

運用工學模式分析與表徵合作解題評量研究

*何慧群¹ 阮逢選² 阮福海³ 范德孝⁴ 永井正武⁵

摘要

2015年，PISA施行合作解題評量，透過電腦介面代理人（Computer Agent）進行線上（Online）小組評量。研究目的：（1）合作解題要素涵蓋認知技能、知識素養與團體動力；（2）解題歷程透過小組進行題旨辨識、認知理解、概念澄清、操作示範、結果共識、答辯論述；（3）評量檢核指標是心智運作、鷹架功能、創意思維、發明發現。研究工具：（1）運用關係矩陣發展概念要素關聯結構，（2）結合數理工具（Mathematical Modeling）與圖學論進行結構分析。研究貢獻：（1）發展教育表徵新範式，（2）結構分析視覺化。

關鍵詞：合作解題評量、電腦介面代理人、鷹架功能、創意思維、數理工具

¹何慧群，國立臺中教育大學教育學系

²阮逢選，國立臺中教育大學教育資訊與測驗統計研究所

³阮福海，國立臺中教育大學教育資訊與測驗統計研究所

⁴范德孝，國立臺中教育大學教育資訊與測驗統計研究所

⁵永井正武，國立臺中教育大學教育資訊與測驗統計研究所

通訊作者：何慧群；Email: A22263181@yahoo.com.tw

地址：臺中市西區民生路 140 號 教育學系

A Study on Applying Mathematical Modeling to Analyze and Characterize Collaborative Problem-Solving Assessment

*Hui-Chung Ho¹ Phung Tuyen Nguyen²
Phuoc Hai Nguyen³ Duc Hieu Pham⁴ Masatake Nagai⁵

Abstract

In 2015, PISA plans to conduct collaborative problem-solving assessment, combined with a computer agent and online interactive assessment in group. This study aims: (1) To illustrate elements to problem-solving are cognitive strategies and intellectual cultivation and team dynamics; (2) To define Collaborative problem-solving is processed through defining the theme of questions, cognitively understanding, redefining, discussing, collecting opinions, organizing how to express and answer or debate questions; (3) To refer the checking indicators of collaborative assessment are mental operation, scaffolding function and creative thinking. Research tools are as below: (1) Relationship-forming of conceptual elements by relation matrixes; (2) Diagraph-leveled structures analysis by using mathematical modeling and graph theory. Research added value is as below: (1) developing the representative paradigm of new educational thinking, (2) the analysis of visualized conceptual structures which are able to be processed emphatically and particularly.

Keywords: Collaborative Problem-Solving, Computer Agent, Scaffolding Function, Creative Thinking, Mathematical Modeling

¹ Hui-Chung Ho, Department of Education, National Taichung University of Education

² Phung Tuyen Nguyen, Graduate Institute of Educational Information and Measurement, NTCU

³ Phuoc Hai Nguyen, Graduate Institute of Educational Information and Measurement, NTCU

⁴ Duc Hieu Pham, Graduate Institute of Educational Information and Measurement, NTCU

⁵ Masatake Nagai, Graduate Institute of Educational Information and Measurement, NTCU

Corresponding Author: Hui-Chung Ho ; Email: A22263181@yahoo.com.tw

Address: No.140, Minsheng Rd., West Dist., Taichung City 40306, Taiwan (R.O.C.) Department of Education

壹、前言

21 世紀，面對全球化、資訊化網絡持續性地以 10 倍速前進（王平原譯，1996），各行各業，涵蓋教育，無方的變革將無以迎向全球化變革、競爭與創新的未來，戰略思維、高素質人力資源成為關注的焦點，其中，高素質人力資源發展目標漸次由認知、技能領域擴展至情意向度，由訴求專業、品質、特色、績效、永續經營到正視品德、承諾、合作發展必要性等。

2015 年，經濟合作暨發展組織（Organization for Economic Cooperation and Development, OECD）施行有別於 2012 年之國際學生能力評量計劃（Program for International Student Assessment, PISA），計畫特色如下：（1）PISA 2015 採線上評量；（2）檢測合作解題相關素養（Collaborative Problem Solving Skills），此為新增項目；（3）評量科學領域相關素養（Knowledge of Scientific Epistemology）（臺灣 2015 PISA 國家研究中心，2014）。PISA 2015 合作解題評量，檢測與評量能力涵蓋認知理解、解題歷程概念澄清、修正與發現，以及在互動中生成之進階思維、創造力、參與、自我實現、公民美德（Civic Virtues），其中，公民美德是歐盟視為是面向知識社會之關鍵能力之一（Halász, & Michel, 2011）。

合作解題，顧名思義，解題歷程經由合作、腦力激盪、群策群力，由問題釋義、討論、歸納、演繹，到形成共識與完成任務，PISA 2015 新穎處是，結合電腦介面代理人（Computer Agent）與在線上（Online）進行多向度互動評量，透過數據計算：（1）全記錄顯性知識（Explicit Knowledge）訊息流動與流向、（2）以時間量換算表徵行為、答題邏輯思維與內隱知識（Tacit Knowledge）（Polanyi, 1966）之合理程度、（3）透過電腦介面代理人施行超現實與超寫實之準動態評量（Feuerstein, 1979）。值得一提的是，基於未來變革現象已非線性因果關係可以歸納之，變動複雜程度遠遠超出可控制範圍，取長補短、眾力成城成為相對穩當的策略思維；再者，借重 PISA 2015 解題歷程之社會氛圍，以雙贏取代零合競逐，檢測同理、尊重、借力、互助、分享認知發展，無疑可開啟教育新的一頁。

運用工學模式分析與表徵合作解題評量研究，研究目的：（1）指出合作解題涵蓋合作與解題二部分，（2）合作解題之合作理論基礎是鷹架理論與團體動力論，（3）合作解題之解題關鍵是能力素質、知識素養與在溝通、回饋中新增理解或替代性解題策略。最後，研究用工學模式（Modeling of Engineering）可見益處：（1）結合工學模式與圖學論（Graph Theory）進行有向階層結構分析；（2）結構分析視覺化（Data Network Visualization），助益科際間焦點對話與進行後設省思；（3）構造質性與量化並重的教育實務研究範式。

貳、基礎理論

概括言之，合作不是口惠，而是實踐的行為；合作概念具理想性與價值性，合作行為具意識性與目的性，合作活動則具加成效益。合作運用於教育實務，相關理論基礎如教育學、認知心理學與社會心理學等。

一、認知理解

首先，不論是課堂學習，抑或是評量解題，認知理解是必備的心智技能。分工合作因活動性質分為靜態、動態或二者兼具，前者偏屬符碼轉譯與文旨詮釋，文本脈絡可往返檢視，文本具惟一性；後者指由聲音構造之文本，認知理解偏屬一以貫穿之記憶、聯想與抽象思維，理解過程易生骨牌效應，文本旨趣及其詮釋呈多樣性與歧異性。

其次，能力（Competence），個體集認知、技能、態度與價值於言行作為之能力（Mulder, Gulikers, Biemans, & Wesselink, 2009），能力發展影響因素如資質、學習動機、環境與教育等，小組成員能力呈多樣性是可預期的。

最後，合作解題，透過分工、角色扮演，發言先後次序與可用時間多寡，針對訊息不完全試題提供正確知識，答題結果：（1）影響後續發展，（2）凸顯答題者之題意理解程度，（3）答題可能狀況計有順暢、受阻、及時化解。

二、鷹架理論

首先，Vygotsky 主張，（1）認知生成發生於社會文化中，（2）各社會文化信念、價值與符碼旨趣有別，（3）認知技巧發展於成人與兒童、同儕對話中（Thinking & Speech），（4）人的認知屬高層次的認知過程，此經驗對認知發展具重要性（谷瑞勉譯，1999）。

其次，人的認知能力發展與應用於社會文化中，對於兒童在他人幫助下的表現與學習潛力，大於獨自解決問題時顯示的實際程度，Vygotsky（1978）稱此落差為近側發展區（Zone of Proximal Development, ZPD）。1976 年，J.S. Bruner 等以建築用搭建之支撐設備（Wertsch, & Rogoff, 1984），類比溝通互動經驗、教育資源，是謂鷹架（Scaffolding）。鷹架理論體現於課堂教學是合作學習、小老師制度，茲因合作概念具弔詭性，正向具理想性與價值性，反向因競爭學習氛圍難以落實，從而活化合作學習、有效運作合作學習之合作經驗刻不容緩（Levin, & Druyan, 1993）。再說，合作評量是未來可見趨勢，正視合作教育有其必要。

最後，Yackel, Cobb, & Wood（1991）指出：學生在解決問題歷程，透過師生、同儕互動，得以就問題概念、概念結構進行二次學習認知，其間甚或思考解題策略與方法。為此，鷹架理論在合作解題評量上的意義：（1）有能者支援較少能者之局部與整體之心智運作、（2）在取長補短下，待解問題被處理的程度、（3）鷹架理論運作原則是策略性思維、（4）在腦力激盪、突圍解困中，高階心智與創意創造生成成為關注的焦點。

三、團體動力論

首先，「人是有理性的動物」，哲學探究人的本質、本質的人、「認識自己」（甘陽譯，1990）；心理學提供由生理、心理到精神層級何以影響人行為依據；「人從來不是孤立的存有」，社會學檢視陳群居的人具意識型態、社會性、經濟性與政治性，集三者之學，可自局部角度與整體視域瞭解人-己、人-人之意義關聯關係所以生成與變化。

其次，依據 A.H. Maslow（1987）需求層次理論，人的需求分為：生理、安全、社會、尊重、自我實現，其中，生理、安全、歸屬、自尊是低層次需求，又稱匱乏的需求；自我實現、知識、審美是高層次需求，又稱存在的需求或成長需求。高低層次需求或動機旨在助益或滿足人之個別性與集體性特質發展。

當今人（Homo Sapiens）具經濟性（Homo Economicus）、政治性（Homo Politicus）與社會性（Homo Sociologicus），組織或團體責無旁貸的任務：（1）滿足成員歸屬匱乏需求，（2）善用與導引從眾現象，（3）創造個人與組織的成功經驗，（4）正視破壞性創新（Disruptive Innovation）與維持性創新（Sustaining Innovation）、激進性創新（Radical Innovation）與漸進性創新（Incremental Innovation）動態平衡，藉以形塑永續經營的學習型組織。

最後，團體動力論運用於教育或課堂教學，意謂著：（1）提供有能者有所發揮機會與受到肯定、（2）較優者支援較次者與較次者免於被邊緣化、（3）組織氛圍營造繫於成員認同、參與，與承諾。

四、「和」理念

首先,「人是會思考的蘆葦」(吳達譯,2000),人因思考而茁壯。〈荀子·王制篇〉:「水火有氣而無生,草木有生而無知,禽獸有知而無義,人有氣有生有知亦且有義,故最為天下貴也。力不若牛,走不若馬,而牛馬為用,何也?曰:人能群,彼不能群也。人何以能群?曰:分。分何以能行?曰:義。」

列舉以和為貴之實踐準則如下:

〈論語·學而篇〉:「禮之用,和為貴。先王之道,斯為美。小大由之,有所不行。知和而和,不以禮節之,亦不可行也。」「貴和」與「禮」並舉,是理想行為的實踐準則,適用於人與己、人與人、人與自然,以及人與科技。

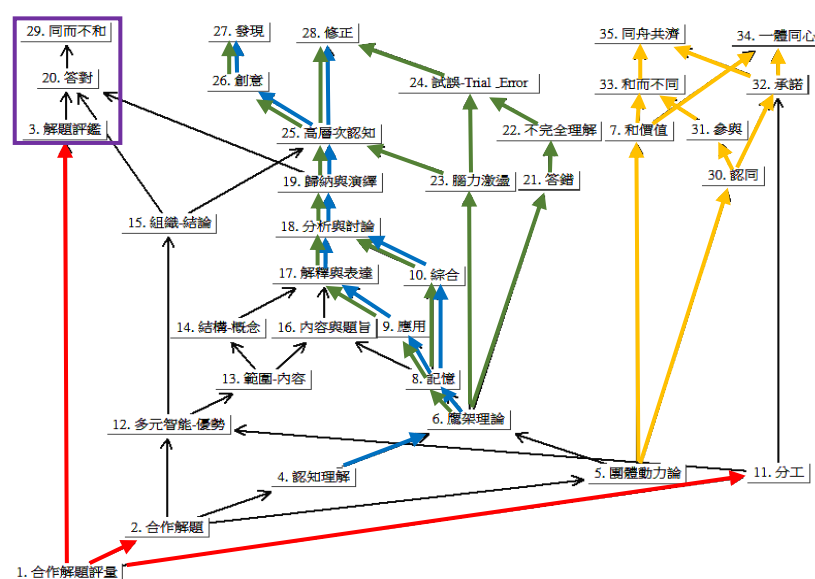
〈論語·子路篇〉:「君子和而不同,小人同而不和。」君子之和為異與同的集合,而非同質性、齊一性的總和;其次,〈中庸〉:「君子和而不流」、「君子之中庸,君子而時中」,和諧理性的生成實非表象的相同、片面的整合,而是歷經辯證後的理性統一發展;再者,對於異質性的相容與互補生成,責負人修練尊重與倫理心智(陳正芬譯,2007)。

其次,合作解題評量與合作學習分屬不同的教育場域,前者旨在檢視小組能力發展程度,後者則是小組成員能力發展前的互助歷程及其狀況;合作解題評量結果由小組每一成員共同承擔,或比例式功績分配;合作學習結果分為主觀個己因素各自承受,客觀群組因素各自領受與不同程度的受惠。再者,「兄弟登山,各憑本事」,評量目的旨在辨識最佳選擇、肯定表現較優者。基於人有潛能、可教育性、「天生我才必有用」、眾力成城與人的修練等,合作解題評量準則是:(1)求取最佳解答,(2)正視互動過程創意、發現、高層次思維等附加價值,(3)落實同舟共濟、濟弱扶傾、一體同心,以和為貴的情意價值,其中,取得最佳解答仍是解題主要目的。

最後,綜合上述,結合詮釋結構模式(Interpretive Structural Modeling, ISM)(Warfield,1976)與圖學論(Bondy, & Murty, 1976)就概念要素進行關係矩陣構造與有向階層結構化表徵(Warfield, 1974)(見表1),據以一則掌握要素與要素之關聯關係,二則要素結構視覺化(Data Network Visualization)(見圖1),利於資訊讀取。

表1 合作解題基礎理論關係矩陣

C/C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
1.合作解題評量	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.合作解題	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3.解題評鑑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.認知理解	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5.團體動力論	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	
6.鷹架理論	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7.和價值	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
8.記憶	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9.應用	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10.綜合	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11.分工	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	
12.多元智能-優勢	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13.範圍-內容	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14.結構-概念	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15.組織-結論	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16.內容與題旨	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17.解釋與表達	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18.分析與討論	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19.歸納與演繹	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20.答對	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21.答錯	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22.不完全理解	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23.腦力激盪	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24.試誤-Trial & Error	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
25.高層次認知	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
26.創意	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27.發現	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28.修正	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29.同而不和	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30.認同	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	
31.參與	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
32.承諾	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
33.和而不同	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
34.一體同心	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
35.同舟共濟	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	



圖一 合作解題基礎理論 ISM

圖一結構分析如下：

依據研究主旨構造基礎理論，自認知理解、鷹架理論、團體動力論與「合」理念分別萃取重要概念，運用詮釋結構模式構造由所謂專家決定的關係矩陣，得出有向階層結構。

認知理解

$C4 \rightarrow C6 \rightarrow C8 \rightarrow C9 \rightarrow C17 \rightarrow C18 \rightarrow C19 \rightarrow C25 \rightarrow C26 \rightarrow C27$

$C4 \rightarrow C6 \rightarrow C8 \rightarrow C9 \rightarrow C17 \rightarrow C18 \rightarrow C19 \rightarrow C25 \rightarrow C28$

$C4 \rightarrow C6 \rightarrow C8 \rightarrow C10 \rightarrow C18 \rightarrow C19 \rightarrow C25 \rightarrow C26 \rightarrow C27$

$C4 \rightarrow C6 \rightarrow C8 \rightarrow C10 \rightarrow C17 \rightarrow C18 \rightarrow C19 \rightarrow C25 \rightarrow C28$

鷹架理論

$C6 \rightarrow C8 \rightarrow C9 \rightarrow C17 \rightarrow C18 \rightarrow C19 \rightarrow C25 \rightarrow C26 \rightarrow C27$

$C6 \rightarrow C8 \rightarrow C9 \rightarrow C17 \rightarrow C18 \rightarrow C19 \rightarrow C25 \rightarrow C28$

$C6 \rightarrow C8 \rightarrow C10 \rightarrow C18 \rightarrow C19 \rightarrow C25 \rightarrow C28$

$C6 \rightarrow C8 \rightarrow C10 \rightarrow C18 \rightarrow C19 \rightarrow C25 \rightarrow C26 \rightarrow C27$

$C6 \rightarrow C23 \rightarrow C25 \rightarrow C26 \rightarrow C27$

$C6 \rightarrow C23 \rightarrow C25 \rightarrow C28$

$C6 \rightarrow C23 \rightarrow C24 \rightarrow C28$

$C6 \rightarrow C21 \rightarrow C22 \rightarrow C24 \rightarrow C28$

團體動力論

$C5 \rightarrow C7 \rightarrow C33 \rightarrow C35$

$C5 \rightarrow C30 \rightarrow C31 \rightarrow C33 \rightarrow C35$

$C5 \rightarrow C30 \rightarrow C32 \rightarrow C35$

$C5 \rightarrow C30 \rightarrow C32 \rightarrow C34$

「和」理念

$C1 \rightarrow C3 \rightarrow C20 \rightarrow C29$

$C1 \rightarrow C2 \rightarrow C12 \rightarrow C15 \rightarrow C20 \rightarrow C29$

$C1 \rightarrow C2 \rightarrow C12 \rightarrow C13 \rightarrow C14 \rightarrow C17 \rightarrow C18 \rightarrow C19 \rightarrow C20 \rightarrow C29$

$C1 \rightarrow C2 \rightarrow C12 \rightarrow C13 \rightarrow C16 \rightarrow C17 \rightarrow C18 \rightarrow C19 \rightarrow C20 \rightarrow C29$

$C1 \rightarrow C2 \rightarrow C4 \rightarrow C6 \rightarrow C8 \rightarrow C16 \rightarrow C17 \rightarrow C18 \rightarrow C19 \rightarrow C20 \rightarrow C29$

$C1 \rightarrow C2 \rightarrow C4 \rightarrow C6 \rightarrow C8 \rightarrow C9 \rightarrow C17 \rightarrow C18 \rightarrow C19 \rightarrow C20 \rightarrow C29$

$C1 \rightarrow C2 \rightarrow C4 \rightarrow C6 \rightarrow C8 \rightarrow C10 \rightarrow C18 \rightarrow C19 \rightarrow C20 \rightarrow C29$

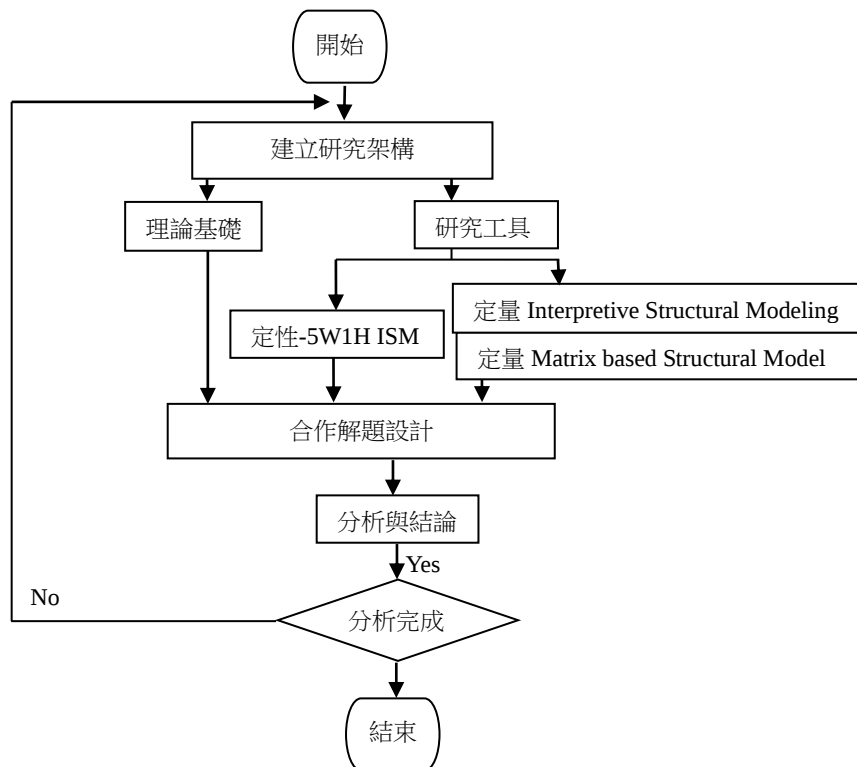
C1 → C2 → C5 → C6 → C8 → C16 → C17 → C18 → C19 → C20 → C29
 C1 → C2 → C5 → C6 → C8 → C9 → C17 → C18 → C19 → C20 → C29
 C1 → C2 → C5 → C6 → C8 → C10 → C18 → C19 → C20 → C29
 C1 → C11 → C12 → C15 → C20 → C29
 C1 → C11 → C12 → C13 → C14 → C17 → C18 → C19 → C20 → C29
 C1 → C11 → C12 → C13 → C16 → C17 → C18 → C19 → C20 → C29

值得一提的是：(1) 鷹架理論有概念澄清、修正與二次理解的作用，更甚者透過腦力激盪或可收創意、發現之益；(2) 試題答錯狀況分為不理解與不完全理解（何慧群、范德孝、施碧珍、許天維、永井正武，2014），其中不完全理解試題藉由互助得以進行二次學習與調整；(3) 團體動力論旨在發揮團體向心力與眾志成城；(4) 合作解題評量涵蓋認知、情意、技能，解題歷程之社會氛圍固有助於「全力以赴」，祇是，問題解決不是搏力而是智取，試題答對多寡是解題評鑑良窳判斷主要依據。

參、合作解題設計

一、研究流程

自 W. Dilthey (1833-1911) 應用自然科學方法論於社會科學領域，實證主義成為社會實踐的新派典（Makkreel, & Rodi, 1991）。茲為構造質性與量化並重的教育研究，援用數理工具 5W1H、ISM、5W1H ISM 與 MSM，研究設計見圖二。



圖二 研究流程

二、問題定位 (Problem Formulation)

時值全球網際網路普遍建置、知識與資訊交相更迭，面向環境與待解問題漸次複雜與新穎性，PISA 2015 檢核 15 歲國民義務教育者基本素質外，合作學習、團體動力是新增評量要素。

運用 5W1H 聚焦合作解題測驗工具設計相關要素 (見表 2)，設計原則：(1) 評量目標分為人-基本功、態度與分享、事-學習結果、創意、學習潛能/ZPD；(2) 評量範圍分為閱讀、數理與科學，試題形式是主題，題目設計是題組；(3) 採電腦介面代理人與小組模式，小組成員隨機或以 SWOT 分析法就能力強弱分派之；(4) 施測地點是試題世界或虛擬實境，時間分配屬結構或半結構式。

表 2 測驗工具要素

5W1H	方案	要素	
what	目標	事-學習結果、創意、學習潛能/ZPD	
	範圍	人-態度、分享	
		閱讀、數理、科學	
who	對象	STS-Science、Technology、Society	
		SMH-Science、Math、History	
		基本功	
where	場域	多元智能	混齡、同齡
		SWOT	異質
		封閉	試題世界
when	時間	開放	虛擬實境
		當下	絕對時間
		協定	相對時間
why	何以-因	全球化-開放空間	
		數位化-知識、資訊交相更迭	
		問題複雜性、新穎性	
how	資源-物	鷹架理論、團體動力論	
		web、email	
		knowledge、information、book、media	
	資源-人	15歲-team	

三、試題組織 (Problem Organization)

同上，運用 5W1H 進一步聚焦試題組織相關要素 (見表 3)，合作解題設計原則：(1) 理論基礎計有鷹架理論-取長補短、腦力激盪-創意創造、團體動力論-參與承諾、多元智能-SWOT；(2) 合作解題歷程包括方案、任務、工作執行與總結；(3) 檢測內容分別是習得能力、同儕互動與應變、小組背景知識。

表 3 試題組織要素

5W1H	方案	要素	
		Collaborative Problem Solving, CPS	
what	主題	STS-Science、Technology、Society	
		SMH-Science、Math、History	
	對象	15歲	
who		基本功	
	小組	多元智能-SWOT	
		分工	
where	場域	封閉	真實情境
		開放	虛擬實境
when	時間	當下	絕對時間
		協定	相對時間
why	何以	鷹架理論-取長補短	
		腦力激盪-創意創造	
		團體動力論-參與承諾	
		多元智能-SWOT	
how	歷程	project-assignment-task-procedure-summary	
		listen, read & comprehend-communicate-feedback & critical thinking-debate-consensus	
	工具	人格特質、同儕互動與應變、小組背景知識	

四、研究工具

(一) 5W1H

《左傳·哀公》：「君子之謀也，始、衷、終皆舉之，而後入焉。」始，事物起源、創始階段；中，事物發展歷程狀況；終，事物發展的結果。結構性思考、策略性思考是掌握與追蹤事情發展與變化的權宜措施。

5W1H，H. Lasswell（1948）在《社會溝通結構與功能》乙文中寫到：最適溝通行為就是回答下列問題：誰、在哪個頻道、對誰、說了什麼，與有什麼影響？（Who, Says What, In Which Channel, To Whom, With What Effect?）。

其次，5W1H，源自於新聞記者在傳遞資訊與完成溝通目的的方法，有謂Lasswell's communication model，由 who, when, what, where, why 與 how 組成，此是基本模組，可視研究需求進一步分化之。

最後，5W1H，被視為是最早與最有效的溝通模式之一（Shoemaker, Tankard, Jr., & Lasorsa, 2004）。5W1H 在教育上的運用：（1）分析文本，耙梳相關要素；（2）構造文本，開放性範圍透過結構性要素收斂為閉合性範圍。

(二) ISM

詮釋結構模式，J.N. Warfield 於 1972 年提出，運用 Boolean Logic 與^(0,1)二元數值進行關係矩陣計算（Warfield,1973），依據離散數學與圖學理論構造關係與有向階層結構，前者就複雜系統中不同類型元素進行成對關係比較，得出整體要素關聯構造階層圖，後者以有向圖示性能（Hierarchical Digraph）就生成之關聯進行階層構造，與科學性詮釋之（Warfield, 1974）。

首先，針對經濟社會體系進行成對關係詮釋與關聯構造（Warfield,1976），即在系統中有 n 個元素構成一個集合 S ，令 $S=(s_1, s_2, \dots, s_n)$ ，並且定義 S 的直積

(Cross Product) 為 $S \times S = \{(s_i, s_j) | s_i, s_j \in S\}$;

其次, Warfield 計算步驟如下:

步驟 1: 求得其關係的關聯矩陣

若 s_i 和 s_j 存在因果關係, 則形成有序對 $(s_i, s_j) \in R$, 其中集合 R 為 $S \times S$ 的部分集合。此時利用圖學理論將有序對轉化成關聯 (因果關係的關係或關聯) 矩陣之型式, 如下公式所示。

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & a_{ij} & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} = (a_{ij})_{n \times n}, \text{ 其中 } \begin{cases} a_{ij} = 1 & \text{if } (s_i, s_j) \in R \\ a_{ij} = 0 & \text{if } (s_i, s_j) \notin R \end{cases}$$

步驟 2: 求得可達矩陣

依據 Boolean Algebra 原則, 對矩陣 $(A+I)$ 進行冪運算, 直至下式成立為止 $(A+I)^{n-2} \neq (A+I)^{n-1} = (A+I)^n = T$ 。

其中, I 為單位矩陣, 重覆的作此一運算, 直到矩陣結果不產生變化為止, 此時之矩陣稱為可達矩陣。

步驟 3: 完成 ISM 圖表之階層

根據上述的可達矩陣 T , 求出各概念的可達集合 $P(s_i)$ 、先行集合 $Q(s_i)$, 以及共同集合 $P(s_i) \cap Q(s_i)$, 冀以通過對可達矩陣的分解 (有區域分解與級間分解二類), 即可建立系統的多級梯階結構模型。

(三) 5W1H ISM

5W1H ISM 是結合 5W1H 與 ISM 構造而成, 發想於 2005 年, M. Nagai 於 2013 年提出與證明 (Tsai, Chen, & Nagai, 2013)。Nagai (1989, 1995) 於 1989 年運用 5W1H 於學術研究, 其結構性萃取要素語彙、語彙屬性及其旨趣, 繼而進行語彙要素間之「準」量化比較處理, 並依據量化後大小排定語彙重要性優先次序與組成序列, 最後, 透過 ISM、MSM 運算處理與發展出具信度、效度之語彙要素關係結構。運用 Nagai 六何法於教育研究, 一則提供構造要素之可操作工具, 二則助益教育研究結構邏輯化。

(四) MSM

Matrix Based Structure Modeling (MSM), 翻譯為多重詮釋結構模式, M. Nagai 於 2013 年提出 (永井正武、蔡清斌、陳姿良, 2013; Nagai, & Tsai, 2013), 旨在揭示概念群集與概念群集之間新關聯生成與構造。MSM, 運用 Boolean Algebra 之命題邏輯與鄰接矩陣原理, 對多元矩陣展開冪運算, 直至可達矩陣成立, 藉以構造「綜合型」(Compound Structural Model, CSM)、「整合型」(Integrated Structural Model, ISM) 結構模式。

綜合型、整合型結構模式生成原則與步驟:

1. 配置擴張法

1.1 將任意 n 個 Matrix 或 Table 重新組成或配置成 Matrix M , 生成 Matrix M 的行與列等於是各 Matrix 或 Table 的總行與列之和。Matrix M 節點總數多寡, 決定於 Matrix M 生成目的。

1.2 運用詮釋結構模式二元矩陣計算, 可得 Matrix M 的 ISM 結構圖。

2.行列淨化與優化

2.1 Matrix M ，增減之連結線與節點構造原則，分別是 $s_i R s_j = 1$ 與 $\overline{s_i R s_j} = 0$ ，對角線上值為 0。

2.2 MSM，整合之 Matrix M 如詮釋結構模式-ISM、模糊結構模式-FSM、灰關聯結構模式-GSM 與粗糙集結構模式-RSM 等。

3.數學模式

3.1 定義

$M = \text{ISM}(S, T, f)$ ，其中， $S = S_{m1} \cup S_{m2} \cup S_{m3} \cup S_{m4} \cup S_{m5} \cup S_{mh}$ ，

$S_\alpha \cap S_\beta = \phi$ ， $S_\alpha \neq \phi$ ； $T = \bigcup_{r \in S} T_r$ ， $f: S \times S \rightarrow T$ 。

$S \times S = \{(s_i, s_j) | s_i, s_j \in S\}$ ， $f(s_i, s_j) = s_{ij} \in T_r$ 。

3.2 Matrix M 鄰接矩陣

$s_i R s_j = 1$ 與 $\overline{s_i R s_j} = 0$

3.3 可達矩陣

若 $B = A + I$ ， $B \neq B^2 \neq \dots \neq B^{n-1} = B^n$ ，則 $T = B^n$ ， T 是 Matrix M 可達矩陣。

4.MSM 應用

多重詮釋結構模式之群集多寡與規模大小端視構造目的，關聯生成與多叢集結構組織構造原則，直接源自於各要素間相關屬性，間接是目的取向之叢集關聯構造（何慧群、廖素蓮、宮高德、洪裕堂、姜秀傑、許天維、永井正武，2013；何慧群、許天維、永井正武，2013；何慧群、姜秀傑、廖素蓮、宮高德、永井正武，2013；Ho, 2013）。

五、解題

承上，運用 5W1H ISM 構造合作解題相關要素及其結構（見表 4、圖 3），解題歷程：（1）起：聽、讀與理解題旨；（2）承：溝通、解釋、討論、回饋、類推；（3）轉：修正、發現、創意創造；（4）合：答對或答錯、結論與表達。

表 4 合作解題要素

5W1H	方案	要素	
what	主題 對象	Collaborative Problem Solving, CPS	
		15歲	
who	小組	5-6人	
		SWOT-異質	
		責任分派	
where	場域	封閉	真實情境
		開放	虛擬實境
when	時間	當下	絕對時間
		協定	相對時間
why	何以	鷹架理論-取長補短	
		腦力激盪-創意創造	
		團體動力論-參與承諾	
		多元智能-SWOT	
		方案-Project	
		任務-Assignment	
		工作-Task	
		歷程-Procedure	
		總結-Summary	
how	歷程	listen, read & comprehend	
		communicate: misunderstanding-explain-feedback-interpret-reflection	
		comment-debate-repair-critical thinking, dialectic-monitor	
		negotiation-consensus-discover	
		represent: result-perspective	
		failure-disagreement	
	工具	人格特質、學科知識素養、同儕互動與應變、小組背景知識	

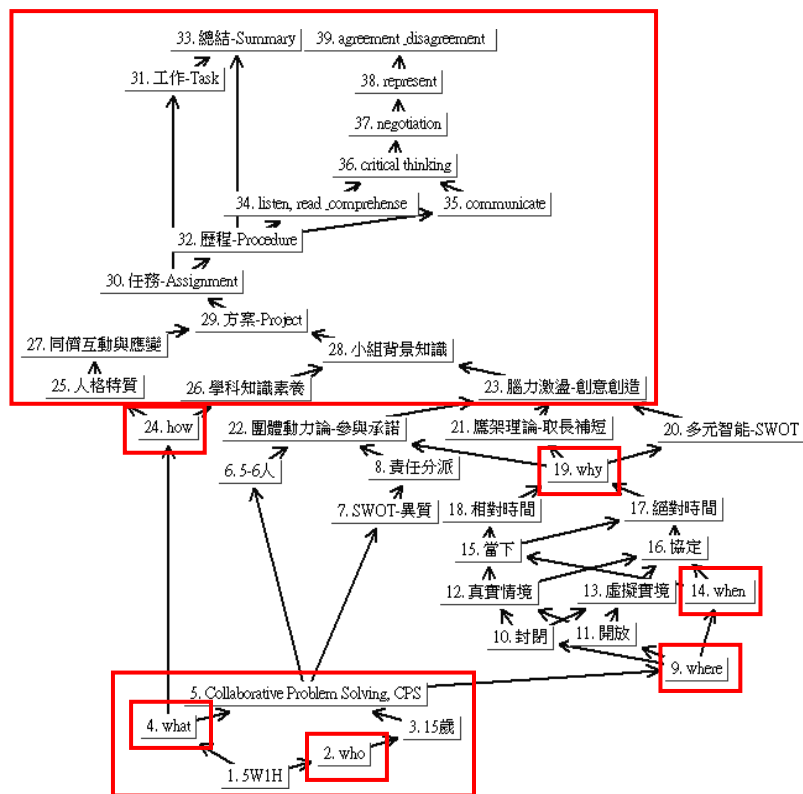


圖 3 合作解題要素 5W1H ISM

肆、討論與分析

回顧中外教育發展及其沿革，教育旨在發展受教者性向、潛能與美德德行，評量旨在瞭解受教者學習結果，評量形式具封閉性。伴隨知識增生快速、體現受教者高階認知素養，評量方式由「關書」、「定時」、「定量」考試，新增「開書」、「開卷」考試。

今日，評量目的與評量形式、時間多樣態組合，其中，在跨科際標準化共識或協定基礎上，以個人或小組為單位，結合電腦介面代理設計之線上施測，漸次成為個人證照、大型教育會考的方式。

一、合作解題

PISA 2015 評量方式有別於 2012 年評量，OECD (2010) 認為，PISA 2012 之問題解決方式主個人，解決問題之方法不是立即可尋，相反的，PISA 2015 之合作解題則主小組團隊，採腦力激盪與眾力成城方式解題。

PISA 2015，全電腦化測驗，考試範圍以科學素養為主，閱讀與數學素養為輔，合作解題能力，其中，科學素養包括科學地解釋現象、評鑑與設計科學探究、科學地闡釋資料與證據 (OECD, 2013)。依據 PISA 2015 草案，評量要素分類如下 (見表 5-1)，繼而運用多叢集詮釋結構模式表徵之 (見表 5-2、圖 4)，以利資訊讀取與概念階層結構化。

表 5-1 PISA 2015 評量要素

方案	組織	學生背景			核心技能			工作特徵
工作類型	角色扮演幅度	先備知識	氣質與態度	合作技能	探究與理解	開放性		
設備	態度幅度	數學素養	經驗與知識	定錨-問題聚焦	表達與組織	資訊適用性		
內容	小組人數	讀寫素養	動機	解釋	計畫與執行	解題互動性		
		科學與環境素養	認知能力	協調	監控與檢視	目標層級結構		
		學習習性-日常學習		盡責		語意豐富性		
				見解		可參考性		
				聽眾設計-同儕語彙		問題擴散與收斂		
				論述				
				雙向規範				

表 5-2 PISA 2015 評量要素關係矩陣

C\C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1.方案	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
2.工作類型	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3.設備	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.內容	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5.組織	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6.角色幅度	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7.態度幅度	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8.小組人數	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9.學生背景	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10.先備知識	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11.數學素養	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12.讀寫素養	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13.科學與環境素養	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14.學習習性-日常學習	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15.氣質與態度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16.經驗與知識	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17.動機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18.認知能力	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19.核心技能	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20.合作技能	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21.定錨-問題聚焦	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22.解釋	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23.協調	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24.盡責	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
25.見解	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
26.聽眾設計-同儕語彙	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27.論述	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28.雙向規範	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
29.探究與理解	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
30.表達與組織	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
31.計畫與執行	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
32.監控與檢視	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
33.工作特徵	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	
34.開放性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
35.資訊適用性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
36.解題互動性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
37.目標層級結構	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
38.語意豐富性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
39.可參考性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
40.問題擴散與收斂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

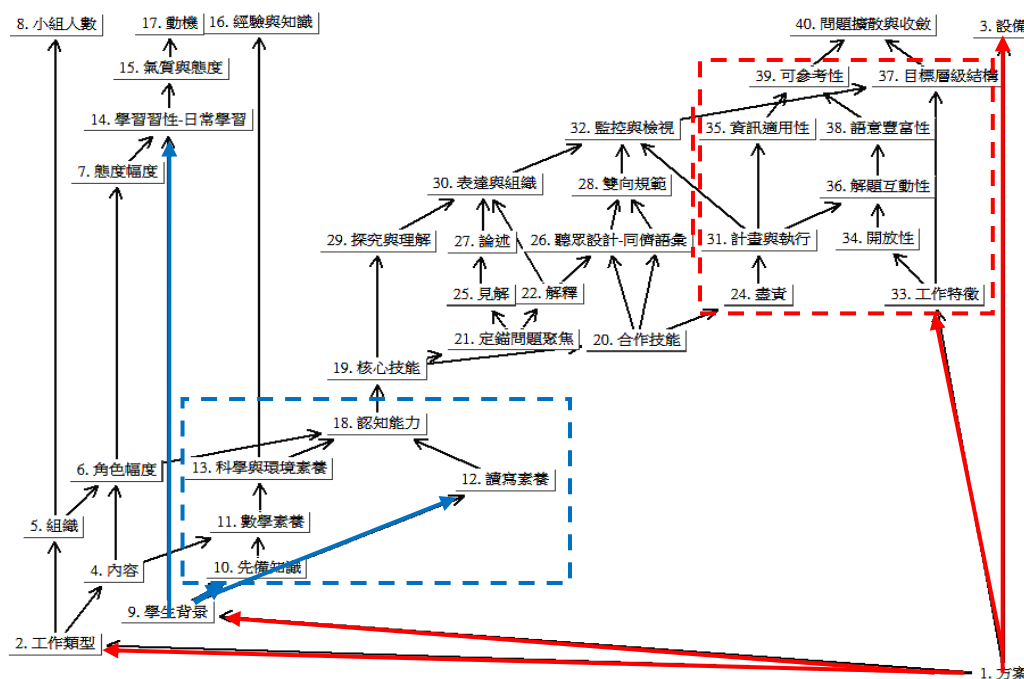


圖 4 PISA 2015 評量 MSM

評量是意識性與目的性的活動，意識性意指專業，目的性則是針對一定對象與從中檢具特定資訊，作為策略性系統發展參考依據，圖 4 顯示如下：

學生背景涵蓋先備知識、讀寫素養與認知能力

$C9 \rightarrow C14 \rightarrow C15 \rightarrow C17$

$C9 \rightarrow C10 \rightarrow C11 \rightarrow C13 \rightarrow C16$

$C9 \rightarrow C12 \rightarrow C18$

$C9 \rightarrow C10 \rightarrow C11 \rightarrow C13 \rightarrow C18$

認知能力為基礎的核心技能與合作技能

$C18, C9 \rightarrow C29 \rightarrow C30 \rightarrow C32 \rightarrow C37 \rightarrow C40$

$C18, C9 \rightarrow C21 \rightarrow C25 \rightarrow C27 \rightarrow C30 \rightarrow C32 \rightarrow C37 \rightarrow C40$

$C18, C9 \rightarrow C21 \rightarrow C22 \rightarrow C30 \rightarrow C32 \rightarrow C37 \rightarrow C40$

$C18, C9 \rightarrow C21 \rightarrow C22 \rightarrow C26 \rightarrow C28 \rightarrow C32 \rightarrow C37 \rightarrow C40$

$C18, C9 \rightarrow C20 \rightarrow C26 \rightarrow C28 \rightarrow C32 \rightarrow C37 \rightarrow C40$

$C18, C9 \rightarrow C20 \rightarrow C23 \rightarrow C28 \rightarrow C32 \rightarrow C37 \rightarrow C40$

$C18, C9 \rightarrow C20 \rightarrow C24 \rightarrow C31 \rightarrow C32 \rightarrow C37 \rightarrow C40$

$C18, C9 \rightarrow C20 \rightarrow C24 \rightarrow C31 \rightarrow C35 \rightarrow C39 \rightarrow C40$

$C18, C9 \rightarrow C20 \rightarrow C24 \rightarrow C31 \rightarrow C36 \rightarrow C38 \rightarrow C39 \rightarrow C40$

情意取向之合作技能

$C20 \rightarrow C23 \rightarrow C28 \rightarrow C32 \rightarrow C37 \rightarrow C40$

$C20 \rightarrow C24 \rightarrow C31 \rightarrow C32 \rightarrow C37 \rightarrow C40$

$C20 \rightarrow C24 \rightarrow C31 \rightarrow C35 \rightarrow C39 \rightarrow C40$

$C20 \rightarrow C24 \rightarrow C31 \rightarrow C36 \rightarrow C38 \rightarrow C39 \rightarrow C40$

二、解題歷程

解題歷程可以了解個別與團體思考邏輯與思考結構，從中掌握理解、錯解與所謂不完全理解的狀況（何慧群、范德孝、施碧珍、許天維、永井正武，2014）。

（一）結構性

運用多叢集詮釋結構模式構造與表徵合作解題與 Bloom et al (1956) 教育目標分類之認知技能關係矩陣 (見表 6、圖 5)，以利資訊讀取。

表 6 合作解題與認知技能關係矩陣

C/C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1.方案	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.範圍	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.組織	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.認知技能	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.單科	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.跨科	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.知識	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.活動	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.任務	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
10.工作	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
11.歷程	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.總結	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13.理解	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14.分析	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
15.綜合	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
16.評鑑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
17.創作	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.溝通	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
19.論證	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
20.回饋	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
21.分工	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
22.協調	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.表達	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

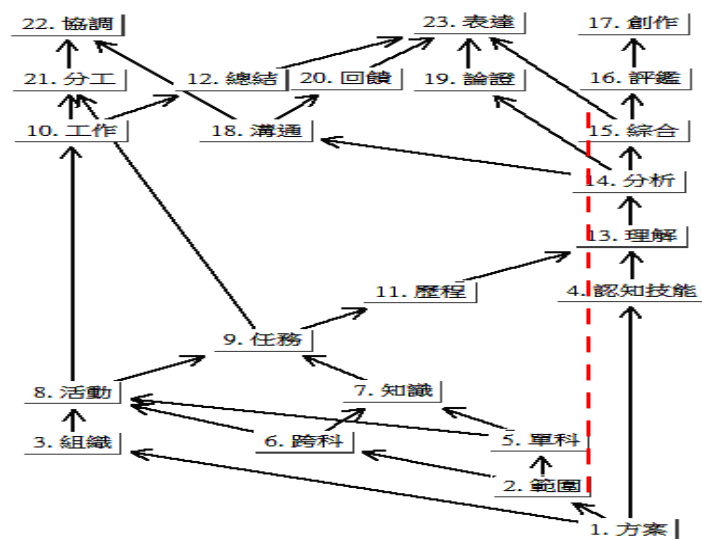


圖 5 合作解題與認知技能 MSM

圖 5 顯示，以紅色虛線將圖分為左右二部分，左邊為合作解題要素之關聯結構，右邊為 Bloom 認知技能要素關聯結構。

(二) 問題認知 (Problem Recognition)

運用多叢集詮釋結構模式構造與表徵合作解題歷程之關係矩陣 (見表 7、圖 6)，以利資訊讀取。

表 7 合作解題歷程關係矩陣

C/C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
1.Collaborative Problem Solving	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.基本功	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3.習得能力	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.學科知識素養	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5.多元智能	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6.SWOT-異質	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7.責任分派	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8.方案-Project	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9.任務-Assignment	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10.工作-Task	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11.歷程-Procedure	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12.總結-Summary	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13.真實情境	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14.虛擬實境	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15.絕對時間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16.相對時間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17.鷹架理論-取長補短	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
18.腦力激盪-創意創造	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0		
19.團體動力論-參與承諾	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20.準備狀態	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21.知覺	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22.聚焦	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23.理解	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24.不理解	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	
25.接受	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26.反應	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
27.討論	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	
28.修正	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
29.分析	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
30.綜合	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
31.性格化	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
32.妥協、共識	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33.發現、應用	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
34.評鑑、創作	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35.失敗、歧見	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

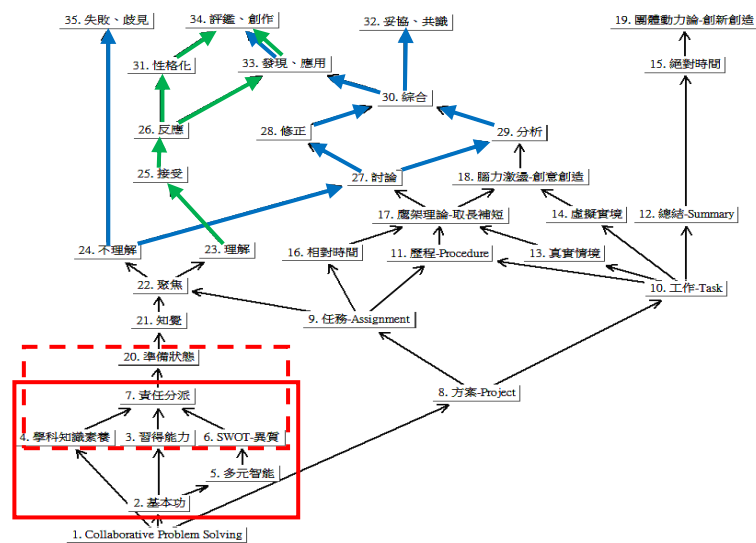


圖 6 合作解題歷程 MSM

1970 年代，合作學習受到重視（黃政傑、林佩璇，1996），一則施行新的教學方式，二則落實民主素養發展的教育，三則學習者參與性增加，不可諱言的，合作學習至今仍不是主流的教學範式。今日，客觀環境變化大與教育科技日新月異，教學、學習與評量方式交互作用呈多樣式。數理、國英學科的評量，通用模式是紙筆測驗與個人答題，合作解題評量不是慣常的評量方式，線上合作解題評量更是新穎與特殊。

線上合作解題評量關係結構狀況，圖 5 顯示如下：

前置作業-小組分組

C1→C4→C7、C1→C2→C3→C7、C1→C2→C5→C6→C7

理解與不理解-答對與答錯

C4, C3, C6→C20→C21→C22→C24→C25

C4, C3, C6→C20→C21→C22→C24→C27→C28→C30→C33→C34

C4, C3, C6→C20→C21→C22→C24→C27→C28→C30→C32

C4, C3, C6→C20→C21→C22→C24→C27→C29→C30→C33→C34

C4, C3, C6→C20→C21→C22→C24→C27→C29→C30→C32

時間使用

合作解題歷程由方案提示到總結，歷經任務聚焦、工作認知、伴隨鷹架理論、腦力激盪、團體動力論，到產出結果，可用時間因解題情境不同而有別，以最終結果而言，可用時間有限、具絕對性；相對而言，討論、分析、澄清互動過程的時間具變化與連鎖反應。情境評量，時間管理異常重要，依據表 8-1，合作情意領域各行為之評量權重不一，是以，評量前告知相關規範有其必要。

(三) 社會性參與 (Social Engagement)

面對資訊激增、訊息多元的工作場域，單打獨鬥業已不堪負荷，合作、溝通協調、接納異議、就事論事、理性批判，共同成長與發展成為世紀人際互動新訴求。依據圖三，合作解題之解題屬認知技能，類硬實力；合作解題之合作創造認同、同理氛圍，類軟實力（吳家恆、方祖芳譯，2006），二者相得益彰、和諧成趣，但不宜混為一談。

社會性參與所以成就（見表 8-1），合意識與情境因是關鍵，前者和而不同、異同並容，後者包括人、事、境及其氛圍。

表 8-1 社會性參與要素關係矩陣

C/C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1.Collaborative Problem Solving	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
2.多元智能-基本功	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3.SWOT-異質	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.小組編組	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5.角色互賴	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6.工作互賴	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7.目標互賴	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8.環境互賴	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9.封閉空間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10.開放空間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11.真實情境	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12.虛擬實境	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13.當下	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14.協定	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15.方案-Project	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
16.任務-Assignment	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
17.工作-Task	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
18.歷程-Procedure	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
19.總結-Summary	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
20.專注	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
21.互信	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	
22.承諾	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	
23.鼓勵、支持	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	
24.同理	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
25.自律	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
26.折衷	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
27.分享	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
28.鷹架理論-取長補短	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
29.腦力激盪-創意創造	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
30.團體動力論-參與承諾	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
31.和價值	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

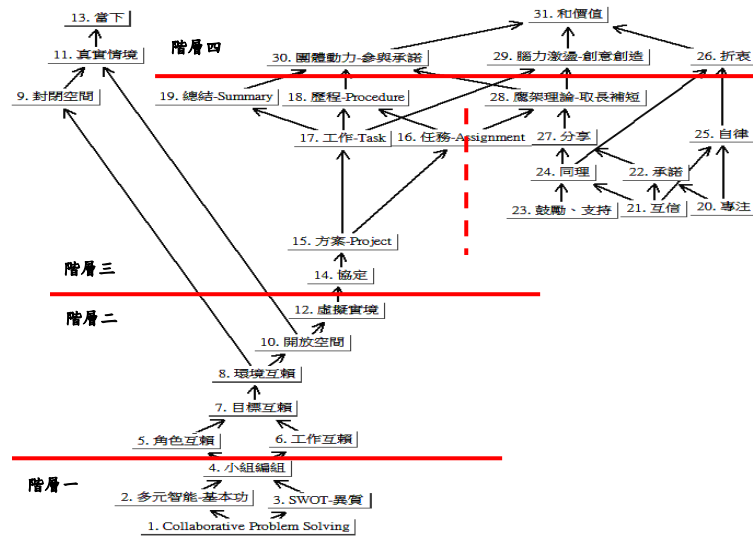


圖 7 社會性參與 MSM

圖 7 顯示：(1) 社會性參與結構可分為四階層，由成員組織、目標認知、工作執行到結果產出；(2) 人、事、境與氛圍影響小組運作與結果產出，氛圍概念涵蓋態度、信念 (Beliefs) 與情感 (Feelings)；(3) 和價值是團體運作之意義性與意識性指標；(4) 合旨趣實踐建立於各己自律與妥協，團體互信與支援，分享是具體行為表現。

依據 Maslow 需求層次論 (1968)，和價值構造與發展：(1) 價值辨識、組織與內化；(2) 是非判斷、選擇與表態；(3) 價值體系或人格特質發展，屬高層次之自我實現、高峰經驗，甚或超越經驗之需求滿足 (Maslow, 1964)。就 PISA 2015 (見表 8-2) 解題過程之評鑑向度：(1) 建立與維繫共識、(2) 提出適當行動解決問題、(3) 建立與維繫團隊組織 (見表 8-3、圖 7)，其中，認知部分對應 Bloom 認知領域教育目標分類或 Anderson et al (2001) 之認知技能結構，情意部分對應 Krathwohl, et al. (1964) 之情意領育教育目標或 Newman, & Friedman (2008) 認知取向之行為特質，屬高層次之心智技能表現。

綜合上述，PISA 2015 合作解題評量分為二部分，認知部分：(1) 受試者基本功，包括數理科學素養、閱讀素養、習得能力與日常生活經驗；(2) 解決問題之思考習性，由問題聚焦-定錨，探究、分析、組織、策略、執行到檢視；(3) 與他者-解決問題形成共識、溝通、表達、討論、修正；情意部分：(1) 己-解決問題的動機、態度、目標；(2) 問題處理歷程可用資源、人力支援組織與分配等；(3) 與他者-同理、分享、協助、承諾、參與。

最後，基於教育測驗評量的目的是瞭解學習結果與診斷學習差異，主認知技能學習與發展，具立即性效應與可見之成敗結果；相反的，情意領域發展則由生理進入心理、精神層次，表徵各己修練 (Disciplined) 與修養，具內省性/後設認知、價值性與意願性。

表 8-2 PISA 2015 評鑑向度

PISA 2015矩陣	Establishing and maintaining shared understanding 建立與維繫共識	Taking appropriate action to solve the problem 採取適當行動解決問題	Establishing and maintaining team organization 建立與維繫團隊組織	Total
Exploring and Understanding 探索與理解			~40%	
Representing and Formulating 表達與陳述				
Planning and Executing 計畫與執行			~30%	
Monitoring and Reflecting 監控與反思			~30%	
Total	40%-50%	20-30%	30-35%	100%

表 8-3 合作解題、認知、情意指標關係矩陣

C\C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1.基本功	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.習得能力	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.學科知識背景	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.建立與維繫共識	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
5.提出適當行動解決問題	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
6.建立與維繫團隊組織	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
7.題旨與知識	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8.自然領域	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.社會領域	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.人文領域	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
11.藝術領域	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
12.科技領域	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
13.記憶	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.瞭解	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
15.應用	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
16.分析	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
17.評鑑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
18.創造	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.接受或注意	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
20.興趣向度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
21.反應	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
22.專注向度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
23.評價	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
24.價值體系發展	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.品格形成	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

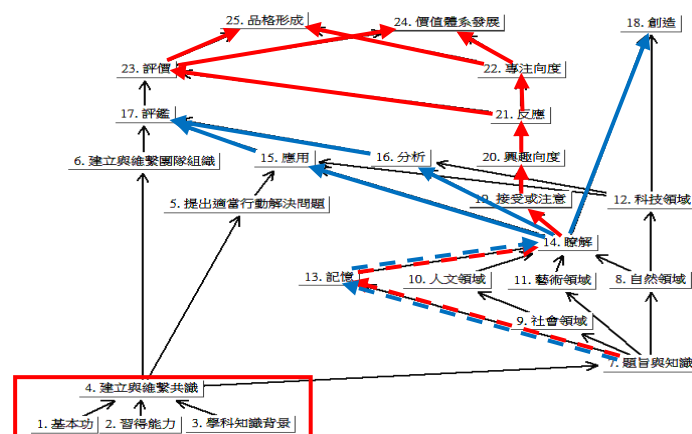


圖 8 合作解題、認知、情意指標 MSM

除此之外，圖 8 顯示：(1) 合作解題前提是受試者習得能力、基本功與學科知識素養；(2) 解題始自於題旨理解與相關知識具備與否；(3) 藍色標記者是紅色標記者之基礎，藍色是認知目標層級發展路徑，紅色是情意目標層級發展路徑；(4) 正確解題固然重要，解題倫理自亦不可忽視；(5) 評鑑依據是否正確解答（見圖 1）；(6) 價值體系發展與品格形成是情意高層次心智表現。

（四）電腦介面代理人

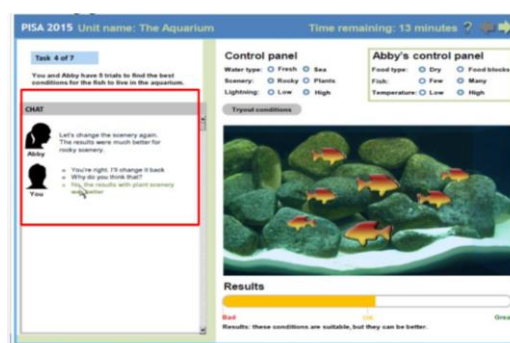
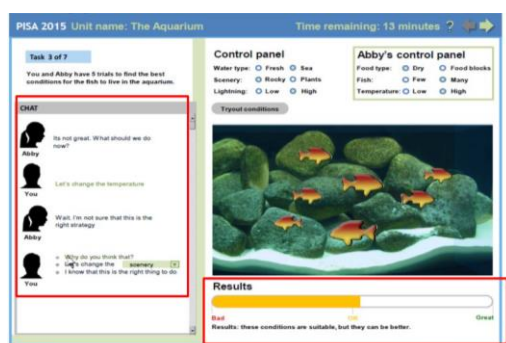
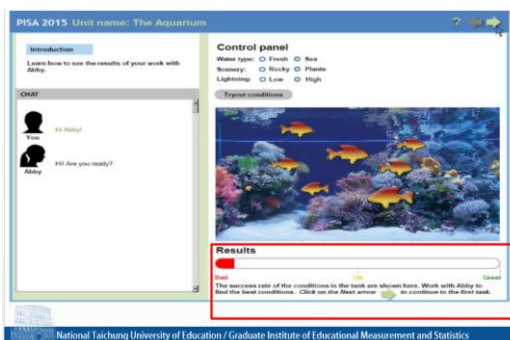
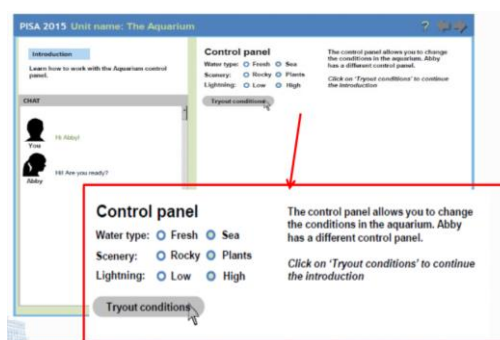
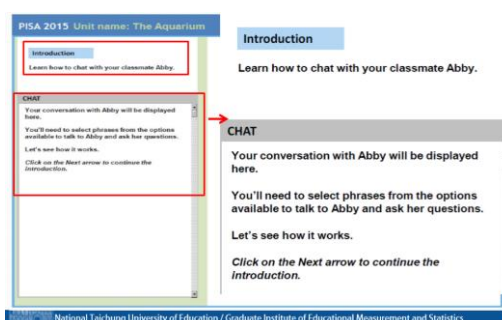
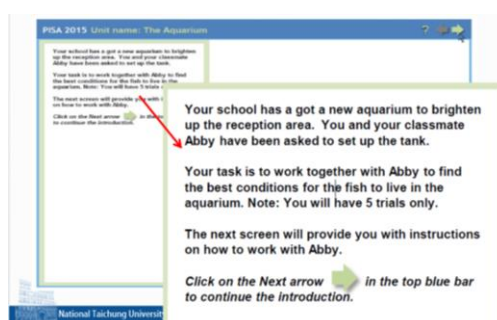
H.A. Simon、A. Newell 與 J.C. Shaw 以計算機模擬人的智能（Machine with Minds），研發完成邏輯理論家（Logic Theorist, LT）與一般性問題解決器（General Problem Solver, GPS），此技術於 1956 年正式被稱為人工智慧（Artificial Intelligence, AI）（蔡東鐘，1996）。當目的性與策略性思維邏輯持續性轉換為人工智慧技術之際，結合計算機運算與特殊化程序，AI 產品不斷推陳出新，功能亦日益豐富。資訊及其相關科技在可見未來之發展願景，AI 功能表現，由模擬、仿真到逼近真實：一則仿人能思會行（Kurzweil, 1990），二則代人執事、分勞赴功（Bellman, 1978），三則仿真式開啟與豐富人類心智官能世界（Mental Faculties）嶄新的一頁（Charniak, & McDermott, 1985）。

隨著資訊與溝通科技日新月異，高效能的資訊發展與通訊網路、人工智慧技術普遍應用於學習、工作與娛樂上。PISA 2015 規劃利用即時通軟體的功能，提供受試者與不同受試者在線上聊天室（Online Chat Rooms）（見圖 9），經由合作、溝通與討論進行評量，評量規準分為認知、情意與技能領域，最終目標是透過小組合作得以解決問題或構造解決問題的較適策略。

依據 PISA 2015 Draft (OECD, 2013)，試題設計見表 8-4，評量指標見表 8-2，評量施行是受試者用事先定義好的句子與 Agent 進行溝通，句子以選單方式呈現讓受試者選擇，每一單元以情境中可能出現的對話與行動逐步推展。解題歷程，Agent 負有確保評量指標內的技巧完整地測量。

表 8-4 PISA 2015 範例（取材自：PISA 2015 Draft）

- 水族箱
 - 背景：校內 | 校外
 - 內容：建立共識, 雙贏協商, 合作任務
 - CPS任務類型: 做決定 | 協商 | 作品
 - 團隊人數: 兩位, 受試者扮演與agent共同合作解決問題的角色
 - 單元目標時間：5分 | 10分 | 15分 | 20分
- 班級標誌
 - 背景：校內 | 校外
 - 內容：建立共識, 雙贏協商, 合作任務
 - CPS任務類型: 做決定 | 協商 | 作品
 - 團隊人數: 三位, 受試者扮演組長的角色，需整合agent的意見
 - 單元目標時間：5分 | 10分 | 15分 | 20分



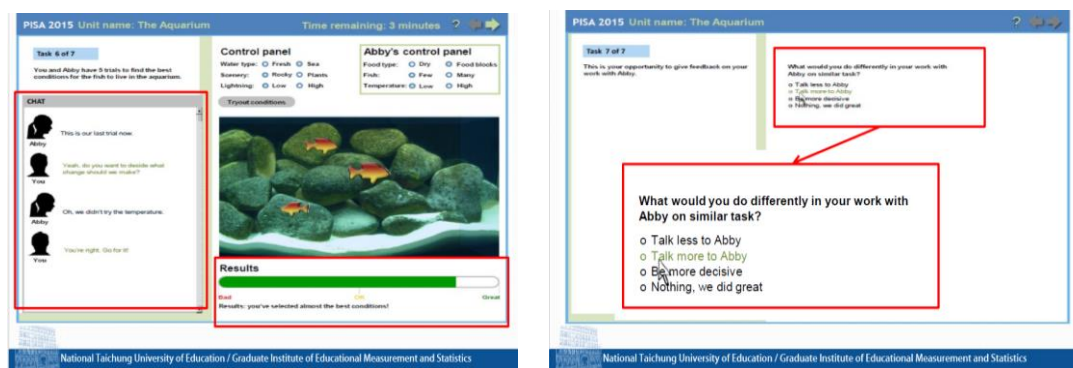


圖 9 介面操作示範（取材自：PISA 2015 Draft）

依據上述範例，評量方式新穎性有目共睹，評量後省思令人印象深刻，值得關注的是，理想的合作解題或解題策略，究應以合作情意為重，抑或合作與解題、情意與認知二者並重，或解題為主、合作為輔，此不免見仁見智。「人無遠慮，必有近憂」，台灣教育當務之急是建立各年段、各學科之能力標準，藉以進行自我檢視。再者，有謂：「烏雲遮不住太陽，真金不怕火煉」，未來是實力取勝的時代、團隊運作取代單打獨鬥的時代，職此之故，理想的教育發展是：(1) 正視人格特質、多元識能與願景；(2) 導正學習為考試、考試為學習的迷失；(3) 規劃符應生存與追求幸福人生的教育。

伍、結論

面向創意知識經濟紀元與全球化科技競爭態勢，此發展業已成為教育改革關注的焦點，對教育的影響：(1) 因應知識折舊與創新，單打獨鬥不足應變頻繁變革，團隊合作是必要策略；(2) 發展合作與溝通素養是新增教育要素；(3) 「合則兩利，分則無益」，認知理性與情意感性識能發展，二者相互依存相得益彰。隨著數位化資訊與科技文明不斷推進，智慧型系統如數位學習（E-Learning）、數位評量（Digital Assessment）成為標準化教育專業無可抗拒的事實，其中，由個別、同步與非同步方式到小組互動、情境取向問題解決評量形式受到正視。

「他山之石可以攻錯」，PISA 是跨國性教育評量活動，定期提供各會員國有關 15 歲受試者之學習成就，據以推估未來人力資源發展狀況。PISA 2015 施行線上合作解題評量，透過即時通軟體與電腦介面代理人設計，在虛擬實境進行多元、多人與雙向溝通式的評量，評量與檢視部分涵蓋認知、情意與技能領域，認知評鑑結果繫於受試者之基本功、習得能力、日常生活經驗與學習習性等，情意評鑑反映人格特質、公民素養，技能部分表現於資訊素養與數位識讀。

不論是情境式合作解題評量，抑或是電腦線上合作解題評量，可見急中生智性的發想、水到渠成式發展、眾志成城下的豐碩成果、當下激發的創意等爭奇鬥豔現象；不容諱言，考試焦慮、如臨大敵、嚴陣以待、無言以對、舉棋不定等現象亦是可見的，如今借重跨國際性評量，可見影響：(1) 助益教與學變革，並驚驗與感動創意與創見之生成；(2) 提供新的教學省思視域，正視合作概念具意識性與可教育性；(3) 任務實踐繫於信賴與承諾，體現「教育即生活，生活即教育」合一性。

「知其然，亦知其所以然。」國內面對 PISA 2015 施測，除以做範例的方式

來認識線上合作解題評量之際，應正視不論是個別式紙筆測驗，抑或是合作解題評量，認知技能是評量之核心與必備要素。其次，運用習得能力或學科知識解決日常生活問題不再是畢業後的事情，學校評量檢測人格特質、習得能力、應變策略成為趨勢。

最後，運用工學模式分析與表徵合作解題評量，冀以：(1) 透過工學模式特性，涵蓋數理原理基礎與可操作之電腦程式，助益教育實務科學性操作；(2) 運用 5W1H、ISM 與 MSM 表徵要素關聯結構，構造與提供溝通與後設論述的依據；(3) 結構分析有向階層化與視覺化，藉以體現教育學科學化特性。

參考文獻

中文部分

- 王平原（譯）（1996）。**10 倍速時代**（原作者：Andrew S. Grove）。台北：大塊文化。
- 永井正武、蔡清斌、陳姿良（2013）。Matrix Based Interpretative Structural Modeling-從 ISM, FSM, GSM 的介紹以及 RSM 的提案。國立臺中教育大學 數學教育學系、中央研究院數學研究所、教育部國民小學師資培用聯盟計畫數學學習領域中心、台灣數學教育學會辦理「**2013 第五屆科技與數學教育國際學術研討會暨數學教學工作坊**」，509-518。
- 甘 陽（譯）（1990）。**人論-人類文化哲學導引**（原作者：Ernst Cassirer）。台北：桂冠。
- 何慧群、姜秀傑、廖素蓮、宮高德、永井正武（2013）。運用 FCA 與 MSM 分析教育哲學測驗評量-以哲學部分單元為例-。中華民國灰色系統學會、臺灣感性資訊學會辦理「**2013 第十八屆灰色系統理論與應用暨第五屆感性工學聯合研討會**」，C29，2013.11.30.-12.02。
- 何慧群、范德孝、施碧珍、許天維、永井正武（2014）。運用 GSP Chart、Rasch Model GSP 曲線與 GSM 分析與表徵數學測驗-以一國小六年級數學科評量為例-。**測驗統計年刊**，22（1），25-65。
- 何慧群、許天維、永井正武（2013）。運用形式概念分析、粗糙集與多叢集詮釋結構模式構造知識論本體與認知類型核-以教育哲學評量為例。中國測驗學會、國立臺中教育大學教育測驗統計研究所、國科會科教處資訊教育學門測驗與評量 SIG 辦理「**2013 年會暨心理與教育測驗學術研討會**」。
- 何慧群、廖素蓮、宮高德、洪裕堂、姜秀傑、許天維、永井正武（2013）。運用多叢集詮釋結構模式分析與表徵測驗結果結構研究-以教育哲學測驗為例-。國立臺中教育大學 數學教育學系、中央研究院數學研究所、教育部國民小學師資培用聯盟計畫數學學習領域中心、台灣數學教育學會辦理「**2013 第五屆科技與數學教育國際學術研討會暨數學教學工作坊**」，538-555。
- 吳 達（譯）（2000）。**人只是一枝會思考的蘆葦**（原作者：Blaise Pascal）。台北：人本自然。

- 吳家恆、方祖芳（譯）（2006）。**柔性權力**（原作者：Joseph S. Nye）。台北：遠流。
- 谷瑞勉（譯）（1999）。**鷹架兒童的學習：維高斯基與幼兒教育**（原作者：Laura E. Berk, & Adam Winsler）。台北：心理。
- 陳正芬（譯）（2007）。**決勝未來的五種能力**（原作者：Howard Gardner）。台北：聯經。
- 黃政傑、林佩璇（1996）。**合作學習**。台北：五南。
- 臺灣 2015 PISA 國家研究中心（2014）。PISA 國際學生能力評量計畫。20140918
取自 <http://pisa.nutn.edu.tw/index.html>
- 蔡東鐘（1996）。從人工智慧的演進與應用談其未來的影響與衝擊。**資訊與教育**，56，23-30。

英文部分

- Chen, Z.-F.(trans.)(2007). *Five Minds for the Future*(Author: Howard Gardner). Taipei: Linking Publishing.
- Gan, Yang(trans.)(1990). *An essay on man : an introduction to a philosophy of human culture*(Author: Ernst Cassirer). Taipei: Lauréat Publications.
- Ho, H.-C., Chiang, H.-J., Liao, S.-L., Kung, K.-D., & Nagai, M.(2013). A Study of Assessment on Educational Philosophy with FCA and MSM –a Case Study on Selected Units of Philosophy. 2013 International Conference on *Grey System Theory and Kansei Engineering Conference*(GSAKE 2013), C29.
- Ho, H.-C., Liao, S.-L., Kung, K.-D., Hong, Y.-T., Chiang, H.-J., Sheu, T.-W., & Nagai, M.(2013). Applying Matrix Based Structure Modeling to Analyze and Represent the Structure of Test Results – a Case Study on Philosophy of Education Course. The 5th International Conference on *Technology and Mathematics Education and Workshop of Mathematics Teaching*, 538-555.
- Ho, H.-C., Pham, D.H., Shih, P.-C., Sheu, T.-W., & Nagai, M.(2014). Based GSP Chart, Rasch Model GSP Curve and GSM to analyze Math Test - An example on 6th graders' math subject test. *Journal of Educational Measurement and Statistics*, 22(1), 25-65.
- Ho, H.-C., Sheu, T.-W., & Nagai, M.(2013). A Study of Constructing an Epistemological Entity and Cognition Patterns with FCA, Rough Sets and

- MSM – a Case Study on an Educational Philosophical Assessment. 2013 Annual meeting and Conference on *Educational and Psychological Testing*, 16-17.
- Huang, J.-J., & Lin, P.-H.(1996). *Cooperative learning*. Taipei: Wu Nan.
- Ku, J.-M.(trans.)(1999). *Scaffolding children's learning: Vygotsky and early childhood education*(Author: Laura E. Berk, & Adam Winsler). Taipei: Psychological Publishing.
- Nagai, M., Tsai, C.-P., & Chen, T.-L.(2013). Matrix Based Interpretative Structural Modeling. The 5th International Conference on *Technology and Mathematics Education and Workshop of Mathematics Teaching*, 509-518.
- PISA in Taiwan(2014). Programme for International Student Assessment in Taiwan.
- Tsai, D.-Z.(1996). AI Evolution and Application on future influence and shock. *Information and Education*, 56 , 23-30.
- Wang, P.-Y.(trans.)(1996). *Only the paranoid survive! the threat and promise of strategic inflection points*(Author: Andrew S. Grove). Taipei: Locus Publishing.
- Wu, D.(trans.)(2000). *Pensées*(Author: Blaise Pascal). Taipei: Living Nature Culture.
- Wu, J.-H., & Fang, Z.-F.(trans.)(2006). *Soft Power: the means to success in world politics*(Author: Joseph S. Nye). Taipei: Yuan-Liou Publishing.
- Anderson, L.W., Krathwohl, D.R., Airasian, P.W., Cruikshank, K.A., Mayer, R.E., Pintrich, P.R., Raths, J., & Wittrock, M.C.(2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Bellman, R.E.(1978). *An Introduction to Artificial Intelligence: Can Computers Think?* San Francisco, CA: Boyd & Fraser Pub. Co.
- Bloom, B.S., Engelahar, M.D., Frust, E.J., Hill, W.H., & Krathwohl, D.R.(1956). *Taxonomy of Educational Objective, Handbook I: Cognitive Domain*. New York: David McKay.
- Charniak, E., & McDermott, D.V.(1985). *Introduction to Artificial Intelligence*. Reading, MA: Addison-Wesley
- Feuerstein, R.(1979). *The dynamic assessment of related performers: The learning potential assessment device, theory, instrument, and techniques*. Baltimore, MD: University Park Press.
- formulation and implementation. *European Journal of Education*, 46(3), 289-301.
- Halász, G., & Michel, A.(2011). Key Competences in Europe: interpretation, policy

- Ho, H.C.(2013). A Study of Assessment on Educational Philosophy with FCA and MSM –a Case Study on Selected Units of Philosophy. *International Journal of Kansei Information*, 4(4), 211-224.
- Krathwohl, D.R., Bloom, B.S., & Masia, B.B. (1964). *Taxonomy of educational objectives: Handbook II: Affective Domain*. New York: David McKay.
- Kurzweil, R. (1990). *The Age of Intelligent Machines*. Cambridge: MIT Press.
- Lasswell, H. (1948). The Structure and Function of Communication in Society. In Bryson, L. (ed). *The Communication of Ideas* (P. 117). New York: Institute for Religious and Social Studies.
- Levin, I., & Druyan, S. (1993). When Sociocognitive Transaction among Peers Fails: The Case of Misconceptions in Science. *Child Development*, 64, 1571-1591.
- Makkreel, R. A., & Rodi, F. (Eds.)(1991). *Wilhelm Dilthey: Selected Works Volume I: Introduction to the Human Sciences*. N.J.: Princeton University Press.
- Maslow, A.H. (1964). *Toward a Psychology of Being* (2nd ed.). New York: Van Nostrand.
- Maslow, A.H. (1968). *Toward a Psychology of Being* (2nd ed.). New York: Van Nostrand.
- Maslow, A.H. (1987). *Motivation and Personality* (3rd ed.). New York: Harper and Row.
- Nagai, M. (1989). システム分析手法と設計技法.(株)工学研究社.
- Nagai, M. (1995). システム分析手法と設計技法(改訂版).(株)工学研究社.
- Nagai, M., & Tsai, Ch.-P. (2013). Matrix Based Interpretative Structural Modeling. *International Journal of Kansei Information* 4(3), 159-174.
- Neuman, K., & Friedman, B.(2008). *The art of effectively facilitating professional socialization in students through affective learning*. Philadelphia, PA.: Annual Program Meeting of the Council on Social Work Education.
- OECD(2013). PISA 2015 Draft Collaborative Problem Solving Framework. Retrieved Sep.23, 2014, from <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm>
- Polanyi, M.(1966). *The Tacit Dimension*. New York: Doubleday.
- Shoemaker, P., Tankard, Jr.,J., & Lasorsa, D.(2004). *How to Build Social Science Theories*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-3(2), 121-132.

- Transportation Systems Man Cybernet*, 4(5), 405-417.
- Tsai, C.-P., Chen, T.-L., & Nagai, M.(2013). Structural Analysis Based on 5W1H and ISM Method. *International Journal of Kansei Information*, 4(2), 55-66.
- Vygotsky, L.S. (1978). Interaction between learning and development (M. Lopez-Morillas, Trans.). In M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman(eds.), *Mind in society: The development of higher psychological processes*(pp. 79-91). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Warfield, J.N. (1973). On arranging elements of a hierarchy in graphic form. *IEEE*
- Warfield, J.N. (1974). Toward interpretation of complex structural modeling. *IEEE*
- Warfield, J.N. (1976). *Societal systems planning, policy and complexity*. New York: Wiley.
- Wertsch, J.V. & Rogoff, B. (1984). Editor's Notes. In B. Rogoff & J.V. Wertsch (eds.), *Children's Learning in the "Zone of Proximal Development": New Directions for Child Development*, 23, 1-6. San Francisco, CA: Jossey Bass Inc.
- Yackel, E., Cobb, P., & Wood, T. (1991). Small group interactions as a source of learning opportunities in second-grade mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 22, 390-408.