

# 點讀筆於特殊教育教學的應用

鄭靜宜

國立高雄師範大學 特殊教育系 教授

## 前言

點讀筆(reading pen)可不是一般用來寫字的筆，而是一種可以發聲的裝置。一支點讀筆配合點讀材料或教材即可實現有聲閱讀，點到哪說到哪，這支筆何以會如此聰明、有智慧呢?其實它的原理很簡單，在點讀筆的筆頭內裝有光學感應器，它可以感應紙(或卡)上細小的黑點排列型態，在筆內置的單晶片具有簡單光學辨識(optical identification, OID)的功能，配合已存在事先錄製好的相對應音檔，即可觸發音檔的播放而出聲。近年來，點讀教材和筆的開發愈來愈多元，價位也愈來愈低廉，點讀筆的音質和音量表現也愈來愈好，在教育上是值得推廣的學習輔具。特殊教育強調因材施教，在個別化的教學活動中，若可妥善地運用點讀筆達到設定教學的目標，則使用點讀筆不失為一項促進教學與學習的策略。以下就點讀筆的構造與運作進行說明，同時對於運用此項輔具於各類型特殊需求學生的教學與學習方面提出建議以供參考。

## 點讀筆的構造與運作原理

若我們手邊有一些點讀筆專用的點讀書頁，可稍微拿近一點仔細觀察，可看到紙面佈滿一些肉眼幾乎不可見的細小碼點，如圖 1 所示是將這些碼點放大了 1000 倍。這些碼點在人類肉眼看起來就是一片灰灰的，但是它們卻可被點讀筆筆頭的感應器接收。點讀筆的內在的構造如圖 2 所示，各家點讀筆結構雖略有差異，但是基本結構大同小異。筆頭的光學感應器在接收頁面上的碼點形式訊息之後，透過筆中的微控制器(Microcontroller Unit, MCU)晶片做光學的辨識和解碼(林和安，2016)，之後去搜尋對應設定好的索引編號，找到該索引編號後，再連結對應的音檔，最後再透過筆中已燒錄好的聲音播放程式，通常是 mp3 播放程式，播放該音檔，由筆中內建的喇叭收音出來。簡單來說，點讀筆就是一個光學感應器再加上一個 mp3 播放器的產品。

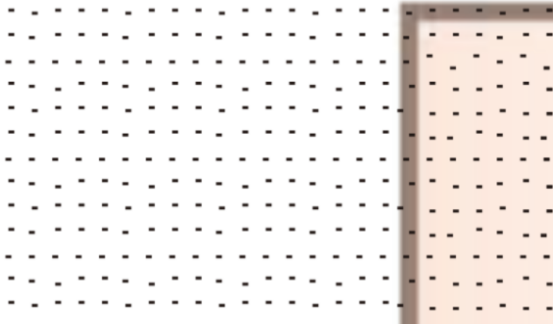


圖 1、放大後的點讀頁面碼點

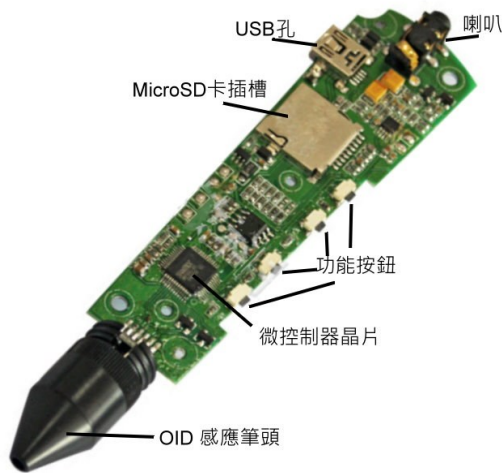


圖 2 點讀筆的基本構造

點讀筆通常具有可調整音量的功能，其他常見的附屬功能還有 mp3 播放、錄音筆、英漢字典等功能。可以把點讀筆當成一般的 mp3 播放器來使用，存入 mp3 檔案後，按鍵可播放音檔。使用者通常需透過 USB 傳輸線可以將 mp3 檔案傳入。USB 傳輸具有檔案傳入或傳出功能，點讀教材包的安裝也是透過 USB 傳輸達成。目前點讀筆的 USB 介面大多仍以 USB2.0 版本做傳輸。

在記憶體部分，單晶片裡面的快閃記憶體(FLASH ROM)容量通常很小，只供儲存韌體(firmware)之用。韌體如同主機板(BIOS)的系統程式，用來溝通硬體和軟體，通常是用組合語言或 C 語言寫成。韌體程式很低階地控制單晶片各腳位電位變化或輸出、輸入功能，藉以接受感測器的資料，後續執行某些運算或是邏輯控制功能，而對連接在某腳位的輸出產生相應的電位變化。由於點讀音檔通常很大，這些資料檔大多另置於記憶體中。有些點讀筆的筆身有外部記憶卡插槽，如 Micro SD (TF 卡)插槽，具有記憶體擴充功能，有的點讀筆只能使用內建的有限記憶容量，如 8g、16g 等，無法再行擴充。

在電源供應方面，舊式點讀筆的電力供應大多以可拋棄式 1.5V 電池為主。在連續使用後

電池的電便很快會耗盡，需要一直買新電池備用。目前新式的筆大多用可充電的鋰電池，電池容量大約為 350 mAh，充電後約可連續使用約 3~4 小時。通常以一般的 USB 傳輸線充電。雖不需購買電池，在使用上較為方便，但點讀筆內所含的鋰電池往往有其循環壽命，過一段時日可能就無法蓄電，屆時將需要替換電池。

### 點讀碼的列印輸出

點讀筆所感應的點讀碼需用高解析度的彩色列印才能被感應。若是要製造專業的點讀書籍或教材，點讀書頁面的輸出通常是讓印刷廠以四分色模式印刷而成，即 CMYK (CyanMagentaYellowBlack) 全彩印刷，專以 K(黑色)來印點讀碼，用其餘顏色去印書上的圖案或文字，如此印出的頁面點讀筆感應效果最好。若使用一般家用彩色雷射印表機也是可印出可被點讀筆感應的有聲頁面，訣竅是必須以至少 600pdi 的方式列印，其實用普通影印紙張即可，若採用光面紙效果會較佳。唯在使用之初印表機需加以測試，因為不同型號的印表機以不同的碼點尺寸印出的效果會有些差異。由於點讀碼本身是黑色的，若用黑白印表機列印，印出的頁面通常感應效果不佳，因為黑色點讀碼的辨識容易被其他由彩色轉成各類灰階影像黑點所干擾，造成不良的感應效果。

在點讀教材的自製方面，OidProducer 程式可輸出含 OID 碼的 PDF 檔供印刷或列印之用，新版的 OidProducer(v9.23)的輸出是一種特殊十億碼格式，只供歐朋筆(O-PEN)使用。舊版的 OidProducer 程式(第七版之前)的輸出點讀碼則是松翰(Sonix)二代碼，通用性較大，是不錯的自製輸出程式，但此版本程式目前網路上尋得不易，流通性受限。

松翰(Sonix)二代碼是各家點讀筆使用最普及的點讀碼，此系統碼點最多有 65535 種變化(林和安，2016)。為避免各本點讀書(或教材)索引編碼發生重疊，一般會有書名碼和內容碼兩層次的規劃，點讀內容頁的碼點之前需先點讀書名碼點。書名碼有點類似檔案夾的功能，好比相同檔名的檔案可置於不同的檔案夾中，就不怕撞名了。這 65535 個點讀碼的區段會隨不同的點讀筆的廠牌有不同的設定。例如小達人點讀筆的書名碼區段是 56001-58000；mp3 播放的相關功能為 00360-00364。事實上，只要知道一些點讀筆重要功能的碼段，使用點讀版面設計程式(如 Oidproducer)設定輸出就可複製出具有同樣功能的頁面，例如具有錄音貼紙、Mp3 播放、字典等功能。例如小達人點讀筆的錄音貼紙碼段為 20001-25000，只要印有這區段任一個碼的區塊，則使用筆點讀皆會有錄音功能。如何可知道各功能碼的區段，除了上網查找外，還可用小達人點讀筆中的智能播放卡的報碼號功能，經筆者測試只要是用松翰二代碼，此筆皆可感應報碼號，智能播放卡功能的碼號為 65533-65534，有興趣者自可善加利用。此外，除了松翰(Sonix)公司的點讀碼之外，凌陽(Sunplus) 公司也有開發一套點讀碼規格，但使用率較低。

## 點讀筆的種類

目前市面上的點讀筆依據其系統的開放性程度，可大致分為封閉式和開放式兩大類。封閉式的點讀筆只能配合其出版社的某本或某些書籍，點讀筆屬於有聲教材的一部分。市面上一般的點讀筆屬於此類，書籍教材則大多為英語學習或是幼兒認知啟蒙方面，例如小牛津出版的兒童英語書籍。此類點讀筆算是教材的一部分，點讀筆的功能較為陽春，常綁定教材，並沒有開放自製功能，如小牛津的乖乖虎或查查狗、Food 超人、台灣麥克、世一點讀字典、啟思、麥克 Crocopen 等。

開放式的點讀筆則提供點讀自製功能，使用者可自製點讀包，配合提供的語音貼紙，或可自行設計或製作點讀頁面或教材。這類產品有小達人、O-PEN、卡米、Ta 筆等。然各家點讀筆開放的程度不盡相同，開放的自製功能通常涵蓋於其所附贈的程式中，例如小達人、O-PEN 這兩款點讀筆在點讀頁面設計和點讀包製作皆有提供自製程式。O-PEN 所提供的 OidProducer 是一個設計優良、使用方便的點讀筆頁面和點讀包製作程式。小達人點讀筆則是有由麥芽公司的客戶端程式，在點讀包的製造產生部分很便利，在點讀包的安裝也是頗為便利，但在智能頁面設計上功能較僵化難用。

另外，有一些屬於半開放式的系統，點讀筆配合所出版的教材書籍，但會附上一些點讀錄音貼紙。使用者可用貼紙自行錄音，再將貼紙貼於書籍頁面上來點讀出聲，如此可克難式地製作點讀教材。目前這些產品較多，如小牛津、StarQ 多功能點讀筆、智點的智慧點讀筆、KidsRead 錄音點讀筆、愛兒館的 CPen、IQ HOUSE 的點讀筆等。然而，這些點讀筆因沒有開放讓使用者自行製作點讀包或設計點讀頁面或教材，其實仍屬於封閉式性質，但自製功能若已足用，使用上較方便、簡易，適合不想花時間和腦力研究點讀自製功能的使用者。

### 點讀包的檔案格式

各家的點讀筆有其預先設定的讀檔案格式，通常每支筆有其專屬的讀檔格式，新進則有些標榜有兼容功能，如卡米筆，號稱可兼容不同檔案的格式。如表 1 所列，各廠牌點讀筆所支援的點讀包檔案格式各不相同，其中最常見的格式是 .bnl 和 .ap4 格式。點讀包格式的差異造成點讀教材和配套的點讀筆有其專一性，而無法相容或通用。然而，由反向來看，若是兩種點讀筆所支援的檔案格式一樣，則將對應的點讀包拷貝入點讀筆中，點讀該書面教材應是可以作用的。總之，一般點讀筆中的晶片只對某一種格式的點讀包有反應，而此設定已固定地寫在點讀筆系統的韌體中無法變更。

點讀包是一種特殊資料壓縮格式的檔案，置於點讀筆的資料記憶體(如記憶卡)中。當點讀筆筆頭感應到碼點時會觸發點讀包中相應的音檔，而播放成聲。點讀包的檔案大小通常會比一

般的文件檔來得大，因為壓縮檔中通常會包含多個音檔及音檔和點讀碼對應的索引文件。為了節省儲存空間，點讀包的原始音檔大多為 mp3 格式，而非 wav。

點讀包是由音檔和碼號索引檔合併一起，再加以壓縮，轉換成不同格式的點讀包。近年來，點讀包檔案通常會經過加密處理，並非像一般的 ZIP 壓縮檔，可容易地被解壓縮還原。有些點讀包(早期產品)將其延伸檔名改為 .mp3 後，可以被 Audacity 程式解壓縮，轉換成為一般的 mp3 檔案，會被轉換成一個連續播放的大音檔，點讀碼的索引資料會丟失，失去與點讀碼配對的功能，但音檔資料還在，可播放成音。最近新出的點讀筆中許多是用加密的點讀包，難以被解壓縮。這是因許多點讀包檔案會放在該點讀筆出產的公司的網站上開放讓使用者下載，若是點讀包未加密，容易會被複製或盜用。

表 1

常見點讀筆的點讀包之檔案格式與其他功能

| 廠牌         | 點讀檔格式                    | 錄音貼紙 | MP3 |
|------------|--------------------------|------|-----|
| 小達人        | .dab                     | V    | V   |
| O-Pen      | .dtt                     | V    | V   |
| 卡米         | .DP, .bnl, .dab, .wyt... | V    | V   |
| LivePen    | .ECM                     |      | V   |
| 易讀寶        | .bnl                     | V    | V   |
| 大新 MyVOICE | .bnl                     |      | V   |
| Ta 筆       | .AP4, .wyt., .DP         | V    | V   |
| StarQ      | .AP4                     | V    | V   |
| 智點         | .AP4(新型)/.bnl(舊型)        | V    | V   |
| CPen       |                          | V    | V   |

### 於各類特殊需求學生之運用策略

身心障礙學生的學習通常需要較長的時間、較密集、較細緻的指導以及較多元的感官刺激才能有所進步。使用點讀筆輔助學習的主要優點是可提供大量的語音輸入，適時地提供語音提示，並可增加自我練習機會，促進主動學習和反覆練習。點讀書或版面上的視覺刺激配合點讀筆發出的聽覺刺激，兩者同時性輸入有助於認知概念形成和語言學習。認知概念的形成功需要各感官通道表徵的匯集，點讀筆的語音提供，可同時性地結合書籍中視覺圖像或文字，對於同一概念的視覺刺激和聽覺刺激的連結學習有促進之效。有些點讀筆具有可設計答題對答案的功能

(如 O-PEN)，對於選擇題的答案選項，點讀筆可給予即時回饋或是提示，有助學生的自我學習。

在語文學習方面，點讀筆的使用有助於語言符號的學習，連結符號的聲符、意符和形符表徵。促進視覺和聽覺刺激的連結，讓原本枯燥的文字閱讀過程增加多元輸入的刺激，提升學生閱讀的意願。對於年幼兒童和特殊需求學生，如智能障礙、自閉症兒童的介入訓練皆可能有所幫助。此外，善用開放式點讀筆的一些額外功能，例如可設計類似如桌遊的學習遊戲提升學生學習參與的樂趣。以下就點讀筆運用於各類特殊需求學生的介入或教學，提出一些建議和討論。

### 在語言障礙方面

點讀筆可做為 AAC(augmentative alternative communication)的輔助溝通裝置，即溝通輔具之用，在日常生活中成為有輔具式(aided)溝通的主要或額外輔助性(supplemental)的 AAC 協助。當點讀筆成為 AAC 輔具來使用時，障礙者攜帶著圖卡或紙張(已鋪碼的)和一隻通常不到 50g 的點讀筆，比起笨重的溝通板或還是略重的 ipad (約 500g)，在輔具可攜便利性和抗摔度實在是一大加分。早期台灣的元鼎公司所開發的溝通筆作為無口語學生的 AAC 輔具歷史悠久，如 U-pen 系列，還開發了一套 AAC 圖片鋪碼軟體-圖文大師加以配合。可惜因價位高以及功能限制於 AAC，一般購買使用大多只限於領有殘障手冊的身心障礙者，因為他們可在申請內政部補助後減價購買，少有一般非口語障礙之身障者使用。

目前可運用一些開放式點讀筆產品，實現點讀筆作為 AAC 輔具的功能。使用點讀筆配合軟體所提供的點讀包製作和頁面鋪碼功能，可設計出具有點讀功能的 AAC 版面，再配合自行錄音或合成語音的音檔，實現點讀 AAC 功能。善用頁面設計的鋪碼程式，可製作出供點讀出聲的 AAC 輔具，就如同溝通板的功能一樣，點選格子圖像即可發聲。

由於身心障礙者的上肢動作能力差異頗大，可善用點讀筆的點讀版面自製功能，依照障礙者的手部(或上肢等其他部位)動作能力調整版面上格子的大小，具有量身訂製的彈性。點讀碼可鋪在任何的 PDF 或是 JPG 檔，再以高解析度列印出來，亦即只要能先繪製出 AAC 版面，使用適當的相關軟體鋪碼，鋪碼格子可就形狀或大小作調整，因此，變化 AAC 版面上的訊息格的大小或數量並非難事。在 Access 方面，單鍵發聲器是常見的簡便 AAC 輔具，但一般若要購買還是所費不貲，點讀筆配合使用點讀錄音貼紙功能，則此點讀筆不只可達單鍵促動發聲的功用，亦可說有無限鍵的發聲功能，且錄音時間也不再受限。

對於年紀幼小或自閉症的無口語兒童，在欲建立初步 AAC 行為模式的訓練教學中常使用圖卡交換系統(Picture Exchange Communication System, PECS, Bondy& Frost, 1994)。點讀筆的使用可納入 PECS 的訓練中，建立兒童對 AAC 程序的理解，如手段-目的(means-ends)的因果關係(Savage- Rumbaugh, 1990)，以順利達到 AAC 介入的目標。在 AAC 溝通的過程中，訓練

兒童拿出鋪好碼點的圖卡，再用點讀筆點碼出聲，做出交換目標物的請求，達到初步溝通訊息的目的。如此使用點讀筆出聲的圖卡交換系統來提出請求的溝通行動，有幾個優點，第一是這種溝通歷程較自然，較接近一般人口語溝通的互動形式；第二個優點是因為有語音的發出，較易喚起溝通對象的注意，第三個優點不需要近距離地接觸即可傳遞訊息，因為有語音的發出，溝通對象眼睛不需要看到(閱讀)卡片，即可知道溝通訊息的內容。第四個優點是有語音的刺激或曝露，可促進兒童對語音的理解和模仿學習。點讀筆的使用可擴大兒童溝通行為的效能。

此外，點讀筆可運用於對語障者的語言治療介入活動，如語音區辨、語音辨識、仿說、提示等。例如在構音治療時，點讀筆配合最小音素對比詞彙圖卡可很容易實現對比詞介入法。在構音的介入訓練過程中，可善用點讀筆的錄音功能，促進個體對構音動作自我覺察與修正。語言動作的熟練需要大量的練習，點讀筆就像是個不厭其煩的老師，可發出無限次的展示語音，讓學生模仿，達到多次練習的目的。語言治療師可善用點讀自製程式中的層次功能設計出問答或類似桌遊的小遊戲。亦可用於對於詞語的概念的建立、詞類的歸類和區辨、語法、語意等的介入活動，特別是在中文名詞和動詞的搭配或造句。以上這些是以語言發展遲緩兒童或是失語症患者為對象的常見語言理解或表達的訓練。此外，亦可善用點讀自製功能安排一些回家自我作業或訓練，教師使用治療室中普通的彩色雷射印表機即可列出具有點讀碼的頁面，亦可自製點讀貼紙，作為個案的增強鼓勵獎品。

### 在聽覺障礙方面

點讀筆若要成為聽能訓練的輔具在音量和音質方面需有較佳的表現，目前市面上幾款點讀筆的音質應可滿足此需求，但有些則否，需在用之前加以考察。筆者曾測試了幾款點讀筆，發現在音質和音量方面小達人的表現算是不錯，O-PEN的音量則略小，音質略差，容易破音。

使用開放系統的點讀筆，可設計適合聽障個案的訓練教材，以便於在聽能復健時使用。根據聽能訓練的目標，在音檔部分可加以變化，例如語音刺激先用聲學再合成處理，讓一些語音間對比性增加或某些特徵增強，讓語音容易被聽覺機制解析(鄭靜宜，2016)。也可在音量變化上加以調整，訓練聽覺閾值的降低。對於一些重度聽障生，若覺音量還是不夠大，點讀筆的耳機孔可外接喇叭擴大音量。對聽障生而言，聽能的提升除了可促進聽覺理解之外，對於說話構音的精準度也會有助益。

人工電子耳的兒童開頻後的聽能訓練是重啟聽能的重要關卡，多聽、多暴露於乾淨的語音當中，對於建立語音知覺類別空間系統十分重要，善用點讀筆或可補償正規聽能訓練時數的不足。音檔的聲學優化最好能特別針對兒童的聽能反應做調整，以強化其聽知覺的時間和頻率方面的解析能力，因此在聽覺加強音檔的製作方面，需要具有聲學處理專長的聽能復健教師的支援。點讀聽能訓練時使用的視覺點讀材料，通常需自製點讀頁面，設計時可多使用圖像，以加

強語意概念的連結學習。

### 在視覺障礙方面

點讀筆可用於指導盲生學習點字或是一些概念學習，教師預先在筆中先輸入錄好音檔或點讀包，設定好點讀碼，並備好已鋪碼的點讀貼紙(碼有音檔對應)。可在點字碼(或其他的學習目標)旁黏貼點讀貼紙，或是將先列印好的碼點頁面加上點字。訓練時教導盲生一手觸摸貼紙，一手拿筆點讀發音。由於點讀貼紙可提供觸覺線索，再使用點讀筆點讀發聲，如此的形、音對應，可助盲者學習點字碼、拼音、詞語或相關概念等。若是單獨就點字碼的識別、區分的符號學習而言，輔以點讀筆的語音提示也能有所助益。

由於盲者無法接收視覺刺激，視覺管道需改由其他感官通道替代，需大量使用觸覺管道或聽覺管道來接收，善用點讀筆和貼紙兩種管道的訊息接受功能，能即時取得訊息連結的共性，有助於個體概念表徵的建立。盲人常利用觸覺來辨識物體，但對於生活中形體相近似或相同的物體往往會有區辨的困難，如形狀類似的鑰匙、飲料杯、罐子或瓶子、隨身碟、牙刷、書籍、衣褲、鞋襪、紙張等等。此時可將點讀貼紙裁減成不同形狀或大小，黏貼於物體表面，由於貼紙在觸覺上凸出於原表面，具有觸覺形式的特徵性，使用點讀筆點讀成音時可提供聽覺回饋，使其知道拿取的正確與否。例如可在不同的書籍或筆記本封面貼上點讀貼紙幫助日後的尋找，搜尋時點讀成音可給予確認回饋。教師在對盲童的教學上，可設計不同形狀的鋪碼貼紙，以加強他們對觸覺刺激的區辨、辨識和幾何概念的認知，這對弱視兒童之視覺辨識也會有所幫助。

### 在學習障礙方面

對於閱讀萌發階段的兒童，點讀筆的使用可幫助連結字形、字音和字義，以促進其將文字、聲音做連結，建立文字符號的表徵系統，此外，亦有助於在中文學習之初的注音符號或拼音的學習訓練學生聽音節或聽詞語拼音。除了使用坊間以出版的點讀教材外，亦可自製。另外，在聲韻覺識方面的訓練，也可考慮使用點讀筆，設計幾種問答形式的練習題目，如押韻判斷、找不同韻母(聲母)、刪去聲母等作業題型。一些可點讀出聲繪本的運用，亦可能對增加兒童的識字量有所幫助。

學障學生常因閱讀上的困難導致在一些學科應試時的障礙，影響其真實學習成就的測量。學生應試時有時需要由旁人口述題目，然而，口述者的朗讀品質和速度有時無法掌控。使用點讀筆的使用或可對於評量信度方面減少一些變異性，目前已有一些研究(Higgins & Raskind, 2004; Schmitt, McCallum, Hennessey, Lovelace, & Hawkins, 2012)支持點讀筆使用於學障學生的閱讀理解和測驗方面，具有顯著正向的效果。教師先在學生要用的題目卷上鋪好點讀碼列印輸出，在考試時提供學生點讀筆和耳機。在點讀筆中有事先錄好相應的語音資料，考題以錄音有



聲的方式呈現，可以一題題或一項項地點讀出聲，學生再也不必擔心因看不懂其中的一些字而無法答題。使用點讀筆於學障者考試的調整，以避免其閱讀障礙妨礙真正能力或學習成就的展現。

此外，點讀筆亦可應用於其他特殊需求兒童的教學，如智能障礙或自閉症學生，教師在一些認知訓練時可運用點讀筆的語音提示和反應回饋功能來幫助他們學習或增強記憶。在視覺搜尋訓練中，點讀筆可提供有關順序或空間位置的聽覺提示和反應對錯的回饋。在環境或時間順序的結構學習上，點讀筆語音提示功能有助於教導時間順序規則或事件程序知識，教師可設計適當的點讀頁面或卡片，適時地點讀給予順序提示。對於需要大量練習和提示的學習者而言，使用點讀筆可讓學生一再反覆練習，增強記憶和自我監控。

## 結語

科技的進步始終來自人性，善用最新的科技產品常可為生活各方面帶來更多的便利與進步。點讀筆的使用可為學習者增加聽覺輸入，強化視覺與聽覺訊息的連結，對於語言符號的學習可收促進之效，並可提升學習者的內在學習動機，只要個體有學習的意願，按下點讀筆的電源鍵，拿起對應的書本，點頁面即可啟動閱讀歷程。學習者可自行學習，不需要擔心沒有老師可以教導，大幅降低學習的人力需求成本。尤其是在外語學習方面，通常需要由外語的母語說話者來指導，藉由大量的模仿來學習，點讀筆的使用可大幅降低真人教師的需求。在學習過程中，對於某些語音片段可自行反覆聆聽、記憶，完全不用擔心對指導者的煩擾，對於有心學習的身心障礙學生實是一大優點。點讀筆的缺點是目前價格對於某些家庭可能還是稍加昂貴，價格的調整可能還需等待未來使用需求增加後，大量生產後供需關係的改變。再者，由於開放式點讀筆的推出是屬於較晚近的事情，目前相關研究較少，期待未來有較多的研究出現。

近來點讀筆的開發形式愈來愈多元，具開放性系統的產品愈來愈多。點讀筆價位因大量生產，也愈來愈低廉，而非如舊日的高不可攀，昔日這些相關產品動輒上萬元。目前很多產品大多在新台幣兩千元以下，已大幅降低使用者的獲取門檻。在音質和音量表現大多數點讀筆產品也大都皆可達語音辨識的水準，因此在教育上是值得推廣的學習輔具。

## 參考文獻

- 林和安 (2016)。點讀筆工作原理。《中無通訊》，77。Retrieved from <http://www.cgan.net/cganself/founder/?p=3489>
- 鄭靜宜 (2016)。語音異常兒童的語音區辨及聲學調整對其聽知覺的影響。《特殊教育研究學刊》，41(3)，35-65。
- Bondy, A. S., & Frost, L. A. (1994). The picture exchange communication system. *Focus on autistic behavior*, 9(3), 1-19.
- Higgins, E. L., & Raskind, M. H. (2004). The compensatory effectiveness of the Quicktionary Reading Pen II on the

reading comprehension of students with learning disabilities. *Journal of Special Education Technology*, 20(1), 31-40.

Savage-Rumbaugh, E. S. (1990). Language as a cause-effect communication system. *Philosophical Psychology*, 3(1), 55-76.

Schmitt, A. J., McCallum, E., Hennessey, J., Lovelace, T., & Hawkins, R. O. (2012). Use of reading pen assistive technology to accommodate post-secondary students with reading disabilities. *Assistive Technology*, 24(4), 229-239.