

舉起你的Plickers卡片：以線上形成性評量觀點 探究即時回饋系統對學習量化課程之成效

龔心怡¹ 李靜儀^{2,*}

¹國立彰化師範大學 教育研究所

²逢甲大學 跨領域設計學院

摘要

教育相關系所在規劃課程架構時，常將量化課程列為必選修課程之一，但許多學生不但對量化課程興趣缺缺，更因為對數字的不熟悉，以致於對這些課程出現跟不上進度與不容易專注的情況，進而對學習情境產生焦慮而難以投入，最終影響到課程的學習成效。本研究基於多元評量的精神，以線上形成性評量的觀點，來探究紙本即時回饋系統Plickers對學習量化課程的專注力、學習投入與學習成效之影響。研究期程從2019年2月至6月，實施為期18週量化課程的行動研究，以修習教育統計學的17位學生為研究對象，並以混合研究法進行資料的蒐集與分析，獲致之結果包括：一、Plickers輔助教學有效融入高等教育階段量化課程之可行性高，且能提升學生對量化課程之專注力、學習投入與學習成效。二、透過行動研究，Plickers輔助教學能具體展現出形成性評量與總結性評量之精神。三、教師行動研究之循環歷程，可運用轉化、反思回饋、應用、批判性／創造性思考、激發知識架構作為教師反思及學生學習之修正依據。最後根據本研究發現，提出具體建議，以供相關教學者與後續研究者之參考。

關鍵詞：Plickers、行動研究、紙本即時回饋系統、量化課程成效、線上形成性評量

壹、緒論

對高等教育階段教育相關領域的研究生而言，量化課程是熟稔數據的一環，不論是對量化資料進行描述與推論，或是運用高階統計方法編製問卷或建構模式，精熟這些內容皆有助於學生對欲研究的問題提出較為完整的研究藍圖。然而，許多教師常在量化課程中觀察到一個現象，就是儘管教師具備豐

富的專業學科知識，但在教學時常常受限於量化課程的局限性，教材呈現偏向數字、公式、計算等內容，學生也因為缺乏相關統計背景知識，又直覺地認為量化課程就是數學的延伸，因此在課堂上對課程內容的吸收有限，久而久之就會因為觀念上的不理解，投入程度逐漸地每況愈下，因而造成學習成效不彰(龔心怡，2016)。

*通訊作者：李靜儀，cyilee@mail.fcu.edu.tw

(投稿日期：民國109年9月30日，修訂日期：民國110年1月7日，接受日期：民國110年1月7日)

這樣的問題之所以值得關注，並應嘗試在教學現場解決，原因在於量化課程對高教階段教育相關領域學生而言甚為重要，教育統計常在規劃課程架構時被列為必修課程之一；教育測驗與評量是未來成為教師所必備的教育專業素養，也是專攻心理計量學或教育測量學的導論性課程之一；調查設計方法更是普遍應用在教育與心理等學科領域；至於更高階的結構方程模式與多變量分析，對於以量化研究為其論文寫作內容的博、碩士生而言，更是不可忽略。因此引發本研究思考，若能嘗試結合資訊互動方式融入量化課程，創造出一個正向師生互動的學習情境，於課程進行中導入教學與學習的多元評量，對師生雙方應該都有所助益。本研究基於多元評量的觀點，探究紙本即時回饋系統(paper-Interactive Response System, paper-IRS) Plickers對學習量化課程之成效，期望透過資訊科技的運用來促成教與學的相互對話。以教師而言，在課堂教學活動中，教師能透過線上形成性評量(formative e-assessment)立即得知學生學習的反饋結果，掌握學生學習情況，並進而調整授課步調，亦能提升個人教學專業的成長；對學生而言，學習不再是單向的接收，藉由線上形成性評量的結果呈現，可以立即得知自己是否已經清楚理解需要學會的觀念，也能激發學生的專注力與學習投入程度，進而提升學習成效。

一、研究動機

教師在教學的歷程中具有關鍵角色，無論是實現課程目標、傳授專業知識、評量學生學習成效，都具有決定性的影響力。一位有效能的教師，對於自身在課堂的教學所能達成的學習效果甚為關注，會採取各種有效的教學技巧呈現教材，並使用多元的評

量方式來確保學生的學習正在發生(Chng & Gurvitch, 2018; Devine, Fahie, & McGillicuddy, 2013)。所謂的教學評量，是指在教學過程中收集學生的資訊來評估教學的有效性，進而形成判斷並據以做成決定的過程。以評量的時機和功能而言，過程中的評量是一種形成性評量與診斷性評量，最終給予學生分數是一種總結性評量(余民寧，2011)；可見評量在學生的學習過程中甚為關鍵，因為評量在教學時提供了與學生溝通的機會，讓學生能瞭解教師的教學目標與欲達成的學習結果等。但可惜的是，高等教育階段的教師卻鮮少能以多元的評量方式來檢核自身的教學成效與評估學生的學習效果，原因在於高等教育不同科系與不同課程之間的差異性極大，較難有共同的教學評量標準來檢核自身的教學是否真正符合學生的需要(Devlin & Samarawickrema, 2010)。

傳統上，在量化課程的進行中，因為涉及許多觀念釐清、公式推導、計算過程等，因此講述法是最常被使用的方法。授課的過程多採用由淺入深、循序漸進地教授這些相關知識，而教師檢核學生是否充分瞭解這些課程內容的評量方式，也多半以選擇題、簡答題、計算題等紙筆測驗的期中、期末考為主。這種傳統的總結性評量，教師不但得等到課程進行一段時間之後才能瞭解學生的學習狀況，也僅能在紙筆測驗結果後，才能以學生學習成效的資訊來評估自身的教學有效性，而學生也難以在學習過程中得到立即性的回饋(Chng & Gurvitch, 2018)。然而，量化課程進行的關鍵點就在於教師是否能清晰地說明每個觀念，且學生能否充分地理解這些觀念，俟充分理解前一個觀念、公式與計算後，才能進入下一個主題，此時形成性評量所提供的立即回饋就變得十分重要。然而

以傳統的講述法進行課程，教師通常無法顧及到每位學生的理解程度，也欠缺師生互動的引導，至多只能從口頭方式詢問學生是否理解來決定課程能否持續進行，難以即時掌握每位學生的學習狀況。此時若有學生無法跟上進度，可能就會造成其無法將注意力持續在課堂上，對量化課程的學習感覺興趣缺缺，甚至因為跟不上進度而心生焦慮，進而對學習歷程產生負面影響，覺得自己無法學好，這樣的結果已引起國內、外相關研究者的關注(郭國禎、駱芳美，2010；Dunn, 2014; Onwuegbuzie, 2004)。

由於選擇教育相關系所就讀的學生以文組居多、理工類組居次，因此導致在學習過程中很容易出現跟不上進度、不易專注，也難以投入的狀況。以教師而言，若能在學習過程中隨時檢核學習是否已達「精熟」(mastery)的程度，並隨時掌握特定內容的學習結果；教師就能藉由這些資料的蒐集，立即瞭解教學成效以便調整教學方式，有需要時實施補救教學。對學生而言，若可以讓學生隨時檢核自身的學習狀況，就可以瞭解自己是否充分理解內容、改進自己的錯誤或導正迷思概念。而這個能立即瞭解教師教學成效與學生學習狀態的評量方式，就是評量過程中的「形成性評量」，不但能培養學生自我評量的能力，還能增加學習和遷移的機會(National Research Council [NRC], 2000)，也是教學歷程中針對教學活動進行「品質管制」的一項重要活動(余民寧，2011)。此外，為了讓學生隨時保持對量化課程學習的專注度，除了運用傳統的講述法之外，若再輔以資訊科技的融入，以線上形成性評量的觀點運用即時回饋系統(Interactive Response System, IRS)來立即瞭解學生的學習狀態並藉以調整教學進度，增進學生對量化課程的學習興趣，應能強化其對課程內容的理解。

Davis (2015)就指出新資訊科技的融入使得學生更容易保持學習熱情與專注，促進學生主動參與的動機，促使學生聚焦並投入於學習內容，且IRS易於收集關於學生在學習過程中的豐富訊息，立即瞭解學生的學習成效。

有鑑於在高等教育的量化課程對教育領域學生有其重要性，但學生似乎較難在目前講述式的教學與總結性評量方式中達到有效的學習，而這又是一個在教學現場必須試圖解決的問題，故本研究嘗試突破傳統講述式量化課程的窠臼，打破量化課程僅能以總結性評量來評估學生學習成效的迷思，結合資訊互動方式融入量化課程教學，以線上形成性評量觀點，來探討運用Pickers對學生學習量化課程之影響。期望這樣的課程突破方式能呼應近年來創新課程與教學的推廣，促成教學與學習的對話，進而激發學生對量化課程內容的轉化、專注、反思、學習投入、學習興趣與學習成效。

二、研究目的

為深入瞭解形成性評量與總結性評量等多元評量方法，並結合資訊科技融入在高等教育階段量化課程之應用性，本研究目的如下：

- (一)探討結合線上形成性評量與Pickers有效融入高等教育階段量化課程之可行性。
- (二)瞭解Pickers輔助教學對提升學生在量化課程的專注力、學習投入與學習成效之效果。
- (三)探究教師藉由行動研究，能以Pickers輔助教學展現線上形成性評量與總結性評量之精神。
- (四)分析教師行動研究之循環歷程，運用轉化(Transformation)、反思回饋(Reflection)、應用(Application)、批判性／創造性思考(Critical/Creative thinking)、激發知識

(Kindling) (TRACK)架構做為改進量化課程教學之回饋與反思。

貳、文獻探討

首先評析高等教育量化課程教學之現況與困境；接續導入何以使用形成性評量對量化課程有所助益，並進一步說明線上形成性評量之優勢；再者論述使用Pickers之原因及如何在課堂中搭配形成性評量之做法，並介紹本研究使用Pickers之相關研究，分述如下。

一、高等教育階段量化課程教學之現況與困境

國內、外各大專院校教育相關系所在規劃課程架構時，大多會將量化課程列入導論性課程之一，例如：教育統計、教育測驗與評量等；並接續規劃更加深、加廣的一系列量化課程，例如：結構方程模式、多變量分析、調查設計研究等。課程規劃的原因在於對教育研究而言，量化資料的蒐集與分析是描述和分析研究資料的重要方法，也有助於對欲研究的問題或假設建構出較為完整的研究藍圖。儘管量化課程在教育領域中有其重要性，但由於選擇教育系所就讀的學生以文組居多，對數學的負向刻板印象導致學生對這些量化課程多半缺乏興趣，甚至產生一定程度的焦慮，進而影響其學習成效。研究指出教育領域中具有統計焦慮學生的比例並不算低，根據Onwuegbuzie (2004)研究資料顯示，約有75 ~ 80%高等教育的學生都曾經歷由統計焦慮所引起程度不一的各種身心不適狀況，對量化課程的學習感覺霧裡看花，甚至因為跟不上進度而心生焦慮，進而影響其學習動機和成就。此外，近期的研究也指出不論是課堂課程或是網路課程，過度的焦慮會降低學生學習投入與學習成就，並促使學

生以負面或消極的態度評價自己在量化課程學習歷程中的努力和成果(郭國禎、駱芳美，2010；Dunn, 2014)。

由於量化課程教學十分強調連貫性，學生非得充分理解前一個觀念、公式與計算後才能進入下一個主題，因此立即的回饋就變得十分重要，若教師可以即時掌握學生的理解程度，並同時讓學生將注意力持續在課堂上，就能隨時保持他們對內容學習的參與度。透過這種即時的反饋，教師不但可以調整教學步調，找出哪些學生需要額外的引導與支持，學生也可以從回饋的過程中受益，這種評量方式就是「形成性評量」的概念(NRC, 2000)。Hodgson與Pang (2012)指出若在高等教育階段的量化課程實施形成性評量，這種形成性評量的過程有助於學生進一步反思課程內容，並對他們的學習擁有更大的自主權，也能激發學生課程參與程度；學生不僅在課堂任務上表現出更高的承諾，也能主動積極回答問題，甚至可以自行建構問題。這種形成性評量的取向正為高等教育量化課程教學之困境提供了一個可能的解決方向。但僅僅是口頭互動的形成性評量是否完全適用於高度數字化的量化課程？Davis (2015)、Hodgson與Pang都提出資訊科技融入的觀點，鼓勵高等教育的教師們採用線上形成性評量的取向來擴充傳統的形成性評量。

二、線上形成性評量在量化教學的適用性與課室中的實踐

形成性評量由Scriven (1973)首先提出，其原則是強調在教學歷程中，教學與評量是相互結合的，最主要的目的是不斷地針對教師與學生提供回饋。Bell與Cowie (2001)更進一步定義形成性評量是一個具備回應性(responsiveness)、具有即時訊息與證據來源、藉由潛移默化(tacit)的過程，在課程中將教師

專業知識、教學經驗、學生學習歷程結合、重視評量目的之評量方式。形成性評量是一種教師影響學生學習最有效的方法，相較於總結性評量，形成性評量的重點放在測量所教過特定內容的學習結果，以及使用評量結果來改進教學與學習，隨時掌握並確保學習是否已達「精熟」(NRC, 2000)。郭生玉(2004)以評量的目的來定義形成性評量，意指在教學過程中隨時採用內容簡短的測驗來評量學生學習進步的狀況。張春興(2006)從實施評量的時機來界定形成性評量，認為是一種用於教學歷程中所實施的評量，對教師而言，形成性評量可以讓教師得到回饋，藉以瞭解其教學成效以便調整教學方式；對學生而言，形成性評量可以讓學生瞭解自己的學習進步狀況，更可以改進自己錯誤的學習方式。余民寧(2011)也認為形成性評量就是在教學歷程中針對教學活動進行「品質管制」。Collins (2011)認為形成性評量有幾個優點：(一)學生在課程中經歷問題解決時，可由不同面向思考；(二)所有學生較為積極投入問題解決歷程中；(三)促進同儕合作；(四)有機會讓師生在課程進行中處理問題；(五)強化學生的解題技能。NRC更提出形成性評量能培養學生自我評量的能力，增加其學習、反思和遷移的機會。

將這樣的概念套用在量化課程的教學上，如果教師在教導環環相扣的觀念、公式與計算時，若能善用形成性評量，將教學與評量利用互動的方式相互結合，就能不斷的提供回饋給予學生與教師，學生不僅可以在課堂上透過問題解決歷程釐清正確與錯誤的概念，也能在短期間得到大量的知識回饋，反思學習、深度思考，進而達到學習遷移的效果；教師也能藉由學生的回答調整課程的進度，獲取學生迷思概念的訊息與證據，進而修正教學模式。然而，傳統的形成性評量較為仰賴師生的口語互動，也僅能聚焦在特

定學生，無法同時兼顧每位學生的學習狀況。若能利用創新的線上形成性評量方法，設計一套可以事先準備題目，又能立即顯示答案正確與否的教學工具來協助形成性評量，將可事半功倍，此時結合資訊科技的IRS就能達到這樣的效果(Davis, 2015)。

Hodgson與Pang (2012)指出對教師而言，線上的回饋可以立即發現學生在量化課程學習的困難與迷思概念，當從學生的即時反應中觀察到學生對於某些概念不太理解時，就可以稍做暫停，給予學生多一點的思考、推導與計算時間，讓他們有反思與轉化內容的機會，如此便能相對提高學習效果。對學生而言，線上形成性評量也是一種即時回饋，當自己從投影螢幕看到自己答錯時，若能立刻發問，請教師給予提示或引導，協助自己找出正確答案。這樣的立即性回饋可以幫助學生在課堂上練習習題，也能在主動找出正確答案的過程中獲得精熟，進而提升學習效益。此外，傳統的形成性評量大多著重在課堂的互動操作層面，僅僅重視課堂當下的資料收集後加以分析，才能獲致可供未來教學與學習的參考，Fisher與Frey (2015)就提到若這些收集到的資訊無法進行系統性的分析，就沒有收集資訊的必要性，而目前許多以線上形成性評量觀點來操作的IRS，不但能協助資料的收集，更能彙整個別學生在不同題目的答題狀況，教師可針對這些資料進行後端的分析，比傳統的形成性評量更具優勢。此外，王子華、王國華、王瑋龍與黃世傑(2004)的研究也指出，採用網路形成性評量的學生平均成績比採用紙筆型式的形成性評量的學生平均成績更佳。

綜合上述，線上形成性評量的概念非常適用於量化課程的教學中，由於大多數教育領域的學生對量化課程的負向看法是累積

的，通常前一個觀念或計算不夠清楚就無法持續學習，因此如果在教學過程中可以隨時以線上互動問答方式確認學生對內容的理解程度，就是融入了線上形成性評量與IRS的概念，應能對量化課程的進行有所助益。由於量化課程是一種涉及符號、計算、假設、公式與操作統計軟體的學科，在教學與評量過程中學生本就不容易聚焦、難以投入，若能善用資訊科技融入，利用線上形成性評量概念的IRS來協助教學，並在課程結束後，善用收集到的資訊進行進一步系統性的分析，例如：學生的個別狀況、學習的整體狀況等，應可對高等教育量化課程之教學有一定的幫助，是一種值得嘗試的創新課程教學與評量方法。

三、Paper-IRS：Plickers之簡介及應用

IRS也稱為教室反饋系統(classroom response system)，其別名甚多，例如：投票系統(voting system)、按按按或按按樂(clicker)、「按按按」高互動遙控教學系統、教室即時評量系統(classroom gauge system)、學生回饋系統(student response system)、教室溝通系統(classroom communication system)、聽眾回饋系統(audience response systems)、教室表現系統(classroom performance system)、個人回應系統(Personal Response System, PRS)等(蔡文榮, 2014)，是學生藉著手中的電子載具立即回應教師的一種互動方式，在課堂教學活動中適度地導入IRS能正面幫助教師教學與學生學習，是近幾年來改善課堂教學品質最重要的資訊應用設備之一(陳寶山, 2008；黃建翔, 2017)。事實上，原始IRS的設計就是一種人工舉牌的紙本式設計，最早是由美國哈佛大學的物理系教授Eric Mazur於1991年研發，但之後就轉化為遙控器形式的PRS系統

(蔡文榮, 2012)。Mazur也提出clicker的重點應該要作為一種形成性評量的工具來瞭解學生的學習過程，而非聚焦在總結性評量上(謝承諭, 2016)。黃建翔(2017)探討IRS運用至大學課程教學之策略，提到透過資訊科技不僅能增進學生專注力與促進高層次思維，也能促發多元的高等教育教學模式。陳寶山歸納使用IRS對學生與教師的成效，包括：提高學生主動參與動機、幫助學生聚焦並投入於學習內容、協助學生進行更深層的概念理解等。針對教師教學而言，可以協助教師診斷教學狀況以提供後續修正、改善師生間的互動、增進教學流暢，也方便教師運用，亦能透過立即的統計報表迅速掌握學生學習狀況。而paper-IRS就是學生不需要使用電子載具的回饋裝置按鈕來選擇答案，而是改以紙本的方式讓教師掃描學生手中的紙卡，當教師在螢幕上顯示題目，學生只要配合教師的口語指示將紙卡高舉答案，教師便可以立即掃描學生的紙卡得到學生的回答。

本研究採用paper-IRS之原因，在於量化課程的進行本來就需要高度聚焦於課程內容，使用paper-IRS在參與者一端的操作方式相當簡單，只要舉牌即可，無須花費過多的時間操作電子載具，可將時間聚焦在課堂複雜概念的理解，亦可大為降低學生上課頻繁使用電子載具的依賴性與疑慮(龔心怡, 2016)。目前paper-IRS最為廣泛的應用之一就是Plickers，它是一個相對較經濟的回饋系統工具，透過紙本卡片提供即時回饋(Chng & Gurvitch, 2018)，其廣泛性在於學生不需要擁有電子載具，只要教師有行動裝置及發給每位學生一張最多四個選項的Quick Response Code (QR碼)，當教師在課堂中進行形成性評量時可移動自己的行動裝置，掃描學生的卡片，以顯示學生針對題目所回應的答案，教

師也能透過自己的行動裝置立即收集個別學生和整班的學習成果數據，但學生彼此之間的作答情形是匿名的。

四、國內、外Plickers相關研究現況之回顧與比較

許多研究指出運用Plickers對課程與評量的優勢。整體而言，研究發現Plickers是一個相對新穎的形成性評量工具，以paper-IRS方式提供立即問題與立即回饋，促進師生有更多的教室互動(Howell, Tseng, & Colorado-Resa, 2017; Kent, 2019)。首先從情意層面的觀點來看，多數研究指出不論是幼稚園至十二年級(K-12)或是高等教育階段的課程進行，Plickers都有助於學生的投入、參與、正向態度與知覺、注意力及滿意度等，例如：Chng與Gurvitch (2018)發現Plickers適用於K-12階段的課程，因為此種兼顧形成性評量與總結性對學生的課堂參與大有助益；至於在高等教育階段，Ullah與Anwar (2020)使用Plickers資訊科技的介入活動來改善電腦科學系學生的學習投入；Tlale-Mkhize (2020)研究也發現Plickers這種科技導向的形成性評量可以提供大學生立即回饋且確保教師有效地教學，也能增進大學生在課程上的投入；Wood, Brown與Grayson (2017)則認為在課堂中使用Plickers來進行形成性評量是適合的，能提升大學生的學習興趣；Ruisoto與Juanes (2019)更提到即便在神經科學中涉及的複雜問題，Plickers也可以幫助大學生主動參與課堂活動；Wuttiptom, Toeddhanya, Buachoom與Wuttisela (2017)在在大一物理課程使用Plickers教學，發現學生對學習物理和運用Plickers這個方法都有正向的態度；Pearson (2020)調查大學一年級藥學專業學生對使用Plickers的看法，發現學生對其效果感到滿意；Masita (2020)也指出使

用Plickers可以吸引大學生的注意力，使他們可以專注於英文字彙的學習。由上述可知透過Plickers形成性評量過程，其所適用的學科廣泛，涵蓋電腦、物理、英文、藥學、神經科學等，且對於情意層面的提升甚有成效。

再就認知層面的觀點而言，Plickers的優勢在於這種應用程式可適用於多種形式的評量活動，不需要仰賴學生端的裝置就能允許教師收集即時形成性與總結性評量的資料，幫助教師快速且簡單的瞭解學生對於某個知識的不足，進而規劃後續課程(Chng & Gurvitch, 2018; Kent, 2019)。Plickers不但在K-12階段被廣為使用，高等教育階段使用Plickers此種方式的研究也不在少數。例如：Michael, Ejeng, Udit與Yunus (2019)使用Plickers來評量國小三、四年級學生的英文閱讀理解能力，發現學生的閱讀能力有所增長；江長民、紀麗春與涂國祥(2017)將Plickers應用在高中階段的課程，發現連學生向來畏懼的學習評量都能反客為主，請求教師多出一些評量題目來檢核自己的學習成效，甚至自行設計題目，由教師進行評比，從中找出合適的題目進行互動性評量；Pearson (2020)指出Plickers可以使大學生理解上課內容，具有解決問題的機會；Tlale-Mkhize (2020)發現使用Plickers有助於大學生學習；Elmahdi, Al-Hattami與Fawzi (2018)也指出在課程中透過Plickers協助大學生複習，能提升大學生學習表現；Lowe, Macy與Stone (2019)認為Plickers會促使大學生聚焦在重要議題，這個形成性評量的過程可以幫助他們確認自己的迷思概念；Krause, O'Neil與Dauenhauer (2017)也將Plickers應用在物理師培課程，幫助師培生學習以學生為導向的評量過程。從上述可知在認知層面上，Plickers不但可以跨學科使用，對於不同階段學生的

學習成效、學科表現、迷思概念的釐清等都 有所助益。

然而Plickers也並非是萬靈丹，儘管 paper-IRS 的優勢是只需要較低技術性紙卡 就能自動收集與記錄學生的個別反應，但 較為受限的是，它也只能以選擇題的形式 來呈現題目，因此教師仍然需要輔以板書、 搭配學習單等方式才能補足形成性評量的 目的(Morano, 2019)；此外，Plickers是一種資 訊科技工具的融入，仍然需要搭配網路連線 速度來進行，因此教室物理環境建置的成 熟與否，也是需要充分考量的一環(Chng & Gurvitch, 2018)。

綜合上述，從過去的文獻發現Plickers 不論在K-12乃至於到高等教育階段等場域， 或是在不同學科的應用，都有一些相對應的 研究成果，儘管在各學習階段的研究所探討 之研究變項不盡相同，但大多可以對應至本 研究所關注的情意面向與認知面向。甚為可 惜的是，就本研究所搜尋的Plickers文獻，對 於特定聚焦於高等教育階段的量化類型課程 著墨甚少，引發本研究欲探究在高等教育階 段，是否能將Plickers此種紙本式的線上形成 性評量系統，適用在可能充斥著不少迷思概 念、學生又普遍缺乏學習投入與不容易專注 的量化課程，期望藉由研究發現能對高等教 育階段的量化課程有所助益。

五、應用Plickers在本研究之必要性 與價值性

綜合上述國內、外文獻，可以發現文獻 的證據大多支持Plickers這類型的paper-IRS工 具的應用科目與階段別甚為廣泛，也多會以 情意或認知層面來考量其成效，因為Plickers 對於快速掌握課堂的節奏很有用，也適用於 形成性評量。較為可惜的是以本研究所收集

到的文獻，Plickers在高等教育階段量化課程 上的應用仍不多見，同時以線上形成性評量 觀點蒐集量化與質性的資料，來探究對學生 情意與認知面向的文獻更是付之闕如。過去 研究多半單獨聚焦在情意層面的投入、滿意 度等，較少衡量此種方式對專注力的影響， 以量化課程的性質而言，這種需要學生充分 理解前一個概念，才能推導至下一個環環相 扣的複雜概念之學科，對於使用Plickers後， 能否有助於學生課堂中的學習投入與專注力 的改變情況是尚未被充分討論的。過去研究 也多半單獨聚焦在認知層面的學習成效，但 多數缺乏以行動研究中強調以「計畫→行動 →觀察→反省→修正」歷程的方式來有系統 地蒐集認知層面的資料，這都是本研究有別 於過去研究，可以再多加深入探討的部分。 因此，以形成性評量的觀點來探究上述的 相關議題，將有助於未來高等教育階段量化 課程的規劃與評量。再者，對於以學生為主 體的高等教育課堂，瞭解學生對於此種建立 於互動式的線上形成性評量之看法有其重要 性；若能獲取使用Plickers輔助教學可獲致的 優勢與限制等研究結果，不僅能展現在多元 評量的應用，也對未來類似課程的實施與推 廣大有助益。

基於上述，本研究以情意面向與認知面 向兩方面來探究Plickers在量化課程中可能達 成的成效。情意層面聚焦在學生的專注力與學 習投入。專注力內涵意指課堂中學生注意力的 聚焦狀態(林玉雯、黃台珠、劉嘉茹，2010)； 學習投入內涵意指學習者在課業學習活動中， 投入專注與熱誠，透過不同活動致力於學習、 理解或精熟知識和技巧，並預期課業的提升 (Fredricks, Blumenfeld, & Paris, 2004)。認知層 面聚焦在學生的學習成效，學生學習成效係指 學習者在經過一段學習歷程後，在某一特定科 目或領域概念上的學習表現情形，能運用各種

測驗或評量工具所衡量出的學習表現及成果(余民寧, 2006)。由於本研究認為在高等教育階段的量化課程實施Pickers能快速掌握課堂的節奏, 以形成性評量的概念而言, 教師可以在課堂中即時瞭解學生的學習狀況, 幫助學生主動參與課程, 不但可以在課程進行中瞭解學生對課程內容的認知程度, 複習所學; 還能增加學生學習投入程度; 也可以進行練習活動, 隨時讓學生拿起自己的卡片作答; 亦可以讓學生體驗出題者的角度, 從中瞭解自身的迷思概念。此外, Pickers不但可以增進師生互動, 提升教師教學品質與學生學習專注與投入, 兼具學習歷程記錄功能, 亦可立即針對學生表現進行診斷性與形成性評量, 即時實施補救教學, 且透過Pickers進行形成性評量可讓教師立即掌握學生的學習成效, 並即時調整教學策略, 實為一個適合高等教育階段量化課程教學現場操作的創新教學方法。故期望藉由本研究之發現, 展現該領域教學現場的新風貌, 透過科技應用於量化課程, 不但能達到提升學生情意與認知層面的成效, 也能營造專注與有趣的學習氣氛, 藉以降低量化課程所帶來的焦慮, 形成學生自發性的自主學習。

參、研究方法

一、研究設計與研究問題

本研究採用教師行動研究, 行動研究是教

師在教學歷程中, 為自己在教學現場面臨問題時所進行的一項系統化研究活動, 旨在透過瞭解教學現場問題, 發展批判性的行動, 進而改善教學環境或提升學生學習效果。主要歷程大致包括: 選擇焦點、形成問題、計畫、執行、觀察、資料蒐集與詮釋、反省、評鑑、修正、再行動等部分來嘗試解決實際問題, 透過行動與反思的動態循環歷程來獲取相關資訊(林素卿, 2012)。在高等教育階段教育相關系所的學生學習量化課程, 常出現缺乏興趣、投入程度低落、學習成效不彰等普遍現象, 故以此為焦點形成問題, 研究設計以線上形成性評量觀點, 探究運用Pickers對學習量化課程之成效。執行過程以混合研究法的方式蒐集與分析學生質性與量化資料並進行詮釋與反思, 透過行動與反思的動態循環歷程在課程進行中不斷探究學生是否能實際從結合線上形成性評量與Pickers中獲益。研究設計如圖1所示。基於研究動機、目的與文獻探討, 臚列研究問題如下:

- (一)結合線上形成性評量與Pickers有效融入高等教育階段量化課程之可行性為何?
- (二)能否以Pickers輔助教學提升學生在量化課程之專注力、學習投入與學習成效?
- (三)藉由行動研究, 教師能否以Pickers輔助教學具體展現線上形成性評量與總結性評量之精神?

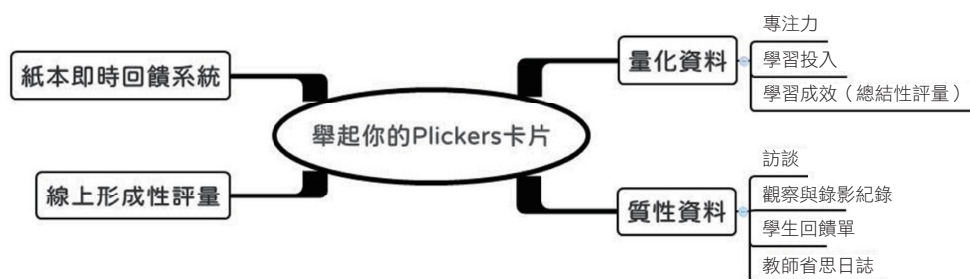


圖1：研究設計

(四)基於教師行動研究之循環歷程，能否以TRACK架構做為改進量化課程回饋與反思之依據？

二、研究場域與研究對象

研究者所屬的學校提供充沛之教學資源，例如：相關軟硬體設備(電腦、平板、單槍投影機等)建置完善，網路流暢度佳，校園內的無線網路設備亦定時更新軟硬體設施。此外，學校端也成立專屬「教師教學實踐成長社群」辦理教學論壇與教學演練工作坊，協助教師教學融入實務，藉由校內、外社群教師合作進行課程設計與協作；教學卓越中心也會提供教師教學資源，亦有因課程需求於校內雲端學院設置測驗學習網站，與課堂線上形成性評量相輔相成。

本研究規劃一系列量化課程，研究對象為研究者所屬教育研究所的碩士生。先導性研究為107學年度第一學期的調查設計研究，主要先讓學生熟悉融入線上形成性評量的Plickers上課方式。主要課程為107學年度第二學期的教育統計學，對象為17位碩士班學生。該班學生多數都是社會科學領域背景的學生，因此對於量化的概念並不熟悉，也較為欠缺相關的量化先備知識，在學習經驗上並不充分。此外，學生可能傾向將量化學習視為是一個比較負面的學習經驗，因而在課前會有緊張、焦慮等心態。研究者本身於教育系所任教多年，曾開設過多門量化課程，包括：教育統計學、教育測驗與評量、結構方程模式、調查設計研究等，因此對課程內容甚為熟稔，教學經驗也堪稱豐富。課程多以教科書搭配補充講義與教材，並針對每一單元自編題目，檢核學生的概念理解程度。近幾年除了講述之外，嘗試以少量的資訊互動方式融入量化課程教學，來立即瞭解學生的學習狀態並藉以調整教學進度，藉以增進

學生對量化課程的學習動機與興趣，進而強化對課程內容的理解，學生反應良好，也有助於其學習成效的提升。

三、研究流程

本研究採行動研究，藉由「計畫→行動→觀察→反省→修正」的循環歷程進行，首先為教學準備階段，確定研究問題後，初步擬定教學計畫與設計教學活動；接續為教學實施與修正階段，於課堂教學時採用Plickers來進行線上形成性評量藉以收集資料；最後為資料分析與處理階段。為了充分對應行動研究之循環歷程，本研究採用Xiao, Larkins與Meng (2018)針對高等教育量化課程所提出的TRACK架構，依據課堂的師生互動關係、學習情境、教師教學反思等角度的分析框架，蒐集質性的課堂觀察與錄影紀錄、訪談、學生回饋單、教師省思日誌及量化數據進行資料處理與分析，TRACK架構的說明在資料處理與分析詳述。

四、研究工具與資料蒐集

本研究之量化研究工具包括：問卷調查(檢驗教學前後專注力與學習投入的變化)、Plickers後端資料分析(彙整形成性評量與總結性評量結果)、期中與期末考試等；質性的工具包括：觀察與錄影紀錄、訪談、教師省思日誌、學生回饋單等，茲將研究工具分述如下。

(一)量化工具

本研究使用三份量化研究工具來進行資料收集，第一個量表為張超翔(2012)所編製的專注力量表；第二個量表為林淑惠與黃韞臻(2012)所編製的學習投入量表；第三個量表為研究者自編之統計認知測驗，量表之內容、計分方式、信效度分析說明如下。

專注力量表採Likert 6點量表，6代表非

常符合、1代表非常不符合，分數越高表示在課堂學習的專注力越高。該量表經過嚴謹的信效度檢核程序，效度方面首先以預試樣本進行項目分析與探索性因素分析，探索性因素分析結果萃取出四個因素，包括：「競爭選擇」6題、「刺激過濾」5題、「工作記憶」5題及「感官控制」3題，共19題，每題因素負荷量介於.45 ~ .94之間，一般常見的標準為低於.40以下即刪除(Pituch & Stevens, 2016; Schumacker & Lomax, 2016)，該量表之因素負荷量尚符合標準，總解釋變異量為59.32%；接續再以正式樣本進行驗證性因素分析，適配度指標指出標準化均方根殘差(Standardized Root Mean square Residual, SRMR) = .05、近似均方根誤差(Root Mean Square Error of Approximation, RMSEA) = .08、Tucker-Lewis指標(Tucker-Lewis Index, TLI) = .89、比較適配指標(Comparative Fit Index, CFI) = .91、正規化卡方值(Normed Chi-Square, NC) = 2.36等，大致符合標準。信度方面，四個分構面之內部一致性Cronbach's α 係數分別為.88、.83、.87與.84，前測、後測與延後測之信度分別為.95、.98與.97，顯示信度良好。

學習投入量表採Likert 5點量表，5代表完全符合、1代表完全不符合，分數越高表示在課堂學習的投入程度越高。該量表先後以探索性因素分析、驗證性因素分析、複核效化等方式確認效度，探索性因素分析萃取出五個因素，包括：「技巧」4題、「情感」5題、「表現」4題、「態度」4題、「互動」3題，共20題，每題因素負荷量介於.59 ~ .87之間，總解釋變異量為59.90%；接續再以另一樣本進行驗證性因素分析，使用15個適配度指標，除了卡方值因樣本數過大未達標準，其餘均達標準，列舉適配度指標如下：SRMR = .05、RMSEA = .06、TLI

= .95、CFI = .96、Critical N = 246，顯示建構效度良好；複核效化的適配度指標包括：SRMR = .07、RMSEA = .06、非規範適配指標(Non-Normed Fit Index, NNFI) = .95、CFI = .96、Critical N = 442，顯示具有跨樣本之穩定性，上述結果皆顯示該量表具有良好效度。信度方面，五個分構面的Cronbach's α 係數依序為.76、.79、.79、.72與.71，總量表的Cronbach's α 係數為.86，顯示具有良好的內部一致性信度。

統計學習成效的測量主要在探知學生對教育統計知識的瞭解程度，期中與期末考試題編製皆參考教育統計課程內容進行試題編製。研究者首先依據命題雙向細目表(two-way specification table)編擬試題，為確保試題之內容效度，商請他校曾任教教育統計學的兩位教授，就研究者所編擬之期中與期末考試題，針對題目內容加以檢核及修正，使測驗內容能適切課程單元，且達文辭通順以符合學生閱讀程度，確保初稿試題符應內容效度之標準；兩位專家對初稿試題內容的評分者一致性達.94。接續再請曾經修課過的研究生進行試答，根據試答結果稍加修正，最後修訂成選擇題、簡答題、計算題、SPSS軟體操作實作題等四大類，各類題型之配分一致，得分越高，代表其對教育統計學知識理解程度越高。

(二)質性工具

本研究質性工具為課後學習經驗的訪談、教師省思日誌、課堂觀察錄影紀錄、學生學習意見的回饋單等。訪談分為非正式訪談與正式訪談兩種，非正式訪談於平日授課完隨機訪談並即時記錄，沒有限定固定的學生。正式訪談採半結構性訪談，先以結構性問題發問，後為開放性問題，不限制回答者的答案，以期獲得更完整的資料。訪談對象考量以性別、程

度(分為高、中、低)代表各一位；同時在訪談結束後提供訪談回饋函，內容則是在訪談結束後將錄音內容轉成逐字稿，並請參與者進行逐字稿的檢核。教師省思日誌於每次教學活動前後，針對教學設計、想法及教學時所遭遇之困難、應對方式，所做的反思紀錄，可作為研究者在教學設計與教學過程中反省、分析與修正的參考。教學實施時採錄影的方式記錄教學實況，以便於較完整掌握教室複雜的教學情境。由於本研究並沒有協同研究者，為了有利於日後回顧教學情況、師生的互動情形，作為日後詮釋研究結果時的依據，故採同步課堂錄影的方式檢核。教學活動結束之後，請每位參與研究學生填寫學習意見的回饋單，以瞭解學生對於Plickers教學的看法，以及運用此種線上形成性評量的優缺點。由這些質性方法所蒐集到的資料，將形成性評量觀點所蒐集到的Plickers資訊相互對照，藉以瞭解學生的迷思概念、進步情況與學習歷程。

五、資料處理與分析

本研究將Plickers實施前後之專注力量表得分、學習投入量表得分及期中、期末考成績，以SPSS for Windows 20.0版進行無母數分析Wilcoxon符號等級檢定，分析使用線上形成性評量觀點之Plickers創新教學融入在教學前後，課室專注力、學習投入及學習成效是否有顯著提升。也利用訪談、教師省思日誌、觀察與錄影紀錄、學生回饋單等協助資料蒐集，並將多元面向蒐集而來的資料予以編碼並進行三角驗證(triangulation)，作為修正行動的依據與參考。在資料的蒐集與分析時，為了避免主觀上的判斷，故以三角檢證的方式來重新檢核，減少研究過程中的誤差，以提高研究效度。質性資料代碼與意義見表1。

此外，為對照量化與質性之結果並回

應行動研究「計畫→行動→觀察→反省→修正」的循環歷程之精神，本研究採用Xiao等(2018)的TRACK架構來綜整資料處理與分析並撰寫報告，茲將TRACK架構說明如下：

(一)轉化：轉化在教師課堂上的實務教學經驗與學生的學習活動中具有重要的功用。在非傳統課堂中，教師採用Plickers來激發每個學生主動參與，這種投入使學生能夠將他們已經掌握的理論知識「轉化」為實際應用。

(二)反思回饋：意指依據教師對過去與現在「教學經驗的反思」，透過訪談、觀察與省思日誌更容易在課堂中塑造和發展自身的教學理念；同時，學生也能從Plickers過程「即時反思」和瞭解自己的學習經驗，進而可以藉由靈活調整學習策略促進學習成果。

(三)應用：Plickers是一種線上形成性評量的「應用」，作為瞭解學生學習情況的輔助手段，此種線上應用有利於促進學生的學習熱情、投入等。本研究當課程上到一個概念時便要求學生應用Plickers卡片回答與此概念相關的問題，而教師可以即時在行動載具上即時瞭解每位學生在該題的學習情況(答對或答錯)，以及瞭解班上整體學生對該題概念的理解程度。

(四)批判性／創造性思考：藉由Plickers教學的過程，學生呈現自主學習的動力就是批判性／創造性思考的引發，這是學習過程中必不可少的要素，教師應該為學生創造支持性的環境來引發學生的創造性思考。本研究在課堂中會依據個別學生的答題情況，抽點學生解釋為何會選擇此答案，藉以引發學生「批判性／創造性思考」的可能性。

(五)激發知識：透過Plickers線上形成性評量IRS的方式，學生能藉由非傳統的學習方式「點燃與激發」知識的火花。這樣的方式可以讓學生發表對某一個題目的解法，也能讓其他的同學瞭解其他人的思考模式，同時內化自己的解法，進而達到學習的成效。

表1：質性資料代碼與意義說明表

原始資料編碼	意義說明
訪S1-20190515	代表2019年5月15日學生S1訪談紀錄
回饋單S2-20190515	代表2019年5月15日學生S2填寫的回饋單紀錄
教誌20190515	代表2019年5月15日教師教學省思日誌紀錄
課觀20190515	代表2019年5月15日教師課堂觀察紀錄(採同步錄影回溯方式進行課程觀察)

六、研究倫理

教育研究經常涉及觀察或測量人的行為與特質以解釋教育的現象，因此必須瞭解且關注研究倫理。本研究在計畫實施前，對研究參與者清楚說明研究的性質、目的及進行方式，並在取得研究對象簽署之書面知情同意書後開始進行研究；需要錄音或拍照時也事先徵求研究對象的同意。同時為顧及研究對象隱私與保密，所蒐集的資料及分析後的結果皆以代碼處理；另外若研究對象提及不願公開的內容，將尊重其意願，不予登錄。此外，在進行研究過程中，不論是資料蒐集與分析，或是研究報告的撰寫將客觀而忠實呈現原貌，不過度推論。

肆、研究結果與討論

本研究把運用Plickers的教學過程與結果分述如下，根據研究目的與問題，將研究發現分析與討論如下。

一、運用Plickers對學生在量化課程專注力、學習投入與學習成效之影響

(一)專注力

本研究以無母數分析中的Wilcoxon符號等級檢定考驗Plickers用於量化課程之專注力平均得分是否有差異。表2為專注力之描述性統計及Wilcoxon符號等級檢定之結果分析，可知學生之專注力的平均得分均有提升，且競

爭選擇($Z = -3.17, p < .05$)、刺激過濾($Z = -3.43, p < .01$)、工作記憶($Z = -2.14, p < .05$)、感官控制($Z = -2.67, p < .01$)及整體量表($Z = -3.34, p < .01$)皆達顯著性差異，其中以刺激過濾分構面的差異性最為顯著。刺激過濾是指個體對外界突出的訊息進行篩選，使訊息進入工作記憶，換言之就是教師在使用Plickers進行形成性評量的過程中，這種立即反饋方式可以協助學生針對課程內容訊息先進行篩選並記下重要內容，提升對課程內容的專注程度。以質性資料而言，根據課堂觀察與錄影紀錄、

表2：專注力之描述性統計及Wilcoxon符號等級檢定之結果分析

構面名稱	平均數	標準差	Z
競爭選擇			-3.17*
前測	4.77	0.66	
後測	5.42	0.59	
刺激過濾			-3.43**
前測	4.96	0.46	
後測	5.59	0.48	
工作記憶			-2.14*
前測	4.68	0.61	
後測	5.18	0.66	
感官控制			-2.67**
前測	5.08	0.68	
後測	5.61	0.50	
整體量表			-3.34**
前測	4.88	0.51	
後測	5.45	0.47	

註：1. $N = 17$ 。

2. * $p < .05$, ** $p < .01$ 。

學生訪談、回饋單與教師省思日誌也歸納出Plickers可以即時評量對內容理解的狀態，注意力能夠持續集中並提供立即回饋；許多學生表示因為可以立即看到自己答對或答錯與否，所以上課時注意力會很集中，也希望自己對統計概念上的理解是正確的，因此比較容易聚焦在課堂上教師講授的過程。綜合質性與量化結果，可知本研究發現與過去許多研究(黃建翔，2017；Davis, 2015; Hodgson & Pang, 2012; Masita, 2020)相呼應，發現使用Plickers可以吸引學生的專注力，不論是在對統計課程訊息強度的篩選，例如：能注意到課堂所提出的問題、強調的統計概念重點等；或是可以過濾不同的刺激感受，像是只要Plickers題目一出現，學生的視線就會隨著投影螢幕移動，也知道該題需要標示的重點為何；又或者是可以專注於課堂不受無關情境影響而分心等；以及強化認知上的處理，例如：透過Plickers題目彙整上課重點、思考重要統計概念、適時做筆記組織自己的學習等，都可以顯示出在量化課程運用Plickers之優勢，確實讓學生更為專注與投入。

除了以表2的統計考驗外，課程所蒐集的質性資料也能呼應量化研究的結果，這可以由以下質性的描述資料看出來：

可以快速掌握學習重點，即時釐清觀念，讓人集中精神，專注聽講。
(回饋單S5-20190312)

可以抓住我的注意力，馬上知道自己不懂的地方。(訪S1-20190319)

幫助檢視自己是否瞭解課程內容，引發人專心上課。(回饋單S16-20190416)

課程一開始就將Plickers紙卡發下去，同學們似乎感覺很新鮮，感覺因為使用Plickers，大家都很投

入，眼神專注，深怕自己漏答了，感覺是一個蠻不錯的開始。(課觀20190312、教誌20190312)

(二)學習投入

本研究以無母數分析中的Wilcoxon符號等級檢定考驗Plickers用於統計教學上之學習投入平均得分是否有差異。表3為學習投入之描述性統計及Wilcoxon符號等級檢定之結果分析。結果可知，學生學習投入的技巧($Z = -2.44, p < .05$)、情感($Z = -2.24, p < .05$)、表現($Z = -2.20, p < .05$)等分構面及整體量表($Z = -2.86, p < .01$)達顯著性差異，平均得分均有提升。其中以技巧分構面的差異性最為顯著。技巧是學習投入的行為層面，意指學生能否

表3：學習投入之描述性統計及Wilcoxon符號等級檢定之結果分析

構面名稱	平均數	標準差	Z
技巧			-2.44*
前測	3.99	0.48	
後測	4.41	0.39	
情感			-2.24*
前測	4.14	0.48	
後測	4.49	0.44	
表現			-2.20*
前測	4.38	0.47	
後測	4.68	0.37	
態度			-1.71
前測	3.60	0.59	
後測	3.94	0.67	
互動			-1.88
前測	3.20	0.97	
後測	3.51	0.95	
整體量表			-2.86**
前測	3.86	0.42	
後測	4.21	0.44	

註：1.N = 17。

2.* $p < .05$, ** $p < .01$ 。

運用學習策略記住教材重點及課程內容，例如：整理筆記、畫記重點等，換言之就是使用Plickers之後，能協助學生在學習行為上更為投入，進一步彙整與記錄課程重點。以質性資料而言，也歸納出Plickers非常適用於活化教學，引發學生的投入，是一個很新鮮的資訊科技方法，營造課堂學習正向氛圍，師生間極有互動性，亦有情感的投入，也能在行為與認知的投入上達到提升的效果。綜合研究結果，可知本研究發現與過去許多研究(陳寶山，2008；Chng & Gurvitch, 2018; Howell et al., 2017; Mshayisa, 2020; Ruisoto & Juanes, 2019; Tlale-Mkhize, 2020; Ullah & Anwar, 2020; Wood et al., 2017)相呼應，發現使用Plickers促進師生有更多的教室互動與投入，特別是在技巧、情感與表現方面，例如：Plickers是一個好的策略來協助學生標記統計重點與核心概念，因為學生越來越瞭解到，只要是教師放在Plickers題目來檢核的重點，就是課程內容中容易出現的迷思概念；或是可以建立課堂良好氛圍的情感投入，像是只要切換到Plickers頁面，同學們就覺得有趣與特別投入，營造出不落人後、共同舉牌的凝聚感；學生也因為知道Plickers會有立即回饋與點名效果，很少請假或遲到，深怕沒有舉到牌而錯失了課程重點；顯見在量化課程運用Plickers確實可以提升學生的不同面向的學習投入程度。

除了以表3的統計考驗外，課程所蒐集的質性資料也能呼應量化研究的結果，這可以由以下質性的描述資料看出來：

可以即時反映出自己對該題的認知，

是否正確。(回饋單S6-20190319)

形成性評量讓我能對老師所教授的重

點印象更加深刻。(訪S7-20190430)

真的很有趣，未來我也會應用到教學。(回饋單S13-20190618)

今天提到Type I error與Type II error的基本概念，可以看出有些同學勤做筆記很投入，但也有些同學似懂非懂，人數還不少，下次課程開始時，可能需要針對這些概念再進行複習。(教誌20190409)

(三)學習成效

本研究以無母數分析中的Wilcoxon符號等級檢定考驗Plickers用於統計教學上之學習成效平均得分是否有差異，學習成效以學生對教育統計知識的瞭解程度代表，前測為期中考成績，後測為期末考成績。表4為學習成效之描述性統計及Wilcoxon符號等級檢定之結果分析，可知整體量表($Z = -2.70, p < .01$)達顯著性差異，顯示後測的分數顯著高於前測，顯示藉由Plickers，學生在量化課程的統計學習成效有提升。此外，透過Plickers後端的資料分析，也可瞭解各題答題狀況與題項分析之總結性評量。綜合上述結果，可知本研究發現與過去許多研究(王子華等，2004；Chng & Gurvitch, 2018; Elmahdi et al., 2018; Fisher & Frey, 2015; Kent, 2019; Lowe et al., 2019; Pearson, 2020)相呼應，在量化課程運用線上形成性評量的Plickers，不但可以協助學生在課程進行中時時複習重要統計概念，教師也能透過後端的資料分析瞭解學生對於某

表4：學習成效之描述性統計及Wilcoxon符號等級檢定之結果分析

構面名稱	平均數	標準差	Z
整體量表			-2.70**
前測	79.78	17.17	
後測	90.31	11.23	

註：1.N = 17。

2.** $p < .01$ 。

個知識的不足或可能產生的迷思概念，進一步思考應如何規劃後續課程以利學生學習，顯見Plickers的輔助教學確實可以增進學生在量化課程認知面向的理解，亦即提升學生的學習成效。

二、線上形成性評量結果與TRACK架構之對照

本研究為了符應行動研究的循環歷程之精神，以Xiao等(2018)的TRACK架構來綜整

師生藉由使用Plickers，在量化課程的形成性評量過程中，可能出現之轉化、反思回饋、應用、批判性／創造性思考、激發知識等元素，茲將TRACK架構對照結果說明如表5。透過表5可以得知師生確實能在線上形成性評量過程中交替出現不同的轉化、反思回饋、應用、批判性／創造性思考、激發知識等元素。這樣的研究發現也呼應先前的研究結果(江長民等，2017；Hodgson & Pang, 2012; NRC, 2000; Xiao et al.)，這種方式不但能引導

表5：師生回饋意見與TRACK架構之呼應

TRACK架構	師生回饋意見
轉化	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感覺很新鮮、有趣，會吸引人參與課程。且老師也可以根據學生的作答情況，瞭解學生不懂的觀念，讓老師能針對學生問題進一步講解、說明，更能「對症下藥」。(回饋單S5-20190305) 2. 一種創新、實用、具便利性及隱私性之作答方式，而且我好像有點理解統計也有實用性的一面呢。(回饋單S7-20190604) 3. 我從資料統計中得知學生對提問之瞭解程度，並依立即與後端的數據顯示結果，針對學生較不理解之部分做進一步講解。(教誌20190514) 4. 試了好幾次的Plickers實際操作，我覺得這樣的方式確實可以幫助學生學習，也能提供即時反饋，蠻實用的！這兩週內容提到Z分數的相對位置概念，學生馬上把這個概念應用在其他課堂上計算自己小考成績在全班的相對位置，顯然他們已經可以將學習到的理論知識「轉化」為生活上的實際應用。(課觀20190312)
反思回饋	<ol style="list-style-type: none"> 1. 非常有創意的活動方式，且可立即呈現大家答題的情況，我馬上知道在哪些地方是觀念不清楚的。(回饋單S12-20190319) 2. 是一種創新的教學方式，上課可以跟老師有互動，又可以立即瞭解對主題的迷思概念，即時回饋、即時發問、即時得到解答。(訪S1-20190430) 3. 統計一開始是觀念居多，藉由課堂上立即性的回饋與評量，我能比較瞭解大家對統計的迷思概念為何。(課觀20190402) 4. 利用Plickers已經進行了大約三分之二的課程，仍然觀察到有部分學生似乎還是覺得頗有難度，特別是涉及需要思考的複雜概念，例如：相關係數的方向與程度的應用題，可能是觀念上尚未完全吸收，學生還是在舉牌時有些遲疑，需要較長時間思考，或許要給學生多一點作答時間，或是再將複雜概念拆解成不同題目來檢核。(教誌20190529)
應用	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plickers可掃描條碼後，立即判斷、呈現個人答案，使教學不再是教師傳統講述，而是讓每位學生都有參與感，增進課堂師生互動，相當值得推廣採用。(訪S1-20190312) 2. Plickers使用起來非常有趣，整個上課及答題過程充滿刺激，腦力與反應的時間比賽，最重要是上課無冷場！(回饋單S12-20190423) 3. Plickers能知道你對某個主題的瞭解或不瞭解的即時回饋的好方法，我喜歡這樣的教學模式，因為回答問題的方式很有趣，而且我能夠在課堂上專心聽講。(訪S2-20190611) 4. 線上形成性評量能夠讓學生對於我所強調的統計迷思印象深刻，例如Type I error與Type II error、拒絕虛無假設的判斷等概念，但是學生在課後也有反應題目可以多元一點，有時上述迷思概念的題目重複性有點高，若時間允許，應該可以再多安排一些其他類型的題目。(教誌20190507)

表5：師生回饋意見與TRACK架構之呼應(續)

TRACK架構	師生回饋意見
批判性／創造性思考	<ol style="list-style-type: none"> 1.這門課真的非常有挑戰性，要成功，你就需要不斷學習。(回饋單S4-20190528) 2.Plickers幫我記住重要的概念和課堂上的知識，因為老師會抽點學生解釋為什麼要選這個答案，雖然壓力很大，但這比一般的評量方式還有趣。(訪S1-20190611) 3.Plickers很適合拿來在課堂上與學生之間，進行互動和即時問答。拜Plickers所賜，這學期也分段將整本教科書唸完、看完，因為課堂上也需針對其他同學提出的想法給予回饋。(訪S3-20190618) 4.今天我利用Plickers設計多種不同的研究情境，讓學生判斷在這些不同的研究設計之下，需要使用何種統計方法，答題完成後，再讓學生分析為何需要採用該種統計方法，並陳述原因，解釋他們的答案，過程中學生討論極為熱烈，還有同學驚覺自己的論文統計方法可能用錯了，真的有點自主學習的氛圍了！(課觀20190611)
激發知識	<ol style="list-style-type: none"> 1.整學期的課程，我以事前準備題目、課堂上Plickers作答的方式來進行課程設計，同時也要學生能儘量課前閱讀、學習出題，希望這樣的方式可以激發學生對統計的興趣。(教誌20190618) 2.這種非傳統性的上課與評量方式，使我在這門課的參與度和對內容的掌握度著實提升不少。(訪S15-20190528) 3.很喜歡老師使用Plickers這個方法來上課。每個人每個禮拜每個章節出一個題目，讓同學可以做課前預習，然後因為老師上課會掃描我們的回答，所以上課前必須把同學出的題目做過一次，這又預習了一次，最後老師上課又講解一次，所以每一章節，我們至少看過三次。(回饋單S17-20190528) 4.今天針對t-test和ANOVA的問題，有位同學有不同的詮釋方式，他認為兩組的差異性比較不一定只能用t-test，也能用ANOVA來處理，同學也指出$t^2 = F$的關係，雖然在做兩組的差異性分析時，使用t-test的確是最為常見的方法，但這位同學的解題方式也可行，只是較為少用，所以我請他發表他的觀點，藉此讓其他同學多元學習，也內化及吸收不同的解法，進而達到同儕互相學習、互相成長的效果。(課觀20190521)

註：TRACK：轉化(Transformation)、反思回饋(Reflection)、應用(Application)、批判性／創造性思考(Critical/Creative thinking)、激發知識(Kindling)；ANOVA：變異數分析(Analysis of Variance)。

教師進行反思修正，連學生都能反客為主，自行設計題目，培養學生自我評量的能力，增加其學習、反思和遷移的機會。

三、教師教學反思與回饋

透過這個研究，研究者反思在量化課程運用線上形成性評量的Plickers之優勢如下：(一)可節省部分板書時間，且提供學生立即的回饋，知道多少學生聽懂與聽不懂，並且對聽不懂學生進行補救教學。(二)能立即瞭解學生學習情況，同時掌握出席狀況。(三)能瞭解學生的學習狀況，可設定顯示全班答題分布，但不公布個人作答情況，可維持學生自尊心，也能透過自己作答的情形瞭解是

否有再進步的空間，或與他人相較之下該如何調整學習進度。(四) Plickers的IRS之互動性，能充分展現線上形成性評量之優勢，因此Plickers是一個非常具有實用性，且介面操作也是容易掌握的paper-IRS，對學生的專注力、學習投入與學習成效具有不錯的效果。然而，Plickers同樣有其限制性：(一)尚無法分析試題的難度與鑑別度，或追蹤學生成績分析功能。(二)部分學生會礙於同學已經舉牌而緊張，無法給予每位學生充分的時間作答。(三)若網路速度不理想，活動無法順利進行。(四)僅能使用在封閉式問題，無法用在開放性問題與公式推導，還是需要搭配講述方式方能相輔相成。

伍、結論與建議

因應多元評量在教育現場中越來越被重視，本研究為了能解決在量化課程所遇到的困境，希望能以結合線上形成性評量與IRS的方式，來幫助教師深入瞭解學生的學習情況，而Plickers正好提供量化課程一個可行的選項。對教師而言，不需要太高深的技術、不需要共享設備、也不需要大量的預算，就能透過線上形成性評量立即得知學生學習的反饋結果，掌握學生學習情況；對學生而言，學習不再是單向接收，藉由線上形成性評量的結果呈現可以得知自己是否已經清楚理解需要學會的觀念，提升學習成效。茲將結論與建議說明如下。

一、結論

(一)Plickers輔助教學有效融入高等教育量化課程之可行性高

本研究發現透過Plickers輔助教學，教師和學生可以主動且持續有系統地透過線上形成性評量來蒐集學習的立即回饋證據，對於調整量化課程教學與促進學習有正面且積極的作用，也能透過Plickers後端資訊獲取總結性評量結果來改善學生的學習成效。顯見Plickers是一個具備能即時回應、即時提供訊息與證據來源、教學過程能潛移默化學生之良好工具，因此在高等教育量化課程實施之可行性高。

(二)Plickers輔助教學能提升學生對量化課程之專注力、學習投入與學習成效

本研究結果發現透過Plickers輔助教學，以專注力而言，不論是從質性結果顯示，學生因為能立即看到自己及同儕的作答情形，可以很快擷取內容與藉由解答反饋自己的學

習結果，所以會將注意力集中在課程內容；量化結果也指出學生在刺激過濾面向最為顯著，表示使用Plickers可以協助學生針對課程內容訊息先進行篩選並記下重要內容，提升對課程內容的專注程度。以學習投入來說，質性結果顯示Plickers教學方式會讓學生印象更加深刻、引發投入，量化結果也指出學生的技巧投入最為顯著，亦即學生能因為Plickers的教學來強化其行為投入，例如：運用不同的策略彙整筆記、畫重點等。以學習成效而言，認知測驗的成績也有所進步，故不論從情意層面或認知層面，Plickers輔助教學對其專注力、學習投入與學習成效皆有所助益；且課堂學習氛圍佳，不再只是教師單向授課，亦有師生間情感的投入，也能展現在行為與認知的投入上，進而達到學習成效提升的效果。

(三)透過行動研究，Plickers輔助教學能具體展現出線上形成性評量與總結性評量之精神

藉由行動研究「計畫→行動→觀察→反省→修正」歷程，本研究首先將教師目前遭遇高等教育階段學生在量化課程學習成效不彰視為需解決的問題，提出結合線上形成性評量來調整課程教學與促進學習之「計畫」，採用Plickers輔助教學來「行動」，課程中透過不斷地「觀察」來有系統地蒐集學習證據以得到立即回饋(形成性評量結果)與Plickers後端資訊(總結性評量結果)，過程中教師使用專業知識與經驗不斷「反省」，將教與學互相整合並進行下一單元的調整與「修正」，再持續進行下一個循環歷程。此種師生在課堂內以Plickers所創造出的互動方式，其特色正符合線上形成性評量的過程及目的，也充分展現出總結性評量的精神。

(四)教師行動研究之循環歷程，可運用TRACK架構作為教師反思及學生學習之修正依據

本研究為了充分展現「計畫→行動→觀察→反省→修正」的循環歷程，依據TRACK架構來進行分析，顯見可以運用TRACK架構作為線上形成性評量過程中交替出現不同元素之教師反思與學生學習的修正依據。

二、建議

(一)量化課程之學習，應同時兼顧線上形成性評量與總結性評量

本研究發現線上形成性評量能提升學生對量化課程的學習成效，顯見不應受限於量化課程之局限性而輕忽形成性評量之功能，不論是線上或非線上的形式。線上形成性評量對於調整量化課程教學與促進學習有正面的作用，總結性評量則可以瞭解學生最終的學習成效；兼顧多元評量方能幫助學生累積知識並產生有意義的學習，進而展現瞭解學習問題的自我反思。在十二年國民基本教育強調差異化教學之際，建議教師要瞭解多元評量融入差異化教學之關聯性，同時從「教學」與「評量」互為需求的角度來看，創新且具差異化的教學過程，還需與多元評量相互搭配才能真正為每位學生提供適切的協助。

(二)先導性課程的試行可提高正式課程的順暢及教學成效

如同Earl (2003)所提醒的，任何在學校中所發生的改變，都應該是一種「緩慢式的漸進主義」(creeping incrementalism)，若教師無法深入瞭解運用Pickers進行教學之理念，或是不能理解Pickers在教學時能展現線上形成性評量與總結性評量之精神，則此工

具將流於僅是好玩的教具而已。再者，使用Pickers取決於校內無線網路的連線品質，且第一次使用需較長的設定程序(包括：匯入修課名單、熟悉系統介面、建置形成性評量題目等)，因此，本研究建議為了提高正式課程的順暢及教學成效，可先進行先導性課程的試行，從每一次的教學歷程中，緩慢且漸進式的調整教學步伐與內容。

(三)宜從學生的回饋修正題目設計，善用學生的迷思概念來設計問題

本研究透過TRACK架構對照形成性評量過程發現，不僅教師透過行動研究的過程能夠反思，學生也能積極透過反思回饋、批判性／創造性思考、激發知識等元素發現自己的迷思概念；而迷思概念的診斷與釐清有助於教學的進行，經過教師的教學或引導，能使教學與學習成為有效的活動。本研究發現學生對於量化課程的迷思概念甚多，建議後續研究者，可針對學生的迷思概念來設計題目，或是從學生自身的角度出發，自己設計每個單元的題目提供給全班學生。如此一來，每位學生可以在上課前做課前預習，上課中藉由教師釐清相關概念後，進行線上即時性評量，課後再進行複習，如此，便能協助學生充分掌握量化課程的內容與學習效果。

誌謝

本研究為教育部教學實踐研究計畫(PED107076)之成果，研究者感謝教育部經費補助；也感謝《科學教育學刊》主編與相關人員及兩位匿名審查委員對本研究所提供之寶貴意見；最後向本研究團隊成員及所有的研究參與者致上謝意。

參考文獻

1. 王子華、王國華、王瑋龍、黃世傑(2004)。不同形成性評量模式對國中生網路學習之效益評估。《科學教育學刊》，12(4)，469-490。doi:10.6173/CJSE.2004.1204.04
[Wang, T.-H., Wang, K.-H., Wang, W.-L., & Huang, S.-C. (2004). Assessing effectiveness of formative assessment models on students' learning achievement in e-learning environment. *Chinese Journal of Science Education*, 12(4), 469-490. doi:10.6173/CJSE.2004.1204.04]
2. 江長民、紀麗春、涂國祥(2017)。數位科技創新教學，永慶師生互動共好。《中等教育》，68(3)，127-131。doi:10.6249/SE.2017.68.3.11
[Chiang, C.-M., Chi, L.-C., & Tu, K.-H. (2004). Innovative digital teaching and its effect on mutually beneficial interactions between teachers and students at YCSH. *Secondary Education*, 68(3), 127-131. doi:10.6249/SE.2017.68.3.11]
3. 余民寧(2006)。影響學習成就因素的探討。《教育資料與研究》，73，11-24。
[Yu, M.-N. (2006). The exploration of factors affecting the learning achievement. *Educational Resources and Research*, 73, 11-24.]
4. 余民寧(2011)。《教育測驗與評量：成就測驗與教學評量(第三版)》。臺北市：心理。
[Yu, M.-N. (2011). *Educational testing and assessment* (3rd ed.). Taipei, Taiwan: Psychological.]
5. 林玉雯、黃台珠、劉嘉茹(2010)。課室學習專注力之研究——量表發展與分析應用。《科學教育學刊》，18(2)，107-129。doi:10.6173/CJSE.2010.1802.02
[Lin, Y.-W., Huang, T.-C., & Liu, C.-J. (2010). The development and application of the concentration questionnaire in science classroom. *Chinese Journal of Science Education*, 18(2), 107-129. doi:10.6173/CJSE.2010.1802.02]
6. 林素卿(2012)。《教師行動研究導論(第二版)》。高雄市：麗文文化。
[Lin, S.-C. (2012). *Jiaoshi xingdong yanjiu daolun* (2nd ed.). Kaohsiung, Taiwan: Liwen Cultural.]
7. 林淑惠、黃韞臻(2012)。「大學生學習投入量表」之發展。《測驗學刊》，59(3)，373-396。doi:10.7108/PT.201209.0373
[Lin, S.-H., & Huang, Y.-C. (2012). Development of learning engagement scale for college students. *Psychological Testing*, 59(3), 373-396. doi:10.7108/PT.201209.0373]
8. 郭生玉(2004)。《教育測驗與評量》。臺北市：精華。
[Kuo, S.-Y. (2004). *Jiaoyu ceyan yu pingliang*. Taipei, Taiwan: Jinghua.]
9. 郭國禎、駱芳美(2010)。教育與諮商相關系所大學生統計壓力的因應策略與統計焦慮關係之研究。《家庭教育與諮商學刊》，9，61-106。doi:10.6472/JFEC.201012.0061
[Guo, G.-J., & Law, F.-M. (2010). A study of coping strategies and statistics anxiety among

- undergraduate and graduate college students in education. *Journal of Family Education and Counseling*, 9, 61-106. doi:10.6472/JFEC.201012.0061]
10. 張春興(2006)。張氏心理學辭典(重訂版)。臺北市：東華。
[Chang, C.-H. (2006). *Zhangshi xinlixue cidian* (Rev. ed.). Taipei, Taiwan: Tunghua.]
 11. 張超翔(2012)。數位遊戲式學習對國中生專注力、批判思考能力與學科成就之影響。未出版之碩士論文，國立成功大學教育研究所，臺南市。
[Chang, C.-H. (2012). *The effect of digital game-based learning upon junior high school students' concentration, critical thinking skills and academic achievement*. Unpublished master thesis, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan.]
 12. 陳寶山(2008)。預習導讀、同儕評量與IRS結合運用——以「學校行政」課堂教學為例。學校行政，58，150-180。doi:10.6423/HHHC.200811.0150
[Chen, P.-S. (2008). The application and combination of fore exercise and reading guidance, peer assessment, and interactive response system—Taking the class instruction of school administration for example. *School Administrators*, 58, 150-180. doi:10.6423/HHHC.200811.0150]
 13. 黃建翔(2017)。淺談IRS即時反饋系統運用至大學課程教學之策略。臺灣教育評論月刊，6(10)，81-87。
[Huang, C.-H. (2017). Qiantan IRS jishi fankui xitong yunyong zhi daxue kecheng jiaoxue zhi celue. *Taiwan Education Review Monthly*, 6(10), 81-87.]
 14. 蔡文榮(2012)。檢視即時反饋系統在大學教學推廣上的現況與展望。海峽科學，3，152-155。
[Tsay, W. R. (2012). Jianshi jishi fankui xitong zai daxue jiaoxue tuiguang shang de xiankuang yu zhanwang. *Straits Science*, 3, 152-155.]
 15. 蔡文榮(2014)。探討即時反饋系統運用在大學「管理數學」之教學現況。教育科學期刊，13(2)，75-96。
[Tsay, W. R. (2014). A study on IRS implementing in a management mathematics class in a public university. *The Journal of Educational Science*, 13(2), 75-96.]
 16. 謝承諭(2016年10月12日)。創造終極翻轉教室——同儕教學法教學指南_Eric Mazur。查詢日期：2020年12月6日，檢自<http://tpod.ctld.ntnu.edu.tw/Publications/show?id=16389eea3908422dae3b031808bdeedfc>。
[Hsieh, C.-Y. (2016, October 12). *Creating the ultimate flipped classroom—A step by step guide for peer instruction*. Retrieved December 6, 2020, from <http://tpod.ctld.ntnu.edu.tw/Publications/show?id=16389eea3908422dae3b031808bdeedfc>]
 17. 龔心怡(2016)。運用紙本IRS即時反饋系統翻轉高等教育統計課程——Plickers教學之反思。高等教育研究紀要，5，35-48。

- [Kung, H.-Y. (2016). A study of applying sheets of paper interactive response system to statistics course in higher education: Teaching, learning and reflections of Plickers. *Memoirs of Higher Education Studies*, 5, 35-48.]
18. Bell, B., & Cowie, B. (2001). The characteristics of formative assessment in science education. *Science Education*, 85(5), 536-553. doi:10.1002/sce.1022
 19. Chng, L., & Gurvitch, R. (2018). Using Plickers as an assessment tool in health and physical education settings. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 89(2), 19-25. doi:10.1080/07303084.2017.1404510
 20. Collins, A. (Ed.). (2011). *Using classroom assessment to improve student learning: Math problems aligned with NCTM and common core state standards*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
 21. Davis, M. R. (2015). *Technology Fed growth in formative assessment*. Retrieved December 24, 2020, from <https://www.edweek.org/teaching-learning/technology-fed-growth-in-formative-assessment/2015/11>
 22. Devine, D., Fahie, D., & McGillicuddy, D. (2013). What is 'good' teaching? Teacher beliefs and practices about their teaching. *Irish Educational Studies*, 32(1), 83-108. doi:10.1080/03323315.2013.773228
 23. Devlin, M., & Samarawickrema, G. (2010). The criteria of effective teaching in a changing higher education context. *Higher Education Research & Development*, 29(2), 111-124. doi:10.1080/07294360903244398
 24. Dunn, K. (2014). Why wait? The influence of academic self-regulation, intrinsic motivation, and statistics anxiety on procrastination in online statistics. *Innovative Higher Education*, 39(1), 33-44. doi:10.1007/s10755-013-9256-1
 25. Earl, L. M. (2003). *Assessment as learning: Using classroom assessment to maximize student learning*. Thousand Oaks, CA: Corwin.
 26. Elmahdi, I., Al-Hattami, A., & Fawzi, H. (2018). Using technology for formative assessment to improve students' learning. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 17(2), 182-188.
 27. Fisher, D., & Frey, N. (2015). Show & tell: A video column/don't just gather data—Use it. *Educational Leadership*, 73(3), 80-81.
 28. Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109. doi:10.3102/00346543074001059
 29. Hodgson, P., & Pang, M. Y. C. (2012). Effective formative e-assessment of student learning: A study on a statistics course. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 37(2), 215-225. doi:10.1080/02602938.2010.523818

30. Howell, D. D., Tseng, D. C., & Colorado-Resa, J. T. (2017). Fast assessments with digital tools using multiple-choice questions. *College Teaching*, 65(3), 145-147. doi:10.1080/87567555.2017.1291489
31. Kent, D. (2019). Plickers and the pedagogical practicality of fast formative assessment. *Teaching English with Technology*, 19(3), 90-104.
32. Krause, J. M., O'Neil, K., & Dauenhauer, B. (2017). Plickers: A formative assessment tool for K-12 and PETE professionals. *Strategies*, 30(3), 30-36. doi:10.1080/08924562.2017.1297751
33. Lowe, M. S., Macy, K. V., & Stone, S. M. (2019). Contingent teaching through low-tech audience response systems: Using Plickers to support student learning and assessment. *Journal of Information Literacy*, 13(2), 235-252. doi:10.11645/13.2.2633
34. Masita, M. (2020). Teaching vocabulary using blended learning method. *Ethical Lingua*, 7(1), 128-135. doi:10.30605/25409190.143
35. Michael, E. A., Ejeng, I. E. A., Udit, M. A., & Yunus, M. M. (2019). The use of Plickers for language assessment of reading comprehension. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 9(1), 637-645. doi:10.6007/IJARBS/v9-i1/5464
36. Morano, S. (2019). Retrieval practice for retention and transfer. *Teaching Exceptional Children*, 51(6), 436-444. doi:10.1177/0040059919847210
37. Mshayisa, V. V. (2020). Students' perceptions of Plickers and crossword puzzles in undergraduate studies. *Journal of Food Science Education*, 19(2), 49-58. doi:10.1111/1541-4329.12179
38. National Research Council. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school: Expanded edition*. Washington, DC: National Academy Press. doi:10.17226/9853
39. Onwuegbuzie, A. J. (2004). Academic procrastination and statistics anxiety. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 29(1), 3-19. doi:10.1080/0260293042000160384
40. Pearson, R. J. (2020). Clickers versus Plickers: Comparing two audience response systems in a smartphone-free teaching environment. *Journal of Chemical Education*, 97(8), 2342-2346. doi:10.1021/acs.jchemed.0c00464
41. Pituch, K. A., & Stevens, J. P. (2016). *Applied multivariate statistics for the social sciences: Analyses with SAS and IBM's SPSS* (6th ed.). New York, NY: Routledge.
42. Ruisoto, P., & Juanes, J. A. (2019). Fostering student's engagement and active learning in neuroscience education. *Journal of Medical Systems*, 43(3). Retrieved December 24, 2020, from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10916-019-1192-x>
43. Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2016). *A beginner's guide to structural equation modeling* (4th ed.). New York, NY: Routledge.
44. Scriven, M. (1973). Goal-free evaluation. In E. R. House (Ed.), *School evaluation: The politics and process* (pp. 319-328). Berkeley, CA: McCutchan.

45. Tlale-Mkhize, M. (2020, June). *Exploring the use of Plickers for conducting assessments in higher education*. Paper presented at the 6th International Conference on Higher Education Advances. València, Spain. doi:10.4995/HEAd20.2020.11258
46. Ullah, A., & Anwar S. (2020). The effective use of information technology and interactive activities to improve learner engagement. *Education Sciences*, 10(12). Retrieved December 24, 2020, from <https://www.mdpi.com/2227-7102/10/12/349>
47. Wood, T. A., Brown, K., & Grayson, J. M. (2017, March). *Faculty and student perceptions of Plickers*. Paper presented at the American Society for Engineering Education Zone II Conference. San Juan, Puerto Rico.
48. Wuttirom, S., Toeddhanya, K., Buachoom, A., & Wuttisela, K. (2017). Using Plickers cooperate with peer instruction to promote students' discussion in introductory Physics course. *Universal Journal of Educational Research*, 5(11), 1955-1961. doi:10.13189/ujer.2017.051111
49. Xiao, L., Larkins, R., & Meng, L. (2018). Track effect: Unraveling the enhancement of college students' autonomous learning by using a flipped classroom approach. *Innovations in Education and Teaching International*, 55(5), 521-532. doi:10.1080/14703297.2017.1415815

Raise Your Plickers Cards: Using a Formative E-Assessment to Examine the Effects of a Paper Interactive Response System on the Learning Effectiveness of Quantitative Courses

Hsin-Yi Kung¹ and Ching-Yi Lee^{2,*}

¹Graduate Institute of Education, National Changhua University of Education

²d.School, Feng Chia University

Abstract

During the development of curriculum frameworks for education-related departments, quantitative courses are often listed as compulsory or elective courses. However, quantitative courses are generally unpopular among students. Students disinterested in numbers are disengaged and show reduced motivation to keep up with the course. Such students develop anxiety toward learning, which consequently impacts their learning effectiveness. Using a formative e-assessment approach, the study investigated the effects of a paper Interactive Response System (paper-IRS)—Plickers—on students' concentration, engagement, and performance in their quantitative course. The study applied action research to an 18-week quantitative educational statistics course carried out from February to June in 2019. Participants were 17 graduate students. A mixed-method was used for data collection and analysis. Results showed that (1) Plickers-assisted learning can be effectively integrated into quantitative courses in higher education, and can effectively improve students' concentration, engagement, and performance in an educational statistics course; (2) through the process of action research, Plickers-assisted learning highlighted the features of formative e-assessment and summative assessment; and (3) in the cyclical process of action research, the Transformation, Reflection, Application, Critical/Creative thinking, and Kindling (TRACK) framework can be applied as a reflective process for teachers and an adjustment tool for students. Finally, several suggestions for teaching and research are presented.

Key words: Plickers, Action Research, Paper Interactive Response System, Quantitative Course Effectiveness, Formative E-Assessment

* Corresponding author: Ching-Yi Lee, cyilee@mail.fcu.edu.tw