

國立臺灣大學理學院地理環境資源學系



碩士論文

Department of Geography

College of Science

National Taiwan University

Master Thesis

以 GIS 融入地理教學提升高中生空間思考能力

The Integration of GIS into Geography Instruction to
Enhance High School Students' Spatial Thinking Ability

王崇安

Chung-An Wang

指導教授：賴進貴 博士
Advisor: Jinn-Guey Lay , Ph.D.

中華民國 104 年 7 月
July, 2015



國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

以 GIS 融入地理教學提升高中生空間思考能力

The Integration of GIS into Geography Instruction to Enhance
High School Students' Spatial Thinking Ability

本論文係王崇安君 (R02228023) 在國立臺灣大學地理環境資源學系、所完成之碩士學位論文，於民國 104 年 6 月 12 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明。

口試委員：

賴世貴

(簽名)

(指導教授)

陳哲銘


母始承

謝誌

兩年的研究生時光砥礪了我的心智，人生改變了很多。永遠追求完全的魔羯座 A 型，停不下來的忙碌竟然還可以把論文寫完要感謝的人很多，如果一一列出來很怕會漏掉了誰。文字貴精不貴多，寫太多也只是為文而造情，謝謝我生命中的你們在我人生徬徨之際願意拉我一把。謝謝我的學生，謝謝我的夢想，這是讓我願意繼續走下去的動力。



摘要



空間思考所培育的空間素養被視為和閱讀、數學、科學並重的現代公民四大基本素養，是未來地理教育核心所在也是生活必要的能力。地理資訊系統被認為是一套適合提升學生空間思考能力的工具，近年來國內也不斷推廣將其融入在高中地理教學中。空間思考是國際間關注的重要地理議題，而國內相關研究相對較少，西方研究探討學生空間思考的研究多針對大學生，其中不乏空間思考與地理資訊系統關係的先驗研究，但多因樣本數不足及其他實驗限制而難以繼續，台灣為全世界少數擁有高教學時數且完整地理教學架構的國家，因此在國內探討此議題有其價值。本研究欲從現有地理課程中探索出適合以空間思考元素解析地理概念的單元，藉由分析現有教科書與訪談中學地理老師，了解教材內容與現有教學方式，進而改善編製成新教材，輔以 Google Earth 合組教學模組進行準教學實驗，比較以空間思考元素融入地理概念的教材及教學方式與傳統教學，對於學生空間思考能力的強化是否有差異，最後利用質性訪談方式，探討學生對於新教學方式與教材的看法。本研究主要結論有三點：1.現有高中教材中已涵蓋許多空間思考概念，但缺乏有系統性的整理與教材；2.學生經過 GIS 融入空間思考教材教學在繪圖題上表現，明顯比使用傳統教學的學生進步，顯示學生在呈現工具上展現較好的空間思考能力；3.研究結果雖和先驗研究相同，但本研究在台灣具升學壓力環境的文化下更具意義。

關鍵詞：空間思考、地理資訊系統、空間概念、教學實驗

Abstract

Spatial literacy, or the ability of spatial thinking, has been considered as an important literacy for citizens in modern society and also the core issue of geography education. When it comes to the method to enhance students' spatial thinking ability, GIS (Geographic Information System) has been recognized as a suitable tool and increasingly adopted in high school geography course. In Taiwan, although a few studies have been conducted about spatial thinking, they mainly focused on students in colleges or universities instead of high schools. Some other studies were made about relationship between spatial thinking and GIS, but the number of student samples in such research were limited. Accordingly, this research aims to discuss the challenges and opportunities to enhance spatial thinking ability in high school education in Taiwan. First, this research examined how the existing geography textbooks introduced spatial concepts in high school. Secondly, interviews were made with high school geography teachers regarding how they used the current textbooks to teach spatial thinking in classes. Based on the analysis above, this research further developed a teaching experiment by creating new teaching material that integrated GIS tools. Finally, this research interviewed the students to understand the pros and cons of the new teaching module. The main research findings were as follows: 1. The existing textbooks have introduced a lot of concepts about spatial thinking, but a systematic teaching module was lacking. 2. After using the new teaching material with GIS tools, students' performances in graphic test were significantly improved. 3. Although the above-mentioned results are similar to previous research abroad, this research contributed to a better understanding about the possibilities to increase students' learning about spatial thinking in Taiwan particularly under the condition to cope with the stress of the College Entrance Exam.

Keywords: spatial thinking, GIS (Geographic Information System), spatial concept, teaching experiment

目錄



目錄.....	i
圖目錄.....	ii
表目錄.....	iii
第一章 緒論.....	1
第一節 研究動機.....	1
第二節 研究問題與目的.....	3
第一節 空間思考.....	5
第二節 GIS 與空間思考.....	12
第三節 小結.....	15
第三章 研究方法.....	16
第四章 研究成果與討論.....	29
第一節 發展 GIS 融入空間思考元素教學模組.....	29
第二節 準教學實驗設計.....	54
第三節 學生訪談.....	74
第五章 結論與建議.....	79
引用文獻.....	84
附錄.....	87
【附錄一】天氣系統小測驗.....	87
【附錄二】99 課綱教科書空間思考內容初探分析表.....	91

圖目錄



圖 1 研究架構圖.....	16
圖 2 研究流程圖.....	17
圖 3 教師訪談流程圖.....	20
圖 4 實驗架構圖.....	23
圖 5 實驗步驟圖.....	25
圖 6 學生訪談流程圖.....	28
圖 7 空間思考三大要素分類架構圖.....	40
圖 8 氣團的基本組成與交互作用.....	45
圖 9 冷鋒的形成與剖面圖.....	46
圖 10 暖鋒的形成與剖面圖.....	46
圖 11 冷鋒過境後的情況圖.....	47
圖 12 暖鋒過境後的狀況圖.....	47
圖 13 傳統教學課程概念圖.....	48
圖 14 空間思考元素解析地理概念課程架構圖.....	49
圖 15 將地面天氣系統圖進行對位.....	50
圖 16 二因子混合設計決策圖.....	59
圖 17 兩組學生在選擇題上交互作用圖.....	62
圖 18 兩組學生在填充題上交互作用圖.....	66
圖 19 兩組學生在繪圖題上的交互作用圖.....	71

表目錄

表 1 Golledge 等人列出五個層次的空間概念.....	7
表 2 Janelle & Goodchild (2009)提出的空間概念及內容說明.....	9
表 3 三個階段的空間推理所表現的行為.....	11
表 4 準實驗模式.....	22
表 5 實驗對象人數.....	24
表 6 繪圖題評分指標.....	25
表 7 單因子與二因子檢定設計比較表.....	27
表 8 受訪者背景資料(教師).....	29
表 9 Jo & Bednarz (2009) 建立的空間概念分類.....	40
表 10 三大版本空間概念與呈現工具使用比較.....	41
表 11 三大版本教科書內容比較.....	42
表 12 傳統講述下的氣團分類表.....	43
表 13 空間思考元素解析地理概念.....	44
表 14 Google Earth 教學範例：短時間變化.....	51
表 15 Google Earth 教學範例：長時間變化.....	53
表 16 實驗組與控制組描述統計.....	55
表 17 偏態與峰度的檢驗標準.....	57
表 18 實驗組與控制組前測成績獨立樣本 T 檢定分析摘要表.....	58
表 19 教學方式×測量階段在選擇題分數上之變異數分析摘要表.....	61
表 20 選擇題前後測成績常態分配檢定摘要表.....	62
表 21 選擇題前測之項目分析表.....	63
表 22 選擇題後測之項目分析表.....	63
表 23 教學方式×測量階段在填充題分數上之變異數分析摘要表.....	66
表 24 填充題前後測成績常態分配檢定摘要表.....	67




表 25 填充題前測之項目分析表.....	67
表 26 填充題後測之項目分析表.....	68
表 27 教學方式×測量階段在繪圖題分數上之變異數分析摘要表	71
表 28 教學方式×測量階段在繪圖題分數上之單純主要效果變異數分析 摘要表.....	72
表 29 兩組學生在繪圖題中後測成績之組內迴歸係數同質性考驗.....	73
表 30 兩組學生在繪圖題中後測成績之單因子共變數分析摘要表.....	74
表 31 兩組學生在繪圖題中前測、後測及調整後的分數摘要表.....	74
表 32 受訪者背景資料表(學生).....	75
表 33 學生對於新教材教法的看法與建議.....	78



第一章 緒論

第一節 研究動機

筆者擔任高中地理教師，對於學生高中地理的學習狀況抱有關懷，現今面臨高中課程實行特色招生，學校課程方向可能走向增加選修而減少必修的狀況。在這樣的情況下許多人對於高中地理課程的必要性存有懷疑，然而地理和生活的連結主要來自空間思考(spatial thinking)。從美國教育中 K-12 課程來看，其中並沒有正式且有系統的課程架構以教授空間思考，主要原因來自於缺乏好的教學工具，而 National Research Council 委員會近年來呼籲空間思考在正式課程中的必要性。


National Research Council (2006) 發行一本有關於空間思考的專書，其中提到空間思考是認知技能的整合，包含知識與認知操作的轉換與結合，而空間思考主要由空間概念(concept of space)、表現工具(tool of representation)、推理過程(process of reasoning)組成。空間思考是整合到日常生活當中，舉凡自然物體、人造環境等都有位置、地點、距離、形狀、面積等空間概念，藉由空間思考的觀點可以轉換、分析處理資料，尤其是將大型的資料拆解分析，因此培養學生的空間素養(spatial literacy)非常重要，具有空間素養的學生具備：(1)他們能有使用空間思考能力的習慣、(2)他們能將所學實際執行空間思考、(3)他們具備批判性空間思考的能力，地理教學在中學課程中的重要性與必要性來自於培養學生的空間素養。

進一步探討空間思考與中學地理教育的關係，Jo and Bednarz (2009) 試圖從美國地理課本中建構出三種向度：空間概念、表現工具、推理過程等。空間概念分成：(1)複雜空間概念(如集中離散、空間關係、疊圖等)；(2)簡單空間概念(如距離、方位、形狀、樣態等)；(3)主要空間概念(如空間辨認、位置、大小等)以及(3)沒有使用空間概念。表現工具的使用則可分為(1)有使用(如地圖、圖表

等)以及(2)沒有使用。推理過程則分成(1)輸入(如定義、列出、回憶、配對等)、(2)處理(如解釋、分析、區辨、推論等)、(3)輸出(如評價、預測、設計、應用等)。從以上的研究中可以推想台灣的高中地理教科書中是否也包含了許多含有空間思考要素的地理概念呢？這是值得探討的問題。

1994年由美國聯邦所訂定出中小學課程標準中，將地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)的相關技能列入現代公民應當具備的基本素養，此項課程標準提出學生能利用資訊解決問題的能力，包括問地理相關問題(ask geographic questions)、獲取地理資料(acquire geographic information)、組織地理資訊(organize geographic information)、分析地理資訊(analyze geographic information)、以及回答地理問題(answer geographic questions)(Geography Education Standard Project, 1994)。台灣課程的部分，GIS課程首次出現於教育部1995年所頒布的84課綱，將地理資訊系統作為高三地理的選修課程，而2006年及2010年所啟用的95課綱與99課綱將地圖與GIS課程的教學節數增加，並由高三選修課程移置高一地理列為必修，因此每位高一學生都必須學習的地理資訊系統，高三選擇的部分則另行增加許多GIS融入各領域的範例與以問題導向的個案探討。從上述課綱的調整可呼應National Research Council(2006)提到：隨著電腦軟硬體系統的進步，藉由空間思考可以提升人在操作上的速度、正確性與彈性並提升表現的層次，GIS雖然不是唯一但能作為支持教學與學習空間思考的良好工具，因此GIS在地理課程中扮演的角色越來越重要。

Lee and Bednarz(2009)發現過去討論GIS與空間思考關係的研究結果相當不一致。其中空間思考包含三種能力即空間視覺化(spatial visualization)、空間定向(spatial orientation)與較少被討論的空間關係(spatial relation)，心理計量學者雖有已編製量測空間思考的量表，但由於心理學關注小尺度的範疇如個體差異，而地理學中探討空間思考的層面較廣，尤其是和GIS最為相關的空間關係



向度。現今已有的量表在量測上有許多限制，因此 Lee & Bednarz 提出新的測量工具。此研究主要測量修習不同課程的學生在空間技巧測驗上的分數差異，結果顯示修 GIS 課程導論的學生在分數上有明顯的進步，但研究設計上仍有許多不足，如有些學生在修 GIS 課程前已修過了電腦地圖學或是甚至同時修 GIS 課與電腦地圖學，另外研究樣本相對而言非常地小，因此這只是 GIS 與空間思考能力關係的初步討論。

從 Kim and Bednarz (2013)的文章中討論 GIS 學習與空間批判能力的發展關係。此研究貢獻在於展示 GIS 的學習對於提升學生批判性空間思考能力是有提升功效的。這能力的提升可能主要來自於 GIS 的本質，在課程中學生必須不斷思考資料來源的可信度與時常分析資料，而學生也必須親自操作解決問題，如在畫圖時需要思考使用的資料層級與單位等是否能達到目的等。最主要的貢獻在於發展一個新的測驗量表，結果發現學生的空間思考能力是藉由 GIS 課程中培養的，而這個研究結果也和先驗研究發現 GIS 能提升學生高層次思考技巧的結果相符合。

第二節 研究問題與目的

從上述研究動機可看出空間思考能力在地理學習上扮演重要角色，National Research Council (2006) 將空間思考視為最基本與重要的學習技能，並需要正式地教授給學生。教學活動必須配合課程結構與輔以適當工具，GIS 被認為一個能支持提升空間思考能力的工具。然而從先前的文獻回顧中發現有關於 GIS 與提昇空間思考能力之間的研究探討仍不足，因此本研究欲探討 GIS 融入高中地理課程對於高中學生的空間思考能力是否有影響。

從過去文獻中發現先前探討 GIS 與空間思考能力的研究中存有一些問題：(1)僅有少數空間能力測量的量表被發展，尚需要更多的量表來支持並做效度研究；(2)過去的研究的樣本仍然過小，需要更多的樣本才能提升外在效度更具代表性；(3)研究結果在不同脈絡下的結果未必相同，過去研究依循美國大學

的 GIS 教材，因此在放在台灣課程脈絡與升學環境下結果未必相同，另外過去研究僅探討大學生的空間思考能力，而未探討高中生。再者，台灣的中學地理課程時數相當多可見地理教育的重要，因此在地理教育上有其研究價值。

Kim and Bednarz (2013) 研究結果中也發現學習經濟地理的學生和學習 GIS 的學生在某些空間思考能力向度上差不多，這顯示了地理學中除了 GIS 課程外的知識也可能可以提升學生的空間思考能力？台灣的地理課程時數相對於其他地區相當多，可見台灣的教育體制中相當注重學生地理教育的培育，而過去探討空間思考與地理教育的研究也相對很少，因此本研究欲嘗試先找出台灣高中地理教材中與空間思考相關的課程內容，先讓學生學習其空間思考要素，再探討哪些是可以藉由 GIS 的融入強化學生的空間思考能力。

因此，本研究欲了解的問題為現有台灣高中生地理教學中空間思考元素的融合狀況為何？該如何進一步提升？除了學習 GIS、地圖學等技術地理課程外，能否藉由以空間思考元素解析地理概念來提升學生空間思考能力？根據上述研究動機，本研究具體的目的分如下：

- 一、探討空間思考在地理教育中所扮演的角色
- 二、探討 GIS 融入地理教學中對於高中學生空間思考能力的影響
- 三、根據本研究結果對於未來 GIS 與空間思考融入對於地理教育中教學與教材上的檢討與改善。



第二章 文獻回顧

本研究主要欲探討 GIS 融入高中地理教學中對於空間思考的影響，因此從以下兩部分回顧：第一節回顧空間思考的定義與來源以及其在地理教育中扮演的角色；第二小回顧 GIS 與空間思考在教學上的關係。


第一節 空間思考

關於空間思考的定義研究很多，最主要且廣為使用的定義來自於 National Research Council (2006) 該定義提出空間思考為認知技能的集結使我們能轉換、組合、操作知識，主要為三個元素構成的組合物：空間概念、工具呈現的使用、推理過程。National Research Council 提出的定義被後續的研究批評缺乏一個概念架構(conceptual framework)來作為空間思考能力的評量，然而關於空間思考與概念的階層概念架構在先前研究中已有人提出(Lee and Bednarz, 2012)。如 Gersmehl and Gersmehl (2006,2007) 將空間思考定義為一種地理學者使用來分析空間關係的技能，提出 13 個空間思考的模型，而從大腦研究指出每一個技能都有其對應的腦神經功能。Golledge, Marsh,& Battersby (2008) 提出的五個衍生階層的概念架構，而其他空間思考架構的討論仍然很少，因此本研究採用 National Research Council (2006) 提出的三元素再輔以 Golledge 等人的階層架構作為空間思考的定義。

National Research Council (2006) 提出空間思考為三個元素其中有關於空間概念(Space of concept)的討論較多，其他兩面向相對爭議性不大，因此以下回顧以關於空間概念的來源與其在地理教育上的扮演的角色為主，工具呈現的使用與空間推理的過程為輔。

一、空間思考

關於空間概念的回顧最初來自於 Nystuen (1963) 提出的初探性研究，他提



出基本概念是每個學科重要的基石，其基本概念的定義必須是有其必要性且獨立的，如此其他複雜的概念才能從中衍生。以清真寺的例子說明即使清真寺內部沒有固定的座位安排，但講師與教徒卻會自行形成明顯的空間型態，從中他提出了方向(direction/orientation)、距離(distance/separation)、鄰接(contiguity/adjacency)的概念，如教徒會希望能面對講師觀察肢體語言、教徒會希望越靠近講師越好，但同時又不希望和其他人太過擁擠等。另外也使用這三個概念來說明地理學的其他理論，如都市結構的同心圓理論顯然只考慮距離與鄰接而未考慮方向；交通的路網只考慮鄰接性，通常忽略了距離和方向。雖然此研究對於空間概念的討論並不全面，但從中可以得知以基本的空間概念解釋地理學知識與理論可以清楚描述內容並找出缺陷，因此在本研究中探討學生空間思考能力時，在教學上以空間概念詞彙來闡明教科書中的地理概念可使學生清楚了解。

後續關於空間概念的探討相關文獻很多，如美國課程標準(National Research Council,1996; National Geographic Society,1994)中也提出了 10 大類 129 個的空間概念詞彙。Golledge (2002)指出過去地理學者忽略了地理學自然與人文中其實都包含了許多共同概念的初始概念(primitives)，其認為地理學應是充滿許多概念的，因此將這些概念定義出清晰相當重要。初始概念是最基本獨立且必要存在的，主要能構成更複雜的概念如位置、大小等，如距離就不是初始概念，因為它可能從點和位置來衍生(Golledge,1992;1995)。

Golledge, Marsh,& Battersby (2008a,2008b) 認為地理學習包含許多空間思考概念，為了讓地理的空間概念能更清晰必須先理解空間概念之間的階層關係，而從空間概念詞彙(lexicon)著手有助於單字與架構的建立並能進行空間思考，因此 Golledge 等人從許多文獻中整理出 657 個空間概念、270 個空間屬性、229 個空間模組及 155 個空間過程的概念詞彙，仔細逐一檢查每個概念之間的階層關係與意義進行刪減與整理，列出空間思考使用的空間概念可分為五個層次：初始概念(primitives)、簡單(simple)、困難(difficult)、複雜(complicated)、繁複

(complex)，而高層的空間概念都是低層次衍生(derivative)且是繼承(inheritance)來的，每個層次下都有對應的空間思考概念(表 1)。



表 1 Golledge 等人列出五個層次的空間概念

層次 (Level)	分類標籤(Label)	概念(Concept)
1	初始(Primitives)	辨識位置(identity)、位置(location)、大小(magnitude)、時空(time-space)
2	簡單(Simple)	排列(arrangement)、分布(distribution)、線段(line)、形狀(shape)、邊界(boundary)、距離(distance)、參考框架(reference frame)、次序(sequence)
3	困難(Difficult)	鄰近(adjacency)、角度(angle)、分類(classification)、座標(coordinate)、網格樣態(grid pattern)、多邊形(polygon)
4	複雜 (Complicated)	環域(buffer)、連結性(connectivity)、梯度(gradient)、剖面(profile)、表徵(representation)、尺度(scale)
5	繁雜(Complex)	面相關(areal association)、內插(interpolations)、地圖投影(map projection)、主觀空間(subjective space)、虛擬實境(virtual reality)

Golledge et al. (2008) 認為必須要一套概念架構來學習地理空間概念(geospatial concept)，而地理空間概念有別於一般的空間概念，從 Montello (1993) 提出空間尺度分為微觀(microscale)、具象(figural)、環境

(environmental)、地理(geographic)，其中地理學處理的比較偏向後兩者，因此我們討論的空間概念也應聚焦在處理環境與地理尺度的地理空間概念。地理空間概念正是現在學生在學習地理應該關注的焦點而非傳統記憶式的地理知識內容，Golledge et al.(2008) 提到過去學校傳統的地理課都以物件為主，教學生山脈、河流，而地理需要探討物件間的空間關係，因此地理空間概念與思考推理能力是未來學生需要學習的重點。

為了加強地理空間的思考與推理能力，地理學需發展地理空間作業的知識本體(geospatial task ontology)，其為針對地理空間概念領域相關的術語所組成的集合且能幫助我們釐清空間概念之間的關聯。我們必須清楚地理空間概念間的關係與架構才能避免在地理教學上的錯誤，如在尚未學習某一基本概念之前就先教了難度較高的空間概念，美國地理教育的課綱確實存在此一問題。而地理空間概念間其實存在有繼承(inheritance)階層性的關係，例如學生必須先了解地圖的要素如比例尺、方向、座標後才能解讀與使用地圖(Golledge et al.,2008)。

另一方面，Janelle and Goodchild (2009) 將 20 幾個空間概念整理刪減成幾個地理觀點的空間概念，以做為科學與研究的重要核心，基本的空間包含位置(location)、距離(distance)、網絡(network)、鄰近與區域(neighborhood and region)、尺度(scale)、空間異質性(spatial heterogeneity)、空間相依性(spatial dependence)、物件與場域(object and field)，美國加利福尼亞大學的 Goodchild 教授及其研究團隊認為這些基本的空間概念對於在教育中提升學生空間素養非常重要(表 2)。

表 2 Janelle & Goodchild (2009)提出的空間概念及內容說明

概念	說明
位置(Location)	了解正式與非正式來辨別「在哪裡」的方法
距離(Distance)	能從相關位置的知識做推理的能力
網絡(Network)	了解連結的重要性
鄰近地區和區域(Neighborhood and Region)	能從空間脈絡中推測結果
尺度(Scale)	了解空間尺度和其重要性
空間異質性(Spatial Heterogeneity)	空間變異的推論
空間相依性(Spatial Dependence)	了解空間與空間的關係
物件及場域(Objects and Fields)	能觀察以連續的時空變化或離散獨立的方式觀察空間現象

以上回顧過去關於空間思考中空間概念的討論發現，大多研究主要提出空間概念而較少直接提出空間思考的定義，因此本研究主要採行現有 National Research Council (2006) 提出的三個元素，其缺少的概念架構則需參考其他學者的補充。如 Gersmehl 與 Golledge 等人同樣有提出具有階層性的空間思考架構，但前者主要聚焦處理地理空間分析，而後者則主要處理 GIS。本研究將探討 GIS 與空間思考的融入，因此將以 National Research Council 提出的三元素定義並參考 Golledge 等人提出的概念架構。

二、工具呈現的使用

Wakabayashi & Ishikawa (2011) 提到呈現工具可分為內在與外在，指可以展示資訊的儲存、分析與和他人溝通的形式，內在空間呈現(internal spatial representation)為在心中形成與操作空間圖像；外在空間(external spatial

representation)呈現則為使用地圖、圖表、圖片來溝通、理解、和組織資訊。Jo & Bednarz (2009) 分析美國教科書時將工具呈現的使用此項目區分成兩類：(1) 使用工具呈現(use of representations)及(2)沒有使用工具呈現(none use of representations)，上述第一種和 Wakabayashi & Ishikawa 提到的外在空間呈現相似，而第二種則和內在空間呈現相似。


三、空間推理

空間推理牽涉到高層次的認知過程，從先備知識中推論來解決問題或做出決策(Wakabayashi & Ishikawa, 2011)。從最初 National Research Council (2006)的定義來看空間推理提供轉換、操作以及解釋具有結構資訊的思考方法，因此 Jo & Bednarz (2009)提到空間推理最重要的核心在於超越(going beyond)現有的資訊，不僅僅是提取現實的資訊而已，他們整理回顧了多篇文獻後將空間推理分成三個階段：(1)輸入階段(input level)：認知過程的呈現在於從感覺感官與回憶記憶中蒐集獲取資訊，在這個階段中並沒有推理的過程但卻是蒐集推理所需資訊的重要階段、(2)處理階段(process level)：認知過程的呈現為分析、分類、比較和闡釋來自於輸入階段所獲取的資訊，此階段已開始進行推理的過程，因為行為者必須超過現有的資訊、(3)產出階段(output level)：這個階段藉由評估、概括化與創造的過程將輸入階段與處理階段的資訊產出成新的知識或產物，因此需要高層次的認知與處理繁雜事物的能力(表 3)。

表 3 三個階段的空間推理所表現的行為

階段	表現行為
輸入階段	稱呼(Name)、定義(Define)、列舉(list)、指出(identify)、辨認(recognize)、覆誦(recite)、回憶(recall)、觀察(observe)、描述(describe)、選擇(select)、完成(complete)、計數(count)、配對(match)
處理階段	解釋(explain)、分析(analyze)、說明因果(state causality)、比較(compare)、對比(contract)、區辨(distinguish)、分類(classify)、歸類(categorize)、組織(organize)、總結(summarize)、綜合(synthesize)、推論(infer)、提出類比(make analogies)、舉例說明(exemplify)、試驗(experiment)、次序(sequence)
產出階段	評估(evaluate)、評斷(judge)、預估(predict)、預報(forecast)、假設(hypothesize)、深思推測(speculate)、計畫(plan)、創造(create)、設計(design)、發明(invent)、想像(imagine)、概括化(generalize)、建立模型(build a model)、應用理論原則(apply a principle)

回顧關於空間概念的相關文獻發現，在地理教育中若要提升學生的空間素養必須要建立一套概念架構，而這套架構是具有階層性即學生學習困難的概念前需先學習簡單的概念，因此本研究探討空間思考中的空間概念時必須考量到概念間的階層性與繼承關係。再者，地理教育處理的空間概念有其特定的對象即地理空間概念，因此本研究在探討台灣中學地理課程時應要聚焦在地理空間概念而非一般的空間概念。美國中學的地理課程標準雖列出關於空間思考的空



間概念詞彙，但卻缺乏實際教授空間思考的課程，甚至連足夠的地理課程都不足，因此無法檢驗學生空間思考能力的學習成果，而在台灣則有相對多堂的地理課程能將空間概念融入其中，促使學生進行空間思考。另一方面雖然台灣的課程結構相對來說屬於布魯納(Bruner)提出的螺旋式課程(高一通論地理、高二區域地理、高三應用地理)符合繼續性、順序性、銜接性與完整性，但教師實際教學與課本內容的安排卻未必不會出現如美國課程中順序安排的錯誤，因此需對課程做進一步的探討與設計。在呈現工具的使用方面，本研究期望學生能藉由實際使用工具來呈現內在的空間思考，即 Wakabayashi & Ishikawa (2011) 提到的外的空間的呈現，而在空間推理方面則需符合 Jo & Bednarz (2009) 的處理階段與處出階段，期望學生能藉由輸入階段下得到的資訊做進一步的推理。

第二節 GIS 與空間思考

一、GIS 與空間思考教學研究

關於 GIS 與空間思考的關係從 National Research Council (2006) 提出由於空間思考未在正式課程中教授，主要因為沒有一個良好的支持工具能幫忙輔助教學，因此提出 GIS 雖然並非唯一但應能作為一個良好的教學工具，因其可以呈現資料的空間性並協助解決空間問題。

Golledge et al. (2007) 支持 GIS 應納入正式課程輔助空間思考的觀點，但同時提出 GIS 操作在中學課程中常常淪為僅是按鈕教學即學生只知道點選按鍵而不知道其操作內涵，因此應該先讓學生在使用 GIS 工具前對於空間概念要有先備的認識。Madsen and Rump (2012) 實證分析中學老師教授 GIS 導論課程與學生學習過程的研究發現三點：一、GIS 作為教學工具如同學生學習數學時使用計算機一樣，其能夠做為個人促進空間思考的輔助工具。二、學生若不瞭解使用 GIS 操作下的空間概念，只像參考食譜一個指令一個動作的操作手冊並不是一個良好的學習工具，學生只會專注於操作 GIS 而非地理本身的空間意涵。

三、關於操作 GIS 能否提升空間思考能力的討論應從空間概念詞彙的解釋與操

作工具上著手。從文獻中發現 GIS 可作為輔助學生空間思考的教學工具，而使用 GIS 融入課程前除了應先讓學生對於教材內容中的空間觀點有所認識外，教學的輔助教材也很重要，這也和先前研究討論應該學習 GIS 相關知識(learning about GIS)還是使用 GIS 學習(learning with GIS)提出一個實證。


關於 GIS 與提昇空間思考能力研究的開端，Lee and Bednarz (2009) 提出有別於心理計量學者測量空間思考能力的量表處理小尺度問題，針對地理空間概念來編製大尺度量表並進行教學實驗。研究結果顯示學生在修習 GIS 課程後在空間思考能力測驗分數上和其他學生有顯著的差異。但此研究存有一些問題如學生分組時未採用隨機分派(random assignment)，因此空間思考上的進步可能並非實驗效果(treatment)造成而可能為願意修 GIS 課程的學生特質差異。再者，本研究的樣本過小可能會造成統計檢定力上的不足，因此可能需要做效果量的檢驗。Bodzin (2011) 研究以資訊科技輔助地理空間概念的課程是否能使學生了解土地利用變遷概念並提昇空間思考能力，研究結果顯示使用遙測影像圖能有效幫助學生了解土地上地物的變遷情況並提昇其空間思考能力。此研究顯示空間思考能力是能被教學培養的，其能在正式課程中授予不同程度的學生，並且適當設計的輔助工具對於提昇學生空間思考上是有幫助的，而這樣的研究結果與 National Research Council 提出的觀點相符合。Kim and Bednarz (2013) 討論 GIS 學習與空間批判能力的發展關係，研究顯示 GIS 的學習對於提升學生批判性空間思考能力是有幫助提升功用的。學生的空間思考能力是藉由 GIS 課程中培養的，而這個研究結果也和先驗研究發現 GIS 能提升學生高層次思考技巧的結果相符合，如在課程中學生必須不斷思考資料來源的可信度與時常分析資料。學生也必須親自操作解決問題，如在畫圖時需要思考使用的資料層級與單位等是否能達到目的等。目前關於 GIS 與提昇空間思考能力的實證研究文獻相當少，而多數研究都有樣本數不足的問題，但從中可了解空間思考能力能被教授與培養，並且兩者間存有影響關係，因此本研究欲從此基礎上進行一個樣本數足夠

並能符合實驗效果(treatment)的研究。本研究除了實驗 GIS 在提昇空間思考能力上的影響外，還針對地理教育上的教學與教材做出檢討分析。

Golledge et al. (2008) 提到建立地理空間概念架構最終的目的有三點：(一)藉由提供學生個案學習的環境才能提昇學生的空間思考能力並累積地理空間知識；(二)以空間概念的辨認與基礎地理空間的推理過程來促進學生地理空間概念；(三)建立良好的教學輔助模組來增進學生地理知識的獲取。而這個地理空間概念的架構也能幫助重新審視美國中學地理課綱上的老舊內容與編排順序錯誤。從此研究的最終目的上，本研究欲建立一個以基本空間概念詞彙來解析高中地理教材的教學模組，並以 GIS 教學工具輔助融入課程教學後探討其是否對學生的空間思考能力有影響。

二、Google Earth 和空間思考

Patterson (2007) 提到許多學校開始將科技融入課程當中，但仍未有豐富的課程，Google Earth 正可作為一個平易近人的教學軟體。GIS 過去沒有被多多利用的原因不外乎是教學時數不足、教學設備不足、缺乏相關知識人才與教學活動設計。Google Earth 可以處理與分析空間資訊，儘管它的許多空間分析功能和完整的 GIS 仍有一段差距，但卻適合在每一個年齡層的教室中被學生與老師所應用。它的功效其實就如完整的 GIS 軟體一般不但能支持學生進行空間思考更能使學生發展批判性的思辨能力。Google Earth 縱然有許多限制如需要在有網路的環境、需要事先準備材料且空間分析並不是完整的 GIS 軟體，儘管是付費的專業版也有許多空間分析的功能不及完整的 GIS 軟體。但 Google Earth 卻可以提升學生動機、展示視覺化的教學成效，並讓學生身臨其境能將學習成效做外在推行，比學生看地圖集還要更具動態效果，而最大的優點莫過於相對於完整的 GIS 軟體(如 ArcMap 等)來說，它簡單操作並且不需要花時間做事前的學習可達到省時的功效。



使用虛擬地球(virtual globe)是一個輕易進入 GIS 軟體的途徑，而 Google Earth 正是最普遍的軟體而且具有提升各年齡層學生空間思考能力的潛能，誠如 National Research Council 提到空間思考是在真實世界或想像心境中描述、解釋、預測物體關係、解構與功能的一個動態的過程，Google Earth 能使學生不僅探究這是什麼(asking what)，而可以讓學生去解答為什麼會在這裡？哪裡有什麼？(ask what is where and why)等(Schoning et al. 2008)。

舉凡對空間資料進行各種處理、應用、分析的系統均可統稱為 GIS，而回顧以上 Google Earth 在空間思考上的文獻後可得知 Google Earth 雖然並非完整正規的 GIS 軟體，其功能上有許多的限制，但卻有省時、簡易操作的特性且有助於提升學生進行空間思考，因此本研究使用 Google Earth 作為輔助學生學習的工具。

第三節 小結

在第一節中本研究回顧了空間思考的基本定義並採用 National Research Council 提出的三要素即空間概念、呈現工具的使用、推理過程，首先回顧多位學者對於空間概念的討論發現空間概念間具有階層性與繼承關係且學習地理相關知識前必須先建立一套概念架構。再者，呈現工具可分為外在與內在，我們期許學生能將空間思考的成果以地圖或圖表的方式呈現出來。最後，學生進行空間推理的過程要能利用輸入階段中得到的資料推展到過程與輸出階段。

第二節中回顧 GIS 與空間思考過去的教學研究發現過去關於 GIS 在提升學生空間思考的先驗研究中有正面輔助的效益，而建立一套教學模組並檢視修正教材的編排邏輯是接下來亟需完成的工具。Google Earth 雖非一個完整的 GIS 軟體，但過去的文獻中發現它在提升學生空間思考上有正面的幫助，Google Earth 介面操作容易、省時等優點，故本研究以此來輔助學生學習空間思考。



第三章 研究方法

第一節 研究架構與流程

如圖 1 研究結構圖所示，本研究欲探討 GIS 融入教學對於高中學生空間思考能力的影響。從現有高中課程中找出適合發展以空間思考元素來示範闡述地理概念的教材，選定適當內容並編製新教材進而使用此教材進行教學後進一步搭配地理資訊系統輔助教學。最後以教學實驗的方式檢驗高中生的空間思考能力是否有提升，並以訪談資料輔證量化資料。詳細的研究流程如圖 2 如示。

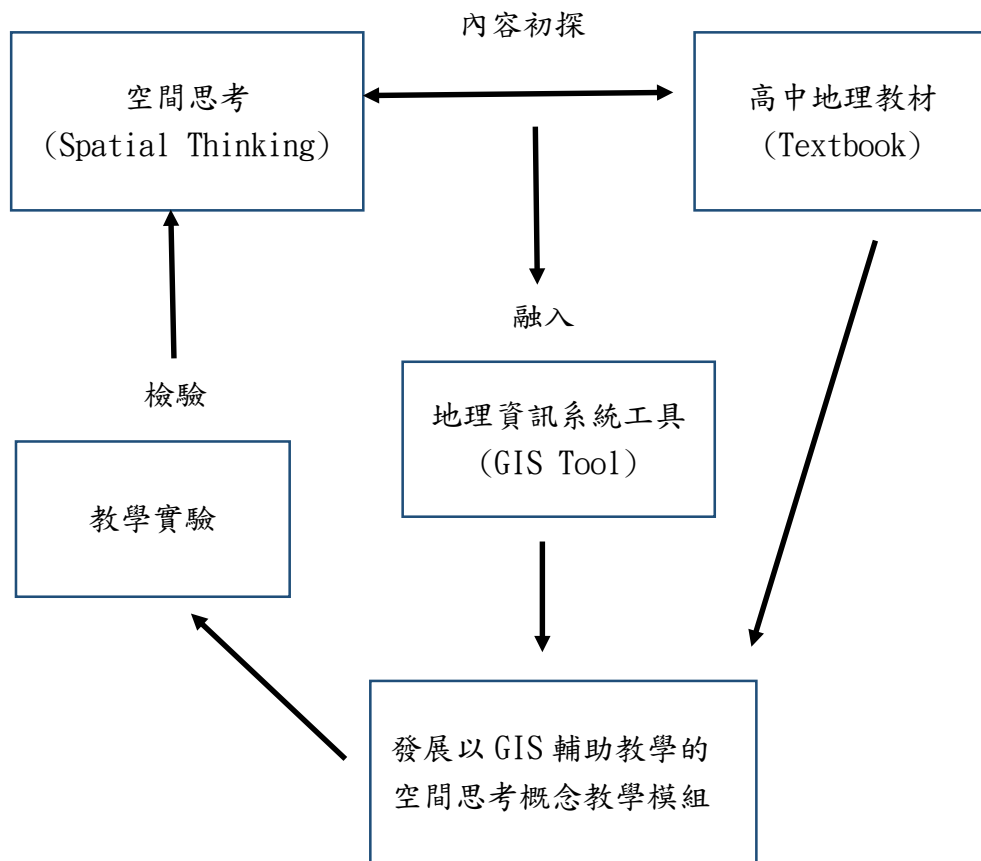


圖 1 研究架構圖

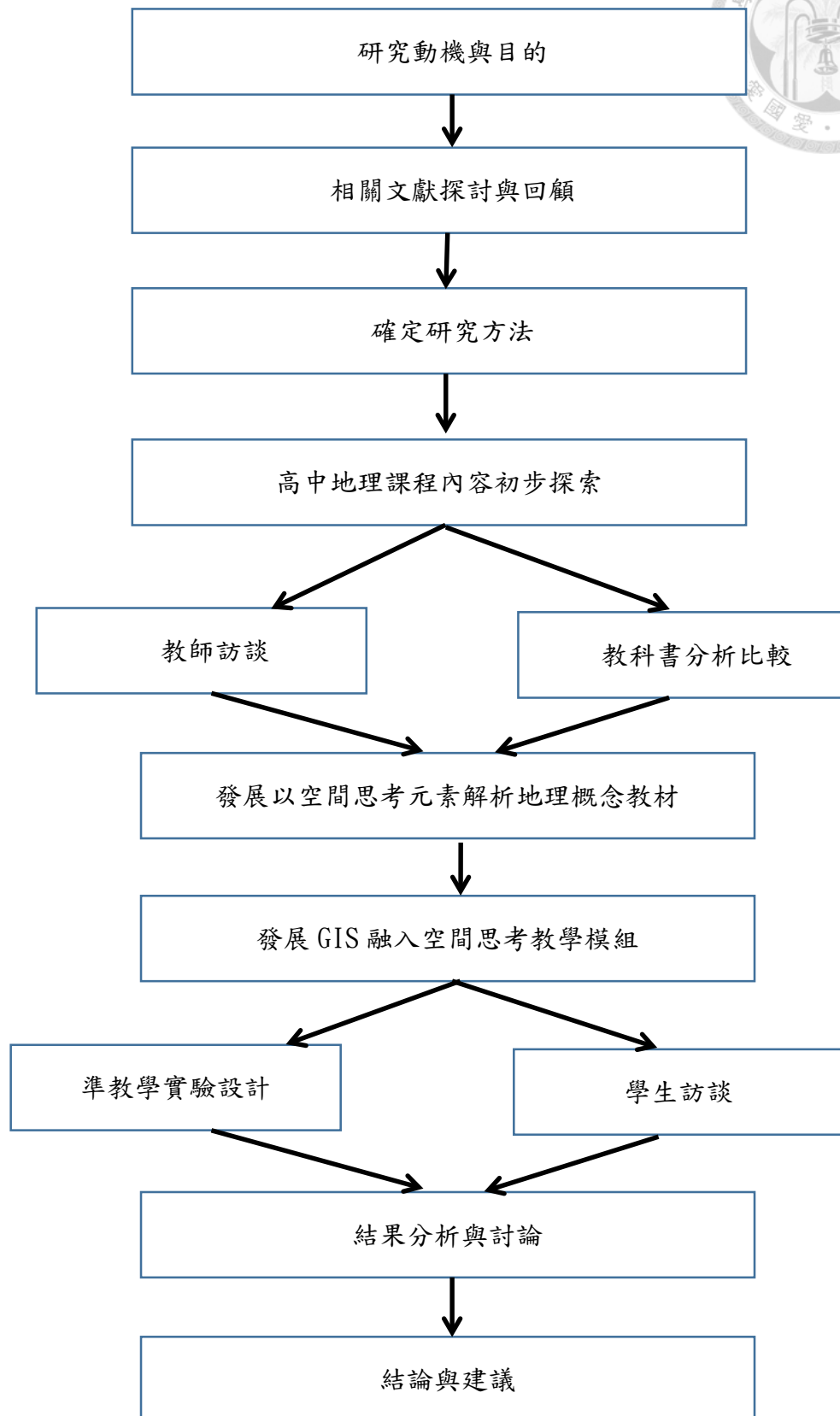


圖 2 研究流程圖

第二節 研究方法

一、高中地理課程內容初步探索

從 2010 年啟用最近的 99 課綱中分析高中地理課程中的空間概念探討現有地理課綱 (教育部, 2008) 與教科書中提到的地理概念是否存在許多空間概念, 從中挑選適合以空間思考基本詞彙來示範解析地理概念的單元以作為研究的後續。

由於本研究主要目的在提出新的教材教法並驗證其有效性, 因此對於高中 6 冊課綱與課本的檢視僅是對教學內容的初步探索, 並沒有進行詳細的內容分析。初探的成果如附錄二, 其中可以看出大多數的單元多涵蓋許多高階層的空間概念如尺度、網絡關係等, 顯示臺灣地理課程中涵蓋許多空間概念且並非只限於初始的空間概念。

由以上初步的分析結果也能看出台灣高中的地理課程結構類似於布魯納 (Bruner) 所提出的螺旋式課程 (高一系統地理即通論地理、高二區域地理、高三應用地理), 其內容符合繼續性、順序性、銜接性與完整性, 高二與高三的課程內容主要來自於高一系統地理課程的加深與加廣, 因此本研究在選擇研究材料時將優先考慮高一課程內容。另一方面蒐集與地理教育背景相關大學教授、現職高中教師與研究者教學的自身經驗後, 發現高一氣候學課程中天氣系統討論到氣團、冷鋒與暖鋒的部分為大多學生與老師在學習與教學上容易出現迷思概念的課程。如許多老師在講授時也常出現錯誤或學生難以吸收的狀況, 而氣團的移動與鋒面的形成是一個適合利用空間思考概念的基本元素來做解析的單元。再者, 提到高一課程中的空間思考, 大多數人會提到地圖投影、GIS、地形或人文地理中各級產業的區位等單元, 氣候的主題為較少人提到。選定此氣候主題作為研究素材可突破過去的先驗研究中多以地理技術相關課程 (地圖學、GIS、遙測等) 為研究材料的限制, 因此本研究將選定高一地理第一冊氣候學中的天氣系統單元作為後續的研究材料。

二、 教師訪談

訪談為兩個人以上的交談，訪談人透過語言的溝通來獲得受訪者的訊息是質化研究中經常採行來蒐集資料的方法之一。本研究的目的是在於編製 GIS 融入課程的教材來檢驗高中學生空間思考能力的提升，因此將訪談現職高中老師對於高一地理第一冊天氣系統單元的了解，並從訪談中分析現職高中老師空間概念的完備性與是否有迷思概念存在

Bernard (2002) 提到訪談的方式可分為正式性訪談與非正式性訪談。本研究為正式性訪談事前與指導教授討論擬定訪談大綱作為訪談的架構，訪談的形式為半結構式，即事先給予受訪者訪談大綱，在訪談過程的同時乃針對訪談大綱與受訪者的回答做題目次序或刪減。本研究的受訪者採立意抽樣(purposive sampling)，針對研究目的來尋找邀請適當的受訪者，訪談的流程如圖 3：

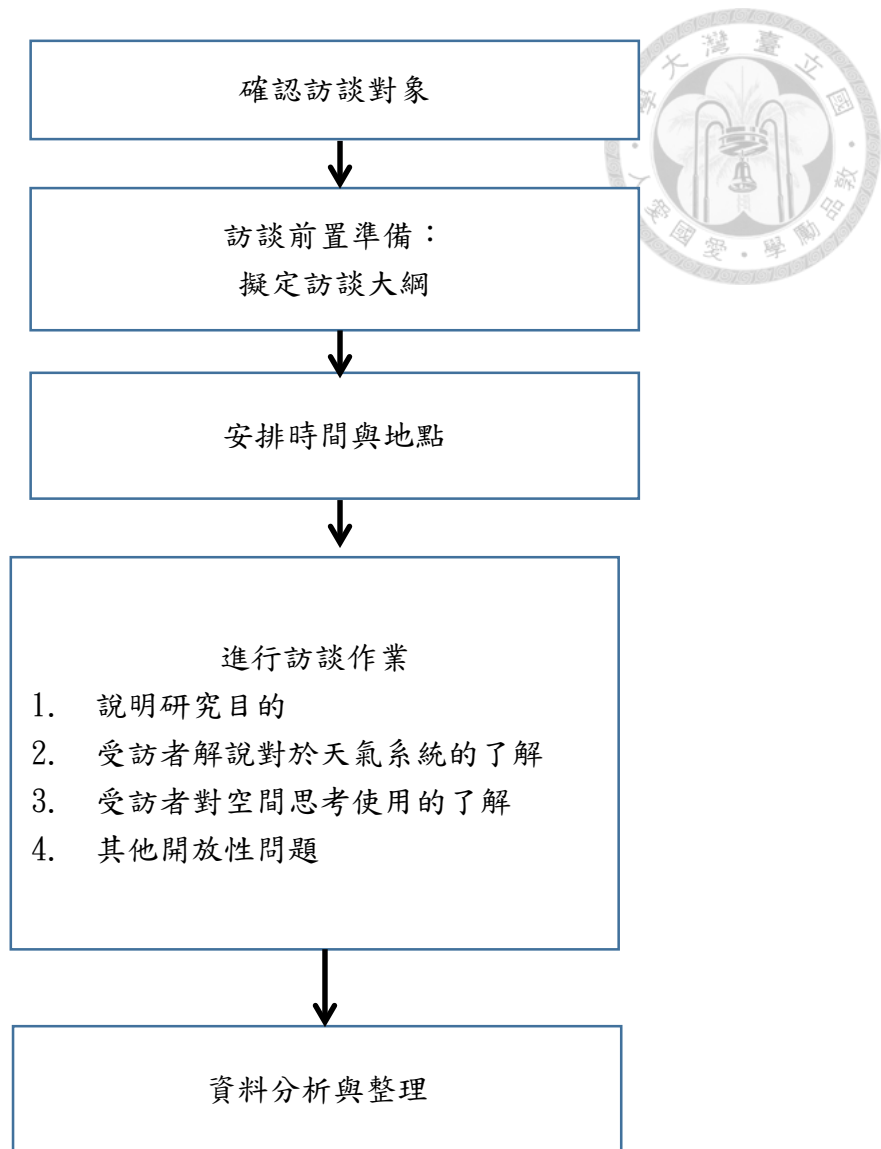


圖 3 教師訪談流程圖

三、教科書分析比較

本研究欲發展一套以空間思考元素解析地理概念的新教材，因此事前分析現有高中教科書內容有其必要性，而教科書亦是老師與學生在傳遞知識上重要的媒介。過去國編版本時期全國學生受同一教材影響，因此知識的來源較統一，而現在開放版本，各家出版社百花爭放編修的內容差異很大。故本研究選定現行市場佔有率較高的前三大版本：龍騰版、翰林版與南一版的地理教科書進行比較，主要比較的向度為文字說明的完整性、使用多少空間思考詞彙以及課本所呈現的示意圖。



四、發展以空間思考元素解析地理概念教材

從現職高中教師訪談、現行教科書的比較中可以整理出傳統教學對於天氣系統單元的講授方式與教材編排。本研究比對傳統教學法利用 Jo & Bednarz (2009) 分析課本所使用的空間思考中空間概念的詞彙來解析天氣系統中氣團、冷鋒與暖鋒的概念。將空間思考概念的基本詞彙作為學生理解空間思考的概念架構，而空間思考概念教材的編撰採參考 Golledge et al. (2007) 提到高層次空間思考概念為低層次衍伸與繼承而來，因此由最簡單的概念慢慢延伸到複雜的概念並輔以示意圖進行教學。

五、發展 GIS 融入空間思考教學模組

從上述文獻回顧中了解學生須具有空間思考或空間概念的先備知識，進而建立一個概念架構後才能真正理解地理資訊系統的操作內容。本研究基於教學時數與學校設備的考量利用 Google Earth 軟體的輔助發展一套教學模組來提升學生的空間思考能力，主要的操作流程由老師示範給學生觀摩。Google Earth 雖然並非完整的 GIS 軟體，其許多功能都不及完整的 GIS 軟體如 ArcMap、QGIS，但從文獻回顧中發現過去已經許多先驗研究指出 Google Earth 融入教學能提升學生空間思考能力。因此基於 Google Earth 的眾多優點如取得方便、操作容易且容易理解程度高、操作時間需求較少等本研究採用 Google Earth 作為融入教學提升學生空間思考能力的輔助工具。

六、準教學實驗設計

為了驗證以空間思考詞彙教學並輔以 GIS 相關工具教學對於提升學生空間思考能力的有效性，本研究將進一步進行準教學實驗來驗證新的教學模組與傳統教材教法下的差異。基於教育現場中學校行政作業的考量，無法對研究對象作隨機分派，因此本研究選擇就現有情況下做最有效的控制，係以不等組前後

測準實驗設計(nonequivalent pretest-posttest quasi-experimental designs)為主，以探討學生以 GIS 輔助下學習以空間思考元素解析地理元素的教材後對於空間思考能力的影響。以下分別說明實驗設計、實驗對象、實驗工具、實驗步驟以及資料整理與分析的方法：



(一) 實驗設計

以下根據本研究目的與研究問題提出實驗各個變項與架構圖(表 4、圖 4)：

表 4 準實驗模式

組別	前測	實驗處理	後測
實驗組	T1	X1	T3
控制組	T2	X2	T4

各代號之含義，說明如下：

T1：表示實驗組天氣系統測驗前測成績

T3：表示控制組天氣系統測驗前測成績

X1：使用 GIS 融入空間思考元素教材教法

X2：使用傳統講述式教材教法

T2：表示實驗組天氣系統測驗後測成績

T4：表示控制組天氣系統測驗後測成績

以下分別說明本實驗控制變項、獨變項(X)、依變項(Y)與共變項：

1. 控制變項：為了降低實驗干擾對實驗結果的判斷分析，本研究將其他可能會影響實驗結果的因素列入控制變項，如採同一位教學者對同一組學生進行相同內容、相同時數的教學。受試者的組成上也選擇同一類組學生即受到相同課程群的教育(相同類組)、學生年級均為高二學生、教學的日期為同一日等。

2. 獨變項：學生接受不同的實驗處理，實驗組學生接受 GIS 融入空間思考教材的新教材教法，而控制組的學生則接受傳統講述的舊教材教法。
3. 依變項：實驗組與控制組學生接受教學後，皆進行天氣系統測驗的後測作為學習成果的依據。
4. 共變項：本研究因無法達到實驗控制，故在實驗設計中考量到實際的教學現場無法一一排除某些會影響實驗結果的干擾變項，而這些干擾變項可能會影響實驗結果稱為共變項，如學生的前測成績。因此藉由「統計控制」的方法來彌補「實驗控制」的不足，進行教學前每組學生將先進行天氣系統的前測，而由於前測的結果成績可能影響後測的結果，如前測分數較高者，後測分數仍然較高，因此將前測分數列為實驗的共變項。

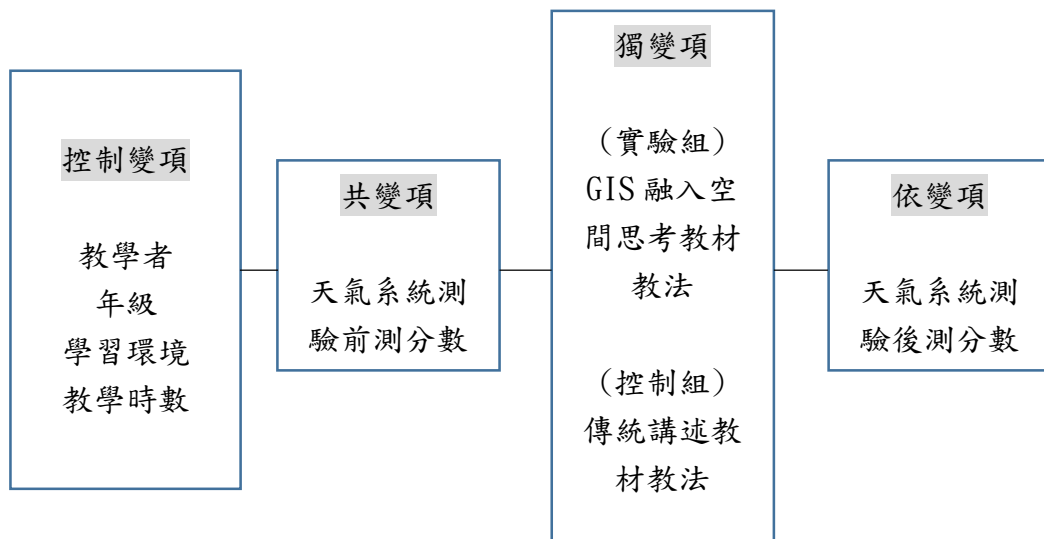


圖 4 實驗架構圖



(二) 實驗對象

本研究樣本取自研究者任教之學校，高二第三類組學生四個班級，作為研究對象，四個班級將其隨機分成實驗組(2班)與控制組(2班)(表 5)。

表 5 實驗對象人數

組別	人數	有效樣本
實驗組	A 班(46 人)	A 班(43 人)
	D 班(38 人)	D 班(34 人)
控制組	B 班(44 人)	B 班(43 人)
	C 班(46 人)	C 班(45 人)

(三) 實驗工具

本實驗所採用的工具如下：

1. 教學材料：採用研究者自編之 GIS 融入空間思考元素的教材，教材內容待第四章研究成果與討論時一起說明。
2. 測驗工具：本實驗目的在探究學生空間思考能力提升的原因，故實驗所用之測驗工具本因使用空間思考量表等標準化的測驗工具。但本實驗教學內容僅 50 分鐘，而教學內容為天氣系統，因此考量到學生無法在短短 50 分鐘內有大幅度的進步，故研究者自編一份天氣系統測驗較為符合課程內容。測驗內容包含三大題型為(1)選擇題；(2)填充題；(3)繪圖題；選擇題共 9 題單一選擇源自龍騰版與翰林版題庫光碟作細部修改與編排，意圖測量學生在經過新教材的教學後對於傳統题目的掌握程度；填充題為 23 個空格，由研究者根據天氣系統單元內容配合空間概念出題；繪圖題測驗學生是否能正確繪製冷鋒與暖鋒剖面，根據達成的指標評分(表 6)，以上試題經過地理教育相關學者與高中教師的審閱。

表 6 繪圖題評分指標

項目	評分指標
1	能正確繪製冷暖氣團位置與方向
2	能正確繪製冷鋒、暖鋒剖面的差異
3	能正確繪製出鋒面形成後的雲雨帶
4	能正確標出冷暖空氣在鋒面形成中的移動方向
以 0、1、2、3、4 級分計分，每達成一項指標往上增一級分	

(四) 實驗步驟

本實驗進行的步驟如下：

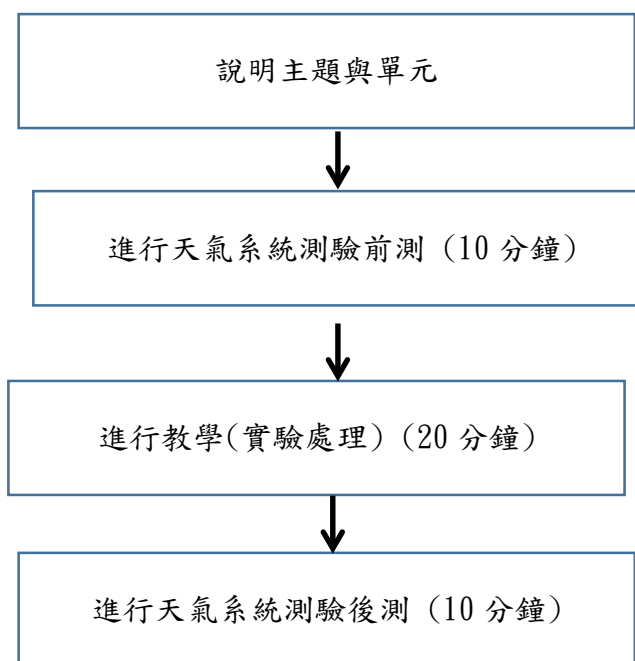


圖 5 實驗步驟圖

本研究所設計之實驗進行的時間為一節課(50 分鐘)，首先教師先揭示本日上課的主題與安頓班級秩序，接著進行天氣系統測驗前測後，分配到實驗組的班級將以空間思考元素的新教材進行教學(投影片搭配 GIS 軟體)；而分配到控制組之班級則使用傳統講述教學法(投影片)上課，待教學活動結束後，於下課前進行天氣系統測驗後測(圖 5)。

(五) 資料整理與分析

本研究資料在蒐集完兩組四個班的資料後，將前測成績以及後測成績登錄(coding)後，再以電腦統計軟體 SPSS for Windows 19.0 進行下列統計分析：

1. 描述統計(descriptive statistics)：為了了解資料的分布特性，先計算原始資料的描述統計量做初步的討論。
2. 二因子混合設計變異數分析(two-way mixed design ANOVA)：當實驗組與控制組學生在天氣系統前測成績為同質時(沒有顯著差異)使用二因子混合設計變異數分析最為合適，可避免需要做多次檢定比較來說明實驗處理介入的效果，因此可減少因隨檢定次數增加而使型一錯誤(type I error)有所膨脹以致導致錯誤的推論的現象。如表 7 所示，如果單純使用單因子檢定以選擇題為例，本研究進行以下檢定：(1)以選擇題前測成績進行獨立樣本 T 檢定來考驗實驗組與控制組學生在起點行為是否相同；(2)以選擇題後測成績進行獨立樣本 T 檢定來考驗實驗組與控制組學生經過實驗處理的介入效果的差異；(3)以前測成績來進行成對樣本 T 檢定來考驗兩組學生在經過實驗處理後前後測成績是否有顯著差異，因此若三類題型都要進行以上比較則容易因為重複進行多次檢定而且型一錯誤膨脹，若改以二因子混合設計共變數分析則每類題型只需進行一次變異數分析考驗。

表 7 單因子與二因子檢定設計比較表

題型	單因子檢定	二因子混合設計變異數分析
選擇題	1.前測：獨立樣本 T 檢定 2.後測：獨立樣本 T 檢定 3.前後測：成對樣本 T 檢定	1.受試者間：教學方式 受試者內：前測、後測
填充題	4.前測：獨立樣本 T 檢定 5.後測：獨立樣本 T 檢定 6.前後測：成對樣本 T 檢定	2.受試者間：教學方式 受試者內：前測、後測
繪圖題	7.前測：獨立樣本 T 檢定 8.後測：獨立樣本 T 檢定 9.前後測：成對樣本 T 檢定	3.受試者間：教學方式 受試者內：前測、後測

3. 單因子共變數分析(one-way ANCOVA)：為排除干擾變項在實驗處理結果上對依變項的影響，本研究將以兩組學生的天氣系統測驗之前測成績作為共變項，而天氣系統測驗之後測成績作為依變項，教學方法的差異則為獨變項來進行共變數分析(analysis of covariance; ANCOVA)以排除共變項的效果干擾。

七、 學生訪談

楊國樞等人(2013)提到訪談提供研究主題較完整的敘述，將有助於強化研究結論並將幫助量化研究者聚焦研究的重點。訪談法的優點為能發展較詳細的敘述、統整多重觀點以及能理解事件的詮釋並輔助量化的結果(Weiss,1995)。

本研究量化方法以不等組前後測準實驗設計為主探討 GIS 融入課程對高中生空間思考能力的影響。但由於教育現場的因素無法做隨機分派，在因果關係(causal effect)的解釋與推論上有其限制，因此在質化方法上將以學生的訪談為輔以期能輔助量化研究的成果。學生訪談亦為半結構訪談，事先擬定訪談大綱

並在訪談同時依照受訪者的回答做題目次序的變動或刪減，訪談的流程如圖 6

所示：

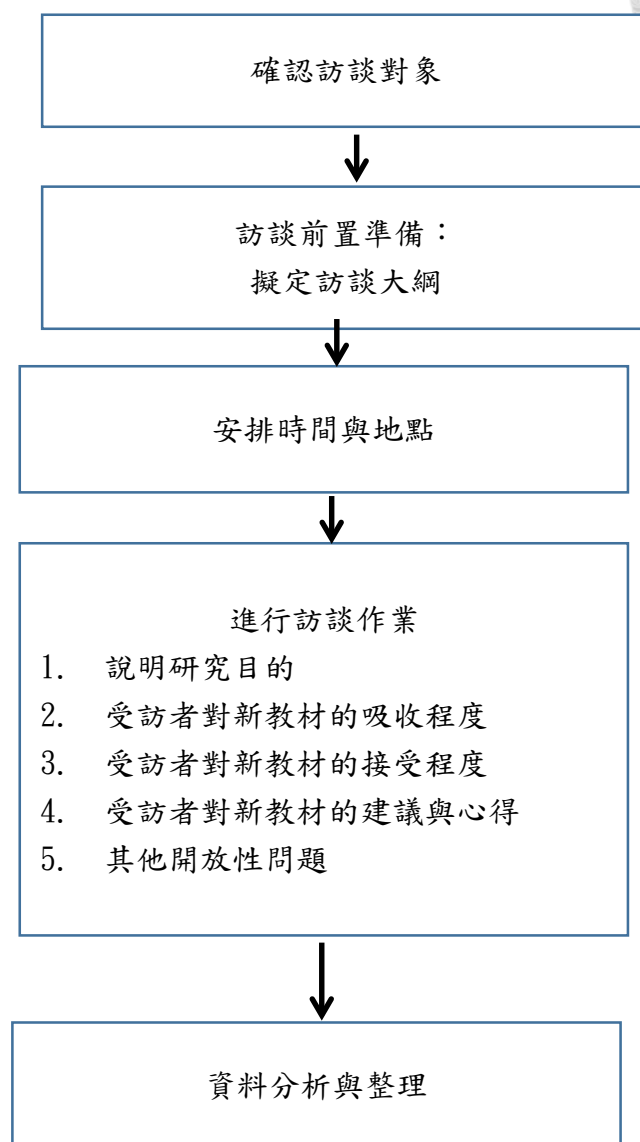


圖 6 學生訪談流程圖



第四章 研究成果與討論

為呈現研究結果以回應研究問題與呼應研究目的，本章分為三小節說明：第一節說明 GIS 融入空間思考元素的教學模組如何發展而來；第二節說明進行準教學實驗後實驗組與控制組學生在自編天氣系統測驗上的表現成果；第三節則呈現實驗組學生的訪談內容以輔證量化研究的結果。

第一節 發展 GIS 融入空間思考元素教學模組

一、教師訪談

本研究希望透過訪談現職高中地理教師來蒐集傳統講述教學的特性以及教師對於空間思考元素解析地理概念的看法，以半結構式的訪談方式進行，使用事先預擬的訪談大綱作為訪談的程序，並根本實際訪談的內容與受訪者的回答進行題目的修正與刪減。在訪談對象的選擇上，本研究以立意抽樣方式選擇六位受訪者，受訪對象皆為現職高中地理教師，皆採用面對面訪談的方式進行，下表為受訪者的背景資料(表 8)：

表 8 受訪者背景資料(教師)

編號	性別	任教地區	訪談時間
T01	女	南部	102/12/09
T02	女	北部	102/12/09
T03	女	北部	102/12/10
T04	女	東部	102/12/13
T05	女	北部	102/12/14
T06	男	北部	104/04/25

本次訪談共分為兩部分，第一部分訪談六位高中現職地理教師，欲從訪談資料中瞭解現職高中教師對於氣團、冷鋒與暖鋒的了解狀況並從中分析其教學中所使用的空間概念詞彙；第二部分訪談六位高中現職地理教師對於傳統講述式地理教材教法與以空間思考元素解析地理概念的教材差異的看法。

(一) 現職高中教師對於天氣系統的了解狀況

1. 高中教師教授氣團特性與移動力量時所提到的空間思考概念

氣團是指「溫度、濕度相同的大片空氣」，可以依溫度分成冷氣團，生成於高緯地區、暖氣團，生成於低緯地區。(T01/102/12/09)

氣團為一大空間範圍 1500km 以上，濕度、溫度一致。(T02/102/12/09)

冷氣團向較溫暖地區移動，會使經過地區的氣溫降低，而暖氣團則會提高經過地區的氣溫。(T01/102/12/09)

氣團的移動和地球能量有關，高緯區較冷、低緯區較熱，因此在中緯度地區會進行動態能量交換，大多數的天氣系統都常見於此處如：鋒面、溫帶氣旋等。氣團移動的過程中會隨著當地性質而發生「氣團變性」。(T02/102/12/09)

氣團並不會消失，而是消長。氣團的移動有可能是擴散或是擴張，主要受到高低壓和風的影響。(T02/102/12/09)

氣團是均質的空氣團，它的性質和下墊面有關。氣團性質來自下墊

面，可依氣溫分成冷暖(P、T)、依濕度分成乾溼(m、c)。(T03/102/12/10)

首先會先和學生說氣團和氣旋是不同，氣團通常是高氣壓；氣旋則是低氣壓。(T04/102/12/13)

高氣壓會輻散到低氣壓。(T04/102/12/13)

氣團為溫度、濕度性質一致的空氣。氣團為高氣壓，可依照發源地發為大陸與海洋氣團；依照溫度分為冷氣團與暖氣團。(T05/102/12/14)

氣團是某一地區大範圍的空氣，因存在於該地時間夠長，使得氣溫、溼度等都接近該地的狀況，如：高緯大陸，因溫度低、乾燥，故形成的氣團為乾冷的氣團。低緯海洋，因溫度高、濕潤，故形成的氣團為暖濕氣團。(T06/104/04/25)

從以上六位高中教師對於氣團的描述看來，多數點出氣團為性質一致的廣大氣團，而氣團為高壓系統。T03 與 T04 老師則進一步提到氣團源地、下墊面、梯度力和氣團變性等較專業的名詞概念。T06 老師雖沒有點出專有名詞但也提到相關概念。在這一部分老師們在講解時普遍使用範圍大小、分布等空間概念來解釋地理現象，可以從訪談的內容上了解老師在講解時已有使用空間概念來解析課程的習慣，只是講解的過程中不會刻意強調何謂「空間概念」，僅是作為解釋過程的用語。

2. 高中教師教授鋒面形成與對天氣影響所提到的空間思考概念



在冷暖氣團交界處會形成鋒面。冷氣團推暖氣團形成『冷鋒』；暖氣團推冷氣團形成『暖鋒』。(T01/102/12/09)

冷暖鋒面多半發生在溫帶，中緯地區，容易看到高緯冷氣團、低緯暖氣團交會的鋒面。在溫帶鋒面波動的地方，伴隨等壓線的變化，常常會形成氣旋，所以溫帶地區，氣團、鋒面、氣旋常常會結伴出現。那這些氣團、鋒面、氣旋活動也是左右溫帶地區天氣的主因。冷鋒面的冷氣團推暖氣團，由於冷空氣的密度大，比較重，暖氣團的密度小，所以冷氣團去推暖氣團時，冷氣團就會切入暖氣團的下方，暖氣團被迫擡升，這時，這就會下雨，也就是所謂的降雨在鋒後。(T01/102/12/09)

要怎麼定義鋒前、鋒後？依移動方向，若在移動方向之前，鋒前，在移動方向後面，則是鋒後。(T01/102/12/09)

暖鋒面是暖氣團推向冷氣團，但暖空氣的密度較小，較輕，所以暖氣團就會爬升到冷氣團的上方，這就會下雨，形成降雨在鋒前。
(T01/102/12/09)

有時氣象報導會說有鋒面通過，通常台灣會講的鋒面是冷鋒面，主要台灣緯度較低，較難看到暖鋒面形成。(T01/102/12/09)

鋒面是氣團交會的不連續面，天氣不穩定。(T02/102/12/09)

冷暖鋒的形成和推擠有關，冷空氣推暖空氣形成冷鋒；暖空氣向冷空氣移動抬升形成暖鋒。(T02/102/12/09)



鋒面通常在北半球受科氏力影響往逆時針移動。(T02/102/12/09)

鋒面是氣團相遇的交界。(T03/102/12/10)

利用鋒面的側剖面圖來教學。通常會畫鋒面過境前和過境後的圖讓學生比較，例如冷鋒過境時，鋒面會降雨，而過境後冷氣團佔據形成冷乾的天氣。(T03/102/12/10)

冷鋒分布的緯度比較低。(T03/102/12/10)

冷暖氣團相遇會形成鋒面，而鋒面會降鋒面雨也是氣旋雨，氣旋是低氣壓，鋒面交界也是低氣壓。(T04/102/12/13)

暖空氣比較輕會抬升，冷空氣較重往下沉。(T04/102/12/13)

冷鋒主要是冷空氣推暖空氣；暖鋒主要是暖空氣推冷空氣。
(T04/102/12/13)

最重要的要和學生說冷鋒形成的時間是春末夏初大約1月份；而台灣5、6月會形成滯留鋒以及到了6、7月移到長江中下游。(T04/102/12/13)

鋒面為冷暖氣氣相遇的界面，為低氣壓，常有降水。(T05/102/12/14)



冷鋒過境氣溫急速下降、鋒後形成降雨，而鋒面過後為乾冷的天氣；
暖鋒過境氣溫逐漸升高，鋒前會有持續性的降雨。(T05/102/12/14)


冷鋒發生的時候就是冷空氣勢力大往暖空氣推擠，而暖空氣較輕會被
輕易抬升，當快速抬升氣流就會成雲致雨，鋒面較陡。如兩個人輕瘦的人
會被快速撞飛；而暖鋒發生時，暖空氣推不動冷空氣，如很瘦的人推不動
很重的人，因此暖空氣只能抬升，當暖空氣抬升坡度較緩，爬升的過程較
慢因此降雨較廣。(T05/102/12/14)

鋒面的陡緩和密度有關，和移動速度較無關。(T05/102/12/14)

冷暖氣團會在中緯度相遇。(T05/102/12/14)

當北方的氣團往南移動，南方的氣團往北移動，兩種不同性質的氣團
接觸時，會產生一個過渡帶，此過渡帶即為鋒面。冷鋒，為冷氣團推暖氣
團。暖鋒，暖氣團推冷氣團。當兩個氣團不相上下，滯留在原地，稱為滯
留鋒。凡是鋒面必下雨，主要是冷暖氣團密度的差異，導致冷暖氣團在相
遇之後，暖氣團的水氣，被迫抬升，達凝結高度時就容易形成降雨，因為
是降雨區為低氣壓抬升，又稱作氣旋雨。(T06/104/04/25)

以台灣來說，因為位在熱帶和副熱帶交界，只會有兩種鋒面：1.在5-6
月左右，會有冷暖氣團的勢均力敵的滯留鋒，除了台灣以外，還包含中國
華南地區。6-7月時，暖氣團增強，滯留鋒開始往北移至華中地區。2.冬、
春季，北方冷氣團南下，會有冷鋒。沒有暖鋒是因為，台灣緯度不像日、
韓這麼高，故暖氣團推冷氣團的過渡帶不會籠罩台灣。(T06/104/04/25)



從上述六位老師對鋒面的形成與其對天氣影響的敘述來看，大多數的老師對於冷鋒鋒面與暖鋒鋒面陡峭程度的差異較不特別強調。僅有 T03 與 T05 老師較有提及，而對於雲雨帶型態的差異也較少，僅有 T01 老師提到冷鋒後降雨與暖鋒前降雨。T06 老師雖提到鋒面必下雨但沒有說明鋒前鋒後的概念，其他老師則未提。多數老師將教學的重點放在鋒面形成後對天氣的影響以及冷鋒暖鋒的形成位置，如 T04 老師強調學生了解滯留鋒的重要性。另一方面從五位老師在講解鋒面形成及其影響的過程中可以看出老師們大量使用許多空間概念的詞彙，例如以位置解釋鋒前鋒後(T01 老師)、以方向與移動解釋鋒面的形成、以邊界與過度帶解釋鋒面為低壓系統、以分布與剖面來解釋鋒面的特性、以佔據來解釋鋒面過後氣團影響當地的情況。因此可以看出，現職高中老師在講授天氣系統單元時雖然使用傳統講述教學法，但其講解的過程使用了許多空間概念的詞彙。深入探討現職高中老師對於基本組成與關係作用力的描述較少的原因可從 T04 與 T06 老師提到影響台灣地區最重要的為冷鋒與滯留鋒看出，現在教學強調貼近學生的生活，因此對於繁瑣的基礎知識與作用力過程較不注重，進一步從訪談對象資料中(表 8)探討，六位教師的教學地點分別來自臺灣北部、南部與東部，因此不同地區的教師在講解時並沒有太大的差異。

(二) 現職高中教師對新舊教材差異的看法

T01 與 T05 老師認為傳統的地理教材的編授來自於大學課程系統與教科書，比較強調知識的嚴謹度與脈絡。在傳統教材中其實已經包含許多空間概念的觀點在內，過度強調細碎的基礎知識比較屬於地球科學學科的內容，可能不用在地理課時教學生這麼多。

T01 老師與 T03 老師對於本研究提出的以空間思考元素解析的新教法感到相當新穎，過去沒有想到的教學方法與另一種結構化教學的方式。但過度強調空間概念下可能會相較比較沒有脈絡，而且可能會過度強調太細部的知識，另

外，這樣的教學方法尚需要其他教學材料(如 GIS、多媒體)和教學活動的配合。

之前的確是較傳統的，從定義、作用、特色... 開始談，較不是從這些「空間基本詞彙」來解釋。我想可能也是因為延續大學老師講的、參考書籍寫的那些架構、系統來介紹，其他學科也常是依定義、作用... 來談，感覺上這樣的介紹傳統應該是滿結構化的，也有次序，所以自己也就直接依據了，比較沒有反思到其實可以依這些空間詞彙來講課。(T01/102/12/09)

新教材和傳統教材最大的差別應該是這是另一種結構化的方式吧，比較不是自己接觸的常見或傳統的方式。另外，不知道是否所有（或大部分）地理課綱中重要概念皆能拆解成這些空間詞彙的單位，感覺上似乎在「空間傳統」議題或概念（如：鋒面、河流地形演育、工業區位及變化...）時較適合以這樣的教學方式來進行，其他單元尚不知適用性如何？若教師的訓練背景及大多數的參考資料多是傳統概念化方式，那要如何讓教師能願意熟悉並運用這解說方式？是否需提供新的輔助教材供教師參考。(T01/102/12/09)

之前沒有想過使用這樣的教學方式，新教材天氣系統的細部比較是地球科學範疇，所以不會講這麼細，內容有許多專有名詞，而傳統教學比較強調脈絡流程，這樣的教學比較列點、名詞解釋，新教材的內容，我比較傾向用這些內容作為備課用書的內容，在天氣系統裡，學生不用學的這麼細。(T05/102/12/14)

有些空間思考新教材的內容看到會想融入原本課程內容一起說明，但傳統教學時，空間詞彙很難不使用，除非採用多媒體，如 flash 動畫或其他

教學方式刻意加強，不然「這樣的教學方式」和「傳統的教學」之間，在教學內容及學習成效的差異可能其實並不顯著。(T03/I02/12/I0)



對於新教材的研發與適用，T01 老師提出是不是只有地理學三大傳統中的「空間傳統」面向比較適合使用這套教學方式？另外，老師使用這套教學方式前是否需要將基本的空間詞彙當作先備知識教授？是否需要提供其他輔助教材協助老師參加與教學？

T05 老師對於以空間思考元素解析地理概念的教材的看法普遍認為在知識的傳遞上較為細碎，且認為繁瑣的基礎知識較屬於地球科學的範疇。T01、T03 都同意這是一套新穎的教學方式如果能和其他教學工具或教學活動搭配得宜效果會不錯，只是尚不知實際在教學現場上是否與傳統教學方式有成效差異。

從現職高中教師的訪談中可以得知，老師們在教授天氣系統課程時已經使用不少的空間概念詞彙，但空間概念詞彙在使用上僅是作為上課時內容需求的使用並不是作為概念與概念相接的重要連結或架構，這樣的教學方式從訪談中可知主要受到這些老師過去的學習經驗與教科書的影響。另一方面，從訪談資料可知現職老師把天氣系統的重點放在對台灣天氣的影響，故對於天氣系統的基本組成、關係與作用力描述解釋較少，這和現今課綱與大考方向有關。

以上的現象可以了解現職高中老師教學的狀況，如果能以空間概念作為教學的主軸，以較具邏輯性與結構性的教材架構來解析繁瑣的基本組成與關係作用力可以幫助學生對於天氣系統(氣團、鋒面)如何影響台灣環境更易理解。

二、教科書比較

本研究欲了解傳統講述教學下參考的教科書內容，因此比較現行教科書對於天氣系統書寫與編輯上的優缺點，並和以空間思考元素解析地理概念的教材來做比較，分析的方式分為兩大方面，首先比較三個版本的課文內容，接著再

分析三個版本中所採用空間詞彙的比例，以下就市場占有率前三名高中地理課本的版本龍騰版、翰林版、南一版為例：

在氣團方面，龍騰版並沒有提到定義或是氣團的特性等；翰林與南一版則點出氣團定義與特性，並指出氣團會受到形成的發源地影響，進一步也討論影響台灣的氣團，但沒有將氣團的大小範圍講清楚。

在鋒面部分，龍騰版與翰林版都提到交界面，而翰林版進一步提到寬度與氣壓；南一版則用不連續面來稱之。

討論冷鋒的部分，龍騰版提到的重點為(1)冷空氣移動前緣；(2)天氣陰雨；(3)氣溫下降；(4)風力增強；(5)鋒面通過後雲量減少氣溫下降；(5)冬天台灣北部。翰林版為(1)冷空氣向暖空氣推進形成；(2)暖空氣因密度小而被抬升，地面逐漸由冷空氣取代；(3)冷鋒過後帶來間歇性大雨及冷氣團使氣溫驟降。南一版為(1)冷氣團前行遭遇暖氣團，冷空氣潛入暖空氣下方，暖空氣被迫抬升；(2)冷鋒通過地面氣溫降低帶來間歇性大雨。其中龍騰版並沒有將冷鋒形成的過程點出，僅對影響下的天氣做討論，而翰林版與南一版則有較詳細的點出過程。

討論暖鋒的部分，龍騰版提到的重點為(1)暖氣團移動前緣；(2)暖鋒來臨時天氣轉為陰雨；(3)暖鋒過境暖氣團佔據原來冷氣團位置使氣溫升高；(4)例如中國東北春天。翰林版為(1)暖空氣向冷氣團推進形成，暖空氣爬升到冷空氣上，地面由暖空氣取代；(2)暖鋒過境時使氣溫增高並帶來雨水。南一版為(1)暖空氣前行遭遇冷氣團，因暖空氣密度小主動爬升到冷空氣上方；(2)暖鋒過境氣溫增高且造成連續性降水。同樣龍騰版沒有點出暖鋒形成的過程，僅對影響下的天氣做討論，而翰林版與南一版則有較詳細的點出過程。

三個版本在畫鋒面的示意圖也有不同的詮釋，龍騰版冷鋒與暖鋒的剖面在繪製上並沒有區別，只是點出冷暖空氣的位置與移動方向，對於形成的雲雨也沒有繪製；翰林與南一版則有明確畫出冷鋒與暖鋒的差異，並點出冷鋒與暖鋒下形成的雲與造成的降雨類型不同，即冷鋒形成積雨雲，陰雨大而短暫，而暖

鋒則為層狀雲，陰雨小而較長久。

現行教科書中對於天氣系統的描述有很大的差異，如龍騰版較不強調氣團的介紹、鋒面的形成與帶來的雲雨類型，偏重鋒面對於天氣的影響與實際例子；翰林與南一版對於氣團與鋒面形成以及雲雨類型多有描述。

另一方面，進一步參考 Jo & Bednarz (2009) 分析美國教科書問題所採用建立的分類向度，因此研究為目前最為完整分析教科書的研究。國內較少這方面的研究，如黃淳玲 (2012) 對國高中空間思維能力的銜接做內容分析的探索但並沒有仔細探討高中教科書中空間思考元素的比例與內容。由於美國教科書的編排方式主要以習題即問題導向的方式編撰，故 Jo & Bednarz 以課本習題為分析對象，而臺灣的教科書傳統寫法並非以習題為主。因此本研究雖採用 Jo & Bednarz 分析分類的方法，但教科書中並沒有足夠的習題作為分析對象，另臺灣學生學習地理知識的主要來源為教科書的課文內容，故本研究分析的對象為課本的課文內容。

以下分析分類的類目即依據 National Research Council 對空間思考能力定義的分類，將空間思考根據三個元素向度(空間概念、呈現工具的使用、推理過程)分成 24 個單元(圖 7)，如單元 24 表示在空間概念上屬於複雜的空間概念、有使用呈現工具、在認知推理的過程屬於產出階段，從圖 7 可知，空間概念可分為非空間概念、初始空間概念、簡單空間概念與複雜空間概念；呈現工具的使用上則以有無使用區分；在空間推理上，因臺灣教科書編撰上不以習題為主，故本研究以分析教科書課文為主，因此在推理過程向度上暫不列入本研究分析中。從表 9 可知每個概念下又有許多項目，本研究利用此架構來探討三個版本科書內容中包含多少種空間詞彙。

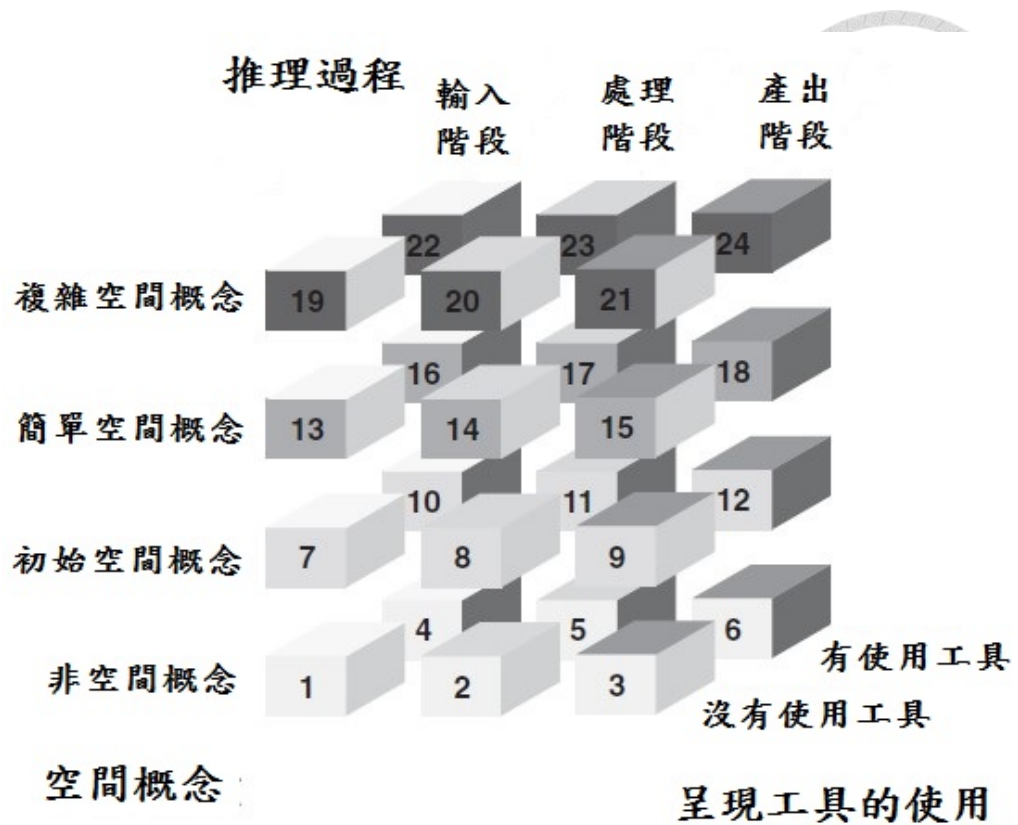


圖 7 空間思考三大要素分類架構圖

資料來源：作者引自 Jo & Bednarz (2009)改繪

表 9 Jo & Bednarz (2009) 建立的空間概念分類

空間概念	空間詞彙項目
非空間概念	
初始空間概念	指認特定位置、位置、規模大小
簡單空間概念	距離、方向、連結、移動、轉移、交界、區域、形狀、參考架構、排列、鄰近、圍繞
複雜空間概念	分布、型態、群聚與離散、密度、散布、佔據、階層網絡、空間相關、疊圖、圖層、梯度、剖

	面、起伏、尺度、地圖投影、區域
--	-----------------

檢閱三大版本課本中內容、延伸學習與學生活動中所使用的空間詞彙與圖表後，由表 10 可知，三大版本儘管在呈現工具的使用上大量使用圖表來進行解說，但相對在空間概念上使用的空間詞彙種類相當少。

表 10 三大版本空間概念與呈現工具使用比較

版本	龍騰版	翰林版	南一版
初始空間概念	1/3	1/3	0/3
簡單空間概念	3/12	4/12	2/12
複雜空間概念	1/16	2/16	1/16
呈現工具使用	11	13	15

由表 11 可知，現行三大版本的教科書在撰寫天氣系統單元時較少使用空間思考元素來解析，甚至連基本組成與形成過程(氣團的特性、鋒面的形成)都描述簡略，因此學生在學習上容易產生誤解或迷思概念。另一方面在示意圖的表示上並沒有完全正確地表達氣團的移動與空氣流動的方向，因此儘管三大版本在呈現工具使用上採用大量圖表講解，老師若沒有將空間概念融入課堂學生單就現行教科書所提供的教學材料並不足夠。由表 10 可知現行教科書中涵蓋的空間概念相當少，因此以空間思考要素解析地理概念的新教材亟待發展。



表 11 三大版本教科書內容比較

版本	龍騰版	翰林版	南一版
氣團	未提及	定義與特性、發源地	
鋒面	交界面	交界面、寬度範圍	不連續面
冷鋒	忽略鋒面形成過程	重視鋒面形成過程	重視鋒面形成過程
暖鋒	對天氣影響多描述	使用空間概念詞彙	區別降雨差異
示意圖	冷暖鋒剖面無差異 沒有雲雨帶	冷暖剖面有差 雲雨帶不同	
空間 詞彙	交界面	交界面、佔據、型 態	不連續面、型態

三、以空間思考要素解析地理概念：以天氣系統為例

本研究由教師訪談與教科書比較中整理出傳統教學如何講授天氣系統單元，進而發展以空間概念元素解析地理概念的新教材，以下分別敘述兩種教材教法的差異性：

(一) 傳統敘述教材

1. 基本組成

氣團(air mass)：範圍為一兩千公里以上氣溫、濕度等物理性質一致的廣大氣體，長期在廣大地區(下墊面 underlying surface)停留積累 (移動速動慢、高壓系統)且具有區域特性。形成條件：均勻的下墊面、穩定的環流系統(高壓)，因大規模的輻散氣流可使空氣性質趨於均質，因此氣團都為大型高壓中心，而氣團分類如表 12。

表 12 傳統講述下的氣團分類表

源地	極地(P)	熱帶(T)
大陸(c)	極地大陸氣團(cP) 很寒冷、乾燥	熱帶大陸氣團(cT) 熱、乾燥
海洋(m)	極地海洋氣團(mP) 寒冷、潮溼	熱帶海洋氣團(mT) 溫暖、潮溼

2. 關係與作用力

- (1) 氣團移動：主要因為梯度力、科氏力，近地表則加上摩擦力
- (2) 鋒面：兩團性質不同的空氣(冷暖氣團)相遇時形成
- (3) 鋒面斜度維持：科氏力
- (4) 影響鋒面斜度：溫差、風速與風向
- (5) 冷氣團推暖氣團時：冷氣團速度快、密度較大(向下)楔行推動暖氣團形成的鋒面較陡峭(約 1/50~1/150) (加上地面摩擦力使得近地面空氣前進速度比上層慢)。通常冷鋒跑得快，暖空氣受猛烈衝擊快速上升，形成濃厚的積雨雲，雲雨帶位於冷鋒後，其陰雨大而短。
- (6) 暖氣團推冷氣團時：暖氣團速度慢、較輕，因此沿較重的冷氣團抬升形成的鋒面較緩(約 1/150~1/300)。通常暖鋒跑得慢，上方容易形成涵蓋面積較廣闊的層狀雲，雲雨帶位於暖鋒前，其陰雨小而長。
- (7) 冷鋒過境：冷空氣取代地面的暖空氣
- (8) 暖鋒過境：暖空氣取代地面的冷空氣



(二)空間概念教材

從傳統講述教學的內容來看，內容涵蓋許多空間思考元素，但因為學生沒有事先具備空間思考的概念架構，因此無法做有效的空間思考。本研究將利用 Jo & Bednarz (2009) 分析課本所使用的空間概念詞彙來解析天氣系統中氣團、冷鋒與暖鋒的概念(表 13)。將空間思考概念的基本詞彙作為學生釐解空間思考的概念架構輔助學生進行空間思考與理解地理概念中的空間概念。使用本教材在教學前須先教授學生空間概念的內容再進行課程內容的教學，而本研究所發展的空間思考概念教材編製乃參考 Golledge et al.(2007) 提到高層次的空間思考概念為低層次衍伸與繼承而來。因此由最簡單的概念慢慢延伸到複雜的概念有助於學生進行空間思考。再者，本教材將繪編完整的立體圖以輔助教學並彌補現行教科書示意圖的不足(圖 8、圖 9、圖 10、圖 11、圖 12)。

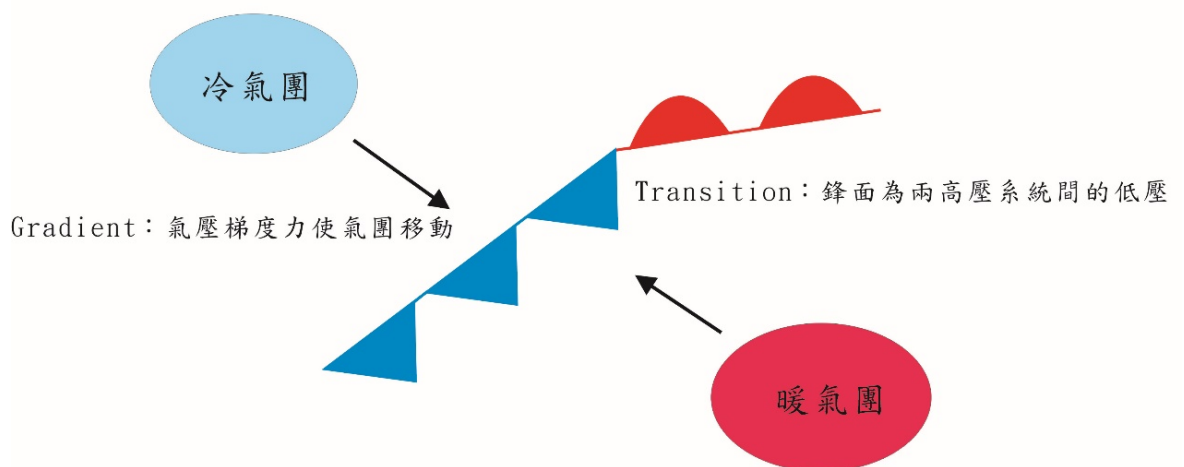
表 13 空間思考元素解析地理概念

空間思考元素	解說內容
範圍大小(Magnitude)	範圍水平方向一兩千公里以上、垂直高度約幾公里到幾十公里可從地表到對流層頂，氣溫、濕度等物理性質一致的廣大氣體
分布(Distribution)	氣團依照形成的地區與性質分類
梯度力(Gradient)	梯度力是主要驅使氣團移動的力量
剖面(Profile)	鋒面的垂直剖面圖
起伏(Relief)	鋒面的緩陡

方向(Direction)	氣團移動方向、冷暖鋒面移動方向、冷暖空氣移動方向。
移動(Movement)	氣團的推移與方向
移轉(Transition)	鋒面是一個過渡帶(氣團為高氣壓系統，鋒面則為低壓系統)
邊界(Boundary)	冷暖氣團交界
區域(Region)	冷暖氣團在氣團源地形成，每個氣團源地有其區域特性影響氣團的性質
形狀(Shape)	鋒面形狀、雲層形狀
型態(Pattern)、位置(Location)	降雨的類型與位置

Region: 氣團源地會影響氣團性質

氣團為範圍(Magnitude)一兩千公里以上溫度、溼度等物理性質一致的廣大氣體



形成的條件：廣大均勻的下墊面(大氣的熱量與水分來源)、穩定的環流系統(高壓系統使空氣能長時間停留或緩慢移動來與下墊面相適應)

圖 8 氣團的基本組成與交互作用

Boundary: 冷氣團推向暖氣團形成鋒面

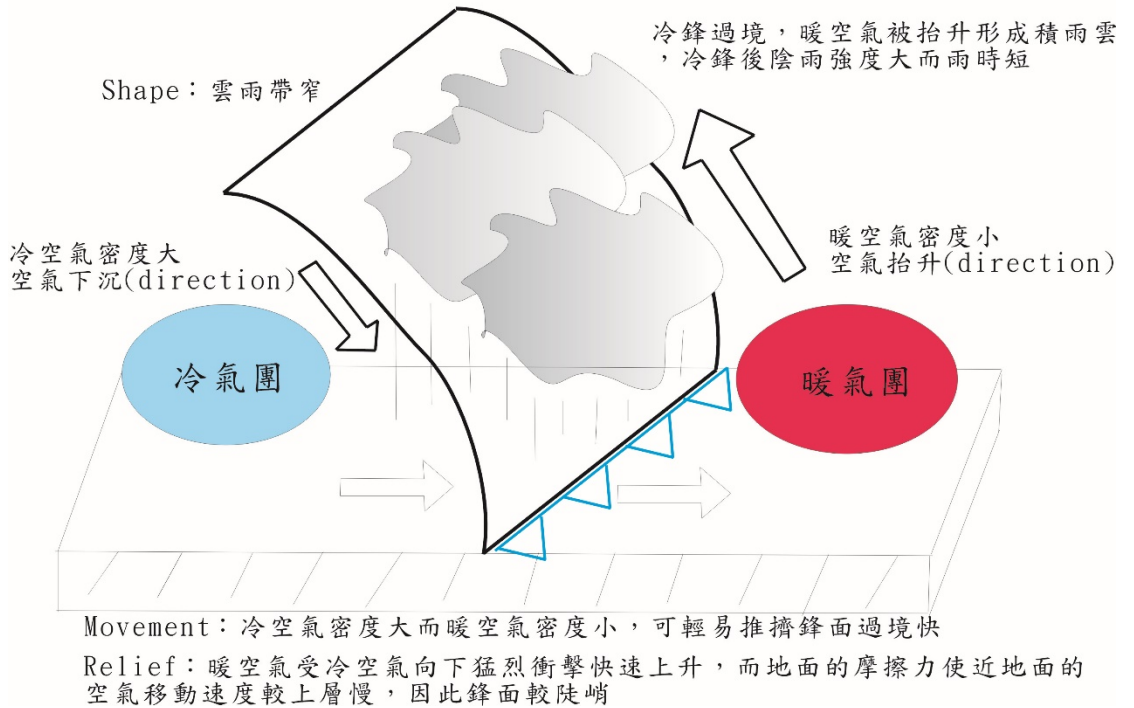


圖 9 冷鋒的形成與剖面圖

Boundary: 暖空氣推向冷空氣形成鋒面

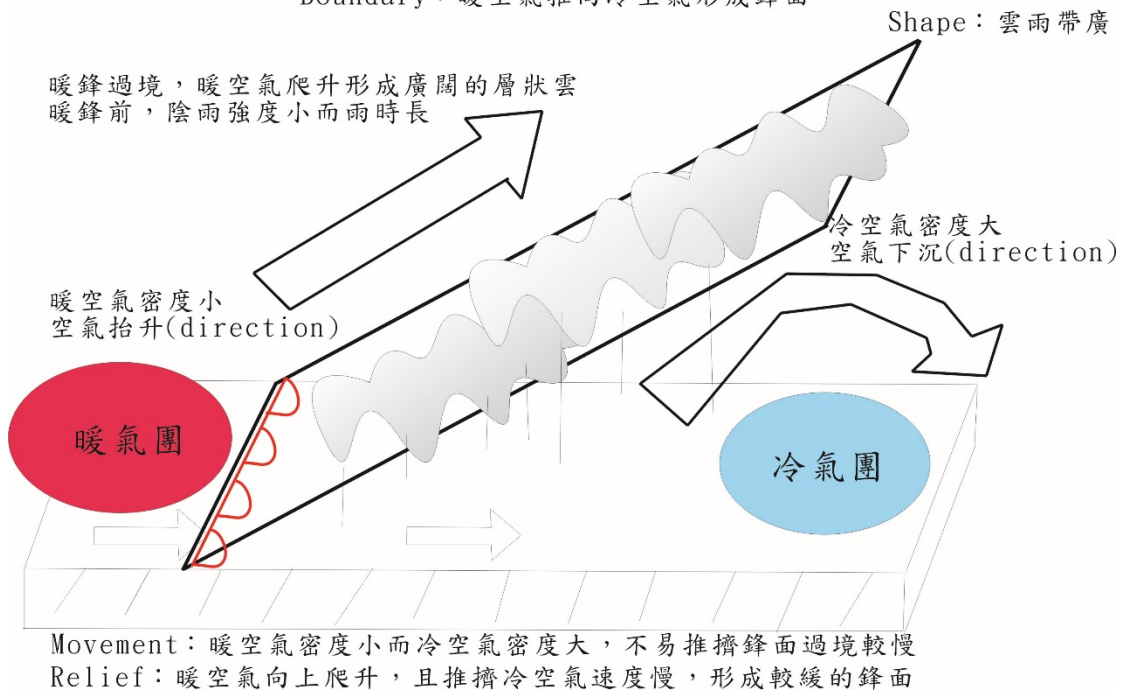


圖 10 暖鋒的形成與剖面圖

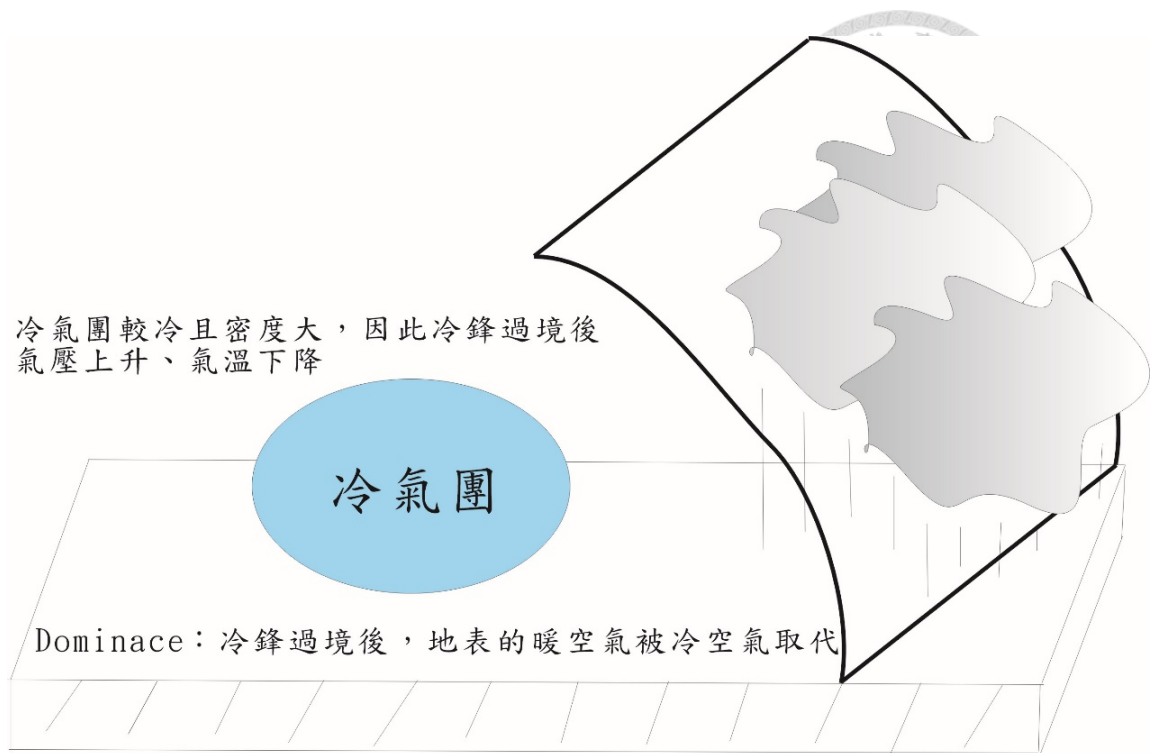


圖 11 冷鋒過境後的情況圖

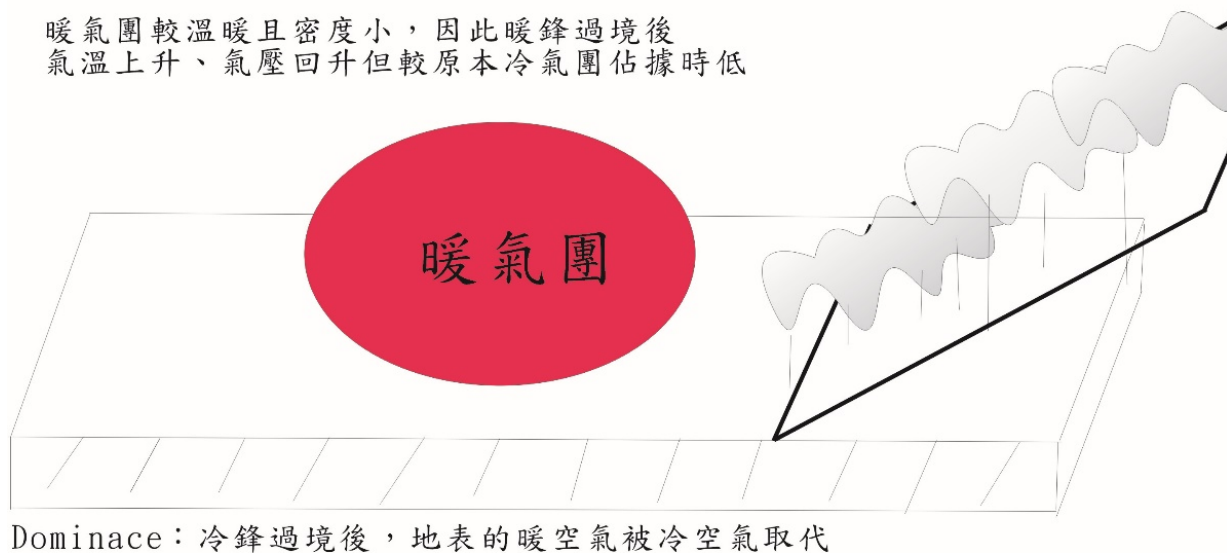


圖 12 暖鋒過境後的狀況圖

1. 傳統講述教學與空間思考元素教材的比較

以上分別展示傳統舊教材與空間思考新教材的內容範例，而前者較多文字上的描述，後著則以空間概念的基本詞彙為基礎往上加深加廣以做課程的銜接，而為了能夠清楚呈現傳統講述教學與以空間思考元素解析地理概念教材的差異，本研究試著將兩者的教材內容與教學邏輯先以課程架構概念圖(concept map)的方式呈現，再論述兩者的差異。

(1)傳統教材

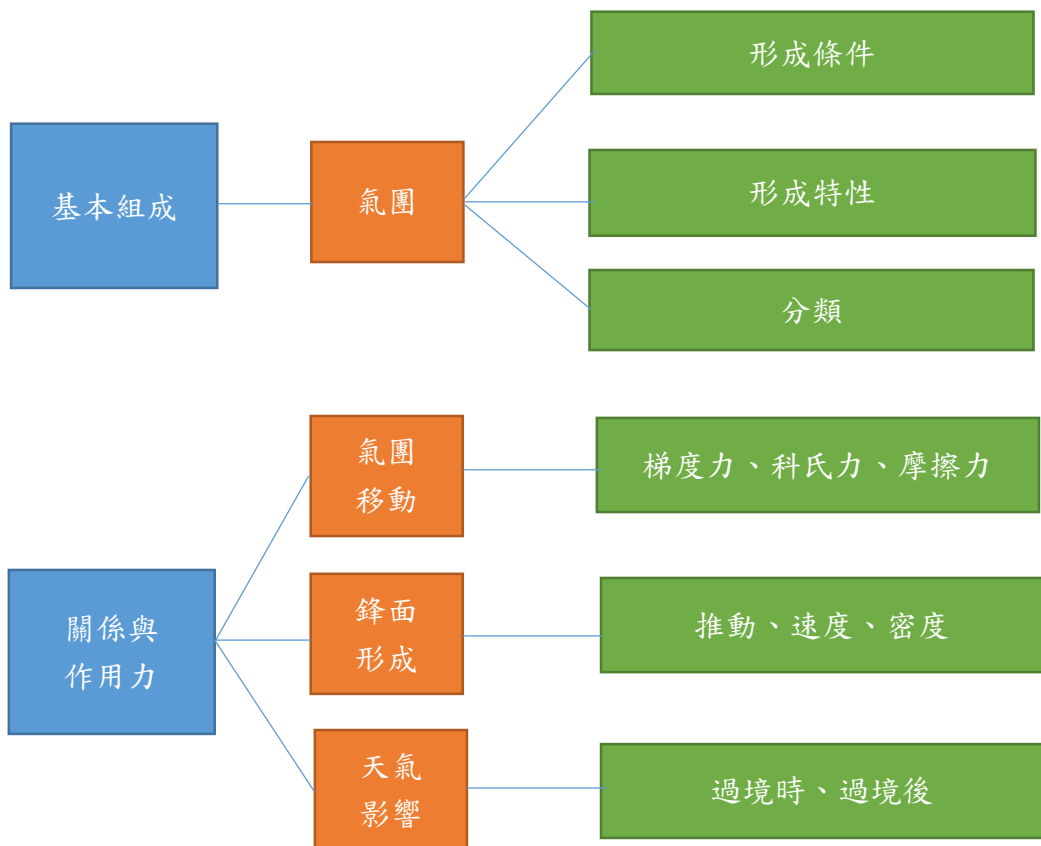


圖 13 傳統教學課程概念圖

傳統教材較著重將概念脈絡做有系統性的講解，其大致上按照大學教科書或氣候學等課本的敘述。先談天氣系統的基本組成即氣團，討論氣團形成的條件、特性與分類。接著再討論基本元素之間的關係與作用力，如氣團的移動、驅使氣團移動的力量、鋒面如何形成以及不同的鋒面對天氣的影響(圖 13)。整

體而言，傳統講述式教材文字描述較多比較少搭配示意圖說明，相對來說在教學上比較容易使用到較艱深的專有名詞。



(2)空間思考教材

氣團	Magnitude	範圍大小	說明氣團的範圍與特性
	Distribution	分布分類	說明氣團的種類與分布
	Gradient	移動力量	說明氣團移動的力量
鋒面	Boundary	氣團交界	說明氣團交界處會形成鋒面
	Transition	過度地區	說明鋒面為冷暖氣團接觸帶
	Movement	移動方向	說明冷暖空氣與鋒面的移動
	Relief	陡峭程度	說明冷暖鋒面形成的陡峭不同
	Profile	剖面結構	冷暖鋒面形成的垂直剖面不同
天氣影響	Dominance	氣團佔據	鋒面過境後冷暖氣團佔據影響天氣
	Shape	雲層形狀	冷暖鋒過境時形成的雲層不同 (積雨雲、層狀雲)
	Pattern	降雨型態	冷暖鋒過境時的降雨型態不同 (陰雨大而短、陰雨小而長)

圖 14 空間思考元素解析地理概念課程架構圖

以空間思考元素解析地理概念的教材，主要是將天氣系統中重要的元素獨立出來以 Jo & Bednarz (2009) 使用的空間思考基本詞彙來做概念解釋，而空間詞彙的安排講解配合 Golledge et al. (2007)提到的階層性(由簡單到複雜的概念)以期達到提升學生空間素養時所必須建立的一套概念架構(圖 14)。

四、發展以 GIS 輔助空間思考的教學模組

發展以空間思考元素解析高一地理天氣系統後，本研究進一步希望能研發使用 GIS 輔助教師教學與學生學習的教學模組，但礙於以上所探討使用完整的 GIS 軟體(如 ArcMap)在實際教學現場上的限制下，本研究以文獻中討論到另一個同樣具有提升學生空間思考能力的輔助軟體即 Google Earth 來輔助學生學習，發展成一套教學模組，以下說明本研究所使用的教學範例：使用 Google earth 觀看天氣圖的變化。

(一)觀察短時間的氣團與鋒面狀態

利用 google earth 的「新增圖層疊加」功能，將交通部中央氣象局的地面天氣圖加入 google earth 中，並根據調整對位(圖 15)。

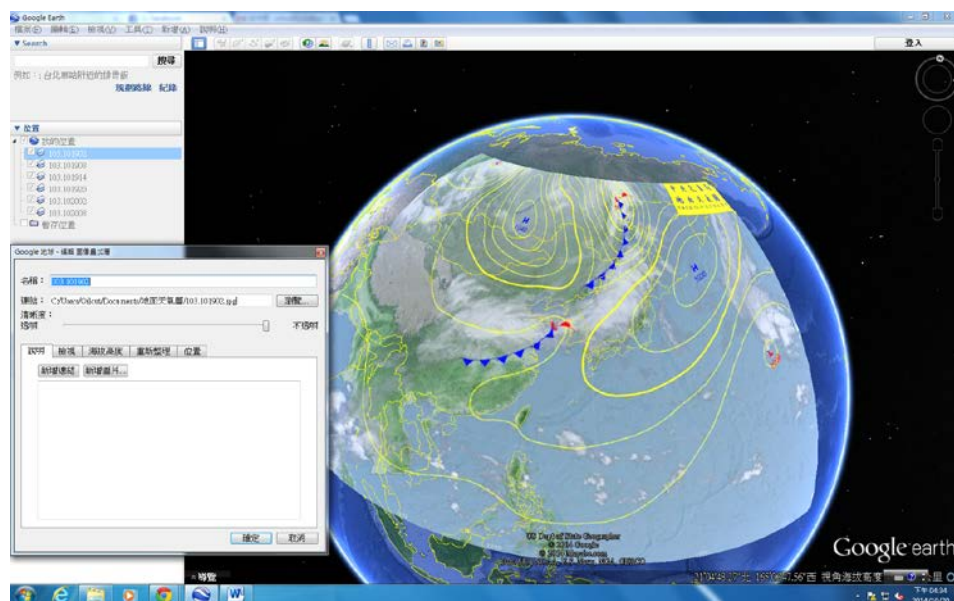
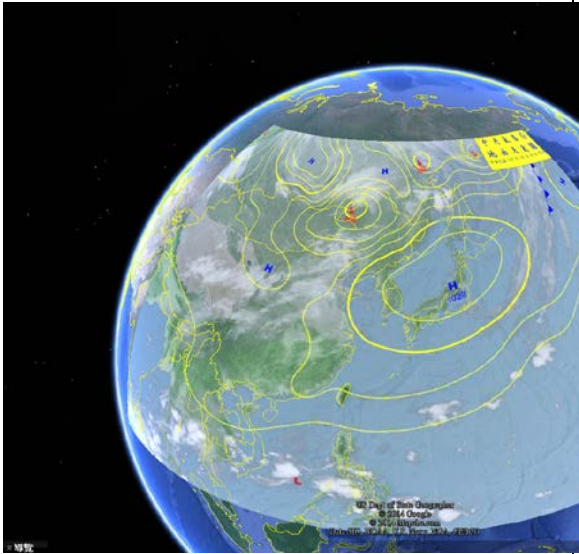
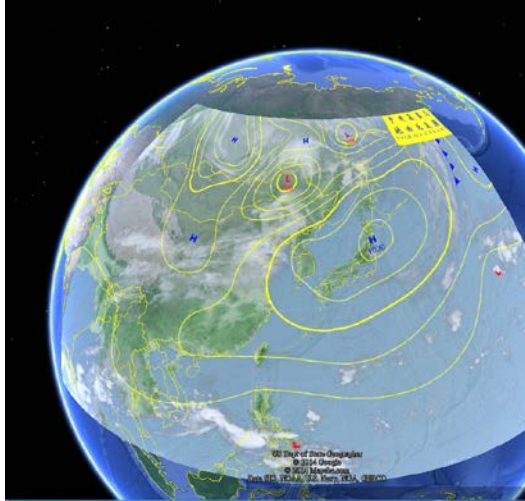


圖 15 將地面天氣系統圖進行對位

加入不同時間的地面天氣圖，如 2013/10/19 02:00、2013/10/19 08:00、
2013/10/19 14:00、2013/10/19 20:00、2013/10/20 02:00、2013/10/20 08:00。
可藉由不同圖層的切換觀察地面天氣的狀態，以切換圖層的方式可以清楚看出
逐漸改變的情形(表 14)。

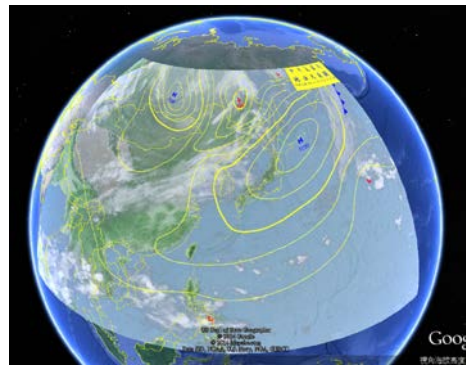
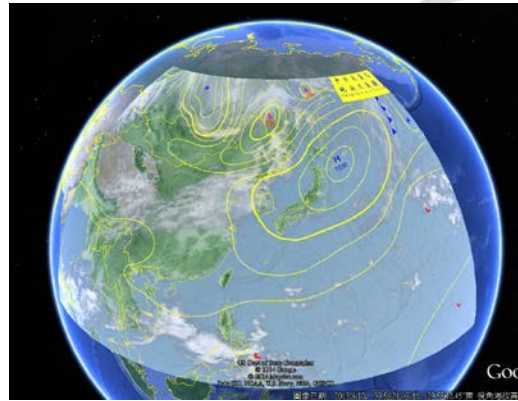


表 14 Google Earth 教學範例：短時間變化

<p>2014/10/19 02:00</p> <p>右上方可以看到形成一個冷鋒面</p>	
	<p>2014/10/19 08:00</p> <p>隨著時間變化氣團與鋒面正往右方與南方移動</p>

2014/10/19 14:00

隨著時間變化氣團與鋒面正往右方與南方移動，大陸冷氣團逐漸接近海洋暖氣團

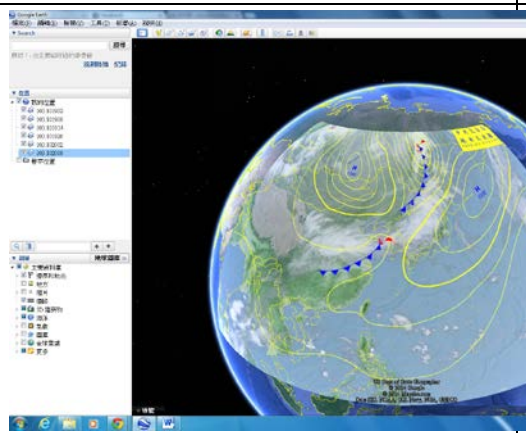
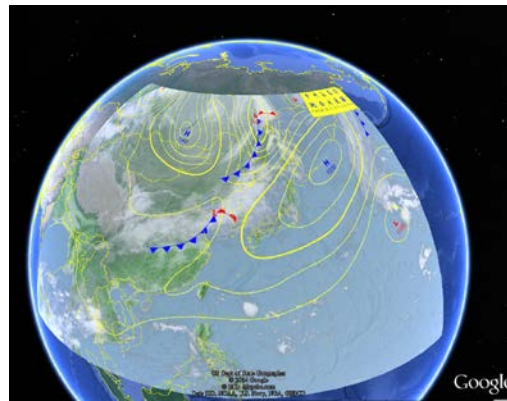


2014/10/19 20:00

隨著時間變化氣團與鋒面正往右方與南方移動，大陸冷氣團逐漸接近海洋暖氣團

2014/10/20 02:00

大陸冷氣團與海洋暖氣團相遇形成鋒面



2014/10/20 08:00

可看出大陸冷氣團不斷往南方移動，鋒面位置也不斷向南方推進

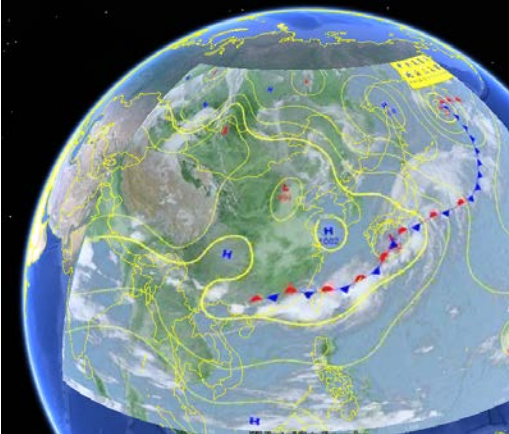
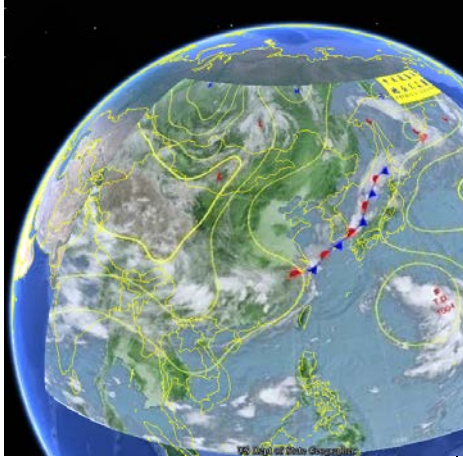
(二)觀察不同季節時期的天氣與鋒面狀況

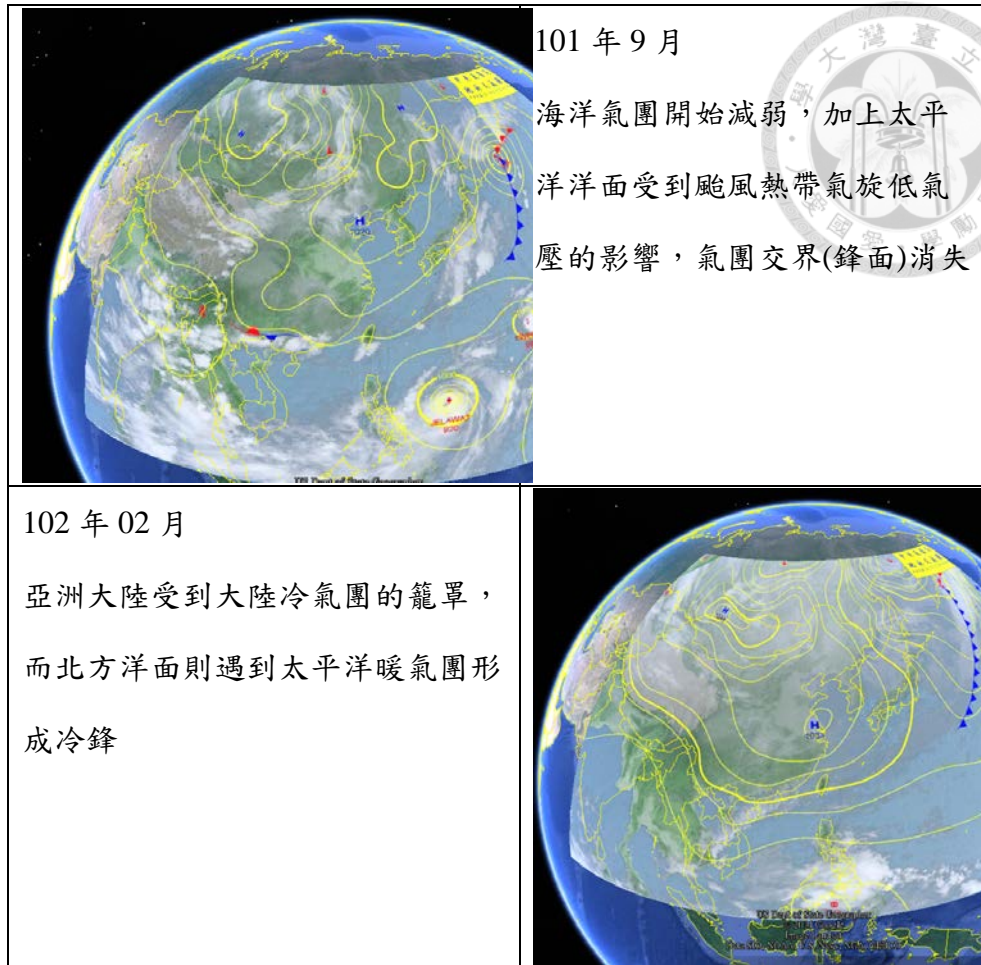
利用 google earth 的「新增圖層疊加」功能，將交通部中央氣象局的地面天氣圖加入 google earth 中，並根據調整對位。

加入不同時節的地面天氣圖，如 101 年 6 月、101 年 7 月、101 年 9 月、102 年 02 月(表 15)



表 15 Google Earth 教學範例：長時間變化

	<p>101 年 6 月 大陸冷氣團逐漸減弱、海洋暖氣團增加，兩氣團交界處形成鋒面(台灣附近形成滯留鋒)</p>
<p>101 年 7 月 海洋暖氣團不斷增強，因此鋒面往北方推移</p>	



第二節 準教學實驗設計

一、描述統計

實驗進行後，將蒐集到學生前測與後測成績的原始資料進行編碼(coding)後進行描述統計量的分析，結果如表 16 所示：

表 16 實驗組與控制組描述統計

組別	前測				後測			
	平均數	標準差	偏態	峰度	平均數	標準差	偏態	峰度
實驗組								
選擇題	5.47	1.775	-0.814	1.131	6.33	1.975	-1.647	3.330
填充題	10.80	4.805	-0.361	-0.100	17.20	5.046	-0.052	-0.895
繪圖題	0.56	0.758	0.954	-0.589	1.53	1.108	-2.068	4.663
控制組								
選擇題	5.16	1.823	-0.623	0.451	6.12	1.741	-1.329	2.653
填充題	11.08	4.397	-0.406	0.133	18.08	4.079	0.610	-0.905
繪圖題	0.53	0.796	1.187	0.108	0.80	0.877	-2.429	8.128

由表 16 可以看出在實驗組學生在選擇題前測平均得分為 5.47 分，標準差為 1.775，而控制組學生前測平均得分為 5.16 分，標準差為 1.823，兩組學生在平均得分上相差不大，實驗組學生略高於控制組學生且變異情形也不大，控制組學生變異稍大於實驗組。在選擇題後測成績上實驗組學生的後測平均得分為 6.33 分，標準差為 1.975，而控制組學生前測平均得分為 6.12 分，標準差為 1.741，兩組學生在平均得分上相差不大，實驗組學生仍略高於控制組而變異情形為實驗組學生大於控制組，因此在選擇題上可以看出兩組學生的平均得分有增加。實驗組學生分數在前後測中都略高於控制組學生，但是有無顯著差異仍待進一步推論統計的驗證。

表 16 可以看出在實驗組學生在填充題前測平均得分為 10.8 分，標準差為 4.805，而控制組學生前測平均得分為 11.08 分，標準差為 4.397，兩組學生在平均得分上相差不大，控制組學生略高於實驗組學生且變異情形也不大，實驗組

學生變異稍大於控制組。在填充題後測成績上實驗組學生的後測平均得分為 17.20 分，標準差為 5.046，而控制組學生前測平均得分為 18.08 分，標準差為 4.079，兩組學生在平均得分上相差不大，控制組學生仍略高於實驗組而變異情形為實驗組學生大於控制組。因此在填充題上可以看出兩組學生的平均得分有增加，控制組學生分數在前後測中都略高於實驗組，但是否有顯著差仍待進一步推論統計的驗證。再者，在填充題上兩者學生的變異情形都高於選擇題及繪圖題，。

表 16 可以看出在實驗組學生在繪圖題前測平均得分為 0.56 分，標準差為 0.758，而控制組學生前測平均得分為 0.53 分，標準差為 0.796，兩組學生在平均得分上相差只有些微 0.03 分，實驗組學生略高於控制組學生且兩組學生變異情形雷同且變異不大，控制組學生變異稍大於實驗組學生。在繪圖題後測成績上實驗組學生的後測平均得分為 1.53 分，標準差為 1.108，而控制組學生前測平均得分為 0.8 分，標準差為 0.877，兩組學生在平均得分上相差較大，實驗組學生明顯高於控制組而變異情形為實驗組學生略大於控制組。因此在繪圖題上可以看出兩組學生的平均得分皆有增加的趨勢，實驗組學生分數在前後測中都略高於控制組學生，但是否有顯著差仍待進一步推論統計的驗證。再者，在繪圖題上兩者學生的變異情形都小於選擇題及填充題。

從偏態與峰度的面向來討論，依照表 17 的檢驗標準，在選擇題上，實驗組學生的前後測成績在偏態皆為負偏態即大多數學生成績偏向高分。在峰度上皆為高狹峰即集中在眾數附近的分數較多，分散於兩側較少，控制組學生亦同。在填充題上，實驗組學生的前後測成績在偏態皆為負偏態即大多數學生成績偏向高分，但後測成績接近對稱。在峰度上皆為接近低闊峰即集中在眾數附近的分數較少，分散於兩側較多，控制組學生在偏態上前測成績屬於負偏態，但後測成績則為正偏態接近對稱，而在峰度上前測成績接近對稱，後測成績則為低闊峰。在繪圖題上，實驗組學生的前測成績在偏態上屬於正偏態即大多屬學生

屬於低分群，在後測成績則為負偏態即在低分群為少數偏離值。在峰度上前測成績屬於低闊峰學生分數不集中在眾數，在後測成績上則為高狹峰即大多數學生成績集中於眾數而非分散，控制組學生在偏態上和實驗組學生相同，在峰度上前測成績接近對稱，而後測成績也為高狹峰，由於兩組學生在繪圖題前測成績上都屬於正偏態即可能有地板效應，而峰度上雖然不同但差異不大(接近 0)且大多屬於低分群。

表 17 偏態與峰度的檢驗標準

偏態	判斷準則	峰度	判斷準則
正偏態	>0	高狹峰	>0
負偏態	<0	低闊峰	<0
對稱	=0	常態峰	=0

二、二因子混合設計變異數分析(two-way ANVOVA mixed design)

上述描述統計討論後，本研究進一步進行推論統計的部分，在進行二因子混合設計變異數分析前，先對兩組學生在三類題型(選擇題、填充題與繪圖題)在前測成績上是否同質來做檢驗以確保適用於後續分析。因此以兩組學生在天氣系統三類題型的前測成績作為檢定的變項，而以組別為分組變數進行獨立樣本 T 檢定，如摘要表(表 18)所示，兩組學生在變異數相等的 Levene 檢定中選擇題(Levene=0.22, $p=0.881 > 0.05$)、填充題(Levene=0.532, $p=0.467 > 0.05$)、繪圖題(Levene=0.072, $p=0.789 > 0.05$)並未顯著，表示三類型題樣本的離散情形並無明顯差異，未違反 T 檢定中變異數同質性的假設。由 T 值與顯著性發現兩組學生在選擇題($t_{(169)}=1.137, n.s.$)、填充題($t_{(169)}=-0.391, n.s.$)與繪圖題($t_{(169)}=0.186, n.s.$)上考驗結果未達顯著，表示兩組學生在三類題型的前測成績上並無明顯差異，因此可以推論兩組學生有相同的起點行為，可進一步進行後續統計分析。

表 18 實驗組與控制組前測成績獨立樣本 T 檢定分析摘要表

前測成績	變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定		
	F 檢定	顯著性	T 檢定	自由度	顯著性
選擇題	0.22	0.881	1.137	169	0.257
填充題	0.532	0.467	-0.391	169	0.696
繪圖題	0.072	0.789	0.186	169	0.852

接著進行二因子混合設計變異數分析，分別就三類題型(選擇題、填充題、繪圖題)，考驗實驗組學生和控制組學生在天氣系統測驗中得分的改變情形並就統計結果討論之，先探討兩因子間的交互作用，若顯著則可探討單純主要效果，若不顯著則探討主要效果(圖 16)。

進行相依樣本變異數分析時通常需進行 Mauchly 球形假設的檢定，即相依樣本在依變項上的得分兩兩配對相差的差，其變異必須同質，但由於本研究受試者內因子只有兩組即前測與後測因此不會有變異不同質的問題，故以下分析時可不必進行球形檢定與後續修正。

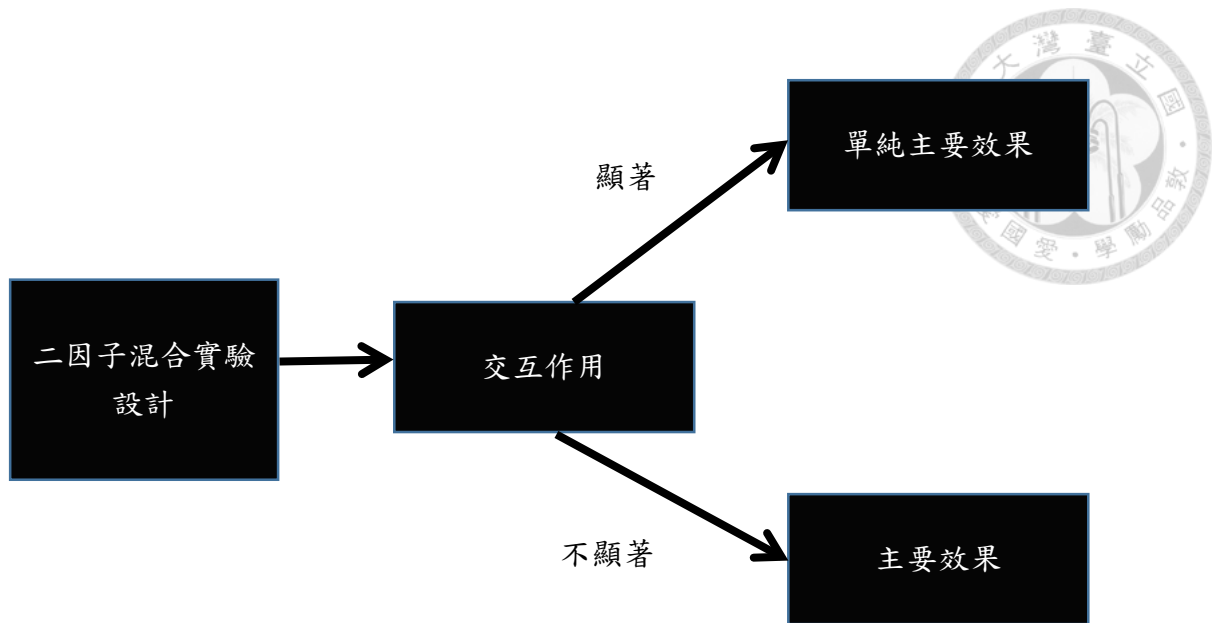



圖 16 二因子混合設計決策圖

(一) 選擇題

以天氣系統測驗選擇題前後測成績為受試者內因子，不同教學方式即組別作為受試者間因子進行二因子混合設計共變數分析，分析結果如表 19 所示，交互作用(interaction effect) $F(1,169)=0.157, P=0.693>0.05$ ，未達顯著，因此無須進行單純主要效果分析，但須進一步就兩個獨變項之主要效果(main effect)是否顯著加以探究。

兩個獨變項主要效果(main effect)的分析，受試者間設計獨變項(教學方式)並未達到顯著， $F(1,169)=1.116, P=0.292>0.05$ ，顯示不同的教學方式與學生在天氣系統測驗選擇題上的前後測成績並沒有關係；然而受試者內設計的兩個相依樣本平均數差異達顯著水準 $F(1,169)=50.063, P<0.001$ ，表示在不同測量的時段(前測、後測)下，兩組學生在天氣系統測驗選擇題上的成績確有所不同。可推斷實驗組學生與控制組學生在經過不論哪一種教學方式後選擇題成績都有顯著地差異，而由表 16 描述統計量的平均數中看出其變化的趨勢為分數進步。



若從剖面圖來觀察兩個獨變項的交互作用(interaction effect)，亦可發現教學方式與前後測的線段上無明顯的交叉或非平行線段；而從剖面圖來判斷主要效果發現受試者內因子(前後測)在兩組平均數上有差異即有主要效果(main effect)，而受試者間因子(教學方式)在兩組平均數上差異不大即主要效果(main effect)不顯著(圖 17)。

進一步探討教學方式在選擇題成績沒有顯著差異的原因，首先分析資料組成進行對變異數分析的基本假設做檢定，由表 20 發現，對選擇題的前測成績與後測成績進行 Kolmogorov-Smirnov 檢定，當 K-S 統計量達顯著水準時，即 $P < 0.05$ ，達顯著，表示獨立樣本違反常態分配的假設並不符合常態分配，選擇題成績在前後測皆不符合常態分配。搭配表 16 描述統計量的結果討論，從選擇題成績在偏態與峰度的上可以看出兩組學生大多屬於右偏態與高闊峰，表示學生在選擇題得答分皆偏高且離散程度較少，因此可能出現天花板效應(ceiling effect)，學生的分數無法突破高端，這可能和試題本身的難度(通過率)與鑑別度有關，因此未來需做進一步的項目分析來探討原因。另一方面從測量工具面討論，選擇題的題型來自於書商的題庫光碟，測驗的內容較符合現有教科書式的授課方式，故出題的內容較偏向傳統講授式教學法的内容，可能無法實際測出本研究欲探討空間思考的能力，因此表面效度不彰。

針對選擇題的前測與後測題目進行逐題的試題項目分析以量性方式檢驗試題的適當性，以下依據「題目通過率」、「題目高低分組獨立樣本 T 檢定」、「修正後題目與總分之相關」、「刪除該題後的信度值」做討論，其中前三項討論較為重要。「題目通過率」中，若該題大於 75% 或小於 25%，則為不良指標；「題目高低分組獨立樣本 T 檢定」，總分前 25% 受試者的得分為高分組，而後 25% 受試者的得分為低分組，比較高分組與低分組在每個題目的得分是否有差異，若顯著性高於 0.05 則未達顯著水準，應列為不良指標；「修正後題目與總分之相關」上若該題目與總分的相關係數小於 0.300，則列為不良指標。從分析的結

果來看(表 21、22)，其中第 4 題、第 7 題與第 8 題的不良指標都在 2 個以上，因此可能為不適當的題目會影響到實驗結果，但僅有第 4 題在前後測中不良指標都未達標準，因此其他題目仍具有測驗力。

在信度檢驗上，因本研究採用二分計分法，故信度值採庫里係數 20(KR20)方法，計算出來的值前測為 0.562、後測為 0.363，因信度較低，故可能影響研究結果。

表 19 教學方式×測量階段在選擇題分數上之變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P
組間(Between subjects)	894.316	170			
教學方式	5.868	1	5.868	1.116	0.292
群內受試差異	888.448	169	5.257		
組內(Within subjects)	312.879	171			
前後測	71.452	1	71.452	50.063	<0.001*
教學方式×前後測	0.224	1	0.224	0.157	0.693
前後測×群內受試差異	241.203	169	1.427		
全體(Total)	1207.195	341			

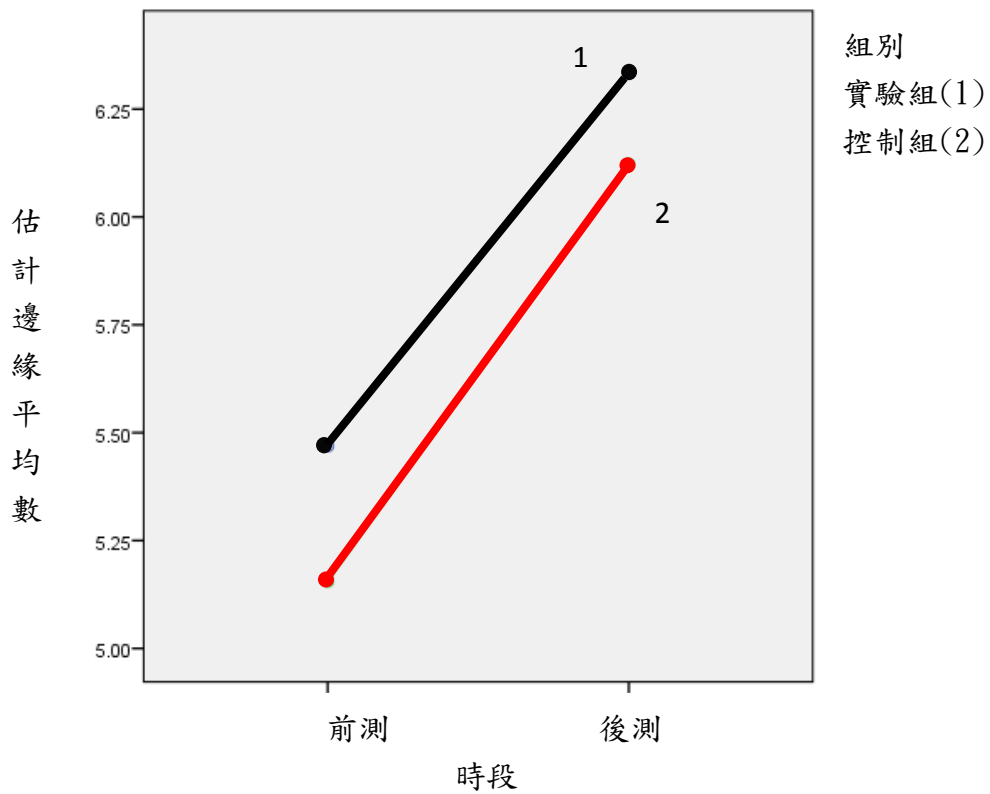


圖 17 兩組學生在選擇題上交互作用圖

表 20 選擇題前後測成績常態分配檢定摘要表

選擇題		Kolmogorov-Smirnov 檢定		
		統計量	自由度	顯著性
前測	實驗組	0.186	81	<0.001*
	控制組	0.166	90	<0.001*
後測	實驗組	0.188	81	<0.001*
	控制組	0.183	90	<0.001*



表 21 選擇題前測之項目分析表

題號	題目通過率	題目高低分組 獨立樣本 T 檢 定	修正的項 目與總分 之相關	刪除該題 後的 KR20 信度值	不良指 標數量
1	37.9	P<0.001*	0.226	0.544	1
2	55.7	P<0.001*	0.183	0.558	1
3	61.5	P<0.00*1	0.276	0.528	1
4	23.6	0.009*	0.042	0.591	2
5	38.5	P<0.001*	0.123	0.575	1
6	64.4	P<0.001*	0.199	0.552	1
7	86.2	P<0.001*	0.445	0.493	1
8	71.3	P<0.001*	0.430	0.480	0
9	85.1	P<0.001*	0.567	0.459	1

表 22 選擇題後測之項目分析表

題號	題目通過率	題目高低分組 獨立樣本 T 檢 定	修正的項 目與總分 之相關	刪除該題 後的 KR20 信度值	不良指 標數量
1	66.1	P<0.001*	0.077	0.371	1
2	56.3	P<0.001*	0.129	0.346	1
3	71.8	P<0.001*	0.137	0.339	1
4	24.1	P<0.001*	0.068	0.373	2
5	54.6	P<0.001*	0.127	0.347	1
6	74.7	P<0.001*	0.171	0.322	1
7	89.1	0.140	0.167	0.335	3
8	85.1	0.003*	0.259	0.297	2
9	90.2	0.004*	0.330	0.297	1




(二) 填充題

以天氣系統測驗填充題前後測為受試者內因子，不同教學方式即組別作為受試者間因子進行二因子混合設計共變數分析，分析結果如表 23 所示，交互作用(interaction effect) $F(1,169)=0.551, P=0.459>0.05$ ，未達顯著，因此無須進行單純主要效果分析，但須進一步就兩個獨變項之主要效果(main effect)是否顯著加以探究。

兩個獨變項主要效果(main effect)的分析，受試者間設計獨變項(教學方式)並未達到顯著， $F(1,169)=1.263, P=0.313>0.05$ ，顯示不同的教學法與學生在天氣系統測驗填充題上的前後測成績沒有關係；但受試者內設計的兩相依樣本平均數差異達顯著水準 $F(1,169)=269.917, P<0.001$ ，表示在不同測量的時段(前測、後測)下，兩組學生在天氣系統測驗填充題上的成績確實並不相同。可推斷實驗組學生與控制組學生在經過無論哪一種教學方式後填充題成績都有顯著地差異，而由表 16 描述統計量的平均數中看出其變化的趨勢為分數進步。

若從剖面圖來觀察兩個獨變項的交互作用(interaction effect)，亦可發現教學方式與前後測的線段上無明顯的交叉或非平行線段；而從剖面圖來判斷主要效果發現受試者內因子(前後測)在兩組平均數上有差異即有主要效果(main effect)，而受試者間因子(教學方式)在兩組平均數上差異不大即主要效果(main effect)不顯著(圖 18)。

同樣進一步探討教學方式在填充題成績沒有顯著差異的原因，首先分析資料組成進行對變異數分析的基本假設做檢定，由表 24 發現，對填充題的前測成績與後測成績進行 Kolmogorov-Smirnov 檢定，當 K-S 統計量達顯著水準時，即 $P<0.05$ ，達顯著，表示獨立樣本並不符合常態分配，填充題成績在前測上 K-S 統計量未達顯著，表示填充題前測成績並沒有違反常態分配的假設，但在後測成績上則違反常態分配假設。搭配表 16 描述統計量的結果討論，從填充題成績在偏態與峰度的上可以看出兩組學生大多屬於右偏態與低闊峰，這可能和填



充題其有背就有分的性質有關，學生只要有記熟測驗內容容易獲得高分。但如果沒有記熟則完全拿不到分數，不如選擇題有猜測的機率，因此離散情形較大。另一方面從測量工具面討論，填充題的題目來自於研究者對於本單元重點的認知，雖經過專家的審查，但因未進行預試與項目分析因此有其失真的可能性。再者，填充題測驗的形式較符合現有傳統講授式教學法的方式，推測其無法直接測驗出本研究欲探討空間思考的能力，因此表面效度也不彰。

針對填充題的前測與後測題目進行逐題的試題項目分析以量性方式檢驗試題的適當性，以下依據「題目通過率」、「題目高低分組獨立樣本 T 檢定」、「修正後題目與總分之相關」、「刪除該題後的信度值」做討論，其中前三項討論較為重要。「題目通過率」中，若該題大於 75% 或小於 25%，則為不良指標；「題目高低分組獨立樣本 T 檢定」，總分前 25% 受試者的得分為高分組，而後 25% 受試者的得分為低分組，比較高分組與低分組在每個題目的得分是否有差異，若顯著性高於 0.05 則未達顯著水準，應列為不良指標；「修正後題目與總分之相關」上若該題目與總分的相關係數小於 0.300，則列為不良指標。從分析的結果來看(表 25、26)，其中第 2 格、第 3 格、第 4-1 格、第 5-1 格、第 6-1、6-2 格與第 7 題三小格的不良指標都在 2 個以上，因此可能為不適當的題目會影響到實驗結果，但僅有第 2 格、第 3 格與第 4-1 格在前後測上不良指標數未達標準，因此其他題目仍具有其測驗效果。

在信度檢驗上，因本研究採用二分計分法，故信度值採庫里係數 20(KR20) 方法，計算出來的值前測為 0.839、後測為 0.716，因此填充題的試題在評測上具有其測驗的效力。

表 23 教學方式×測量階段在填充題分數上之變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P
組間(Between subjects)	4718.374	170			
教學方式	28.463	1	28.463	1.263	0.313
群內受試差異	4689.911	169	27.751		
組內(Within subjects)	6227.123	171			
前後測	3824.643	1	3824.643	269.917	<0.001*
教學方式×前後測	7.801	1	7.801	0.551	0.459
前後測×群內受試差異	2394.679	169	14.170		
全體(Total)	10945.497	341			

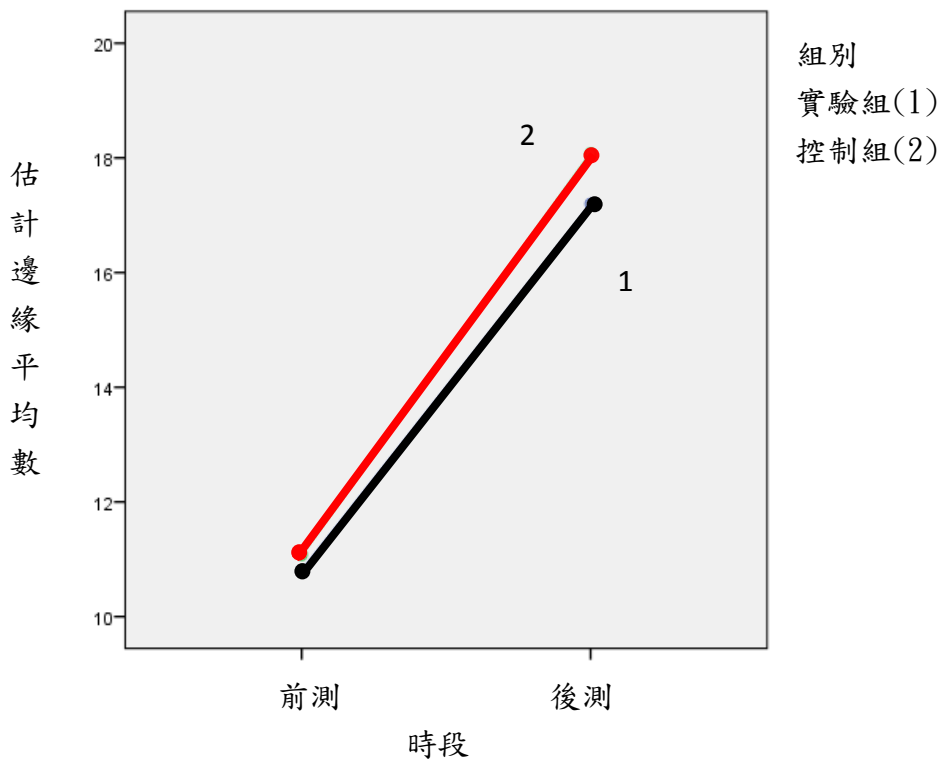


圖 18 兩組學生在填充題上交互作用圖

表 24 填充題前後測成績常態分配檢定摘要表

填充題		Kolmogorov-Smirnov 檢定		
		統計量	自由度	顯著性
前測	實驗組	0.119	81	0.006
	控制組	0.104	90	0.015
後測	實驗組	0.205	81	<0.001*
	控制組	0.207	90	<0.001*

表 25 填充題前測之項目分析表

題號	題目通過率	題目高低分組獨立樣本 T 檢定	修正的項目與總分之相關	刪除該題後的 KR20 信度值	不良指標數量
1.1	0	N/A ^a	N/A ^a	N/A ^a	N/A ^a
1.2	60.9	0.007*	0.192	0.841	1
2	2.3	0.083	0.156	0.839	3
3	2.3	0.457	0.156	0.839	3
4.1	49.4	0.22	0.281	0.838	2
4.2	32.8	0.679	0.090	0.845	2
5.1	66.1	P<0.001*	0.481	0.829	0
5.2	67.8	0.72	0.492	0.828	1
5.3	40.2	0.058* ^b	0.173	0.842	1
5.4	45.4	0.007*	0.348	0.834	0
5.5	46.0	0.763	0.471	0.829	1
5.6	37.9	0.322	0.543	0.826	1
5.7	36.8	0.277	0.524	0.827	1
6.1	63.8	P<0.001*	0.501	0.828	0
6.2	65.5	0.007*	0.537	0.826	0
6.3	56.3	0.207	0.447	0.830	1
6.4	40.8	0.004*	0.366	0.834	0
6.5	40.8	0.551	0.460	0.829	1
6.6	39.1	0.851	0.548	0.825	1

6.7	37.4	0.405	0.575	0.824	1
7.1	88.5	P<0.001*	0.616	0.826	1
7.2	79.9	0.001*	0.470	0.830	1
7.3	72.4	0.013*	0.365	0.833	0

a：前測中第 1-1 格沒有受試者答對因此無法分析

b：0.058 為邊際顯著

表 26 填充題後測之項目分析表

題號	題目通過率	題目高低分組獨立樣本 T 檢定	修正的項目與總分之相關	刪除該題後的 KR20 信度值	不良指標數量
1.1	40.8	P<0.001*	0.185	0.717	1
1.2	85.1	P<0.001*	0.385	0.699	1
2	17.8	P<0.001*	0.189	0.713	2
3	58.0	P<0.001*	0.228	0.712	2
4.1	77.6	P<0.001*	0.234	0.709	2
4.2	66.1	P<0.001*	0.199	0.714	1
5.1	83.3	P<0.001*	0.280	0.706	2
5.2	88.5	0.001*	0.393	0.701	1
5.3	72.4	P<0.001*	0.256	0.708	1
5.4	74.7	P<0.001*	0.163	0.716	1
5.5	83.3	P<0.001*	0.563	0.685	1
5.6	79.9	P<0.001*	0.313	0.703	1
5.7	81.0	P<0.001*	0.412	0.695	1
6.1	79.9	P<0.001*	0.232	0.709	2
6.2	86.8	0.002*	0.288	0.706	2
6.3	80.5	P<0.001*	0.349	0.700	1
6.4	74.1	P<0.001*	0.231	0.710	1
6.5	83.3	P<0.001*	0.536	0.687	1
6.6	81.6	P<0.001*	0.341	0.701	1
6.7	81.6	P<0.001*	0.416	0.695	1
7.1	93.1	0.159	0.15	0.718	3
7.2	89.1	0.211	-0.33	0.723	3
7.3	79.9	0.007*	0.064	0.723	2

(三) 繪圖題

以天氣系統測驗繪圖題前後測為受試者內因子，不同教學方式即組別作為受試者間因子進行二因子混合設計共變數分析，分析結果如表 27 所示，交互作用(interaction effect) $F(1,169)=24.858, P<0.001$ ，達顯著，顯示不同的教學方式與前後測成績間有交互作用(interaction effect)存在，因此可進一步進行單純主要效果(simple main effect)分析。

兩個獨變項主要效果(main effect)的分析，受試者間設計獨變項(教學方式)達到顯著， $F(1,169)=10.413, P=0.002<0.05$ ，顯示不同的教學法與學生在天氣系統測驗繪圖題上的前後測成績有顯著的差異存在；另一方面受試者內設計的兩相依樣本平均數差異也達顯著水準 $F(1,169)=76.354, P<0.001$ ，表示在不同測量的時段(前測、後測)下，兩組學生在天氣系統測驗繪圖題上的成績確實有顯著的差異，可推斷實驗組學生與控制組學生在經過無論哪一種教學方式後繪圖題成績都有顯著地差異，而由表 16 描述統計量的平均數中看出其變化的趨勢為分數進步。

由表 28 單純主要效果(simple main effect)變異數分析的摘要表可以看出不同測量段(前測、後測)獨變項在兩個獨立因子(實驗組、控制組)的水準(level)下，均達顯著差異，在單純主要效果的檢驗中型 I 錯誤(Type I Error)採族系錯誤率(Familywise error rate, FWE) $\alpha_{FW}=0.05/4=0.0125$ 下，在實驗組水準下為 $F(1,169)=87.957, P<0.001$ ，在控制組水準下為 $F(1,169)=7.306, P=0.008<0.0125$ ，這兩個檢定值與不區分實驗組與控制組的組內水準下的主要效果(main effect) $F(1,169)=76.354, P<0.001$ ，結論相同，均達顯著水準。表示在不同的測量階段(前測、後測)下，兩組學生在繪圖題的成績確實有顯著地不同，而且在實驗組與控制組條件下均一致。另一方面，受試者間因子教學方式獨變項在兩個相依因子(前測、後測)的水準下結果有不同，在前測水準下 $F(1,169)=0.026, P=0.872>0.0125$ ，未達顯著，表示兩組學生在繪圖題的前測成績上並沒有顯著差異，可推斷具有相

同的起點行為，而在後測水準下 $F(1,169)=28.608, P<0.001$ ，達顯著，表示兩組學生在繪圖題的後測成績上有顯著地差異。參考表 16 描述統計量兩組的平均分數來看可以推論出實驗組學生與控制組學生在前測時繪圖題的分數上並沒有顯著差異，而在後測時實驗組學生繪圖題的成績顯著地高於控制組，這個檢定值與完整的教學方式變項的主要效果(main effect) $F(1,169)=10.413, P=0.002<0.05$ ，結論相同，表示教學方式的不同影響後測成績有顯著地差異。

若從剖面圖來觀察兩個獨變項的交互作用(interaction effect)，亦可發現教學方式與前後測的線段上雖無明顯交叉但可看出並非平行線段顯示交互作用可能存在，此結論可從表 27 得證；而從剖面圖來判斷兩個獨變項的主要效果發現受試者內因子(前後測)在兩組平均數上有差異即有主要效果(main effect)，而受試者間因子(教學方式)在兩組平均數上差異也大即主要效果(main effect)亦顯著(圖 19)。

進一步討論繪圖題和其他兩種題型的差異，繪圖題本身並不具有題目的偏頗，學生僅須就本身的能力來做答，題目的答案也較開放。再者，從文獻探討中可知空間思考包含三個要素，其中呈現工具的使用即和繪圖題息息相關，學生可經由使用圖片、地圖等圖像工具來展現空間思考能力。故繪圖題本身較其他題型較能看出學生的空間思考能力，因此結果和其他兩者不同。

表 27 教學方式×測量階段在繪圖題分數上之變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P
組間(Between subjects)	208.287	170	13.25		
教學方式	12.089	1	12.089	10.413	0.002*
群內受試差異	196.198	169	1.161		
組內(Within subjects)	116.359	171	44.015		
前後測	32.880	1	32.880	76.354	<0.001*
教學方式×前後測	10.704	1	10.704	24.858	<0.001*
前後測×群內受試差異	72.775	169	0.431		
全體(Total)	324.646	341			

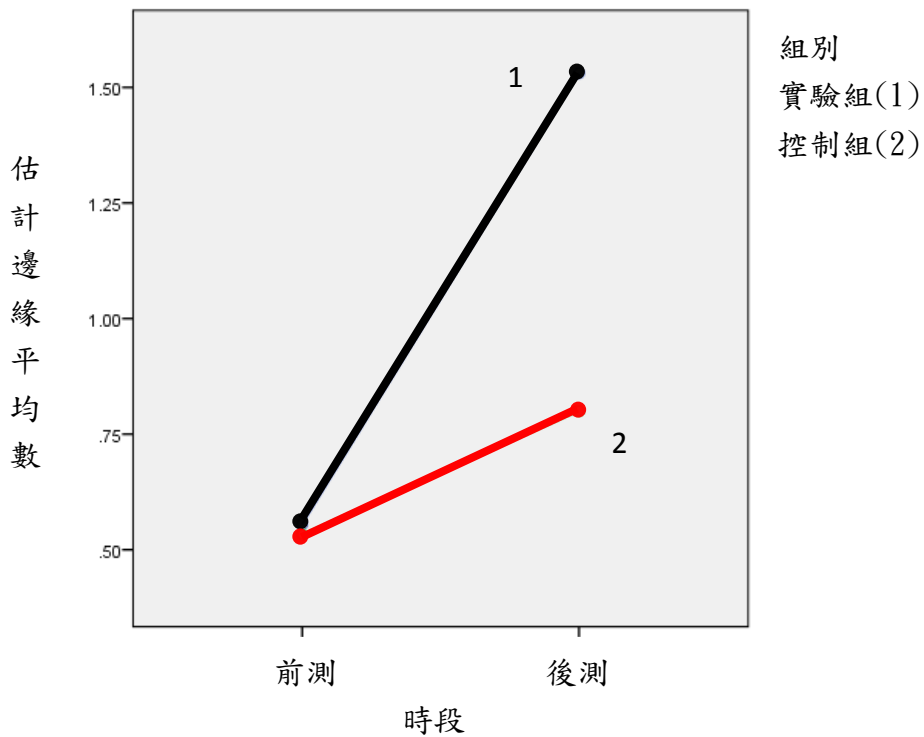


圖 19 兩組學生在繪圖題上的交互作用圖

表 28 教學方式×測量階段在繪圖題分數上之單純主要效果變異數分析摘要表

單純主要效果	SS	df	MS	F	P
前後測(相依)					
在實驗組下	38.525	1	38.525	87.957	<0.001*
在控制組下	3.200	1	3.200	7.306	0.008*
誤差(殘差)	72.775	169	0.438		
教學方式(獨立)					
在前測下	0.021	1	0.021	0.026	0.872
在後測下	22.772	1	22.772	28.608	<0.001*
誤差(殘差)	268.975	338	0.796		

三、單因子共變數分析

由二因子混合設計共變數分析的結果發現實驗組學生和控制組學生在三類題型上的表現，在選擇題與填充題上兩組學生都因為經過不同教學方式而有顯著地進步，但兩組進步後的後測成績上並沒有顯著差異，甚至控制組學生的填充題學生高於實驗組。另一方面，兩組學生在繪圖題的表現上同樣都因為經歷不同教學方式而有顯著進步，並且在後測成績上實驗組學生顯著地高於控制組學生，因此以下分析僅就天氣系統測驗中繪圖題的部分探討之。

(一) 共變數分析的基本假設檢定

將資料進行檢測由表 29 可知共變項(繪圖題前測成績)與獨變項(不同的教學方式)的交互作用項 $F(1,167)=0.132, P=0.717 > 0.05$, 未達顯著接受虛無假設。故可以斷定組內迴歸係數具有同質性，共變項(繪圖題前測成績)與依變項(繪圖題後測)間的關係不會因為獨變項(不同的教學方式)處理的水準不同而有所不同，符合共變數組內迴歸係數同質假設，可繼續進行共變數分析。

(二) 獨立樣本單因子共變數分析之檢定

排除共變量(繪圖題前測成績)對依變項(繪圖題後測成績)的影響後，由表 30 可以發現，共變項效果的檢驗 $F(1,167)=49.370, P<0.001$ ，達顯著，表示共變項對於依變項的解釋力具有統計意義，因此使用 ANCOVA 控制共變項後可達到統計控制(statistics control)以減低誤差變量調整共變項的平均值差異，達到減少實驗誤差的效果。

由表 30 可得知，組間效果的考驗 $F(1,167)=28.490, P<0.001$ ，達顯著水準，表示不同的教學方式會影響學生在繪圖題上的後測成績，而從效果量 η^2_p (partial eta square)來看，根本 Cohen (1988)， η^2 的判斷準則與 ω^2 相同， η^2_p 則為扣除了共變項效果的影響後所得出的關聯強度量數， $0.059>\eta^2\geq 0.01$ 為低度關聯強度， $0.138>\eta^2\geq 0.059$ 為中度關聯強度，而 $\eta^2\geq 0.138$ 為高度關聯強度，由表 30 可知組間效果的 η^2_p 為 0.145，屬於高度關聯強度，因此可以得知自變項對於依變項解釋力頗高，由表 31 調整後的平均分數來看可得知實驗組學生在繪圖題上的成績高於控制組學生。

表 29 兩組學生在繪圖題中後測成績之組內迴歸係數同質性考驗

變異來源	SS	df	MS	F	P
教學方式	22.772	1	22.772	29.416	<0.001*
共變項(前測)	37.190	1	37.190	48.041	<0.001*
教學方式×前測	0.102	1	0.102	0.132	0.717
誤差	129.280	167	0.774		
校正後的總數	189.345	170			

表 30 兩組學生在繪圖題中後測成績之單因子共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P	η^2p
共變項(前測)	38.021	1	38.021	49.370	<0.001*	0.227
教學方式	21.941	1	21.941	28.490	<0.001*	0.145
誤差	129.383	168	0.770			
校正後的總數	189.345	170				

表 31 兩組學生在繪圖題中前測、後測及調整後的分數摘要表

組別	人數	前測成績		後測成績		調整後的分數	
		平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
實驗組		0.56	0.758	1.53	1.108	1.524	0.98
控制組		0.53	0.796	0.80	0.877	0.806	0.93

第三節 學生訪談

本研究欲探討以 GIS 融入教學後對學生空間思考能力提升的情形，因此以準實驗設計為主，探討不同教學方式對學生空間思考能力的影響。準實驗設計因教育現場學校行政的考量缺乏隨機分派的過程故在進行因果關係推論實有其限制，因此以下以質化方法訪談來輔證量性資料的結果，以提升實驗的內在效度。本次學生訪談亦採半結構型式，訪談的對象為實驗組的學生，在接受以空間思考元素解析地理概念並以 Google Earth 輔助教學的教材後，邀請學生兩班實驗學生共五位進行訪談，以下為訪談學生的背景資料(表 32)：

表 32 受訪者背景資料表(學生)

編號	性別	班別	訪談時間
S01	男	A 班	104/03/09
S02	男	A 班	104/03/09
S03	男	D 班	104/03/09
S04	女	D 班	104/03/09
S05	女	D 班	104/03/09

本訪談分為兩部分，第一部分訪談學生對於空間概念新教材的看法與建議，第二部分則訪談學生 Google Earth 融入教學的看法與建議。

一、新教材教法的看法與建議

學生經過一堂課的學習後，大部分的學生都能正確地說出氣團的特性與移動狀況，學生藉由回憶課堂上的示意圖來解說鋒面形成的狀況，而對於天氣系統的描述更能以重點式的整理方式來進行闡述，S01、S02 學生認為新教材教學強調重點式即利用空間概念的詞彙進行整理，有助於他們對知識的分類與理解。S03、S04 學生對於以空間詞彙解析地理概念教材大多建議以板書進行教學，因為投影片容易讓人分心，但 S03 與 S05 學生認為投影片中的示意圖是教材中讓學生記得很深刻的地方不過若可以搭配動畫效果會更好，另一方面教學時間的花費也是需要考量的。

看到了課堂展示的图片後，覺得很有記憶點，氣團移動的方向與如何形成鋒面都能明確分清楚了。(S01/104/03/09)

用不同概念和概念間的區分讓我可以幫助我整理這些內容。
(S02/104/03/09)



先進行空間概念的解說有建立先備知識的效用，圖像的解說很清楚可以幫助理解，但切分太多概念可能會有一點太瑣碎，還是覺得用板書上課比較好。(S03/104/03/09)

使用空間概念來分解內容很有趣，有助於我之後自己來做分類和整理，很喜歡圖解的地方，一目了然，但如果這套教學可以使用板書會更好。(S04/104/03/09)

用概念和概念連結很好，圖片幫助最大，不過圖片是靜態的，如果可以做動畫應該會更清楚。(S05/104/03/09)

進一步探討學生對於空間概念新教材的看法，學生過去受到的教學方式與教材大多以教科書為主，內容雖具有脈絡但缺少以空間概念的架構連結。因此以空間概念解析地理概念的教材能幫助學生將知識最有效的分類，如哪些為基本組成、哪些為關係與作用力等；另一方面現有教材的示意圖中雖呈現氣團的作用與鋒面的形成，但新教材中將空間概念融入示意圖中能讓學生一目了然。

二、Google Earth 輔助教學的看法與建議

大多數學生對 Google Earth 輔助教學持正面的看法，他們大多先前沒有使用過，使用 Google Earth 對學生而言屬於動態又方便的教學方式且能對內容理解更深刻，但也有學生認為 Google Earth 的部分可能應用的不多比較像補充，還是前面的新教材教法比較吸引注意力。

Google Earth 的地方好像比較少，應該可以再多講一點東西，不過還

是覺得很新奇有趣。(S01/104/03/09)

Google Earth 的部分好像比較像是補充，使用的時間和內容沒有很多，不過效果很好，但如果要用多一點的話花得時間可能會更多，怕上課進度會很趕。(S02/104/03/09)

Google Earth 的部分很新鮮，之前都沒有用過，看了 Google Earth 上氣團和鋒面的移動對於內容吸收有幫助，它是比較動態而且使用上好像也很方便。(S03/104/03/09)

我很喜歡 Google Earth 的地方，可能是之前都沒玩過，看了上面的地面天氣圖後對於這一單元內容的理解更清楚了。(S04/104/03/09)

上課使用 Google Earth 的地方很像是氣象新聞的天氣預報，看了之後覺得很清楚真的有幫助我了解，這種動態的學習方式很好。(S05/104/03/09)

從以上的訪談資料中可以整理學生對新教材教法的意見如表 33，學生對於新教材教法大多持正面的態度，不過從學生的意見中發現如果新教材搭配板書教學效果可能會更加良好。從學生的回饋與交談中可以看出新教材教學對他們的影響大多屬於正面，而從他們描述天氣系統的課程內容時也大多使用課堂中的空間概念詞彙且藉著回想示意圖來思考鋒面形成的過程。另一方面，Google Earth 輔助教學對學生的效果相當正面，學生仍藉由動態的影像過程了解天氣狀況的改變，而從學生的回饋中也能看出未來此教材的修改方向：(1)嘗試發展使用板書教學的版本、(2)試著將概念圖與示意圖以動畫的方向呈現、(3)增加 GIS(Google Earth)的內容與教學時間、(4)如何兼顧課程的內容與進度問題。

表 33 學生對於新教材教法的看法與建議

	空間概念教學	Google Earth
優點	概念與概念連結很好 幫助分類知識 重點式整理	動態學習 新鮮有趣
缺點	可能過於瑣碎	
建議	使用板書教學 注意教學時間 使用動態影像	增加內容與使用時間




第五章 結論與建議

本研究目的在了解 GIS 融入教學對高中生空間思考能力的影響，故第一章就研究動機提出欲解決的問題與欲達成的目的；第二章回顧現有文獻以定位出本研究在現階段下的研究定位與尚待解決的研究缺口；第三章根據研究目的、問題與文獻探討研擬出適合的研究方法以呼應研究目的；第四章呈現研究成果並對成果做討論與分析，以下第五章可分為兩節，第一節總結本研究的發現，第二節則提出可能的限制與未來的研究方向：

第一節 結論

空間思考在現代被列為公民不可或缺的四大基本素養，而地理課程在高中課程面臨十二年國教浪潮下的刪減，培養學生空間素養儼然成為未來地理教育的趨勢。回顧國外研究空間思考得探討已相當熱烈，唯獨國內研究相當貧乏。再者，過去關於 GIS 和空間思考在教學上的研究僅是簡單的先驗研究，缺乏大樣本的實證，而大多研究對象為西方文化的大學生，且學生僅是學習 GIS 的內容(Learning about GIS)。故本研究欲彌補這方面的研究缺口，選定台灣作為國際上少數擁有大量地理課時數的國家，將研究對象設定在高中學生且將教學內容由 GIS 課程改為一般的地理概念輔以 GIS 軟體教學(Learning with GIS)。

由文獻探討可知，學生在學習地理概念前須建立一套空間概念的概念架構方能對於課程內容充分掌握。本研究選定過去研究中未曾選定的非地理技術課程且為老師在教學上迷思概念較多的天氣系統單元作為研究素材。分析現有教科書與訪談現職高中老師了解傳統講述式教學法後，進而發展一套以空間思考基本詞彙解析地理概念的新教材。教學前須先讓學生了解空間詞彙的內容即建立一套概念架構，為了驗證新教材教法的有效性，本研究以準教學實驗設計為主作為量性實證的資料，並以質化訪談為輔來佐證實驗資料的正確性。



從以上研究成果的呈現與討論中本研究發現從現有教科書分析中發現市售率前三名的廠商在教科書內容的撰寫少用到較少的空間概念詞彙。參考 Jo & Bednarz 分析的方法後發現課本內文包含的空間詞彙種類相當少，地理知識的撰寫差異度也很大，有些甚至會省略重要的資訊以致於學生容易產生迷思概念，而在示意圖的部分教科書的圖片大多無法正確輔助學生了解學習內容。另一方面，本研究訪談六位高中教師後發現大部分的高中教師在進行教學時其實已經大量使用空間概念詞彙進行教學，縱然教學的邏輯受到大學課程與教科書系統的影響，但從其授課內容中不乏許多空間概念的應用，因此可以得知，在現今教育現場下，空間概念已然在課堂教學中出現，但缺乏一個良好的教學架構與教學素材。

本研究所研發以空間概念基本詞彙解析地理概念的教材乃根據前人文獻並參考現有教材的分析後改良所發展而來。最大的特色在於以重點式的空間概念來拆解課程內容的闡述，並在教學前為學生做空間概念先備知識的建立，進一部以清楚的示意圖輔助說明，最後輔以 Google Earth 軟體教學。本研究為驗證此教材的有效性進行準教學實驗設計，以高中四班的學生分為實驗組與對照組進行實驗。實驗工具為自編的天氣系統三種類型(選擇題、填充題與繪圖題)的測驗題。實驗結果發現實驗組學生與控制組學生在前測下三類題型的得分皆沒有顯著差異，可以推論兩組學生在起點行為相同即在沒有經過任何方式的教學前兩組學生對於天氣系統的程度雷同。再者，兩組學生在三類題型的前測與後測分數皆有顯著差異，可以推論兩組學生不論在經由哪一種方式的教學後對於天氣系統課程內容皆為有顯著進步。因此可知不論是傳統講述式教學或是空間思考式教學法都為有效的教學法。

在選擇題與填充題上，實驗組學生和控制組學生在後測的成績上並沒有顯著的差異，而在填充題中控制組學生反而較實驗組學生高。本研究推測其原因和測驗工具本身特性與編製過程有關：(1)選擇題難度較低又可經由猜測得

分；(2)填充題測驗大多記憶覆誦能力；(3)測驗工具並未進行預試與事先進行項目分析刪減題目等標準化編製流程。因此在選擇題與填充題的結果未能回應本研究的問題，然而進一步對兩種試題進行量化項目分析後發現，僅有少數題目為不良試題。故可從此結果上了解傳統的試題類型(選擇題與填充題)並無法測驗學生空間思考能力，這可反映現有教材中教學評量作為教學工具的一部分，但傳統教材的測驗題型與內容卻無法測驗與提升學生空間思考能力。

在繪圖題上，由於其題目本身僅是要求學生對鋒面剖面的繪製，因此較不受到測驗工具未經預試或項目分析的影響，繪圖題本身即測驗學生能否使用工具來呈現空間思考能力，故相對其他題型而言也較能測得學生的空間思考能力，因此表面效度較高。實驗結果中可以發現實驗組學生在後測成績上明顯大幅度高於控制組學生。進一步為了達到統計控制以增進實驗的內在效度，利用共變數分析排除前測成績的影響後實驗組學生成績仍顯著高於控制組，發現學生經由新教材的教學後空間思考能力確實有提升。在訪談中可以發現實驗組學生對於課程內容的掌握度相當好且學生對於新教材教法的看法大多屬於正面，其中示意圖與 Google Earth 的輔助對學生的幫助最大。

由以上研究成果，本研究可以得知 GIS 融入高中課程對於高中生的空間思考能力有正面的影響，而這個結論和 Lee & Bednarz (2009)、Kim & Bednarz (2013)等先驗研究結論相同，但本研究的研究對象為臺灣的高中學生，使用的研究素材為非地理技術課程，最重要的是臺灣的地理教育時數相較其他國家相對多且在學習環境下有升學考試的壓力，如何在眾多科目學習中以及大考進度壓力下提出新的教材教法來提升學生空間思考能力是相當重要的，因此在 GIS 與空間思考能力的研究上為一大的發現。

第二節 研究限制與未來建議

本節提出幾個本研究在進行時的研究限制與未來可以進行的後續方向：



(一) 實驗設計

在實驗設計上，本研究可能的缺失與限制為：

1. 獨變項無法區分：本研究的實驗組為利用空間思考元素教材來解析地理概念並輔以 GIS 教學，控制組則為傳統講授式教學，但實驗的結果僅能得知兩組的差異卻無法分辨實驗組學生成績的進步是來自於空間思考教材還是 Google Earth 輔助的效果，因此後續進行實驗設計時需進一步釐清兩者的差異，可以再進行一次實驗操弄來區分介入效果。
2. 實驗工具：本次實驗的工具為研究者自編的測驗題目，因考量實驗時間因此沒能使用空間思考量表，故在空間思考能力與天氣系統內容上有主從關係，到底哪一方面是主要被提升的這是未來有待考驗的，再加上本測驗未能經過標準化的編製過程，沒有先行預試、事前項目分析與效度的研究，因此在使用上可能有其差別，故未來同樣的實驗可以使用另一份經過完整標準化編制過程的工具，包含從編製題目上從構念(construct)著手，先進行預試並進行量化與質性的項目分析後做信效度檢驗，方可提升實驗的內在效度。
3. 準實驗設計：因教育現場行政考量，本研究無法進行真實實驗設計，因缺乏隨機分派的過程，且取樣的過程可能出現取樣偏差(selection bias)的現象，因此實驗結果在進行因果推測上有所限制，未來可就研究的規模與需求進行真實實驗設計以建立更嚴謹的因果關係。

(二) 研究設計

在研究設計上，本研究可能的缺失與限制為：

1. 教材的編製：教材編製上可能因研究者一人發展有其限制與不足，再者未能使用完整的 GIS 軟體是一大的限制，未來尚待使用進一步的 GIS 軟體才更能宣稱 GIS 融入教學的功效。
2. 教學設計上：本次教學設計因考量時間因素採以教師為主的授課方式，而空

間思考和學生自行主動的思考能力有關，因此未來研究上可設計以學生為主體的教學方式來檢驗其成效。

3. 實驗的施行：實驗的施行對象為研究者所任教的班級，在實驗中可能會產生實驗者效應(experimenter effect)，因此後續研究中需要將這一套教學材料與研究設計在另一個學校及教學者中實行以建立外在效度。
4. 訪談資料：訪談學生的部分應納入控制組學生做對比才更能確認實驗組學生對於內容的了解程度較佳。

引用文獻



中文部分

- 教育部 (2008) 普通高級中學必修科目「地理」課程綱要。台北：教育部。
- 黃淳鈴 (2012)，探究國高中地理教材之空間思維能力銜接。臺灣大學地理環境資源學研究所碩士論文。
- 楊國樞、文崇一、吳聰賢、李亦園(2013)。社會及行為科學研究法—質性研究法，台北市：東華書局。

英文部分

- Cohen, J., (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum..
- Bodzin, A. M. (2011). The implementation of a geospatial information technology (GIT)-supported land use change curriculum with urban middle school learners to promote spatial thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(3), 281-300.
- Bernard, H. R. (2002) *Research methods in anthropology: Qualitative and quantitative approaches* (3rd ed.). Walnut Creek, CA : AltaMira Press.
- Geography Education Standard Project (1994) *Geography for Life: National Geography Standards 1994*, National Geographic Society: Washington, DC.
- Gersmehl, P. J., & Gersmehl, C. A. (2006). Wanted: A concise list of neurologically defensible and assessable spatial-thinking skills. *Research in Geographic Education*, 8, 5-38.
- Gersmehl, P. J., & Gersmehl, C. A. (2007). Spatial thinking by young children: Neurologic evidence for early development and “educability”. *Journal of Geography*, 106(5), 181-191.
- Golledge, R. G., Marsh, M. J., & Battersby, S. E. (2008a). A conceptual framework for facilitating geospatial thinking. *Annals of the Association of American Geographers*, 98(2), 285-308.
- Golledge R. G., Marsh M. J., Battersby S. E. (2008b) Matching geospatial concepts with geographic educational needs. *Geographical Research* , 46(1), 85-98.
- Golledge, R. G. (1995). Primitives of spatial knowledge *In Cognitive aspects of human-computer interaction for geographic information systems* (pp. 29-44): Springer Netherlands.
- Golledge, R. G. (2002). The nature of geographic knowledge. *Annals of the Association of American Geographers*, 92(1), 1-14.
- Janelle, D. G., & Goodchild, M. F. (2009). Location across disciplines: Reflections on

- the CSISS experience. *In Geospatial technology and the role of location in science* (pp. 15-29): Springer Netherlands.
- Jo, I., & Bednarz, S. W. (2009). Evaluating Geography Textbook Questions from a Spatial Perspective: Using Concepts of Space, Tools of Representation, and Cognitive Process to Evaluate Spatiality. *Journal of Geography*, 108(1), 4-13. doi: 10.1080/00221340902758401
- Kim, M., & Bednarz, R. (2013). Development of critical spatial thinking through GIS learning. *Journal of Geography in Higher Education*, 37(3), 350-366. doi: 10.1080/03098265.2013.769091
- Lee, J., & Bednarz, R. (2009). Effect of GIS Learning on Spatial Thinking. *Journal of Geography in Higher Education*, 33(2), 183-198.
- Madsen, L. M., & Rumpa, C. (2012). Considerations of How to Study Learning Processes when Students use GIS as an Instrument for Developing Spatial Thinking Skills. *Journal of Geography in Higher Education*, 36(1), 97-116.
- Marsh, M. J., Golledge, R. G., & Battersby, S. E. (2007). Geospatial concept understanding and recognition in G6–college students: A preliminary argument for minimal GIS. *Annals of the Association of American Geographers*, 97(4), 696-712.
- Montello, D. R. (1993). Scale and multiple psychologies of space *In A. U. Frank & I. Campari (Eds.), Spatial information theory: A theoretical basis for GIS* (pp. 312-321). Proceedings of COSIT '93. Berlin: Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science 716.
- National Geographic Society. (1994). *Geography for life: National geography standards 1994*. Washington, DC: National Geographic Society.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington,DC: National academy press.
- National Research Council. (2006). *Learning To Think Spatially: GIS as a Support System In the K-12 Curriculum*. Washington, D.C.: National Academy Press
- Nystuen, J. D. (1963). Identification of some fundamental spatial concepts. *Michigan Academy of Science, Arts, and Letters*, 48, 373-384.
- Patterson, T. C. (2007) Google Earth as a (Not Just) Geography Education Tool, *Journal of Geography*, 106(4): 145-152.
- Schoning, J., Hecht B., Raubal M., Kruger A., Marsh M., and Rohs M. (2008) Improving interaction with virtual globes through spatial thinking: Helping users ask "why?". *Intelligent User Interfaces 2008 (IUI 2008)*,pp.129-138, 2008.
- Wakabayashi, Y., & Ishikawa, T. (2011). Spatial thinking in geographic information science: a review of past studies and prospects for the future. *Procedia Social*

and Behavioral Sciences, 21, 304-313.

Weiss, R. S. (1995). *Learning from strangers: The art and method of qualitative interview studies*. Simon and Schuster



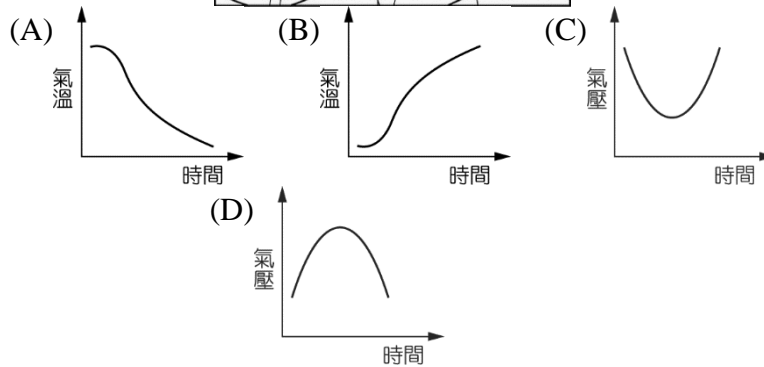
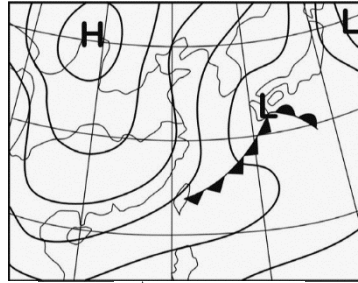
附錄



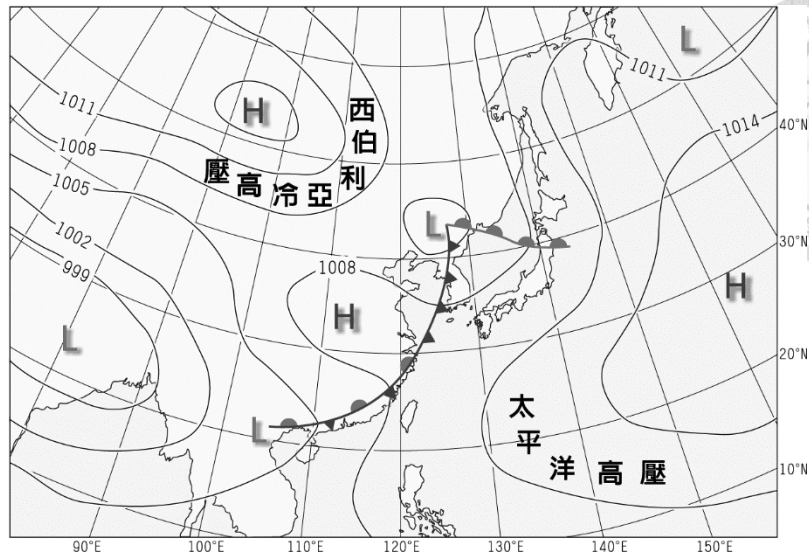
【附錄一】天氣系統小測驗

一、選擇題

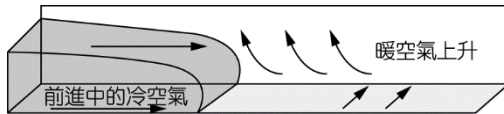
- () 每年春季與秋季，大陸性冷氣團與海洋性暖氣團相遇時會產生所謂的「介面」，而此介面通常具有下列何種特徵？ (A) 氣壓較低 (B) 大氣呈穩定狀態 (C) 大氣鮮少發生對流現象 (D) 若出現降水，其水氣的來源由冷氣團供應。
- () 當圖所示的天氣系統通過臺灣時，天氣要素中的氣溫和氣壓值會改變。下列何者為正確的示意圖？



- () 圖為東亞地區六月某日地面天氣圖，判讀當時的天氣系統對各地的天氣影響，下列何者正確？ (A) 臺灣受冷鋒影響，未來一天將會降下大雨 (B) 日本北部因暖鋒通過天氣暖濕 (C) 日本南部氣溫較同緯度華北地區氣溫低 (D) 朝鮮半島因滯留鋒通過而陰雨綿綿多達數日。



4. () 若某都市於 48 小時內，有一如圖中的鋒面通過，請問當鋒面過後，此都市之天氣有何變化？ (A) 氣壓升高、氣溫升高、相對濕度升高、風向不變 (B) 氣壓升高、氣溫降低、相對濕度降低、風向改變 (C) 氣壓升高、氣溫降低、相對濕度升高、風向不變 (D) 氣壓降低、氣溫降低、相對濕度升高、風向改變。

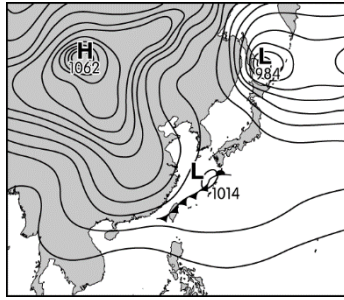


5. () 表為影響臺灣冬季和中國東北春季時天氣的主要鋒面系統比較，下列哪些項目正確？ (A) 甲乙丙 (B) 甲丙丁 (C) 乙丙丁 (D) 甲乙丁。

地區和季節	(甲) 鋒面剖面圖與氣團移動方向	(乙) 降水時間	(丙) 鋒面符號	(丁) 鋒面過境時天氣
臺灣冬季		地面鋒線抵達前		冷濕
中國東北春季		地面鋒線抵達後		暖濕

6. () 「根據中央氣象局的(甲)氣候預報，今日晚間將有一道(乙)冷鋒南下，北部地區轉為陰有雨的天氣型態；明日晚間鋒面通過後，全臺灣將受到(丙)高壓系統的籠罩，而(丁)雲量增多、(戊)氣溫持續下降。」文中哪些敘述有誤？ (A) 甲乙丙丁 (B) 乙丙戊 (C) 甲丁 (D) 戊。

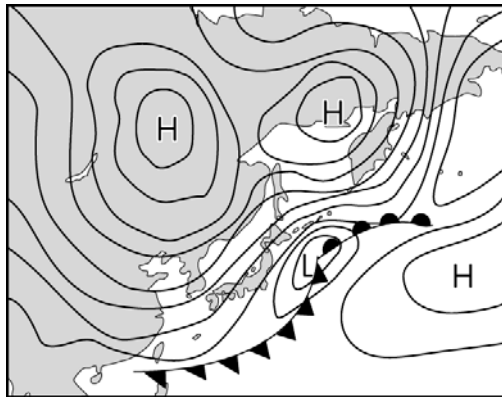
下圖為亞洲東部於某個季節的天氣圖，請問：



7. () 該季節影響臺灣天氣的主要因素為何？ (A)夏威夷高壓 (B)蒙古高壓 (C)琉球低壓 (D)南海低壓。
8. () 當時臺灣地區的天氣具有何種特徵？ (A)氣溫驟降 (B)氣壓先升高再降低 (C)降水暫歇後，出現溫暖、晴朗的天氣型態 (D)風力強勁、大雨滂沱。
9. () 承上題，中央氣象局最有可能發布何種天氣預報？ (A)強風特報 (B)高溫特報 (C)颱風特報 (D)寒流特報。

二、填充題

1. 氣團為()一致的廣大氣體，均為()壓系統。
2. 氣團的特性受到()影響。
3. 氣團的移動受到()力、科氏力和地表摩擦力影響。
4. 鋒面的形成為()相遇，均為()壓系統。
5. 冷空氣推向暖空氣形成()，形成的鋒面較()(陡/緩)；形成的雲雨帶較()(大/小)，鋒()(前/後)降雨；形成的雲為()雲(積雨/層狀)；陰雨(/)(小/大/長/短)。
6. 暖空氣推向冷空氣形成()，形成的鋒面較()(陡/緩)；形成的雲雨帶較()(廣/窄)，鋒()(前/後)降雨；形成的雲為()雲(積雨/層狀)；陰雨(/)(小/大/長/短)。
7. 下圖臺灣()鋒過境後，氣溫()、氣壓()。



三、繪圖題

1. 請畫出冷鋒剖面圖(越詳盡越好)
2. 請畫出暖鋒剖面圖(越詳盡越好)

【附錄二】99 課綱教科書空間思考內容初探分析表



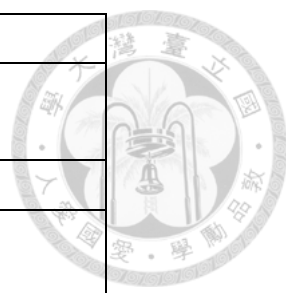
教科書空間思考內容初探分析表(第一冊)

單元	主題	空間思考元素舉例
地理學性質	地理學內容	
	地理學的研究主題與範疇	複雜的空間概念、解釋推論三大傳統
	地理學的任務與角色	
地圖	地圖要素	了解辨認方位、使用地圖
	經緯線/網格	了解定位方式
	地圖投影	複雜的空間概念(投影)、分析比較
	地圖種類	了解邊界區域方向位置
	地圖判讀	集中離散、地勢起伏分布的推論等
地理資訊系統	地理資料的蒐集	
	地理資料的整理	了解整理樣態、設計地圖
	地理資訊系統的功能	疊圖、環域、地勢起伏等做預測、建立模式
地形	內營力與地形發育	移動轉移說明定義
	外營力與地形發育	移動轉移說明定義
	河流地形	起伏、剖面、分布、樣態.....
	大甲河流域個案	應用評估、判斷
	海岸地形	起伏、剖面、分布、樣態.....
	西南海岸個案	應用評估、判斷
	火山地形	起伏、剖面、分布、樣態.....

	岩溶地形	起伏、剖面、分布、樣態.....
	風成地形	起伏、剖面、分布、樣態.....
	冰河地形	起伏、剖面、分布、樣態.....
	等高線圖與地形辨識	剖面、地形起伏分析
	地形資源與地形災害	評價評判
氣候與水文	氣候要素	梯度、集中離散、尺度等了解分析原因
	天氣系統	方向、移動、剖面、交界
	風系	區域、方向、移動、了解分析
	氣候分類	分布、判斷
	水循環與水平衡	移動轉移
	世界水資源的分布與利用	分布
自然景觀帶	土壤分布與環境的關係	剖面 應用原則
	生物分布與環境的關係	分布、判斷、群聚.....
	生態系統	
	自然景觀帶的分布與特色	分布、判斷、群聚.....

教科書空間思考內容初探分析表(第二冊)

單元	主題	空間思考元素舉例
第一級產業(農、林、漁、牧)	農業系統及農村景觀	轉變、分布、型態、區域.....
	農業發展的變遷	
	個案(澳洲)	應用評估、判斷
第二級產業(製造業)	第二級產業的發展及區位要素	區位、分析
	製造業區位的變	交通革新、區位



	遷	
	製造業及國家經濟的發展	
	個案(英國)	
第三級產業(服務業)	零售業區位及其變遷	物流
	觀光業及其區位特質	
高科技知識產業	資訊化社會	
	高科技知識產業的區位	擴散、移轉
人口組成與人口成長	人口轉型及區域發展	轉型
	人口遷移及區域發展的關係	分布、遷移
都市聚落與都市化	都市化歷程	規模擴大、交通革新
	都市化及城鄉關係的轉變	關係連結、網絡關係
	都市結構及機能轉變	結構、轉變、空間相關
	都市問題	
地理實察	資料蒐集及野外實察調查技能	
	實察規劃及野外調查技能	應用評估、判斷、設計
	報告撰寫	應用評估、判斷、設計

教科書空間思考內容初探分析表(第三冊)

單元	主題	空間思考元素舉例
世界的劃分	文化的分區	分區、比較
	結盟的分區	連結性、解釋舉例
	發展程度的分區	關係、區別、優勢
北美洲	自然環境	分布、樣態、地勢起伏、關係、分析
	移民大國的經濟	移動、分析

	發展結果	
	都會帶及世界都市	分布、聚集、分析
歐洲	優越的自然環境	分布、樣態、地勢起伏、關係、分析
	歐洲結盟之淵源與發展	連結性、關係(核心和邊陲)、分布互動、分析
	東歐區域發展	政治緩衝帶、與其他地區的關係
	個案:西班牙或義大利	
東北亞	環境特色	關係、分析
	日韓經濟發展特色及世界經濟地位	優勢、與世界其他地區的網絡關係
	觀光資源及文化產業	
俄羅斯及國協	自然資源及發展的限制	分布、樣態、地勢起伏、關係、分析
	二度轉型的發展及特色	
澳洲與紐西蘭	地理環境特色及開發	關係、分析
	多元族群及文化	移動性、解釋
東南亞	多樣的自然環境	分布、樣態、地勢起伏、關係、分析
	複雜的殖民歷史及其影響	優勢、分布、解釋分析
	經濟發展及結盟	結盟、了解
	個案:印尼	移民政策
南亞	印度半島的環境及人口問題	分布、樣態、地勢起伏、關係、分析
	印度社會制度及經濟發展	國際分工、解釋、分析
西亞	乾燥氣候下的生活方式	分布、樣態、地勢起伏、關係、分析
	石油及經濟發展	關係、分析



	文化及國際政治	關係、網絡關係
--	---------	---------

教科書空間思考內容初探分析表(第四冊)

單元	主題	空間思考元素舉例
中南美洲	自然環境的多樣性	分布、地勢起伏、樣態、關係、分析
	多元合成文化的特色	分布、樣態、關係、分析
	政治經濟的發展及困境	關係、分析
非洲	非洲的自然環境及生活方式	分布、樣態、地勢起伏、關係、分析
	政治及經濟發展	網絡關係、疾病擴散
	黑人文化	
中國的區域劃分	區域的劃分	分區
	中國三大經濟地帶	關係、分析
中國的人口及都市	中國的人口政策	關係、分析
	中國的都市	關係、分析
	個案:北京/上海	Network
中國的產業	中國的農業	區位
	東北農業個案	
	中國的工業	區位
	渤三角、長三角及珠三角的產業分工	
中國的環境	三峽大壩工程及其環境效應	關係、分析
	水資源調節	關係、分析
	乾旱區沙漠化之治理	關係、分析
臺灣的位置及環境特色	位置	位置、連結性
	多樣的環境特色	分布、樣態、地勢起伏、關係、分析
	氣候及水文特色	關係、分析
臺灣農業的發展	農場經營及生產	關係、分析、轉變

及轉型	類型的變遷	
	農業發展問題及對策	關係、分析
臺灣工業發展及貿易	產業結構的變遷	關係、分析、轉變
	產業區位的移轉	區位轉變
	工業發展對環境的影響	關係、分析
	世界重要貿易國	網絡關係
臺灣之區域特色及區域發展問題	區域之劃分與特色	分類
	區域發展問題	關係、分析
鄉土地理專題研究	研究問題界定	
	鄉土地理調查	評估、判斷

教科書空間思考內容初探分析表(第五冊)

單元	主題	空間思考元素舉例
地理議題探索	地理議題	
	當代重要地理議題	
	地理議題研究流程	
水資源	水資源的分布及開發利用	分布
	水資源的問題及對策	跨區、跨國
糧食資源	世界糧食問題的形成	分布
	糧食問題的解決策略	關係、分析
能源開發	經濟發展及能源消耗	關係、分析
環境災害(一)：洪患	洪患發生的因素	地形效應、分析
	洪患的預防及監測	GIS 應用
環境災害(二)：崩塌及土石流	崩塌及土石流發生的環境因素	剖面、區域、起伏
	崩塌、土石流的	GIS 應用

	監測及防治	
全球暖化	全球環境變遷及暖化問題	關係、溫室效應、轉變
	面對全球暖化的措施	列舉、全球碳排放量
海岸變遷	海岸地區及永續發展	區域、轉變
	海岸變遷問題的對策	關係、了解認識
地景保育	地景的欣賞	了解、地景
	地景的評估及分區	評估、說明
	生態旅遊	關係、說明
環境及疾病	環境及疾病的產生	認識、關係
	疾病的擴散及影響	擴散、了解、GIS 應用

教科書空間思考內容初探分析表(第一冊)

單元	主題	空間思考元素舉例
空間規劃—社區	空間計畫原則及體系	關係、了解
	社區總體營造的意義及功能	
	社區總體營造案例	整合
空間規劃—都市	都市議題	擴張、分析
	都市計畫	分區、判圖、分布
	都市發展	設計、空間結構
空間規劃—區域計畫	區域計畫	認識
	區域計畫的案例	
產業國際分工	國際分工	空間分工、跨國、核心與邊陲
	人力的國際流動	移動、跨國、分析
金融及資金的流通	資金及經濟發展	關係、分析
	金融及資金的流通	流通流動、國際跨尺度

區域結盟及地方 發展	全球化	尺度、關係
	區域結盟	結盟
	全球化下的地方 發展	
	個案(APEC 或東 協)	網絡關係

