

## 第貳章 文獻探討

本章節主要在整理跟本研究相關的文獻資料和理論，藉以對本研究能夠有初步的瞭解。本章共分成五節，第一節為「國際教育成就調查委員會(IEA)簡介」，第二節為「2003年國際數學與科學教育成就趨勢調查(TIMSS 2003)」，第三節為「系統功能語言學的基本理論說明」，第四節為「問題解決的基本概念」，第五節為「小結」。

### 第一節 國際教育成就調查委員會(IEA)簡介

#### 一、IEA 成立緣由與背景

在1950年代時，國際教科文組織(UNESCO)會議常討論各國教育相關的議題，有鑑於當時各國比較教育間仍大多為描述性研究的狀態，與會的學者一致認為有需要對各國教育進行量化的比較研究，因此在1959時，國際教育成就調查委員會在學者們的推動下就正式成立了(Husen,1975)。該組織是一個獨立的、國際合作研究機構，主要進行與學校教育、學生學習有關的跨國合作研究，也執行特定IEA會員委託的研究計畫。參與的不同國家可藉此研究計畫的實施，分析探討該國家裡面的教育政策或特定教育政策主題，使各國對其本身教育體制、各國教育特色、各國文化差異進一步理解，更可藉由週期性參與國際評量來對國家長時間努力改革的政策成效進行評估(Postlethwaite & Wiley, 1992；戴曉霞，1995；IEA，2003)。

IEA本身是一個非營利性質的學術性法人組織，目前全世界各國共由58個國家或代表國家的單位組成。IEA的執行秘書處地點設在荷蘭阿姆斯特丹，負責事務為規劃合作研究計畫案與財務管理運用，但在實際進行研究時則往往視各

單位的需求作一些調整，這些主要的合作單位包括有：美國波士頓學院國際研究中心（International Study Center, Boston College，簡稱 ISC）、美國教育測驗服務局（Educational Testing Service，簡稱 ETS）、加拿大國家統計局（Statistics Canada）、德國資料處理中心（Data Processing Center，簡稱 DPC）、英國國家教育研究基金會（the National Foundation for Educational Research）及各種國際合作中心等研究機構共同進行各種計畫。IEA 成立之初（1959-1967 年）即舉辦的第一次國際數學教育成就調查（First International Mathematics Study），有 12 個國家，約五千所學校參與；研究結果顯示國家之間的差異直接與各國對主題的強調程度有關（Walker, 1976；羅珮華，2004）。

## 二、IEA 成立目的

IEA 成立的主要目的是以教育上為主要議題中心，引導跨國際的教育比較研究，及深入瞭解參與施測國家教育政策執行的成效。IEA 的研究是國際間，甚至是單一國家加強學生學習成果的重要資料來源。原因無它，因為 IEA 所提供的是一個很大的資料，所以可以對參與施測國家的教育執行成效做很詳細的瞭解。IEA 這種固定幾年、循環式連續性的研究，可以讓每個受測國家去檢視在數學、科學及閱讀能力上的教育成就。不僅如此，這種固定幾年、循環式連續性的研究也可以監控教育政策執行的成果，並可定義當代新的議題以作為改革努力的目標（IEA, n.d；顏秀玫，2004）。

IEA 的研究重心主要放在於教育系統（包含學生的教育成就及學習態度），並以此瞭解更多增進學生學習效能的因素或改善教學效能的方法（IEA, n.d）。IEA 研究的最主要目的是深入瞭解教育政策執行的成效，而這個部分可以由教育生產力及教學效能研究兩個面向來看（戴曉霞，1995）：

### （一）教育生產力

以下三點原因充分說明了教育生產力研究為何是 IEA 主要研究之面向：1.

1957年，共產社會國家蘇聯搶先發射人造衛星的事件，更激起民主社會國家對學校教育的檢討；2.在歐洲國家方面，中等教育制度的普及和日益龐大沈重的教育開支，使得各國教育執行成效的評鑑受到重視；3.二次世界大戰後，第三世界各國極欲掙脫貧窮的束縛，藉此向工業先進國家吸取相關經驗，確定了人力資本論的重要性，並肯定教育對經濟成長的貢獻力（戴曉霞，1995；洪佳慧，2002；張一誠，2002）。

教育生產力包含以下三大部分（戴曉霞，1995），1.教育輸入，觀察向度包含有：教師、學生及學習環境。2.教育過程，觀察向度包含有學生學習成就與教師行為。3.教育輸出，觀察的向度共有：學生學習成就表現、受測學生之學習態度、多變量分析所得之結果（戴曉霞，1995）。

## （二）教學效能研究

IEA各項研究中，只有「教室環境研究」著重於課室中教學情境、教學過程及師生互動情形的分析。其主要理由是：1.教與學兩者之間有密切關係；2.自1970年代之後，教學研究蓬勃發展；3.由於世界各國課室情境和教學歷程的展現歧異度頗大，而使得針對各國課室環境所做的比較研究有其必要與價值性（戴曉霞，1995；張一誠，2002）。此研究包含兩個部分，1.教師特質：包含教師課室教學、管理風格、評量種類等向度。2.教學情境：觀察向度分為：學生、學生家庭、學校環境等（張一誠，2002）。

## 三、IEA研究議題

IEA所執行的各項研究都採取嚴謹的量化研究規範，以科學方法來保證研究結果的有效性。這三十年年來，IEA所出版的各種統計圖表研究報告總是引起各國之間的關注與興趣，除了是有史以來最大規模的跨國學業成就調查之外，更因為其研究的國際競賽性質具有新聞價值（戴曉霞，1995）。到2003年為止，除

了1960年完成的試驗性研究(The Pilot Study)之外，IEA共完成了十三項調查研究(IEA, n.d.; 洪佳慧, 2002)，研究年份及研究主題如下表2-1-1所示：

表 2-1-1 1964~2003 年， IEA 各項研究議題

年份	研究主題
1964	第一次國際數學研究(The First International Mathematics Study, FIMS)
1970 ~ 1971	六科研究(The Six-subject Study)
1980~1982	第二次國際數學研究(The Second International Mathematics Study, SIMS)：
1981~1983	教室環境研究(The Classroom Environment Study, CES)：
1983~1984	第二次國際科學研究(The Second International Science Study, SISS)：
1985	寫作能力研究(Written Composition)：
1990~1991	閱讀素養研究(Reading Literacy)：
1989~1992	電腦在教育之研究(The Computers in Education Study, Comped)：
1994~1996	語言在教育之研究(The Languages in Education Study, LES)：
1995	第三次國際數學與科學教育成就研究(The Third International Mathematics and Science Study, TIMSS 或TIMSS1995)：
1997	第二次資訊技術在教育之研究模組1(The Second Information Technology in Education Study Module 1, SITES-M1)：
1999	第三次國際數學與科學教育成就研究後續調查(The Third International Mathematics and Science Study-Repeat, TIMSS-R 或TIMSS1999)：
2003	「數學與科學趨勢研究(The Trends in Mathematics and Science Study 2003, TIMSS2003)：

## 第二節 2003 年國際數學與科學教育成就趨勢調查 (TIMSS 2003)

本節旨要呈現 2003 年國際數學與科學教育成就趨勢調查的相關資料，包含了 TIMSS 2003 發展背景、課程模式、科學評量架構、抽樣設計、受測對象與試題分配及施測情形等六個部分。

### 一、TIMSS 2003 發展背景

1959 年，原屬於聯合國教科文組織之下的研究機構，國際教育成就調查委員會 (IEA) 創立。依當時的時代背景之下，該組織成立的主要目的是進行跨國際間教育政策、執行與教育成就的比較研究。從 1959 年成立至今，曾經參與過 IEA 各項研究的國家已經將近有 60 國 (Robitaille et al., 1993; Wagemaker, 2001)，IEA 研究的影響力已達到相當大的規模。四十年來，IEA 大都致力於量測各國之間學生在數學與科學上的學習成就，同時，該單位還會收集各國相關的教育背景資訊，以幫助每個參加國家來改善該國的教學環境與內涵，並藉此促進學生的學習成效 (Mullis et al., 2001)。1964 年，IEA 舉辦第一次國際數學研究 (The First International Mathematics Study, FIMS) 學習成就調查，該次的研究參與國計有十二個，研究科目中只列入數學領域的評量。科學領域的評量則是開始於 1970 年到 1971 年進行的六科研究 (The Six Subject Study)，該次的施測項目共包含了科學、閱讀理解、文學、英文為外語、法文為外語及公民教育等六科 (Walker, 1976)。1980 年至 1982 年，第二次國際數學研究 (The Second International Mathematics Study, SIMS)，IEA 再次選擇了數學為研究的內容領域。1983 年至 1984 年所進行的第二次國際科學研究 (The Second International Science Study, SISS)，科學才又被納入測驗領域中。1990 年，IEA 決議之後每隔四年就舉辦一次科學與數學的聯合測驗，藉此瞭解各國之間學生的成就表現趨勢 (Wagemaker, 2001)。1995 年，共有四十五個國家/地區參加 (IEA, n.d.)

參與第三次國際數學與科學教育成就研究，但本國並未加入該次的調查研究。在這次的研究中，除了進行數學與科學的成就評量外，還增加了實作評量與課程等教育情境的調查（Martin et al., 1996）。1999 年，包含台灣共有三十八個國家/地區參與第三次國際數學與科學教育成就研究後續調查，而且本國在該次的成就調查中初試啼聲，成績表現令人驚豔，物理第二，化學第一，生命科學第一，地球科學第三，環境與資源議題第二，科學探究與科學本質第四（洪志明，2000；顏秀玫，2004），科學總平均成績排名第一，數學總平均成績排名第三。2003 年，IEA 所舉辦的國際數學與科學教育成就趨勢調查，包含台灣在內共有五十二個國家/地區的八年級學生和二十九個國家/地區的四年級學生參加此次研究，合計五十三個國家/地區（IEA, n.d.），而我國國中二年級與國小四年級的學生均參與這次的調查研究。繼 1999 年優異的表現之後，我國在 2003 年的表現也是一樣耀眼，化學科第一名，物理科第三名，生命科學第二名，環境科學第二名，地球科學第四名，科學總平均成績排名是第二，僅次於第一名的新加坡，但兩個國家間並無顯著差異（張秋男，2005）。

## 二、TIMSS 2003 課程模式

TIMSS 2003 延續 IEA 在第二次國際數學研究所發展出的架構（Travers & Westbury, 1989），此架構是以課程為主要中心的組織概念（Martin, 1996），整個研究設計架構是：從三個層次的課程模式去了解教育情境中，哪些因素會影響學生的學習，這三個課程模式如下圖 2-4-1 所示。由圖中可知，位階較下層的課程除了學習者自身的背景情境會影響學生的學習之外，同時位階較上層的課程情境也會對學生學習造成影響（Mullis et al., 2001；Robitaille et al., 1993）。以下介紹 TIMSS 2003 的三個課程模式：

1. 規劃的課程（Intended Curriculum）：此課程的定義是指由國家的教育系統所設計的數學與科學教學內容，會受不同教育系統背景與國家社會的影響（Mullis et al., 2001；Robitaille et al., 1993），而課程最主要包含在教育政策、課程指引、考

試內容、以及教科書、政策制訂規章與官方聲明裡（Robitaille et al.,1993）。

2.實施的課程（Implemented Curriculum）：此課程的定義是指任課教師將規劃的課程加以詮釋之後，轉而呈現給學生的教學內容，實施的課程可能會受教育政策規劃的課程影響，但是和規劃的課程並不完全相同。實施的課程是在學校中所進行的教學，主要會受到學校的性質與組織架構、教師背景與教室環境所影響（Gonzalez & Miles,2001；Mullis et al.,2001；Robitaille et al.,1993；引自顏秀玫，2004）。

3.達到的課程（Attained Curriculum）：此課程的定義指的是學生經由學校學習之後的成就表現，達到的課程不僅會受到規劃的課程與實施的課程所影響，也和學生本身的背景有關，包含了學生過去的學習成果與個人特質，例如能力、態度...等（Gonzalez & Miles,2001；Mullis et al.,2001；Robitaille et al.,1993；引自顏秀玫，2004）。

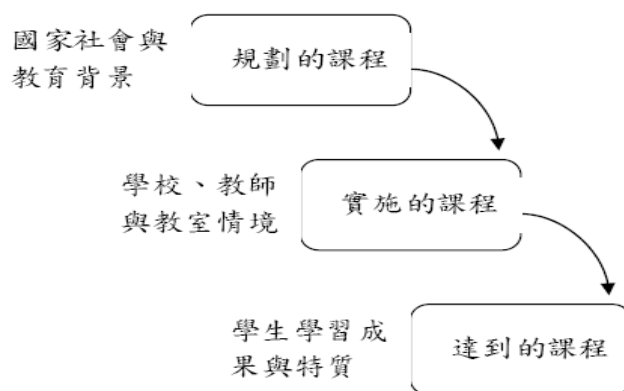


圖 2-2-1 TIMSS 課程模式（引自 Mullis et al.2001，p3）

TIMSS 數學與科學成就測驗調查的另一重要目的是取得教育背景的相關資訊，以進行後續的研究分析。TIMSS 2003 根據三個層次的課程模式分別以問卷的方式收集相關資訊。在「規劃的課程」方面，IEA 要求各國的國家研究聯絡人（National Research Coordinator，NRC）與課程專家須回答一份課程問卷，這

個部分的目的是在於了解各國數學及科學課程組織與課程內容。在「實施的課程」方面，每個受測學校的校長都要完成一份關於學校組織、目標和資源的學校問卷，同時受測班級的數學和科學任課教師也必須填寫教師問卷，在問卷中包括了教學準備、教學重點、教學經驗、教育程度、對數學或科學的態度等相關內容（Mullis et al., 2001, 引自顏秀玫, 2004）。最後，為了取得「達到的課程」的相關資訊，學生除了數學與科學成就測驗之外，也要完成一份有關學生的教室經驗、對數學和科學的態度、家庭背景與學校外之活動的學生問卷。由這些問卷裡所獲得的資訊可以觀察到教育政策與實施的變化趨勢，並有助於參加測驗的國家提出改善教學的方案（吳修廉, 2000；Mullis et al., 2001；引自顏秀玫, 2004）。

### 三、TIMSS 2003 科學評量架構

每個參加施測國家的課程規劃都不同，為了確保 TIMSS 科學成就測驗調查所得到的是重要課程內容數據，當初在發展試題時就建立了一個評量架構，以作為各國課程規劃的分析比較基礎。（Robitaille et al., 1993）。IEA 決定 TIMSS 2003 的評量架構與測驗中要包含的內容領域時，應該考慮到以下幾點事項（Mullis et al., 2001；嚴秀玫, 2004）：

1. 施測內容應該至少 70% 包含在參加國家的課程中。
2. 測驗的內容領域應該是延續或修改自 TIMSS 1995 與 TIMSS 1999 施測時的內容領域。
3. 施測內容應該是未來數學與科學教育發展的重要內容。
4. 測驗內容和要評量架構要能適用於所有的受測學生。
5. 測驗內容和評量架構要能適用於大規模的跨國際評量。
6. 測驗內容可以同時涵蓋在科學認知領域與科學內容領域內。

那何謂科學認知領域與科學內容領域？經過 IEA 多次會議討論溝通，決議將 TIMSS 2003 科學評量架構分為兩個主要領域（Mullis et al., 2001），以下介紹



兩個主要領域的相關內容：

1.科學認知領域 (Science Cognitive Domains)：該領域指的是預計受試學生在接受評量時可能達到的認知層次。TIMSS 2003 將科學認知領域分成推理與分析、事實性知識、概念性了解三個次領域：推理與分析則包括了解釋資料、形成假說、分析解決問題等。事實性知識指的是學生對科學事實、資訊、工具與程序的所有知識基礎，也就是當學生擁有豐富的知識基礎後，進而解決問題、發展科學解釋。概念性了解指的是學生能夠將所學過的科學概念來解釋相關的自然界現象(引自顏秀玫，2004)。

2.科學內容領域 (Science Content Domains)：科學內容領域指的是評量的內容，在內容領域之下可再細分成五個次領域(顏秀玫，2004)，這五個次領域分別為生命科學、化學、物理、地球科學與環境科學。每一個次領域下又可分為數個主題，例如地球科學領域的主題包括：地球的構造與物理特徵，地球的演進、循環與歷史，太陽系中的地球與宇宙等三個主題(引自顏秀玫，2004)。

#### 四、TIMSS 2003 抽樣設計

TIMSS 2003 受測對象的抽樣延續前次 TIMSS 1999 的三階分層群集抽樣設計 (Three-stage Stratified Cluster Sample Design)，將抽樣單位分成三個階段，第一階的抽樣單位為學校，由各國自行決定採用外顯 (Explicit) 或內隱 (Implicit) 的分層變數，利用機率等比例 (Probabilities-proportional-to-size，簡稱 PPS) 系統抽樣方法來抽取接受測驗的學校；第二階抽樣單位是要決定受測學校中的受測班級，這部分的抽樣以亂數隨機抽樣來決定；第三階的抽樣單位為抽出受測班級中需要接受測驗的學生，在一般的情況下全班學生都需要接受測驗，但是假如該受測班級的人數過多，則要再進行一次亂數隨機抽樣，以抽出應該受測的學生(顏秀玫，2004)。依照三階分層群集抽樣設計，首先由加拿大國家統計局 (Statistics Canada) 根據我國所提供的學校資料，以機率等比例系統抽

樣方法抽取出 150 所受測小學，再由國立台灣師範大學科學教育中心從各所學校以亂數隨機抽出一個班級，該班的全班學生扣除特殊情況學生，如缺席、轉學、學習遲緩...等學生，其餘即為 TIMSS 2003 的受測學生。在我國的抽樣過程中只採取第一階和第二階抽樣，就已經完成受測學生的抽樣。

## 五、TIMSS 2003 受測對象

在 TIMSS 的三次測驗中，受測對象的定義都相同，共分成三群。第一群 (Population 1) 的定義為「兩個包含最多九歲學生的相鄰年級中，較高的那個年級」，在我國與其他多數國家中，即為國小四年級；第二群 (Population 2) 的定義為「兩個包含最多十三歲學生的相鄰年級中，較高的那個年級」，在大部分國家中，約為八年級（相當於我國國中二年級）；第三群 (Population 3) 的定義為中學教育最後一年的學生 (Robitaille et al., 1993; Mullis et al., 2001)，約相當於我國高中三年級。TIMSS 2003 的受測學生共包含了第一群與第二群兩個層級 (Mullis et al., 2001)，即相當我國的國小四年級與國中二年級學生 (顏秀玫, 2004)。

## 六、TIMSS 2003 試題分配及施測情形

TIMSS 2003 待測試題極多，測驗時間往往有限。每個受測學生要完成全部試題所需的測驗時間是遠超過可使用的測驗時間，因此 TIMSS 2003 採用「矩陣抽樣技術 (Matrix Sampling Techniques)」(Adams & Gonzalez, 1996; Mullis et al., 2001) 的試題分配方法，將全部實測的試題共分成十二本題本。矩陣抽樣技術的作法是將所有試題分成 28 個部分，其中科學領域則是分成 S1~S14。在科學領域的 14 個部分中，S1~S6 是屬於 TIMSS 1995 或 TIMSS 1999 曾經施測過的試題，S7~S14 則屬於 2003 年新發展的試題。這 28 群試題以矩陣抽樣技術分布在十二本題本中，每本題本各有 6 群試題，且每本題本內同時包含數學與科學部分的試題，其中六本題本內含 4 群數學試題及 2 群科學試題，另六

本則有 2 群數學試題和 4 群科學試題 (Mullis et al. , 2001 ; 顏秀玫, 2004) 。每次 TIMSS 施測後, 並非全部試題都公開, 而是保留部分試題作為趨勢題, 以待下次測驗時可以觀察學生成就趨勢, 並在四年後的測驗中以新發展的試題取代已公開釋放的試題。而分配到 4 群科學試題的題本中包含了一部分保留的趨勢題 (Mullis et al., 2001) , 所以可以由作答這些題本的受測學生之測驗結果看出從 1995 年至 2003 來科學教育成就的趨勢。進行實測時, 十二本題本是採測驗題本輪測設計 (Rotated Test Booklet Design) 的方式, 循環的發給受測學生作答, 每個受測學生拿到的題本可能都不相同, 依此方式, 可讓每個題本的填答比率幾乎相等。另一方面, 測驗的設計使得每個參加國的受測學生都在 4500 人以上, 如此可以確保作答每個試題的學生樣本都具有代表性 (Mullis et al. , 2001 ; 顏秀玫, 2004) 。測驗進行過程中, 每個受測學生只需要完成十二本題本中的其中一本題本, 國中二年級學生 (即八年級學生) 的作答時間為 90 分鐘。施測完畢後, 保留至少 30 分鐘的時間讓學生可以填答學生問卷, 以作為後續的資料處理分析 (顏秀玫, 2004) 。

### 第三節 系統功能語言學的基本理論說明

本節以「系統功能語言發展」、「系統功能語言概念」、「系統功能語言學近年發展」三小節闡述系統功能語言學基本要點，以下說明之。

#### 一、系統功能語言學發展

系統功能語言學 (Systemic Functional Linguistic, 簡稱 SFL) 是由韓禮德 (Halliday, M.A.K) 和馬丁 (Martin, J.R.) 等澳洲語言教育學者所發展的。這一套語言學主要是研究語言的意義和措辭之間的關係, 並強調情境脈絡對語言意義和語言形式的重要性。一般生活裡, 語言是一種社會生活的媒介, 人們藉由語言來進行日常交際、組織生產活動、表達內容思想及抒發感情。在自然學科的教學現場裡, 語言就必須具有嚴密的科學性, 這邊的科學性指的是要確切地使用概念, 科學地進行判斷, 邏輯地進行推理, 還要用言簡意賅的語言表達豐富的內容。而在語文學科的教學中要做到詞彙豐富、語言準確、簡練明晰, 但不能因為要使語言豐富而變得臃腫累贅, 更不可含混不清, 模稜兩可。因此在針對對不同的教材內容、不同的學科, 就應該用不同的語言去表達。因此, 在語言學的發展階段裡, 語言是具有靈敏性和功能性的 (趙雅琳, 2005)。

在介紹系統功能語言學發展之前, 這邊先從西方語言學的歷史發展開始介紹。引述謝美智 (1996) 指出, 西方語言學歷史發展大致可以分成以下四個階段

1. 規範/傳統與語言學: 旨在藉助語言以研究古代的文化藝術、典章制度、風俗習慣等。
2. 歷史比較語言學: 以比較法剖析語言發展歷史中各時期語音、詞彙、語法對應關係。
3. 結構語言學: 以功能觀點分析語言事實, 進而描述語言結構中的音素、意義等成分的對應關係, 以揭示語言系統。在此有兩個體系派別產生, 一個為歐洲體系, 例如: 哥本哈根學派、倫敦學派等等..., 其二為美國體系, 也稱為描寫語言學, 例如: 行為主義語言學派、形式主義語言學派等等...
4. 現

代語言學：二十世紀中葉以後，語言的研究，大致分成三支，其為「語用學」、「語意學」、「詞章學」。

傳統語言學將語言看做是客體，強調有規則、有系統、有章法的語法知識，把語言學視為心理學的一支，研究主要著重在人類如何運用規則的語法表達語言。胡壯麟（1988）引述 Halliday 指出，傳統語言學聚焦在語言的基本特性，盡可能達到高度形式化和理想化，導致自然語言過度簡約成人造的句法學，而使得語言本意扭曲。因此，Halliday 認為語言的形式和實體是相當任意的，且和社會文化的情境脈絡有相關的，並且具有特定內容的系統內涵，不一定只是具備有一個特定的形式。要區分系統功能語言學和傳統語言兩者之間的差異，可以清楚察覺系統功能語言學比較重視人和人因為不同情境下互動，而有不同的語言選擇性，強調語言是經過社會互動才有意義，並非單純自己內部的認知而已，所以它是環境主義，而且受社會學的影響（趙雅琳，2005）。

## 二、系統功能語言學的概念

「系統語法」和「功能語法」是系統功能語言學中兩個主要的理論框架。「系統語法」強調語言作為系統內部底層關係，與意義相關連所組成的系統網路（system-network）或意義潛勢（meaning-potential），表示語言具有修辭的選擇性，來表達說話人想要表達的語意。「功能語法」則強調語言是社會互動的工具，依功能實現的不同，使用語言的動機、情境就不同（趙雅琳，2005）。Halliday（1964）指出系統功能語言學有以下幾點概念：1. 語言的符號性—以符號學的觀點解釋語言，語言是表現社會符號學的一種方式。2. 語言的普遍性與變異性—對語言進行功能上的區別且具有普遍的意義，且同時注意變異性，例如：方言與語域的變異。3. 語言行為—知識和行為上的差異，而行為本身也是一種語言，且行為的意義是多元的，當人類行為被看成是變項時，這些變項就同時被賦予社會價值（趙雅琳，2005）。

系統功能語言學在功能思想上有三個基本面向，如表 2-3-1 所示，「概念功能」表示語言會對存在於主、客觀世界的過程和事物反應而有所變化，脈絡變數為「語場」(Field)，表示社會活動下語言的主題內容成分，構念則為真實體現的成分，也就是語言互動中，我們真實觸及的，表徵這世界真實發生了什麼事情。「人際功能」表示語言是社會有意義的人際活動，脈絡變數為「語旨」(Tenor)，表示功能語旨和個人語旨，例如：功能語旨是說話者的意圖，而個人語旨則表示說話者和受話者之間的關係，可能用不同的形式體現，如：刻板體、正式體、諮詢體、隨意體、親密體，而「語篇功能」則使語言和語境產生關連，脈絡變數為「語式」(Mode)，主要探討媒介和語言的角色，例如：可能是口語形式或是筆語形式，口語的形式又可能為即興的對話或獨白，抑或事先準備好的背誦或是草稿等等，真實構念為一種符號，表示語言訊息中排列優先順序等等。概念、人際、語篇功能這三大純理功能主要涉及小句意義的表達，也各自反映了小句的不同面向，相輔相成成為一個完整的意義有機體，所以，本研究亦從小句出發為基本語法的分析單位(趙雅琳，2005)。

表 2-3-1 純理功能三個基本面向

脈絡變數	後設功能	真實構念	運作
語場 Field	概念功能 Ideational	真實	表徵我們真實的經驗：社會活動與主題
語旨 Tenor	人際功能 Interpersonal	社會的真實	使我們的社會關係作用：社會角色與關係
語式 Mode	語篇功能 Textual	符號的真實	在脈絡下呈現訊息為文本：媒介和語言角色

下圖 2-3-1 可以說明三個面向所涵蓋的範疇及分析的重點，層次從外層到內層依序為語域（情境脈絡）、語意（後設功能）及詞彙語法結構，從小圓中心的音系學和筆跡學，擴展到外一層的第二小圓，包括主述位、及物性、語態和情態，再繼續擴展到外一層的第三小圓，包括文本後設功能、概念後設功能、人際後設功能，若再向擴展則為語式、語場、語旨，此圖的描繪可以對系統功能語言的範疇做一個全面性的瞭解（趙雅琳，2005）。

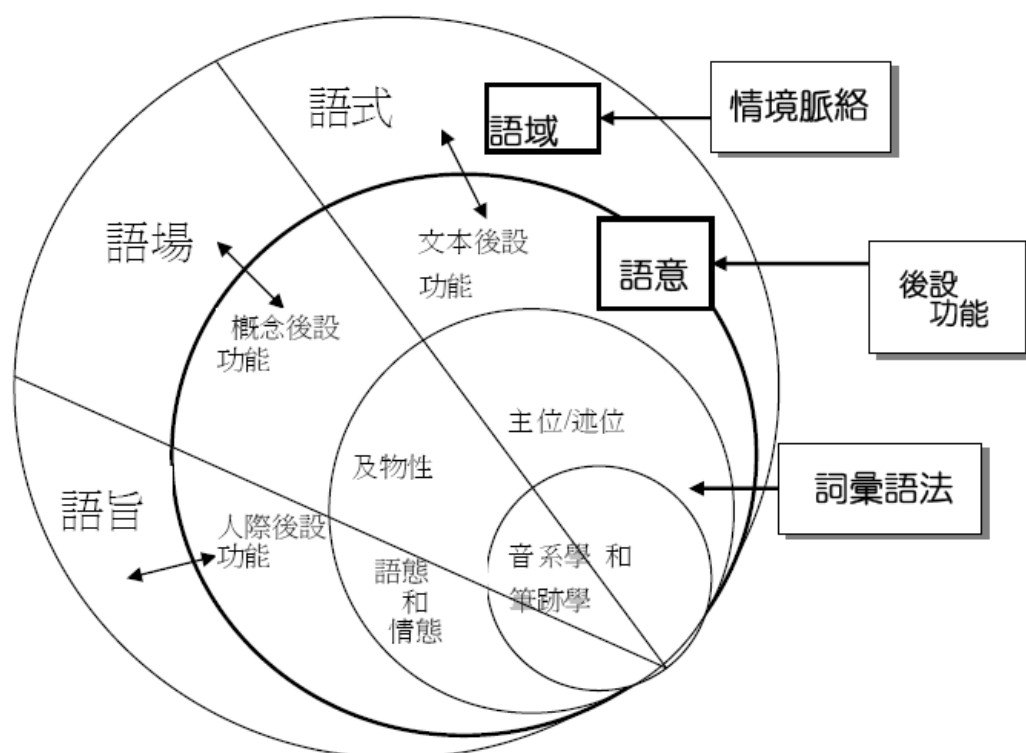


圖 2-3-1 語言和語域的關係（摘自 Unsworth，2001）

### 三、系統功能語言學近年發展

Halliday 通過一系列著述（1978，1979，1985，1994）完整地展現了他的元功能（Metafunction）思想。在此期間，Halliday 指出元功能包含三個方面：概念功能、人際功能與語篇功能，概念功能又包括經驗功能和邏輯功能，而且經驗功能和邏輯功能在等級上低於人際功能和語篇功能。近年來 Halliday 進一步發展了他的元功能思想並指出（1996），自然科學是關於自然的語言，社會科學是關於社會的語言，語言學則是關於語言的語言。關於語言的語言就是元語言。那麼怎

麼能夠區分語言和元語言之間的不同呢？換言之，怎麼能把現象與關於現象的理論研究給區隔開呢？Halliday（1996）認為這是個不小的問題，並且還指出元功能的相互依賴對語言演化、語言與其周圍環境的相互作用都是非常重要的。在概念動能中，語法把人類存在的物質條件轉化為意義，去認識事物就是把現有的物質條件轉化為意義，所謂的「理解」就是這種轉化過程。交際目的是在人際交流中通過交際得以實現；同樣地，人際關係是在構建概念（經驗）的過程中通過概念構建得以制定。這樣，每一個「意義行為」都同時涉及對世界的討論以及對世界中的人產生作用。Halliday 近年來在科技語言與語法隱喻方面做的研究，進一步體現了元功能思想的完善性。

Halliday（1998）指出，每一種語言的語法是人類世界經驗過程的理論，這是反映功能（Reflective）；每一種自然語言的語法也是人際關係的制定，這是活動功能（Active）。這兩個功能相互依賴，反過來由第三個功能，即推論功能（Discursive）實現。Halliday and Matthiessen 最近所著作的一本書（1999），主題是關於人類如何構建對世界的經驗。書中提到經驗的構建通常被當作是通過概念化的分類、圖表、文字等藝術形式表現的知識來實現的。在此，Halliday and Matthiessen 把經驗當作意義而非知識（not as knowing but as meaning），經驗是構建於語言中的某種東西。換言之，兩位語言學大師關心的是人類經驗如何構建為一個語義系統。由於語言不僅在儲存和交換經驗中起重要作用，還在構建經驗中起著至關重要的作用，語言就成為闡釋經驗的基礎（the interpretive base）。語言不僅構建人類經驗（此時語法的功能是解釋，將經驗轉化為意義），還構建社會秩序（此時語法的功能是制定，通過意義形成秩序）。

語言的功能語境分為兩大類，一方面，語言構成人的經驗，在這點上，語言的功能是構建；另一方面，語言構成人類之間的關係，在這點上，語言的功能不是構建，而是實施，實現社會交往。而語法使這兩種意義模式融為一體。這與



Halliday 早期的思想本質上是一致的。在早期的研究中，Halliday 認為語義的抉擇，尤其是屬於人們相互關係的諸如稱呼、禮儀等（即人際功能）所標記的不僅是個人，而且是社會群體。最近這些思想是他早期思想的進一步抽象與昇華。元功能不僅可以用來解釋語言本身，還可以用來描述人類對世界的經驗，解釋人類經驗的構建。

#### 第四節 問題解決的基本概念

長久以來，解題一直被認為是一個重要的認知活動，與教育理論及實務有重要關聯，和人們日常生活息息相關。研究與解決問題被認為是科學、哲學、教育、以及民主社會進步的主要方法。因此，學習如何解題也就成為學校的重要活動，對於解題與教育之關聯，至少有三種觀點。

第一種觀點認為解題被視為學科學習的一部份。解題的練習具有兩種功能，一為測驗的功能：解題被用以決定學生學到什麼，還沒有學到什麼。第二種功能為教學的功能：習題可以知道學生是否理解學科主題，同時也可以令學生有較深入的理解（Voss，1989）。

第二種觀點則認為解題超越學科的範圍。這個觀點認為解題與教育間具有較為一般性的關係—解題有時被視為教育的目標。例如，以解決問題作為科學教育的目標，是八十年代科學教育的特色之一（Koballa，1984）。

第三種觀點則涉及學科典範。教科書中的範例通常是學科典範之學科氛圍的元素（Kuhn，1970），學生在學習科學時，除了學科的原理、原則、及公式符號外，範例成為其必要的修習項目。因此，學習解決學科的範例，是建立學科典範所必須的。

解題的重要性已無庸置疑，而且也已引起心理學與認知科學廣泛的注意與研究。在深入了解「問題解決」的基本概念之前，有必要先對「問題」的意義做釐清，以便進一步了解問題解決的意義。

## 一、問題的意義

有些學者認為「問題」是指：個體或團體面對一個需要解決，卻無法看出明顯解決途徑的一種情境。有些學者認為是個人想達到某種目標，而必須找出方法來達成目標的情境。有的則認為當知覺和記憶因素相互作用的結果出現緊張狀態或壓力時，「問題」便發生了（黃秀瑄和林瑞欽，1991；黃希庭等人，1992；鍾聖校，1992）。Hattaingadi（1978）認為「問題的基本邏輯形式為一對邏輯上不一致的陳述，解題者嘗試在單一理論之下，尋求一致的解釋」。認知心理學則定義問題為「兩個情境的衝突或差異」。第一情境是呈現的情境（presented situation），第二情境為希望達到的情境，及目的情境（goal situation），因此問題解決具有四要素：呈現情境、目的情境、解題限制、以及解題的規則—包括演算法（algorithm）規則與策略（heuristics）規則。

一般而言，問題與以下四個概念相關(Agre, 1981)：自覺（consciousness）、非期望性（undesirability）、困難（difficulty）、以及可解性（solvability）。

1. 自覺：當某人認為有某個問題存在時，必對一種物質的、社會的、心理的、或智力的情境或事物有所知覺，這些情境或事物構成這個問題。
2. 非期望性的：一個問題的存在，是對於情境評鑑的結果，且在此評鑑中，發現情境的某些東西是非期望的（undesirable）。非期望為期望的否定，在期望的情形中，我們的理論可以解釋情境的事物，且預測也都能實現—問題為實然與應然之間的衝突。並非所有的非期望情境都是問題，問題除了具有非期望的條件外，尚須滿足困難的條件。
3. 困難性：要成為一個問題，情境必須擁有一些東西，使得我們相信它是困難的。問題的確認、定義、分析工作可能是困難的，或問題的解決是困難的，或者兩者都是困難的。沒有困難性就不是問題。
4. 可解性：與問題關聯的第四個概念為可解性（solvability）；不可解的問題也不是問題。

問題的意義每個人的看法都不同，很難有所定論，總之，當一個問題存在時，我們可以說：存在某些非期望的情境，儘管可能有些困難，但相信這種情境可為某些人解決。然而，上述之問題的性質都是主觀的，某些人可能知覺某些問題的存在，而另一些人則毫無感覺；對某些人來說，某些問題可能是非期望的，對其他人則否；對某些人來說，某些問題是困難的，無解的，為另一些人來說則否。因此，我們無法客觀的定義什麼是問題。

## 二、問題解決的方法

解題是人類活動的特色之一，因此解題的過程成為心理研究的重點。如上所述，什麼是問題，什麼不是問題，其間並無明顯的分野。從結構化的問題到非結構化的問題，都是心理學研究的範疇。就解決問題而言，認知心理學家大抵認為有兩種主要方法，即「演算法」和「啟思法」，以下分別說明（鄭麗玉，1993；鄭昭明，1993；鍾聖校，1992；黃希庭等人，1992；Reed， 1992；Kahney，1993；王春展，1997）。

### （一）演算法：

演算法是一種隨機尋求，途徑的選擇不需任何特殊知識，因此是將所有可能的解決方法列出，直到找出正確答案為止，雖一定能找到正確答案，但是其效率非常的低。

### （二）啟思法：

啟思法是運用問題中的訊息來找出正確或較可能的途徑，必須依賴問題解決者本身的知識與經驗。不需探討所有途徑的可能性，因此較有效率，但不保證一定會找出答案。以下幾種是常見的啟思法：

#### 1.目的分析（means-end analysis）：

找出呈現狀態和目標（或次目標）之間的差異，並使用一些方法來減少其差異。問題解決者通常建立一些次目標，進而逐一循序漸進減少差距，最後達到目標，以解決問題。

## 2. 倒向解題法 (working backwards) :

通常的解題的方法為「順向解題法」(working forwards)，但有些問題卻適合於從目標倒向解題，如數學證明題，其方法是從未知推算到已知，可以避免走進死巷的機會，若與順向解題法並用，效果更佳。

## 3. 類比法 (analogy) :

是指利用一個舊問題的解決方法與經驗，去解決另一個有類比關係的問題。

## 4. 繪圖 (diagram) :

視覺符號有助於顯示整個關係的外貌與問題結構關係，傳達很多概念，因此繪圖有助於問題解決。

# 三、解題研究

解題研究的主題十分廣泛，所使用的研究方法也有明顯的不同，特別是數學解題歷程的研究受到許多學者的重視(陳淑琳，2001)，雖然算術文字問題結構單純，僅涉及簡單的知識與演算法，然也因其單純性，這個領域有相當豐富的研究成果。故僅在此摘要回顧一些數學解題相關的研究結果。

## (一) 試題型態的研究

Riley, Greeno 與 Heller (1983) 探討學生解算術問題之能力的發展。他們發現可以將算術文字問題分為四大類，分別是：改變 (change) 型問題、比較 (compare) 型問題、組合 (combine) 型問題、以及等化 (equating) 型問題。Riley 等人發現這四類問題的平均難度不同：即，不同類型問題之平均難度不同。此外，相同類型之問題間的難度不一定相同。Riley 等人區分三種解算術文字問題時所需的知識：(a) 解題者藉以理解問題語意關係的問題基模知識；(b) 表徵求解之過程的行動基模知識；(c) 規劃求解的策略知識等。以及解題包括三個「步驟」：(1) 為理解 (comprehension) 的過程，(2) 為將概念的關係對映到量質的關係，(3) 執行求解的計算。在這個基模中，以問題基模來理解各類問題的語意關

係，行動基模用以表徵解題過程中的行動。雖然 Riley 等人也強調理解於解題過程中的重要性，但對於解題表現的詮釋仍以問題基模為主。

## (二)問題敘述對解題影響的研究

Hudson (1983) 在探討兒童解算術文字問題時，發現小朋友在回答標準型的問題，例如：2-1-1.有五隻小鳥，三隻蟲。問：小鳥比蟲多幾隻，與非標準型式問題，例如：2-1-2.有五隻小鳥，三隻蟲。問：有幾隻小鳥沒有蟲吃？兩個問題之間有明顯的差異—回答後者的表現較前者為優。Hudson 發現國小一年級學生 (28 人) 答對 2-1-2 與 2-1-1 型的試題的百分比分別為 100% 與 64%，達顯著差異。就連尚在幼稚園的兒童也有相似的表現 (分別 96% 與 25%)。學前兒童可以答對 2-1-2 型的試題，顯示他們擁有對應 (correspondence) 的能力，而不能答對 2-1-1 型的試題 (包括一些比較級的用詞，例如：...比...多？；...比...大？；...比...高？等)，顯示兒童之所以無法答對此類試題的原因是他們在詮釋與理解試題意義上之困難所致。Hudson 的發現指出一個重要的方向：問題的敘述、問題基模與理解問題之間的關係，是值得深入討論的重點 (楊文金，1991)。

其後，De Corte, Verschaffel 與 Dewinn (1985) 發現在不影響問題語意結構之下，改變算術文字問題的敘述 (reworing)，對於國小一、二年級學童在這些問題的解題表現以及所產生的理解錯誤，都有顯著的影響。其研究進一步發現，同一型態的算術文字問題中，其難度有相當的差異，他們相信試題的難度取決於問題之表面結構的語意關係是否明顯、清楚。De corte 等人的研究使「理解問題」的本質更加具體化：對解題者來說，不同的問題敘述方式所產生的理解並不相同 (楊文金，1991)。

Kintsch 與 Greeno (1985) 在其研究中發現，解題者無法解答文字計算問題的原因，並非解題者缺乏算術的運算能力，而是他們不能建構合適的問題表徵所

致。

Cummins 與 Kintsch，Reusser 與 Weimer (1988) 發現解題的表現與解題者對問題回憶的表現之間，具有系統性的關係。他們認為這是對於問題的理解程度所致，及解題表現的差異，可以歸因於理解的成功與否。因此，錯誤的解題實為誤解問題後得的正解。他們同時發現對於問題的誤解通常傾向於將較難的問題理解為容易的問題。

### (三)算術文字問題涉及的知識

Mayer, Larkin 與 Kadane (1984) 區分算術文字問題中所涉及的知識種類為：語言與事實性知識 (linguistic and factual knowledge)、基模知識 (schematic knowledge)、策略知識 (strategic knowledge)、以及演算知識 (algorithmic knowledge) 等四大類，這四類知識分別對應到解算文字問題時的四個階段：翻譯、理解、計劃、以及執行。以下分別說明這四種知識的意義及對於解題表現影響。

#### 1. 語言與事實性知識：

在文字問題中，語言與事實性的知識可以分為三種形式，都可以用命題來表示：

- (1) 指派命題 (assignment proposition)，這種命題將一個值指派予某些變數。
- (2) 關係命題 (relation proposition)，此類命題則以數值的方式關聯二變數間的關係。
- (3) 問題命題 (question proposition)，此類命題涉及某些變數之值的問題。

除此之外，在文字題中亦可發現「事實命題」(fact proposition)。在 Mayer 等人的研究中，發現關係命題較其他型式的命題難以回憶：在其研究中，關係命

題所造成的錯誤率為指派名題的三倍。

Mayer 等人以迴歸分析得到的結果為：命題的種類與命題的數目對於解算術文字問題的表現均有影響；命題種類對解題表現的影響程度不同，關係命題的影響較大，但二者都使試題趨於複雜，即命題數目越多，問題越難，解題的答對率也降低。

## 2. 基模知識：

R.Gagne (1985) 認為影響語文知識理解最深的是：學習者已有之組織化的知識，這種知識稱為基模。基模為概念間之關係所形成的類別集合，使得學習者理解，學習者有了充分地經驗後，將擁有基模，基模為人們在長期記憶中知識組織的表徵。基模知識為有關問題型態的知識 (Schematic knowledge refer to the knowledge of problem types)。從解題之第一個階段的分析中可知，解題者必須先將文字轉化為個別的內在表徵，然而在此階段，這些內在表徵是片斷的，未有一致性的。解題的第二個階段就是要將這些片斷的內在表徵統合為一個具有一致性整體。欲達此目的，解題者需要基模。基模是一種知識的結構，以澄清問題中變數間的內在關係。

## 3. 策略知識與演算知識

所謂策略是指「如何解問題的一般性規劃」。策略知識是解題者關於如何建立與監視達成目的之規劃的知識。Greeno (1978) 曾指出某些學生在解題上的困難，乃是由於未獲得解題之策略性知識所致。策略知識影響解題的事實是不必多加說明的，的，也因為同一種問題通常存在兩種或兩種以上的解題方法，因此使得解題的研究與解題表現的測量備受挑戰。在計量學方面，Mislevy 與 Verhelst (1990) 提出一個假說：對同一試題而言，不同的解題方法蘊涵不同的試題難度。例如，若某試題可有 A、B、C 等三種解題的方法，則以 A 法來解此題的困難度



與將用 B 及 C 法時不同。在這個假說之下，配合其他的假設，開始嘗試以近代計量模型探討解題策略的測量問題。此外，Wilcox (1982) 所提出「回答至答對為止」(Answering-Unitl-Correct, AUC) 模型，亦可應用此類問題的探討。由於不同解題策略的存在，使得受試群呈現離散的族群分佈(即某些解題者使用某策略，另一些解題者使用另一種策略)，因此，欲以定量的方式來描述由不同策略對解題表現所造成的效應是十分複雜的，但並非不可能。演算知識就是「如何」的知識，即程序型知識(J.anderson, 1980)，例如算術的演算步驟(加、減、乘、除等)以及一些代數的解題程序等。

#### (四) 算術文字問題解題表現的詮釋

由以上的分析可知，並非所有的文字題都相似：某些問題可能較容易，例如組合型問題較比較型問題容易(Riley, Greeno, 與 Heller, 1983)。由於受試者在這些文字題之表現隨年齡而變化，因此，對於解題表現差異的解釋，可以 Piaget 的觀點來說明解題者的特性。根據這個觀點，問題之所以困難，乃是因為處理此問題所需的能力(capacity)未充分發展所致。這個觀點所能引起的爭議有限，然而究竟是什麼能力隨著年齡的發展而發展，使得兒童的解題表現改變呢？對於 Hidson 的研究發現與 Riley 等人的研究發現要如何解釋呢？對於這種在不同型態、及相同型態之不同試題的解題表現的變化，其解釋可歸為二大類：將解題表現的變化歸因於邏輯數學(logic-mathematical)知識的成長，以及歸因於語文理解(language comprehension)能力的發展。

根據邏輯數學知識的發展觀點，兒童解題的困難乃是因為他們未擁有解題所須的概念知識。Riley 等人(1983)之算術問題類別間的解題差異及(1984)等人的研究均支持此觀點。Riley 等人認為問題的難度部分決定於問題的語意結構，儘管如此，他們將解題發展的趨勢歸因於邏輯集合關係之知識的獲取。為了說明此觀點，他們以基模提出好的、中等的、以及不好的解題模型。在好的解題

模型中，集合知識以基模組（schemata）的方式表徵，以規範集合關係，諸如部分—全部、或子集—字集（subset-superset）間的關係。在不好的解題模型中，只有能夠表徵個別集合的基模，而缺少表徵部分—全部間隻關係的基模。

Briars 與 Larkin 也提出一個解題能力的模型以模擬解題表現的特性。在其模型中，影響解題表現之主要因素是概念知識（conceptual knowledge）的完整性。概念知識包括諸如理解部分集合與全部間之關係等的知識。

反之，持語言發展觀點者，例如 Hudson（1983）、Cummins，Kintsch，Reusser 與 Weiner（1988）、De Corte，Verschaffel 與 De Win（1985）等人，認為某些文字問題較為難解的原因，乃是這些試題所使用的語文型式不能映至解題者之既存的概念知識結構之中。例如，兒童可能了解部分—全部的關係，但是無法將比較性的語文型式的敘述（例如，X 的較 Y 的多出多少？）對應到上述的關係上。如果這種情形屬實。則說兒童未獲取對此類的語文的詮釋。

語言發展觀點意味著文字問題不但含有邏輯數學知識，同時也含某些語文型式，此二者構了解題者解題的能力要求。因此解題的錯誤可以反映語意知識的不足或邏輯數學知識，或同時反映此兩者。上述之 Hudson（1983）與 De Corte 等人（1985）的研究發現便反映出這兩種知識對於解題表徵的影響。

## 第五節 小結

綜合本章的討論，可以摘要如下：

- (1) 每個參加 TIMSS 施測國家的課程規劃都不同，IEA 決定 TIMSS 2003 的評量架構與測驗中要包含的內容領域時，應該符合六點事項（Mullis et al.，2001；顏秀玫，2004），因而使 TIMSS 科學成就測驗調查的結果能成為重要課程內容數據。
- (2) Hudson（1983）的發現指出一個重要的方向：問題的敘述、問題基模與理解問題之間的關係，是值得深入討論的重點，不同的問題敘述方式所產生的理解並不相同。
- (3) Mayer（1984）等人表示命題的種類與命題的數目對於解算術文字問題的表現均有影響；命題種類對解題表現的影響程度不同，即命題數目越多，問題越難，解題的答對率也降低。
- (4) 影響解題表現的因素可以歸因於對於試題的理解，而這種理解試題的過程與文章閱讀理解的過程一樣，決定於解題者之知識量與知識的結構。

由以上的分析可了解，影響學生解題表現的因素可以歸因於對於試題的理解。而不同論述方式的差異會對學生的理解造成什麼影響，即是此論文想探討的目的，而這些將會在——其他章節論述。