
真的只有教師知識和信念嗎？

數學教師覺察力：從另一個觀點來看待 教師的專業能力

林勇吉

國立清華大學數理教育所

壹、前言

一、教師覺察力簡介

「教師覺察力」(Goodwin, 1994; Mason, 2002; Seidel & Sturmer, 2014; Sherin & van Es, 2009)一詞，簡單的說，它是在探討教師的視野中到底看到什麼。這意謂教師在複雜的課室環境中，特別注意什麼、關心什麼、如何對這些事件做出反應。一般而言，教師覺察力有兩個主要程序：(1)注意(attending to)特定事件；(2)對注意的事件賦予意義(making sense of events)。前者(注意)意謂教師身處於龐大且複雜的教學情境中，他(她)必須「主動」的選擇去注意什麼、注意多久、同時也決定忽略什麼。後者(賦予意義)是當教師決定去注意什麼後，接下來他(她)要決定如何去解釋他(她)所關注的事件，進一步決定要如何去回應這些事件(Amador, 2014; Huang & Li, 2012; Jacobs, Lamb, & Philipp, 2010; Mellone, 2011; Sherin, Jacobs, et al., 2011; Star & Strickland, 2008; Sun & van Es, 2015; Walkoe, 2015)。例如教師(1)注意到學生的某一個解題想法(程序 1: 注意特

定事件)，(2)接著理解學生的背後的數學思考，然後決定要如何介入(程序 2: 對事件賦予意義)。

事實上，這兩個程序交互影響，並且形成一個反覆循環(cyclical)，教師依據對關注事件的解釋決定了要繼續關注什麼、忽略什麼；而持續的關注某一事件，又將導致教師對事件有新的詮釋，如此「注意特定事件」和「賦予意義」交互的循環且影響著(Sherin, Jacobs, et al., 2011)。

二、教師覺察力的重要性

教師覺察力在教師研究領域具有極為重要的意義，因為教師覺察力是學習或改變教學中不可或缺的一部分，同時它也是教師教學決策中的重要元素，與信念、知識高度相關，說明如下：

(一) 發展教師覺察力促成教學改變 (Philipp, Jacobs, & Sherin, 2014; Sherin, Jacobs, et al., 2011)。

教師所注意的，也將是他(她)教學上所重視的(Schoenfeld, 2011)，所以如果教師不注重某個課室事件(例如，學生的某個數學思考)，我們也很

難期待在教學時看到他(她)如何去處理它。教師注意什麼將造成他(她)的教學行為，因此，提升教師的覺察力，使得教師將用不一樣的觀點看待原本的課室事件，並且能夠賦予新的意義，最終將促成教學的改變。對於職前教師來說，他們普遍缺乏教學的技能與知識，而發展覺察力便是關鍵中的關鍵，職前教師如果不能先發展出覺察力，最終將無法發展出成功的改革教學(Mitchell & Marin, 2015; Sherin & van Es, 2005)。

(二)教師覺察力與信念、知識息息相關 (Kersting, 2008; Mitchell & Marin, 2015; Schoenfeld, 2011)。

教師覺察力影響了教師在課室中的決策(decision making)，但是教師覺察什麼與如何展現他(她)的關注，則是與他(她)的信念與知識相關(Schoenfeld, 2011)。例如 Kersting 的研究發現，通常能夠在解釋影片獲得高分的人(覺察力)，也能夠在知識測驗上得到高分，這告訴我們，如果忽略培養教師的覺察力，可能導致他們的知識或信念發展受限，進一步影響到教學決策的能力。

貳、文獻回顧

一、教師覺察力

覺察力(noticing)或可譯為「注意」、「察覺」、「關注」或「意識」，它的意思是「觀察」(observe)、「理解」(realize)和「處理」某事(Ball, 2011)，「覺察力」是我們日常生活的一部分，例如我們可能會注意到

今天的早餐好不好吃、某位朋友的心情好不好、今天的天氣如何等，覺察力同時也決定了我們的行為反應，例如我們注意到今天的天氣是陰天，可能會下雨，因此我們會攜帶雨具出門等。老師每天處在訊息爆炸的課室環境中，他(她)到底關注些什麼？什麼背後原因造成他(她)特別注意這些事物？這些都與他(她)的覺察力相關。教學是一個複雜行為，教師每天都在處理極度複雜與快速的資訊，透過覺察力，從中進行教學決策。

學者們對於教師覺察力的定義分歧(Jacobs et al., 2010; Sherin, Jacobs, et al., 2011)，他們各自有不同的重心，但 van E 和 Sherin (2002)的定義是比較普遍被接受的定義，她們定義教師覺察力包含注意、解釋、連結三個要素。(1)注意：辨識出什麼是課室情境中值得注意的重要事件。(2)解釋：使用個人的瞭解去理解這個特定課室事件。(3)連結：將辨識出的特定課室互動與廣泛的教學與學習原則間連結。

Jacobs et al. (2010)將教師如何「回應學生」也加進去，所以他們的三個元素是：(1)注意學生的思考、(2)解釋學生的瞭解、(3)回應學生的工作(回應學生也可見於 Warshauer et al., 2014)。類似的 Stockero(2014)也將教師如何「回應學生」加到她的定義中，不過她保留了上述的「連結」，她有四個元素：(1)辨識出情境中的重要事件(注意)、(2)連結特定課室情境與教學和學習的廣泛原則、(3)理解這個情境、(4)決定如何回應。補充說明的是，上述(1)-(3)的定義主要是基 Sherin 的定義(e.g., van Es & Sherin, 2002)，而(4)則是來自 Jacobs et al. (2010)。

學者們通常會將上述(2)連結與(3)理解歸為同類，因為這都是屬於如何「解釋」課室現象；如果用更廣泛的定義，連(4)回應也會與連結與理解同類，這都屬於教師如何對決定觀察的現象賦予意義(making sense)(Sherin, Jacobs, et al., 2011)，其後，我們將再整理這些不同定義。

Star 和 Strickland (2008)的定義則是聚焦在 van Es 和 Sherin (2002)的(1)注意上，Star 和 Strickland 認為(1)是覺察力的基礎，如果沒有注意，後面的連結與解釋根本不可能發生。他們所謂的注意，簡單來說就是當教師在觀察課室的時候，教師注意到什麼與忽略什麼。對職前教師來說，「注意」這個元素尤其重要，因為職前教師往往缺乏注意這個最基本的能力。

Goodwin(1994)使用專業視野(profession vision)來描述覺察力，他認為專業視野是一種基於個人興趣，看見和瞭解重要事件的能力，對教師來說，就是察覺教室和解釋重要課室互動的能力。Sherin (2007)認為專業視野應該包含兩個主要的程序：(1)選擇注意(selective attention)和(2)知識為基礎的推理(knowledge-based reasoning)。選擇注意是指教師決定在當下要注意什麼，如同前述，課室是一個複雜的環境，很多事件同時發生，教師必須決定選擇去注意什麼、以及忽略什麼。選擇注意這個想法在先前的研究就被探討過，例如 Bell 和 Cowie (2001)談到的「互動式形成評量」，這個詞彙用來說明教師可以分辨哪些學生聽得懂，哪些

學生聽不懂。此外，Fraivilling, Murphy, 和 Fuson (1999)強調教師等待和聆聽學生想法的能力，這意味教師仔細聆聽所有學生提供的想法，然後從中辨認出哪些跟今天課程要教的主題特別相關。第二個程序知識為基礎的理解，意味教師從他的知識和瞭解去理解他所注意的現象，例如教師可以從他的課程知識、學科知識、對學生的知識去理解特殊事件。上述(1)選擇注意和(2)知識為基礎的理解是兩個互動的程序，這意味教師選擇注意什麼會影響他如何進行理解，相對的教師的知識和期待也會驅動他們去注意什麼。

總結來說，上述這些定義的差異性可以區分：(1)只定義注意和忽略什麼，例如 Star, Lynch, 和 Perova (2011); Star 和 Strickland (2008)。(2)同時定義注意和解釋，例如 Sun 和 van Es (2015)。(3)定義注意、解釋與如何回應所注意的事件，例如 Jacobs, Lamb, Philipp, 和 Schappelle (2011)。(4)聚焦特定主題，例如聚焦學生思考的覺察力(Kang & Anderson, 2015)。

儘管存在一些對教師覺察力不同的定義，但是這些定義都在談論個體如何對情境賦予意義(making sense)(Jacobs et al., 2010)。Sherin, Jacobs, et al. (2011)總結這些不同定義，認為教師覺察力有兩個主要程序：

- (a) 注意教學情境中的特定事件：為了掌控課室的複雜性，教師必須決定注意什麼和忽略什麼。換言之，他們必須選擇注意什麼、注意多久、忽略什麼、以及忽略多久。在這個定義下，有學

者廣泛的討論教師注意什麼、忽略什麼(Star & Strickland, 2008)；但也有學者聚焦於特定主題的覺察力，例如聚焦學生思考的覺察力(noticing of students' mathematical thinking)(Fernández, Llinares, & Valls, 2013; Kang & Anderson, 2015; Walkoe, 2015)

- (b) 對教學情境中的事件賦予意義(making sense)：對於教師注意的事件，教師不是被動的訊息接受者，相反的，教師必須解釋他們所見，將這些事件抽象化與特徵化。對於教師如何理解這些現象，不同學者有不同的分類架構(Sullivan, 2011)，並且有時候也包含了教師如何回應(Jacobs et al., 2011)。

其中(a)和(b)是互動的循環，教師注意什麼會決定他如何去解釋這些事件，而如何解釋這些事件，也會影響他下次決定要去注意什麼，兩者相輔相成。

二、研究教師覺察力的方法學差異

研究教師覺察力有一個最直接的作法，就是要求他們把當時看到和想到的，用放聲思考的方式講出來(Ericsson & Simon, 1980)，然而，對於教師來說這是不太可行的，因為不可能在教學的當下打斷教師的教學。因此研究上大概有三個主要的作法(Sherin, Russ, & Colestock, 2011)：(1)提供別人的教學影帶，供教師評論、(2)教師事後回想在教學中看到什麼與想什麼(可以教完立即問、也可以請他看自己的影

帶)、(3)從教師的教學影帶中推論教師的覺察力。

除上述外，還有一些不同的分類方式：例如有些研究者聚焦研究個別教師的覺察力(個案研究，如：Mitchell et al., 2015)、而有些聚焦於整體教師的覺察力(Sherin, Jacobs, et al., 2011)；覺察力的評量設計也有差異：(1)有些使用學生的寫作(如解題過程)當作素材(Fernández, Llinares, & Valls, 2012)、(2)使用靜態的課室教學圖片(Carter, Cushing, Sabers, Stein, & Berliner, 1988)、(3)使用教學影帶(van Es & Sherin, 2002)、(4)使用卡通動畫(Herbst et al., 2013)、(5)觀看真實的課室教學當作媒介(Sherin & Es, 2003)；如果是影帶當作素材的研究，則可以區分影帶的長度(短片或整個教學)，例如 Sherin 和 van Es (2009)的影片是剪輯過後的影片，長度約 5 分鐘；Star et al. (2011)則是觀看完整的課室教學影帶(約 50 分鐘)。影帶的來源則是可以區分教師自己的教學或別人的教學、編輯過或未編輯過的影帶(McConville & Lane, 2006)；此外，有學者使用動畫或是課室轉錄稿來取代傳統的影片(Herbst et al., 2013)。

如何擷取教師的覺察力也各有作法，例如有些學者分析教師的(口語)討論資料、有些學者分析教師寫作的資料(撰寫反思文本)(Jacobs et al., 2010)、有些透過分析教師的畫圖(Star & Strickland, 2008)；問題的選用上，有些是結構化的問題(如：影片中學生的計算錯誤是什麼?)(Star et al., 2011)，有些是開放性的問題(如：你注意到

什麼?)(Walkoe, 2015)；有些允許受試者回看影片(倒轉、快轉、暫停)或再次觀看影片(Herbst et al., 2013; Star et al., 2008)；有個最新的方式是讓教師使用頭戴式隱藏攝影機，藉由分析教師錄什麼來瞭解教師覺察力(Sherin, Russ, et al., 2011)。

當然除了這些不同研究方法外，也有一些是因為研究者聚焦的覺察力之處不一樣，例如 Jacobs et al. (2010) 聚焦於學生思考上，因此他的研究資料包含教師如何理解學生的想法、教師如何回應學生的問題，而 Mitchell 和 Marin (2015) 的研究是聚焦在職前老師身上，因此，很自然的他在意的是用結構化的方式引導教師回答，並且僅收斂在職前教師如何注意重要和不重要的事件，並沒有收集如何回應學生的資料。表 1 整理這些研究方法的差異性。

三、教師的覺察力訓練

如何培養教師的覺察力是一個重要的

課題，一般而言，我們透過訓練教師觀看影帶或評論影帶達成目的 (Moreno & Ortegano-Layne, 2008; Roth McDuffie et al., 2014; Sherin et al., 2010; Sherin & van Es, 2005; Star et al., 2011; van Es & Sherin, 2002; van Es & Sherin, 2008; Walkoe, 2015)。那麼影帶有甚麼特性呢？影帶長久被使用教師的學習上，影帶可以記錄豐富的課室互動資訊，此外影帶具有重複觀看的特性，所以教師可以反覆觀看影帶獲得不同的觀點，例如教師可以在第一次注意教學、第二次注意學生反應(Brunvand & Fishman, 2006)；或者可以反覆注意同一個事件，藉此獲得更深入的瞭解。此外影帶可以暫停、可以快轉、可以回復，幫助教師聚焦某個教學片段(Sun & van Es 2015)。影帶也可以提供不同的視野，例如，有攝影機專門拍攝各組學生的學習，教師可以一次觀察好幾組的學習，這是課室觀察中做不到的(通常只能擇 1 組深入觀察)。並

表 1、教師覺察力研究方法的差異性

向度	差異性
人數	1.個人、2.群體(一群教師的表現)
媒介	1.學生寫作、2.教學影帶、3.實際課室教學
影帶	1.片段(短時間)、2.整個教學(長時間)
影帶來源	1.自己的教學、2.別人的教學
影帶格式	1.動畫、2.逐字稿、3.傳統影片
研究方法	1.分析教師(開放式)寫作資料、2.分析教師討論資料、3.分析教師答題表現
培養覺察力	1.開放式的觀察不提供引導、2.給予分析結構，教導如何觀察
評量問題	1.開放性問題(如：你注意到什麼)、2.結構式問題 (如選擇題、是非題)
覺察力定義	1.三要素皆有：注意、解釋、回應、2.只有注意、3.特定主題的覺察力(如：對學生思考的覺察力)

且研究已經證實觀看影帶可以幫助教師提升覺察力 (Brantlinger, Sherin, & Linsenmeier, 2011; Sherin et al., 2010; Sherin, 2007; Sherin & Linsenmeier, 2011; Sherin & van Es, 2009; van Es, 2012; van Es & Sherin, 2008, 2009; Walkoe, 2015)。

「影帶俱樂部」(video club)(Sherin, 2003; Sherin, 2007; van Es, 2012; Walkoe, 2015)意味聚集一群教師(職前或在職)對教學影帶進行分析與討論，這是覺察力研究上，使用影帶來提升教師覺察力的著名方式。研究已證實教師透過影帶俱樂部中的討論可以提升覺察力，這可以從幾個面向來看：1. 教師聚集在一起共同檢驗他們的教學，可以提升他們的覺察力，在此影片提供一個可以共同聚焦的討論的主題。2. 教師鮮有機會觀看別人的教學，影帶俱樂部提供這樣的機會。3. 一群人一起討論教學有助於提升覺察力，優於自己分析影帶，因此影帶俱樂部能夠幫助合作學習 (Brantlinger et al., 2011; Sherin & Linsenmeier, 2011; van Es & Sherin, 2006; van Es & Sherin, 2008)。

儘管影帶已被證實可以提升教師的覺察力，然而，我們較缺乏的是瞭解評論影帶如何提升教師的覺察力。

四、表徵教學實務

設計覺察力的評量或是培養教師覺察力時，很多都仰賴於使用表徵教學實務(如影帶)來達成，因此如何表徵教學實務，便成了重要的課題(Herbst et al., 2013; Herbst & Kosko, 2013; Moreno & Ortegano-Layne, 2008)。研究上主要有三種不同表徵實務的方法：第一種是書寫的課室教學情境(課室

教學轉錄逐字稿)(Dreher & Kuntze, 2015)、第二種是最普遍的影帶(Seago, 2003; van Es & Sherin, 2002)、第三種是動畫(Herbst et al., 2013)。書寫的課室情境強調的是個人與表徵間的互動，他可以控制外在干擾因素，讓讀者聚焦在某一些情境上(Dreher & Kuntze, 2015)。

影帶是目前最常見的做法(Seago, 2003; Sherin & van Es, 2005; Sherin & van Es, 2009; van Es & Sherin, 2008; Walkoe, 2015)，它被認為能最佳表徵教學實務的豐富訊息，然而它並不是毫無缺點與限制 (Chieu et al., 2011; Moreno & Ortegano-Layne, 2008; Sherin, Russ, et al., 2011)，首先(1)影帶取得不易，它需要學校、教師、學生、家長的同意才能拍攝；(2)影帶的焦點受限，影帶不可能像人的眼睛一樣想看哪裡就看哪裡，它有拍攝視角的限制性，有時候只拍老師教學看不到學生的反應，這也許可以透過多台攝影機輔助，但畢竟不像現場觀察那麼自在；(3)影帶紀錄較多複雜的訊息，有時候我們只希望受試者特別注意某個特定的教學內容，但是在影片中通常紀錄了許多額外的資訊，例如拍攝學生思考，可能會看到桌上的擺設、文具用品、衣著、聽到同儕聊天的聲音等，考驗觀賞者覺察力，不利無經驗的職前教師觀察或是進行特定目的之研究；(4)影帶無法改變情節，用在研究上有侷限，例如，我們想要學生故意問錯誤的問題，但現實中學生並沒有這樣做(Herbst et al., 2013; Herbst, Chazan, Kosko, Dimmel, & Erickson, 2015; Herbst & Kosko, 2014)。

有鑑於影帶的限制，Herbst 和他的研究團隊開發動畫來表徵情境，他們認為動

畫可以操弄控制，可較符合研究性質，他們用幾何圖形和代數來類比影帶和動畫的差別，影帶就像是幾何圖形，透過個體的行為來表徵教學實務；而動畫就像是代數，裡面的卡通人物就像代數符號，透過卡通人物來表徵現實中的人物；在他們的研究中(Herbst et al., 2013; Herbst et al., 2015; Herbst & Kosko, 2014)，使用影帶與動畫並無顯著差異，甚至教師在某些覺察力向度上，動畫組的表現還略優於影帶組。Moreno 和 Ortegano-Layne (2008)的研究也發現動畫組的職前教師有校正向學習態度，和學習成效。

綜合上述，茲將各種不同媒體評量設計優缺點比較如表 2。

五、教師覺察力的實徵研究

教師覺察力的研究越來越受到重視，其研究題材廣泛，儘管前述內容已對教師覺察力研究多有著墨，在此我們用另外一種方式來整理這些相關研究，企圖幫助讀者更瞭解這些不同類型的研究。然而這些分類並非絕對的，例如下述「比較覺察力的研究」這個分類，想要凸顯這些研究中進行兩個變項的比較(如：在職 vs.職前)，但屬於「比較覺察力的研究」這個分類的研究，

有些也可被劃分在「培養覺察力的研究」的類別中。因此在這裡的分類是要凸顯某一個特性(部分內容在前述已曾提及)：

(一) 比較覺察力的研究：

1. 比較職前與在職教師(或初任教師)的覺察力：例如 Jacobs et al. (2010)對教師如何覺察學生思考有興趣，他比較職前與在職教師，瞭解這兩群教師如何發展他們的覺察力。Huang 和 Li (2012)的研究比較中國的生手與資深教師，發現在職教師較在意培養學生的高階數學思考、數學知識的一致性，較少注意教師引導。
2. 比較覺察力文化差異(跨國比較)：例如前述 Miller 和 Zhou (2007)的研究，他們發現美國教師的覺察力較注重在教學策略上，而中國教師的覺察力較注重在數學。

(二) 培養覺察力的研究：

1. 聚焦培養在職教師的覺察力：例如前述 Star et al. (2011); Star 和 Strickland (2008)研究職前教師，他們特別聚焦培養職前教師的基礎覺察力：能看到什麼與不能看到什麼(覺察力元素 1：注意)，透過教材教法課程，

表 2、不同覺察力評量設計優缺點比較

	真實	時間	製作	成本	操弄劇情	取得
	1=最真實	1=最快速	1=最簡單	1=最低	○=可	○=易
	3=最虛擬	3=最耗時	3=最耗力	3=最高	×=否	×=難
影帶	1	1	1	1	×	×
動畫	2	3	3	3	○	○
文本	3	2	2	2	○	○

提供分析架構，訓練職前教師發展覺察力。

2. 透過訓練教師對影帶編碼來提升覺察力：例如 Scherrer 和 Stein (2012) 讓教師對課室影帶進行編碼，藉此來訓練他們的覺察力；Mitchell 和 Marin (2015) 的研究發現訓練職前教師使用 MQI 編碼架構(Hill et al., 2008)對影片編碼，可以成功發展覺察力。
3. 線上討論提升覺察力：Fernández et al. (2012) 以線上討論為媒介，透過職前教師解決特殊數學問題，讓職前教師討論他們的彼此解題、學生的解題，再將他們的討論如何解題延伸到學生思考上。
4. 影帶俱樂部：前述已提及相關內容 (Sherin, 2003; Sherin & Han, 2004; Sherin & van Es, 2009; van Es, 2012; van Es & Sherin, 2006; van Es & Sherin, 2009; Walkoe, 2015)。

(三) 科技融入的研究：

Walkoe (2015) 的研究聚焦在發展學生代數思考的覺察力，他們發展一套軟體，可以讓職前教師在影片上註記(標記停留點)，透過影帶的註記與彼此討論發展覺察力。van Es 和 Sherin (2002) 使用自行開發的 VAST 軟體，軟體中可以讓教師觀看自己教學的影片並記錄不同向度的觀察(軟體會提示教師有哪些向度)，例如有「學生思考」、「教師角色」、「對話」等視窗，引導教師在其中填上分析的內容。

(四) 創新方法學的研究：

例如 Sherin, Russ, et al. (2011) 透過頭戴式影藏攝影機(戴在教師頭上)，研究教師在教學當下的覺察力；Herbst et al. (2013) 開發卡通動畫來取代影片評量，並比較兩者的差異，研究結果發現兩者具有同樣的功效。

(五) 學生思考的覺察力：

覺察學生的思考是發展教師覺察力中，最普遍關注的研究議題(Ding & Domínguez, 2015; Fernández et al., 2012; Kang & Anderson, 2015; Levin et al., 2009; Roth McDuffie et al., 2014; Walkoe, 2015)。

六、教師覺察力與其他向度間的關係

一般而言，學者們認為教師知識促進覺察力，而覺察力與教學實務相關(Jacobs et al., 2010; Kang & Anderson, 2015; Miller, 2011; Sherin & Es, 2002; van Es & Sherin, 2002; van Es & Sherin, 2008; Warshauer et al., 2014)，然而學者也普遍認為覺察力同時受到知識與信念的影響(Ding & Domínguez, 2015; Dreher & Kuntze, 2015; Schoenfeld, 2011)，我們依據學者的想法，將覺察力與其他向度關係畫圖如圖 1，但是這些推論目前並沒有充分的量化研究證實。同時，我們也好奇覺察力對學生成就的影響，這是目前研究上缺乏的研究，但這也是因為學生成就與教師能力的關係，本來就不容易透過實徵資料證實。

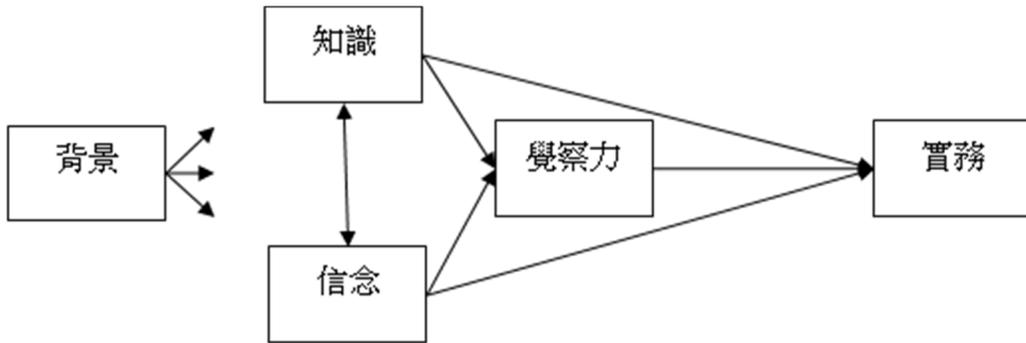


圖 1. 覺察力與其他向度間的關係

參、結論

「覺察力很重要」(noticing matters, Schoenfeld, 2011, p.233)。Schack, Fisher, 和 Thomas (2015) 在對 Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers' eyes 的書評中，引述了上面這句話，認為 Schoenfeld 成功的用精簡字句掌握住這本非常重要且極具未來發展性的書籍，這句話背後所隱含的意義是 Schack et al.認為「數學教師覺察力」(mathematics teacher noticing) 重要且極具潛力的研究主題。

的確，「教師覺察力」(teacher noticing) 近十幾年來，逐漸受到越來越多學者們的注意 (Chieu, Herbst, & Weiss, 2011; Dreher & Kuntze, 2015; Goodwin, 1994; Mason, 2002; Mitchell & Marin, 2015; Schack et al., 2015; Scherer & Steinbring, 2006; Sherin & Es, 2003; Sherin, Jacobs, & Philipp, 2011; Sherin & van Es, 2009; Star & Strickland, 2008; Stockero, 2014; Sun & van Es, 2015; van Es & Sherin, 2002; van Es & Sherin, 2006; Walkoe, 2015)，不僅如此，教師覺察力這個主題更擴展到「師培者」的覺察力上 (Amador, 2014)，或是其他教育

領域中，例如：科學教育領域 (Kang & Anderson, 2015)、純教育領域 (無聚焦特定學科，各學科同時包括) (Seidel & Sturmer, 2014)、非教育領域，如護士培育 (McConville & Lane, 2006)，有鑑於此，我們無法也不可避免地必須透過研究更深入了解教師的數學教學覺察力，我們期待本文作為一個開啟數學教師覺察力研究的開端。

致謝

本文受科技部經費補助，特此感謝。
計劃編號：MOST 105-2511-S-007 -011 -MY3。

參考文獻

- Amador, J. (2014). Professional noticing practices of novice mathematics teacher educators. *International Journal of Science and Mathematics Education*, published online. doi: 10.1007/s10763-014-9570-9
- Balacheff, N. (1988). Aspects of proof in pupils' practice in school mathematics. In D. Pimm (Ed.), *Mathematics, teachers and children* (pp. 216-235).
- Ball, D. L. (2011). Foreword. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp

- (Eds.), *Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers' eyes* (pp. xx-xxiv). New York: Taylor and Francis.
- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407. doi: 10.1177/0022487108324554
- Bell, B., & Cowie, B. (2001). The characteristics of formative assessment in science education. *Science Education*, 85(5), 536-553.
- Brantlinger, A., Sherin, M. G., & Linsenmeier, K. A. (2011). Discussing discussion: A video club in the service of math teachers' National Board preparation. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 17(1), 5-33. doi: 10.1080/13540602.2011.538494
- Brunvand, S., & Fishman, B. (2006). Investigating the impact of the availability of scaffolds on preservice teacher noticing and learning from video. *Journal of Educational Technology Systems*, 35(2), 151-174. doi: 10.2190/1353-x356-72w7-4219
- Carter, K., Cushing, K., Sabers, D., Stein, P., & Berliner, D. C. (1988). Expert-novice differences in perceiving and processing visual classroom information. *Journal of Teacher Education*, 39(3), 25-31.
- Chieu, V. M., Herbst, P., & Weiss, M. (2011). Effect of an Animated Classroom Story Embedded in Online Discussion on Helping Mathematics Teachers Learn to Notice. *Journal of the Learning Sciences*, 20(4), 589-624. doi: 10.1080/10508406.2011.528324
- Dewey, J. (1904). The relation of theory to practice in education. In National Society for the Scientific Study of Education (Ed.), *The relation of theory to practice in the education of teachers* (Vol. 3, Part 1). Bloomington, IL: Public School Publishing Co. (Reprinted from: *Teacher education in America: A documentary history*, pp. 148-149, by M. L. Borrowman, Ed., 1965, New York: Teachers College Press).
- Ding, L., & Domínguez, H. (2015). Opportunities to notice: Chinese prospective teachers noticing students' ideas in a distance formula lesson. *Journal of Mathematics Teacher Education* (Published online). doi:10.1007/s10857-015-9301-3
- Doyle, W. (1977). Learning the classroom environment: An ecological analysis of induction into teaching. *Journal of Teacher Education*, 28(6), 51-55.
- Dreher, A., & Kuntze, S. (2015). Teachers' professional knowledge and noticing: The case of multiple representations in the mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 88(1), 89-114. doi: 10.1007/s10649-014-9577-8
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factor*, 37, 32-64.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1980). Verbal reports as data. *Psychological review*, 87(3), 215-251.
- Fernández, C., Llinares, S., & Valls, J. (2012). Learning to notice students' mathematical thinking through online discussions. *ZDM*, 44(6), 747-759.
- Fernández, C., Llinares, S., & Valls, J. (2013). Primary school teacher's noticing of students' mathematical thinking in problem solving. *The Mathematics Enthusiast*, 10, 37-63.
- Fraivilling, J. L., Murphy, L. A., & Fuson, K. C. (1999). Advancing children's mathematics thinking in everyday mathematics classroom. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30(2), 148-170.
- Goodwin, C. (1994). Professional vision. *American Anthropologist*, 96(3), 606-633.
- Herbst, P., Aaron, W., & Erickson, A. (2013). How preservice teachers respond to representations of practice: A comparison of

- animations and video*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Herbst, P., Chazan, D., Kosko, K., Dimmel, J., & Erickson, A. (2015). Using multimedia questionnaires to study influences on the decisions mathematics teachers make in instructional situations. *ZDM*, 1-17. doi: 10.1007/s11858-015-0727-y
- Herbst, P., & Chieu, V. M. (2011). *Depict: A tool to represent classroom scenarios technical report*. University of Michigan. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2027.42/87949>
- Herbst, P., & Kosko, K. (2014). Mathematical knowledge for teaching and its specificity to high school geometry instruction.
- Herbst, P., & Kosko, K. W. (2013). Using representations of practice to elicit mathematics teachers' tacit knowledge of practice: a comparison of responses to animations and videos. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 17, 515-537. doi: 10.1007/s10857-013-9267-y
- Hill, H. C., Blunk, M. L., Charalambous, C. Y., Lewis, J. M., Phelps, G. C., Sleep, L., & Ball, D. L. (2008). Mathematical Knowledge for Teaching and the Mathematical Quality of Instruction: An Exploratory Study. *Cognition and Instruction*, 26(4), 430-511. doi: 10.1080/07370000802177235
- Huang, R., & Li, Y. (2012). What matters most: A comparison of expert and novice teachers' noticing of mathematics classroom events. *School science and mathematics*, 112(7), 420-432.
- Jacobs, V. R., Lamb, L. L., & Philipp, R. A. (2010). Professional noticing of children's mathematical thinking. *Journal for Research in Mathematics Education*, 169-202.
- Jacobs, V. R., Lamb, L. L. C., Philipp, R. A., & Schappelle, B. P. (2011). Deciding how to respond on the basis of children's understanding. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Eds.), *Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers' eyes* (pp. 97-116). New York: Taylor and Francis.
- Jaworski, B. (1992). Mathematics teaching: What is it? *For the Learning of Mathematics*, 12(1), 8-14.
- Kang, H., & Anderson, C. W. (2015). Supporting preservice science teachers' ability to attend and respond to student thinking by design. *Science Education*, 99(5), 863-895. doi: 10.1002/sce.21182
- Kersting, N. (2008). Using Video Clips of Mathematics Classroom Instruction as Item Prompts to Measure Teachers' Knowledge of Teaching Mathematics. *Educational and Psychological Measurement*, 68(5), 845-861. doi: 10.1177/0013164407313369
- Kersting, N. B., Givvin, K. B., Sotelo, F. L., & Stigler, J. W. (2010). Teachers' analyses of classroom video predict student learning of mathematics: Further explorations of a novel measure of teacher knowledge. *Journal of Teacher Education*, 61(1-2), 172-181. doi: 10.1177/0022487109347875
- Lesgold, A., Rubinson, H., Feltovich, P., Glaser, R., Klopfer, D., & Wang, Y. (1988). Expertise in a complex skill: Diagnosing x-ray pictures. In M. T. H. Chi, R. Glaser & M. Farr (Eds.), *The nature of expertise* (pp. 311-342). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Levin, D. M., Hammer, D., & Coffey, J. E. (2009). Novice teachers' attention to student thinking. *Journal of Teacher Education*, 60(2), 142-154. doi: 10.1177/0022487108330245
- Lo, J.-J., & Luo, F. (2012). Prospective elementary teachers' knowledge of fraction division. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 15(6), 481-500. doi: 10.1007/s10857-012-9221-4
- Mason, J. (2002). *Researching your own practice: The discipline of noticing*.

- London: Routledge Falmer.
- McConville, S. A., & Lane, A. M. (2006). Using on-line video clips to enhance self-efficacy toward dealing with difficult situations among nursing students. *Nurse Educ Today*, 26(3), 200-208. doi: 10.1016/j.nedt.2005.09.024
- Mellone, M. (2011). The influence of theoretical tools on teachers' orientation to notice and classroom practice: a case study. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 14(4), 269-284. doi: 10.1007/s10857-011-9176-x
- Miller, K., & Zhou, X. (2007). Learning from classroom video: What makes it compelling and what makes it hard. In R. Goldman, R. Pea, B. Barron & S. J. Derry (Eds.), *Video research in the learning sciences* (pp. 321-334). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Miller, K. F. (2011). Situation awareness in teaching: What educators can learn from video-based research in other fields. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Eds.), *Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers' eyes*. New York: Routledge.
- Mitchell, R. N., & Marin, K. A. (2015). Examining the use of a structured analysis framework to support prospective teacher noticing. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 18(6), 551-575. doi: 10.1007/s10857-014-9294-3
- Moreno, R., & Ortegano-Layne, L. (2008). Do classroom exemplars promote the application of principles in teacher education? A comparison of videos, animations, and narratives. *Educational Technology Research and Development*, 56(4), 449-465. doi: 10.1007/s11423-006-9027-0
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., & Arora, A. (2012). *TIMSS 2011 international results in mathematics*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- National Research Center of Taiwan. (2010). A milestone of an international study in Taiwan teacher education: An international comparison of Taiwan mathematics teacher preparation. Taipei: National Taiwan Normal University.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Osmanoglu, A., Isiksal, M., & Koc, Y. (2015). Getting ready for the profession: Prospective teachers' noticing related to teacher actions. *Australian Journal of Teacher Education*, 40(2), 29-51. doi: 10.14221/ajte.2015v40n2.3
- Philipp, R. A., Jacobs, V. R., & Sherin, M. G. (2014). Noticing of mathematics teachers. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 465-466). Netherlands: Springer.
- Roth McDuffie, A., Foote, M. Q., Bolson, C., Turner, E. E., Aguirre, J. M., Bartell, T. G., . . . Land, T. (2014). Using video analysis to support prospective K-8 teachers' noticing of students' multiple mathematical knowledge bases. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 17(3), 245-270. doi: 10.1007/s10857-013-9257-0
- Santagata, R., Zannoni, C., & Stigler, J. W. (2007). The role of lesson analysis in pre-service teacher education: an empirical investigation of teacher learning from a virtual video-based field experience. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 10(2), 123-140. doi: 10.1007/s10857-007-9029-9
- Schack, E. O., Fisher, M. H., & Thomas, J. N. (2015). Multiple perspectives of teacher noticing: An emerging area of research. *Journal for Research in Mathematics Education*, 46(3), 371-375.
- Scherer, P., & Steinbring, H. (2006). Noticing children's learning processes – teachers jointly reflect on their own classroom interaction

- for improving mathematics teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education*. doi: 10.1007/s10857-006-0004-7
- Scherrer, J., & Stein, M. K. (2012). Effects of a coding intervention on what teachers learn to notice during whole-group discussion. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 16(2), 105-124. doi: 10.1007/s10857-012-9207-2
- Schoenfeld, A. H. (2011). Noticing matters. A lot. Now what. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Eds.), *Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers' eyes* (pp. 223-238). New York: Taylor and Francis.
- Seago, N. (2003). Using video as an object of inquiry for mathematics teaching and learning. 10, 259-286. doi: 10.1016/s1479-3687(03)10010-7
- Seidel, T., & Sturmer, K. (2014). Modeling and measuring the structure of professional vision in preservice teachers. *American Educational Research Journal*, 51(4), 739-771. doi: 10.3102/0002831214531321
- Sherin, B. L., Sherin, M. G., Colestock, A. A., Russ, R. S., Luna, M. J., Mulligan, M., . . . Hall, R. (2010). Using digital video to investigate teachers' in-the-moment noticing. *Learning in the Disciplines: ICLS 2010 Conference Proceedings - 9th International Conference of the Learning Sciences*, 2, 179-186.
- Sherin, M. G. (2003). Using video clubs to support conversations among teachers and researchers. *Action in Teacher Education*, 24(4), 33-45. doi: 10.1080/01626620.2003.10463277
- Sherin, M. G. (2007). The development of teachers' professional vision in video clubs. In R. Goldman., R. Pea, B. Barron & S. Derry (Eds.), *Video research in the learning sciences* (pp. 383-395). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Sherin, M. G., & Es, E. A. v. (2002). Learning to notice as a focus for professional development. *Classroom Leadership*, 5(9), 1-6.
- Sherin, M. G., & Es, E. A. v. (2003). A new lens on teaching: learning to notice. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 9(2), 92-95.
- Sherin, M. G., & Han, S. Y. (2004). Teacher learning in the context of a video club. *Teaching and Teacher Education*, 20(2), 163-183. doi: 10.1016/j.tate.2003.08.001
- Sherin, M. G., Jacobs, V. R., & Philipp, R. A. (2011). Situating the study of teacher noticing. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Eds.), *Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers' eyes* (pp. 3-13). New York: Taylor and Francis.
- Sherin, M. G., & Linsenmeier, K. (2011). Pause, rewind, reflect: Video clubs throw open the classroom doors. *Journal of Staff Development*, 32(5), 38-41.
- Sherin, M. G., Russ, R. S., & Colestock, A. A. (2011). Accessing mathematics teachers' in-the-moment noticing. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Eds.), *Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers' eyes* (pp. 79-94). New York: Routledge.
- Sherin, M. G., & Star, J. R. (2011). Reflections on the study of teacher noticing. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Eds.), *Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers' eyes* (pp. 66-78). New York: Taylor and Francis.
- Sherin, M. G., & van Es, E. A. (2005). Using video to support teachers' ability to notice classroom interactions. *Journal of technology and teacher education*, 13(3), 475-491.
- Sherin, M. G., & van Es, E. A. (2009). Effects of video club participation on teachers' professional vision. *Journal of Teacher Education*, 60(1), 20-37. doi: 10.1177/0022487108328155
- Star, J. R., Lynch, K., & Perova, N. (2011). Using video to improve preservice

- mathematics teachers' abilities to attend to classroom features. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Eds.), *Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers' eyes* (pp. 117-133). New York: Routledge.
- Star, J. R., & Strickland, S. K. (2008). Learning to observe: Using video to improve preservice mathematics teachers' ability to notice. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *11*(2), 107-125. doi: 10.1007/s10857-007-9063-7
- Steffe, L., & Olive, J. (2009). *Children's fractional knowledge*. New York: Springer Science & Business Media.
- Stern, W. (1930). *Psychology of early childhood up to the sixth year of age*. New York: Holt.
- Stocker, S. L. (2014). Transitions in prospective mathematics teacher noticing. *Research Trends in Mathematics Teacher Education* (pp. 239-259): Springer.
- Sullivan, P. (2011). Identifying and describing the knowledge needed by teachers of mathematics. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *14*(3), 171-173. doi: 10.1007/s10857-011-9188-6
- Sun, J., & van Es, E. A. (2015). An exploratory study of the influence that analyzing teaching has on preservice teachers' classroom practice. *Journal of Teacher Education*, *66*(3), 201-214. doi: 10.1177/0022487115574103
- van Es, E. A. (2012). Examining the development of a teacher learning community: The case of a video club. *Teaching and Teacher Education*, *28*(2), 182-192.
- van Es, E. A., & Sherin, M. G. (2002). Learning to notice: Scaffolding new teachers' interpretations of classroom interactions. *Journal of technology and teacher education*, *10*(4), 571-596.
- van Es, E. A., & Sherin, M. G. (2006). How different video club designs support teachers in "learning to notice". *Journal of Computing in Teacher Education*, *22*(4), 125-135.
- van Es, E. A., & Sherin, M. G. (2008). Mathematics teachers' "learning to notice" in the context of a video club. *Teaching and Teacher Education*, *24*(2), 244-276. doi: 10.1016/j.tate.2006.11.005
- van Es, E. A., & Sherin, M. G. (2009). The influence of video clubs on teachers' thinking and practice. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *13*(2), 155-176. doi: 10.1007/s10857-009-9130-3
- Walkoe, J. (2015). Exploring teacher noticing of student algebraic thinking in a video club. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *18*(6), 523-550. doi: 10.1007/s10857-014-9289-0
- Warshauer, H., Strickland, S. K., Hickman, L., & Namakshi, N. (2014). Relating preservice teacher noticing with mathematical knowledge for teaching. In C. N. S. Oesterle, & P. Liljedahl, D. Allan. (Ed.), *Proceedings of the Joint Meeting of PME 38 and PME-NA 36* (Vol. 6, pp. 262). Vancouver, Canada: PME.
- Zhu, Y., & Fan, L. (2006). Focus on the representation of problem types in intended curriculum: A comparison of selected mathematics textbooks from Mainland China and the United States. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *4*(4), 609-626.