

運算思維課程關鍵與學習策略設計探究

王曉璿

國立臺中教育大學數位內容科技學系教授兼副校長

壹、前言

近三十年來，學術機構與相關研究不斷探索教育學習與個人能力培養之關係。1996-2003 年聯合國教科文組織以學習內在的寶藏（Learning: the Treasure Within）為主軸，提出 21 世紀教育的五大學習重點，分別是學習知識（learning to know）、學習做事（learning to do）、學習共同生活（learning to live together）、學習為人（learning to be）以及學習改變（learning to change）。1998-2002 年國際經濟合作發展組織（OECD）則提出三項學習的關鍵能力，分別是能使用工具與人互動、能在異質性的社群中互動以及能自主行動。2005 年歐盟也提出學習八大關鍵能力，統整為使用語言溝通、應用數學與數位工具、學習如何學習、強化人際與文化互動。個人的學習關鍵能力已由聽說讀寫，延伸到「批判性思考與問題解決（critical thinking and problem solving）、有效溝通（effective communication）、團隊共創（collaboration and building）及創造與創新（creativity and innovation）」的 4C 發展（Delors et al, 1996; 黃子璿，2010）。這些 4C 發展轉化到不同教育階段的培養，則形成表達能力、思辨能力、公民責任能力、多元化生活能力、全球化社會能力、和就業能力的具體培養內涵（林佩萱，2013），以適應 21 世紀未來生活所需的核心能力。OECD 特別指出 2030 年所需的核心能力，須具備跨學科知識、跨域整合、與反思的能力，這樣的能力涵蓋知識（knowledge）、技能（skills）、態度（attitude）、與後設學習（meta-learning）等四大面向，經由四大面向的多元豐富整合，則能達成有效的專業能力學習。亦即為適應未來生活，個人需具備跨領域知識，批判思考、溝通合作技能與專注力、好奇心的學習態度，並透過後設學習反思，以達個人有效的專業養成（遠見，2017）。

同樣為培養具有 21 世紀關鍵能力的國民，我國教育部也在 2012-2017 年推動「提升國民素養實施方案」，透過系統化的數據追蹤以了解學科知識轉化為問題解決能力的過程，以期提升五項國民素養，分別包括語文素養、數學素養、科學素養、數位素養以及美感素養（教育部提升國民素養專案辦公室）。並於

2014 年發展中小學數位學習模式，透過數位科技的輔助，提升學生在各學科的閱讀能

力，同時「以學習者為中心」學習方式，培養學生具備 5C 核心能力，即溝通協調（Communication）、團隊合作（Collaboration）、複雜問題解決（Complex problem solving）、獨立思辨（Critical thinking）及創造力（Creativity）等能力。隨著 108 課綱的全面實施，整體教育發展重視學生核心素養的能力，強調知識、技能與態度的整合學習，並藉由科技領域課程的推動，以培養學生具有運算思維的能力。目前全世界各國也都同樣注重運算思維與程式設計的學習，以期學生能具備適應 21 世紀生活的多元關鍵能力，因此本文主要探究運算思維課程的實施關鍵與其相關學習策略設計問題，以為未來教學參考，提升學生運算思維能力。

貳、運算思維學習問題探討

自 2006 年運算思維（computational thinking, CT）一詞（Wing, 2006）被提出至今經過十六年，運算思維儼然成為目前各國資訊科技課程的學習主軸，其意義由「運用電腦科學基本概念進行問題解決與系統設計的過程」到形成一種「運用資訊科技概念進行問題解決的思考模式」，其目的在於培養學生具有運用資訊科技進行問題分析、判斷、歸納與解決的能力，而此問題不僅包含抽象程式設計，更希望能結合日常生活問題，讓學生能在團隊合作與溝通互動情境下，不斷精進其學習能力，以適應未來生活。

我國 108 課綱中資訊科技課程的學習亦是以運算思維為主軸，期望能透過資訊科學相關知能的學習，培養學生邏輯思考與系統化思考能力。國小階段，強調學生能運用資訊科技工具處理生活與學習事務，培養基本運算思維；國中階段則以問題解決為主軸，強調學生利用資訊科技與運算思維進行問題解決之能力；高中階段則重視整合運用，藉由資訊科學的課程內涵探索，讓學生進一步理解運算思維相關原理，並透過整合資訊科技與運算思維，以培養有效解決問題的能力（教育部，2014）。

然而如何依據運算思維的意義與各教育階段的學習目標，進行不同運算思維的有效教學，一直是目前運算思維課程教學的重大挑戰事項。其中國際科技教育應用協會（International Society of Technology in Education, ISTE）提供四個

參考步驟，分別是能了解問題、能辨識問題、能拆解問題、以及能自動化處理問題，以為運算思維的學習參考。而 Google 教育中心則提出問題拆解 (Decomposition)、模式辨識 (Pattern Recognition)、抽象歸納 (Pattern Generalization and Abstraction)、與設計演算法 (Algorithm Design)，四個主要程序架構，以為進行運算思維課程參考，雖然相關運算思維程序有所增減，但目前此 Google 運算思維的四個學習發展步驟，在學校教學上最常被使用。而學習過程中所使用的資訊工具，則依不同教育階段由拖拉式的圖像工具到抽象式的語言設計工具，以協助進行運算思維的問題解決與提升整體的學習成效。

針對運算思維的學習成效評估，各種不同評估機制持續被探討及提出，主要包括評估運算思維概念、運算思維實踐和運算思維視野，這三部分的學習評估，也和所使用的不同電腦科技工具應用有關，如若使用拖拉式的 SCRATCH 電腦工具，則其評估的內容則以電腦科學的概念、實際上以電腦科學概念解決問題的實踐以及與他人溝通合作的過程三層面進行評估 (鄔珮珍, 2021)，以了解學生雲端運算思維的學習成效。是故針對不同運算思維面向的學習成效評估，有許多不同的教材設計與教學方法陸續被提出，這些教材分別有情境式、遊戲式、合作互動式、不插電式與偷電式程式設計，以及結合 STEAM 課程設計的運算思維學習模式，讓 108 課綱資訊科技運算思維課程的推動，非常多元與蓬勃發展 (李威霖, 2016; 李俊輝, 2018; 陳彥寬, 2019; 豐佳燕, 2019; 陳佩萱、黃思華, 2019)，且在實證研究上，發現不同合作學習模式對學生的運算思維能力中創造力、演算思考、批判思考、問題解決與合作能力，有不同的影響；情境式運算思維教材中的小遊戲及實作活動，對學生學習運算思維的分解問題策略具有學習效益；運用機器人程式邏輯與桌遊教學之運算思維課程對國小四年級學生運算思維能力的提升有正向幫助；美感素養有助於學生整體運算思維的發展；以及運用桌遊教學，學生在程式設計中的迴圈與條件判斷概念課程，對於運算思維具有學習成效。

相對的在實際的運算思維公開觀課與相關研究 (Angeli & Giannakos, 2020) 也發現在運算思維課程進行中，由於教師對於運算思維的引導步驟過程不甚了解，因而造成師生學習互動過程，發生非預期的課程學習延誤；同時有些課程，則依循既定的課程設計案例，學生完全以規劃好的學習模式進行，而未能展現

運算思維學習的多元效能；另外有些課程則是在課堂中提供學生要解決的問題過於直觀簡易，學生迅速就能完成問題解決，無法完整體驗運算思維的學習過程；相對的有些課程所提出的問題太過複雜，學生的舊知識不足，以致無法逐步有效進行各階段運算思維步驟學習，造成課程學習時間不足，學習成效不佳。由此發現進行運算思維課程設計，需注意課程領域學科內容與運算思維程序引導的雙重內涵關聯設計，課程領域學科內容設計的難易適當性調整較易進行，而運算思維程序階段引導，則須再強化，因此如何讓教師於運算思維課程設計時，能確實清楚四個運算思維進行步驟，是目前科技領域運算思維課程需特別著重之處。此四個教學過程，分別敘述如下：

- 1.問題拆解（**Decomposition**）：將問題拆解成若干小問題，然後逐步探索。
- 2.模式辨識（**Pattern Recognition**）：針對上述許多小問題，不斷反覆進行相關探討與測試，以發現問題的主要規律。
- 3.抽象歸納（**Pattern Generalization and Abstraction**）：針對所發現的問題規律，進一步進行問題解決方案的原則或因素探索。
- 4.設計演算法（**Algorithm Design**）：依據所規劃的問題解決方案，進行電腦程序的設計，以期能夠解決目前的問題，進一步也能將學習遷移應用至類似問題上。

運算思維是思考程序，可協助學生針對問題解決，進行可參考的問題解決步驟，強調學生可以從所學習的電腦科學概念或技能，不斷反覆探索，以強化其問題分析、問題診斷與問題解決的歷程。學生經由資訊科技與程式設計基本運用，逐步發展抽象思維與演算法設計能力，進而能結合運算思維於各科課程學習及生活情境問題的處理，強化學生帶得走的關鍵能力養成，因此如何結合課程教學設計與運算思維學習步驟，進行適當學習策略連結規劃，是未來不同學科課程要有效達成運算思維學習的重要關鍵之處。

參、運算思維課程學習策略設計探討

如何將問題解決能力融入程式教學或學科課程設計，本身即具有一定程度

的抽象與困難性，除此之外，又要將運算思維的學習框架與步驟，融入課程學習，並應用資訊科技工具，發展相對應的演算法，以完成問題解決，殊屬不易。這樣的不易其中一種是學科課程主題設計與學習過程的引導連結。目前運算思維課程區分為融入資訊學科與非資訊學科領域內容設計，資訊學科課程通常將原來電腦科學概念與技能作為課程領域內容，然後以主題式或情境式問題進行課程設計，進而透過運算思維的四步驟引導教學，逐步由簡入繁，引入電腦工具，最後設計相關演算法與完成問題解決。非資訊學科課程則以領域課程內容進行教學設計，規劃學科課程相關主題以為問題解決內容，然後透過運算思維步驟，逐步引導，適當引入相關資訊科技工具，以完成學科主題課程問題解決。

另外一種不易是對應到不同的教育學習階段有不同的學習重點規劃，依 108 課綱規劃，高中階段需考量資訊科學知識、技能、態度的養成之外，同時需重視如何引導學生運用運算思維機制，以進行資訊科技與專案問題的整合發展。國中階段則需考量所欲處理問題的分析診斷與利用資訊科技基本技能及運算思維步驟，反覆不斷逐步測試，以提升問題解決的能力。國小階段則注重提供生活情境案例，透過體驗了解資訊科技工具處理該問題的流程機制，以培養基本運算思維能力。

是故運算思維課程的學習策略，須特別注意課程領域內容的學習與運算思維歷程的體驗。此學習過程就猶如當年建構主義的數學學習，由於重視學生對於學習過程中的歷程了解，因此建構學習強調將學習歷程列出，以期能讓學習者真正獲得學習真義，此精神的確是以學生為主體，並重視學習過程的逐步發展與了解，然而實施過程中，卻發現有些數學課程，連最基本的學習問題，也要求學生將處理歷程列出，造成許多師生的學習誤解，以致影響整體學習成效，殊為可惜。

同樣 108 課綱資訊科技課程中運算思維的推動，也有領域課程與學習歷程兩部分學習策略設計。在資訊領域課程運算思維學習過程中，須注意針對不同的教育階段進行規劃，如高中以專題整合，國中以問題解決，國小以體驗了解為設計重點，針對資訊領域課程內容中的問題解決設計，則可提供專題整合問

題、電腦課程解題問題與生活情境問題，學習過程中則進行問題拆解、模式辨識、抽象歸納與設計演算法，並結合參考步驟學習單，提供運算思維四步驟的引導輔助，以為學習參考。另外在非資訊領域課程融入運算思維學習設計中，仍然可針對不同教育階段，高中專題整合、國中問題解決、國小體驗了解為融入運算思維的學習架構，再依領域課程設計學科跨域主題、學科問題解決以及學科案例問題，進而以運算思維四步驟與反思學習單輔助，引導進行課程學習。

由於近幾年來，運算思維課程的積極推動，有許多實證研究，在不同研究範圍限制之下，以不同學習策略，獲得不同的運算思維學習成效，可以提供第一線教學現場教師應用參考，但仍需注意，在現場教學與相對應研究上所發現運算思維推動的問題，包括領域課程內容所欲解決問題的適當性設計、固定化運算思維的學習設計、領域課程內容設計學習所連結的基礎知識不足等問題，仍須在運算思維課程學習策略的設計上特別注意。目前經過多年的運算思維計畫全力推動，應用運算思維的思考架構以推動相關學科課程的設計，已是一個可為師生參考的學習框架。然而有時為了從問題拆解到能適當融入運算思維四步驟，讓師生絞盡腦汁思考如何適當列出對策，造成整體學習過程的困擾，是在現場教學時必須隨時注意，因此如何在不同教育階段的發展重點，針對運算思維的推動進行適當的學習策略修正與調整，便是第一線教學現場推動運算思維需特別關注與留意的事項。

肆、結論

運算思維主要在培養學生面對問題時如何思考，找出問題的關鍵關係，並運用資訊科技工具，以進行問題解決的過程。這過程涉及對問題了解、應用、分析、評估與創造，並能在團隊合作與有效溝通的學習氛圍，完成批判性思考與問題解決。Angeli 和 Giannakos (2020) 在運算思維教育的議題與挑戰中特別建議目前運算思維儼然受到各國的重視，未來可針對不同教育階段年級，建立運算思維課程教材庫、案例、引導策略，同時明確化運算思維的各年級課程學習準則與評估標準，則能提升運算思維的推動與學習成效，而持續針對教師進行運算思維教育精進進修，則是目前運算思維教育推動的當務之急。

參考文獻

- 李俊輝 (2018)。國小四年級情境式運算思維教學之行動研究 (未出版之碩士論文)。國立屏東大學。
- 李威霖 (2016)。情境式運算思維教材之發展與評估 (未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學資。
- 林佩萱 (2013)。21 世紀人才必備的 8 大素養 3 大關鍵能力。遠見。
<https://www.gvm.com.tw/article/17667>
- 教育部 (2014)。十二年國民基本教育課程綱要總綱。
<https://12basic.edu.tw/12about-3-1.php>
- 教育部提升國民素養專案辦公室。取自 <https://www.facebook.com/教育部提升國民素養專案辦公室-352711978145335/>
- 陳佩萱、黃思華 (2019)。英語科 STEAM 課程對國小學生運算思維與英語學習之影響。教育科技與學習期刊, 7 (1), 27-54。
- 陳彥霓 (2019)。不同合作學習模式結合遊戲式學習對小學生運算思維學習成效之影響。國立臺灣師範大學。
- 黃子瓔 (2010)。從 3R 到 4C：淺談 21 世紀能力的發展與趨勢。數位典藏與學習電子報, 9 (11)。
<https://newsletter.teldap.tw/news/InsightReportContent.php?nid=4112&lid=466>
- 黃啟菱、王惠英 (2017)。看見未來教育 21 種教室新樣貌。遠見。
<https://www.gvm.com.tw/article/38488>
- 鄔珮珍 (2021)。運算思維自我效能量表編製。國立臺中教育大學。
- 豐佳燕 (2019)。國小學生應用運算與計算思維歷程設計遊戲之研究－以「臺北古城 Fun 風趣」遊戲為例。全國計算機會議, 732-735。
- Angeli, C., & Giannakos, M. (2020). Computational thinking education: Issues and challenges. *Computers in Human Behavior*, 105, 106185.
- Delors, J., Mufti, I. A., Amagi, I., Carneiro, R., Chung, F., Geremek, B., et al. (1996). *Learning: The treasure within*.
<https://www.voced.edu.au/content/ngv%3A1399>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 333

