

# 腦機介面在輔助溝通系統之應用

郭雅雯

國立台南大學  
特殊教育學系博士班

陳明聰

國立嘉義大學  
特殊教育學系

## 摘要

本文探討腦機介面的相關應用，先從腦機介面的定義以及發展歷史開始，進一步說明常見的三種技術，並歸納其在醫療輔助、休閒娛樂遊戲、注意力或放鬆訓練與溝通等領域的應用情形，接著聚焦在腦機介面於輔助溝通系統的應用，如腦波拼字機及慢皮質電位腦機介面。最後，針對腦機介面未來在輔助溝通的研究與發展，提出相關建議。

**關鍵詞：**腦機介面、輔助溝通系統

## Applications of Brain-Computer Interface in Augmentative and Alternative Communication

Ya-Wen Kuo

Doctoral Student, Department of  
Special Education, National Tainan University

Ming-Chung Chen

Professor, Department of Special  
Education, National Tainan University

## Abstract

This paper explored the possible applications of brain-computer interfaces (BCI) in augmentative and alternative communication (AAC). At first, the authors described the definition and history of BCI. Then we explained three types of BCI technique and its applications in medical aids, casual and entertainment games, attention or relaxation training, and communication. The application in AAC system, such as P300-based speller and SCPs BCI was explored. Finally, some suggestions on the future research and development of BCI in AAC were also provided.

**Keywords:** brain-computer interface (BCI)、augmentative and alternative communication (AAC) system

## 壹、前言

紅極一時的「冰桶挑戰」，目的是幫肌萎縮性脊髓側索硬化症 (Amyotrophic Lateral Sclerosis，俗稱漸凍人) 發聲，患者遭受神經系統疾病之苦，影響其肌肉控

制功能，無法經由自己的意志來隨意控制其姿勢及動作。隨著病情的發展，連口語表達都顯得困難，當他們想要表達時，需輔助溝通系統 (augmentative and alternative communication) 的協助，運用其僅存的周邊神經肌肉控制能力，做直接

或間接之訊息選擇，但，往往相當耗時耗力才能完成簡單表達。到了最後階段，連可以自由控制的肌肉都沒有了，要如何溝通呢？

隨著科技的進步，腦機介面 (Brain-Computer Interface, 簡稱 BCI) 提供大腦與外在設備間的連結 (Federici & Scherer, 2012)，也讓神經肌肉控制困難的使用者，可透過另一種選擇方式來使用輔助溝通設備，得以表達其想法。面對這個新興的輸入方式，本文將介紹腦機介面的發展、相關技術以及目前在輔助溝通上的應用，最後討論其在應用上的注意事項。

## 貳、腦機介面之相關介紹

### 一、腦機介面之定義

1999 年第一屆國際腦機介面科技研討會說明了腦機介面，是提供使用者另一種溝通和控制的管道，即不需依賴大腦控制周邊神經與肌肉的管道 (Wolpaw et al., 2000)。此外，腦機介面須符合四個條件：1.設備需依賴從大腦直接記錄到的訊號；2.當使用者有意圖的控制以達到有效的目標行為時，至少有個能被記錄到的大腦訊號；3.及時處理；4.使用者能得到回饋 (Pfurtscheller et al., 2010)。

### 二、腦機介面之發展歷史

腦機介面的發展歷史要追溯到 1929 年德國神經心理學家 Hans Berger 首度發表了 14 篇有關腦電圖 (Electroencephalography, 簡稱 EEG) 的報告，他發現的  $\alpha$  波，是第一個被記錄的腦波。之後，經過多位科學家的努力，使 EEG 技術越來越普及，並成立了幾所供 EEG 臨床或研究用的實驗室 (Federici & Scherer, 2012)。基於越來越多的 EEG 實證研究，美國加州大學洛杉磯分校 (University of California, Los Angeles, 簡稱 UCLA) 執行一項研究計畫，企圖測試直接的大腦溝通，稱為腦機介面計畫

(the Brain Computer Interface Project) (Vidal, 1973)。這是第一次在科學文獻中出現腦機介面一詞。到了 1998 年 Philip Kennedy 與 Roy Bakay 首次將腦機介面植入人類大腦，其信號品質已足以刺激動作的產生 (Anupama, Cauvery, & Lingaraju, 2012)。2001 年布朗大學 John Donoghue 成立 Cyberkinetics 公司，成功行銷其第一個商業化產品--- NeuroPort™。此神經監測系統能讓研究者確認病患的小發作情形。該公司亦生產其所研發之腦機介面--- BrainGate™，於 2004 年 Matthew Nagle 成為第一個植入該產品的人類。另外，2004 年 Jonathan Wolpaw 發表了以 BCI 成功操作電腦的研究，與之前研究不同的是，該研究團隊使用的是非侵入式的 EEG 電極帽 (Brown University, 2016；Brain Vision UK, 2016)。

### 三、腦機介面之種類與技術

腦機介面可依大腦訊號探測方式，分為侵入性 (invasive)、半侵入性 (partially invasive) 及非侵入性 (noninvasive) 等三大類型 (Anupama, Cauvery, & Lingaraju, 2012)。

侵入式腦機介面是藉由植入式電極進行腦皮質神經元活動的電位量測。1978 與 2002 年 William Dobell 將 BCI 植入後天失明者的視覺皮質，並成功使其產生光覺 (Anupama, Cauvery, & Lingaraju, 2012)。侵入式腦機介面所取得的神經訊號的品質較佳，但其缺點是容易引發免疫反應和造成疤痕組織，進而導致訊號品質的衰退甚至消失。

半侵入式腦機介面是將電極直接植入硬腦膜下的區域，其訊號品質不如侵入式腦機介面，但優於非侵入式腦機介面。癲癇患者常在接受手術前以此來解決發作定位問題 (Abdulkader, Atia, & Mostafa, 2015)。半侵入式腦機介面腦波型態為皮質腦電圖 (Electrocorticography, 簡稱

ECoG)，所記錄到訊號的解析度並不高，難以確定發出訊號的腦區或者相關的單個神經元。

非侵入式腦機介面其技術主要包括：功能性近紅外光光譜 (functional Near-Infrared Spectroscopy, 簡稱 fNIRS) 量測腦部皮質組織的氧活性、腦磁圖 (Magnetoencephalography, 簡稱 MEG) 量測磁區的改變、功能性核磁共振造影 (functional Magnetic Resonance Imaging, 簡稱 fMRI) 量測腦部血流以及腦電圖 (EEG) 量測大腦的電氣活動。其中 EEG 的應用潛力與研究最多，EEG 可分為濕式與乾式。濕式需要使用中介物質以降低皮膚阻抗，而乾式較方便，且不需事後處理，目前已有乾式傳導電極之研究發表 (Sellers et al., 2009; Liao et al., 2012)。非侵入式腦機介面易操作、方便攜帶且相對低廉，其缺點是對噪音及環境干擾的敏感，實際取得的訊號會受眨眼等肌電訊號 (Electromyography, 簡稱 EMG) 和周圍電磁波干擾，另外使用 EEG 作為腦機介面的使用者需大量訓練 (Federici & Scherer, 2012; 陳柏中, 2016)。不過，目前也有不用大量訓練的產品出現，如 P300。

使用非侵入性的 BCI 時，有二種方法可從大腦活動記錄到電信號 (electrical signals)。一種是偵測不需外在刺激的大腦振動，稱為事件相關同步/去同步 (Event Related Synchronization/ Desynchronization, 簡稱 ERS/ERD)；另一種是經由探測各種啟動條件的作用而得到的，稱為誘發電位 (Evoked Potential, 簡稱 EP)。又可分為事件相關電位 (Event-related potentials, 簡稱 ERP) 及穩態誘發電位 (Steady-State Evoked Potentials, 簡稱 SSEP)，而由眼睛注視所誘發的電位，稱為視覺誘發電位 (Visual Evoked Potential, 簡稱 VEP)；由聽覺所引發的電位，稱為聽覺誘發電位 (Auditory Evoked Potential, 簡稱 AEP) (陳昆顯、何淑君, 2013; Abdulkader, Atia, &

Mostafa, 2015)。而 P300 是屬於一種事件相關電位 (ERP)，是指一種在經由事件刺激後約 300 毫秒內所產生的事件誘發電位，目前多應用於腦波拼字機之輔助溝通系統 (Federici & Scherer, 2012)。

#### 四、腦機介面之應用

腦機介面的應用須結合跨領域的技術，包含：電子工程師、生物醫學工程師、電腦資訊工程師、神經外科醫師等。1990 年代開始，腦波量測從醫療界走向科技界，開始進入「腦波控制」的時代，廠商也開發出腦波控制的相關產品 (郭博昭, 2013)。

綜合近來腦機介面的應用，其應用的領域包含：醫療輔助、休閒娛樂遊戲、注意力或放鬆訓練與溝通等，以下分別說明。

醫療輔助方面，應用在基於穩態視覺誘發電位 (Steady-State Visual Evoked Potentials, 簡稱 SSVEP) 的腦驅動機器人或輪椅，如：Toyota 腦波輪椅、Walking Again Project。利用腦波操作神經義肢，如使用 P300 來操作機器手臂，也可植入人工耳蝸幫助聽障者偵測環境聲音及語音，或植入侵入式腦機介面來協助視障者視物。

休閒娛樂遊戲方面，包含以自發或誘發電位來操控遊戲裝置，如：NeuroSky 公司的 MindWave™、Adventures of NeuroBoy™、MindFlex™；OCZ 公司的 Neural Impulse Actuator (NIA™) 腦波遊戲滑鼠以及 Emotiv 公司的 EPOC™。家電控制方面有海爾腦波電視、腦波電話。應用在虛擬環境，如進行導航、操作虛擬 3D 直升機等。

注意力或放鬆訓練方面，有運用 NeuroSky 腦波讀取設備，搭配軟體使用，以偵測使用者的專注程度，並利用視覺回饋機制讓使用者學習掌控自己的專注力 (神念科技, 2016)。另外，將 MindWave™

運用在腦波光球 (MindLamp™) 上, 透過光球的顏色變化, 即時顯示使用者大腦的專注或放鬆程度 (大寶科技, 2016)。

溝通方面, 包括應用來輸入文字, 如 P300 BCI Speller 從虛擬鍵盤選擇字母, 藉由 P300 進行控制的拼寫設備, 或建立一個藉由 P300 操作的網頁瀏覽器, 同時也框架出一個使用 P300 執行的拼寫系統 (陳昆顯、何淑君, 2013)。

由以上的研究成果可見, 腦機介面的發展已從科幻電影的情節, 真實搬到神經學與資訊科技合作的實驗室中加以實現。從訓練動物以腦波控制機器開始, 日後更能訓練周邊神經損傷的患者, 在輔助溝通系統選擇技術上, 除了透過肢體肌肉控制的直接選擇或輔以特殊開關之掃描選擇之外, 又多了一種藉由腦波訊號探測所得出的腦機介面選擇方式。

## 參、應用腦機介面之輔助溝通系統介紹

過去 15 年有關 BCI 的研究越來越多, 依據我們對大腦新的了解、電腦設備成本的減低以及對障礙者需求的更進一步認識, 應發展新的替代溝通及控制技術, 以讓重度神經肌肉損傷者表達意願, 甚至操作文字處理程式 (Wolpaw, Birbaumer, McFarland, Pfurtscheller, & Vaughan, 2002)。

筆者在 EBSCO 資料庫上以 brain computer interface、BCI、augmentative and alternative communication、AAC 等詞搜尋, 結果發現只有少數論文, 且多以 P300 執行控制的設備應用, 例如: 以 P300-based BCI 來研究預測拼音對於溝通速率的影響 (Ryan, et al., 2011); 在回顧 ALS 患者以 P300-based BCI 使用 AAC 相關文獻後, 更建議以 P300-based BCI 執行認知評估 (Cipresso, et al., 2012)。2011 年更有學者以文獻分析方式, 回顧 P300-based BCI 之現

況、限制, 並對未來方向提出建議 (Mak, et al., 2011)。而 P300 Speller (腦波拼字機) 是 1988 年 Farwell & Donchin 所發展出來的, 在 6\*6 的行列矩陣中, 隨機出現目標。當使用者產生溝通需求時, 必須集中注意力於行列矩陣中之目標字母, BCI 設備會偵測到出現目標字母後 300 毫秒內之 ERP (Federici & Scherer, 2012)。以此逐一字母選擇的方式, 便能拚出一完整單字, 而達到溝通效果。

目前的研究多還在探討腦機介面應用的可行性, 例如 Guger 等人 (2009) 運用 P300-based 腦機介面—P300 拼字機, 設計兩種選字模式: 一種是整行或整列顯示 (RC), 另一種則是逐一個別顯示 (SC)。100 位受試者在經過簡短的 5 分鐘訓練後, 89% 的受試者能達到 80~100% 的拼字正確率, 而且使用整行或整列顯示優於個別顯示。相較於動作想像腦機介面 (motor imagery BCI) 僅 19% 的受試者能達到 80~100% 的拼字正確率, 可見 P300-based 腦機介面優於動作想像腦機介面。

另外, Birbaumer 等人嘗試採慢皮質電位 (slow cortical potentials, 簡稱 SCPs) BCI 結合類似神經回饋之技術, 讓 ALS 受試者得以自我調整, 控制顯示器上的游標往上或往下。受試者 A 的選擇準確率, 大約為 75%; 受試者 B 的選擇準確率, 大約為 73%。而受試者 A 能拼寫出短文, 拼字速度約為每分鐘 2 個字 (characters)。由此研究結果顯示, 缺乏肌肉控制能力的使用者, 能控制其 SCPs 的變化, 以充分且正確的操作電子拼音設備 (Birbaumer, et al., 1999)。

腦機介面的實務應用首重速度以及準確性, 若能提升速度及準確性, 則腦機介面可應用的範圍與潛在使用者的數量將可大大的增加 (Wolpaw, Birbaumer, McFarland, Pfurtscheller, & Vaughan, 2002)。當溝通需求產生時, 表達者能快速



且正確產出所欲表達之內容，能減少溝通對象的等待時間及誤判的次數，提升一般人與障礙者的溝通意願，更進一步增加障礙者的溝通機會。

## 肆、討論

腦機介面可能應用的向度包含：1.可以取代 (replace) 因為傷害或是疾病所造成的身體功能喪失。例如，溝通和輪椅控制。2.恢復 (restore) 身體的功能。例如，電刺激癱瘓病人的肌肉和神經，以恢復膀胱功能。3.改善 (improve) 身體功能。例如，中風病人的復健。4.增加 (enhance) 心智功能。例如，精神壓力偵測或注意力降低。5.作為腦功能的研究工具 (research tool) (陳柏中，2016)。因此，運用腦機介面在輔助溝通系上應屬「取代」向度的應用。

腦機介面的應用是取代 AAC 使用者需要利用肢體動作控制選取控制介面之符號的要求，若要介入腦機介入，仍需從 AAC 介入的觀點來思考。Hill、Kovacs 和 Shin (2015) 針對在 AAC 介入應用腦機介面提出幾個關鍵議題。1.在選用上要考慮三個層次，包含語言層次、設備層次以及支持層次。所謂語言層次包含：語言表徵方法、核心/邊緣詞彙及語句產生方式；設備層次包含：使用者介面、控制介面---選擇模式以及輸出；支持層次則包含：周邊與電腦整合、支持以及遠距復健 (telerehabilitation) 特質。其中，在選用時，要優先考量語言本位的特質。2.以 ICF 架構整合 BCI/AAC 系統，期望能達成活動參與的目的。3.施行語言本位的評估與介入，須使用符合個案能力的系統特徵，並調校系統達最佳表現，最後給予訓練並持續治療。4.表現評量，如：收集分析語言樣本。因此，於輔助溝通系統中應用腦機介面時，有關語言本位的概念，便應納入考量。

另外，腦波介面使用者也針對腦機介面的使用提出 4 個建議：1.可信度，如：打字正確性與速度。2.可用性，如：即時互動的應用與需求。3.易用性，如：可攜帶性及系統的建置。4.支持性，如：技術支持與照顧者訓練 (Peters, et al., 2015)。使用者的回饋建議，亦是未來在研究發展應用時的重要參考指標。

BCI 的研究與發展需要專業間合作，例如包含神經生物學、心理學、工程學、數學及電腦科學，而 BCI 系統提供動作失能者一個重要的新的溝通與控制的選項 (Wolpaw, Birbaumer, McFarland, Pfurtscheller, & Vaughan, 2002)。然而，目前仍缺乏長期追蹤研究，使用腦機介面的長期效果仍是未知數，而且應從實驗室走出來，讓 BCI 的應用更貼近使用者的真實生活需求，在 BCI 的可用性、接受性以及美觀性上 (Federici & Scherer, 2012)，亟待研究者未來繼續努力開發與改善，以其推廣給所有適用者，讓使用者運用殘存的能力，以 BCI 操作輔助溝通系統，與外在世界溝通，甚至操控外在環境，進而提升其生活品質。

## 參考文獻

- 大寶科技 (2016 年 10 月 28 日)。MindLamp【線上論壇】。取自 [http://www.alchemytech.com.tw/product\\_info.php](http://www.alchemytech.com.tw/product_info.php)。
- 神念科技 (2016 年 10 月 28 日)。開發者應用方案【線上論壇】。取自 <http://developer.neurosky.com/>。
- 陳昆顯、何淑君 (2013)。腦波儀研究在各領域之應用。TANET2013 臺灣國際網路研討會論文集。取自 <http://www.tcrc.edu.tw/TANET2013/paper/O11-859-3.pdf>。
- 陳柏中 (2016)。腦機介面趨勢發展分析【線上論壇】。取自 <http://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10227>。

- Abdulkader, S. N., Atia, A., & Mostafa, M-S. M. (2015). Brain computer interfacing: Applications and challenges. *Egyptian Informatics Journal*, 16, pp.213-230.
- Anupama, H. S., Cauvery, N. K., & Lingaraju, G. M. (2012). Brain computer interface and its types-A study. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 3(2), pp. 739-745.
- Birbaumer, N., Ghanayim, N., Hinterberger, T., Iversen, I., Kotchoubey, B., Kübler, A., ...Flor, H. (1999). A spelling device for the paralysed. *Nature*, 398(6725), 297-298.
- Brain Vision UK. (2016, October 28). The Brief History of Brain Computer Interfaces [Web blog message]. Retrieved from <http://www.brainvision.co.uk/blog/2014/04/the-brief-history-of-brain-computer-interfaces/>.
- Brown University (2016, October 28). History [Web blog message]. Retrieved from [http://biomed.brown.edu/Courses/BI108/BI108\\_2005\\_Groups/03/hist.htm](http://biomed.brown.edu/Courses/BI108/BI108_2005_Groups/03/hist.htm).
- Cipresso, P., Carelli, L., Solca, F., Meazzi, D., Meriggi, P., Poletti, B., ... Riva, G. (2012). The use of P300-based BCIs in amyotrophic lateral sclerosis: from augmentative and alternative communication to cognitive assessment. *Brain and Behavior*, 2 (4), 479-498. <http://doi.org/10.1002/brb3.57>.
- Federici S., & Scherer M. (2012). *Assistive Technology Assessment Handbook*. USA: CRC Press.
- Guger, C., Daban, S., Sellers, E., Holzner, C., Krausz, G., Carabalona, R. & Edlinger, G. (2009). How many people are able to control a P300-based brain-computer interface (BCI)? *Neuroscience letters*, 462(1), 94-98.
- Hill K., Kovacs T., & Shin S. (2015). Critical issues using brain-computer interfaces for augmentative and alternative communication. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 96(3), pp.S8-S15.
- Liao, L.D., Chen, C. Y., Wang, I. J. , Chen, S. F., Li, S. Y., Chen, B. W., Chang , J. Y., & Lin, T. (2012). Gaming control using a wearable and wireless EEG-based brain-computer interface device with novel dry foam-based sensors. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 9(5). DOI: 10.1186/1743-0003-9-5.
- Mak, J. N., Arbel, Y., Minett, J. W., McCane, L. M., Yuksel, B., Ryan, D., ...Erdogmus, D. (2011). Optimizing the P300-based brain- computer interface: Current status, limitations and future directions. *Journal of neural engineering*, 8(2), 025003 (7pp).
- Peters, B., Bieker, G., Heckman, S. M., Huggins, J. E., Wolf, C., Zeitlin, D., & Fried-Oken, M. (2015). Brain-computer interface users speak up: The virtual users' forum at the 2013 international brain-computer interface meeting. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 96(3), pp.S33-S37.
- Pfurtscheller G., Allison B.Z., Brunner C., Bauernfeind G., Solis-Escalante T., Scherer R., ... Birbaumer N. (2010). The hybrid BCI. *Frontiers in Neuroscience*, 4(42), pp.1-11.
- Ryan, D. B., Frye, G. E., Townsend, G., Berry, D. R., Mesa-G, S., Gates, N. A.,

- & Sellers, E. W. (2011). Predictive spelling with a P300-based brain-computer interface: Increasing the rate of communication. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 27(1), pp.69-84.  
<http://doi.org/10.1080/10447318.2011.535754>.
- Sellers, E. W., Turner P., Sarnacki, W. A., McManus, T., Vaughan, T. M., & Matthews, R. (2009). A novel dry electrode for brain-computer interface. In Julie A. Jacko (Eds.), *Human-Computer Interaction. Novel Interaction Methods and Techniques*. pp.623-631. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg.
- Sennott1 S.C., Light J.C., & McNaughton D. (2016). AAC modeling intervention research review. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, 41(2), pp.101-115.
- Vidal J. J. (1973). Toward direct brain-computer communication. *Annual Review of Biophysics and Bioengineering*, 2. pp.157-180.  
DOI: 10.1146/annurev.bb.02.060173.001105.
- Wolpaw J. R., Birbaumer N., Heetderks W. J., McFarland D. J., Peckham P. H., Schalk G., ... Vaughan T. M. (2000). Brain-computer interface technology: A review of the first international meeting. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 8(2), pp.164-173.
- Wolpaw J. R., Birbaumer N., McFarland D. J., Pfurtscheller G., & Vaughan T. M. (2002). Brain-computer interfaces for communication and control. *Clinical Neurophysiology*, 113. pp. 767-791.