

國立臺灣師範大學特殊教育學系
特殊教育研究學刊，民 95，31 期，115-137 頁

以語音聽力檢測系統輔助聽障兒童發音 教學實驗

黃佩芬 台南啟聰學校	黃桂君 國立高雄師範大學
王小川 國立清華大學	劉惠美 國立臺灣師範大學

聽障者對聲音的感知異於常人，而影響其語音聽辨能力，在電腦上以數位式的語音處理技術來輔助語音聽辨能力的檢測，以及改善語音感知，將有助於改進聽障者的語言學習。本研究之目的在應用清華大學電機系所研發的語音聽力檢測系統 SpchAUD，在啟聰學校進行聽障兒童的語音聽辨與發音教學實驗，並檢核其使用成效。

本研究目有三：(1) 以系統上的語音聽辨能力檢測功能，檢核聽障兒童音標學習的成效；(2) 以濾波器組設定功能，以個案方式進行濾波測試，以了解在不同頻帶的設定下，其聽音仿說能力是否提升；(3) 利用語音接受閾檢測功能，並加入口語教學的課程，以探討聽障兒童的語音清晰度及聽辨能力的改變情形。

本研究以系統記錄並統計兒童聽音指認的正確次數、在聽音仿說部份則以質性之聽知覺評量，及利用 PRAAT 軟體進行語音聲學分析，以評定本系統運用在學校發音教學上之成效。研究結果顯示，該檢測功能可有效做為學校教師教學與檢核教學成效之工具。而系統上濾波器組設定功能，亦有助於提昇研究個案部份語音之聽音仿說表現；學生在語音接受閾檢測並配合濾波器組口語教學課程前後測有進步的表現。

關鍵字：聽覺障礙、語音聽辨能力、語音聽力檢測系統、國語發音、聲學特質分析

* 本研究之執行，得到台南啟聰學校許多位老師的協助，在此特別表示謝意。本研究獲得國科會專題研究計畫補助，計畫編號 NSC-93-2213-E-007-094。

結論

因為聽力損失，聽障者會聽不見某些頻帶的聲音，而影響其對於語音的分辨能力。對於年幼失去聽力的兒童，尤其會影響他們的學習能力與智力的發展，這種溝通障礙的問題，涉及心理學、認知科學、教育學、語言學、醫學，及工程學等多種領域，聽語科學（Speech and Hearing Science）即因此受到重視。如果是從小就有聽力損失，會面臨語言學習的困難，須要給予療育，協助其建立學習溝通的能力，並維持其智力發展。這是為什麼要作新生兒聽力篩檢的原因。及早發現聽力有問題，可以提早開始聽覺復健，注意其語言發展的情形，必要時需規劃進行語言治療（speech therapy）。美國是較早面對聽語問題的國家，在 1950 年代中期，美國聯邦政府就提供不少經費，改善聽語的教學與研究。目前已超過兩百所大學設置溝通科學或溝通障礙的學系，培育聽語科學人才。美國聽語學會（American Speech-Languages-Hearing Association）是推動聽語專業人員證照工作及發行相關研究期刊的專業團體，成立以來一直扮演著提升聽語科學水準的角色（曾進興，1995）。

聽覺障礙依病理來分類，可分為傳音性和感音性的障礙，傳音性是屬於中耳和外耳病變引起的，是聲音傳導系統方面的問題，戴上助聽器後，聽力一般均可以獲得改善；而感音性聽障則較複雜，其所覺知聲音的能力不但比傳音性聽障兒童差，而且聽到的是扭曲的聲音（Plomp, 1978），例如：聲音的響度在聽閾附近會突然增加，而語音特性的改變，也會致使原本聽起來不相同的字聽起來相同（Erber, 1982）。

國內有關聽障兒童使用傳統方式的口語教學研究，過去有進行國語口手語與一般口語

教學之成效比較（林寶貴、翁素珍，1995；蔡碧，2002）。或者探討讀話與讀話併用國語口手標音法（黃文信，2004）。而李翠玲（2004）則利用大量圖卡、實物、錄音帶，及構音器官運動練習進行聽能說話訓練。教學研究樣本主要為國小中重度聽障兒童，以中低年級居多，均採用個案（李翠玲，2004；蔡碧，2002）或小樣本教學進行研究（林寶貴、翁素珍，1995；黃文信，2004）。多數研究以量化資料呈現教學成效，例如：林寶貴、翁素珍（1995）以「畢保德圖畫詞彙測驗」、「聽覺障礙學生國語文能力測驗」、「注音符號測驗」及「語言障礙評量表」為評量工具，蒐集兒童學前、學後及追蹤評量分數；黃文信（2004）則以目視分析探討三位受試學生在「讀話能力評量」的讀話表現。僅有蔡碧（2002）則是採用質性研究的方式，進行成效評估。除了林寶貴、翁素珍（1995）的研究顯示，十六週的國語口手語法教學後，並沒有使兒童在所測量的四項教學效果方面顯著增加。其餘多數研究顯示，聽障兒童在教學後均有顯著的進步。例如：李翠玲（2004）發現個案的聽覺辨識與能立即注音符號的正確率都有顯著的提升；而黃文信（2004）的研究指出「讀話」與「讀話併用國語口手標音法」二種教學均能增進學生的詞彙辨識正確百分比及句子辨識正確百分比，且國語口手標音法的介入，能夠提昇其即時語言接受能力；蔡碧（2002）研究結果則發現，在國語口手語的教學語言環境下，兒童會出現更多「語法正確」的語言，且語言表現獲得正向提升。

聽障兒童的語言學習，除了要能正確清楚地說話外，更重要的是要能適當地將語言運用於生活之中。故考慮語言與環境的配合，教師在教學時，必須使兒童得以將情境與表達間能夠結合起來。在平常的對話中，圖畫可以用來做為刺激語言表達的工具，教師要能利用教室中的各種情境佈置、錄音帶、幻燈片做為輔助

工具，以呈現自然而活生生的情境（林寶貴，1991）。因此，學習一種新的文法結構或生字生詞時，不應再依賴已經學過的語彙或語句的排列方法，而應透過幻燈片呈現與現實結合的事物，使母語受到最小限度的干擾，而能以視覺管道為基礎，把具有意義的語音組群與幻燈片的圖畫同時結合在一起（Greimas, 1962，引自林寶貴，1991）。

以上之研究無論採用何種教學方法均強調視覺線索的呈現，然而大量運用了實物、圖片、字卡、肢體動作及情境的佈置，雖能達成具體的教學效果，但是教師在教材的準備、教材的編輯與歸檔上，卻必須耗費大量的精力。另一方面，對於兒童口語能力或教學成效的評量，多是以語音聽辨或聽音仿說的方式來進行，由教師呈現圖卡或字卡，要求學生聽辨指認、讀誦或是透過檢核量表來記錄兒童的語音，其過程同樣耗時耗力，且評量結果常無法系統化，難以進行資料之建檔並應用於後續的教學工作。此外，在評估的過程中，直接由教師進行，教師可能會受其經驗限制在評估或教學方面不盡完善（張君如，2004）。因此有必要結合電腦資訊技術，擷取電腦易於管理、編輯多媒體素材之優異特質，將教材或測驗材料呈現於電腦上，建立多媒體電腦教學或測驗情境。

許多聽覺障礙者口語發展的研究指出，聽障者依其聽力損失的程度分類，輕度聽障者語言發展較為容易，但會出現構音問題；中度聽障者雖可發展口語，但是構音、聲音及節律方面都會出現困難。而重度聽障者的聽覺言語覺知技巧（Acoustic Speech-Perception Skills）與極重度者並不相同，極重度兒童在辨識頻率相近的聲音往往具有困難（Risberg, Agelfors, & Boberg, 1975）。事實上，極重度聽障兒童透過適當助聽器所傳遞的振動觸覺，只能覺知說話聲音中整體音量的變化而已（Erber, 1972、1979

；Zeiser & Erber, 1977）。由於聽障兒童所聽到的語音是經由助聽器與耳朵特定的頻率轉換（spectral transformation），在過程之中，聲音可能受到某些的曲解（distortion），或者根本聽不到。因此如何有效教導重度與極重度聽障兒童覺知與監聽語言，便成為聽障教育中重要的課題。

雖然高頻率音的聽覺對於聲母的分辨極為重要，但是，大部份的聽障兒童對低頻率的部份反應相當好，對高頻率的聲音敏感度則通常比較差，故而嚴重影響兒童對於語音的敏感度。因此在 1960、70 年代，許多學者便開始研究利用聽障兒童對於低頻率聲音的敏性，透過低頻率傳送語言的韻律與音調，以訓練兒童的聽覺接收能力。例如：Thomatis（1963）指出，如果能藉某種管道使扭曲的頻率聽起來有正常的聲音，就能較正確地把這些頻率發出。當兒童有機會在最能接收的頻率帶（即最適當的聽覺域）中練習聽的時候，就會覺察到語音訊號中用來區辨彼此的線索（引自黃德業，1991）。這些聽覺技術包括：透過助聽器向聽障兒童傳送放大的聲音（Pollack, 1970）；或者修飾言語的波形（waveform），例如：截斷波峰（peak clipping）、壓縮（compression），以及頻率轉換（frequency shifting），使聽覺訊號更適合於因障礙而受限制的聽覺系統（Villchur, 1978）。

根據上述的原理而發展之聽障兒童口語教學方法，最廣為國內聽語界所熟知者，即為語調聽覺法（Verbo-Tonal method）的發展，這個方法其中一項重要的部份，便是運用聽力最敏感的部分來接收聲音，強調正常韻律和音調的正常音質，在團體活動中，使用振動體並且放大低頻率，而在個別治療時，則運用特殊過濾器來強調語音的某些頻率。Rosenthal, Lang 和 Levitt（1975）除證明低頻率對聽障者的重要性，同時更強調高頻率的加入可顯著地促進

聲音的理解力。當聽障兒童可以用低頻率來分辨低音的字詞和聲音，但是卻不能理解高音的字詞時，如果把一個低頻帶（0.5Hz 至 300Hz、600z 或 1000Hz）與一個高頻帶（3200-6400Hz）結合，他們就會聽懂高頻音素，這組合方式稱之為「不連續聽覺」（discontinuous hearing）。Franklin（1969、1973、1979）的研究結果確認了聽力正常者與聽障者在不連續的頻率帶組合下聽聲音，會比從單一頻率帶聽得更好。而且前述這些研究支持在不連續性的頻率帶中言語分辨力的百分比，會比通過個別頻率帶所得的百分比相加之所得的結果要高（引自陳小娟，1991）。「訴話葛」（System Universal Verbotonal Audition，簡稱 SUVAG）是在語調聽覺法中用來訓練聽障者聽覺的儀器，它提供了廣幅的頻率反應，也可由不同的頻率過濾切點來強調每位聽障兒童最適當的頻率範圍（李昭幸，1995；Asp, 1985）。

國內以濾波器來進行聽障口語教學的相關研究，主要以語調聽覺法為主軸。林寶貴、李麗紅（1995）將八名學前聽障兒童隨機分派為實驗組與控制組，前者使用聽輔儀與振動體，且輔以身體動作來矯正發音，後者則是使用 FM 無線調頻助聽器，研究結果發現，接受語調聽覺法教學的學生在「語音超語段特質辨識測驗」的後測得分顯著高於控制組學生，且在口語表達前後測得分有顯著進步，而控制組學生則無；但在構音、聲音、聲調、語暢、語言理解、口語表達與語言發展能力之後測得分，兩組學生均無顯著差異。而陳小娟（1997）探討語調聽覺法與聽覺口語法併用之教學成效，則將十六名中重度至極重度聽障兒童依教學時間的差異分為集中式與分散式兩組，比較兩組學生的語音聽覺能力與說話清晰度，結果顯示兩組學生在語音聽覺能力皆達顯著進步，但在語音清晰度方面，後測成績雖較前測佳，但未達顯

著水準。這些研究均以 SUVAG 為過濾聲音頻帶的儀器，也初步証實其在教學上具有成效。然而，儀器費用昂貴以及視聽教材編輯不易的問題，使得上述的教學理論在實際的推動上，面臨著普遍推展與教學資源整合等亟待突破的困境。

自從電子技術的進步，電路積體化之後，使得電腦運算能力與記憶容量大為增加，用數位信號處理（digital signal processing）技術替代過去的類比電路變得更為有效，而且可以做可程式化（programmable）的設計，讓信號處理更有彈性。聽障者最常需要的助聽器，也逐漸改為數位式設計，其可程式的功能，可以做更好的驗配（fitting）（王克經，2000）。語音閾值與語音聽辨能力的檢測也可以利用電腦來輔助，在受測者與電腦互動中，量測出語音察覺閾（speech detection threshold）、最舒適響度（most comfortable loudness level）、不舒適響度（uncomfortable loudness level）、與語音接受閾（speech reception threshold）等的語音感知能力，以及對於子音、母音、音節等的語音聽辨能力（speech discrimination ability）（蕭雅文，1997）。利用電腦進行語音閾值與語音聽辨能力的量測，可避免傳統使用錄音機播放的不便，也可以減少使用現代儀器的成本，極具研發價值。

國內在此方面之研究多屬於電腦語音技術的研發，如：林珮瑜（1996）、林嘉淙（2001）、楊雅茹（2003）、盧原嘉（2002）。而結合電腦技術與教學情境之研究僅有李協昇（1996）發展出聽障國語發音教學輔助系統，可指導兒童學習約 1340 個國音之拼音，以及張小芬（2004）應用語音聲調分析軟體於聽障學生的國語語詞聲調教學，但此軟體之教學僅限於聲調，並不適用於提升聽障兒童之構音、語暢、語言理解與口語表達能力。由此可知此系統模組具有研發之價值，如何將其結合教材研發、教學之

功能以提升聽障兒童之口語能力更是研究者所關切的。

基於電腦化語音感知與聽辨能力檢測的重要，以及多媒體教學評量系統與濾波組設定對於聽覺障礙口語教學與研究的需求，清華大學電機系在國科會專題研究計畫補助下，發展了一套具有噪音情境模擬能力的語音聽力檢測雛型系統--SpchAUD (王小川, 2005)，具有純音聽力檢測、語音接受閾檢測、最舒適響度檢測、語音聽辨能力檢測，可做為聽語治療師進行助聽器驗配與語言矯正訓練之用。在學校教學上，則可提供教師可依據自身教學進度及學生學習情形。透過系統「測試之語音資料設計」功能，可提供施測者編輯施測材料。同時，使用者也可以利用系統上的濾波器組設定功能，以及語音聽辨能力檢測功能，結合口語教學的課程，提供電腦化教學與施測情境。本研究將針對系統內之「濾波器組設定 (filter bank setting)」、「語音接受閾值測試 (speech reception threshold test)」、「語音聽辨能力測試-II (speech discrimination test II)」功能，以探討聽障教師應用編輯教學、評量教材與以濾波器組過濾語音，應用於聽障兒童發音教學與評量之成效。據此，本研究之目的有三：

- 一、探討系統上的語音聽辨能力檢測 (SDT) 功能，在檢核聽障兒童音標學習成效的可行性。
- 二、以系統上的濾波器組設定功能進行濾波測試，以探討聽障兒童在不同頻帶的設定下，其聽音仿說能力改變情形。
- 三、以系統上的語音接受閾檢測 (SRT) 功能，結合濾波器組口語教學的課程，以探討聽障兒童的語音清晰度及聽辨能力的改變情形。

研究方法

研究者應用所設計的聽力檢測雛型系統在台南啟聰學校進行聽辨與發音教學實驗。實驗對象包括三位幼稚部聽障兒童及四位國小部中年級聽障兒童，依據研究目的，整個實驗過程共分為三部分。

第一部份：語音聽辨能力檢測功能，是否能有效檢核聽障兒童音標學習成效？

第二部份：不同濾波器組設定功能，是否能提昇聽障兒童聽音仿說能力？

第三部份：結合系統語音接受閾檢測功能與濾波器組口語教學的課程，是否有助於提昇聽障兒童的語音清晰度及聽辨能力？

以下將分別就研究樣本、測試目標音、研究工具、研究步驟、資料處理進行說明。

一、研究樣本

第一部份：施測對象是三位幼稚部低年級的聽障兒童，編號：A、B、C。

第二部分：施測對象是一名國小部中年級的聽障兒童，編號：D。

第三部分：施測對象是三名國小部中年級聽障兒童，編號：E、F、G。

第一部分的研究樣本來自啟聰學校學前小班，主要由班級老師推薦，並排除伴隨其他障礙類別的兒童；第二部分、第三部分的教學實驗，篩選個案時則依據三大原則，分別是：優耳聽力損失在 100 分貝以上屬重度以上聽覺障礙者、無伴隨其他障礙類別、曾接受過口語教學之相關療育課程但無顯著成效者。這四位兒童均已學會三十七個注音符號，惟其語音清晰度、聽音仿說及語音聽辨的表現普遍不佳。全部七名兒童的基本資料如表一：

測試音作事前的濾波處理，然後才執行的檢測項目。因為它可以讓使用者自行編輯測試教材，並且調整濾波器組，這樣就可以利用此系統發展一套具有對聽障兒童進行聽辨與發音教學的實驗程序。

此系統的主要功能簡介如下：

(1) 音量校訂 – 因為電腦使用的音效卡及外加設備不同，產生聲音的音量就不會一樣。音量校正的功能，就是將系統上的軟體音量設定對應到實際播放出來的音量，於是在系統上就可以使用介面視窗來設定音量。

(2) 濾波器組設定 – 這個功能讓使用者可以選擇濾波器視窗類別、選擇通道數、選擇頻帶數、以及設定濾波器參數，最後建構一個濾波器組，並儲存此濾波器組設定，作為以後使用。

(3) 聲音的輸入與輸出 – 這是使用濾波器組的功能，使用者可以錄音建檔，或是載入一個語音檔，然後將這個語音檔的語音通過濾波器組，改變原來語音的特性。適當的設定濾波器組，可以讓聲音適合聽障者的聽覺特性，改進其對語音的聽辨能力。

(4) 純音頻率設定 – 這個功能用來設定一組純音頻率，作為純音聽力檢測之用。

(5) 純音聽力檢測 – 這個功能是模擬純音聽力檢測，除了量測聽覺閾值之外，也量測各頻率聲音的不舒適值，測試的結果會畫成聽力圖顯示。此項檢測針對兩耳分別進行，必要時可以以噪音對未受測耳作遮蔽。

(6) 測試之語音資料設計 – 這個功能用來設定語音接受閾檢測、最舒適響度檢測、以及語音聽辨能力檢測等所需要的語音資料。

(7) 語音接受閾檢測 – 這個功能是作語音接受閾 (speech reception threshold, SRT) 檢測，每一次檢測會逐漸上升地調整音量，在此音量下發出四個詞的語音，受測者聽到之後說出所聽到的詞，若有兩個詞以上說對，這個音

量就是受測者的語音接受閾值。

(8) 最舒適響度檢測 – 這個功能是作最舒適響度 (most comfortable loudness level, MCL) 檢測，每一次檢測會逐漸上升地調整音量，在此音量下發出一段平淡的語音，調到一個受測者認為最舒適的音量，這個音量就是受測者的最舒適響度。音量繼續增加，到達很不舒服的感覺，這時的音量就是受測者的不舒適響度 (uncomfortable loudness level, UCL)。

(9) 語音聽辨能力檢測-I – 這個功能是針對有較好語言能力者作語音聽辨能力 (speech discrimination ability, SD) 檢測，每一次檢測會設定一個合適的音量，在此音量下發出一個詞或片語的語音，受測者聽到之後說出所聽到的詞或片語，由說對的比例來判斷受測者的語音聽辨能力。

(10) 語音聽辨能力檢測-II – 這個功能是針對語言能力較差者作語音聽辨能力檢測，每一次檢測會設定一個合適的音量，在此音量下發出一個詞或片語的語音，受測者聽到之後從四個圖中指認出所聽到的詞或片語，由指認正確的比例來判斷受測者的語音聽辨能

(二) 本研究僅對系統部份功能作應用成效評估，茲將各部份研究所使用之系統功能臚列如下：

1. 第一部份研究以功能 (10) 「語音聽辨能力檢測-II」編輯前後測評量工具，進行評估做為聽障兒童音標學習成效評量之可行性。
2. 第二部份以功能 (2) 「濾波器組設定」探討兒童在不同頻帶的設定下，其語音聽辨能力改變的情形。
3. 第三部份研究以功能 (2) 「濾波器組設定」，進行聽障兒童在以濾波器結合身體動作之口語教學，以功能 (7) 「語音接受閾檢測」功能進行前後測「聽音指認」與「聽音仿說」，以評估學習成效。

4. 前述三部份研究，均以功能（1）進行系統輸入音量校準，以功能（6）「測試之語音資料設計」編輯教學材料與教學評量測驗。

四、教學實驗步驟

以下將分成三部份，對本研究之教學實驗步驟進行說明：

1. 研究一：語音聽辨能力（speech discrimination ability）檢測在口語學習成效之評量

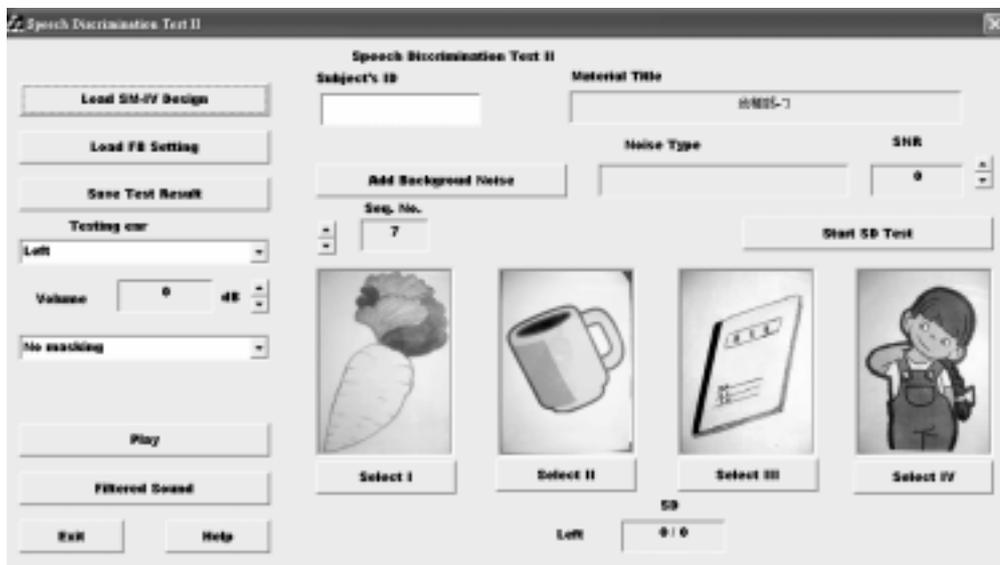
本系統之語音聽辨能力檢測功能，附帶有語音材料設計之介面，可提供測試者根據受測者語音聽辨能力，編輯檢測內容。教師可以根據自己的需求，將課程內容相關之圖片、聲音檔輸入系統內，編排成為輔助教材。此外，本系統也可以作為檢核學生學習成效之用，教師可依據自身教學進度及學生學習情形，使用本系統作為教學過程中的形成性評量，或是在課

程結束時，作為總結性評量之用。

研究實施期間，該班級教師所進行主要課程內容是注音符號「ㄅ」的拼音認讀，研究者針對教師的課程大綱，彙整平日教學時所使用的字卡、圖卡等相關資料，再利用此系統將相關資料編排成測驗題目。

在語音聽辨能力檢測功能設計中，測試題目可以採用文字或圖卡呈現，測驗實施時則有「聽辨-仿說」與「聽辨-指認」兩種方式。研究者考量幼稚部兒童年齡較小，對一般的聽辨-仿說測驗缺乏耐心，故測驗題目以圖片呈現，並採用聽辨-指認的測試系統，測試畫面如圖一。

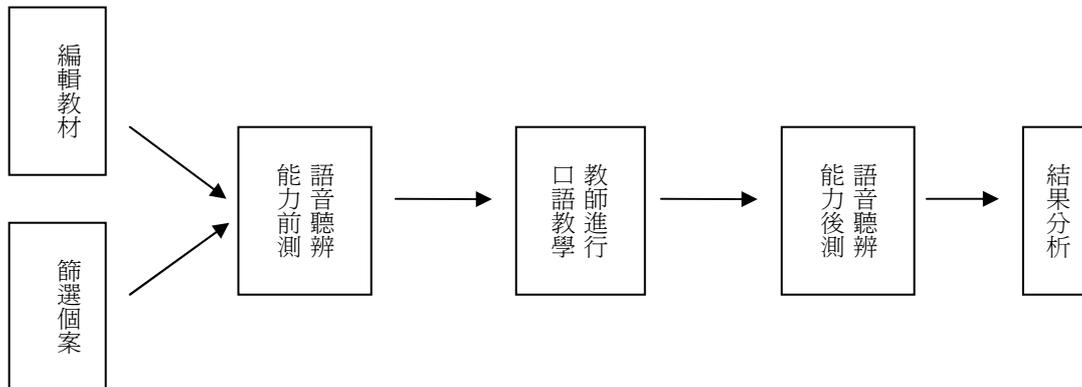
施測者選定測試之目標音後，利用系統播放事先錄製的語音，並在螢幕上呈現四張圖片，兒童必須佩戴耳機聽辨聲音後，指認出正確的圖片。測試題目共有 16 題，題目與其選項分別如見表二。



圖一 語音聽辨能力檢測題目示例

表二 語音聽辨能力檢測題目及選項

題目	選項				題目	選項			
	(1)	(2)	(3)	(4)		(1)	(2)	(3)	(4)
1. 伯伯	蘿蔔	伯伯	寶寶	拜拜	9. 喇叭	尾巴	喇叭	捕魚	畢業
2. 蘿蔔	寶寶	被子	蘿蔔	杯子	10. 拔牙	拔牙	包子	脖子	尾巴
3. 拜拜	拜拜	被子	拔牙	杯子	11. 尾巴	杯子	捕魚	蘿蔔	尾巴
4. 杯子	寶寶	杯子	蘿蔔	蠟筆	12. 捕魚	被子	畢業	捕魚	伯伯
5. 被子	手錶	寶寶	拜拜	被子	13. 簿子	簿子	蘿蔔	杯子	脖子
6. 包子	寶寶	蘿蔔	拜拜	包子	14. 脖子	脖子	寶寶	手錶	蘿蔔
7. 寶寶	杯子	蘿蔔	寶寶	被子	15. 蠟筆	寶寶	杯子	蠟筆	簿子
8. 手錶	尾巴	包子	手錶	拔牙	16. 畢業	拔牙	畢業	杯子	蠟筆



圖二 以「語音聽辨能力檢測」功能實施口教學成效之步驟

本階段的施測即是以上述立意進行設計，實施步驟如圖二。測試的介入時間是以教師教學時間為分割點，教學內容為教師自編之課程。教學前施行前測，教學單元結束之後再進行後測，以前後測正確率的差異來檢視兒童的進步情形。

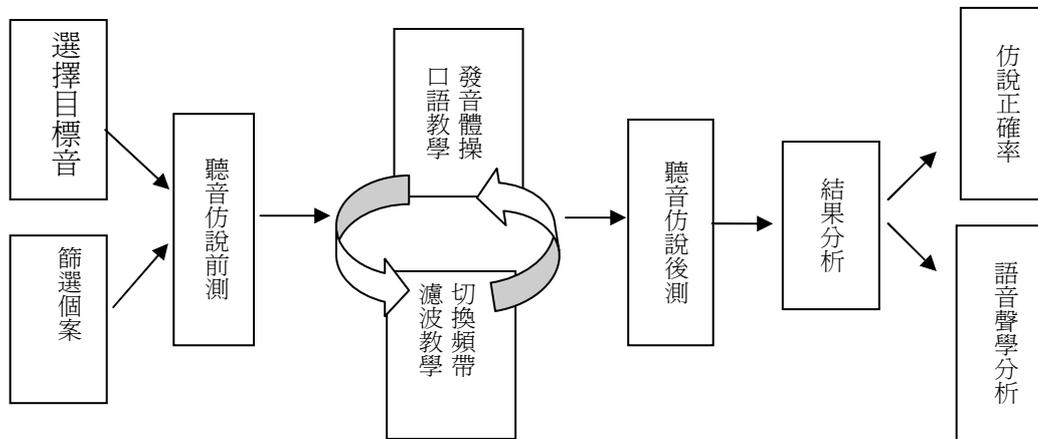
2. 研究二：不同濾波器組設定對聽障兒童聽音仿說能力之影響

為了瞭解聽障兒童在不同濾波頻帶環境下的聽音仿說能力，研究者對 D 兒童進行濾波實測。施測者針對目標音的頻率分布，設定系統內不同的濾波頻帶，分別為：全頻帶、0-1000 Hz、0-2000 Hz、0-1000 Hz 加上 2000 Hz 以上以及使用個人助聽器共五個頻帶，再進行聽

音仿說的實測。

3. 研究三：濾波器組教學之成效評估

本研究進一步以系統的濾波器組功能進行口語教學，並檢核聽障兒童在前後測語音聽辨能力及語音清晰度的改變情形。教學介入的時間由民國 94 年 6 月 1 日到 6 月 28 日，共為期四週，其中除了針對七個目標音的發音特性進行口語教學，教師並在教學活動中加入發音體操的練習，並透過不同頻帶的切換、濾波，增進兒童對不同音素的聽辨力，其實施步驟見圖三。



圖三 語音接受閾檢測 (SRT) 實施步驟

五、資料處理

- (一) 第一部分研究由系統自動記錄並累計受測者正確聽音指認的反應，以百分比呈現前後測答對率及進步情形。
- (二) 第二部分研究評估個案在不同濾波頻帶的「聽音仿說」正確率，由研究者紀錄兒童仿說語音之正確率(%)及錯誤類型，以檢驗個案在不同濾波頻帶下對語音的接收能力。
- (三) 第三部份以「聽音指認」與「聽音仿說」評估濾波器組教學成效。在「聽音指認」的部分，由研究者播放系統語音，兒童聽辨後指認字卡。「聽音仿說」的部分則由兩位啟聰學校教師擔任記錄者，分成兩階段來聽取兒童的發音，第一階段由記錄者判斷其所聽見的語音是那一目標音，並紀錄錯誤類型，如果兒童所仿說的語音與目標音一致，則視為語

音聽辨仿說正確。第二階段則是判斷兒童仿說的語音是否正確；「聽音指認」以百分比統計兒童指認正確數，「聽音仿說」除了以上述的聽知覺評估個案仿說語音的正確率之外，同時以 PRAAT 軟體進行語音聲學分析，包括元音的共振峰頻率、輔音的聲紋特性等的測量，以瞭解個案仿說語音的物理聲學變化情形，作為知覺聽辨的輔助。

結果與討論

一、研究一：語音聽辨能力 (speech discrimination ability) 檢測在口語學習成效之評量

在教師教學前後，研究者以語音聽辨能力檢測功能，編輯前後測試題，並加以施測。三位個案個別之施測結果如表三。

表三 語音聽辨能力檢測 (SD) 結果

施測目標音 (n=16)	A		B		C		平均	
	左耳	右耳	左耳	右耳	左耳	右耳	左耳	右耳
前測答對率	6 %	19 %	13 %	25 %	25 %	25 %	15 %	23 %
後測答對率	50 %	56 %	63 %	50 %	69 %	63 %	61 %	56 %
進步情形	42 %	37 %	50 %	25 %	44 %	32 %	45 %	31 %

由前後測的進步情形來看，A 兒童在前測時左耳的答對率為 6%、右耳 19%，但在後測時，答對率則提升至左耳 50%、右耳 56%；B 兒童在前測時左耳的答對率為 13%、右耳 25%，在後測時答對率提升至左耳 63%、右耳 50%；C 兒童在前測時左耳的答對率為 25%、右耳 25%，但在後測時，答對率則提升至左耳 69%、右耳 63%。除了瞭解兒童在教學單元內的學習、進步情形，本系統更能透過系統內「Subject Records」中的施測紀錄，檢視兒童的錯誤項目，有系統地檢測並記錄學生學習成效。

測試結果指出，本系統功能靈敏地呈現兒童進步的情形，三位兒童在教學課程結束後，語音聽辨能力都有 25%到 50%不等的進步情形。研究者觀察三位兒童在施測的過程中配合度極高，對於系統中所呈現的施測方式與圖片很有興趣，呈現高度的作答動機，為一良好的評量工具。如文獻研究結果所述，聽障兒童的語言教學必須運用大量的視聽媒體，以模擬真實的語言情境，並與真實評量密切結合，達成語言生活化的目的。透過本系統便利的圖片

素材編輯系統，將可提供教師一項更有效的評量平台。未來可進一步利用本功能做為口語教學教材編輯工具，以探討建置教學平台的可行性。

二、研究二：不同濾波器組設定對聽障兒童語音聽辨力之影響

有關本研究針對 D 兒童所進行的濾波實測，由表四之結果分析可得知 D 兒童在佩戴助聽器的環境下，對語音的聽辨能力相當差，正確率為 0%；在其他濾波設定條件下，則有 43%~57%不等的正確率。若以目標音之語音特性來區別，則可發現 D 兒童在韻母的部分表現較好，其中以[ㄨ]、[ㄩ]、[ㄝ]三個頻率分布在 1000Hz 以下的低頻音，正確率達到 60%~80%，此結果與文獻探討之結果吻合（林於潔，1992；林寶貴，1985；劉潔心，1986）。同為韻母但頻率分布較高的[ㄨ]，則只有在濾波設定條件為全頻帶的環境下，才能正確仿說。而聲母的部分，只有目標音[ㄉ]在濾波設定條件為全頻帶以及 0-2000 Hz 的環境下，才能正確仿說。

表四 D 學童在不同濾波頻帶設定之語音聽辨仿說正確率

目標音	母音			子音				各頻帶正確率 (%)
	ㄨ	ㄩ	ㄝ	ㄨ	ㄣ	ㄨ	ㄉ	
頻率分布 (Hz)	355~710	500~1000	500~1000	1000~2000	355~710	1400~2800	710~1400	
濾波設定條件 甲	✓		✓	✓			✓	57
乙	✓	✓	✓					43
丙	✓	✓	✓				✓	57
丁	✓	✓	✓					43
戊								0
正確率 (%)	80	60	80	20	0	0	40	/

備註：

甲：濾波設定條件為全頻帶

乙：濾波設定條件為 0-1000 Hz

丙：濾波設定條件為 0-2000 Hz

丁：濾波設定條件為 0-1000 Hz 加上 2000 Hz 以上

戊：使用個人助聽器

「✓」：指兒童聽音仿說之目標音與評定者判斷所聽見的音一致，不一致的語音則不予標記。

綜合而言，D 兒童在本實驗選定目標音之韻母的部分，濾波設定之語音聽辨仿說表現優於使用個人助聽器；而聲母的部分，使用濾波設定條件與個人助聽器只有在目標音[ɹ]的部分有差異，因此濾波器組對於聲母聽辨的效果，有待探討。再者，由於本研究考量兒童程度與頻帶分佈，僅選擇文獻中七個較易學習的目標音，進行濾波器組設定的測試，對於其他音素的濾波成效可再進行進一步研究。

三、研究三：濾波器組教學之成效評估

由於研究二初步顯示，兒童的聽音仿說能力會隨聲音過濾頻帶而有差異的情形，因此本研究進一步以系統的濾波器組功能進行口語教學，並檢核聽障兒童在前後測語音聽辨能力及語音清晰度的改變情形。濾波器教學成效分別以「聽音指認」與「聽音仿說」加以評估，其實施方式與結果如下：

(一) 聽音指認

本階段的施測採選項式測驗 (close set) 的方式進行，讓受試者聽取辨系統所播放的聲音後，在現有的七個目標音中做選擇，指出他

們認為剛才聽到的是哪一個目標音。施測前先讓兒童念讀注音符號字卡，確認每個人都認識目標音，再讓兒童戴上耳機，同時聽取系統所播放的錄音並閱讀字卡，接著才進行正式前測，每天的教學活動也會利用 5-10 分鐘進行目標音聽辨，待教學活動結束後，再進行後測。

三位兒童的測驗表現如表五。對於韻母、聲母整理的指認正確率，由前後測結果及兒童的錯誤類型可以發現，三位聽障兒童對於正確區辨韻母及聲母的差異只有 43 %；但在後測時，兒童對於韻母及聲母的聽辨率已明顯的提高到 86%~100%。

其中，對於目標音的指認，在韻母的部分，前測時三位兒童都無法通過，但在後測時則有 25%~50%不等的通過率；在聲母的部分，前測時三位兒童都無法通過，但在後測時，則有 33%~100%不等的通過率。總計三位兒童在後測的表現，七個目標音中，E 兒童有 71%的通過率；F 兒童有 43%的通過率；G 兒童有 43%的通過率，相較於前測時，三位兒童在聽音指認上的表現都有顯著的進步。

表五 聽音指認施測結果

編號	施測階段	韻母、聲母區辨通過率		韻母通過率		聲母通過率		總計目標音通過率	
		N=7	%	N=4	%	N=3	%	N=7	%
E	前測	3	43	0	0	0	0	0	0
	後測	7	100	2	50	3	100	5	71
F	前測	3	43	0	0	0	0	0	0
	後測	7	100	2	50	1	33	3	43
G	前測	3	43	0	0	0	0	0	0
	後測	6	86	1	25	2	67	3	43

備註：

- (1)韻母、聲母區辨通過率：系統播放目標音時，如果播放的是韻母，兒童的指認範圍能落在韻母的範圍內；如果播放的是聲母，兒童的指認範圍能落在聲母的範圍內。
- (2)韻母通過率：系統播放韻母時，兒童能正確指認的比率。
- (3)聲母通過率：系統播放聲母時，兒童能正確指認的比率。
- (4)目標音通過率：為聲母通過率與韻母通過率之合計。係指兒童能正確指認系統所播放七個目標音的比率。

(二) 聽音仿說

施測者選定目標音後，利用系統內的錄音功能錄音，由系統將施測者的錄音配合音箱、

喇叭播放。前測時，兒童必須佩帶系統耳機聽取錄音並仿說。本研究兒童在教學前後測聽音仿說實施步驟與結果如下：

1. 聽知覺分析：

前、後測所蒐集到兒童仿說的錄音，由兩位台南啟聰學校教師擔任紀錄者，分成兩階段來聽取、判別記錄其發音之正確性。兩位評分者間一致性係數達 0.90。三位兒童聽音仿說之結果分析如表六與表七。

第一階段是由施測者隨機播放前、後測語

音，紀錄者聽取語音之後，判斷所聽到的語音最接近哪一個目標音，並紀錄之。透過表六將前、後測結果相比較可得知，三位兒童都有明顯的進步，在韻母的部分，仿說表現正確率極高，有 75%~100%的通過率，但 F 兒童在聲母的部分表現較差，能夠正確仿說的目標音只有 [ㄅ]，E 兒童、G 兒童則是全部通過。

表六 聽障兒童聽音仿說紀錄表

編號	測試階段	ㄨ	ㄩ	ㄝ	ㄨ	韻母正確率(%)	ㄅ	ㄆ	ㄇ	聲母正確率(%)	總計目標音正確率(%)
E	前測	ㄝ	ㄇ	?	ㄩ	0	ㄨ	?	ㄩ	0	0
	後測	ㄨ	ㄩ	ㄝ	ㄨ	100	ㄅ	ㄆ	ㄇ	100	100
F	前測	ㄩ	ㄩ	ㄩ	ㄩ	25	ㄩ	ㄩ	ㄩ	0	14
	後測	×	ㄩ	ㄝ	ㄨ	75	ㄅ	×	ㄝ	33	57
G	前測	ㄨ	ㄝ	ㄨ	ㄨ	25	ㄨ	ㄨ	ㄩ	0	14
	後測	ㄨ	ㄩ	ㄝ	ㄨ	100	ㄅ	ㄆ	ㄇ	67	100

備註：

(1)加黑框反黑的部分是正確通過的語音。

(2)「?」表示語音無法辨識。

第二階段則是由紀錄者依表單上目標音的排序聽取前、後測語音後，判斷語音是否有明顯進步並達到正確。由表七的結果分析可得知在前測時，G 兒童在韻母的有 13%的通過率，E 兒童和 F 兒童則完全無法通過；但在後

測時，三位兒童在「總計目標音通過率」的部分都有 57%~93%不等的通過率。由前測、後測的表現上來看，三位兒童都有 57%~86%不等的進步情形。

表七 聽障兒童聽音仿說正確率

編號	施測階段	正確率 (%)			前後測進步情形(%)
		韻母	聲母	總計目標音	
E	前測	0	0	0	86
	後測	88	84	86	
F	前測	0	0	0	57
	後測	75	33	57	
G	前測	13	0	7	86
	後測	88	100	93	

若進一步分析其錯誤類型可發現，E 兒童在前測時，所仿說的語音清晰度較差，即使採用封閉式的評分方式，紀錄者仍無法判斷所仿說的語音為何，故在前測表現上正確率為 0%，但在後測時則提升至 100%，其進步情形

最為顯著；F 兒童在前測時，所有仿說的語音皆為「ㄩ」，雖然在計算正確率時，在目標音「ㄩ」的部分是正確的，但無法說明 F 兒童是否能夠正確聽取目標音「ㄩ」再進行仿說，亦或是所有的語音對他來說都無任何差異；G 兒

童在前測時也與 F 兒童有相同的錯誤類型，大部分的目標音都仿說成「ㄨ」，但 G 兒童在後測時的表現則有明顯的進步。

2. 語音聲學特質分析

說話的聲音可以區分出好些個各具特點的音，在語音學的描述上稱為音素 (phoneme)，用來表徵某一語音的原型，通常音素也被視為是組成語音的最小單位，由於構音部位不同，以及氣流阻塞釋放的運用方式也有差異，音素可概分成輔音 (consonants) 與元音 (vowels) 兩大類 (黃國祐, 1996)。

輔音與元音的分類方法為語音學所常使用。在分析漢語系以及跟漢語系同性質的語言的語音時，就習慣用「聲母」(initial) 和「韻母」(final) (國立師範大學國音教材編輯委員會, 1983)。

韻母又稱為元音 (vowels)，不同元音的成

因與口腔上顎與舌面緊縮的部位 (location of the constriction)、緊縮的程度、(size of the constriction) 以及雙唇開口圓撮程度有關。國音學中將其分為單韻母 (又分為舌面元音、舌尖元音)、複韻母、聲隨韻母、捲舌韻母。

聲母又稱為輔音 (consonants)，產生輔音時，口道會受到不可同程度的壓縮及阻塞 (曹峰銘, 1996)。依其構音部位的差異分成雙唇音、舌尖音、舌面音及舌根音。按照構音方式的差別，也可將輔音為塞音 (stop)、塞擦音 (affricate)、擦音 (fricative)、鼻音 (nasal) 以及流音 (liquid)。

本研究進一步透過語音分析軟體 -PRAAT，將三位兒童在前、後測時所錄得的語音進行聲學特質的分析、比較。本研究所採用的目標音，其聲學特性列於下表八。

表八 目標音語音聲學特性

目標音	ㄨ	ㄩ	ㄝ	ㄨ	ㄣ	ㄨ	ㄥ
語音分類	韻母(元音)			聲母(輔音)			
語音特性	單韻母 舌面元音		複韻母	塞音(不送氣)		擦音	
				1.有沖直條 2.噪音起始時間(VOT)		1.出現高頻噪音. 2.無沖直條	

(整理自國立師範大學國音教材編輯委員會, 1983; 李昭幸, 1995)

在韻母的部分，共振峰的頻率分布對語音區辨有重要的影響性，故本研究利用語音分析軟體 -PRAAT 分析 [ㄨ]、[ㄩ] 的第一共振峰 (F1)、第二共振峰 (F2)、第三共振峰 (F3) 及第四共振峰 (F4) 的數值，並與國內學者黃國祐、曾進興所紀錄的數值 (引自黃國祐, 1996)、國外學者 Peterson 和 Barney 研究所得數據進行比較 (引自王士元, 1988)，其結果列於表九。

F1 是元音高低的指標，與舌位高低有關。當 F1 數值降低時代表舌位抬高，相反的，當

F1 數值提高時代表舌位下降。F2 則是前後元音的辨別標準，與舌位前後有關。當 F2 數值降低時代表舌位往後，相反的，當 F2 數值提高時代表舌位往前。

若以此來檢視本研究三位聽障兒童的表現，可以發現，目標音 [ㄨ] 屬於高元音、後元音，而三位兒童在前測時 F1 數值都比較高，但在後測語音表現上，F1 數值都明顯降低，表示構音時舌位抬高；F2 由前測到後測的數值變化有呈現下降，表示構音時舌位往後。而目標音 [ㄩ] 屬於低元音，三位兒童在 F1 數值的前、

後測變化上都是提高的情形，表示舌位下降。由 F1、F2 的數值變化反映出三位兒童在經過實驗教學後，舌位構音部分有進步的情形。

除了透過 F1、F2 的數值來觀察部分的語音特性，F2 與 F1 的差值也能用來作為觀察發元音時舌頭前後運動範圍的一項重要聲學特質。由表 9 中可以發現個案 F2-F1 的數值相較

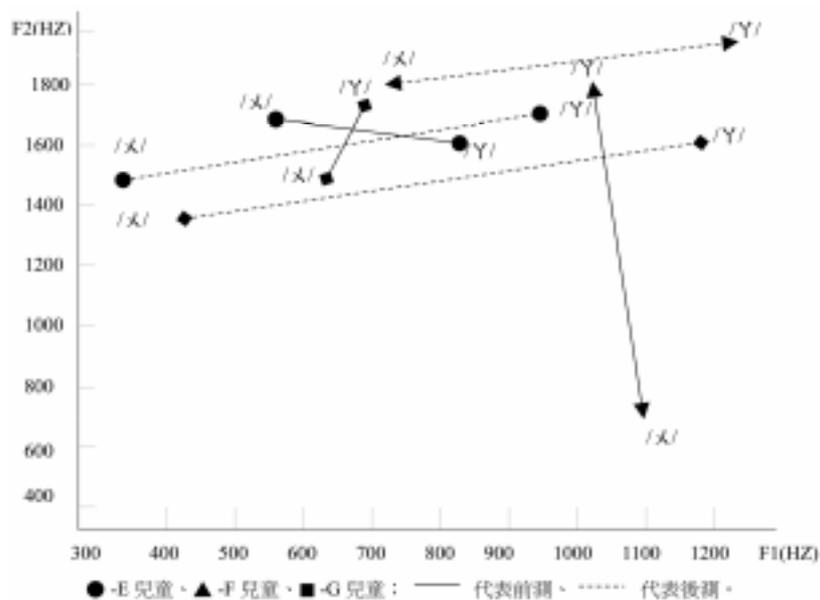
於正常參照兒童呈現趨中化，顯示三位聽障兒童的語音多有央元音化的情形。由圖四中元音 F2 與 F1 的分布平面圖來看，可以反應三位兒童在前測的舌位構音運動受到較大限制，在後測時，舌位構音的變化程度則有明顯的提升，顯示構音運動空間的擴大。

表九 三位兒童「ㄨ」、「ㄩ」共振峰頻率 (Hz)

編號	測試階段	ㄨ					ㄩ				
		F1	F2	F3	F4	F2-F1	F1	F2	F3	F4	F2-F1
E	前測	555	1724	2822	4184	1169	816	1649	3090	4218	833
	後測	373	1521	3016	4014	1148	961	1771	3460	4213	810
F	前測	1099	1859	3093	4042	760	1020	1857	3062	4038	837
	後測	705	1808	2760	3767	1103	1228	2000	2820	4080	772
G	前測	633	1511	3009	4496	878	692	1785	3078	4080	1093
	後測	425	1400	3092	4192	975	1156	1712	3183	4171	556
參考數據	男性數據	326	877	2449	3518	551	836	1358	2633	3643	522
	女性數據	415	950	3074	4109	535	1053	1658	3032	4101	605
	兒童數據	430	1170	3260	/	740	1030	1370	3170	/	340

備註：

- (1) 上表所列之數據單位為 Hz
- (2) 「男性數據」、「女性數據」是根據國內學者黃國祐、曾進興在民國 83 年所紀錄的數值。
- (3) 「兒童數據」是根據國外學者 Peterson 和 Barney 在 1952 發表的結果。



圖四 三位兒童之元音分布

在聲母的部分，利用語音分析軟體-PRAAT 繪製聲紋圖 (spectrograms)，透過聲

紋圖對語音進行物理性質的描述，表十歸納整理三位兒童在聲紋圖上的表現。

表十 聲母語音聲學特質分析表

		E 兒童		F 兒童		G 兒童	
		前測	後測	前測	後測	前測	後測
不送氣塞音[ㄅ]	是否有沖直條 噪音起始時間(VOT)/毫秒	+	+	N	N	N	11
不送氣塞音[ㄆ]	是否有沖直條 噪音起始時間(VOT)/毫秒	N	N	N	155	N	241
擦音[ㄆ]	是否有高頻噪音 是否有沖直條			+	+		

備註：

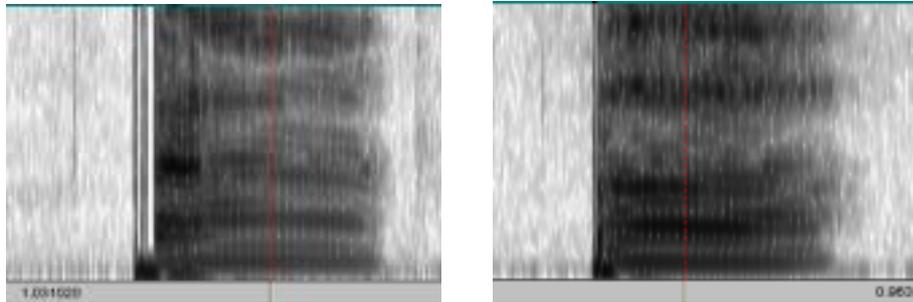
1. N 代表無出現主要特質故無法計算。

2. + 代表有出現主要特質

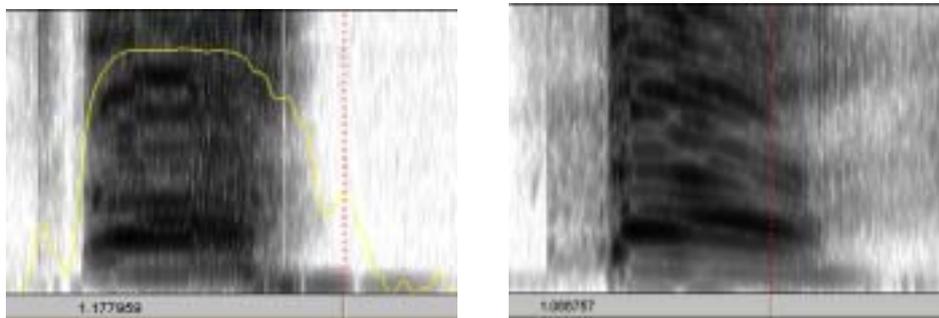
1. 在不送氣塞音[ㄅ]的部分：不送氣塞音的主要聲學特質為沖直條的出現。E 兒童在前、後測時都出現沖直條 (Burst)，但是前測時聲紋圖上出現了送氣階段 (aspiration)，如圖五，以致於語音判讀上，接近送氣塞音[ㄆ]，但此一情形在後測時有明顯之改善，而前測時的 VOT 為 41 毫秒，在後測時為 14.8 毫秒，此 VOT 縮短的情形則是送氣塞音與不送氣塞音的極佳區辨；F 兒童則是在前、後測時，都沒有出現明顯的沖直條；G 兒童在前測時並無沖直條，但在後測時出現沖直條。
2. 在不送氣塞音[ㄆ]的部分：E 兒童在前、後測時都沒有出現明顯的沖直條；F 兒童在前測時出現沖直條，後測時出現沖直條但緊接出現噪音，呈現塞擦音特質，如圖六；G 兒童在前測時沒有出現沖直條，但在後測時出現沖直條，如圖七。
3. 在擦音[ㄆ]的部分：辨認擦音的主要聲學特質有兩項，(一) 高頻地帶的噪音，其分佈下限通常超過 3kHz，而上限往往超過 8kHz；(二) 缺乏因口道完全阻塞所產生的

沖直條 (曹峰銘，1996)。三位兒童都沒有出現第一項特質-「高頻地帶的噪音」，故無法計算上升時間；但 E 兒童、G 兒童都符合第二項條件，並無出現沖直條，而 F 兒童則在前測時出現沖直條，且後測時出現塞音特質，如圖八。

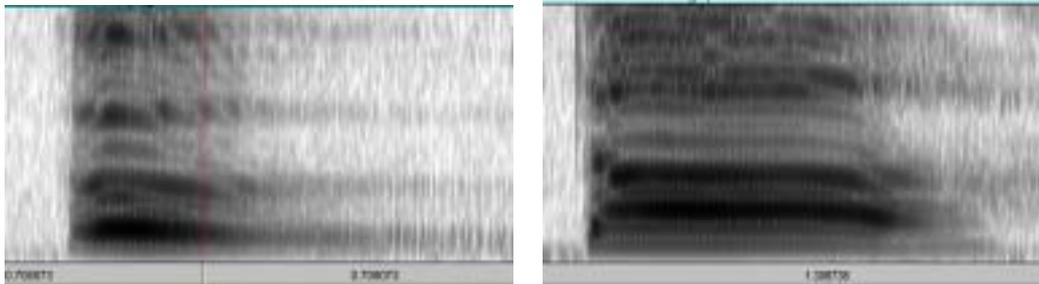
由聲學分析的結果顯示，三名聽障兒童在聽音仿說的表現皆有進步，所仿說的語音經耳聰者判讀後，辨識度也較高。利用語音分析軟體進一步檢視其語音聲學特性時，其進步情形更獲得肯定。除此外，透過語音聲學特性的分析更可以發現一些難以經由人耳知覺到的語音錯誤類型。例如由 F1、F2 的數值了解構音時舌位的變化，F 兒童在發擦音的時候，因為構音方式的錯誤會出現有塞音的特質。這些要素都會影響聽障兒童發音清晰度，特別是在部分難以透過視覺線索察覺的構音問題，更能藉由對語音物理特性的分析協助教師矯正聽障兒童的語音錯誤，並進一步作為口語教學以及相關研究的依據。



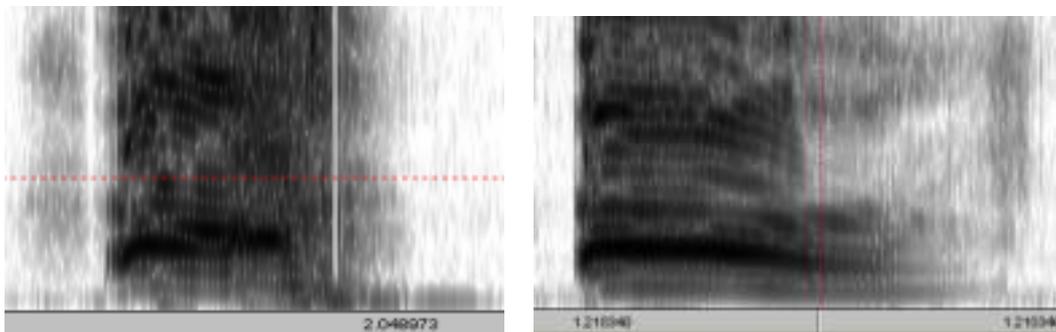
圖五 D 兒童聲紋圖-[ㄉ] (左圖-前測, 右圖-後測)



圖六 F 兒童聲紋圖-[ㄉ] (左圖-前測, 右圖-後測)



圖七 G 學童聲紋圖-[ㄉ] (左圖-前測, 右圖-後測)



圖八 F 兒童聲紋圖-[ㄉ] (左圖-前測, 右圖-後測)

研究限制

- 一、由於電腦使用的音效卡及外加設備不同，會影響產生聲音的音量的差異。因此在系統音量的測量上，目前尚未有良好的處理方式，來精確測量受測者接收到的音量。本研究在系統在輸入音量的測定上，是先以系統內「1.音量校定」的功能加以校準，再進行各項教學與測試。以受試反應最佳的音量為主要音量，因此，音量的處理對於實驗效果之影響尚待進一步評估。
- 二、本研究所使用之語音聽力檢測系統，僅在開發之雛型階段，因研究中涉及多項功能初步性之教學評量成效測試，測試情境中之變因並未納入研究控制的範圍，在研究結果上不宜過度推論。
- 三、本研究僅在探討聽障教師應用本系統內編輯教學與評量教材、以濾波器組過濾聲音兩項功能，於聽障兒童發音教學與評量之成效，不宜推論至有關聽力檢測功能在助聽器選配與聽力評估之適用性。

結論與建議

一、結論

本研究應用所設計的聽力檢測雛型系統 SpchAUD 在台南啟聰學校進行聽辨與發音教學實驗。實驗對象是幼稚部聽覺障礙兒童及四位國小部中年級聽覺障礙兒童，實驗結果初步驗證本系統在協助聽障兒童進行語音聽辨工作有三大效益。

1. 本系統的「語音聽辨能力檢測功能」可用來檢核聽障兒童音標學習成果：

研究者利用系統內的語音聽辨能力檢測 (SDT) 功能，針對三名幼稚部兒童進行測試。結果顯示，三位兒童在教學課程結束後，語音

聽辨能力都有 25%到 50%不等的進步情形，而系統內「Subject Records」中的施測紀錄，更詳細的紀錄兒童在評量過程中的錯誤項目，教師可以此系統功能編輯評量工具，了解兒童口語學習成效，以作為進一步教學輔導之依據。

2. 本系統的「濾波器組設定功能」能透過不同頻帶的設定來檢視聽障兒童的聽音仿說能力：

本研究利用系統上的濾波器組設定功能，針對四年級重度聽障兒童進行濾波測試，結果發現，兒童在濾波設定之語音聽辨仿說表現優於使用個人助聽器，又以濾波設定為全頻帶時表現最佳，若目標音為「韻母」時則仿說的正確率較高，其中以[ㄨ]、[ㄩ]、[ㄨ]三個頻率分布在 1000Hz 以下的低頻音，清晰度較高。大致而言，兒童語音聽辨能力會因不同頻帶的設定及目標音的語音特性而產生改變。

3. 本系統的「語音接受閾檢測功能」結合濾波器組口語教學的課程能提升聽障兒童的語音清晰度及聽辨能力：

本研究針對三名國小部中年級聽障兒童，進行語音接受閾檢測 (SRT) 並配合濾波器組教學的課程，結果顯示三名聽障兒童在聽音仿說的表現，在人耳判讀上的進步情形獲得肯定。而利用語音分析軟體檢視語音的共振峰頻率時，發現其舌位構音的變化程度有明顯的提升。此外透過對兒童仿說語料進行語音物理特性的分析更可以找出一些較難以人耳或視覺線索察覺的語音錯誤類型，有助於矯正兒童的語音清晰度。

二、建議

如何提升聽障兒童的口語能力一直是啟聰教育的重心，以下僅針對數位科技於聽障教育之應用，提出教學及未來研究上的建議：

- (一) 未來研究之建議

1. 本研究在第一部份僅探討語音聽辨能力檢測功能在口語學習成效之評量，證實可做為

教師進行多媒體評量之有效工具。由於教學與評量密不可分，將來可再利用本項功能做為編輯教學材料之工具，配合其他相關的口語教學法，可望以此功能建立一有效的多媒體教學評量平台。

2. 「塞擦音」的發音方法對聽障兒童來說是最為困難的，本研究受限於時間及兒童語音發展的順序性，並未將其納入教學目標音，因此聽障兒童塞擦音的清晰度是否能透過語音檢測系統的介入以提升，尚需進一步研究。本系統之濾波器組是否可以透過不連續聽覺的濾帶設定方式，協助高頻聽辨有困難之極重度聽力損失兒童聽辨這些塞擦音，是未來值得深入探討的主題。
3. 利用濾波器修飾頻率帶，以測試聽障兒童聽覺接受能力，其效果會受個案聽力狀況與頻率轉移能力之影響。本研究僅以一名兒童為測試對象，將來可望增加多位不同聽覺障礙類型之個案，並結合教學介入，以更深入探討本系統之濾波功能應用於聽障兒童發音教學之可行性。
4. 利用聲學軟體進行語音特質分析，其步驟雖然較人耳評估複雜，但卻能提供較大的訊息量，並明確指出語音的錯誤類型，有助於發展語言治療策略。本研究只針對塞音、擦音的主要語音特性進行分析，其他聲學參數對於聽障兒童語音清晰度之影響，則有待更深入之探討。

(二) 教學上之建議

1. 因應兒童特質，調整課程及評量方式

「動機」是影響兒童學習成效的重要關鍵，國小及學前階段聽障兒童的專注力較為短暫，教師必須適時調整活動時間並變化教材呈現的方式。針對學前聽障兒童所進行的聽力檢測或評量，更是要避免重複的步驟使其缺乏作答的耐心，而失去檢核學習成效的機會。本系統可提供教師依據教學目標、載入圖片、語音

檔編輯課程，以多媒體方式呈現，可提高學生學習與作答動機，值得教師在聽障兒童教學與評量時加以應用。

2. 尋找兒童最適當的聽覺域

聽障者的聽力範圍有限，每個聽障者對聲音及頻率的感知能力不同，因此部分聽障兒童無法藉由一般助聽器而達到有效學習。本研究第二部份以濾波器組過濾聲音，能提昇個案部份語音聽辨仿說之能力，對於未來以數位濾波器組找出兒童最適當的聽覺域 (OFH)，以進行更有效的口語教學，具有積極性的意義。

參考文獻

一、中文部分

- 王士元 (1988): **語言與語音**。台北: 文鶴。
- 王小川 (2005): **以語音處理技術做聽力損失者聽力檢測與語音感知改善之研究 (2/2)**。國科會補助專題研究計畫成果報告。NSC93-2213-E-007-094。
- 王克經 (2000): 臨床聽力學之進展。**聽語新潮**, 1, 18-27。
- 李協昇 (1995): **電腦化國語教學系統之研製—視覺式聽障兒發音訓練輔助系統**。國立陽明大學醫學工程研究所碩士論文(未出版)。
- 李昭幸 (1995): 國音中子音各母音最適當的頻率帶。**特殊教育與復健學報**, 4, 267-298。
- 李翠玲 (2004): 啟智班聽障生「聽能說話訓練」教材探討。國立台灣師範大學主編: **2004年手語暨溝通障礙研討會論文集**, 301-310。
- 林於潔 (1992): **說話編序教材在學前聽障幼兒說話能力之訓練成效研究**。國立台灣師範大學特殊教育系碩士論文(未出版)。
- 林珮瑜 (1996): **聽障兒童語音教學電腦輔助系統語音處理子系統**。台灣大學電機工程研究所碩士論文(未出版)。
- 林嘉淙 (2001): **國語發音比對及其發音教學上**

- 之應用。國立清華大學電機工程研究所碩士論文(未出版)。
- 林寶貴(1985):聽覺障礙兒童語言障礙與構音能力之研究。**特殊教育研究學刊**, 1, 144-160。
- 林寶貴(1991):何謂「Zagreb 語調聽覺論」? 載於陳小娟、林淑玟主編:**語調聽覺法**, 11-38。台南師範學院特殊教育中心印行。
- 林寶貴(2002):**語言障礙與矯治**。台北:五南。
- 林寶貴、李麗紅(1995):語調聽覺法對聽障學生口語教學效果之研究。**聽語會刊**, 11, 43-56。
- 林寶貴、翁素珍(1995):國語口手語法對聽障學生口語教學效果之研究。**特殊教育研究學刊**, 12, 127-145。
- 國立師範大學國音教材編輯委員會(1983):**國音學**。台北:正中。
- 張小芬(2004):聲調分析軟體在聽障學生國語聲調教學之效果研究。國立台灣師範大學主編:**2004年手語暨溝通障礙研討會論文集**, 193-204。
- 張君如(2004):多重障礙個案溝通訓練。國立台灣師範大學主編:**2004年手語暨溝通障礙研討會論文集**, 233-240。
- 曹峰銘(1996):輔音的聲學特性。曾進興主編:**語言病理學基礎第二卷**, 34-65。台北:心理。
- 陳小娟(1991):以語調聽覺為溝通困難者復健。陳小娟、林淑玟主編:**語調聽覺法**, 39-88。台南師範學院特殊教育中心印行。
- 陳小娟(1997):學前聽障班聽語法第一年實驗研究。**特殊教育與復健學報**, 5, 139-168。
- 陳小娟(2001):數位助聽器時代重新檢視不連續頻率波帶及低頻率對語音辨識的效用。**聽語新潮**, 2, 102-123。
- 曾進興(1995):溝通障礙專業的歷史與前瞻。曾進興主編:**語言病理學基礎第一卷**, 77-95。台北:心理。
- 黃文信(2004):**讀話併用國語口手標音法對國小聽障學生即時語言接受能力之研究**。國立台南師範學院特殊教育系碩士論文(未出版)。
- 黃國祐(1996):元音的構音、聲學特徵及知覺。曾進興主編:**語言病理學基礎第二卷**, 1-32。台北:心理。
- 黃德業(1991):聾童語言訓練新法—語調聽覺法。陳小娟、林淑玟主編:**語調聽覺法**, 157-167。台南師範學院特殊教育中心印行。
- 楊雅茹(2003):**聲韻轉換及其在中文口語訓練之應用**。國立交通大學電信工程系碩士論文(未出版)。
- 劉潔心(1986):台北市國民小學一年級聽覺障礙學生國語音素構音能力及其相關因素之探討。**特殊教育研究學刊**, 2, 127-162。
- 蔡碧(2002):**國語口手語教學語言對重度聽覺障礙學生語言表現之個案研究**。國立台中師範學院國民教育研究所碩士論文(未出版)。
- 盧原嘉(2002):**以信心量測方法設計中文發音訓練系統**。國立清華大學電信工程系碩士論文(未出版)。
- 蕭雅文(1997):**聽力學導論**。台北:五南。

二、英文部分

- Asp, C. W. (1985). The Verbo-Tonal method for management of young hearing impaired children. *Ear and Hearing*, 6, 1.
- Erber, N. P. (1972). Speech envelope cues as an acoustic aid to lipreading for profoundly deaf children. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1224-1227.
- Erber, N. P. (1979). Speech perception by profoundly hearing-impaired children. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 44, 255-270.

- Erber, N. P. (1982). *Auditory training*. Bell Association for the Deaf, Washington, D.C.
- Franklin, B. (1969). The effect of consonant discrimination of combining low-frequency passband in one ear and high-frequency passband in the other ear. *The Journal of Auditory Research*, 9, 365-379.
- Franklin, B. (1973). The effect of combining low-and high-frequency passbands on consonant recognition in the hearing impaired. *Journal of Speech and Hearing Research*, 18, 719-727.
- Franklin, B. (1979). A comparison of effect on consonant discrimination of combining low-and high- frequency passband in normal, congenital and adventitious hearing-impaired subjects. *Journal of the American Audiology Society*, 5, 168-176.
- Plomp, R. (1978). Auditory handicap of hearing impairment and the limited benefit of hearing aids. *Journal of the Acoustical Society of America*, 63, 533-549.
- Pollack, D. (1970). *Educational audiology for the limited hearing infant*. Springfield, IL: Charles C. Thomas.
- Risberg, A., Agelfors, E., & Boberg, G. (1975). Measurements of frequency-discrimination ability of severely and profoundly hearing-impaired children. *KTH Quarterly Progress Report*, 2 (3), 40-48.
- Rosenthal, R., Lang, J., & Levitt, H. (1975). Speech reception with low-frequency speech energy. *Journal of the Acoustical Society of America*, 57, 949-955.
- Villchur, E. (1978). Signal processing. In M. Ross & T.G. Giolas (Eds.), *Auditory management of hearing-impaired children*. Baltimore: University Park Press.
- Zeiser, M. L., & Erber, N. P. (1977). Auditory/vibratory perception of syllabic structure in words by profoundly hearing-impaired children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 20, 430-436.

Using A Speech Audiometry System to Improve the Ability of Speech Discrimination and Pronunciation in Children with Hearing Impairment

Pei-Fen Huang

National Tainan School for the Deaf

Hsiao-Chuan Wang

National Tsing Hua University

Kuei-Chun Huang

National Kaohsiung Normal University

Huei - Mei Liu

National Taiwan Normal University

ABSTRACT

People with hearing impairment (HI) are different from normal-hearing persons with regard to speech perception. Computer-based digital processing of speech signals can now be used to improve speech perception and to promote the speech-language learning of people with HI. This study used the Speech Audiometry system (SpchAUD) developed by the Department of Electrical Engineering of National Tsing Hua University to examine the training effects on improving the abilities of speech discrimination and pronunciation in children with HI.

The project comprises three parts: (1) a SpchAUD -based test of speech discrimination ability was used to assess the learning of Mandarin phonetic symbols; (2) a SpchAUD -based filter-bank design was used to change the spectral properties of generated speech signal and to assess the improvement of speech perception and repetition ability; (3) a SpchAUD -based speech reception threshold test and teaching materials of spoken language were designed to assess the changes of pronunciation accuracy and speech discrimination in children with HI.

The data generated by SpchAUD, including the speech discrimination tests and waveforms showing repeated pronunciations, together with acoustic analysis (PRAAT), were used to evaluate the HI children's speech related abilities. The results showed that the pronunciation accuracy of children with HI was improved. This suggests that SpchAUD

can be effectively used for designing teaching materials as well as for examining the progress of teaching programs. The analysis of a HI case has also shown that a filter-band design, which makes discrete shifts on the sound spectrum, will be helpful in improving speech discrimination ability.

Keywords: Hearing impairment, Speech discrimination, Speech audiometry (SpchAUD), Mandarin pronunciation, Acoustic analysis

