可以提供企業在從事跨知識領域的突破式創新管理上的一個思考方向。管理者應該認知到的是，不同專精知識領域合作的情況下，言語跟文字或是任何物件的幫助都無法讓理解立刻產生，因此，一個學習的過程是必須的。從本研究在無線奈米生醫團隊中所看到的幾個跨知識領域溝通的例子，可以看到在跨知識領域疆界的合作下，當研發人員去探究另一知識領域的內涵時，即便他有意願去了解也無法在短時間內找到所需的答案，這就是因為知識領域深且廣的特性所造成，是與跨功能性組織溝通上最大的不同。

另一個管理者需注意的是，因為這種知識領域跨越不易的特性，讓研發人員傾向只專注於自身領域的部分，但這樣的方式，在一開始進行時看不出問題，可是在整合時問題就會一一浮現，讓產品無法順利整合。因此，管理者必須特別在研發的初始，安排兩研究領域的研發人員刻意交流，例如：固定安排讓一方的研發人員到另一方實驗室參觀，請他們找出自己可能會了解物品，然後請對方研發人員解釋這個物品在他們實驗室是如何被使用，並將自己對這個物品的了解與另一領域研究員的不同具體的寫下；也可以在旁看對方實驗，被參觀的實驗人員

是進行正常的實驗，但邊做實驗邊用說的及用手指的來說明他在做什麼。這種看似沒有實質需要的做法，必須在一開始就把溝通納入正式的程序中，新的理解才會在這個過程中慢慢的醞釀產生。因此，管理者必須了解到溝通時理解無法立即產生是必然的，兩方的研發人員都必須提升到某一個知識層次，理解才會開始產生，而這個知識提升的過程是一個學習的過程。在這個學習的過程中，疆界物件可以指引學習方向，幫助這個學習聚焦，讓雙方可以更有效率的學習，進而加速建立一個可以溝通的平台。

以實際產業應用面來說，跨知識領域溝通的團隊，除了在此觀察的產品研發團隊以外，事實上跨知識領域團隊的合作還可以應用到其他相類似的產業，例如：在公司的財務部門中，會計背景跟財務背景人員的合作之間；或是在行銷團隊解釋統計數據時，數學背景行銷人員與文學背景行銷人員的合作之間，在溝通互動上都會有因各自的知識脈絡不同而產生的知識黏著性，造成溝通合作上的障礙。

綜合整理有以下幾個要點提供給企業：

1. 要有效率的進行跨知識領域的創新，需要經過一個學習的過程，但這個學習並非為全盤吸收或是漫無目的的學習，應使用適當的疆界物件為知識延伸的起點，它可以指引學習的方向，幫助研究聚焦。
2. 由於跨知識領域具很高的進入障礙，因此將固定互動設計於正規的研發程序中，同時加入適當的激勵方式以強化學習動力是必要的。
3. 要促進跨知識領域的研發團隊的溝通，必須尋找一些在兩知識領域中都有出現的疆界物件當做一個學習的起點，可有效促進溝通。

4. 兩知識領域間，對彼此互相工作流程的實際了解，可有助找出因知識脈絡不同的隱藏限制，因此安排兩方實際進入對方的工作流程也是必要的。
5. 集中兩知識領域的研發地點，將有助於對對方領域的觀察，也是有利於找出研究限制的方式。

以上，提供這些方法希望能帶給企業在突破式創新的研發管理中，一個很好的參考資料。

陸、結論

這個研究是在描述理解經由跨知識領域社群間經由學習而轉換的過程，這個過程讓研發成員在團隊中，產生了對產品及製程上更豐富的理解。用最直接觀察及訪問的方式檢視這個「轉換」的過程，在無線奈米生醫團隊經由疆界物件讓研發人員在另一知識領域中有具目標性的學習，並說明只經由疆界物件的出現並不能在跨知識領域的溝通上立刻得到理解。對跨知識領域研發社群的檢視，說明了在這樣的組織中理解轉換上知識脈絡的意涵及所造成的影響。

這個在無線奈米生醫團隊製程開發研究的目的，是經由發現一種方法，可以讓理解在知識領域間互相傳遞，進而散布到整個團隊。在這種情況下，疆界物件(儀器、專有名詞...)會被拿來當作理解轉換上的一個具體的學習方向，因為兩個知識社群都對疆界物件在各自的知識領域中存有交疊的脈絡。一方面來說，若沒有這樣的疆界物件指引，兩知識領域的人員根本無從得知兩知識領域會在哪個部分有交集。另一方面來說，這些交集處可以讓兩邊的研發人員更快速地去創造一個共通的平台。這代表著，在任何牽涉到兩種不同專精領域的合作裡，都可以利用這樣的方式，來進行有效的學習，以縮短建立溝通平台所需要的時間。例如：

在企業中做財務決策時，當財務專員遇到會計專員，一方望眼於未來一方專注過去；或是在行銷團隊解釋統計數據時，數學家碰上文學家，一方重視數據一方重視感覺。在這種各自有自己一脈相傳、專精的學問脈絡的狀況下，都可以用這種利用疆界物件循序漸進的針對性學習的方式，去創造一個可以互相交流意見的溝通平台。更重要的是，這樣的交流學習雖然比較耗時耗力，但十分有助於突破性創意的產生，是一個在不確定性高的研發合作中，真正可以增添成功機率的方式。

最後，檢視這個團隊中知識的研究，它暗示著知識的脈絡是根深蒂固的、是長時間訓練累積而來的，這提醒著我們，在跨知識領域的研發中，知識疆域是不容易打破的。如果研發人員只依照自身領域的經驗，構築在合作研發產品上的理解並只用之與另一群組的人員互動時，由於不同知識領域的研發人員所創造的架構有所不同，有時可能對他領域的研發人員來說，是不能理解而無從配合的。這些都是需要在正式的程序上加入適當的方式(使用疆界物件、安排定期參與對方的例行工作等方法)，來調和這些差異及縮短研發的時間。

Bechky(2003)提出用「實地看」疆界物件的方式來跨越功能性疆界；而本研究提出，跨知識疆界除了實地看，還必須利用疆界物件「導航」，透過學習、澄清、試誤的過程來幫助跨越。疆界物件不但提供了一個知識跨越的起點，更有效提高了跨知識領域研發交界處的技术層次，將加速爆發性產品的出現。

參考文獻：

主要參考文獻：

Bechky, B. A. 2003. Sharing meaning across occupational communities: The transformation of understanding on a production floor. *Organization Science*, 14(3) 312–330.

其他引用文獻：

- Barley, S. R. 1996. Technicians in the workplace: Ethnographic evidence for bringing work into organization studies. *Admin. Sci. Quart.*, 41 404–441.
- Barley, B. A. Bechky. 1994. In the backrooms of science: The work of technicians in science labs. *Work and Occupations*, 21 85–126.
- Barthes, R. 1967. Elements of Semiology. *Beacon Press, Boston, MA.*
- Bechky, B. A. 2002. Object lessons: Workplace artifacts as representations of occupational jurisdiction. Working paper, Graduate School of Management, University of California, Davis, CA.
- Blom, J.-P., J. J. Gumperz. 1972. Social meaning in linguistic structure: Code-switching in Norway. J. J. Gumperz, D. Hymes, eds. *Directions in Sociolinguistics: The Ethnography of Communication*. Holt, Rinehart and Winston, New York, 407–434.
- Boland, R. J., Jr., R. V. Tenkasi. 1995. Perspective making and perspective taking in communities of knowing. *Organ. Sci.* 6 350–372.
- Brown, J. S., P. Duguid. 1991. Organizational learning and communities of practice. *Organ. Sci.* 2 40–57.
- Carlile, P. R. 1997. Understanding knowledge transformation in product development: Making knowledge manifest through boundary objects. Ph.D. dissertation, University of Michigan, Ann Arbor, MI.
- Carlile, P.R. 2002. A pragmatic view of knowledge and boundaries: Boundary objects in new product development. *Organ. Sci.* Forthcoming.
- Cicourel, A. V. 1981. The role of cognitive-linguistic concepts in understanding everyday social interactions. *Annual Rev. Sociology*. 7 87–106.
- Cicourel, A. V. 1990. The integration of distributed knowledge in collaborative medical diagnosis. J. Galegher, R. E. Kraut, C. Egido, eds. *Intellectual Teamwork: Social and Technological Foundations of Cooperative Work*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Hillsdale, NJ.
- Cohen, M., P. Bacdayan. 1994. Organizational routines are stored as procedural

- memory: Evidence from a laboratory study. *Organ. Sci.* 5 554–568.
- Dougherty, D. 1992. Interpretive barriers to successful product innovation in large firms. *Organ. Sci.* 3 179–202.
- Eco, U. 1976. *A Theory of Semiotics*. University of Indiana Press, Bloomington, IN.
- Fiol, C. M. 1994. Consensus, diversity and learning in organizations. *Organ. Sci.* 5(3) 403–420.
- Garfinkel, H. 1967. *Studies in Ethnomethodology*. Prentice Hall, New York.
- Goodwin, C., M. H. Goodwin. 1996. Seeing as situated activity: Formulating planes. Y. Engestrom, D. Middleton, eds. *Cognition and Communication at Work*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 61–95.
- Henderson, K. 1995. The political career of a prototype: The importance of the visual in design engineering consensus and conflict. *Soc. Problems* 42 274–299.
- Huber, G. P. 1991. Organizational learning: The contributing processes and the literatures. *Organ. Sci.* 2 88–115.
- Jelinek, M., C. B. Schoonhoven. 1990. *The Innovation Marathon*. Basil Blackwell, Oxford, U.K.
- Kogut, B., U. Zander. 1992. Knowledge of the firm, combinative capabilities and the replication of technology. *Organ. Sci.* 3 383–397.
- Krackhardt, D., M. Kilduff. 1990. Friendship patterns and culture: The control of organizational diversity. *Amer. Anthropologist*. 92 142–154.
- Lave, J. 1988. *Cognition in Practice: Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. , E. Wenger. 1990. *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Leonard, D., S. Sensiper. 1998. The role of tacit knowledge in group innovation. *California Management Rev.* 40(3) 112–132.
- Leonard-Barton, D. 1988. Implementation as mutual adaptation of technology and organization. *Res. Policy* 17 251–267.
- Levitt, B., J. G. March. 1988. Organizational learning. *Annual Rev. Sociology* 14 319–340.
- March, J. G., H. Simon. 1958. *Organizations*. John Wiley and Sons, New York.
- Martin, J. 1992. *Cultures in Organizations: Three Perspectives*. Oxford University Press, Oxford, U.K.
- Nelson, R., S. Winter. 1982. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Bellhop Press of Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Nonaka, I. 1991. The knowledge-creating company. *Harvard Bus. Rev.* 69(6) 96–104.
- Orr, J. 1990. Sharing knowledge, celebrating identity: War stories and community

- memory in a service culture. D. Middleton, D. Edwards, eds. *Collective Remembering: Memory in Society*. Sage Publications, Beverly Hills, CA.
- Orr, J. 1996. *Talking about Machines: An Ethnography of a Modern Job*. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Perrow, C. 1970. Departmental power and perspective in industrial firms. M. Zald, ed. *Power in Organizations*. Vanderbilt University Press, Nashville, TN, 59–89.
- Polanyi, M. 1958. *Personal Knowledge: Toward a Post-Critical Philosophy*. University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Polanyi, M. 1967. *The Tacit Dimension*. Doubleday, New York.
- Reddy, M. J. 1979. The conduit metaphor—A case of frame conflict in our language about language. A. Ortony, ed. *Metaphor and Thought*. Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- Schon, D. 1983. *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. Basic Books, New York.
- Star, S. L., J. R. Griesemer. 1989. Institutional ecology, “translations” and boundary objects: Amateurs and professionals in Berkeley’s Museum of Vertebrate Zoology, 1907–39. *Soc. Stud. Sci.* 19 387–420.
- Szulanski, G. 1996. Exploring internal stickiness: Impediments to the transfer of best practice within the firm. *Strategic Management J.* 17 27–43.
- Tanz, C. 1980. *Studies in the Acquisition of Deictic Terms*. Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- Van Maanen, J., S. R. Barley. 1984. Occupational communities: Culture and control in organizations. L. L. Cummings, B. Staw, eds. *Research in Organizational Behavior*, Vol. 6. JAI Press, Greenwich, CT, 287–365.
- von Hippel, E. 1994. Sticky information and the locus of problem solving: Implications for innovation. *Management Sci.* 40 429–439.
- Weick, K. 1979. *The Social Psychology of Organizing*. McGraw-Hill, Inc., New York.
- Wenger, E. 1998. *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.