

國立臺灣師範大學特殊教育學系
特殊教育研究學刊，民 95，30 期，95-111 頁

電腦視覺回饋在國中聽障生學習國字聲調 書寫上的應用

江源泉
國立新竹教育大學

聽障生需要提昇國字聲調書寫能力以利電腦的使用和行動電話簡訊的傳輸。本研究探討以電腦視覺回饋進行國語聲調的口語學習經驗是否可用以提升國字聲調書寫的正確性。實驗採單一受試多基準線設計，分基準線、介入、和後測及追蹤三階段觀察 50 個國字聲調書寫的正確率，並根據目視分析檢驗受試內在跨越次三階段的行為表現。電腦視覺回饋由語音治療軟體 Dr. Speech 提供。六位受試的書寫表現皆隨短時間密集介入而立即進步，但進步的幅度和表現的變動性並不一致，且變動與進步幅度似乎有關。介入結束四週後，只有兩位受試後仍維持訓練的效果，但六位皆保有 30-60% 的進步幅度，等同於多答對了 11 到 26 個國字聲調。實驗設計和介入的方式對實驗效果可能的造成的限制以及將電腦視覺回饋實際應用於學校教學的方式，都在文中一併討論。

關鍵字：電腦視覺回饋、國語聲調、口語訓練

* 本研究為國科會專題計劃 NSC93-2614-H-134-001-F20 補助。承新竹市北門國小前啟聰班張芳蘭老師提供研究動機，培英國中啟聰班導師傅蘭雅和六位受試學生及其家長的熱心參與協助，及研究助理黃姿慎、吳曉玫、蔡子鈞蒐集及整理資料，特此致謝。

緒論

國語四聲的適當表現是國內重度以上聽障者在學習口語的主要困難之一。先天性重度聽障者在口語產生上除構音的扭曲外，更在音律上表現異常現象，如高揚的基頻、不正確的節拍，及單一平直的語調。臨床經驗顯示，國內聽障程度為極重度（90 分貝以上）者，普遍缺乏四聲的變化；而聽障在 70-90 分貝者，則視其過去聽能訓練與所慣用的溝通模式而表現不同程度的不自然韻律。雖然平直的聲調是重度聽障口語的普遍特徵，但這項異常對使用華語（包括國語、廣東話等方言）的聽障人士所造成的不便遠超過使用其他語言的患者，原因在於華語在音節（單字詞）的層次即以聲調區辨語意，而非如英語僅以重音（stress）與語調（intonation）傳達不同的語氣。四聲錯誤表現之後果直接造成語詞意義的誤解。據此，聲調應屬於音段（segmental）的聲學特徵。另外，聲學分析發現國語聲調又有類似英語重音與語調的相對變化，仍受語者的基頻和語句中前後聲調的影響（Moore & Jongman, 1997），因而保有其超音段（suprasegmental）的特質。此雙重特徵成為聲調教學困難的內在因素。

聲調教學困難的外在因素來自於重度聽障者缺乏完整的聽覺回饋做為調整發聲動作的依據。由於自幼缺乏完整的聽覺回饋，他們不但聽不到別人說話，也聽不到自己發出的聲音。在學習聲調時，他們接收不到聲調變化的物理訊息，也無視覺或觸覺的線索提示，使得本體覺與聽覺脫鉤，無法學習如何靠調整喉部肌肉和聲帶動作以製造理想的音效（Monson, 1979; Allen and Andorfer, 2000）。在聽能說話課上，常見聽障生藉音量加大來表示音調提高，有時又以聲音拉長來代替音量加大。這些現象反映的是感官系統的缺陷連帶阻礙運動肌肉

控制技巧的發展。雖然老師在課堂上提供聽的訓練，並配合肢體上下動作提示聲調變化的走勢，但受損的收聽系統無法擷取有效的聽覺線索，而四肢肌肉的擺動也不易轉移成聲帶張力的變化，使得聽障口語教育在國語聲調教學上始終無法突破，而以重度以上聽障生四聲混淆的情況尤其普遍（張蓓莉，2000；張淑品，1999；Lee, Chang, and Chiang, 2006）。構音能力尚可者，靠前後話語的輔助自然澄清部分聲調的混淆，其餘便以手語或筆談替代口說。口語教學便在這種情況下，長期維持重構音、輕聲調的做法。而聲調問題也就因缺乏專業而長期被視為無迫切性、只得接納的事實。

除聽障生外，國語聲調亦往往是外籍人士學習華語最難跨越的障礙。目前電視、廣播節目常有國語相當流利的外籍人士出現，大家不難發現他們雖對構音動作複雜的語音如ㄉㄞㄩ與ㄉㄞㄩㄣ的區別掌握得十分準確，但聲調控制上總有揮不去的「外國腔」。Wang 和 Spence (1999) 指出美籍人士的主要困難處來自於聲調變化在英語中並不具備在國語中的自主功能。國語聲調為語意的一部分（即 lexical tone），但在英語中地位最接近的重音（stress）卻只具改變詞性或修飾語氣的功能。由於英語變調不變義，讓英語人士在聽知覺（perception）的發展過程中逐漸失去辨別聲調的靈敏度，日後學國語時只能比照重音的用法，做大範圍的區分，將國語四聲中起調頻率高的一、二、四聲聽成為重音（stressed），而起調低的三聲則聽為非重音（unstressed）。本文作者曾以「媽、麻、馬、罵」向不諳國語之美籍人士示範四聲，所得到的反應是「I can only hear two variations, at most」，完全呼應了上述說法。因此外籍人士雖聽得到，卻未必聽得出聲調的差異。同樣的基於口語製造（production）對口語覺知的依賴關係，他們在學習國語聲調上仍遭遇許多困擾。

目前國內聽障口語復健專業人員有限，除特教教師外，溝通復健主要仰賴科技輔具的運用。然而時下前聽障生使用的助聽放大輔具對聲調的學習助益有限。原因在於聲調學習的線索來自聲帶基頻（fundamental frequency）在 300 Hz 以下的變化決定（Moore & Jongman, 1997），一般助聽器為減少低頻對高頻的遮蔽效果（upward spread of masking），在此範圍只提供微量放大，而聽障者受限於殘缺的聲響心理能力，無法根據較高頻的諧音重建“hear out”基頻（Turner & Nelson, 1982），因此也無法在聽覺領域裡建立起隨時間變化所形成的音高曲線（f0 contour）。另外，面對語音中快速細微的頻率轉折，即使助聽器提供基頻足夠放大，極重度聽障者仍需大於常人數倍的頻率轉變才能正確的指認音高曲線的頂點（Grant, 1987）。這些限制使得教師只得依賴手部動作，逐字比劃聲調高低變化，以提供聽障者粗略的視覺線索。但又因患者本身缺乏音調高低概念，自然難以根據老師上揚或下降的手勢來適當調控聲帶的張力，製造正確的聲調。因此若有效學會聲調，現存的復建資源必須立即更新。

近年來歐美教學的方向在以電腦軟體建立語者口腔控制和螢幕上語音的聲學特徵變化的關聯性。這類系統對口語的聲學或生理特徵提供視覺模仿的「標準」（model）及即時回饋或生理特徵（Levitt, 1989; Volin, 1991），使學習者可以根據這些線索發展自我評量技巧，進而進行自我學習，無須仰賴專家的指導（Ertmer & Stark, 1995; Volin, 1991）。在有限的實徵文獻中，Ertmer and Maki（2000）以電腦軟體提供聲譜圖（spectrograph）供聾生自我矯正兩個語音的構音錯誤，並比較與傳統專家提供的口語治療的效果。結果發現以電腦學習最少能提供與傳統治療相同的成效。而針對聾人或外籍人士口語超音段的聲韻訓練方面，前

文述及傳統的專家指導在學習者聽覺無法辨識差異的情況下效果是非常有限的，原因是聲調的變化靠控制聲帶的鬆緊度，與在口腔進行的構音不同，因此過程中並無學習者可依據的視覺或觸覺線索。於是電腦系統的優勢便在於能瞬間擷取說話者的聲帶頻率變化，即音高曲線，保留於螢幕，讓聾人目擊不同的聲帶及口腔動作所帶動的瞬間曲線變化。若同時在螢幕上呈現「標準」的音高曲線做為學習者的模仿目標，則成為「電腦視覺回饋式教學」。國內相關的教學研究報告僅見於張小芬（2004）。該作者以張小芬、古鴻炎、吳俊欣（2004）開發的軟體應用在聽障學生國語聲調教學。實驗組由一名重度和兩名極重度（即全聾）聽障生組成。經過兩週內十次、每次 30 分鐘的密集訓練後的教學結果是，兩位全聾患者中，一位表現有效的改善（正確率自 27% 提升到 62%），另一位則與對照組的三名學生一樣，完全無效。雖然該研究結果受限於受試人數，不易做廣泛解讀，但不難看出，電腦視覺回饋不易在短時間內補足長期聽覺回饋缺乏所遺留下的聲調障礙。

這樣的結果並不令人意外。正如該文作者在結論中提及本文前文所述，聲調的變化雖主要靠發聲時聲帶頻率的控制，但同時牽涉呼吸的調節和喉、胸部肌肉的控制。這些生理的外在因素對一般常人都是自出生起時時運用，並時時受聽覺的監控，以顧及口語產生的功能和效果。但對於自幼失聰而以手語溝通的患者，這些口語機制功能是有待開發的，無法在短期內從事精準且穩定操作。但接下來的問題是：電腦視覺回饋就因此無法積極用於聾生聲調的學習嗎？外在口語行為上如不見立即的效果是否代表在內在的語言知識也沒有增加呢？具體的說就是，若不能幫助「說」，可否幫助「寫」呢？這是本文研究的主題。

近年來，隨著行動電話的普及，簡訊的傳

遞已取代 Fax 成為聽障人士最便捷的傳訊方式。簡訊的輸入要靠正確的注音，包括聲符和韻符（聲調）。在此科技需求的衝擊下，聲調的學習突然出現了不同於以往的迫切性。根據任教啟聰班十年以上的教師描述，國小高年級的聽障生對聲符的使用（靠嘴形線索加記憶）正確率可達九成，但聲調的書寫能力卻則仍停留在隨機層次，成為他們使用簡訊的最大阻礙。同樣的問題也影響他們的電腦使用能力。雖然中文鍵盤輸入方式多種，但聽障生受制於有限的語文能力，使他們最可能選用的方式仍屬注音。因此時下啟聰班處理國語聲調教學已不再以修飾口語的清晰度為目標，而是冀望於協助聽障生記憶語詞的聲調以便於文字輸入。簡言之，正確的使用聲調已是時下聽障生必備的生活技能了。

然而教學目標的改變並不意味著學習過程也須隨之更換。根據 Liberman 的語音知覺的運動理論 (Motor theory of speech perception)，口語的聽與說享有同樣的交流管道和處理策略，而聽話者接收到聲學信號時，也是以產生這些信號所需的口腔動作來解讀這些信號所代表的意義。換言之，聽者為聽懂話語，須自行揣摩一番說話者在過程中所意圖用到的口腔及舌部動作 (intended gesture)，而這些動作是與語言相干的 (linguistically relevant) 的。聽者實際感知到的是這些意圖到的動作，再藉以正確的解讀說話者的話意 (Pickett, 1999)。依此理論，口語的動作不但產生了瞬間短暫的生理和物理效果，更重要的是也帶動了持久性語言層次的效果。如此說來，我們似乎可以合理的假設，電腦視覺回饋導引下的口語聲調學習經驗可能會轉換成長期的語言知識，具體的表現在國字聲調的注音能力上。因此，要解決國字聲調注音的問題似乎仍可循改善國語聲調的教學途徑。

相關研究報告亦已證實在音調訓練中，提

供適當的視覺回饋有助於聽障人士或外語學習的語調矯正 (Weltins & DeBot, 1984; Hermes, 1998)。對於電腦語音訓練系統所該展示的「適當」視覺回饋，Watson and Kewley-Port (1989) 曾指出：語音修正的必要資訊應顯而易見 (salience)，不待使用者在一系列不相干的細節中仔細把他們挑選出來。Hermes (1998) 比較一般聽者對音高曲線 (f0 contour) 變化以聽覺和視覺呈現的敏感度。結果發現擷取後螢幕上呈現的小規模曲線變化未必有聽覺上的對應；易言之，有些細微的頻率變化未必聽得出來。因此，如果軟體忠實的將音高曲線巨細靡遺的呈現在電腦螢幕，勢必定提供許多聽覺上不相干的細節。若以聲學角度描述，電腦螢幕所呈現的基頻曲線反映的是發聲時聲帶振動頻率的所有變化，但其中多數細微的起伏並不影響聽者對語者所說聲調的判斷，即不具聽覺感知意義。因此 Hermes 建議將曲線先示意化 (close-copy stylizations)，轉化為多線段的近似組合呈現，以剔除聽覺上不具意義的變化細節。

目前市面上尚無專為國語設計的口語教學軟體。常見的訓練軟體多由英語系國家所開發 (如 Dr. Speech (Tiger DRS, Inc.))，其基頻擷取功能雖適合英語重音或語調 (intonation) 的訓練，但當用來做為學習國語四聲時所呈現的資訊變化是否能符合上述「顯而易見」的原則，則值得研究。這樣的質疑主要是依據兩種語言在音韻表現上的差異。英語語調因超越音段及語詞重音，以致每句曲線只有一個最高點 (即單峰式)。學習者可以「找尋曲線最高點」為學習策略。相形之下國語聲調的情況便複雜許多，不僅每個音節都可在曲線上造就一個高點 (即多峰式)，且高點出處未必對應到每個音節 (單字) 之首，例如二聲的高點即在音節之尾。另以最易造成混淆的二、三聲為例，兩者音高曲線類似，皆呈凹陷狀，主要區辨在於

凹陷處的轉折點：根據 Shen & Lin (1991)，若起點頻率相同，轉折點出現在音節前三分之一部，則易被指認為二聲的機率高，否則多被解讀為三聲。所以，修正三聲最需要的視覺提示似乎是在追尋曲線的最低、而非最高點。在面對 Dr. Speech 這類軟體時，國語的使用者勢必要學會從學英語的「找尋曲線最高點」的策略改成「每個高、低點可能都要看」。這般不明確的指令，成為應用此類軟體在國語聲調學習上必須克服的不便。國內以此軟體進行聽障者的語音分析研究（張淑品，1999；李芃娟，1998、2001）並未利用其視覺回饋功能進行臨床教學研究。另外張小芬、古鴻炎、吳俊欣（2004）雖將所擷取的基頻另在音長、音高方面做正規化處理，以供研究者獲取資料後進行語者間語音的評比，但是否也有助於國語聲調的自我學習，則有待研究。

本研究以電腦視覺回饋進行國語聲調教學，但研究目的不在探討以此種儀器教學的口語矯治效果，而是探討口說的經驗是否能在視覺回饋的提示和導引下，藉觸覺與本體覺的參與，啟動更高層的語言學習機制，轉為提昇書寫聲調的能力，成為死記注音符號以外的聲調學習管道。傳統注音符號的聲調標記雖然本身就是根據發聲時的頻率變化設計成的一套視覺線索（也就是以一、∨、∨、∨ 分別代表一聲頻率平坦無起伏，二聲上揚，三聲先降後昇，四聲自高而低），但對聾生而言，畢竟因無法感知頻率的變化，連帶的也無法善用這些符號所提供的視覺線索。在這方面，電腦視覺回饋的特點在於能將學習者所發聲調中的基頻變化即時擷取並以曲線方式呈現於眼前，此時若螢幕上同時提供理想的曲線變化，則學習者雖聽不到自己的嗓音變化，卻可根據自己的曲線與理想曲線的差異找出聲帶控制的學習目標。在這種反覆練習的過程中，聲調的學習不但有視覺的參與，更加入了與呼吸、成聲和

口腔共鳴所需的器官，使得原本是純視覺的靜態經驗擴大成視覺主導下的多感官活動。如此說來，電腦視覺回饋應該能有效的改善口語的聲調才是，但實際的效果缺非短期內可見，原因是聾童的口語產生系統因自幼缺乏目標導向的操控練習，所以非經長期密集訓練，不足以出現穩定的嗓音變化。因此本研究目標不在於以此類軟體「改善口語聲調」，而是鎖定在「提高聲調書寫的正確性」的應用，以積極發揮此類學習輔具的功能。若以仰賴文字輸入傳輸訊息的電子時代為考量，這樣的教學法仍然值得重視與推廣，以增進他們聽說以外的溝通能力。

實驗方法

一、實驗設計

本實驗採單一受試跨受試多基準線設計紀錄電腦視覺回饋法（視覺法）對國字聲調學習所產生的效果。為能在較短時間內建立基準線的穩定性，六位受試以兩人一組、共三組方式，接受 3-5 天的基準線測試，並在不同時段開始接受實驗介入。實驗的依變項為正確書寫國字聲調的百分率。受試者個別（within-subject）的訓練效果是經由比對其在基準線與介入過程中的行為趨勢、斜率與變異性所決定，並在訓練結束後兩週及四週進行追蹤測驗，以決定訓練效果的永久性作用。

二、受試者的挑選

受試者為 2 男 4 女，年齡在 13.9 至 15.7 歲之間，目前就讀於同一國中啟聰資源班一、二年級，聽障程度皆為極重度，障礙出現時間皆在語言發展前。六位受試皆無智能不足、過動、學習障礙等伴隨障礙或疾病，視力亦皆為正常或經矯正後正常。教育背景方面，除 S5 在國小階段為啟聰資源班學生外，其餘五位皆畢業於同一國小自足式啟聰班。受試者 S1 在

四至五歲曾接受過短期的聽能訓練，其餘各位的相關訓練僅限於特殊教育過程中所提供的零星聽能訓練。六位受試平日皆配戴耳掛式助聽器，但彼此間都以手勢溝通，與常人溝通則須仰賴筆談及有限的口語及讀唇能力。

三、實驗步驟

本實驗共含前測及基準線（含聲調曲線辨識教學）、視覺回饋介入、後測及追蹤測三個階段。為有效控制環境及時間等變因，基準線和介入階段採密集式進行，於暑假期間以連續十一天在新竹教育大學完成。追蹤測驗則在訓練結束後第十四和第二十八天實施。後者施測之日，已是國中開學後兩週，所以地點改在受試學生的國中啟聰班教室。

（一）前測

為觀察視覺法的效果，本實驗的聲調訓練材料必須選擇受試者尚不會聲調的國字。然而「會」與「不會」是個體的內在的能力，不易客觀辨識，因此本實驗選擇根據受試在各階段聲調評量答案的「對」與「不對」來間接評量此一能力。又因聲調本屬於學校國語文學習內容，因此，若任意選取國字，所得結果很可能是受試者之前在學校接收傳統以手勢比畫聲調（手勢法）學習聲調的結果。為釐清本視覺法與手勢法的聲調教學效果，本階段以建立受試者待學聲調的國字資料庫為目的，從中選取實驗用的訓練材料。可能的做法有三：一、選用艱僻、字頻極低的字。缺點是終究無法排除受試者可能學過的疑慮，而且，此類字雖意義難（如櫛），但其佈件卻可提供與實驗訓練無關的視覺線索。二、以中文部首拼裝成無意義字的「仿國字」，再任意賦予聲調。這樣的設計，雖然可以免除受試者可能學過的疑慮，但畢竟因非實際國字而損及實驗效度，且經驗究人員自行練習後發現，自創字的聲調太難記憶，尤其是字數多時，顯然不宜供追蹤評量。基於以上的考量，決定選擇第三種，也就實際

挑選受試者熟悉的字，但用前測來排除受試者已會聲調的國字。

至於訓練時間及字的數量，經導航研究以非受試聽障生預試後發現以二十分鐘學習十個國字聲調是適合的，平均每個字約可練習五次。以此數量訓練雖可顧及學生的專注力，但僅能提供每日每人十個資料點，但仍符合學生在學校練習每個生國字的時間和次數。因此決定以 50 個（5 節×10 個）為總教學內容，以每日二十分鐘學的時間進行分批介入。

前測用字皆為國小程度，取材於坊間現行最常用的五個國語課本版本一至六年級所收錄的生字及習寫字。為排除受試者學習聲調時依賴「有邊讀邊」的字型提示，選字的標準定為：字的聲調必須與其讀音所依從的部件聲調不一致（見表一），例如，二聲的「莓」被選中，因字音所從的佈件「每」卻是三聲；而二聲的「驪」被選中，因字音所從的佈件「麗」卻是四聲。除去各版本重複之字，淨得 223 字，全部採用，以隨機順序橫式排印於紙本。字旁都加註聲母及韻母，但聲符處留白，待由學生作答。

前測施測以不限時的團體筆測方式進行。實驗人員以手語及文字解說方式要求受試在注音格內的聲符空處，填寫每個國字的聲調。填寫方式與一般國語注音方式相同，但為利於分辨答案究竟是「未作答」的「空白」或是「一聲」的「空白」，「一聲」須以「×」方式標記。前測結束後，立即評分並找出六位受試共同答錯的國字，以供挑選教學材料。但評分結果只找出 33 個全部答錯的字，離上述 50 字的實驗需求上尚遠，權宜之計，僅採用其中 32 字，另加選 18 個只有一人答對的國字（答對者平均分配），組成教學用所需的 50 字。因此，每位受試實際學習內容是：47 個在前測時答錯、3 個答對的國字聲調。其中一、二聲各有 13 字，三、四聲各有 12 字；所以聲調的分

表一 介入用 50 字的教學順序

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
第一天	假	鄧	符	搜	捨	儘	鈴	梨	咪	棟
第二天	拘	溜	眯	挺	房	梅	儀	摔	景	媚
第三天	願	孵	駒	瞪	驪	獎	稿	撈	椰	扶
第四天	惋	汪	紀	鸛	莓	垮	搗	謎	仿	仲
第五天	柱	吾	璀	貢	摸	襖	滂	訝	整	瓢

配，大致相同。

值得注意的是，雖然「答錯」題通常反映的是內在能力的「不會」，但是「答對」題卻仍可能在「不會」的狀況下發生，也就是「答對」可能是「猜對」。本實驗中由於各階段測驗的答題方式都是由受試自己填寫聲調，而國語聲調的變化只有四種可能，因此這樣作答等同於四選一的強迫選擇(four-alternative-forced-choice)，而每「答對」題的結果也就隱含著四分之一的猜對機率。因此這 50 字中即使有 3 個國字是每個人答對過聲調，但從機率的角來來看，這 3 個國字未必真正是受試者已「會」聲調的國字。換言之，基本上仍可將學習內容大略視為「50 個受試者都不會聲調」的國字。

(二) 基準線測量

受試者以二人一組方式被分為 A、B、C 三組，在前測選出教學用的 50 字後的同日，開始受基準線測量。三組接受觀察的天數不同，A 組三天，B 組四天，C 組五天。所觀察的標的行為是「正確書寫國字聲調」，並將觀察機會定為 10 次；換言之，測量的行為是：在十次國字呈現的機會中，可以正確書寫聲調的次數，並以百分比紀錄。我們之所以每天只測十字、而非每天都測一遍介入的 50 字，原因是：一、避免重複同樣的測驗而產生學習效果，使測驗得分自然升高；二、要配合接下來介入階段的訓練條件。既然現實情況不允許我們在同一節內針對太多字進行介入，而且根據導航研究發現，「每節以 20 分鐘學十字」應已接近學生專注力的上限。所以如果堅持以 50

字求每日基準點，但介入階段卻只能每日以 10 字觀察書寫聲調正確率的改變，必然會增加資料分析的難度。因此本階段也採用「每日十字」，全部取材自下階段教學用的 50 字。受試 A 組的三天觀察選用了其中的 30 字，B 組用了 40 字，只有 C 組用了全數。至於每日教學的選字原則，則留待下階段描述。施測工作由三位實驗者分別執行。

(三) 視覺回饋辨認訓練

本研究以語言治療軟體 Dr. Speech, Real Analysis, Version 4 (1998) 展示電腦視覺回饋。針對前述此類軟體再在國語聲調學習上必須克服的不便，本實驗的處理方式是在教學介入前，即在基準線測量階段，進行視覺回饋辨認訓練。由於音高曲線中部分細微的變化可能成為感知上不相干的多餘視覺回饋，而且，即使同一語者每次唸同一聲調，所得的音高曲線也未盡相同，因此若要能有效利用此軟體學習聲調，使用者必須一方面學會自行過濾掉這些多餘的、不具聽辨功能的視覺資訊，另一方面又要能異中求同，根據聽覺上用以分辨各聲調曲線的關鍵特徵做大範圍的歸類。所以使用者所需的辨認策略很可能如：二、三聲的音高曲線都是先降後升的鉤狀，但是前者的轉折點較後者為先，形成二聲的曲線像有時像湯匙、有時卻像運動品牌 NIKE 的商標，而三聲的曲線卻像英文字母 V。本實驗人員遵循 Hermes (1998) 的建議，預先將這些線索都經繪圖製作成示意卡，做為辨認訓練的教具。基於受試者都具極重度聽障，無法有效的以自身的聽覺回饋對應

電腦提供的視覺回饋檢驗出哪些是必要的、哪些是聽覺上不相干的，因此，實驗時這些圖卡線索和即時的回饋的關聯性便成為此階段訓練的重點。另外須強調的是，本部分訓練的目的在於學會辨識視覺回饋，也就是能辨別所看到的曲線到底代表的是國語的第幾聲，因此訓練內容不含電腦軟體操作或口語方面的訓練。至於訓練所需的現場語音和語音檔音源亦非來自受試，而是由無特殊口音的單一正常語者提供。所有聲調示範，都以完整的朗讀方式呈現。

訓練工作以個別方式在各組結束當日基準線測量後的 10 分鐘內進行。訓練為期三天，但因三組基準線觀察天數不同，統一起見，都以正式教學介入的前三日開始，即甲、乙、丙三組分別自基準線測量的第一、二、三日開始。訓練時，學生都使用助聽器。

第一日的重點是由實驗人員示範口語的聲調和電腦螢幕呈現視覺回饋（語者發聲時聲帶振動頻率變化所形成的基頻曲線）的對應關係。訓練步驟為（1）以字卡呈現「媽、麻、馬、罵」旁加注音的四個代表國語四聲的國字，同時啟動電腦軟體，指示學生注意在以口語唸出這些不同聲調的國字時，電腦螢幕上所出現的曲線及其瞬間的變化；再以口語示範單一聲調連續五次，配合螢幕上連續顯示，讓學生目擊並使用殘存聽力感知口語動作引起的聲調曲線變化。（2）播放事先錄製的單音節語音檔，利用同時在螢幕上顯示的音高曲線，配上繪製好的國語聲調示意圖卡，輔助學生辨別各類基頻曲線所代表的國語聲調。示意圖卡的使用可將每個聲調所可能引起的頻率波動粗略化，便於這些平日主要靠視覺學習的聽障生了解哪些曲線的變化是無關的而予以忽視，例如，細微的波動、同一語者唸同一國字所產生的曲線在螢幕上出現的平移（反映的是說話的時間）或上下移動（反映的是說話者的基頻）

等變化等；過程中，訓練人員反覆以口語配合示意圖旁的文字解說，提供辨識各聲調的關鍵提示語，如：一聲：「高高，平的」；四聲：「由高到低，往下的」；二聲：「Nike 的鉤鉤」，轉彎在前；三聲：「V 字形，轉彎在中間」。（3）最後以聽覺上容易混淆的一、四聲組和二、三聲組分別呈現在螢幕上，讓受試練習分辨，並強化各組內視覺回饋線索的對比性。第二、三日的訓練只重複步驟（2）和（3）。時間則以學生能正確分辨出兩組含四聲調的音節即終止，所費時間約五分鐘。除提供視覺提示外，訓練人員隨時對正確的判讀表示肯定，或對錯誤的判讀以上述所有可用的途徑，提出解說和糾正。

（三）介入--電腦視覺回饋教學

1. 教學場地與設備

實驗利用三間空教室（4×6 米）同時進行。訓練時門窗皆關閉，以冷氣提供空調。訓練人員與受試者一名併坐於一長形桌的同側，訓練人員居左，以滑鼠操控安裝在一 11 吋筆記型電腦內的語言治療軟體 Dr. Speech, Real Analysis, Version 4（1998）展示電腦視覺回饋。所有教學用的 50 個國字，在實驗前已逐一製作成獨立的語音檔儲存於 Real Analysis 下 Model 的資料夾。語者與擔任視覺回饋辨認訓練所用的語者為同一人，以朗讀單音節的方式錄製各字，並經視覺檢視，確認經軟體分析結果所得的 f0 曲線，效果皆清晰、完整、且符合示意圖所示。Model 檔案開啟時，螢幕上即以紅色呈現該檔內所存語音的 f0 曲線，並同時播放所錄的語音，但因本教學目的在於利用視覺回饋，不用聽覺線索，所以教學時，語音輸出音量已被調至最小。現場受試者若要模仿的語音，須先從螢幕上端選取「錄音」的功能，待螢幕上出現 3-2-1 的讀秒提示後，對著手持的麥克風說出語音。此時，軟體隨即分析出新

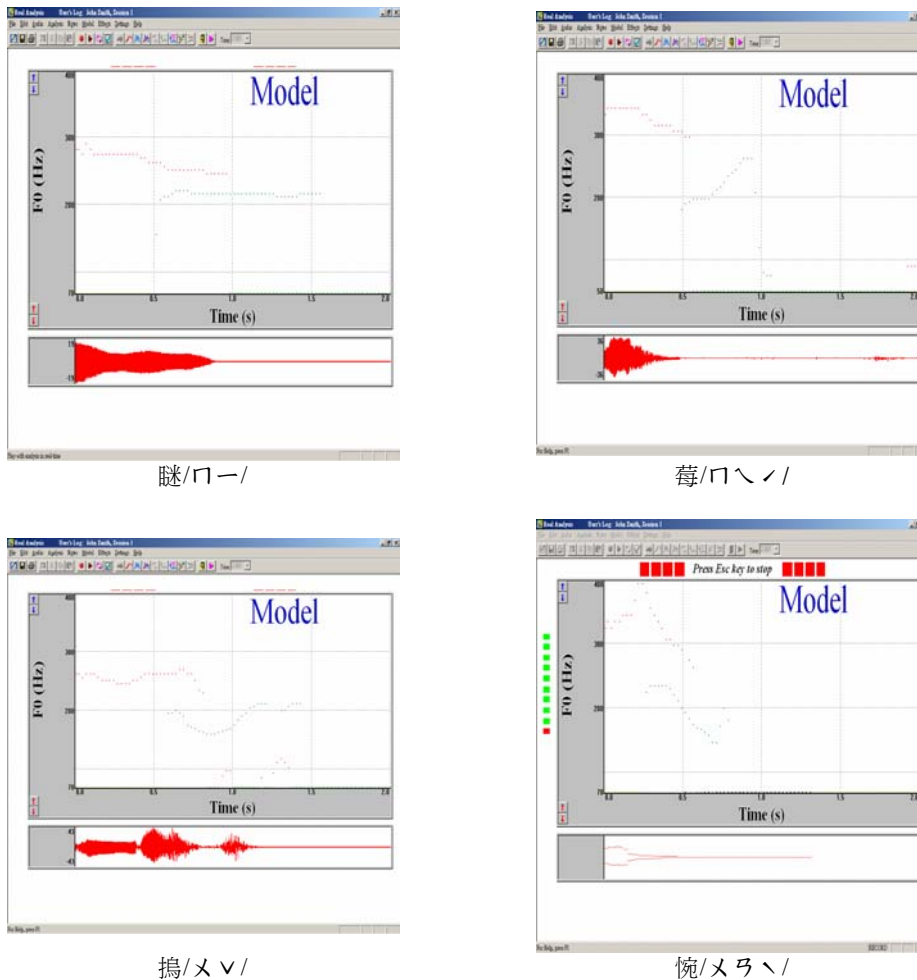
資料的基頻的變化，並將所得的 f0 曲線以黑色呈現在與模仿標準 Model f0 曲線的另一畫面，以便於比對（見圖一）。再度選取「錄音」功能時，前次的資料將消失，但做為模仿標準的 Model 曲線則仍然停留在螢幕上，供使用者反覆模仿語修正聲調。

除電腦外，訓練又運用兩樣平面教具：（1）聲調示意圖（如前述）和（2）國字卡。後者是將 50 字以 Microsoft Word 250 號楷書注音體印製，並做成 11×16 公分的白色字卡，右側留白 5 公分，可向左方內折以完全遮蓋其中的

注音部分，但不致遮掩國字。教學過程包括受試的標的行為反應，都以表格紀錄。

2. 教學步驟

不同於上階段的只重解讀的視覺辨認訓練，本階段著重的是訓練學生以上階段學會的辨認技巧為基礎，利用電腦視覺回饋，反覆練習，以求接近螢幕上固定呈現的模仿標準（軟體以 model 稱之）進行自我口語聲調訓練。因此，在訓練過程中儘量排除訓練人員的教學角色。最終的訓練目的，不在提高口語聲調的正



圖一 以 Dr. Speech 進行國字調教學的畫面。各圖下所標的國字即當時所唸的字。下方的曲線是根據事先錄存的 Model 語音分析基頻變化的紀錄，上方的曲線是受試模仿的結果。

確性，而是提高聲調書寫（即本實驗觀察的標的行為）的正確性。訓練的效果都經每日觀察紀錄，效果以填寫當日所學國字聲調的正確率評量，稱為「日測」。訓練過程中，受試者皆將助聽器關閉，與訓練人員的溝通全透過手語、肢體動作或筆談。

三組受試都參加每天一節、共五節的電腦視覺回饋學習國字聲調的訓練。訓練以一對一方式進行，每節 20 分鐘，由實驗人員以手語併圖文解說，指導學生開口練習 10 個國字聲調。結束後，受試者從事 10 分休閒活動（如上網或玩電動遊戲或觀賞動畫影片），然後進行「教學後測」。由於三組中 A 組的基準線觀察日數最少（三天），因此，最先開訓與結訓，B 組晚一天，C 組再晚一天。五日所用的 50 字，全部經由前測挑選而來，各組以同樣的順序教學。「教學後測」的內容則以每日的訓練的 10 字為限。由於字數有限，不難以死記方式學習這些字的聲調，再加上只有四種變化的可能，猜中機率達 .25，因此，為增加「教學後測」的信度起見，我們採用了以下措施：（1）每日 10 個字所含四聲的數目以 2、2、3、3 近似的出現次數隨機分配給四個聲調，例如第一天一至四聲的出現次數分別是 2、3、2、3，第二天則是 3、3、2、2，以此去除答案出現的預期率。（2）試卷上的字序安排與教學字序不同。（3）將「日測」分兩時間點測量，也就是在當天測外，另在隔天重測，以檢驗測驗結果的正確性。當天測安排在每天訓練結束後；隔天測在第二天教學前（即約 22 小時後）施測。兩次試題完全相同，題本文書安排方式與作答方式則與前測同。

教學過程的進行由三位實驗人員掌控，每人負責兩位受試的介入工作。工作內容主要為技術服務，包括所有的電腦儀器操作、學習進度的掌控、和結果的紀錄，但不提供受試有關學習結果的回饋。三位皆具教師及研究生資

格，並有特殊教育或語言學專長，訓練前皆參與教學步驟的擬定和相關臨床教學訓練，並以相同步驟和原則執行教學。教學字數每節 10 字，內容限於以電腦視覺回饋為方式進行口語聲調教學，所以不涉及聲、韻母的口語構音或書寫訓練。為管控每節訓練時間，每字練習次數以下列原則規範：若受試連續提供三次與 Model 相似的曲線，即結束該字的教學；其餘每字練習五次。訓練人員另以手錶計時，使每節總長為 20 分鐘。

每個字的詳細教學步驟如下：實驗人員展示字卡，指著字卡慢速念讀一次，以手指比出代表聲調的數字，並指出示意圖上與該聲調相對應的曲線。展示結束後，將字卡的注音以右側預留的空白處向左反折掩蓋，留下國字部分留置於螢幕前方的下端，讓受試者在注視螢幕顯現回饋的同時也能看到目前正在學習的聲調所屬的國字。接著開啟預存的模仿標準語音檔，該字的聲調曲線隨即展示在電腦螢幕上。實驗人員此時以滑鼠帶動游標，在螢幕上順著該曲線滑行二至三次後，選取錄音功能讓受試者模仿。受試者對準麥克風朗讀該字，以電腦螢幕新出現的曲線與預存的 Model 曲線比較並自我修正發音三至五次後結束並準備進行下一字的練習。教學過程中，無論受試的口語反應及連帶的曲線模仿效果如何，訓練人員都不提供正誤回饋，只以微笑和輕拍肩部方式，鼓勵學生繼續練習。

（四）後測與追蹤測

為觀察介入的維持效果，受試者在教學介入結束後的一個月內，三度被刺探 50 字的聲調書寫的正確性，其中一次為後測，外加兩次追蹤測，三次的內容與型態皆同。因遵循後測須與前測內容一致的常規，三次題目仍是前測用的 223 字，再從答案中挑出介入過的 50 字進行結果分析。後測的時間是在三組分別結束五日介入後的隔日，所以三組受測的日期相差

一天；但後測一和後測二的時間都一樣，在介入階段結束後（即 C 組結訓後）的第 14 日和 28 日施測。

結果與討論

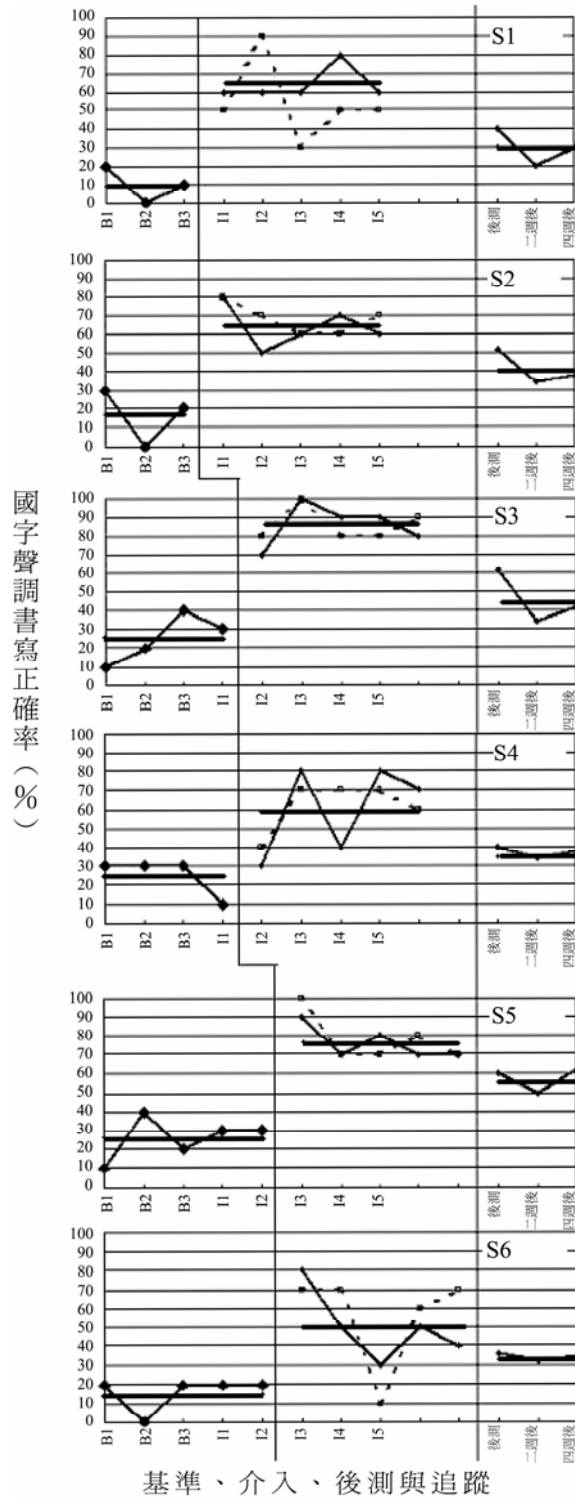
圖二所呈現的是三組受試在基準線、介入（視覺回饋教學）、後測與追蹤三階段的標的行為觀察結果。各階段在圖上以直線區隔，但因劃分標準是根據每日實驗活動的目的而定，所以橫軸上所標的相同事件在時間上卻未必同步。三組間的基準線長度呈一日差（三、四、五日），但因介入天數一致（五日），所以結束時間也呈一日差。第三階段的後測在各組介入結束的隔天進行，所以實際施測日也呈一日差，但兩次追蹤測則在同日進行。縱軸皆為標的行為（正確書寫國字聲調）的正確率，但各階段每次進行的觀察機會（測驗的總題數）不完全相同：基準線和介入階段是 10 題，但後測與追蹤階段是 50 題。

個別受試在各階段的觀察結果都根據觀察日期的前後順序標明，並以目視檢驗跨越階段中行為水準（level of behavior）、趨勢（trend）、和水準變動（variability）三方面的變化。「行為水準」乃參考 Tawney and Gast（1984）將階段內各點資料所求得平均數畫一條與 X 軸平行的直線代表之，以輔助單純的目視分析。又根據 Tawney and Gast 建議，如果有百分之八十的資料點（即四點）是落在此線值的百分之十五範圍內，則所得趨勢可視為穩定。而對於「水準變動」，Tawney and Gast 所提供的定義指標是根據反應的機會選擇大於 10-20% 做為判斷原則：如反應機會少（如 5 次）宜用 20%，反應機會多（如 20 次）宜用 10%。既然本研究三階段的反應的機會（試題數）分別是 10、10、50，若以 15% 跨階段「行為水準變動」的指標，應是合理的選擇。介入

結束後的第二天進行後測，總結教學內容分批介入的效果，並在兩週及四週進行追蹤測驗，以決定訓練效果是否能維持。若追蹤階段所得的刺探得分與介入階段最後三次的刺探的水準近似，則符合本研究「效果維持」的定義。

受試在基準線階段的得分範圍在 0-40% 間，行為水準則在 10-25% 間。若以上述 Tawney and Gast 的建議檢視資料，發現所有的資料點偏離平均線的幅度都在 15% 內，且觀察期內未出現穩定的上升趨勢，因此應屬穩定表現。雖然如此，10-25% 似乎仍高於理想趨進於零的行為水準，主要原因在於四選一的強迫選擇答題方式。雖然本階段所用的刺激共 50 字幾乎全是受試在前測時答錯聲調的字，所以理論上無論是每次測一字、十字、或測全部，答對率都該是零或趨近零（因每次答題都是獨立事件），但事實是：每題都各有 25% 的猜對機會，造就了偏高表現的條件。所以，10-25% 的行為水準並不令人意外，當然也不應被解讀成個體的標的行為在介入前即會有如此幅度的改變。因此，這些基準線的主要意義不在於其記錄的行為水準，而在其趨勢，使我們確定學生的表現不會在介入前有穩定的改善。

圖二介入階段所標示的實線與虛線兩組資料，分別代表的是「日測」於當日測與隔日測的結果。其中 S2、S3、S5 的兩組資料符合穩定標準，而 S1、S4 也有一組穩定，只有 S6 的兩組都欠穩定。此兩日資料雖不一致但隔日資料亦未必比當日差，此結果應與有限的反應機會、也就是每日評量的試題數有關。由於受限於訓練的時間，每日評量的題數只有 10 題，結果是一題的對錯會造成 10% 的結果差異，所以如果當日測時某一題答對但隔日測卻將同題答錯，來回之間就出現了 20% 的差距。假設題數為 50 題，則一題對錯的差異將降為 2%，來回之間的差異也不過 4%，自然有助於資料的穩定。



圖二 實驗各階段六位受試的標的行為刺探結果。每階段的橫線為平均值，即行為水準

依據跨階段的行為水準變動和斜率增加判斷，實虛線兩組資料都顯示，除 S4 外的五位受試得分都隨介入而立即呈現明顯的進步。若參照以實線資料算出的行為水準改變，進步的幅度可以分成低、高二等級，所對應的進步量大約是 35% (S4、S6) 和 50-60% (S1、S2、S3、S5)。但明顯的進步中也不乏多種幅度的行為變動，而且變動的大小似乎和進步的等級有關，也就是進步多則變動性小，反之亦然。例如，受試 S1、S2、S3、S5 得分屬高等，是變動最少的四位，且其中後三位五點間的得分差異甚至都小於 15%；反觀進步較少的 S4 和 S6，各點間的變動都各有三次差異達 20% 以上。

後測與追蹤階段的三次刺探都以 50 字為內容 (內含每位受試在前測時 47 個答錯、3 個答對聲調的國字)，以便觀察所有國字在分批介入撤回後整體訓練效果的變化。結果顯示只有 S5 和 S6 的跨階段行為水準變動約在 15% 內，勉強維持了介入的效果，分別維持在 58% 和 35% 的水準，但三次刺探的各點資料與此階段行為水準的差異都在 15% 內，展現了相當的穩定性。若分別觀察各點的表現，第一次刺探是後測，時間在介入結束後的隔天，所以延宕的效果應屬最少。但根據圖二，S1、S3、S4 三位的得分已跌落了 10 分以上，其中 S4 甚至降低了約 30%。更值得注意的是介入期有高等得分的 S3 竟然也在其列。因此，對半數受試而言，介入一旦撤回，效果就立即下降。但若合併接下來的兩次追蹤結果又發現，有半數的受試 (S4、S5、S6) 撤回後所剩餘的學習效果並未隨時間的增長而繼續降低，而且分別穩定在約 40%、58%、和 35% 的正確水準，相當於答對了 17-29 個國字聲調。其餘三位受試 (S1、S2、S3) 的得分在後測結束後兩週內繼續下跌約 25-30%，然後穩定在 28-40% 的水準，相當於答對了 14-20 個國字聲調。但意外的是高得

分的 S3 又列入其中，顯示介入階段的好表現未必能保證好的持續效果。25% 的猜對機率對這項結果所扮演的角色雖不易評估，但從比較介入前基準線階段和介入後追蹤測的行為水準中，我們仍然發現六位受試的進步分別是 20%、25%、20%、15%、30%、20%；幅度雖不耀眼，但應足以證明訓練的效果確實存在。

若僅比較兩次追蹤測的結果，六位受試的得分皆呈現 2-14% 的上升趨勢。範圍雖小，但因為系統性的 (systematic) 變化，所以值得稍加討論。推想可能的原因，除了可因重複測試而造成分數增加外，另外比對兩次施測條件發現，最大差異在於第二次測驗期間，由於學校開學，恢復上課，使受試者暴露於文字的機會突然增加。但測驗得分的提高原因可能是 (1) 學生在上課期間遭遇到介入過的字時，會特別留意其注音；或 (2) 暑假的訓練經驗使他們普遍提高對聲調注音的重視。但畢竟因兩次得分差異有限，加上答題有四分之一猜對的機率，所以並不易做過多的解讀。

對於介入的效果僅見於兩位受試的結果，我們並不覺得應該解讀成電腦視覺回饋教學不值得用於聽障生的國字聲調學習。原因是所有受試的行為表現從前測只答對了三題進步到追蹤測答對的 14-29 題，而且在一個月後仍然維持同樣的水準，應該是本實驗的具體成就。另外，實驗介入過程的嚴苛設計很可能限制了教學的效果。例如，為了模擬一般在教室裡學生得以練習每個國字的時間和次數，實驗時將每字練習次數定在五次以內，這樣的安排可能使得學生在專注於修正螢幕顯示的聲調曲線變化的同時，無暇顧及螢幕下方字卡所顯示的國字，所以口腔觸覺與本體覺的經驗並未連接到口語所對應的國字。換言之，訓練時受試所關注的只在於讓自己能發出和螢幕呈現的四種曲線，但實驗的效果卻繫於記憶 50 個國字個別的聲調，而正巧這些聲調也只有四種

可能。此外，為將實驗情境儘量控制在自學狀態，介入過程並未提供任何外來的指導或增強物，完全未利用環境資源進行行為改變。過程中，學生完全利用自己在介入前接受的辨識訓練自行判斷學習的結果。遭遇瓶頸時，也不能期待旁人的支持。所以當 S3 無論如何努力嘗試發聲，而電腦所回饋的始終是一條幾近水平的一聲曲線時，雖然實驗人員深刻感受到他的挫折，但也只能微笑或輕拍肩膀以對。這些都背離了理想的教學情境。但在實際教學時，若配以較豐富的師生互動和透過增強物的運用，並允許多次的練習，使學生能消化口語的學習經驗，相信學習效果應不至於此。

基於上述研究成果，顯然原為英語系用者開發的口語訓練軟體 Dr. Speech 對國語聲調所提供的視覺線索（f0 曲線）並未對習慣以線段走向（一、／、∨、、）標明聲調的國語使用者造成學習上的困難。當然主要的原因在於國語注音的調號原本就幾近忠實的反映了 f0 曲線在發聲時的頻率的主要變化。然而需注意的是，單靠視覺線索的呈現並不足以有效的幫助聾生記憶各國字的聲調，若非如此，他們靠閱讀注音符號就該學會國字聲調，而本研究也就無進行的必要了。但經本實驗以即時視覺回饋主導口語練習的訓練後，即使每字練習次數不超過五次，卻能在練習後的二週增加他們近 30-60% 答對率，並在第四週仍然維持不墜的效果。雖然口說聲調的能力並未在五次練習中得到改善，而所出現的極端情形包括如 S3 的曲線永遠缺乏變化以及 S6 的每次曲線都大相逕庭，但兩位書寫的正確率依然提升（介入撤回後的行為水準分別是 45% 和 35%）。這項觀察結果似乎表示本實驗提供的口語學習經驗自有其獨立於口語學習效果以外的功效，也就是說，未必要「說得好」才能「寫得對」。然而，分析結果同時也顯示，S3 雖在介入階段表現極佳（行為水準達 85%）但持續效果跌落的卻最

多（40%），而 S6 不但在介入期的表現極不穩定，表現最低的行為水準（50%），而且介入撤回後的水準也偏低。合併觀看兩人的資料似乎又表示，某種程度的口語改善應有助於書寫效果的持續和改進。但詳細的「說」與「寫」的關係則留待未來研究做進一步的探討。

結論

本研究以單一受試跨受試多基準線設計紀錄電腦視覺回饋法對聾生國字聲調學習所產生的效果。各個階段資料在以平均行為水準協助目視分析所得的綜合結論是，本研究使用的電腦視覺回饋教學的確有助於標的行為的建立，並在短時間內提昇了聽障生國字注音的正確性，但提昇的幅度則因人而異。雖然六位受試中只有兩位在介入抽離後仍維持相似的行為水準，但是六位的表現無一退回基準線，反而在一個月後仍能維持近 30-60% 的水準。由於所介入的 50 字中有 47 字原本是受試學生在前測答錯聲調的字，也就是過去 6-8 年的求學歷程中尚未學會的，如今經實驗介入，讓他們在經過五天的練習後，多答對了 11 到 26 個字的聲調，應足以用來說服特殊教育教師嘗試以此類軟體改進聾生的聲調教學。若能配合良好的學習情境，鼓勵聽障生在口語產生時克服生理和心理限制，可能更有助於突破長久以來聲調教與學的雙重困境。

以往國內對聲調的口語教學的相關研究十分有限，對聽障生國字聲調書寫的能力更是缺乏。因此本研究只能視為此類研究的一個起點，需要更多的後繼研究在單一受試研究法外，進行更深入、更廣泛的探索。具體的做法包括增加受試數目、進行長時間的臨床教學研究、延長訓練時間、增長追蹤測的觀察時期、甚至就現有的軟體進行改良，除去電腦視覺回饋提供的多餘資訊，以簡化訓練步驟。而視覺

回饋方式下聲調的「說」與「寫」的關係研究，則是更具理論價值的探索議題。

參考文獻

一、中文部分

- 李芃娟 (1998)：聽障學童塞擦音清晰度研究。國立彰化師範大學特殊教育系博士論文 (未出版)。
- 李芃娟 (2001)：聽障學童送氣與不送氣語詞清晰度研究。《特殊教育與復健學報》，9，133-158。
- 張小芬、古鴻炎、吳俊欣 (2004)：聽障學生國語語詞聲調人耳評量與電腦量測之初探。《特殊教育研究學刊》，26，221-246。
- 張小芬 (2004)：聲調分析軟體在聽障學生國語聲調有效教學的應用。台灣海洋大學師資培育中心主編：課程領導於有效教學，231-251。
- 張蓓莉 (2000)：聽覺障礙學生說話清晰度知覺分析研究。《特殊教育研究學刊》，18，53-78。
- 張淑品 (1999)：國中重度聽障生與耳聰學生國語單元音與聲調的聲學比較分析。國立臺灣師範大學特殊教育學系碩士論文 (未出版)。

二、英文部分

- Allen, G. and Andorfer, P. (2000). Production of sentence-final intonation contours by hearing-impaired children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43, 411-455.
- Dr. Speech for Windows Version 4 (1998). [Computer software]. Seattle, WA: Tiger DRS, Inc.
- Ertmer, D. J. and Maki, J. E. (2000). A comparison of speech training methods with deaf adolescents: Spectrographic versus noninstrumental instruction. *Journal of the Speech, Language, and Hearing Research*, 43, 1509-1523.
- Ertmer, D. J. and Stark, R. E. (1995). Eliciting prespeech vocalizations in a young child with profound hearing impairment: Usefulness of real-time spectrographic speech displays. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 5, 4-16.
- Grant, K. (1987). Identification of intonation contours by normally hearing and profoundly hearing-impaired listeners. *Journal of the Acoustical Society of America*, 82, 1172-1178.
- Hermes, D. (1998). Auditory and Visual Similarity of Pitch Contours. *Journal of the Speech, Language, and Hearing Research*, 41, 63-72.
- Lee, C.-L., Chang, W.-W., and Chiang, Y.-C. (2006). Spectral and prosodic transformations of hearing-impaired Mandarin speech. *Speech Communication*, 48, 207-219.
- Levitt, H. (1989). Technology and speech training: An affair to remember. *Volta Review*, 91, 1-5.
- Monson, R. (1979). Acoustic qualities of phonation in young hearing-impaired children. *Journal of the Speech and Hearing Research*, 22, 270-288.
- Moore, C. B. and Jongman, A. (1997). Speaker normalization in the perception of Mandarin Chinese tones. *Journal of the Acoustical Society of America*, 102, 1864-1877.
- Pickett, J. M. (1999). *The Sounds of Speech Communication: A Primer of Acoustic Phonetics and Speech Perception*. Baltimore: University Park Press.
- Shen, X. and Lin, M. (1991). A perceptual study of Mandarin tones 2 and 3. *Language and Speech*, 34, 145-156.

- Turner, C. and Nelson, D. (1982). Frequency discrimination in regions of normal and impaired sensitivity. *Journal of the Speech and Hearing Research, 25*, 34-41.
- Tawney, J. W. and Gast, D.L. (1984). *Single Subject Research in Special Education*. New York: Macmillan Publishing Co.
- Volin, R. A. (1991). Micro-computer based systems providing biofeedback of voice and speech production. *Topics in Language Disorders, 11*, 65-79
- Wang, Y. and Spence, M. (1999). Training American listeners to perceive Mandarin tones. *Journal of the Acoustical Society of America, 106*, 3649-3658.
- Watson, C. and Kewley-Port, D. (1989). Advances in computer-based speech training: Aids for the profoundly hearing-impaired. In N. S. McGarr (Ed.). *The Volta Review, 91*, 29-45.
- Weltins, B. and DeBot, K. (1984). Visual feedback of intonation II: Feedback delay and quality of feedback. *Language and Speech, 27*, 79-88.

Bulletin of Special Education, 2006, 30, 95-111
National Taiwan Normal University, Taiwan, R.O.C.

Learning Mandarin Lexical Tones in Written Forms by Deaf Adolescents : Using Speech Training Software with Visual Feedback Features

Yuan-Chuan Chiang

National Hsinchu University of Education

ABSTRACT

Pre-lingually deaf students have difficulty learning Mandarin tones in oral production and also in marking the Chinese characters with the correct tonemic symbols. This has limited their ability to use computer for data processing or to send text messages through cellular phones for communicating purposes. This study investigated the possibility of training on tone marking using speech-training software that allows users to correct their oral language prosody through visual feedbacks. A single-subject design was used and visual analyses were conducted to examine within-subject performances in establishing and maintaining this ability. All six deaf subjects showed instant improvement during the intervention, but with varying degrees of improvement. Maintenance of improvement was observed 4 weeks post-intervention for only two subjects, yet with all six still maintaining a 30-60% performance increase over the scores obtained pre-intervention. Results were discussed in terms of limitations posed by the research design, the way intervention was provided, and future applications in real learning scenarios.

Keywords: visual feedback, Mandarin tones, speech training

