

科技部補助專題研究計畫成果報告 期末報告

以腦波特徵為基自調適數位專注力訓練平台之研究

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：MOST 104-2511-S-343-002-
執行期間：104年08月01日至105年07月31日
執行單位：南華大學資訊管理學系

計畫主持人：陳萌智
共同主持人：洪銘建
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：劉玉雯
碩士班研究生-兼任助理人員：梁雅雯
大專生-兼任助理人員：陳資沂
大專生-兼任助理人員：盧浩廷
大專生-兼任助理人員：游宗錡
大專生-兼任助理人員：林殿星

中華民國 105 年 10 月 18 日

中文摘要：科技的發達使得現代人同時要處理太多的訊息，在長期一心多用的情況下，整個社會走入分心的黑暗時期。誠然，相關研究已提出學生專注力不足已成為學習的一大警訊，專注力是學習的第一步，在學習過程學生必須主動去注意某事才有學習發生，一旦專注力有了缺陷，其他較複雜的認知功能將會受到影響，故如何發展專注力訓練以提昇未來學習力將是未來教育重點，亦是本研究的主要目標。本計畫「以腦波特徵為基自調適數位專注力訓練平台」乃是在數位化訓練過程中透過個人腦波活動偵測推論專注力狀況，即時調整訓練策略以輔導學生進行適性化專注力訓練。故本計畫的工作項目包括：專注力訓練領域專家需求訪談，發展專注力訓練案例、專注力腦波特徵分類與推論、自調適數位專注力訓練平台建置。

中文關鍵詞：專注力、腦波特徵分類與推論、自調適訓練

英文摘要：Developed technology makes modern to deal with too much information at the same time. In the case of long-term multitasking, the whole society fell into the dark age of distraction. Admittedly, related research has proposed that students' Attention Deficit has become a major warning to learn. Attention is the first step in learning. Students must take the initiative to pay attention to something, then they bechance upon learning in the learning process. Once attention has flaws, other more complex cognitive function will be affected. Therefore how to develop attention training to enhance the learning ability will be both the future focus of education and the major objective of this study. In this plan, the "adaptive digital training attention platform based on EEG features" will infer the situation of attention through detection of personal brainwave in the digital training process, and then to adjust training strategies real time when student is ongoing attention training adaptively. The content of work in this plan includes: retrieving expert knowledge in the field of attention training, developing training cases and digital design, classifying and inferring EEG-attention feature, constructing adaptive digital training attention platform based on EEG features.

英文關鍵詞：Attention, EEG features classifying and inferring, Adaptive training

摘要

科技的發達使得現代人同時要處理太多的訊息，在長期一心多用的情況下，整個社會走入分心的黑暗時期。誠然，相關研究已提出學生專注力不足已成為學習的一大警訊，專注力是學習的第一步，在學習過程學生必須主動去注意某事才有學習發生，一旦專注力有了缺陷，其他較複雜的認知功能將會受到影響，故如何發展專注力訓練以提昇未來學習力將是未來教育重點，亦是本研究的主要目標。本計畫「以腦波特徵為基自調適數位專注力訓練平台」乃是在數位化訓練過程中透過個人腦波活動偵測推論專注力狀況，即時調整訓練策略以輔導學生進行適性化專注力訓練。故本計畫的工作項目包括：專注力訓練領域專家需求訪談，發展專注力訓練案例、專注力腦波特徵分類與推論、自調適數位專注力訓練平台建置。

關鍵字：專注力、腦波特徵分類與推論、自調適訓練

Abstract

Developed technology makes modern to deal with too much information at the same time. In the case of long-term multitasking, the whole society fell into the dark age of distraction. Admittedly, related research has proposed that students' Attention Deficit has become a major warning to learn. Attention is the first step in learning. Students must take the initiative to pay attention to something, then they bechance upon learning in the learning process. Once attention has flaws, other more complex cognitive function will be affected. Therefore how to develop attention training to enhance the learning ability will be both the future focus of education and the major objective of this study. In this plan, the "adaptive digital training attention platform based on EEG features" will infer the situation of attention through detection of personal brainwave in the digital training process, and then to adjust training strategies real time when student is ongoing attention training adaptively. The content of work in this plan includes: retrieving expert knowledge in the field of attention training, developing training cases and digital design, classifying and inferring EEG-attention feature, constructing adaptive digital training attention platform based on EEG features.

Keywords: Attention, EEG features classifying and inferring, Adaptive training

目 錄

一、前言.....	1
二、研究動機與目的.....	2
三、文獻探討.....	3
四、研究架構與系統設計.....	7
五、研究結果與討論.....	11
六、研究結論與建議.....	20
參考文獻.....	21

一、前言

兒童與青少年時期是吸收知識及學習事物的關鍵時期，也是認知發展的重要階段，完善的認知能力是學習的內在基礎，可以提供學習活動時必要的資源。(楊幸真，1992；善延愷等人，2004)。學者 Evertson(1980)研究初中學生專心學習時間與學業成就的關係發現，中高成就的學生以85%的時間用於專心學習，而低成就者在上課時只用其40%的時間從事學習。Frederick(1977)研究高中高低成就的學生發現，高成就者在上課時以75%的時間用於專心學習，而低成就者所用於專心學習的時間，卻僅只有51%。甚至有研究指出學齡前兒童在持續性注意的程度，可作為往後學習成就優劣的指標之一(李啟澤，1999；張春興，1996)。根據認知心理學訊息處理的理論，專注力是影響學習、記憶及表現第一重要因素。近年來的許多研究一致認為學生學習時專注力的集中性和穩定與的學業成績表現成正相關(柯永河，1971；宋淑慧，1992；陳君如，2002；顏永森，2011；陳奕樺，2014；Corno & Mandinach, 1983；Guarnera & D'Amico, 2014)。由此可知，在不同年齡的學習階段，專注力都是任何學習的基本要素，更是記憶的第一道關卡，在學習競爭越來越強的年代，身為師長者與其急著給孩子灌輸知識，不如先培養孩子的專注力，才是教育的根本之道。

Jackson(2008)認為科技的發達使得現代人同時要處理太多的訊息，在長期一心多用的情況下，整個社會走入分心的黑暗時期。誠然，隨著數位多媒體與科技的發展，愈來愈多的學生只對於聲光效果驚人與節奏快速的數位遊戲有興趣，除了從事遊戲時間之外，其餘日常的學習活動皆不易吸引其注意，例如：作業、閱讀(Prot et al., 2014)。根據親子天下雜誌2008年以國中、小學導師為對象，採取分層比率抽樣法，進行問卷調查的結果，高達94%的中、小學導師認為學生的專注力不足，許多教師抱怨：「學生上課的注意力都不集中」、「學生的注意力都沒在我的教學上」、「學生上課真的很不專注」(親子天下雜誌，2008)；Research International(2007)針對台灣15至22歲青少年進行的調查結果顯示，92%的學生表示上課無法專心。綜合上述的研究顯示，學生專注力不足已成為學習的一大警訊。

雖然專注力的高低並沒有一個絕對的好壞標準，但長久以來一直被心理學家們所確認，學生必須主動去注意某事，才有學習發生(楊幸真，1992；王乙婷，2010；Sohlberg, 2014)。現今生活形態多樣化的社會中有許多的複雜生活形態，國小階段學童雖然智力不一定差，但隨著生長背景與環境的演變，容易被不相干刺激所吸引的學生，常顯得心不在焉，由於缺乏專注力的習慣，對於課堂知識難以吸收，因此妨礙了學習(Green & Bavelier, 2012)。由於可見，專注力和學習之間的關係是息息相關，專注力是將意識作用於重要的訊息與刺激上，藉由選擇性和持續性二大特徵，而達到心理資源的有效分配。

近幾十年來科技的發達，人類了解腦部功能的儀器設備就越先進，探討腦部的研究也就如雨後春筍地蓬勃發展。其中，腦波探測儀器是研究大腦最為方便也最為便宜的儀器設備，因此大腦的研究中也以腦波相關的研究為最多，事實上，腦波比較多的研究偏重於疾病之診斷與治療(關尚勇，2000；趙茂偉，2008；Jones et al., 2014)；其次則為某種活動對於腦波之探討(洪聰敏，2000；Bless et al., 2014；Khanna et al., 2014)。因此，不同種類的腦波在學生進行不同工作時檢測出來的差異也可以幫助老師了解不同學生的特質以作為個別化指導的依據，尤其是如果藉由腦波觀察可以得知學生課堂專注力與腦波變化的狀況，

對學生的學習應有亟大幫助，然而，由於需要大量的腦波設備進入課室即時監督學生上課的專注力，所以此類的研究在實務上是較不可能達成的，找尋替代研究方案也因應而生，其中腦波的專注力訓練就是一例。

此外，學者發現受試者接受數位專注力訓練後所提升之注意力，可遷移至訓練以外的其他情境當中 (Green et al., 2010; Bless et al., 2014; Guarnera & D'Amico, 2014; Sohlberg, 2014)。例如 Gopher、Wiel 與 Bareket(1994)將訓練遷移的效果鎖定在飛航駕駛的技能轉移上，研究結果顯示接受模擬飛行數位遊戲訓練的受試者，後續在真實駕駛飛機時所需運用到的注意力表現要優於對照組；除了對於一般族群的訓練效果外，一些研究也針對 ADHD (Attention deficit hyperactivity disorder, 注意力不足過動症) 學生族群上，探討這種訓練方式是否能將訓練效果遷移至一般日常生活的情境當中，初步的結果顯示從家長的角度來看，經過訓練後，學生日常生活中的注意力不集中情況有明顯降低 (Lim et al., 2012; Steiner et al., 2011)。

上述的研究已經揭露出專注力的提昇是可以培養與訓練的而且可以產生遷移效果。因此，本研究將以專注力訓練專家之知識領域與腦波科學實驗研究為基，建構一結合專注力與腦波科學之趣味互動式數位訓練平台，提供使用者以視覺化、互動式、個人化、易於理解的方式來訓練專注力，希望可以有效提升學生的專注力並將訓練效果成功遷移至學習場域，以降低課堂中學習注意力不集中的情況，進而改善學習專注力的持久性並能正確提昇學習競爭力。

二、 研究動機與目的

目前少數曾檢驗數位專注力訓練對學生學習影響的實徵研究結果並不一致，例如 Reuda 等人 (2005) 以學齡前的幼童為對象進行五天的數位訓練，發現幼童的智力有顯著的提升；另外，Shalev、Tsal 與 Mevorach (2007) 讓國小 ADHD 學生經過 16 小時的數位訓練後，顯示受試者在閱讀理解的學業成就測驗上並沒有顯著的進步；Rabiner 等人 (2010) 讓輕微注意力不集中的國小學生，經過 23 小時的數位訓練後，發現雖然在課室的專注行為有所改善，但是在閱讀流暢與教師評估課業表現等學業成就指標上，並沒有明顯的改變。綜上所述，數位訓練對於學生課室專注力的影響可說是瑕瑜互見，Gentile 等人 (2012) 的結果指出數位訓練如果以遊戲化方式進行可能會惡化學生不專注的問題，然而如能像 Green 與 Bavelier (2003) 一樣，給予受試者計畫性的數位專注力訓練，則可能反而具有正面的效果。數位專注力訓練仍屬於新興的研究議題，迄今仍不清楚數位專注力訓練的安排是如何影響其專注力？有鑑於此，故本研究的動機之一發展有效提升專注力之數位化訓練模式。

腦波的研究可以探討某種活動後對於腦波之效應，這類的研究不外乎是想了解某種活動或者具備某種特徵的人在腦波活動上的差異，尤其是腦波活動中的 γ 、 α 、 β 、 θ 、 δ 波等 (Chaudhuri et al., 2014)。隨著腦波訊號分析的發展，學者發現個體專注時的腦波特徵與不專注時的腦波特徵不同 (Klingberg et al., 2005; Chiang et al., 2012)，換言之，從腦波訊號是可以評估個體當下是否專注。例如：目前一種新興治療 ADHD 的方式即是利用給予學生即時的專注力生理訊號回饋，使其知曉自己是否專注，再透過試誤 (trial and error)

的方式，學生可找出自己的何種行為能產生專注的生理訊號，以期在反覆練習後能改善不專注的行為(Heinrich, 2011)。有鑑於結合腦波偵測與專注力訓練之相關研究仍屬於新興的研究議題，迄今仍不清楚專注力訓練的安排是如何影響腦波？且受訓時間長短會不會影響腦波變化？專注力訓練的強度會不會影響腦波與如何設計較為適當？這些疑問目前仍沒有相關研究可以參考，故本研究的動機之二在於探討專注力訓練如何結合腦波活動偵測。

本計畫主要研究方向是提供使用者進行個人化與適性化的專注力訓練，進而有效提升使用者專注力為最終目的，故本計畫「以腦波特徵為基自調適數位專注力訓練」深具意義。計畫中所建置「自調適數位專注力訓練平台」的主要目標，在於如何有效運用資訊科技所具有之互動性強及參與感高的特性，讓使用者能夠以互動有趣的方式來訓練注意力。因此，本計畫之目的如下：

- 依據專注力訓練專家的使用需求以建構數位專注力訓練模式，完成即時線上互動式專注力訓練案例，再針對訓練案例的發展與擴散進行評估研究。
- 以資料探勘技術分析腦波之巨量資料，設計即時腦波專注力偵測機制並建置專注力訓練腦波分類器。
- 建置自調適專注力數位化訓練之平台，即時以腦波特徵了解專注力訓練成效，動態調整個人專注力訓練策略。

三、 文獻探討

本計畫為建構「以腦波特徵為基自調適數位專注力訓練平台」，故本節將分別探討「數位注意力訓練」、「腦波生理資訊」、「適性化專注力訓練策略之實證研究」。

3.1 數位注意力訓練

所謂專注指的是人們在清醒狀態下經常性進行的活動，專注也是一種心理現象，當人們專注某一事物時，伴隨著感覺、知覺、記憶、想像、思考等心理過程而存在，並表現出明顯的個別差異(林崇德, 1995)。專注是有明顯的對象、內容，且相對上較為清晰、緊張的心理活動狀態，專注能保障人們對事物獲得更清晰的認識，並做出更準確的反應，是人們獲得知識、掌握技能，完成各種智力運作的必要條件(黃秉紳, 2006)。一般來說，專注力分成五類：聚焦型專注力、選擇性專注力、分配性專注力、持續性專注力、轉換性專注力。

專注力在認知中具有三個目的：(一) 監控我們與環境的交互作用，使得我們可以知道所處情境的適應(二) 聯結我們過去(記憶)與現在(感覺)，而讓我們對經驗有一種連續感(三) 根據來自監控和來自聯結過去記憶和目前感覺的訊息，控制和計畫我們未來的行動(李玉琇、蔣文祁, 2005)。

專注力是學習的必備條件，個體在從事學習時，不僅僅是刺激的被動接受者，而是含有主動的成分，專注的過程是個體從外界輸入的訊息中，選擇重要的訊息和排除不重要訊息的能力，若個體欠缺此能力，則很難有知覺或記憶(宋淑慧, 1994)。此外，有研究指出專注力是可被訓練的能力(劉奕孜, 2010；林宜親等人, 2011；陳奕樺, 2014)，專注力訓練是一種腦功能活化的活動，依循持續活化的提高專注力原則，讓接受訓練者從事與專注力有關任務活動，這些任務需要視覺注意力持續的運作、工作記憶和衝突解決能力，而藉由反覆

不斷練習，來增進專注力相關功能(Tang & Posner, 2009)。神經生理證據顯示，當大腦中職司注意力功能的位置常進行活化運作時，可達功能的敏銳化與獲得長久性的功能增強效果(Gilbert & Sigman, 2007; Bless et al., 2014)。

此外，有研究指出認為數位化專注力訓練比一般的專注力訓練具有額外的特性(陳奕樺, 2014)：數位訓練可以在同一時間設計多個發生事件；可以針對訓練任務的需求要求使用者完成任務；可以讓使用者在一定的時間內維持注意力的集中；可以讓使用者適時地將視覺注意力作快速的轉換；可以經過反覆地練習；可以增加專注力方面的其他功能。因此數位化訓練更適用於專注力提升的活動(Boot et al., 2008; Jennett et al., 2008; Wilms, Petersen, & Vangkilde, 2013; Bless et al., 2014)。此類型的研究最早可追溯至 Greenfield 等人(1994)的簡單數位遊戲讓身心功能正常的大學生進行 5 小時的遊戲訓練，結果發現即使是在訓練時間不長的情況下，實驗組學生在注意力測驗上的分數顯著優於對照組。Semrud-Clikeman 等人(1999)利用簡單的益智遊戲，讓患有 ADHD 的國小學生接受訓練，這些學生要在充滿干擾物的遊戲畫面中，找到正確的目標物，經過 36 小時的遊戲訓練時間後（一週兩次，一次 1 小時，共 18 週），結果發現學生的視覺注意力有顯著提升；Rueda 等人(2005)設計多種的注意力訓練的活動，以學齡前幼童為對象進行五天的數位遊戲式訓練，結果顯示實驗組的注意力表現有明顯的成熟進步。

此外，Rabiner (2010)等人以注意力不集中的國小一年級學生為對象，受試者一共進行 24 小時的訓練時間（每週兩次，一次 1 小時，共 14 週），認為數位注意力訓練對日常生活行為能有效改善不專注效果。Lim 等人(2012)以改善 ADHD 學生不專注的徵狀，該研究以 20 名患 ADHD 國小學生為對象，進行一週 1.5 小時，持續 8 週的數位注意力訓練，結果顯示受試者的過動徵狀有明顯的改善，而在 8 週的密集訓練時間過後，該研究降低受試者接受訓練時間，從一週 1.5 小時減少至每個月 0.5 小時，結果發現仍可維持改善的效果達三個月。

綜合上述可知，專注力不是與生俱來而是可以被持續訓練與提昇的，專注力一旦被訓練提高後是可以遷移至日常生活或是未來學習場域中並有持續的效果。這也是本計畫的研究初衷，既然專注力可以被訓練與培養，實有必要開發一數位化訓練平台讓學生可以提昇專注力，並能將訓練成果延伸至學習場域中以提高學習力。

3.2 腦波生理資訊

最早發現腦波是在 1875 年的英國生物學家 Richard Caton (吳進安, 1998)，首次在兔子大腦皮質表面上發現電波，其屬於一種腦部生理變化，並與身體變化有關。直至 1924 年，一位德國醫師 Hans Berger，在人類的頭蓋骨上紀錄到相同的電波活動，並藉由圖表來描繪腦波(Berger, 1924)，此為首次發表人類的腦波記錄，並且命名為腦電波圖(Electroencephalogram)，簡稱為 EEG。

腦波是腦的神經細胞共同產生的電波，它代表腦的活動訊息，因此腦波的波形可以用來判斷大腦功能是否正常的重要依據。腦神經細胞在正常狀況下，腦膜內部的電位是負的 50-100mV，這樣的電位差稱為休息電位 (resting potential, RP)。休息電位會因為別的神經細胞經由突觸 (synapse, 神經細胞間的接觸點) 傳入脈衝，引起後突觸電位 (inhibitory post synaptic potential, IPSP) 的變化而起伏。當這些後突觸電位經過時間與空間的整

合後就會使得神經系統細胞產生一種歷時短暫的活動電位 (action potential, AP)，而腦波所測得的電位大部分是屬於後突觸電位而不是活動電位 (洪聰敏, 2000)。

腦波一般可以分為振幅 (amplitude) 和週期 (cycle) 兩類。振幅其單位為微伏特，腦波振幅通常小於 100 微伏。而週期其單位為毫秒 (msec) 在分析腦波時所用的頻率分析則是一秒內有幾個週期來計算頻率，可以用 Hz 來表示。根據國際腦電圖學會命名委員會的分類，腦波可以分為四種基本波形：(1) δ 波：低於 4Hz，屬於徐波，(2) θ 波：4Hz 到低於 8Hz，也是屬於徐波，(3) α 波：8Hz 到 13Hz，(4) β 波：高於 13Hz 的快波。一般而言， α 波傾向稱為「標準波型」，因為 α 波在人類清醒、安靜和閉眼時，可以在受試者腦後紀錄到 10Hz 左右，約 50 微伏的波，其波形往往左右對稱並會連續出現，而且振幅會像潮汐一樣規律，所以稱為「標準波型」。事實上， α 波是最常被用來作為腦神經激發 (activation) 狀態的指標。大約四分之三的人在清醒與放鬆的狀態下，可以在功率圖上看到 α 波的出現。

在腦波的實證研究中可證實目前腦波測量已經在許多研究上嶄露新契機(朱璿瑾等人, 2013)。由 Ivan(2001)等人觀測 alpha 腦波研究利用文字、多媒體(Multimedia)教學課程之腦波的變化情況，結果顯示學生在多媒體的教材比文字性教材更容易刺激腦部活動。在 Xiao-Wei Li 等人的研究中(2010)，其開發一套情感學習(Affective learning)系統，藉由 13 處的腦波電位資料之收集並結合 kNN (k-nearest neighbor) 和 Naïve Bayes 二種分類法作為研究方法，對學生的情感和態度進行檢測，以求識別出學生的專注程度，其實驗結果數據中，最佳辨識率可達為 66.7%。Yong-Chang Li (2011)等人是以 EEG 為觀察目標，讓受測者做有關腦力任務的實驗，並要求受測者要回答其專注程度，再用 kNN 分類法作為研究方法，設計一套即時系統來測量受測者的專注力水平，其系統平均的分類準確率達 57.3%。Ashwin 等人(2012)利用 EEG 和 ECG (Electrocardiograph) 做專注力的分類準確度比較，以觀看有趣、無趣的影片各 20 分鐘作為實驗方式，在二種檢測生理資訊方法的結果中，顯示 EEG 的分類準確度比 ECG 多 8.74%。由此可見，用 EEG 來做為觀測的對象是較為妥當的，而且 EEG 含有許多不同的資訊，更值得學者們繼續研究並將其做更多的應用。

此外，近幾年學者投入腦波資訊多尺度評估的研究如下：Ming et al. (2009) 學者用 EEG 來評估精神疲勞狀態、多媒體感受辨識、情緒辨識、運動表現觀察，設計三種不同實驗狀況，分別為休息、打網球及思考其他的事物，並從實驗中所取得的腦波資訊中提取多尺度熵，經由統計運算進而區分成無專注力、低與高專注力三種評估程度。Xu et al. (2012) 學者則利用腦波各個頻段，並利用 4 種不同狀態的實驗設計：放鬆、純觀看電腦圖像、玩簡單的數學遊戲及複雜的數學計算，透過近似熵及模糊熵等方法計算將專注力區分成 4 種專注程度，分別為無專注力及低、中、高專注力。本計畫將依據目前訓練時所擷取的腦波專注力需要區分變更訓練項目、加強訓練強度、減輕訓練強度與維持訓練強度的特徵，以提出下一個專注力訓練的建議。

3.3 適性化專注力訓練策略之實證研究

前有關兒童注意力與學習的研究趨勢，可分成二種訓練策略(Tang &Posner, 2009)，其一為注意力訓練主要讓孩童做一些與執行功能有關的題目，這些題目需要工作記憶和衝突解決能力，而藉由反覆不斷地練習，來增進孩童與執行功能相關的腦區活化。另一類為注意力

狀態訓練，用不同的感覺刺激輸入來使孩童的身體反應和心理狀態產生改變，藉此經驗的改變以增進孩童注意力的表現。

在注意力訓練的實徵研究中，早期 Semrud-Clikeman 等人(1999)利用簡單的益智遊戲，讓患有 ADHD 的國小學生接受訓練。這些學生要在充滿干擾物的遊戲畫面中，找到正確的目標物。經過 36 小時的遊戲訓練時間後（一週兩次，一次 1 小時，共 18 週），結果發現學生的視覺注意力有顯著提升。Rueda 等人(2005)設計多種的數位訓練，包括物件追蹤、衝動抑制等注意力訓練的活動，以學齡前幼童為對象進行五天的數位遊戲式訓練，結果顯示實驗組的注意力生理訊號表現有明顯的進步。

在注意力狀態訓練的實徵研究中，Steiner 等人(2011)以經診斷患有過動與注意力不集中的中學生為對象，進行給予腦波生理訊號回饋的實驗。該研究讓受試者配戴腦波儀，配合駕駛飛機的數位遊戲，學生被告知當其專注時，飛機可以飛得愈高。相對的，當學生不專注時，飛機會往下降落，因此透過螢幕即時反應飛機的飛行狀況，學生可以調整與改善自己的不專注行為。Lim 等人(2012)發展腦波參數結合遊戲規則之競速數位遊戲，用以改善 ADHD 學生不專注的徵狀。學生在該研究中配戴腦波儀，所偵測到的腦波生理訊號作為競速數位遊戲的參數，當其腦波呈現專注的徵狀時，可以獲得更快的速度，因此學生可以從螢幕中遊戲的畫面了解自己是否專注，進而改善不專注的行為。上述的研究結果顯示這種訓練能有效減少過動與注意力不集中的徵狀，不專注行為出現頻率明顯降低。

根據 Tang 與 Posner (2009) 對於過去注意力研究的回顧，指出注意力訓練是一種腦功能活化的活動，依循持續活化的便能提高注意力的原則，讓接受訓練者從事與注意力有關的任務活動，這些任務需要視覺注意力持續的運作、工作記憶和衝突解決能力，而藉由反覆不斷練習，來增進注意力相關功能。神經生理證據顯示，當大腦中職司注意力功能的位置常進行活化運作時，可達功能的敏銳化與獲得長久性的功能增強效果 (Gilbert & Sigman, 2007)。

隨著科技的發展，近年來數位遊戲式注意力訓練所運用的遊戲日益精緻，並且透過不斷的實驗研究後，發現對於學生視覺注意力提升效果最佳的遊戲類型為動作遊戲 (Green & Bavelier, 2012)，其能以更為精簡的時間達成視覺注意力提升的效果。故本計畫的訓練策略採用的是注意力訓練，即以數位化方式反覆執行注意力訓練，使其腦區活化，再加以立即腦波量測與推論後即時提供適性化訓練策略。

Green 等人(2010)曾提出四點數位注意力訓練的共同特徵：

1. 顯著的速度 (extraordinary speed)：數位訓練中出現的事件需轉換快速，且物件也會快速出現於螢幕上。
2. 知覺 (perceptual)、認知 (cognitive) 與肢體 (motor) 之間協作：訓練者在訓練中需要以其知覺去追蹤物件的位置，並且擬定行動的策略(認知)以及精準地操作(肢體)。舉例而言，在射擊數位訓練中，當玩家看到射擊的標的物會去追蹤其出現的位置(屬於知覺的功能)，會根據標的物所能得到的分數而去擬定策略(屬於認知的功能)，最後要精準地以輸入設備(鍵盤、滑鼠或搖桿)瞄準與擊中標的物(屬於肢體的功能)。由此可知，玩家在動作訓練中需同時運用到知覺、認知與肢體等功能。
3. 不可預測性 (unpredictability)：訓練中所出現的事件應具有不可預測性，訓練者必須全神注意於螢幕中的畫面。例如，玩家在射擊數位訓練中，所出現的標的物位置

不可固定，需隨機性的出現，才能吸引玩家全神貫注。

4. 強調周圍處理 (emphasis on peripheral processing)：訓練者在遊戲中不能只專注於中央的畫面，而必須同時處理畫面周遭的事件。例如在射擊數位訓練中，標的物不能只出現在螢幕的中間位置，也應該在畫面的周遭出現。

此外，Wilson 等學者(2006)提出一個多維度的線上持續性發展訓練策略，為達適性化的設計可由三個維度的困難度來考量，第一是時間限制(Time limit)，即每回合可執行的時間長度可以隨機選定，第二是任務困難度(Task difficulty)，每個任務有不同的難度，可由訓練速度與訓練數量來達成，第三是條件轉換(Switch condition)，分為可預期與不可預期的過關條件。綜合上述的三個維度可組合成訓練空間(training space)，即三個維度的各別值可決定出每回合成功的機率，如此可以適性化決定每位訓練者所應有的訓練策略。

Veronica 等人(2014) 運用上述的適性策略於腦部創傷性患者(traumatic brain injury) 的專注力訓練上已獲得成效。本計畫擬以 Wilson 等學者提出多維度的線上持續性發展訓練策略此作為適性化數位訓練發展的依據。

四、 研究架構與系統設計

「自調適數位專注力訓練」系統架構(如圖 1 所示)，首先進行第一階段的「數位專注力訓練案例設計」，依據專注力訓練專家訪談與知識擷取來設計數位專注力訓練模式，結合多媒體資源設計使訓練模式變成可讓使用者進行訓練的案例。第二階段「自調適專注力訓練腦波資料探勘」，利用所設計的案例進行專注力訓練並取得進行訓練時的腦波資料與訓練意願調查進行腦波資料分類與建立規則庫。第三階段「自調適專注力訓練實施」，使用者可以利用專注力訓練介面可依個人化資料載入合適的訓練案例進行專注力訓練，訓練時同步擷取腦波訊號與專注力特徵並進行專注力腦波推論，可即時自動調整訓練時的訓練策略。

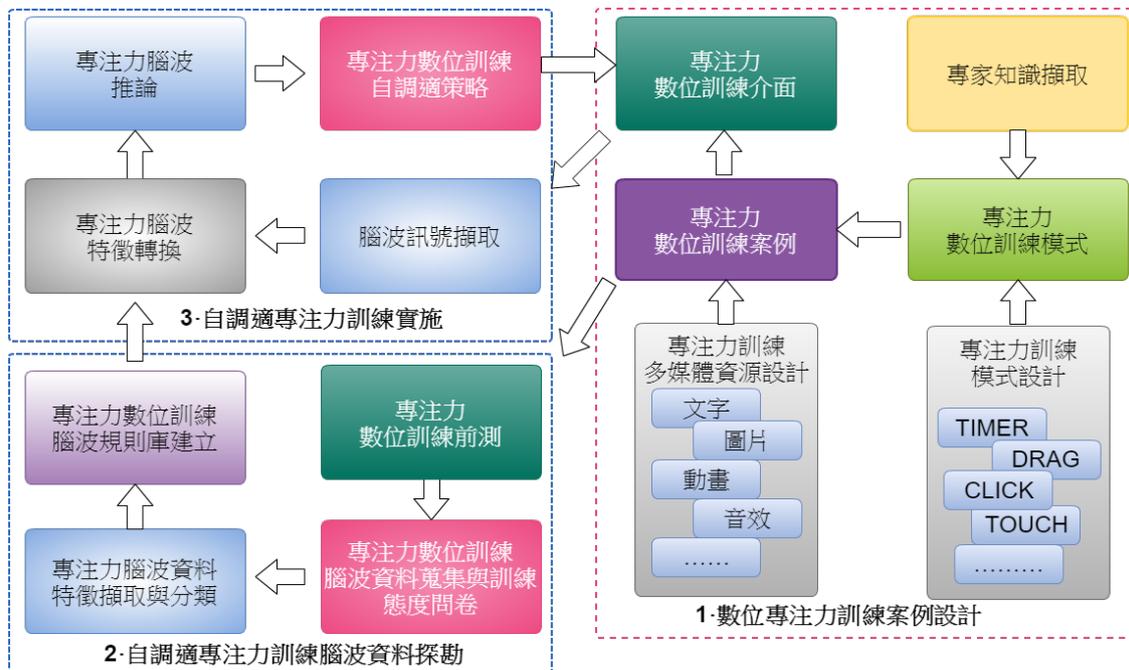


圖 1 自調適數位專注力訓練之研究架構

4.1 數位專注力訓練案例設計

根據研究，大約可以將專注力分成五種類型（許芳菊，2008），包括：

- 選擇性專注力：指能不能把專注力集中在需要的資訊上，不要被不相干的刺激給分散。
- 集中性專注力：指能不能聚焦在一個我要面對問題的能力。
- 持續性專注力：指可以持續注意力的時間有多久。
- 轉換性專注力：就是把專注力從一事物或活動中，轉移到另一事物或活動的能力。
- 分散性專注力：是指同一時間進行兩種或多種活動的能力。

由以上所知，專注力是一種複雜且具多面向的架構，而專注力訓練是一種腦功能活化的活動，依循持續活化便能提高專注力原則，當大腦中職司注意力功能的位置常進行活化運作時，可達功能的敏銳化與獲得長久性的功能增強效果。而數位化專注力訓練與一般的專注力訓練進行比較可以發現數位訓練可以在同一時間設計多個發生事件；可以針對訓練任務的需求要求使用者完成任務；可以讓使用者在一定的時間內維持注意力的集中；可以讓使用者適時地將視覺注意力作快速的轉換；可以經過反覆地練習。因此數位化訓練更適用於專注力提升的活動。

本研究所設計的專注力訓練應該以多面向來培養多元的專注力，然而如何進行專注力的訓練？其中的知識可能隱含許多非顯性之專家知識，因此，如何誘導與擷取專注力訓練之相關知識是本計畫的成功的關鍵議題之一。本計畫擬採領域專家知識擷取的方法，企圖在專家詢答過程中，將專家沒有次序性及非結構性之詢答內容轉成具結構化之案例並加以儲存，如表一所示即是與業界具有經驗之職能訓練師合作討論後所整理之表格。

表 1 專注力領域專家知識擷取之結構化案例

訓練面向	訓練意義	可發展訓練活動	訓練策略
導向性專注力	能在眾多的刺激物中選擇想要的標的物	在眾多相似的刺激物中，要導向注意力去找到圖片中不同的地方	在畫面中準確地瞄準標的物
警覺性專注力	注意力維持在警覺性的狀態，能隨時對刺激物給予反應	九宮格的記憶力訓練，先出現有顏色提示的格子，再動態隨機出現，並做出正確抉擇	維持注意力，判斷不同的狀態
執行性專注力	調解衝突，衝動抑制	利用可控制的動態伸縮長條圖，儘量使其達到最長的值	集中注意力，洞察變化步調，迅速動作

「數位專注力訓練案例設計」主要依據專家知識取得如何設計專注力訓練之知識後設計出「專注力數位訓練模式」，再將設計好之多媒體資源結合成「專注力數位訓練案例」。為達到所設計的案例可以重覆使用，因此可以利用軟體元件化技術讓平台之訓練模式與案例可以具有彈性、共用性與減少重覆開發。本計畫擬採用 SOAP (Simple Object Access Protocol) 協定並配合 XML 來表示訓練模組的內含，前端的介面語言為 HTML5、CSS 與 JAVA SCRIPT，並且使用 HTTP 來當作傳送的協定來載送往返的 SOAP 訊息，Web Service 架構下的運作流程主

要是由 Service Provider、Service Registry 及 Service Requester 三個角色所串起，此三個角色在流程中所扮演的角色和所進行的動作說明如下，依此協定所設計之案例架構如圖 2 所示。

- 服務提供者 (Service Provider)：Service Provider 提供服務功能讓 Service Requester 來取用他所提供的服務。藉由 WSDL 描述這項服務中所包含的功能、呼叫的方法、傳遞的參數及傳回的結果。而 Service Provider 必須將 WSDL 的資訊註冊在 UDDI 上，讓需要服務的使用者，都可以很容易的取用資訊服務。
- 服務註冊儲存庫 (Service Registry)：Service Registry 提供 Service Discovery 及 Registry 的功能，讓 Service Provider 能將他所開發的服務公告出來，並讓 Service Requester 能找到有誰提供這些服務。
- 服務請求者 (Service Requester)：Service Requester 是請求 Service Provider 所提供的服務，Service Requester 透過 SOAP Message 來與 Service Provider 所提供的服務互相溝通。

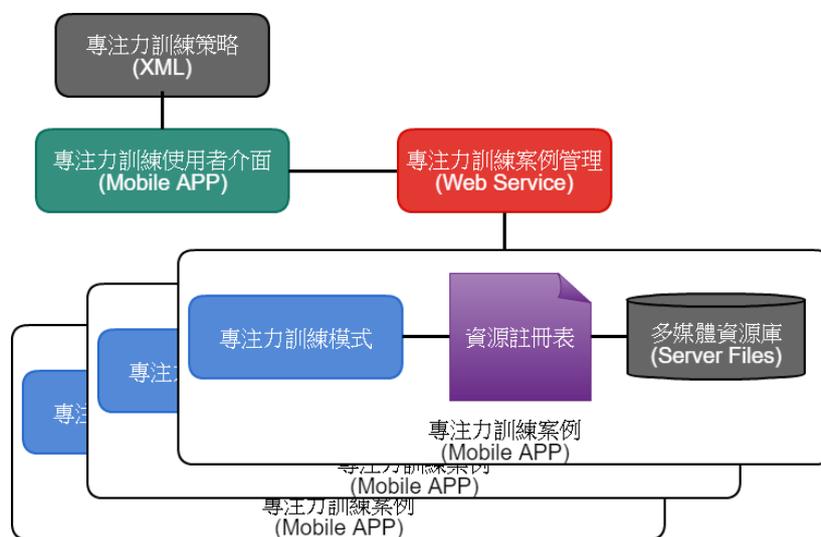


圖 2 數位專注力訓練案例(SOAP)

4.2 自調適專注力訓練腦波資料探勘

1. 腦波資料擷取

腦波特徵資料擷取是透過腦波儀將一個完整的腦波資料經快速傅立葉轉換得到其頻譜的資訊後，擷取頻譜的資訊成為所需要的屬性特徵，依據不同頻譜所擷取的資料即可得到腦波的 α 、 β 、 θ 、 δ 特徵資料。由於本計畫的專注力訓練須從實驗室移動至課室環境，故採用攜帶式腦波儀 NeuroSky MindWav Mobile，腦波儀的資料可以透過藍芽發送器傳送至行動裝置的藍芽接收器，受測者的腦波資料除一般備份外尚須進行即時運算與推論，故須有伺服器端程式儲存與分析，專注力訓練之腦波實驗架構如圖 3 所示，Brainwave APP 負責接收腦波儀藍芽訊號/傳送腦波儀控制訊號並將訊號轉換成可解讀格式；Attention Training APP 負責受測者的專注力訓練並將資料儲存至伺服器；伺服器負責腦波專注力特徵擷取與即時推論受測者專注力訓練狀況，並將建議之訓練案例與訓練策略推播至 Attention Training APP。



圖 3 專注力訓練之腦波實驗架構

2. 腦波資料探勘

為了有效分類使用者專注力的腦波狀態，可以利用實驗的方法擷取測試者的腦波的特徵與專注力的結果建置成專注力訓練模組(Training model)，再利用分類樹探勘等方法建立一個高可讀性又簡潔的分類樹來表達其所建立的專注力腦波分類模組，如圖 4 所示，首先將訓練資料集(Training Data)送入分類模組(Classification Model)來產生一個分類器(Classifier)，分類模組包括屬性的擷取(Feature Selection Module)與分類演算法(Classification Algorithm)，接著將測試資料集(Testing Data)或者未知分類類別的新進資料(Unknown class)置入先前建立之分類器進行分類預測(Prediction)的工作。分類的技術相當多，包含有決策樹(Decision tree)決策樹是一使用樹狀圖形的決策方式，任何的一個內部節點(node)都是一個測試的屬性，而每一條分支(branch)都代表了測試的結果，最後的葉節點(leaf node)則代表各類別的分佈情形。決策樹是由資訊理論(Information theory)發展做為分割準則，例如：ID3 方法，之後改良版本成 C4.5 方法。C4.5 對於連續性數值屬性節點分割方法，是先將物件集合依此屬性作排序，再依次找出鄉鄰二個物件的屬性終點，成為分割點(Cut point)，然後以評估函數計算，能得到最佳值者即依此屬性中點作二元分割。對於缺失與不確定的屬性，解決分是通常以最多的屬性值替代樂觀估計(Optimistic estimate)機率方式處理。WEKA 裡面 J48 的元件就是利用 C4.5 的演算法來產生分類法則。

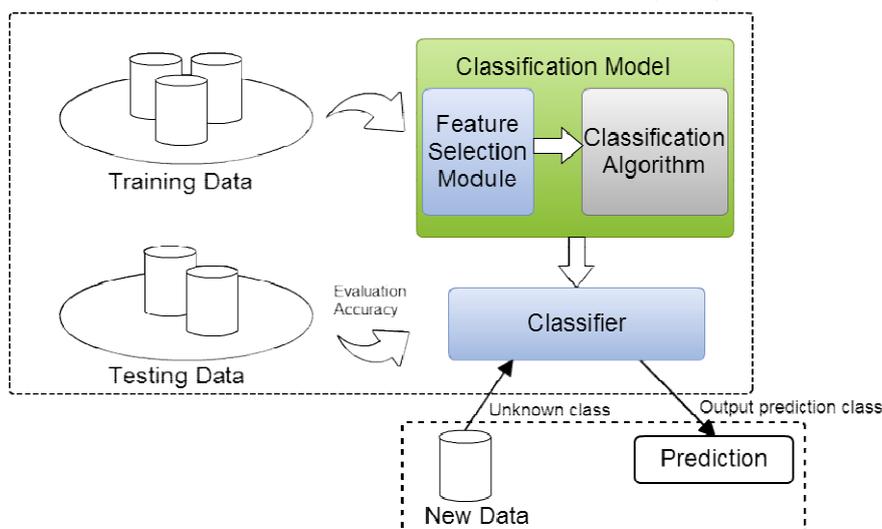


圖 4 腦波專注力特徵分類與即時推論

4.3 自調適專注力訓練實施流程

建置「自調適專注力訓練平台」後，可以開始從每個訓練案例著手蒐集腦波專注力特徵與訓練策略之關連，經分類樹(J48)建置分類規則後，受測者在訓練過程中可以利用分類規則立即分辨出使用者目前訓練狀況腦波專注力狀況並提供專注力訓練策略，如圖 5 所示。訓練案例的腦波專注力特徵可以得知使用者目前的訓練狀況，如果超過專注力的負荷或訓練強度不足，皆可以即時調整訓練策略，例如：訓練的變化頻率快慢、改變視覺差異量等方法，如果使用者已習慣了訓練的節奏而降低專注力時，亦可以即時調整訓練策略以提高專注力訓練效果。透過腦波特徵感知與調整訓練策略可以讓使用者一直保持較高的專注力並提昇專注力訓練效果。

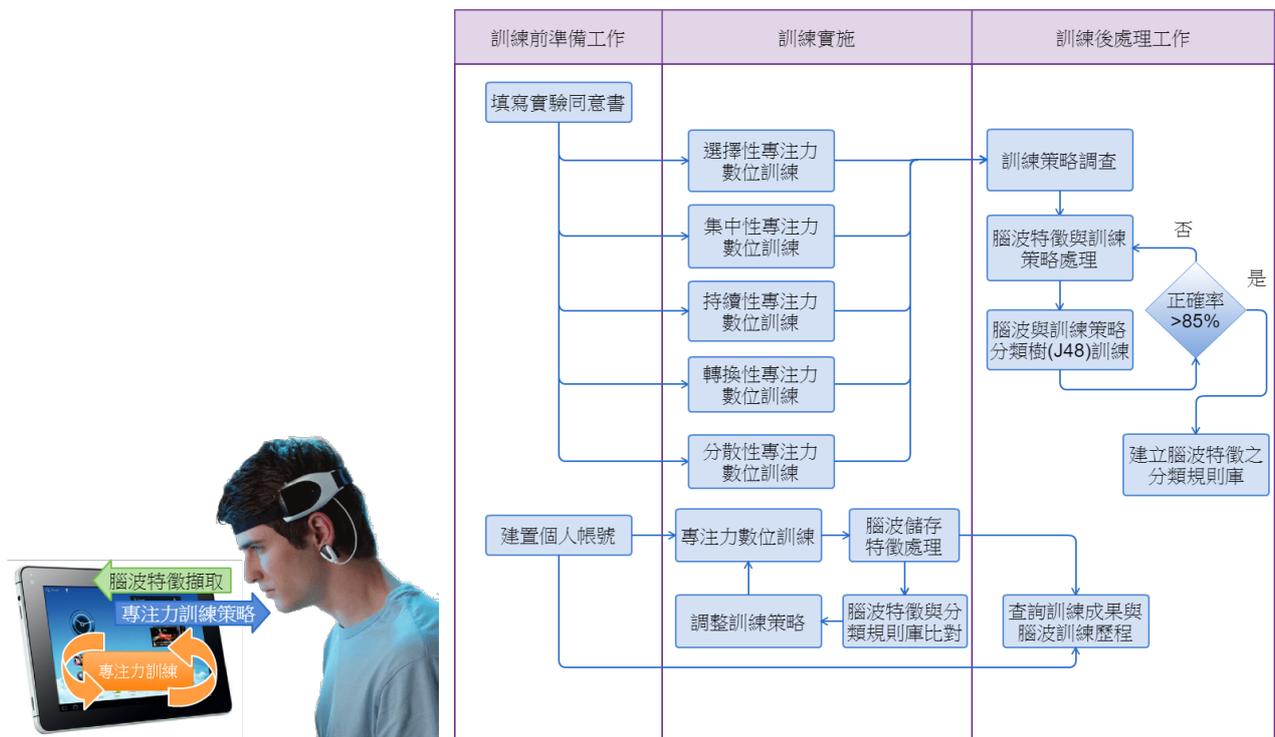


圖 5 自調適專注力實施流程圖

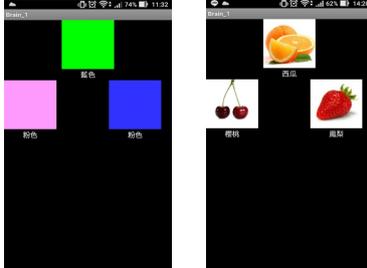
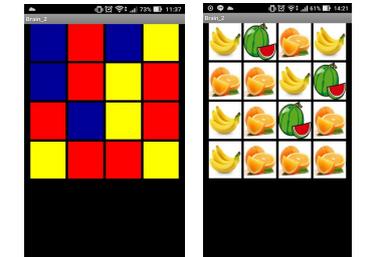
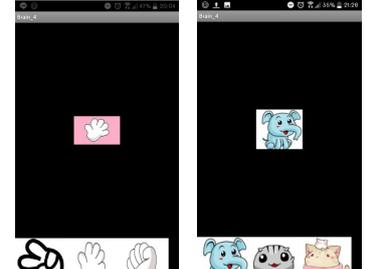
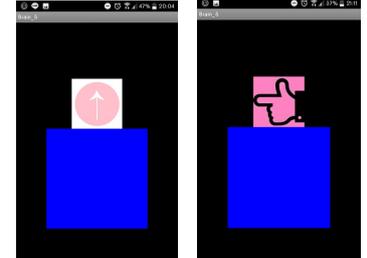
五、研究結果與討論

5.1 數位專注力訓練案例設計成果

「數位專注力訓練案例」主要依據專家知識取得如何設計專注力訓練之知識後設計出「專注力數位訓練模式」，再將設計好之多媒體資源結合成「專注力數位訓練案例」。為了方便日後可在課室環境普及使用之考量，可以利用軟體元件化技術讓平台之訓練模式與案例可以具有彈性、共用性與減少重覆開發，故本計畫所設計的訓練模式將以 Mobile APP 為使用者終端介面，採用 Android Studio 為開發工具設計專注力數位訓練模式與使用者介面，為產生多樣

化的數位專注力訓練案例，當 APP 的訓練模式在行動裝置啟動時會主動從伺服器隨機選擇一套訓練模式的多媒體資源下載，在 APP 介面上產生不同的訓練案例，伺服器以 .net C# 設計訓練模式對應多媒體資源的儲存與管理。開發成果整理如表 2 所示：

表 2 數位專注力訓練案例設計成果

訓練模式說明	伺服器多媒體資源	訓練案例 APP 畫面
點選圖片跟文字相符合的圖片		
尋找數量最多的圖片		
白色為需要選擇會贏的，粉色為要選擇會輸的，藍色為要選擇會平手的。		
底色為白色，需選擇與圖片同方向，底色為粉色，需選擇與圖片反方向。		

完成上述訓練案例後，為達到計畫所提之適性化的專注力訓練，本計畫開始設計多維度的線上持續性發展訓練策略，該策略可由三個維度的數位訓練困難度來規劃，第一是時間限制：即每回合可執行的時間長度可以隨機選定；第二是任務困難度：每個任務有不同的難度，可由訓練速度與訓練數量來達成；第三是條件轉換：分為可預期與不可預期的過關條件。綜合上述的三個維度可組合成訓練空間，即三個維度的各別值可決定出每回合成功的機率，如此可以適性化決定每位訓練者所應有的訓練策略，本計畫將規劃持續性發展訓練策略為 1~9 等級。

5.2 自調適專注力訓練腦波資料探勘分析成果

本階段開始進行蒐集專注力訓練的腦波資料，為求一致性的測試成果故將五種專注力的測試案例之訓練策略統一設定為等級 5。在蒐集腦波資料的時候，本實驗邀請受測者到一個相對安靜的環境，請受測者戴上腦波儀器且確認腦波接收值正常，完成以上前置作業後本實驗會請受測者開始進行第一種專注力訓練，受測時間 3 分鐘並蒐集每秒的腦波資料，並進行訓練策略意願調查，訓練策略意願調查可分為：難度剛好希望可以繼續保持(F, Fair)、太簡單了希望變得更難一點(H, Hard)、反應不及太難了希望變得簡單(E, Easy)、沒有興趣想要換另一個訓練(C, Change)。隔天再進行第二種專注力訓練案例，同時蒐集腦波與訓練策略意願調查，依此類推直到第五種訓練案例測試完成。30 位學生接受專注力訓練測試後，刪除因電源與網路不穩定或是其他因素而造成資料蒐集不完全的 5 位學生，共蒐集 25 位學生的專注力訓練之原始腦波資料。原始腦波資料經過資料處理後，建立各種分類樹之屬性測試，經一連串數據推演與腦波圖形分析後，並經無數次分類樹分類之測試後，不考慮無法分類之屬性(屬性之分類正確率小於 85%)，以下將本計畫所採用之分類屬性分別說明如下：

- 平均專注力(avgA)：在訓練實驗過程中，本研究認為受測者在進行數位專注力訓練時，如果受測者對該訓練案例有興趣的或是有能力的勝任，其專注值呈現較高的變化。反之，如果對於該訓練案例沒有興趣的或是沒有能力的勝任，則專注值普遍呈現較低的值。

$$\text{avgA} = (\sum_{k=1}^n \text{attention}_k) / n, n = \text{finish times(seconds)}$$

- 平均冥想力(avgM)：本計畫在訓練實驗過程中，發現受測者在進行數位專注力訓練時，如果受測者對該訓練案例是覺得太困難或是有壓力的時候，放鬆度就會有降低的現象；如果對訓練案例可以得心應手的時候，其放鬆值就會略微較高的變化。

$$\text{avgM} = (\sum_{k=1}^n \text{meditation}_k) / n, n = \text{finish times(seconds)}$$

- 專注力高於 70 的次數(A70time)：由於腦波的變化一直是瞬息萬變，專注力的數值也是一直持續變化，本研究觀察腦波訊號折線圖，發現到如果使用者腦波訊號在一定時間內逐漸向上提升且這樣的情況次數越多的話代表使用者專注力訓練成效愈好，因此根據這樣的規則來抓取腦波資料且將該屬性稱為專注力上升次數，計算公式如下。

$$A(t) = \begin{cases} 1, & \text{if attention} > 70 \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$A70\text{time} = \sum_{t=1}^n A(t), n = \text{finish times(seconds)}$$

- 冥想力高於 70 的次數(M70time)：根據本研究在訓練過程中的觀察，專注力的腦波可以代表訓練成效，而受測者對於數位訓練的接受度或是熟悉度，可以由冥想力的腦波來印證，因此根據這樣的特性來抓取腦波資料且將該屬性稱為冥想力上升次數，計算公式如下

$$M(t) = \begin{cases} 1, & \text{if meditation} > 70 \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$M70time = \sum_{t=1}^n M(t), n = \text{finish times(seconds)}$$

- 專注力與冥想力差異 15 以上的次數(AM15time、MA15time)：本研究雖然在腦波的分類決策中加入了四個有效的腦波訊號屬性，如：專注力與冥想力平均值、上升次數，但初步分類樹建置過程中，整體來說效果依然有待加強。根據在訓練過程中觀察受測人員的表現與腦波訊號折線圖的記錄中發現，發現到有些時候專注力腦波變化呈現高水準表現時，冥想力的腦波呈現相反的現象，另一種情況發生在專注力腦波低水準時，冥想力腦波同時發生高水準狀況，因此本研究為了促進分類樹分類效果，將二種屬性加入考量，其公式如下：

$$AM(t) = \begin{cases} 1, & \text{if attention} - \text{meditation} > 15 \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$AM15time = \sum_{t=1}^n AM(t), n = \text{finish times(seconds)}$$

$$MA(t) = \begin{cases} 1, & \text{if meditation} - \text{attention} > 15 \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$MA15time = \sum_{t=1}^n MA(t), n = \text{finish times(seconds)}$$

決定腦波的六種屬性後，本計畫利用 WEKA 資料探勘軟體進行分類研究，希望可以將分類的結果建置一個專注力訓練的規則庫，讓後續進行專注力訓練的學生可以依據當時的腦波狀況即時獲得專注力訓練的策略。本計畫採用 J48 分類樹的技術建置分資料分類，其輸入與輸出之屬性如表 3 所示。

表 3 資料分類之輸入與輸出屬性

輸入屬性	輸出屬性
A70time	訓練意願調查 (F、H、C、E)
M70time	
avgA	
avgM	
AM15time	
MA15time	

以下將分別整理各種訓練模式之腦波資料分類結果與規則庫建置如下：

1. 選擇性專注力訓練：分類正確性分析、分類樹建置結果與規則庫如表 4 所示。

表 4 選擇性專注力訓練腦波分類結果

選擇性專注力訓練腦波	分類結果		
分類正確性分析	Correctly Classified Instances	22	88%
	Incorrectly Classified Instances	3	12%
	Total Number of Instances	25	
分類樹建置結果與分類規則庫	<pre> A70time <= 46 MA15time <= 89 AM15time <= 43: E(11.0/1.0) AM15time > 43: F(4.0/1.0) MA15time > 89 avgA <= 44.827957: C (2.0) avgA > 44.827957: H (2.0) A70time > 46 avgM > 34.326723: H (2.0) avgM <= 34.326723: F (4.0/1.0) </pre>		

2. 分散性專注力訓練：分類正確性分析、分類樹建置結果與規則庫如表 5 所示。

表 5 分散性專注力訓練腦波分類結果

分散性專注力訓練腦波	分類結果		
分類正確性分析	Correctly Classified Instances	23	92 %
	Incorrectly Classified Instances	2	8 %
	Total Number of Instances	25	
分類樹建置結果與分類規則庫	<pre> avgM <= 55.913043 A70time <= 33: E (4.0) A70time > 33: F (7.0/2.0) avgM > 55.913043 avgA <= 46.251337: C (5.0) avgA > 46.251337: H (11.0) </pre>		

3. 轉換性專注力訓練：分類正確性分析、分類樹建置結果與規則庫如表 6 所示。

表 6 轉換性專注力訓練腦波分類結果

轉換性專注力訓練腦波	分類結果		
分類正確性分析	Correctly Classified Instances	22	88 %
	Incorrectly Classified Instances	3	12 %
	Total Number of Instances	25	
分類樹建置結果與分類規則庫	avgA <= 43.02 M70time <= 41: E (7.0/1.0) M70time > 41: C (4.0) avgA > 43.02 A70time <= 39: H (7.0/1.0) A70time > 39: F (7.0/1.0)		

4. 集中性專注力訓練：分類正確性分析、分類樹建置結果與規則庫如表 7 所示。

表 7 集中性專注力訓練腦波分類結果

集中性專注力訓練腦波	分類結果		
分類正確性分析	Correctly Classified Instances	22	88 %
	Incorrectly Classified Instances	3	12 %
	Total Number of Instances	25	
分類樹建置結果與分類規則庫	A70time <= 37 M70time <= 18: C (9.0/1.0) M70time > 18: E (7.0/2.0) A70time > 37 avgM <= 52.213904: F (5.0) avgM > 52.213904: H (4.0)		

5. 持續性專注力訓練：分類正確性分析、分類樹建置結果與規則庫如表 8 所示。

表 8 持續性專注力訓練腦波分類結果

持續性專注力訓練腦波	分類結果	
分類正確性分析	Correctly Classified Instances	23 92 %
	Incorrectly Classified Instances	2 8 %
	Total Number of Instances	25
分類樹建置結果與分類規則庫	M70time <= 45 AM15time <= 62: E (8.0/1.0) AM15time > 62: F (5.0) M70time > 45 A70M <= 36: C (7.0) A70M > 36: H (7.0/1.0)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: right;">持續性注意力訓練 ▾</p> <p>專注度>70次數: 36</p> <p>放鬆度>70次數: 45</p> <p>專注力平均水準: 0</p> <p>放鬆力平均水準: 0</p> <p>專注度大於放鬆度15%次數: 62</p> <p>放鬆度大於專注度15%次數: 0</p> <p style="text-align: center;">更新 取消</p> </div>

5.3 自調適專注力訓練實施

本節將介紹自調適專注力訓練平台之系統操作與整體運作過程如下：

1. 權限管理

計畫所開發之平台(<http://210.240.202.97/eeetrain>) 有管理者、一般訓練者等權限控管，在平台註冊會員後，訓練者即可以在計畫所開發之自調適專注力訓練 Android 手機 APP(app 下載網址：<https://goo.gl/YvW9v4>) 登入會員，專注力訓練平台與手機 APP 畫面如圖 6 所示。



圖 6 專注力訓練平台與手機 APP 畫面

2. 腦波儀連線

計畫所開發之 APP 能透過手機 Bluetooth 與腦波儀連線並取得 EEG 訊號，並計算出 Attention 與 Meditation 數值，但並沒有將資訊儲存在平台，正確配戴腦波儀並且檢測訊號正常後，即可開始專注力訓練，如圖 7 所示，當進行訓練時才透過手機網路連線將資料儲存在平台。

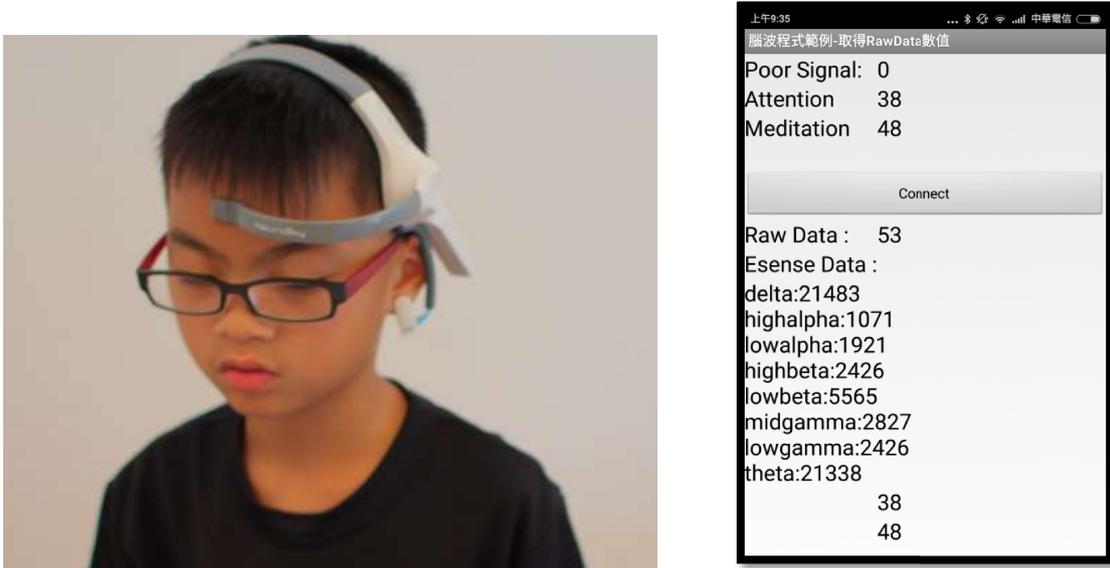


圖 7 專注力訓練平台與手機 APP 畫面

3. 專注力訓練與腦波 EEG 擷取

手機 APP 與平台連線後取得受測者個人訓練歷程，受測者可以開始使用計畫所開發中專注力訓練案例進行專注力訓練，同時 APP 會與平台連線上傳受測者訓練時的腦波資訊，由於腦波訊號、網路連線及手機效率等瓶頸，為普及一般低階智慧手機皆可使用，所以本計畫將採用每秒上傳腦波資訊，每次 3 分鐘受測結束後通知伺服器進行腦波資訊運算，訓練過程與腦波如圖 8 所示。

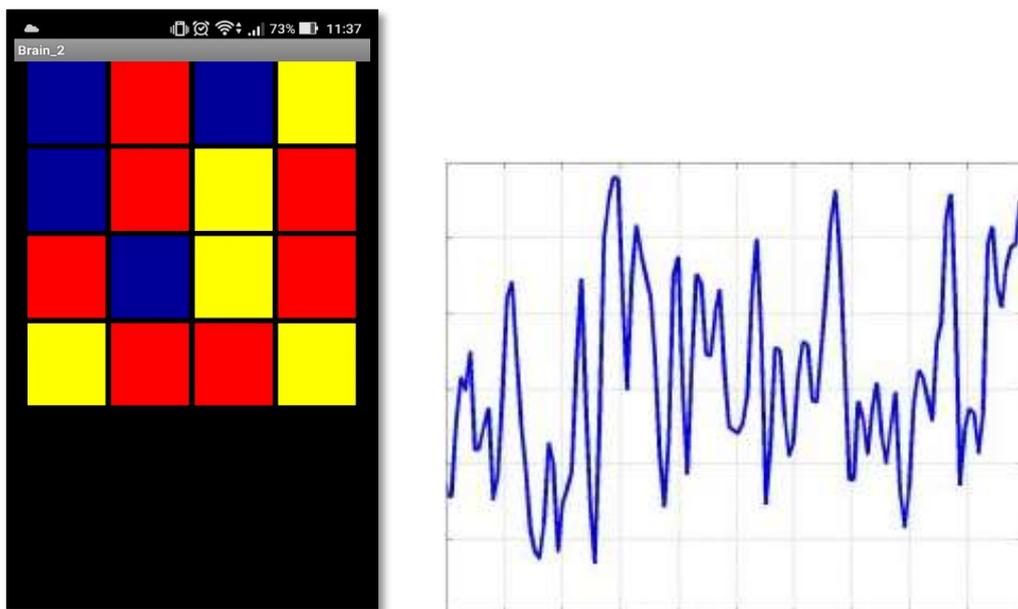


圖 8 專注力訓練案例與每秒腦波圖

4. 專注力訓練策略與歷程記錄

當3分鐘專注力訓練結束，平台後端程式會開始將計算腦波數據、擷取腦波特徵並與分類器運算後，可以獲得個別受測者下次訓練時的訓練策略(時間、困難度、過關條件)。同一種專注力訓練模式提供不同的訓練案例，所以雖然是不同的訓練案例但如果是同一訓練模式，受測者所面對的是同一訓練策略，如此，不僅可以讓數位訓練多樣化讓受測者保有新奇感，而且也可以減少分類器訓練的時間與流程。單一受測者所面對的五種訓練模式的訓練策略，如圖9所示，不同訓練模式各有不同的訓練策略，訓練策略取決於受測時的專注力訓練成效。

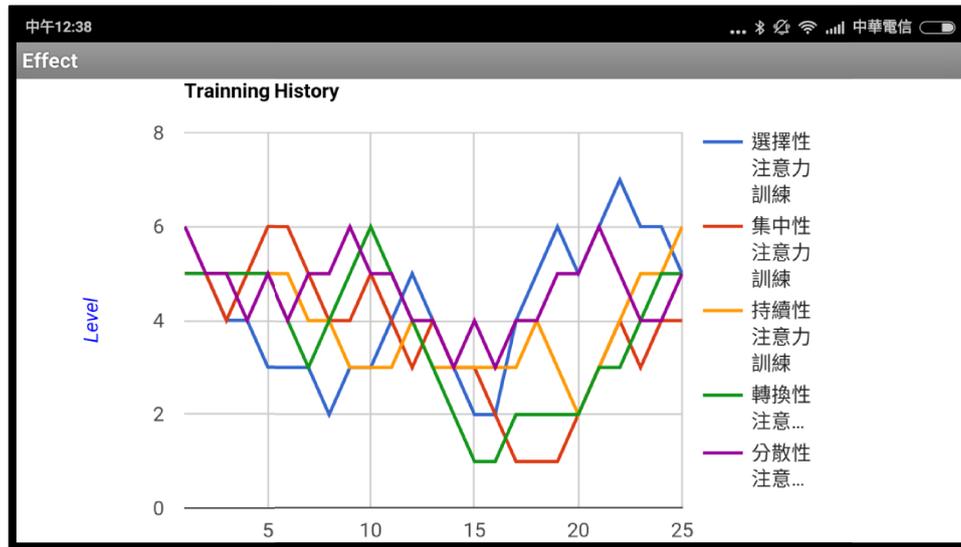


圖 9 各種訓練模式所對應之訓練策略的歷程

5. 專注力訓練腦波記錄與訓練積分

本計畫在訓練過程之腦波記錄不僅可提供特徵分類使用，而且可提供給職能訓練專家解讀腦波機制，因此平台提供個人專注力訓練腦波記錄供個人APP查詢，如圖10所示。此外，為了加強受測者使用專注力訓練的動機，因此加上訓練積分與排行榜，每次進行訓練時可依不同的訓練成效累積積分藉此激勵受測者。

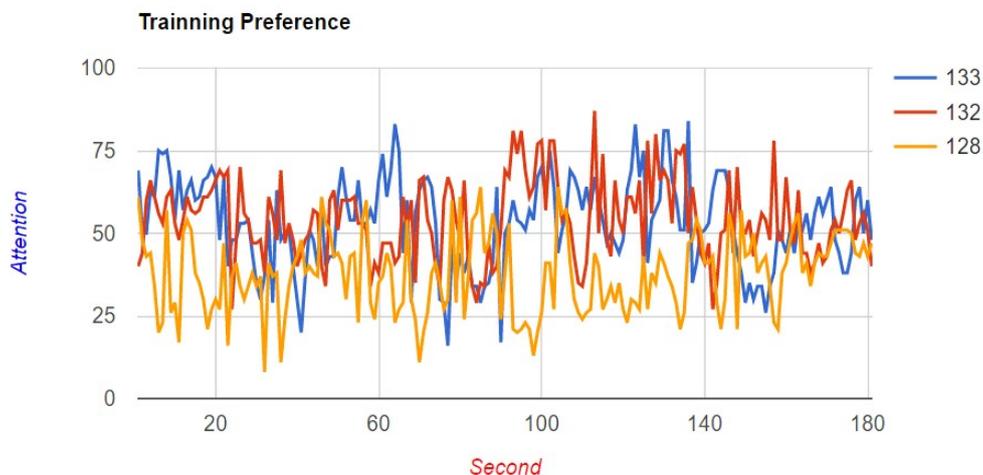


圖 10 個人專注力訓練腦波記錄

六、研究結論與建議

6.1 結論

本計畫完成執行的項目分別為：專注力訓練專家知識擷取與需求訪問、建置專注力數位訓練平台、設計專注力數位訓練案例、專注力腦波特徵分類、設計專注力腦波即時檢測、完成自調適專注力數位訓練系統。詳細說明如下：

- (1) 專注力訓練專家知識擷取與需求訪問—訪談醫院青少年心智科醫師與職能治療師，獲取領域專家對(選擇、集中、持續、分散、轉換)專注力訓練模式之知識，並獲得發展系統功能與界面之需求；
- (2) 設計專注力數位訓練案例—本計畫為了讓數位訓練 APP 可以有多樣性與彈性開發，特別在設計時加入數位訓練模式動態隨機挑選對應訓練案例之多媒體資源，並在案例中加入可依腦波專注力訓練成效而調整訓練策略之機制；
- (3) 專注力腦波特徵分類—本研究利用各種分類演算法，找出適合本計畫之分類樹演算法 J48，並利用研究觀察找出分類樹演算法中最為相關之分類屬性，並依腦波訓練資料建立各種訓練模式之分類器；
- (4) 建置專注力數位訓練平台—承前三項之研發成果，開發一個專注力數位訓練之平台，個人專屬的訓練歷程及對應之訓練案例與訓練策略並自動推播至受測者的手機 APP；
- (5) 設計專注力訓練腦波即時檢測 APP—受測者個人 APP 接收平台的訓練資料並與腦波儀連線後，即可即時檢測專注力訓練時的腦波特徵，得知目前使用者的專注力程度並依此動態調整訓練策略與訓練案例，自動完成最適化的專注力數位訓練。

本計畫所開發之數位專注力訓練系統乃依據專注力訓練專家知識所建立，是值得信賴的專注力訓練方案，不同於商業化的專注力訓練課程。雖然已有多家資訊業者詢問合作與投資意願，然而本平台仍希望可以無償推廣至其他需要專注力訓練的學生與師長，使其任何時間、任何地點都可以隨時進行專注力訓練。

6.2 建議

本計畫雖已建置完成並已獲得初步實驗與評估，然而仍須進行廣大的實驗以獲得本系統的實證，若證實國小學童可以透過此一數位訓練方案提昇專注力訓練，並將訓練成果表現於課堂上，則可以試辦推廣至全國各級學校。此外在學術研究方面，如果經實驗證實以腦波特徵為基之自調適專注力數位訓練的訓練成效比一般專注力數位訓練的結果較佳，可將本計畫所提的專注力數位訓練之方法與成果發表於國際期刊論文，亦可做為後續產學合作的基礎，尋求產業的支持並投入此一領域的發展。

在腦波研究可能成為未來主流的發展趨勢下，本計畫參與之學生已獲得計畫開發過程之相關知識與技術，並促成其腦波研究的技術能力與專題實務發展，例如：樂齡長照手腦並用、腦波控制結合 VR、物聯網與腦波應用，未來腦波與科技之結合將激勵更多的學者或廠商投入此一領域的發展。

參考文獻

- 1 Asteriadis, S. (2011). "The importance of Eye Gaze and Head Pose to estimating levels of Attention," International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications, Greece.
- 2 Belle, A., Hargraves R. H. and Najarian, K. (2012). "An Automated Optimal Engagement and Attention Detection System Using Electrocardiogram," Computational and Mathematical Methods in Medicine, Vol.2012, pp. 1-12.
- 3 Berry, L. H. (1991). The Interaction of Color Realism and Pictorial Recall Memory. Paper presented at the Annual Conference of the Association for Educational Communications and Technology.
- 4 Bless, J. J., Westerhausen, R., Kompus, K., Gudmundsen, M., & Hugdahl, K. (2014). Self-supervised, mobile-application based cognitive training of auditory attention: A behavioral and fMRI evaluation. *Internet Interventions*, 1(3), 102-110.
- 5 Chaudhuri, A., Nayak, S., & Routray, A. (2014). Use of data driven optimal filter to obtain significant trend present in frequency domain parameters for scalp EEG captured during meditation. In *Students' Technology Symposium (TechSym), 2014 IEEE* (pp. 7-12). IEEE.
- 6 Corno, L., and Mandinach, E.B. (1983) "The role of cognitive engagement in classroom learning and motivation," *Educational Psychologist*, vol. 18, pp. 88-108.
- 7 Cyr, D., Head, M., & Ivanov, A. (2009). Perceived Interactivity Leading to E-Loyalty: Development of a Model for Cognitive-Affective User Responses. *International Journal of Human - Computer Studies* 67(10), 850-869.
- 8 Dwyer, F. M., & Moore, D. M. (1992). Effect of Color Coding on Cognitive Style. Paper presented at the National Conference of the Association for Educational Communications and Technology, Washington, DC.
- 9 *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*. (1929). Vol. 87, No. 1, pp. 527-570.
- 10 Evertson, C. (1980) . Differences in instructional activities in high and low achieving junior

high classes. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research. Boston.

- 11 Frederick, W. (1977). The use of classroom time in high school above or low the median reading score. *Urban Education*, 11, 459~464.
- 12 Gerlic, I. and Jausovec, N. (2001). "Differences in EEG Power and Coherence Measures Related to the Type of Presentation: Text versus Multimedia," *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 25, pp. 177-195.
- 13 Gilbert, C. D., & Sigman, M. (2007). Brain states: top-down influences in sensory processing. *Neuron*, 54, 677-696.
- 14 Gopher, D., Wiel, M., & Bareket, T. (1994). Transfer of skill from a computer game trainer to flight. *Human Factors*, 36, 387-405.
- 15 Green, C. S., & Bavelier, D. (2012). Learning, attentional control, and action video 130 games. *Curr Biol*, 22(6), 197-206.
- 16 Green, C. S., Li, R., & Bavelier, D. (2010). Perceptual learning during action video game playing. *Topics in Cognitive Science*, 2, 202-216.
- 17 Guarnera, M., & D'Amico, A. (2014). Training of Attention in Children With Low Arithmetical Achievement. *Europe's Journal of Psychology*, 10(2), 277-290.
- 18 H. Berger (1929). Über das elektrenkephalogramm des menschen. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten* 87, 527.
- 19 Hendriks, P., (1999). Why share knowledge ? the influence lf ICT on motivation for knowledge sharing, *Knowledge and Process Management*, 6 (2),91-100.
- 20 Jackson, M. (2008). *Distracted: The erosion of attention and the coming dark age*. Amherst, NY: Prometheus.
- 21 Jesky, R. R., & Berry, L. H. (1991). The Effects of Pictorial Complexity and Cognitive Style on Visual Recall Memory. Paper presented at the National Conference of the Association for Educational Communications and Technology.
- 22 Jones, S. G., Riedner, B. A., Smith, R. F., Ferrarelli, F., Tononi, G., Davidson, R. J., & Benca, R. M.

- (2014). Regional reductions in sleep electroencephalography power in obstructive sleep apnea: a high-density EEG study. *Sleep*, 37(2), 399-407.
- 23 Khanna, A., Pascual-Leone, A., Michel, C. M., & Farzan, F. (2014). Microstates in Resting-State EEG: Current Status and Future Directions. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*.
- 24 Koulopoulos, T.M., & Frappaolo, C.(2000). Smart things to know about knowledge management, Oxford: Capstone. Lee, J. Sr., 2000, Knowledge management: the intellectual revolution. *IIE Solutions*, 34-37.
- 25 Li, X., Zhao, Q., Li, L., Peng, H., Qi, Y., Mao, C., Fang, Z., Liu, Q. and Hu, B. (2010). "Improve Affective Learning with EEG Approach," *Journal of Computing and Informatics*, formerly: *Computers and Artificial Intelligence*., Vol. 29, pp.557–570.
- 26 Li, Y., Li, X., Ratcliffe, M., Liu, L., Qi, Y. and Liu, Q. (2011). "A real-time EEG-based BCI System for Attention Recognition in Ubiquitous Environment.," *UAAII '11 Proceedings of 2011 international workshop on Ubiquitous affective awareness and intelligent interaction*, pp.33-40.
- 27 Lim T.-S., W.-Y. Loh, and Y.-S. Shih. (2000). A comparison of prediction accuracy, complexity, and training time of thirty-three old and new classification algorithms. *Machine Learning*, 39.
- 28 Lim, C. G., Lee, T. S., Guan, C., Fung, D. S., Zhao, Y., Teng, S. S., . . . Krishnan, K. R. (2012). A brain-computer interface based attention training program for treating attention deficit hyperactivity disorder. *PLoS One*, 7, e46692.
- 29 Ming, D., Xi, Y., Zhang, M., Qi, H., Cheng, L., Wan, B., and Li, L. (2009). "Electroencephalograph (EEG) Signal Processing Method of Motor Imaginary Potential for Attention Level Classification," *International Conference of the IEEE on Engineering in Medicine and Biology Society*, 2009, pp. 4347-4351.
- 30 Nonaka, I., & Takeuchi, H., (1995). *The knowledge creating company*, New York: Oxford University Press.
- 31 Nonaka, I., Toyama, R., & Konno, N. (2000). SECI, Ba and Leadership: a unified model of dynamic knowledge creation, *Long Range Planning*, 33, 5 -34.
- 32 O'Brien, H. L., & Toms, E. G. (2009). *The Development and Evaluation of a Survey to Measure*

- User Engagement. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(1), 50-69.
- 33 Park J. S., M. Chen, and P. Yu. (1995). "An Effective Hash-based Algorithm for Mining Association Rules". In *Proceedings of the 1995 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, pages 175–186.
- 34 Prot, S., Anderson, C., Gentile, D. A., Brown, S. C., & Swing, E. L. (2014). The Positive and Negative Effects of Video Game Play. *Media and the Well-Being of Children and Adolescents*, 109.
- 35 Rueda, M. R., Rothbart, M. K., McCandliss, B. D., Saccomanno, L., & Posner, M. I. (2005). Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 102, 14931-14936.
- 36 Semrud-Clikeman, M., Nielsen, K. H., Clinton, A., Sylvester, L., Parle, N., & Connor, R. T. (1999). An intervention approach for children with teacher- and parent-identified attentional difficulties. *J Learn Disabil*, 32, 581-590.
- 37 Sohlberg, M. M., Harn, B., MacPherson, H., & Wade, S. L. (2014). A pilot study evaluating attention and strategy training following pediatric traumatic brain injury. *Clinical Practice in Pediatric Psychology*, 2(3), 263.
- 38 Steiner, N. J., Sheldrick, R. C., Gotthelf, D., & Perrin, E. C. (2011). Computer-based attention training in the schools for children with attention deficit/hyperactivity disorder: a preliminary trial. *Clin Pediatr (Phila)*, 50, 615-622.
- 39 Tang, Y. Y., & Posner, M. I. (2009). Attention training and attention state training. *Trends Cogn Sci*, 13, 222-227.
- 40 Veronica, M., Filippo, D., Michele D. G., Marco. Z., (2014). A new adaptive videogame for training attention and executive functions: Design principles and initial validation, *Frontiers in Psychology*, 5.
- 41 Wilson, A. J., Dehaene, S., Pinel, P., Revkin, S. K., Cohen, L., and Cohen, D. (2006). Principles underlying the design of "The Number Race," an adaptive computer game for remediation of

- dyscalculia. *Behav. Brain Funct.* 2: 19.
- 42 Wu, M., & Dwyer, M. D. (1986). The Effect of Verbal Visuals in Facilitating Student Achievement of Different Educational Objectives. *International Journal of Instructional Media*, 13(1), 60-68.
- 43 Xu, L., Liu, J., Xiao, G., and Jin, W. (2012). "Characterization and Classification of EEG Attention Based on Fuzzy Entropy," *International Conference on Digital Manufacturing and Automation*, pp. 277-280.
- 44 王乙婷、何美慧 (2004)。自我教導策略增進ADHD兒童持續性注意力之效果。
- 45 朱璿瑾, 江政祐, 劉寧漢. (2013). 運用腦波識別專注狀態. *資訊科技國際期刊*, 7(2), 13-22.
- 46 吳進安 (1998)。神經診斷學，台北：揚智文化。
- 47 宋淑慧 (1992)。多向度注意力測驗編製之研究 (未出版之碩士論文)。
- 48 李啟澤、李孟智 (1999)。注意力不足暨過動症。 *基層醫學*, 14 (3), 42-45。
- 49 柯永河 (1987)。臨床神經心理學概論。台北：大洋。
- 50 洪聰敏 (2000)。腦波：探討運動及身體活動心理學的另一扇視窗。 *中華體育*, 11 (4), 63-74。
- 51 張春興 (1996)。教育心理學：三化取向的理論與實踐。臺北市：臺灣東華書局。
- 52 黃秉紳 (2006)。運用專注力提升國小學童學習自我效能之研究，*網路社會學通訊期刊*，56(31)。
- 53 許芳菊 (2008)。打造專注力。 *親子天下雜誌*，2，116-144。
- 54 陳君如 (2002)。國小學生注意力訓練方案之實驗研究 (未出版之碩士論文)。
- 55 陳奕樺 (2014)。數位遊戲式注意力訓練與專注力生理訊號回饋對注意力、課室專注力與學業成就之影響。國立成功大學教育研究所博士論文，台南市。
- 56 趙茂偉 (2008)。運用資料探勘技術由腦波訊號建立喚醒偵測模型。國立成功大學醫學資訊研究所碩士論文，台南市。
- 57 善延愷、陳映雪、蘇東平 (2004)。兒童與青少年注意力、記憶與執行功能之發展性常模。 *臨床心理學刊*，1 (1), 22-29。
- 58 楊幸真 (1992)。注意力與學習之相關探討。 *教師之友*，42 (33), 8-30。
- 59 親子天下雜誌 (2008)。打造專注力。 *親子天下雜誌*，第二期。

- 60 劉奕孜 (2010)。好行為競賽對改善國小融合班兒童課堂專注行為之研究。國立臺北教育大學教育學院特殊教育學系碩士論文，臺北市。
- 61 顏永森、胡學誠、柯天盛，(2011)，數位學習注意力對學習成效影響之研究， T&D 飛訊第 112 期，1-21。

科技部補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2016/10/13

科技部補助計畫	計畫名稱: 以腦波特徵為基自調適數位專注力訓練平台之研究
	計畫主持人: 陳萌智
	計畫編號: 104-2511-S-343-002- 學門領域: 應用科學教育
無研發成果推廣資料	

104年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：陳萌智			計畫編號：104-2511-S-343-002-			
計畫名稱：以腦波特徵為基自調適數位專注力訓練平台之研究						
成果項目			量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)	
國內	學術性論文	期刊論文		0	篇	
		研討會論文		0		
		專書		0	本	
		專書論文		0	章	
		技術報告		0	篇	
		其他		0	篇	
	智慧財產權及成果	專利權	發明專利	申請中	0	件
				已獲得	0	
			新型/設計專利		0	
		商標權		0		
		營業秘密		0		
		積體電路電路布局權		0		
		著作權		0		
		品種權		0		
		其他		0		
	技術移轉	件數		0	件	
		收入		0	千元	
	國外	學術性論文	期刊論文		0	篇
			研討會論文		0	
			專書		0	本
			專書論文		0	章
技術報告			0	篇		
其他			0	篇		
智慧財產權及成果		專利權	發明專利	申請中	0	件
				已獲得	0	
			新型/設計專利		0	
		商標權		0		
		營業秘密		0		
		積體電路電路布局權		0		
		著作權		0		
		品種權		0		
		其他		0		

	技術移轉	件數	0	件	
		收入	0	千元	
參與計畫人力	本國籍	大專生	4	人次	
		碩士生	2		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
	非本國籍	大專生	0		
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)					
	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述		
科教國 合同計 畫加填 項目	測驗工具(含質性與量性)	0			
	課程/模組	0			
	電腦及網路系統或工具	0			
	教材	0			
	舉辦之活動/競賽	0			
	研討會/工作坊	0			
	電子報、網站	0			
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0			

科技部補助專題研究計畫成果自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現（簡要敘述成果是否具有政策應用參考價值及具影響公共利益之重大發現）或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以100字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形（請於其他欄註明專利及技轉之證號、合約、申請及洽談等詳細資訊）

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以200字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性，以500字為限）

本計畫建構一結合專注力與腦波科學之趣味互動式數位訓練平台，提供使用者以視覺化、互動式、個人化、易於理解的方式來訓練專注力，有效提升學生的專注力並將訓練效果成功遷移至學習過程中，以降低課堂中學習注意力不集中的情況，進而改善學習專注力的持久性並能正確提昇學習競爭力。計畫中所開發之數位專注力訓練平台乃依據專注力訓練專家知識所建立，是值得信賴的專注力訓練平台，不同於商業化的專注力訓練課程。雖然已有多家資訊業者詢問合作意願，然而本平台仍希望可以無償推廣至其他學校需要專注力訓練的學生與師長，使其任何時間、任何地點都可以隨時進行自我專注力訓練。在腦波研究可能成為未來主流的發展趨勢下，本計畫參與之學生已獲得開發之相關知識與技術，並促進其腦波研究技術能力的專題實務發展，例如：樂齡長照手腦並用、VR腦波控制、腦波與物聯網應用，並積極準備參與國內外創新與創意競賽，未來將持續結合腦波與科技之應用與教學，培養更多的學生投入此一領域的發展。

4. 主要發現

本研究具有政策應用參考價值： 否 是，建議提供機關

（勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關）

本研究具影響公共利益之重大發現： 否 是

說明：（以150字為限）