

數理教育的美感視角

林孟安*

摘 要

回應當代數理教育 (mathematics and science education) 美感向度相關研究的關注較為不足，本研究依循質性研究 (qualitative research) 的詮釋典範 (interpretative paradigm)，依據教育哲學 (philosophy of education) 與教育美學 (aesthetics of education) 的視角應用文獻分析法 (documentary analysis)，回應「數理教育的美學取向詮釋為何？」、「數理教育的美感課程設計指引為何？」、「數理領域的美感教學實施指引為何？」，以及「數理教師美感的教育專業發展指引為何？」等研究問題。研究發現：「數理教育的美感詮釋整合認識論與美學深化教育目標與實踐的探索」、「數理教育課程的美感啟發跨學科整合與創新」、「數理教育的美感教學探究多元化的實踐與應用」，「數理教師的美感向度專業成長反映在深化社會詮釋提供多元學習經驗」，並據以提出具體建議。

關鍵字：美感視角、教育哲學、教育美學、數理教育

* 第一作者：國立臺灣師範大學教育學系博士

Email: linmengan@gmail.com

壹、問題意識

數理教育 (mathematics and science education) 相關實踐與研究，重視學生認知領域的學習成效與問題解決能力的發展，Lester (2005) 已指出我們應從各種理論來源中適應想法，以達到深化對學習和教學理解同時提供實踐智慧 (practical wisdom) 的目標，Justi 和 Gilbert (2000) 亦指出透過考量與課程主要領域相關的模式，可以提升哲學對教育的貢獻，彰顯教育哲學對於反思數理教育的重要性；其中的美感 (aesthetic) 向度，在學校中長期以來未被視為主要關注的問題，透過對美感知識，是否可以想像更深入的認識教育研究的成效 (Reimer & Smith, 1910)？反映研究數理教育美感向度的價值。

在數理教育中，回應哲學發展中之一不斷發展的思想，重視能以一種對哲學家、教育家、教師和學生都富有成果的方式來詮釋其本質，越來越強調過程（而不是產品）觀，始自建構主義的學習理論開始並在學生成長的每個階段，都啟發值得教育工作者關注的哲學問題 (Ernest, 1989; Matthews, 1997)，Freedman (2003) 亦從理論和實踐兩個向度建立美感教育的課程基礎，適用於所有 K-12 到高等教育等教育階段以及跨學科教學的實踐，指引著依循美感視角探究數理教育課程發展的需要。

Macdonald (2004) 已指出美感教育應整合於現有教育學科之中所進行的研究，以釐清美感教育的整個領域，用於研究和教學目的，瞭解美學真正理解所需要的教育原則 (principles) 和方法 (methods)；而數理教育已經歷了不斷發展的重複週期，並對不同的理論和哲學進行了一些整合和綜合，反映著教學實踐可以促進更適當的認識論態度，進而提供更準確的進取心 (Burbules & Linn, 1991; Sriraman & English, 2010)，如 Freedman (2003) 探討美學、學生發展與認知之間的聯繫，關注校內外的美感活動以及美學在課程中的角色，數理教育的美感教學實踐亦如 Dewey (2008) 所指，其不能僅是一種字面上的經驗 (literal experience)、一個規則 (rule)、單純的理性，也不能由圖表 (charts)、傳統 (conventionality) 和統計 (statistics) 來控制，這對於教育而言有著重大的影響，彰顯研究數理教育的美感教學的需要。

綜前所述，美學被認為是提供了學生探索媒體 (explore media)、創造自身形式 (invent their own forms)，以及表達他們認為重要的想法和感受的機會，隨著年長的學生對以準確性呈現現實感興趣，他們會被介紹合適的技術 (Reimer & Smith, 1910)，但除了那些選擇以職業或嚴謹的愛好方式參與美學的人員以外，致力教導年輕人如何製作「美麗」 (beautiful) 的作品使學生熟悉美學中的傳統方法、價值觀 (values) 或

歷史考量 (historical considerations) 的現象相對較為少見 (Gardner, 1990)，Howard (1992) 即提出了一個現代教育哲學，展示了學習的美學面貌 (aesthetic face of learning)，聚焦於「學習」的概念而非僅是「教學」，亦提供一種哲學而非心理學的方法，指引教師專業發展的方向。

回應教育哲學的思考，美學元素 (aesthetic element) 仍少見於在課堂和課程如何被激活 (activated)、參與 (engaged) 和體現 (embodied) 方面的探討 (Apps & MacDonald, 2012)，且前述數理教育的研究反映著重視跨領域教育理論的趨勢，又美感教育具有為其帶來更多支持的可能性，本研究即整合教育哲學與教育美學，試圖分析數理教育的美學向度，以回應下述研究問題：「數理教育的美學取向詮釋為何？」、「數理教育的美感課程設計指引為何？」、「數理領域的美感教學實施指引為何？」，以及「數理教師美感的教育專業發展指引為何？」；並提出具體建議。

貳、文獻回顧

一、教育哲學與教育美學

依據 Black (1944) 的教育美學觀點：「學習的創造性本質」或「接受教育的美學」，反映著在美學實踐中，美學家須與其素材搏鬥 (wrestles)，同時也滋養 (nourishes) 美學家的意圖 (intention)，其亦須反覆實驗來瞭解素材可以做什麼，以及該創作意圖能被滿足到什麼程度，教育者的教學實踐亦得被視為一種美學創作的過程；對應到教育哲學的領域，Hirst (1966) 提出教育原則 (educational principles) 是基於經驗的、哲學的、道德的或其他邏輯類型，而具有其合理性；Peters (1966) 再指出倫理學 (ethics) 和認識論 (epistemology) 更關係於實際的問題，教育哲學即為連結哲學特質與教育議題之綜整性的探究；Kerdeman (1998) 則從詮釋學 (hermeneutics) 的觀點歸納出教育須「讓學生面對自存在的困境中與之奮鬥，實現生命的目的和方向，最終學習如何引領至好且有意義的生活」。

Hansen (2004) 的教育美學觀點顯示著美學作為過程 (process) 和結果 (product) 有助於證明在個人與世界之間的自身 (self) 與連結 (connection)，由於創造力 (creativity) 得透過教育發展之觀點越來越得到認可，因此需有意識地努力藉由美感教育來發展創造力和學習能力 (Adu-Agyem & Enti, 2009)，美學 (aesthetics) 得潛在地舒緩 (soothe)

和激發（excite）感官，使學生與教師回到目的（purpose）的問題上，對美學如何為教學體驗帶來助益的認識和意識，有助於人們更深入理解其創作意圖（Apps & MacDonald, 2012）。

二、數理教育

回顧數理教育相關研究，Lerman（1983）從哲學的思想學派（schools of thought in philosophy of mathematics）歸納出兩個明顯的動向：「知識中心」（knowledge-centered）和「問題解決」（problem-solving）；Ernest（1989）主張哲學的核心問題是闡明本質，此觀點在教育之中尤為重要，高度影響教給學生的課程，Sierpinska 與 Lerman（1996）回顧了「證明脈絡」（context of justification）和「發現脈絡」（context of discovery）的認識論、基礎主義（foundationalist）和非基礎主義（non-foundationalist）數學認識論、歷史批判（historico-critical）、遺傳（genetic）、社會歷史（socio-historical）和文化（cultural）認識論，以及意義認識論（epistemologies of meaning），從認識論的角度來看，所有的知識都必須有保證（warrant），內隱知識（tacit knowledge）是透過公開表現和演示（public performance and demonstration）來驗證的，使得知識的證明可以相對應於學習的評量（Ernest, 1999）；Lester（2005）亦概述了一種批判性教育的理念，包括社會正義（social justice）、環境正義（environmental justice），以及實踐中的對話和批判（dialogue and critique）等概念；教育的社會、文化和政治向度（social, cultural and political dimensions of education），影響和塑造著學生的思維（thinking）與學習（Sriraman & English, 2010），Ernest（2018）即概述教育目標和教育研究的所有向度，關注「教與學的目的」、「與社會的關係」、「什麼是學習」、「什麼是教學」，以及「教育作為知識領域的現狀如何」等問題。

Koulaidis 和 Ogborn（1989）調查有關科學方法（scientific method）的性質、區分標準（demarcation）、知識變化的性質、知識地位的；Burbules 和 Linn（1991）則考量對知識、證據性質以及知識變化方式的新觀點對課程和教學的影響；Nola（1997）概述實在主義（realism）和反實在主義（anti-realism）以及建構主義（constructivism）的各種變體，再將 Plato 發展的知識和教學的重要概念與建構主義進行對比，說明建構主義者理解的 Vico、Kant 和 Piaget 等學說所做貢獻，並提出對 von Glaserfeld 的知識理論和反實在主義的批判，Matthews（1997）即指出建構主義對當代科學教育的巨大影響，區分了教育建構主義（educational constructivism，源於兒童學習理論），科學哲學

中的建構主義（constructivism in the philosophy of science，通常與科學理論的工具主義觀點相關），以及科學社會學中的建構主義（constructivism in the sociology of science，如知名實例愛丁堡科學知識社會學的方案 Edinburgh Strong Programme in the sociology of scientific knowledge），Monk 和 Osborne（1998）則聚焦於課程開發者在希望將歷史和哲學引入教學中時，所面臨的兩個主要問題：「對歷史材料的辯護」以及「將其納入教師工作計畫的定位」。

Justi 和 Gilbert（2000）再概述並應用一種表徵模型的方式，基於 Lakatos 於 1970 及 1978 年的架構，應用於一個重要的領域「原子的性質」（nature of the atom），Abd-El-Khalick 等人（2004）的研究聚焦於在中學課堂中之實施探究作為教學方法（inquiry as an instructional approach）和探究作為學習成果（inquiry as a learning outcome）等相關問題；教育改革一直專注於評估學生的探究能力，Russ 等人（2008）即指出有必要關注探究的另一面向「機械推理」（mechanistic reasoning），並透過分析學生關於落下物體的討論以其生成力（generativity），Kelly 和 Licona（2018）則從實證研究中汲取經驗，以得出對教學和學習的啟示，從多個學科角度進行了相當多的實證工作（包括認知科學 cognitive science、社會學 sociology、人類學 anthropology 和修辭學 rhetoric），提供了有關社群內部運作的視角，探討其實踐、論述和文化。

總結而言教育哲學與教育美學以及數理教育的文獻回顧，教育理論整合科學、歷史和哲學，關注認識論與教學理論的關係，為不同形式知識制定基本原則，透過分析、質疑和挑戰，哲學促使對實踐的思考，而納入歷史和社會文化背景則提升對數理教育和美學概念的學習，整體而言，跨領域的相互交融有助於豐富學生的學習經驗。

參、研究設計

一、研究架構

質性研究（qualitative research）之詮釋典範（interpretative paradigm）認識特定脈絡中的相關經歷，其觀念來自不同的主觀立場（Malterud, 2016），Phothongsunan（2010）即指出詮釋典範聚焦於分析質性資料，研究人員將從中詮釋含義，此即緊密關係於詮釋學，詮釋性研究有助於深入瞭解現象，以建構、詳述、擴展或測試理論（Rahi, 2017）。本研究即循此架構深入分析跨學術領域的觀點。

二、研究方法

本研究應用文獻分析法（documentary analysis），為取樣的教育哲學與教育美學以及數理教育文獻，整合其觀點的詮釋並回應研究問題，經 Google Scholar、DOAJ、ProQuest、EBSCO 等資料庫搜尋，作為研究對象的取樣文獻分為「教育哲學與教育美學」以及「數理教育」二類。首先依據關鍵字「philosophy」、「aesthetics」以及「education」或「pedagogy」進行搜尋，取樣依據為該文獻能回應研究問題者，即同時指涉「課程」（curriculum）、「教學」（teaching）以及「教師專業發展」（teacher professional development）等內容，取樣教育哲學與教育美學文獻，共計 13 篇，涵蓋教育的哲學、美學、歷史、邏輯、心理學、社會學、詮釋學、認識論、美感學習歷史、人類發展、素養和創造力、後現代美學、以及教師哲學等向度（Adu-Agyem & Enti, 2009; Apps & MacDonald, 2012, Black, 1944; Dewey, 2008; Freedman, 2003; Gardner, 1990; Hansen, 2004; Hirst, 1966; Howard, 1992; Kerdeman, 1998; Macdonald, 2004; Peters, 1966; Reimer & Smith, 1910）。

數理教育則以「mathematics education」、「mathematics curriculum」、「mathematics teaching」、「mathematics teacher professional development」、「science education」、「science curriculum」、「science teaching」、「science teacher professional development」為關鍵字進行搜尋，取樣依據為文獻內容指涉「哲學」與「美學」者，共計 16 篇。據此取樣文獻涵蓋數學哲學、建構主義、社會文化觀、互動主義、意義的認識論、修辭、批判教育、社會、文化和政治、本體論、形而上學、美學、學習理論、倫理學和數學教育研究方法論等向度 7 篇（Ernest, 1989; 1999; 2018; Lerman, 1983; Lester, 2005; Sierpinska & Lerman, 1996; Sriraman & English, 2010）；以及科學知識哲學-認識論、科學哲學、教育的目標和方法、探究、以及學校知識建構等 9 篇（Abd-El-Khalick et al., 2004; Burbules & Linn, 1991; Justi & Gilbert, 2000; Kelly & Licona, 2018; Koulaidis & Ogborn, 1989; Matthews, 1997; Monk & Osborne, 1998; Nola, 1997; Russ et al., 2008）。統整前述取樣文獻所反映觀點，進行研究結果與討論的分析。

三、資料分析與研究倫理

本研究依據文獻回顧所界定教育的美感視角為「依據學習的創造性本質，教育者的教學實踐即為美學創作過程，透過反覆實驗實現該創作意圖，並連結至教育議題探究為教學體驗帶來助益，讓學生實現生命的目的和方向，連結個人與世界，發展創造力和學習能力，以引領至好且有意義的生活」為數理教育進行分析，依據其對於知識

領域現狀與社會關係等關注，所闡明文化和政治向度的本質，反思學習與教學以及其目的，並應用教育實踐中的對話、知識的證明與變化、探究作為教學方法和學習成果等性質，考量課程和教學，以塑造學生思維，再從實證研究中汲取經驗探討其歷史、實踐、論述和文化。

本研究統整取樣文獻內容，依據「數理教育哲學的美學取向詮釋、數理教育的美感課程設計指引、數理領域的美感教學實施指引、數理教師美感的教育專業發展指引」的分析架構，歸納研究結果並進行討論，研究資料依據該文獻觀點指涉「哲學、原理、原則或理論」、「課程設計或規劃」、「教學實施」、「教師或教師專業發展」分別依序歸類至前述所對應的架構中，研究者即為研究資料的詮釋者，透過符合取樣依據的文獻所反映觀點，在此資料分析的架構中相互對話，以進行詮釋與歸納，並透過不同類別文獻之間資料的檢證與對話，避免不當或過度詮釋，回應研究問題再據以提出具體建議。

肆、研究結果與討論

一、數理教育哲學的美學取向詮釋

教育應該有助於學生欣賞出於存在的不確定性所證明之意義，教育工作的重要任務即指引學生在面對不確定性和挑戰時能省思他們的假設（Kerdeman, 1998），Lerman（1983）歸納出兩種教學觀點，分別是「知識中心」和「問題解決」，並在描述這些風格時提出對「知識中心」的批評；在哲學中有一個日益增長的思潮，即能夠以對哲學家、教育家、教師和學生都有益的方式詮釋知識本質（Ernest, 1989），Sierpinska 與 Lerman（1996）進而指出教育中的認識論應成為注意的主要焦點。

同時 Burbules 和 Linn（1991）認為許多數理教育仍然深陷於過時的實證主義（positivist assumptions）假設，並提出透過教學促進更適當的認識論態度，以提供更準確的進取心，Nola（1997）則關注對數理性質對教育的認識，如 Russ 等人（2008）分析學生關於落下物體的討論指出其具備著豐富的機械推理，Reimer 與 Smith（1910）亦提出認知觀點能改變學生對美學的詮釋方式；即使研究顯示其美學作品多年來並未改變，但與教育有關的個體差異亦被發現超越了純認知（purely cognitive）（Gardner, 1990）。

所有美學都是美學家在媒介可能性（possibilities of the medium）向度的教育過程（Black, 1944），Ernest（1999 年）主張對於教育而言，新形式的知識正變得越來越重要，除了內隱知識、特定知識（knowledge of particulars）、語言和修辭學（language and rhetoric）亦同，這些發展還包括認識到社會背景的哲學意義；教育作為一個研究領域在很長一段時間內與心理學密切相關，而不同的理論和哲學並行發展亦豐富該領域的研究（Sriraman & English, 2010），Ernest（2018）即概述數理教育的發展，狹義上這個領域涉及教育目標，廣義上則包括教育研究的所有向度。

Koulaidis 和 Ogborn（1989）即指出情境主義思想（contextualist thought）所受到的支持代表對早期研究結果的轉變，該研究結果傾向於確定經驗歸納主義（empirical inductivism）是數理教師普遍持有的觀點，然而此類轉變的程度都取決於所考量的數理向度，如 Kelly 與 Licona（2018）所歸納認知實踐（epistemic practices）是一群成員提出（propose）、溝通（communicate）、評估（assess）的社會組織和互動完成方式，Freedman（2003）即整合社會、認知、美學，提出了從文化角度進行教育實踐的架構，Dewey（2008）亦堅定的指出：「美學在構成新視野方面處於領先地位」。

綜前所述，教育的目標即協助學生理解存在的不確定性並反思其假設，其中所呈現出兩種數理教育觀點「知識中心」和「問題解決」，歸納出其詮釋知識本質的思潮，此時美感教育反映出認知觀點改變學生對美學的詮釋方式，美學作品本身或許未必改變但與教育相關的個體差異則超越了純認知，統整前述教育哲學與教育美學以及數理教育之間的分析，聚焦於不同領域中的認識論、知識構建以及對學生思考方式的影響，反映著教育的多元性，以及歷史、哲學、心理學和社會學等多個面向的重要性，以啟發學生綜合性的思考。

二、數理教育的美感課程設計指引

Reimer 與 Smith（1910）提出教育哲學與教育美學所關注的「是否可以確定一般美感發展的階段？（can phases in general aesthetic development be identified?）」、「在美感教育中會出現哪些教育議題？（pedagogical issues?）」，以及「概念性學習（conceptual learnings）對美感理解（aesthetic understanding）的發展有多重要？」等問題，詮釋學即為教育提供了兩個重要的教學指引：「嚴謹的能力與謙遜的智慧」（ability, which is restrained, and wisdom, which is humble）（Kerdeman, 1998）。

對應到數理教育，對話過程（dialogical processes）是支持的資源，重要是其批判態度，提問任何形式的假設知識，以及提問將其應用於實踐的方式（Lester, 2005），而其長期以來的改革一直專注於評估學生的探究能力，特別是在實驗（experimentation）和論證（argumentation）方面（Russ et al., 2008），Matthews（1997）即歸納教育建構主義從最初的學習方式考量擴展到對於認識論、教育理論、倫理學和科學的認知主張的看法，Macdonald（2004）亦明確指出美感教育應該在包括歷史、哲學、心理學和社會學等現有學科的課程中進行研究。

Gardner（1990）認為值得提問的是美感教育的方法和實踐是否無窮變化？抑或相反，管理人類發展的原則是否對美感教育的過程提出有意義的限制，可以教什麼、如何教，以及教育成果可以是什麼，Hansen（2004）則指出了課程的周全方法須維持其教育的（pedagogical）、開放的（open）與實驗性（experimental）等發展。

Sierpinska 與 Lerman（1996）探究一些關於真實（truth）、意義（meaning）和確定性（certainty）的主要認識論問題，以及其不同的詮釋方式，Kelly 和 Licona（2018）亦從教育研究中得出的結論中提出認識實踐（epistemic practices）是互動的（interactional，透過共同活動在人們之間構建），情境化的（contextual，位於社會實踐和文化規範中），互文性的（intertextual，透過一系列一致的論述、符碼和象徵傳達），並且是具有後果的（consequential，合法化的知識體現了權力和文化），即如 Freedman（2003）所探討的課程美學，重視哲學與歷史的考量。

教育哲學對於課程美感向度的發展，關注教育議題和概念性學習，其中詮釋學「嚴謹的能力與謙遜的智慧」的教育觀，對應到數理教育中的對話過程，重視提問假設知識和應用實踐的重要性，而其長期以來專注於評估學生的探究能力，包括實驗和論證，將學習擴展到認識論、教育理論、倫理學和科學的認知，回應到美感教育方法和實踐是否具有無窮變化等問題，反映數理課程的多元性，尤其在歷史、哲學、心理學和社會學等學科中進行研究的必要，透過探討其美感教育取向的認知實踐，整合跨領域之間的交互影響，反映著課程方法的周全性，須維持其教育實踐的開放性和實驗性。

三、數理領域的美感教學實施指引

美感教育的挑戰在於在文化價值觀（values of the culture）、美感教育和評量的可用方法，以及將要接受教育的學生的特定發展（particular developmental）和個人特徵（individual profiles）之間的有效調節（modulate effectively）（Gardner, 1990）。

Hirst (1966) 指出原則與實踐間的連結建立在不同情形與事實下依相關理論做出的特定評價；Lester (2005) 提出一個概念性架構：引導研究並承認自己的哲學立場在考量什麼構成證據 (philosophical stance in considering what counts as evidence) 問題的價值，數理教育亦從問題和實踐的角度進行探討，這可以被視為一種自下而上的觀點 (bottom-up perspective)，同時也可以從哲學的各個分支應用於數理教育的角度進行研究 (Ernest, 2018)，Justi 與 Gilbert (2000) 即提出從不同歷史模型 (historical models) 中提取並整合其中不同的哲學架構，以實現對數理教育發展的貢獻，同時 Dewey (2008) 再指出了美感教育者在各個向度對於「美學作為經驗」觀點的支持。

Freedman (2003) 認為美感教育可以幫助理解教學科學所忽略的事物，Apps 與 MacDonald (2012) 指出融入美學的課堂設計 (classroom design) 傳遞教育過程 (pedagogical process) 的隱性 (implicit) 和顯性 (explicit) 訊息，而數理教育核心關注點是說明知識的本質，其高程度的影響對於學生實施的教學 (Ernest, 1989)，學校教育亦有一系列的修辭風格，當其中一種被適當使用時其會向教師指示學生理解的程度 (indicates to the teacher the level of a student's understanding) (Ernest, 1999)。

Lerman (1983) 即提出「問題解決」的教學觀點可以啟發學校教育的實質變革和進步，Monk 和 Osborne (1998) 亦提出了一種新的模式，直接涉及學生發現的歷史和社會文化背景；且教師能幫助學生將其自美學所學的技能轉移到其他學科領域與生活的不同面向 (Adu-Agyem & Enti, 2009)。

據此歸納數理教育美學視角的教學指引即為：「整合性探究活動」之學生結合數理和美學所學，解決真實世界問題（如透過美感形式呈現數理知識的概念），進而透過「跨學科對話」創造學科間的對話讓師生互動與溝通，再於「問題解決教學」讓學生參與真實問題解決過程並結合美感元素展現解決方案，以回應「美學教學設計」理念使學生透過美感經驗和設計，理解教學科學所忽略事物，並接受教育過程中的隱性和顯性訊息，最後「連結歷史和社會文化」將數理所學和美學歷史與社會文化連結起來，讓學生在探索學科知識的同時，深入瞭解其背後的歷史和文化背景。

四、數理教師美感的教育專業發展指引

Lester (2005) 已提出數理教育三個基本問題需要解決：「教育研究中理論的作用是什麼？」、「個人的哲學立場如何影響自己的研究？」，以及「數理教育研究的目標應該是什麼？」，Howard (1992) 提出了一些美感教育哲學的基本問題：「我們如

何、以及在哪裡學習？」、「理性和想像在學習中的角色是什麼？」、「透過教學、實踐、指導和反思進行的學習有什麼區別和關係？」、「特定領域和學科的標準和價值是如何傳達和詮釋的？」、「傳統的實踐如何在我們努力超越它們的同時塑造我們？」，以及「我們的感性和我們的自我是如何通過學習而轉變的？」。

Hirst (1966) 即指出若教育者能更精確的對過去歷史、心理學、社會學、哲學作瞭解，將有益於教育的發展及未來教育研究能帶來更多實踐的成果，Sierpinska 與 Lerman (1996) 在多個領域內考量的一些問題：「知識的主觀-客觀特性」、「社會和文化背景在認知中的角色」，以及「語言和知識之間的關係」；Abd-El-Khalick 等人(2004) 則關注「課程中所探究的哲學概念」、「課程、課程材料、課堂教學和評估實踐中實施探究的形象」，以及「促進或阻礙基於探究的數理教育的教育環境內外的因素和條件」；Kelly 和 Licona(2018) 進而歸納了應用於數理學習之透過探究、工程(engineering) 和社會科學問題(socioscientific issues) 的教育方法。

Freedman (2003) 再提出對於學生創作與評估的重視；基於設計(design)、美學和教育(pedagogy) 都是對話所不可或缺的關鍵向度，可以培養更具整合性和變革性的教學體驗(Apps & MacDonald, 2012)，以及哲學的教學(teaching of philosophy) 的三個原則：與「教師實際問題和興趣的相關性」(relevance to practical problems and interests of teachers in training)、「與其他學科聯繫的可能性」(possibility of linking with other disciplines)，以及「引導哲學本身的基本問題的願望」(desirability of leading on to fundamental problems in philosophy itself) (Peters, 1966) 等觀點。

整合前述觀點，數理教師應深化哲學與跨領域理解，探索哲學基本問題如知識的主觀與客觀特性、語言與知識之間的關係；發展與其他學科(如工程、社會科學) 聯繫的教學設計；進而關注教學實踐與反思，在課程設計中融入基於探究的方法，重視教學與課程媒料的連結；再透過教學實踐與反思，探索教育理性與想像力的角色，促進個人感性與自我的轉變；並注重學生創作與評估能力，發展以設計和美學為導向的教學實踐，創造整合性和變革性的學習經驗；以實現理論與實務的連結，反思個人哲學立場對教育研究與教學的影響。故學校應提供促進基於探究的教學條件，深化教師在學校與社會環境中的合作，提升數理教育實踐成效。

伍、研究結論與建議

一、研究結論

（一）數理教育的美感詮釋整合認識論與美學深化教育目標與實踐的探索

Black（1944）指出應促成對學習者知識進一步元素檢驗的進行；詮釋學的觀點亦反映著人們之無法獨立於生活理解和社會歷史脈絡之外（Kerdeman, 1998），數理教育強調對認識論的關注，即對知識的建構和理解的思考，其體現在教育哲學中對知識本質的探討，促進適當的認識論態度和科學進取心，凸顯教育風格、美學詮釋方式以及知識新形式的重要性，回應教育哲學與教育美學重視教育內容、方法和成果的討論，以及認識實踐的互動、情境化、互文性和具有後果的特性，數理教育綜合不同理論，聚焦於教育目標和研究的向度，反映著美學、哲學和歷史基礎教學向度的重要性，此整合性的教育模式有助於建構更全面、有深度且具有社會意義的學校教育體系。

（二）數理教育課程的美感啟發跨學科整合與創新

教育哲學與教育美學強調數理課程應該整合不同學科元素，包括美學、歷史、哲學、心理學和社會學等，以提供更全面且有深度的學習經驗，其關注對美感的理解，運用到哲學重視的知識本質觀和數理教育的實踐中，促使學生以更富美感的方式看待數理教育，並鼓勵學生參與對話、探索和實驗，培養學生的批判性思維和解決問題的能力。

（三）數理教育的美感教學探究多元化的實踐與應用

數理教育強調學生的探究能力，鼓勵學生在解決問題時進行實驗和論證，回應教育哲學與教育美學主張教學方法應該開放且多元，教學實施中應該採用不同方法以滿足學生不同學習風格和需求，考量美感教育整合社會詮釋的理念，教學實施亦應讓學生更好地理解數理領域背後的社會背景，前述指引可以豐富數理教育實踐，引導教育者培養學生綜合性和批判性思維，以應對不確定性和挑戰。

（四）數理教師的美感向度專業成長反映在深化社會詮釋提供多元學習經驗

教師對認識論的深入瞭解有助於引導學生建構知識和面對學科內的複雜性，而探索和應用多元的教育風格在因應學生的多樣性需求同時，宜將跨學科內容整合到美學

與數理領域中，以提供更豐富和有深度的學習經驗，考量美感教育強調社會詮釋的重要性，數理教師增進將社會詮釋融入教學中的相關能力，有助於促進學生更為理解數理領域的社會脈絡。

二、研究建議

（一）建議教育者應將數理教育詮釋為結合美學跨越學科界限的整合性學習

Dewey (2008) 主張美學教學必須圍繞「美學作為經驗」在其本質中喚起的內容，以助學生能在教育體系之中獲得這種美學的益處。數理教育哲學美學取向的詮釋旨在跨越傳統學科之間的界限，透過整合數學、科學和美學的元素，創造一個更豐富、更有深度的學習體驗，前述綜合性的取向有助於培養學生的跨學科思維和解決問題的能力，使他們更能應對現實生活中的複雜挑戰。

（二）建議數理教育課程設計整合歷史文化社會背景促進美學導向思考

Sierpinska 與 Lerman (1996) 關注認識論與教學理論之間關係，特別是在教學原則的面向，Monk 和 Osborne (1998) 亦指出納入歷史和社會文化背景的架構有望提升對數理概念的學習，其中的認識論態度亦應得到重視，此即反映課程設計須引導學生對知識建構的角度進行思考，以助其更深入地理解學科內容，基於教育風格、美學詮釋方式和知識形式變得越來越重要，課程設計亦應考量學生的多樣性，透過不同風格和詮釋方式滿足學生學習需求。

（三）建議數理教育美感教學實踐促進師生對話交流培養批判思考能力

教育理論不僅為一單純整合科學、歷史和哲學等元素的理論架構，更制定結合不同形式知識的基本原則 (Hirst, 1966)，教學中應該重視對話作為支持資源的重要性，有助於在數理教育中促進學生間的討論和知識交流，且教育哲學與教育美學所關注的批判態度，亦緊密關係於數理知識的應用與實踐，故數理教師的教學實施應該培養學生的批判性思考能力。

（四）建議數理教師專業發展深化美學思維與強化跨學科連結

Ernest (2018) 總結其教育哲學的觀點為分析、質疑、挑戰和批判教育實踐、政策和研究的主張，Abd-El-Khalick 等人 (2004) 進而歸納數理教育中探究 (inquiry) 任何討論的重要性和潛在的豐富性。總結而言，美感導向的數理教育為教師提供豐富的

教育專業發展指引，重視整合性思維、認識論的深入瞭解、多元的教育風格、批判態度、跨學科元素的連結，有助於教師應對教育環境的複雜性，提供學生更豐富的學習經驗。

參考文獻

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H.-L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
<https://doi.org/10.1002/sce.10118>
- Adu-Agyem, J. & Enti, M. (2009). Learning: The role of aesthetics in education. *Journal of Science and Technology*, 29(1), <https://doi.org/10.4314/just.v29i1.46464>
- Apps, L. & MacDonald, M. (2012). Classroom aesthetics in early childhood education. *Journal of Education and Learning*, 1(1). <https://doi.org/10.5539/jel.v1n1p49>
- Black, M. (1944). Education as art and discipline. In I. Scheffler (ed.), *Philosophy and education* (pp. 32-38). Allyn and Bacon.
- Burbules, N. C., & Linn, M. C. (1991). Science education and philosophy of science: congruence or contradiction?. *International Journal of Science Education*, 13(3), 227-241. <https://doi.org/10.1080/0950069910130302>
- Dewey, J. (2008). Art as experience. In H. Cannatella (ed.), *The Richness of Art Education* (pp. 33-48). BRILL. https://doi.org/10.1163/9789087906092_003
- Ernest, P. (1989). Philosophy, mathematics and education. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 20(4), 555-559.
<https://doi.org/10.1080/0020739890200409>
- Ernest, P. (1999). Forms of knowledge in mathematics and mathematics education: Philosophical and rhetorical perspectives. *Educational Studies in Mathematics* 38, 67–83. <https://doi.org/10.1023/A:1003577024357>
- Ernest P. (2018). The philosophy of mathematics education: An overview. In P. Ernest (ed.), *The Philosophy of Mathematics Education Today* (pp.13-35). Springer.

- https://doi.org/10.1007/978-3-319-77760-3_2
- Freedman, K. (2003). *Teaching Visual Culture: Curriculum, Aesthetics, and the Social Life of Art*. Teachers College Press.
- Gardner, H. (1990). *Art Education and Human Development*. Getty Publications.
- Hansen, D. T. (2004). A poetics of teaching. *Educational Theory*, 54(2), 119-142.
<https://doi.org/10.1111/j.1741-5446.2004.00010.x>
- Hirst, P. H. (1966). Educational theory. In J. W. Tibble (ed.), *The Study of education* (29-58). Routledge & Kegan Paul.
- Howard, V. A. (1992). *Learning by All Means: Lessons from the Arts : A Study in the Philosophy of Education*. P. Lang.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2000). History and philosophy of science through models: some challenges in the case of “the atom”. *International Journal of Science Education*, 22(9), 993-1009. <https://doi.org/10.1080/095006900416875>
- Kelly, G. J., & Licona, P. (2018). Epistemic practices and science education. In M. Matthews (ed.), *History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 139-165). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-62616-1_5
- Kerdeman, D. (1998). Hermeneutics and education: Understanding, control, and agency. *Educational Theory*, 48(2), 241-266. <https://doi.org/10.1111/j.1741-5446.1998.00241.x>
- Koulaidis, V., & Ogborn, J. (1989). Philosophy of science: An empirical study of teachers’ views. *International Journal of Science Education*, 11(2), 173-184.
<https://doi.org/10.1080/0950069890110206>
- Lerman, S. (1983). Problem-solving or knowledge-centred: The influence of philosophy on mathematics teaching. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 14(1), 59-66. <https://doi.org/10.1080/0020739830140109>
- Lester, F. K. (2005). On the theoretical, conceptual, and philosophical foundations for research in mathematics education. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 37 (6), 457-467. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02655854>
- Macdonald, S. (2004). *The History and Philosophy of Art Education*. James Clarke & Co.
- Malterud, K. (2016). Theory and interpretation in qualitative studies from general practice:

- Why and how? *Scandinavian Journal of Public Health*, 44(2), 120-129.
<https://doi.org/10.1177/1403494815621181>
- Matthews, M. R. (1997). Introductory comments on philosophy and Constructivism in science education. *Science & Education*, 6, 5–14.
<https://doi.org/10.1023/A:1008650823980>
- Monk, M., & Osborne, J. (1998). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81(4), 405-424.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199707\)81:4<405::AID-SCE3>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199707)81:4<405::AID-SCE3>3.0.CO;2-G)
- Nola, R. (1997). Constructivism in science and science Education: A philosophical critique. *Science & Education* 6, 55–83. <https://doi.org/10.1023/A:1008670030605>
- Peters, R. S. (1966). The Philosophy of education. In J. W. Tibble (ed.), *The Study of education* (59-89). Routledge & Kegan Paul.
- Phothongsunan, S. (2010). Interpretive paradigm in educational research. *Galaxy: The IELE Journal*, 2(1), 1-4.
<https://repository.au.edu/server/api/core/bitstreams/dc6d9ea5-e96a-4a64-a744-767904b3b73c/content>
- Rahi, S. (2017). Research design and methods: A systematic review of research paradigms, sampling issues and instruments development. *International Journal of Economics & Management Sciences*, 6(2), Article 403. <https://doi.org/10.4172/2162-6359.1000403>
- Reimer, B., & Smith, R. A. (1910). *The Arts, Education, and Aesthetic Knowing*. The National Society for the Study of Ed.
- Russ, R. S., Scherr, R. E., Hammer, D., & Mikeska, J. (2008). Recognizing mechanistic reasoning in student scientific inquiry: A framework for discourse analysis developed from philosophy of science. *Science Education*, 92(3), 499-525.
<https://doi.org/10.1002/sce.20264>
- Sierpinska, A., & Lerman, S. (1996). Epistemologies of mathematics and of mathematics education. In: A. J. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & C. Laborde, (eds.), *International Handbook of Mathematics Education*. Kluwer International Handbooks of

Education, vol 4 (pp. 827-876). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-009-1465-0_23

Sriraman, B., & English, L. (2010). Surveying theories and philosophies of mathematics education. In: B. Sriraman & L. English (eds.), *Theories of Mathematics Education. Advances in Mathematics Education* (pp. 7-32). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-00742-2_2

Aesthetic Perspectives of Mathematics and Science Education

Lin, Meng-An*

Abstract

In response to the relative lack of attention to the aesthetic dimensions in contemporary mathematics and science education research, this research adopted a qualitative research approach under the interpretative paradigm. Using the perspectives of philosophy of education and aesthetics of education, it employed documentary analysis to address the following research questions: "What is the aesthetic interpretation of mathematics and science education?", "What are the curriculum design guidelines for aesthetics in mathematics and science education?", "What are the implementation guidance for aesthetic teaching in mathematics and science education?", and "What are the professional development guidance for teachers based on perspectives of aesthetics in mathematics and science education?" The findings indicated that: "The aesthetic interpretation of mathematics and science education integrates epistemology and aesthetics to deepen the exploration of educational goals and practices," "Aesthetic-inspired curriculum design in mathematics and science education promote interdisciplinary integration and innovation," "Aesthetic teaching in mathematics and science education explores diversified practices and applications," and "Teachers' professional growth in aesthetic dimensions is reflected in deepening social interpretations and providing diverse learning experiences." Specific recommendations are proposed.

Keywords : aesthetic perspectives, philosophy of education, aesthetics of education, mathematics and science education

* 1st author: Ph. D., Department of Education, National Taiwan Normal University

Email: linnengan@gmail.com

