



國立勤益科技大學
電子工程系研究所碩士班

碩士論文

多媒體注音教學與辨識系統

The Implementation of
Multimedia Phonetic Teaching and Recognition System

研究生：嚴家佑

指導教授：賴雲龍 博士

中華民國 九十九 年 六 月

多媒體注音教學與辨識系統

The Implementation of
Multimedia Phonetic Teaching and Recognition System

研究生：嚴家佑

指導教授：賴雲龍 博士

國立勤益科技大學

電子工程系研究所

碩士論文

Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master of Engineering
in

Institute of Electronic Engineering
National Chin-Yi University of Technology

June 2010

Taiping, Taichung, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十九 年 六 月

多媒體注音教學與辨識系統

學生：嚴家佑

指導教授：賴雲龍

國立勤益科技大學 電子工程系研究所碩士班

摘要

本研究主要探討多媒體系統應用在注音發音輔助學習的功能，希望藉由分類方式，建立唇型的分解動作及舌頭的位置圖來說明發音方法，並加入影音以連續示範的互動教學方式，加深學習者的印象。同時本系統並設計錄音裝置，將學習者練習發音錄下配合注音辨識功能，使用隱藏式馬可夫模型將每個發音分類為三個狀態，設計出一套多媒體注音教學與辨識系統，達到提高學習成效的目的。首先以文獻分析過去學者對於多媒體教學之看法與意見，依發音部位分類，歸納出理想之注音教學系統所須功能，進而設計一個完整的教學與辨識系統，透過系統的實際運作，可了解學習者在發音學習上的情況並得到驗證。

關鍵字：多媒體教學、發音方法、注音辨識、隱藏式馬可夫模型

The Implementation of Multimedia Phonetic Teaching and Recognition System

Student : Chia-Yu Yen

Advisor : Dr. Yun-Long Lay

Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master of Engineering
in
Institute of Electronic Engineering
National Chin-Yi University of Technology

Abstract

The main purpose of this study is to implement a multimedia learning system for the phonetic pronunciation. This system is through the decomposition of lip-shape to illustrate the location map of articulation with. An interactive audio-visual teaching methods to help learners learn the phonetic pronunciation. At the same time the system also designs the recording devices to record the learners' phonetic pronunciation. The Hidden Markov Model is used to recognize each pronunciation with multimedia phonetic recognition teaching system to enhance the learning performance. Initially, a literature review was processed to review the previous research about the concept of multimedia teaching methods. The articulation classifications and functions of phonetic teaching system were summarized to design a comprehensive multimedia teaching and phonetic recognition system. Through the actual system operation, we can understand the learning conditions of learner in pronunciation to verify the performance of the system.

Keywords : Multimedia teaching, Pronunciation methods, Phonetic recognition, Hidden Markov Model

誌 謝

在研究所的這兩年期間，感謝我的指導教授賴雲龍博士，訓練我做事情的方法及對於任何問題都能夠竭盡所能的回答，使的論文得以順利完成，在此向老師致上衷心的感激與謝意。同時也感謝林宸生教授、楊惠貞教授等論文口試委員在百忙之中蒞臨指導、細心的評閱，並給予寶貴的建議，使得本論文更臻完善。

實驗室裡面大家相處的氣氛十分融洽，所以能夠來到這個實驗室，結識這些學業上的夥伴，我實在感到相當慶幸。特別是在 E627 實驗室裡名村學長的照顧，同窗相處二年的同學韋宇、學弟們哲暉、信甫、仁德、炳生、柏伸、尚澤及我在研究所兩年中所認識的每一個人，謝謝你們陪我度過這兩年的時光。

最後，我要感謝我的父母及家人無條件的付出，我才得以在學業上能夠心無旁騖，順利畢業。

家 佑

目 錄

中文摘要	-----	i
英文摘要	-----	ii
誌謝	-----	iii
目錄	-----	iv
圖目錄	-----	vi
表目錄	-----	vii
第一章	緒論 -----	1
1.1	研究背景-----	1
1.2	研究動機與目的-----	2
1.3	文獻探討-----	3
1.4	中文注音學-----	5
1.4.1	發音器官-----	6
1.4.2	聲母-----	8
1.4.3	韻母-----	12
1.5	章節概要-----	14
第二章	多媒體教學 -----	15
2.1	多媒體的定義-----	16
2.2	AVI 檔案格式-----	18
2.2.1	影像參數-----	18
2.2.2	伴音參數-----	19
2.2.3	檔案結構-----	20
2.3	多媒體教學製作方法-----	22
2.3.1	多媒體教材製作流程-分類-----	22
2.3.2	多媒體教材製作流程-錄製-----	25
2.3.3	多媒體教材製作流程-後製-----	26
第三章	注音辨識 -----	27
3.1	語音特徵值截取-----	27
3.1.1	能量(Energy)-----	28
3.1.2	取音框(Taking frames)-----	29
3.1.3	預強調(Pre-emphasis)-----	30
3.1.4	漢明窗(Hamming window)-----	30
3.1.5	自相關係數(Autocorrelation coefficients)-----	31

3.1.6	線性預估係數(Linear Predict Coding)-----	31
3.1.7	L-D 遞迴演算法(Levinson-Durbin recursion)-----	34
3.1.8	倒頻譜係數(Cepstrum coefficients)-----	36
3.2	隱藏式馬可夫模型(Hidden Markov Model)-----	37
3.3	Viterbi 演算法-----	40
3.4	訓練方法-----	42
3.5	辨識方法-----	44
第四章	注音教學與辨識系統 -----	46
4.1	實驗設備-----	46
4.2	系統建置-----	48
4.2.1	注音教學系統-----	49
4.2.2	注音辨識系統-----	50
第五章	實驗結果 -----	56
第六章	結論與展望 -----	60
參考文獻	-----	62
附錄一	音框所對應的狀態機率函數初始值-----	65



圖目錄

圖 1.1	發音器官圖-----	7
圖 2.1	多媒體教材製作流程圖-----	22
圖 2.2	七類發音唇型動作分解圖-----	24
圖 2.3	七類發音舌頭位置圖-----	25
圖 2.4	多媒體 AVI 教學影音教材(ㄅ音)-----	26
圖 3.1	語音特徵參數擷取流程圖-----	28
圖 3.2	音框擷取示意圖-----	29
圖 3.3	Viterbi 演算法找出最佳狀態序列-----	43
圖 3.4	訓練流程圖-----	43
圖 3.5	辨識流程圖-----	45
圖 4.1	系統架構圖-----	49
圖 4.2	系統操作介面-----	50
圖 4.3	系統教學介面-----	51
圖 5.1	使用者介面-----	57
圖 5.2	聲母辨識結果模擬圖-----	58

表 目 錄

表 1-1	注音符號分類表-----	8
表 1-2	聲母發音部位分類表-----	9
表 1-3	聲母發音方法分類表-----	9
表 1-4	韻母分類表-----	13
表 2-1	AVI 檔案結構-----	20
表 3-1	其中一個狀態內的倒頻譜系數-----	38
表 3-2	以特徵向量求取期望值矩陣與變異數矩陣-----	39
表 3-3	所有音框對應的狀態機率函數初始值-----	40
表 4-1	各組狀態內的特徵參數平均值與變異數(作者勺音)-----	54
表 4-2	音框所對應的狀態機率函數初始值(作者勺音, 3×10^2)-----	55
表 4-3	累積機率函數選擇路徑(作者勺音)-----	56
表 5-1	累積機率函數及平均數-----	58
表 5-2	注音聲母辨識正確率(第一組)-----	59
表 5-3	注音聲母辨識正確率(第二組)-----	59



第一章 緒論

1.1 研究背景

隨著資訊技術快速發展，個人電腦設備已普遍成為學校及家庭的輔助工具，藉由電腦的多媒體技術來教學也進入了實用和普及的階段。特別是對於語言文字的學習上，更有顯著的效果，相關研究也指出學習者可從動畫、圖形及配合口語文字獲得較佳的學習成果 (Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 1997；Mayer & Moreno, 1998；翁嘉鴻, 2001) [1,2,3]；在多媒體的環境下，以豐富的多樣性，將聲音、圖片、動畫、音樂、影像等資訊結合可以充分展示符號的形式，對學習成效有正面的幫助。

美國蘋果公司(Apple Inc.)總裁史考利(John Scully)曾經提到：「由於多媒體技術的出現，人類將要迎接一次比印刷術、電話和電視更大的技術革命。」今日多媒體技術已經能夠把語音訊號處理、圖形影像處理及視聽技術整合在一起，方便的把語音信號、圖像信號通過數位轉換成統一的數學信號進行存儲、加工、控制、編輯、辨識等操作[4]。多媒體技術改變了人們固有的思考模式和生活方式，也使語言文字教學帶來創新，妥善運用可以啟發學習者的想像力，達到理解知識的目

的及驗收成效。

1.2 研究動機

Mayer 在「多媒體學習」(Multimedia Learning, 2001) [5]一書中所提到一潛在的使用文字與圖片可促進人類的理解，更指出多媒體學習使學生從文字及圖片學習的效果比單獨文字學習的效果好，因為當文字及圖片一起呈現時，學生才有機會去建構語文與圖像的心智模式之間的關連。

常又仁(1998) [6]指出目前學習注音符號是以觀察老師的嘴型及發音後反覆練習，但抽象化的符號對學生來說艱澀難記，學習的過程往往枯燥無味，單純記憶來學習注音符號成效是有限的；同時 Harless, Zier & Duncan (1999) [7]共同提到：能妥善的規劃與運用「多媒體」和「語音辨識」科技軟體，來幫助發音訓練可得到令人興奮的解決之道。多媒體教學乃是藉由電腦硬體的設施和各種軟體所提供的功能，結合專業教師的知識、教材內容，整合後運用各種不同的媒體型態，以多樣性和活潑生動的效果展現出來，提高學習者的學習動機，提昇教學品質。

因此本研究我們針對注音教學，設計簡單容易上手的多媒體教學系統，將文字與圖片說明、聲音與影像示範教學整合在一起，讓使用者可重複觀看教學過程輕易地了解，並藉由程式的撰寫加入錄音、發音辨識功能，可供學習者或老師驗收學習成效。

1.3 文獻回顧

Zong等人(2009) [8]描述在多媒體教學的教學觀念和教學方法之優勢在於互動性，可讓學習者提升學習意願；著名科學家愛因斯坦(Albert Einstein)有句名言說到：「興趣是最好的老師」，激發學生的學習興趣，學生們才能樂於接受；而在中國古代教育學家孔子曾說：「好之者不如樂之者」，雖然簡短幾個字，但充分表達出興趣對學習的重要性。在注音符號教學過程中，將多媒體技術融入教學，以多元化、多樣化為學生提供了生動活潑學習環境，增加了教材的可讀性，並藉由圖形、色彩、聲音、情境的配合，不僅可提供教師創新的教學方法，同時為學生的學習提供了有效率的途徑[9]；從教學方的觀點來看，有別於傳統教學，可以使注音符號發音的情形轉換成圖形及配合聲音合成的畫面或影像[10]，使靜態的符號生動起來，使多媒體技術改變了人們固有

的思維習慣和生活方式，也為教學注入新的動力，提高教學效率。

在吳瑞源、吳慧敏(2008) [11]的研究結果發現：大多數學習者對電腦多媒體教材可幫助理解抽象概念、學習者控制撥放功能可應個人控制撥放進度、增加學習時的注意力、學習後會想再次學習，以及比教師課堂講授教學更有趣等優點。

隨著時代的演進，多媒體的定義也隨之改變，認知心理學家 Mayer 將電腦多媒體學習定義為利用文字（視覺文字、口語表達文字）與圖片（動態圖片、靜態圖片）的學習，提供給我們對多媒體學習的相關研究參考；在 Mayer 整理的相關實驗研究[1,5]中得知，整合性的呈現文字及相對應圖片對學習者的學習成效優於分離性的文字及圖片，稱之為空間接近原則(Spatial Contiguity Principle)；從多媒體學習的認知理論觀點來看，文字與圖片對學習者來說為語文管道及圖像管道二個不同知識特徵系統，利用連貫原則(Coherence Principle)將文字由分離的單位(discrete unit)以線性順序組成及呈現，使圖片允許整體、非線性的訊息特徵，使用圖片可以更直接接近人類視覺感官經驗來描繪(depict)教材；再以形式原則(Modality Principle)的觀念來表示，使學生可從動畫搭配語音表達文字比動畫搭配視覺文字有較佳的學習效果。

相對於傳統模式，劉曉紅(2007) [12]等人在實驗中指出，互動化的教學模式與多媒體的支援增強了學生的實際技能，聽力和閱讀，豐富了學生的語言知識；Wang (2008) [13]也提到應用多媒體教學技術來教育可以提高學生學習興趣，幫助學生擴充知識領域，擴大教育對象和降低成本，效果優於傳統教育；因此 Tian (2009) [14]研究指出在理想的多媒體教學系統中，學習者必須可以規劃自己的學習，並評估驗收自己的學習過程，以改善其缺點，提高教學效率。

1.4 中文注音學

中文注音符號以聲母、韻母及聲調所構成，聲母出現在音節的前端，又叫做首音(initial)，剩下的部分為韻母表示為 final。我們在學習注音發音即從聲母開始，因此本研究主要以中文注音聲母之「發音部位」和「發音方法」歸納出 7 類來探討。

注音符號自民國七年頒布以來至今已有九十多年歷史，是由聲韻學家章太炎先生所創建，注音符號在發音部位與方法上是沿用中國古代傳下來的音韻系統，並繼承了中國傳統聲韻學及詩歌押韻原理，採聲、韻、調分析法，是由雙聲疊韻的古代漢字簡化而成[15,16]。

一般人說話的聲音分為兩大類，一是主要的聲音，稱為「元音」(vowel)也就是我們所稱的「韻符」；另一種是輔音，就是我們所稱的「聲符」(consonant)。聲符是氣流從肺部出來經過聲門，在發音器官的部分受到阻礙，所造成不帶音的聲音，而輔音本意是「協同發聲」的意思，它本身主要是阻擋氣流的作用，原本的聲音是很微弱的，所以當人們發聲符時，習慣上要加拼一個元音（韻符）使它發出聲音來。如フ、フ、フ、フ要拼「フ」或「フ」，才能念出聲音來[17]。

1.4.1 發音器官

人體產生語音的器官主要分為四個部分，聲帶、聲道、鼻腔及嘴唇，說話時空氣會因為肺部的收縮將氣流送往聲帶，之後再將氣流送到聲道，因為說話的關係聲道會變成不同形狀產生共鳴，最後聲音才經由嘴唇送出如圖1.1所示。

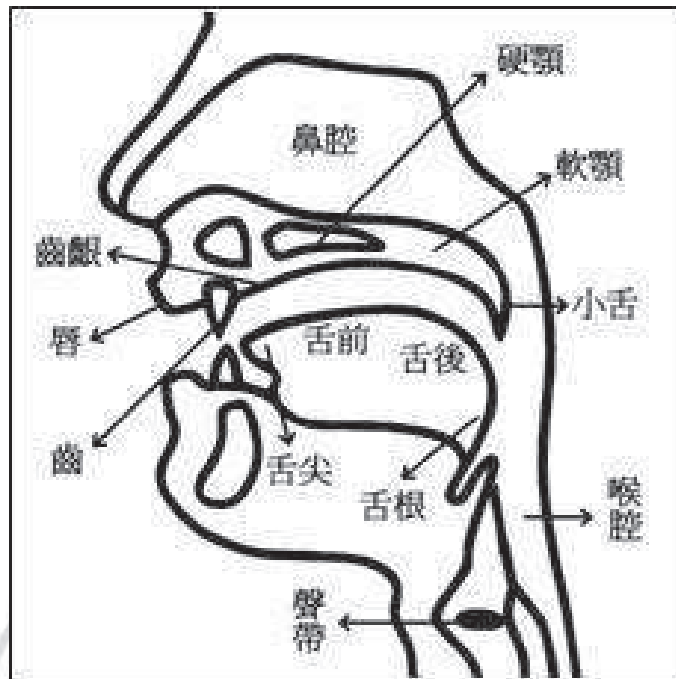


圖 1.1 發音器官圖[18]

每個字依照發音的方式可將子音及母音之間做個分類，母音在發聲時氣流由胸腔送到口腔外都不會受到阻礙，而子音則相反在發聲的過程中會受到發聲部位的阻礙或由磨擦產生的音，開始發聲時，前邊阻擋氣流的叫做聲母，後邊比較重的聲音叫做韻母，以聲韻學的術語說，則是口腔內的氣流受阻的叫輔音，就是聲母；聲音沒有阻礙的叫元音，就是韻母，注音符號聲母及韻母分類如表 1-1 所示。

表 1-1 注音符號分類表

分類	注音符號									
聲母	ㄅ	ㄆ	ㄇ	ㄏ	ㄏ	ㄍ	ㄎ	ㄎ	ㄍ	ㄍ
	ㄈ	ㄇ	ㄎ	ㄏ	ㄏ	ㄍ	ㄎ	ㄎ	ㄍ	ㄍ
	ㄌ									
韻母	ㄩ	ㄜ	ㄝ	ㄝ	ㄝ	ㄝ	ㄝ	ㄝ	ㄝ	ㄝ
	ㄩ	ㄜ	ㄝ	ㄝ	ㄝ	ㄝ				

1.4.2 聲母

聲母是氣流從肺部出來經過聲門，發音部位指的是在發音時，是器官的哪一部分受到阻擋，例如：ㄅ、ㄆ、ㄇ是用雙唇阻擋氣流，ㄏ、ㄍ、ㄎ是以唇齒與舌尖阻擋氣流等，如表 1-2；而發音方法則是指發音時氣流通過發音器官，是否影響聲帶顫動，以不同的發音方法會產生不同的聲音，詳細分類如表 1-3 所示。

表 1-2 聲母發音部位分類表

聲母	類型	符號
	1. 雙唇音(Bilabial)	ㄅ、ㄆ、ㄇ
	2. 唇齒音(Labio-dental)	ㄆ
	3. 齒齶音(Alveolar)	ㄉ、ㄊ、ㄌ、ㄎ
	4. 軟顎音(Velar)	ㄍ、ㄎ、ㄍ
	5. 硬顎音(Palatal)	ㄑ、ㄒ、ㄔ
	6. 捲舌音(Retroflex)	ㄗ、ㄛ、ㄝ、ㄞ
	7. 舌齒音(Lingua-dental)	ㄗ、ㄘ、ㄣ

表 1-3 聲母發音方法分類表

發音部位 \ 發音方法	破裂音		破擦音		鼻音	邊音	磨擦音	
	有聲	無聲	有聲	無聲	有聲	有聲	有聲	無聲
上唇	ㄅ	ㄆ			ㄇ			
下唇								
上齒								ㄆ
下唇								
舌尖	ㄉ	ㄊ			ㄌ	ㄎ		
上牙齦								
舌根	ㄍ	ㄎ						ㄍ
軟顎								
舌面前			ㄑ	ㄒ				ㄔ
硬顎								
舌尖後			ㄗ	ㄛ			ㄝ	ㄞ
硬顎								
舌尖前			ㄗ	ㄘ				ㄣ
上牙齦								

1. 發音部位

(1). 雙唇音(又稱雙唇阻, Bilabial)

發音時雙唇緊閉使氣流無法持續流出，因此又合稱為雙唇塞音，其中雙唇是發音的部位，如注音符號中的ㄅ、ㄆ、ㄇ。

(2). 唇齒音(又稱唇齒阻, Labio-dental)

發唇齒音時，上齒輕咬下唇，使氣流在唇齒交合處受到阻礙並產生磨擦，但必須使氣流能持續送出。這樣的音又稱為唇齒摩擦音，如注音符號中的ㄝ。

(3). 齒齦音(又稱舌尖阻, Alveolar)

發音時用舌尖抵住上牙齦，使氣流無法持續，如注音符號中的ㄉ、ㄊ、ㄋ、ㄌ。

(4). 軟顎音(又稱舌根阻, Velar)

舌根音發音時，整個舌位上揚，舌根後方頂住軟顎，使氣流無法持續，如注音符號中的ㄍ、ㄎ、ㄍ。

(5). 硬顎音(又稱舌面阻, Palatal)

發音時，舌頭前部會抬到位於齒槽脊後面的硬顎，如注音符號中的ㄌ、ㄍ、ㄒ。

(6). 捲舌音(又稱舌尖後阻, Retroflex)

捲舌音在發音時，舌尖往後捲頂住硬顎，氣流不是往兩邊流出，而是從舌尖後捲起的位置流出，如注音符號中的ㄓ、ㄔ、ㄕ、ㄖ、ㄛ。

(7). 舌齒音(又稱舌尖前阻, Lingua-dental)

發音時用舌尖前抵住上牙齦，使氣流無法持續，如注音符號中的ㄉ、ㄊ、ㄌ。

2. 發音方法

(1). 破裂音

氣流的通道暫時被完全阻塞後，再突然放開而發出的聲音。

(2). 破擦音

破裂音與摩擦音兩種發音動作，所先後接合而成的聲音。

(3). 鼻音

氣流在口腔中受阻礙，而經由鼻腔發出的聲音。

(4). 邊音

氣流受舌尖在口腔中線的阻礙，而經由舌頭兩側發出的聲音。

(5). 磨擦音

氣流的通道受到不完全緊密的阻塞，使部分氣流與口腔阻礙的位置產生摩擦，而發出的聲音。

由於發音能量皆來自呼吸氣流的大小[19]，聲母發音時是阻擋氣流的作用，所以讀聲母時，要注意阻擋氣流的部位：唇、齒、舌的運用，同時要注意阻擋氣流的方法。

1.4.3 韻母

韻母發音時，氣流從喉頭出來，使聲帶顫動發出聲音，不受鼻腔的共鳴。不受任何阻礙，只受唇舌的調節而形成的音，叫做韻母。代表韻的符號，叫「韻符」。中文注音的韻母共有 16 個，可分為 4 類：單韻母、複韻母、聲隨韻母、捲舌韻母，如表 1-4 所示。

表 1-4 韻母分類表

分類	注音符號							
單韻母	一	ㄨ	ㄛ	ㄩ	ㄛ	ㄜ	ㄝ	
複韻母	ㄩㄛ (ㄩ一)	ㄜ一 (ㄜ一)	ㄩㄨ (ㄩㄨ)	ㄛㄨ (ㄛㄨ)				
聲隨韻母	ㄩㄛ (ㄩㄛ)	ㄜㄛ (ㄜㄛ)	ㄩ (ㄩ)	ㄛ (ㄩ)				
捲舌韻母	ㄩㄝ (ㄩㄝ)							
結合韻母	一ㄩ	一ㄜ	一ㄛ	一ㄩ	ㄨㄩ	ㄨㄩ	ㄨㄛ	ㄨㄜ
	ㄛㄜ	ㄛㄛ	ㄛㄨ	ㄛㄛ				

注音符號大部份取自古文簡筆漢字，其中 16 個符號實際具有字音與字義的字，在形體上有中國文字的根據[20]，使學者能了解到中國文字字形構造及寫法的基本字素，幫助學生認字、寫字、讀字，進而奠定學習中文的基礎。

1.4 章節概要

本論文主體構架分為以下六個章節：

第一章 緒論：說明本篇論文的研究背景、研究動機與文獻探討及介紹中文注音學。

第二章 多媒體教學：本章節討論多媒體教學相關文獻以及多媒體教材製作流程；將中文注音依發音方式分類後，根據分類後建立教學圖片與多媒體影音教材。

第三章 注音辨識：此章節希望藉由辨識功能，達到驗收成效之目的。依序分別介紹注音辨識中特徵參數的擷取過程，並說明辨識流程中的每個步驟，訓練與辨識方法。

第四章 注音教學與辨識系統：此章節將介紹注音教學與辨識系統之架構及設計流程，並以作者發音為例，建立初始訓練模型。

第五章 實驗結果：本章說明實際完成後的多媒體注音教學與辨識系統之操作步驟與發音辨識結果，並將實驗資料所得相關數據值做探討。

第六章 結論與展望

第二章 多媒體教學

多媒體具備整合性、互動性及同步性，在教學上使用電腦多媒體，結合文字與非文字模式，的確能促進教材的發展(Tabbers, Martens & Merriënboer, 2004) [21]。而整合性是指能對內容資料資訊、多媒體資訊、腳本資訊和特定的應用資訊，將四類資訊進行儲存、傳輸、處理和顯示的能力；互動性是指在多媒體系統中人與系統之間的相互控制能力；同步性是指在多媒體系統上顯現的圖像、聲音和文字均以同步方式呈現。

在多媒教材的設計，已有不少文獻探討多媒體教材的組合與表達方式，學習者在學習過程中的理解及學習成效的影響，許多相關文獻指出多媒體教材的媒體組合形態會產生形態效應 (Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 1997；Mayer, 2001； Sweller, 2003) [2,5,22]，當呈現的媒體是屬於不同訊息處的形態（如文字、圖片或動畫屬於視覺形態訊息，而聲音是屬於聽覺形態訊息），學習效果會比使用單一訊息處的形態有較佳的學習效果[23]。

2.1 多媒體的定義

媒體是用於資訊表示和傳輸的載體，國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU) 電信標準部 (Telecommunications Standards Section, TSS)的 ITU-T I.374 建意將媒體劃分為感覺媒體、表示媒體、顯示媒體、儲存媒體和傳輸媒體五類[24]。

(1). 感覺媒體 (Perception Medium)

能直接作用於人的感覺器官，使人產生直觀感覺的媒體。例如引起人的聽覺反應的語言、音樂及自然界的其他聲音，引起反應的文字、圖形、圖像及自然景像等。

(2). 表示媒體 (Representation Medium)

傳輸感覺媒體的仲介媒體，如聲音編碼、圖像編碼等，它定義了資訊的特徵。

(3). 顯示媒體 (Presentation Medium)

電信訊號和感覺媒體之間的轉換媒體，包括鍵盤、滑鼠、掃描器、攝影機、麥克風等輸入設備，和輸出顯示媒體如顯示器、喇叭、印表

機、拷貝機等。

(4). 儲存媒體 (Storage Medium)

儲存表示媒體的物理設備，如磁片、磁帶、光碟和 IC 記憶體等。

(5). 傳輸媒體 (Transmission Medium)

傳輸表示媒體的物理介質，如電纜、光纜、電磁波和紅外線等。

ITU 對多媒體的含義，主要是對能處理多種表示媒體而言，可以將多媒體定義為：能同時處理多種資訊，使資訊之間建立邏輯聯繫，整合為一個互動性系統的技術。或者定義為：多媒體是使聲音、文字、圖形和圖像等媒體結合成資訊的表示方式。其主要有以下幾個特點：

- (1). 多媒體資料種類繁多（大多是非結構化資料），不同來源的媒體，具有完全不同的形式和格式。
- (2). 多媒體資料量龐大。
- (3). 多媒體資料具有時間性和版本概念，如在視訊點播系統中，必須考慮到媒體間以及媒體內部在時間上的同步關係。

2.2 AVI 檔案格式

AVI (Audio Video Interleave)是一種多媒體影音交插記錄的數位視頻檔格式。1992 年初 Microsoft 公司推出了 AVI 技術及其應用軟體 VFW (Video for Windows, ex: Windows Media Player)。在 AVI 檔中圖像和伴音資料是以交織的方式存儲，並獨立於硬體設備。構成一個 AVI 檔的主要參數包括影像參數、伴音參數和壓縮參數[25]。

2.2.1 影像參數

(1). 視窗尺寸 (Video size)

根據不同的應用要求，AVI 的視窗大小或解析度可按 4：3 的比例或隨意調整，大到全屏 640×480，小到 160×120 甚至更低。視窗越大，影像檔的資料量越大。

(2). FPS (Frames per second, FPS)

畫格速率計算的單位，代表每秒會播放多少個畫格，FPS 可以調整，而且與資料量成正比，不同的 FPS 會產生不同的畫面連續效果。

2.2.2 伴音參數

在 AVI 檔中，影像參數和伴音參數是分別存儲的，因此可以把一段視頻中的影像與另一段視頻中的伴音組合在一起。AVI 檔與 WAV (Waveform audio format)檔密切相關，WAV 是微軟與 IBM 公司所開發的一種聲音編碼格式，在 Windows 平台的應用軟體受到廣泛的支援。WAV 檔是 AVI 檔中伴音信號的來源，還包括與音頻有關的其他參數：

(1). 影像與伴音的交織參數 (Interlace Audio Every X Frames)

AVI 格式中每一個 X FPS 交織存儲的音頻信號，也即伴音和影像交替的頻率 X 是可調參數， X 的最小值是 1 FPS，即每個視頻 FPS 與音頻資料交織組織，交織參數越小，重播 AVI 檔時讀到記憶體中的資料流程越少，重播越容易連續；因此 AVI 檔的存儲平臺的資料傳輸率較大，則交錯參數可設置較高。當 AVI 檔存儲在硬碟上時，同時從硬碟上讀 AVI 檔進行播放時，可以使用較大的交織頻率。

(2). 同步控制 (Synchronization)

在 AVI 檔中影像和伴音是同步的，但在重播 AVI 檔時則有可能出現影像和伴音不同步的現象。

2.2.3 檔案結構

AVI 是一種 RIFF (Resource Interchange File Format) 檔格式，是在 Windows 作業系統上最常用的一種媒體檔格式。RIFF 檔使用四字元碼 FOURCC (four-character code) 來表示資料類型，檔首先含有一個如表 2-1 的檔頭結構。

表 2-1 AVI 檔案結構

				文件大小	文件類型	
R	I	F	F			數據....
4 字元				4 字元	4 字元	

起始的 4 個位元組是一個四字元碼 RIFF，表示一個 RIFF 檔；緊跟著後面用 4 個位元組表示此 RIFF 檔的大小，接著是一個四字元碼說明文件的具體類型（如 AVI、WAVE 等），最後就是實際的資料。檔案大小值的計算方法為：實際資料長度 + 4（檔類型域的大小），檔大小的值不包括 RIFF 域和檔大小域本身的大小。RIFF 檔的實際資料中，通常還使用了列表(List)和塊(Chunk)的形式來組織。

(1). 列表的結構為：

ListSize, ListType, ListData — LIST 是一個四字元碼，表示這是一個列表；ListSize 佔用 4 位元組，記錄了整個列表的大小；ListType 也是一個四字元碼，表示本列表的具體類型；ListData 就是實際的列表資料。ListSize 值的計算方法為：實際的列表資料長度 + 4 (ListType 的大小)；ListSize 值不包括 LIST 和 ListSize 本身的大小。

(2). 塊的結構：

CkID, CkSize, CkData — CkID 是一個表示塊類型的四字元碼；CkSize 佔用 4 位元組，記錄了整個塊的大小；CkData 為實際的塊資料。CkSize 值指的是實際的塊資料長度，而不包括 CkID 和 CkSize 本身的大小。AVI 檔類型用一個四字元碼 'AVI' 來表示。整個 AVI 檔的結構為：一個 RIFF 頭 + 兩個列表 (媒體流格式、媒體流資料) + 一個可選的索引塊。

2.3 多媒體教學製作方法

第一章文獻探討時以過去學者將中文注音符號聲母21音之發音方式分為七類，在這一節中，將以這七類為基礎彙整完成教材，運用多媒體化各種方法做說明。示範者或老師依照不同發音類型建立分解動作圖檔，再加入中文注音聲母21音合成教學影像。圖2.1為製作流程圖，多媒體教材製作順序如下：

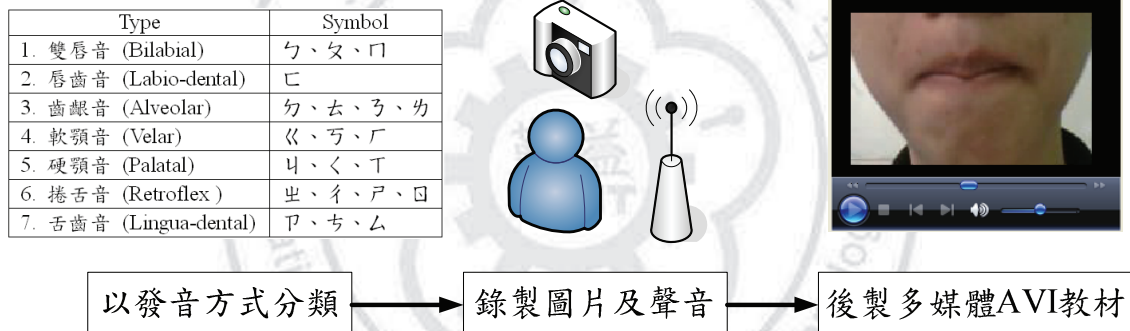


圖2.1 多媒體教材製作流程圖

2.3.1 多媒體教材製作流程一分類

發音教學要成功轉變為多媒體教材，不外乎在教材中適時地加入文字與圖案說明、聲音及生動的影片。本研究將教學教材分為以下四部份來表達，對注音聲母21個符號分成七組模型圖，每組模型圖再編輯加入相對之發音，以淺顯易懂的方式呈現。

(1). 文字說明：

收集專家學者對發音方式、部位之文獻分類，將文獻與書面資料轉換成教材。

(2). 唇形分解圖：

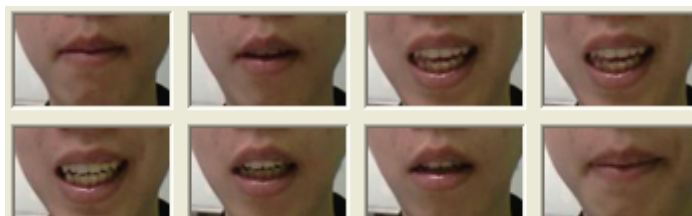
由示範者或專業教師利用影像擷取設備(如：數位像機、網路攝影機)錄製分解動作圖檔，依照七種發音類型分別建立數張唇型圖(如圖 2.2)。此部份需要建立大量的圖庫，製作時間較長。



(A) 雙唇音(ㄅ, ㄆ, ㄇ)



(B) 唇齒音(ㄆ, ㄇ)



(C) 齒齶音(ㄆ, ㄑ, ㄒ, ㄓ)



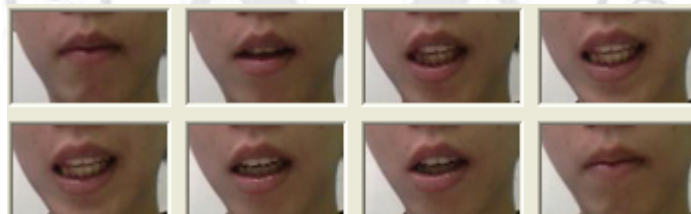
(D) 軟顎音 (ㄍ, ㄎ, ㄏ)



(E) 硬顎音 (ㄌ, ㄍ, ㄎ)



(F) 捲舌音 (ㄗ, ㄘ, ㄙ, ㄨ)



(G) 舌齒音 (ㄊ, ㄊ, ㄌ)

圖2.2 七類發音唇型動作分解圖

(3). 舌頭位置圖：

接著配合發音發式，參考嘴部及發聲器官構造，繪製發音時相關舌頭位置圖(如圖2.3)。

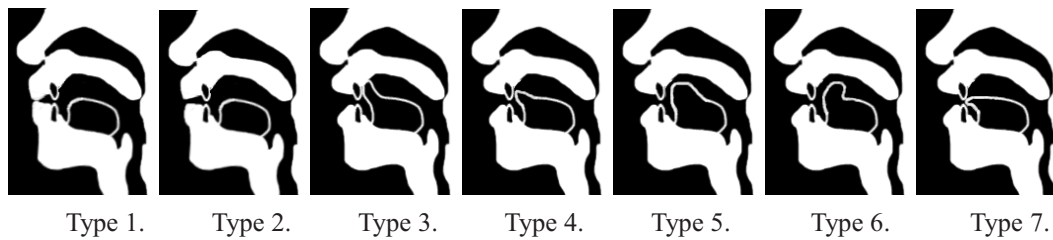


圖2.3 七類發音舌頭位置圖

(4). AVI影音示範：

利用多媒體檔案格式 Audio Video Interleave, AVI 製作、剪輯軟體 [26]，各別將動作分解圖加入注音聲母21個發音，使多媒體教材更生動、活潑，達到增進使用者學習興趣與效果。

2.3.2 多媒體教材製作流程—錄製

直接錄製方式是針對需要錄製的唇型示範教材的製作程序，首先確定需要製作的唇型模組，由示範者或專業教師使用影像擷取設備（如數位像機、Web cam）來錄製，因為製作方式需按照分類唇型模組及各別發音分開錄製，故需要較長的製作時間，但完成後的教材品質較好，缺點則是錄製程序較繁複。

2.3.3 多媒體教材製作流程－後製

後製製作方式即是將事前已準備的分類唇型圖檔及各注音符號之錄音檔，依照其分類方式合成為多媒體 AVI 教學影音教材（如圖 2.4）的一種製作方式，AVI 檔案格式設定 3 FPS，即每秒 3 張圖片，每個發音教材約 2~3 秒之間。我們不採用直接錄製成影音的方式，其目的是為了教材的一致性，將同類型發音之唇型分解圖，合成注音聲音產生影音檔，可得到相同唇型而有不同的聲音，進而提高識別度，同時在學習記憶上有較深的印象。

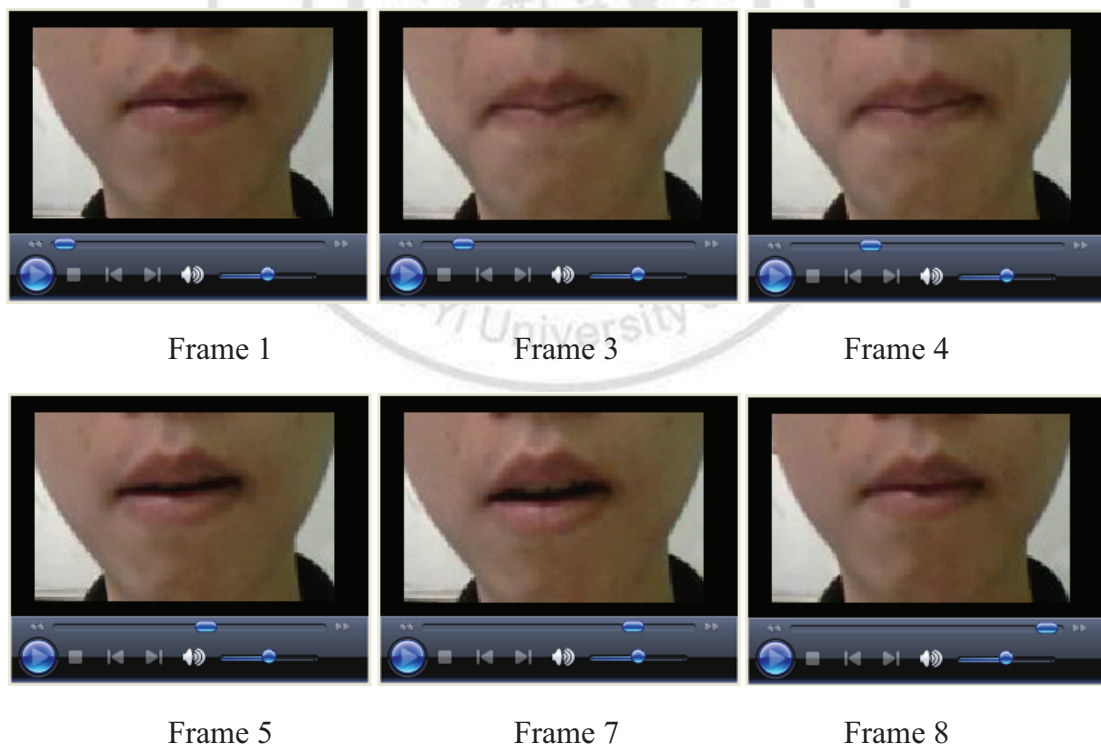


圖2.4 多媒體AVI教學影音教材（ㄅ音）

第三章 注音辨識

本研究希望藉由語音辨識技術，達到驗收成效的目的，辨識結果可供學習者或老師參考。本章節將介紹系統中注音辨識的方法，錄下練習發音後，首先經由前處理的步驟擷取出語音特徵參數來代表此注音符號發音之訊號；接著建立發音模型，將訓練發音資料特徵參數求出，在利用這些特徵參數訓練出參考模型；最後為注音辨識，將學習者發音資料的特徵參數與已訓練好的參考模型進行比對，最後產生辨識結果。此章節將分別介紹在注音辨識中特徵參數的擷取、隱藏式馬可夫模型、Viterbi 演算法及訓練與辨識方法。

3.1 語音特徵值的截取

系統中注音辨識的功能必須經過語音特徵值的截取[27,28]，將未處理的聲音資料以適當的特徵參數來表示作為識別的基礎。首先要經由能量偵測找出聲音的起始位置及結束位置，再針對聲音信號以 240 個取樣點為一音框長度，之後經過預強調及乘上漢明窗、自相關系數分析、線性預估系數分析、最後輸出倒頻譜系數及轉移倒頻譜系數，特徵參數擷取流程如圖 3.1 所示。

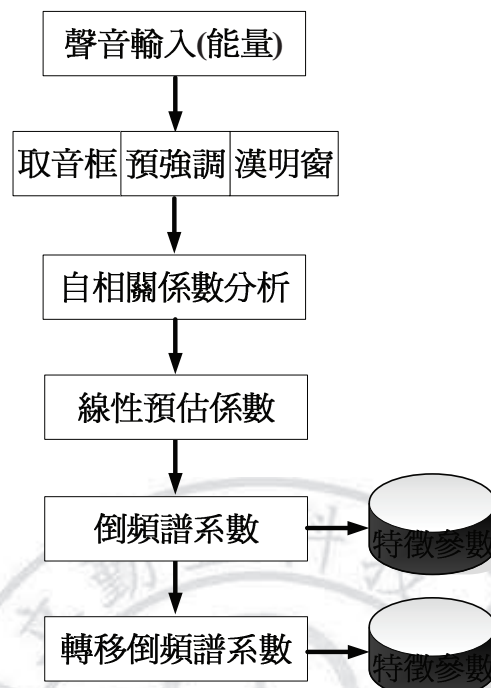


圖3.1 語音特徵參數擷取流程圖

3.1.1 能量 (Energy)

由於量化後的聲音資料，包含實際聲音訊號與雜訊及靜音部份，為了強調聲音的特徵向量以及提高最後辨識的正確率，必須將所要處理的語音，部份擷取下來。能量量測的觀念是考慮一整個音框能量總和平均值，靜音部份的能量平均值一定比有聲部份低，常用來判斷聲音的起始及結束，其定義如下：

$$E_n(n) = \sum_{m=0}^{N-1} S^2(n+m) \quad (3.1.1)$$

上式中， N 為取樣點個數， n 為此段語音之起始點，可用來計算一個音框大小的能量值，作為有效語音的端點偵測之用。

3.1.2 取音框 (Taking frames)

以 240 個取樣點為一音框長度，為避免兩相鄰的特徵音框變化過大，因此我們在兩相鄰音框之間取重疊區域(Overlap area) 80 個取樣點，便可避免音框間的變化太過劇烈（如圖 3.2）。

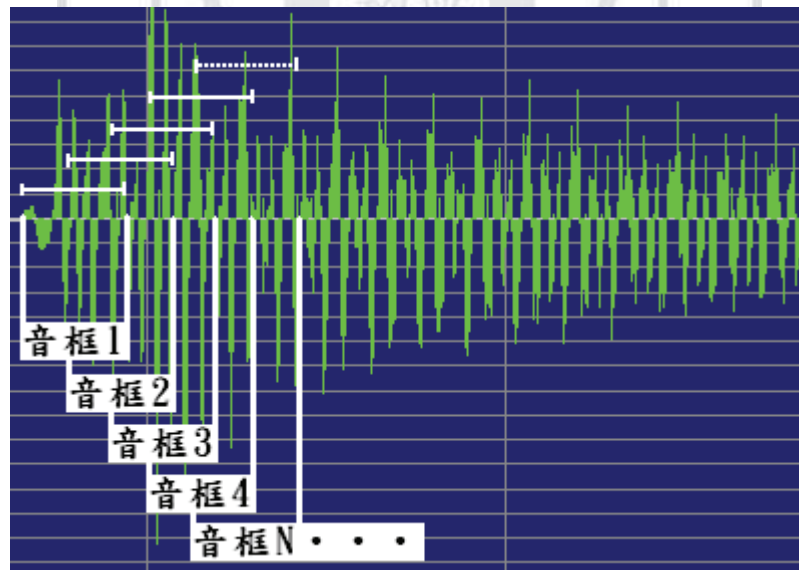


圖3.2 音框擷取示意圖

3.1.3 預強調 (Pre-emphasis)

由於語音從嘴唇發出後會有高頻的損失，因此我們把每一個音框內的語音訊號通過一個高通濾波器來做預強調處理：

$$\begin{aligned} s(0) &= x(0) \\ s(n) &= s(n) - \alpha \cdot s(n-1) \end{aligned} \quad (3.1.2)$$

$s(n)$ ：聲音訊號經過預強調處理的值， $0.9 \leq \alpha \leq 1$

3.1.4 漢明窗 (Hamming window)

為了減少訊號的不連續、聽起來像是聲音中斷或是額外聲響的現象，我們採用「漢明窗」使聲音訊號緩慢減小，降低在邊界上的不連續現象。假設音框的訊號為 $S(n)$, $n = 0, \dots, N-1$ ，那麼乘上漢明窗後為 $S'(n) = S(n) * W(n)$ ，此 $W(n)$ 形式如下：

$$W(n) = \begin{cases} 0.54 - 0.46 * \cos\left(\frac{2n\pi}{N-1}\right), & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.1.3)$$

3.1.5 自相關係數 (Autocorrelation coefficients)

自相關係數表示在一段時間內，訊號之間的相關性，用於偵測語音訊號的週期，也可求得聲音的基頻參數，將語音訊號乘上漢明窗後，計算其自相關函數，公式如下：

$$r(n) = \sum_{n=0}^{N-1} S(n)S(n+m), \quad 0 \leq n \leq N-1, \quad 0 \leq m \leq P. \quad (3.1.4)$$

P 值我們通常稱做階度(Order)，一般採用的值範圍在 8 至 16 之間，自相關函數的值即代表第一個音框的能量(Energy)。

3.1.6 線性預估係數 (Linear Predict Coding, LPC)

線性預估係數(LPC)的基本原理是假設目前語音的取樣值可以由前面 P 的取樣值線性組合來預測，將實際的取樣值和預測的誤差值降到最小。其原理是要取得時間 n 時的聲音樣本值，則由先前 $n-1, n-2, n-3, \dots, n-P$ 這一串先前時間的樣本值，做線性組合所算出來的，即目前聲音的樣本值可由前面幾秒的樣本值做線性組合預估得到，定義如下：

$$\tilde{s}(n) = \sum_{i=1}^p a_i S(n-i) + e(n) \quad (3.1.5)$$

其中 $\tilde{s}(n)$ 即為由前面 P 個樣本值做線性組合預估求出的聲音預估訊號， a_i 為線性預估係數，一組合的係數 $a_i, i=1,2,3,\dots, P$ ， $S(n-i)$ 為原始語音訊號乘上漢明窗， $e(n)$ 為預估誤差。預估誤差是我們以線性預估組合所求得的預估訊號與實際原始聲音訊號之間的誤差，由

(3.1.6) 式可推得預估誤差公式如下：

$$e(n) = S(n) - \sum_{i=1}^p a_i * S(n-i) \quad (3.1.6)$$

為了要使此誤差的能量和最小化，我們希望找到音框內最佳的一組線性預估係數 a_i ，用下列公式的值可為最小化[2]：

$$E = \sum_{n=0}^{N-1} \left[S(n) - \sum_{i=1}^p a_i * S(n-i) \right]^2 \quad (3.1.7)$$

要使 (3.1.7) 式的值為最小，我們將 E 對每一個線性預估係數 a_i 作偏微分，並將偏微分後的結果設為 0，再以 (3.1.8) 式解出 a_i 的值。

$$\frac{\partial E}{\partial a_i} = 2 * \sum_{n=0}^{N-1} \left[S(n) - \sum_{i=1}^P a_i * S(n-i) \right] * [-S(n-k)] = 0 \quad (3.1.8)$$

經由移項整理後，可得到下式：

$$\sum_{n=0}^{N-1} S(n) * S(n-k) = \sum_{i=0}^P a_i * \left[\sum_{n=1}^{N-1} S(n-k) * S(n-i) \right], 1 \leq k \leq P \quad (3.1.9)$$

將 (3.1.9) 式展開寫成矩陣公式，可表示為：

$$\begin{bmatrix} r_x(0) & r_x(1) & \cdots & r_x(P-1) \\ r_x(1) & r_x(0) & \cdots & r_x(P-2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_x(P-1) & r_x(P-2) & \cdots & r_x(0) \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} a(1) \\ a(2) \\ \vdots \\ a(P) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_x(1) \\ r_x(2) \\ \vdots \\ r_x(P) \end{bmatrix} \quad (3.1.10)$$

或表示成：

$$R_x = \begin{bmatrix} ar_x(0) & ar_x(1) & \cdots & ar_x(P-1) \\ ar_x(1) & ar_x(0) & \cdots & ar_x(P-2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ ar_x(P-1) & ar_x(P-2) & \cdots & ar_x(0) \end{bmatrix} \quad (3.1.11)$$

在 (3.1.11) 式中， \mathbf{a} 代表線性預估係數 a_i 的向量， $r(n)$ 是一組自相關函數， \mathbf{R}_x 稱為自相關函數矩陣 (Autocorrelation Function Matrix)，自相關函數是一個可以反向的對稱矩陣，需要計算出一組線性預估係數 a_i ，其可滿足 $e(n)$ 預估誤差的正交原理，因此我們使用「L-D 遞迴演算法」(Levinson-Durbin recursion) 來求出 a_i 的最佳解。

3.1.7 L-D 遞迴演算法 (Levinson-Durbin recursion)

L-D 遞迴演算法是在1960年由Durbin所提出的一個有效的演算法，基本概念就是用遞迴演算法讓全極點模式的階數不斷增加，也就是將自相關函數矩陣的階數遞增，最後求出一組線性預估係數[29]，以下為其演算法：

(1). 設定起始值：

$$m = 1, E^{(0)} = r(0), e_0^f(n) = S(n), e_0^b(n) = S(n) \quad (3.1.12)$$

(2). 遞迴演算：

a)

$$k_m = \frac{2 * \sum_{n=0}^{N_m-1} e_{m-1}^f(n) * e_{m-1}^b(n-1)}{\sum_{n=0}^{N_m-1} [(e_{m-1}^f(n))^2 + (e_{m-1}^b(n-1))^2]} \quad (3.1.13)$$

b) $r_m(m) = k_m$ (3.1.14)

c) $r_m(i) = r_{m-1}(i) - k_m * r_{m-1}(m-i)$ (3.1.15)

d) $E^{(m)} = E^{(m-1)} [1 - (k_{m-1})^2]$ (3.1.16)

e) $e_m^f(n) = e_{m-1}^f(n) - k_m * e_{m-1}^b(n-1)$ (3.1.17)

f) $e_m^b(n) = e_{m-1}^b(n-1) - k_m * e_{m-1}^f(n)$ (3.1.18)

g) 若 $m < P$, $m = m + 1$, 重複步驟 a)到步驟 g) , 直到 $m = P$ 跳至下式3。

(3). 輸出結果： $r(i) = r_p(i), 1 \leq i \leq P$ (3.1.19)

重複 (3.1.13) 到 (3.1.18) 的遞迴動作，可得 $r(i)$ 為第 P 階之線性預估係數。

3.1.8 倒頻譜係數 (Cepstrum coefficients)

倒頻譜係數主要用在表示聲音信號中頻譜的波峰及細部變化的特徵值，比 LPC 係數更能表現出語音信號的特性，因此更適合拿來做語音辨識的特徵參數；在倒頻譜係數的計算上，可以經由 LPC 係數以下列方式求得：

$$Cep(0) = -\alpha(0) \quad (3.1.20)$$

第一個倒頻譜係數等於第一個 LPC 係數，至於其它的倒頻譜係數則由下式求得：

$$Cep_n = \begin{cases} \alpha(n) + \sum_{m=1}^{n-1} \left(1 - \frac{m}{n}\right) \cdot \alpha_m \cdot Cep_{n-m} & (1 \leq n \leq P) \\ \sum_{m=1}^p \left(1 - \frac{m}{n}\right) \cdot \alpha_n \cdot c_{n-m} & (n \geq P) \end{cases} \quad (3.1.21)$$

其中 $\alpha(n)$ 為線性預估係數， P 為線性預估係數的個數， Cep_n 為要求的倒頻譜係數。

3.2 隱藏式馬可夫模型 (Hidden Markov Model, HMM)

語音辨識模型有許多種，常見的如隱藏式馬可夫模型(HMM)[30]、動態時間比對(Dynamic Time Warping) [31]及類神經網路(Artificial Neural Network) [32]等方法。在發音的過程中，因為嘴唇的形狀及發聲的器官不斷改變，每一個音框的特徵參數向量也隨之改變，但在短時間內，對同一個發音符號來說的變化是極為相似。因此利用具有統計特性的隱藏式馬可夫模型，能夠有效地模擬出發音過程中聲道的改變 [33]。

馬可夫鏈(Markov Chains)的基本理論早在 1920 年代就為數學家熟知，然而直到波氏(Baum)提出將馬可夫模型之參數最佳化的方法後，才將它運用在語音辨識上，而且相當的成功。HMM 是一種以機率統計的方法來做辨識的模型，計算從模型產生的機率大小，針對每一欲辨識的發音訓練出各自的隱藏式馬可夫模型 λ ：

$$\lambda = \{\pi, A, B\} \quad (3.2.1)$$

其中包含了初始狀態的機率值 π 、狀態轉移機率矩陣 A 和觀測結果機率矩陣 B，所以若有 N 個發音資料則建立出 N 個隱藏式馬可夫模型 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ ，這些模型即為我們拿來作為辨識的標準。

將每個音框的特徵參數視為一個符號(symbol)，一段發音必然含有一個以上的音框，因此可被視為一連串符號的集合。在 HMM 中，使用了雙重隨機程序(Doubly Stochastic Process)，一個是狀態轉移機率(State Transition Probability)，另一個是狀態觀測機率(State Observation Probability)，可以解決符號與符號之間的連接方式和符號本身所代表之聲音訊號的產生方式。

本次實驗中對每個音框求取10個倒頻譜係數及10個轉移倒頻譜係數為一組特徵向量 x_j ，將每個發音取3個狀態的HMM，將一個發音之所有音框依序平均分為3組 (j_1, j_2, j_3) 即為3個初始狀態 (S_1, S_2, S_3) ，如表3-1為其中一組狀態內有 j 個音框及每個音框有 i 個特徵向量以 C_{ij} 示，接著使用HMM分別計算出各組狀態之期望值矩陣 μ_T (3.2.2) 與變異數矩陣 R_T (3.2.3)。

表 3-1 其中一個狀態內的倒頻譜係數

Frame	1	2	3	4		J
Cepstrum coefficients	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	...	C_{1j}
	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}		C_{2j}
	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}		C_{3j}
	:					:
	C_{i1}	C_{i2}	C_{i3}	C_{i4}		C_{ij}

$$\mu_1 = (C_{11} + C_{12} + C_{13} + \dots + C_{1j}) / j \quad \dots$$

$$\mu_i = (C_{i1} + C_{i2} + C_{i3} + \dots + C_{ij}) / j \quad (3.2.2)$$

$$R_1 = (C_{11}^2 + C_{12}^2 + C_{13}^2 + \dots + C_{1j}^2) / j - \mu_1^2 \quad \dots$$

$$R_i = (C_{i1}^2 + C_{i2}^2 + C_{i3}^2 + \dots + C_{ij}^2) / j - \mu_i^2 \quad (3.2.3)$$

例如表3-2中，假設狀態I 中，有 a,b,c,d,e 五個音框各20組特徵值為一組特徵向量 \mathcal{X}_j ，從第一組特徵值 a1,b1,c1,d1,e1 至最後一組特徵值 a20,b20,c20,d20,e20 依序求出各組 μ_T 與 R_T ，最後可得狀態I, II, III 之期望值矩陣與變異數矩陣。

表 3-2 以特徵向量求取期望值矩陣與變異數矩陣

	狀態 I	狀態 II	狀態 III
音框(i)	a b c d e	x x x x x	x x x x x
特徵向量 ($j=20$)	a1 b1 c1 d1 e1		
	$\mu_T : R_T$		
	:		
	a20 b20 c20 d20 e20		

接著將欲訓練或辨識特徵值帶入公式 (3.2.4) 多變數高斯機率函數 Gaussian mixture model, GMM [34,35]，分別傳入各狀態中 μ_T 與 R_T ，可求得每個音框所對應的狀態機率函數初始值（如表3-3）。

$$G(x_J) = (2\pi)^{-\frac{N}{2}} |R_T|^{-\frac{1}{2}} \exp[-\frac{1}{2}(x_J - \mu_T)^T R_T^{-1}(x_J - \mu_T)] \quad (3.2.4)$$

表 3-3 所有音框對應的狀態機率函數初始值

Frame	1	2	3	...	J
State ₁ (j ₁)	G(x ₁)	G(x ₂)	G(x ₃)		G(x _j)
State ₂ (j ₂)	G(x ₁)	G(x ₂)	G(x ₃)		G(x _j)
State ₃ (j ₃)	G(x ₁)	G(x ₂)	G(x ₃)		G(x _j)

由於不同符號發音的GMM也不相同，所以各個符號之發音只有套用在同樣的發音GMM模型時機率才會最大；在HMM中狀態數越多，資料量相對較大，計算時間較長，所以在本次注音符號辨識實驗裡，聲音長度約為1秒內，使用3個狀態即可達到系統功能要求。

3.3 Viterbi 演算法

在已知 HMM 模型 λ 中，如何決定狀態觀測機率(State Observation Probability)的狀態轉移機率(State Transition Probability)呢？可以使用 Viterbi 演算法[36,37]，其主要目的是為求出一組與輸入聲音最為相近的模型組合，也就是狀態序列只考慮前一級最佳狀態並沿途記錄累積路徑最大可能加權值，建立識別模型樣本。Viterbi 搜尋演算法分為四個步驟，首先分別列出幾個使用到的變數：

$\delta_t(i)$ 為時刻 t 停留在狀態 i 的機率

$\Psi_t(i)$ 為時刻 t 停留在狀態 i 的機率

P^* 為演算法最後的機率結果

S^* 為搜尋後的最佳狀態序列

可分為四個步驟：

Step 1. 初始 (Initialization)

$$\begin{cases} \delta_1(i) = \pi_i b_i(C_i) \\ \psi_1(i) = 0 \end{cases}, 1 \leq i \leq N \quad (3.3.1)$$

Step 2. 遞迴 (Recursion)

$$\begin{cases} \delta_t(j) = \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_{t-1}(i) \cdot b_{ij}] \cdot b_j(C_t) \\ \psi_t(j) = \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_{t-1}(i) a_{ij}] \end{cases}, 2 \leq t \leq T, 1 \leq j \leq N$$

(3.3.2)

Step 3. 結束 (Termination)

$$\begin{cases} P^* = \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_T(i)] \\ S^* = \max_{1 \leq i \leq n} [\delta_T(i)] \end{cases}$$

(3.3.3)

Step 4. 回溯路徑 (Path Backtracking)

$$S_t^* = \psi_{t+1}(S_{t+1}^*), t = T-1, T-2, \dots, 1$$

(3.3.4)

$\delta_t(i)$ 為時間 t 停留在狀態 I 的機率， $\psi_t(i)$ 為記錄前一個最佳狀態，回溯最佳路徑時須參考此參數， P^* 即 Viterbi 演算法機率結果（如圖 3.3）， S^* 為儲存往前回溯之最佳路徑。

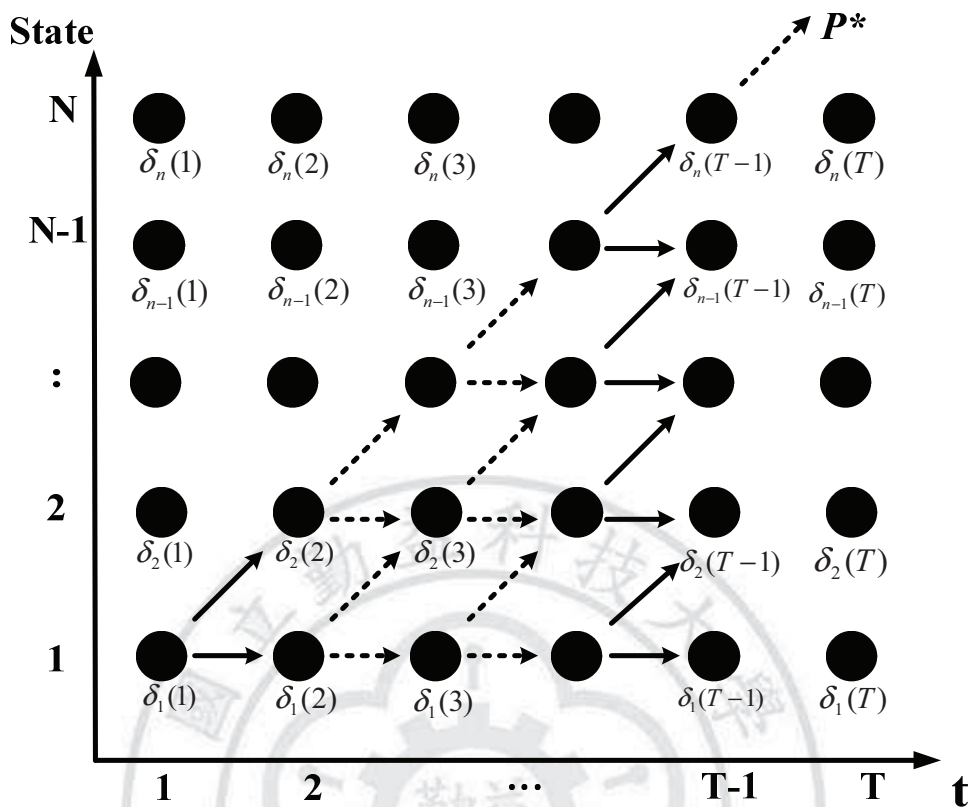


圖 3.3 Viterbi 演算法找出最佳狀態序列

3.4 訓練方法

根據前小節 3.1 和 3.2 節介紹，將詳細的訓練流程圖繪於下方：

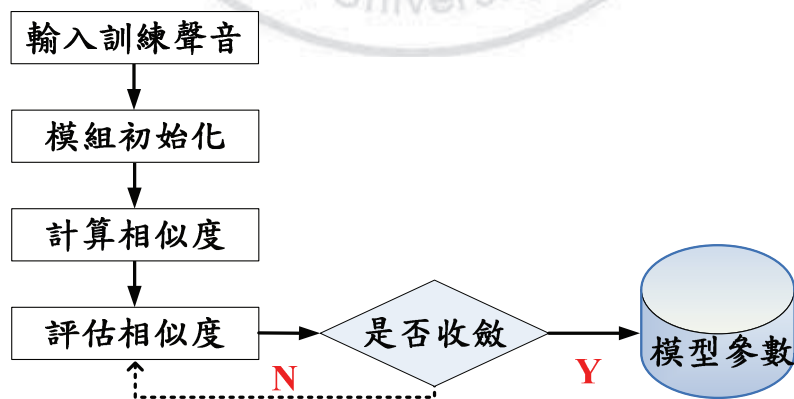


圖3.4 訓練流程圖

訓練的演算法如下[38]：

(1). 輸入訓練聲音

使用錄音功能將錄下的聲音樣本輸入訓練系統，把每個音框 (Frame) 的參數求出。

(2). 模組初始化

將訓練語句均分為 S 個部份， S 為訓練模組的總狀態(State)個數，分別丟入每個狀態中算出期望值矩陣 μ_T 與變異數矩陣 R_T ，當做狀態機率函數的初始值。

(3). 計算相似度

利用 Viterbi 演算法求得觀測序列對應於狀態的相似度，找出最佳的狀態序列，再經由狀態路徑回溯重新決定聲音觀測序列的狀態序列，利用新的狀態序列計算模組的加權值。

(4). 重新評估

利用重新計算過的模組加權值評估模組是否收斂，觀察新的相似機率值是否小於舊的相似機率值，如果不成立則重新回到步驟 3 重新

計算模組的參數到收斂為止。

(5). 建立樣本模組

最後把收斂的模組參數記下來，作為未來辨識用的樣本模組。

3.5 辨識方法

當使用者錄下欲辨識之注音的發音訊號後，必須經過一些前處理來得到我們需要的特徵參數，方法如 3.1 節所敘述，接著將特徵參數以每個音框的方式輸入，並進行相似度的評估，流程圖如圖 3.5 所示，步驟如下：

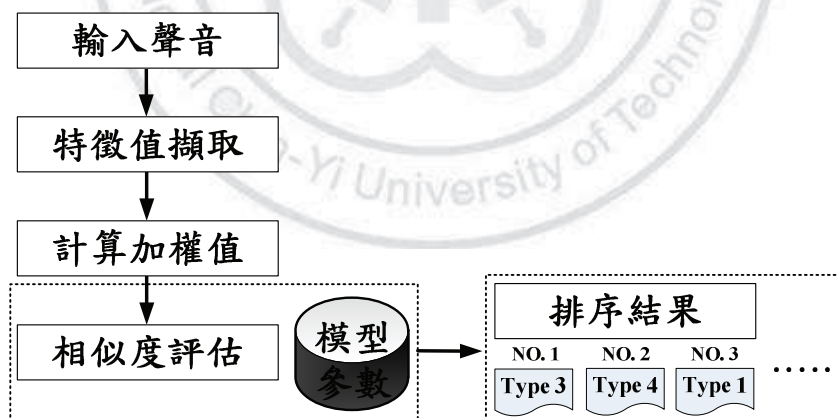


圖 3.5 辨識流程圖

(1). 輸入聲音

先求出每個音框特徵參數，帶入公式 (3.2.4) 多變數高斯機率函數計算所有音框對應狀態的機率值。

(2). 計算加權值

根據時間順序由前往後的觀念，利用Viterbi演算法分別求得對所有的模組的相似度，統計每個音框對每個狀態的累加機率值，重複計算至所有的音框。

(3). 相似度評估

最後根據加權值來比較大小，排序後選擇出樣本加權值與樣本加權值差異，比較將差異最小的樣本模組作為辨識後的結果。

第四章 注音教學與辨識系統

本研究製作此系統主要目的是希望輔助注音符號發音學習者，利用多媒體影音的特性將學習發音過程更活潑生動，加深學習者的印象，透過本系統可在課堂中輔助教師授課，或自己在家中裡做注音符號發音學習，並可及時辨識做發音修正及驗證。

4.1 實驗設備

在實驗設備上只需要採用一套個人電腦(含音效卡)及聲音輸入、輸出裝置(如:麥克風、喇叭),系統介面主要是用 Microsoft Visual Basic 6 撰寫完成,影音編輯軟體為 Ulead VideoStudio™ 9 免費試用版。實驗設備都盡量採用平價化之產品,一般家庭所使用的個人電腦即可,以降低學習上所需的成本,麥克風的品質上並沒有要求採用高級之設聲音輸入裝置,在電腦性能上也沒有特別的要求,實驗設備及規格如下所示。

(1). 硬體設備：

電腦：HP wx4400 Workstation

CPU：Intel Core2 Duo E6600, 2400MHz

RAM：2G / DDR-2 667 MHz

顯示卡：NVIDIA Quadro FX370

螢幕：HP L1706

其它：喇叭、麥克風、滑鼠、鍵盤

(2). 軟體設備：

作業系統：Microsoft Windows XP

應用程式：Microsoft Visual Basic 6、Ulead VideoStudio™ 9 試用版

系統須求[39]：

- Microsoft Windows 98 SE、2000、ME、XP
- Intel Pentium III 800 MHz 或以上
- 256MB RAM (編輯需要 512MB 以上)
- 1.2GB 以上可用空間，以進程式安裝
- Windows 相容顯示器，至少具備 1024x768 解析度
- VGA 顯示卡設定：建議 24 位元全彩或以上
- Windows 的相容音效卡

4.2 系統建置

本系統架構主要區分為教學、練習、辨識三部分，架構圖如圖 4.1 所示，完成分類後首先由示範者或老師來建立正確發音分解唇形圖，配合文字說明與舌頭位置圖，接著分別錄製發音，再將圖片與聲音製成多媒體 AVI 檔案格式之示範影片。操作時首先依介面上選擇欲學習之注音符號瀏覽相關說明及示範，反覆觀看與練習後，接著使用錄音功能記錄下理想之發音，經由系統擷取聲音特徵，進入注音辨識驗收學習成果。以下將分二小節分別介紹注音教學及辨識系統。

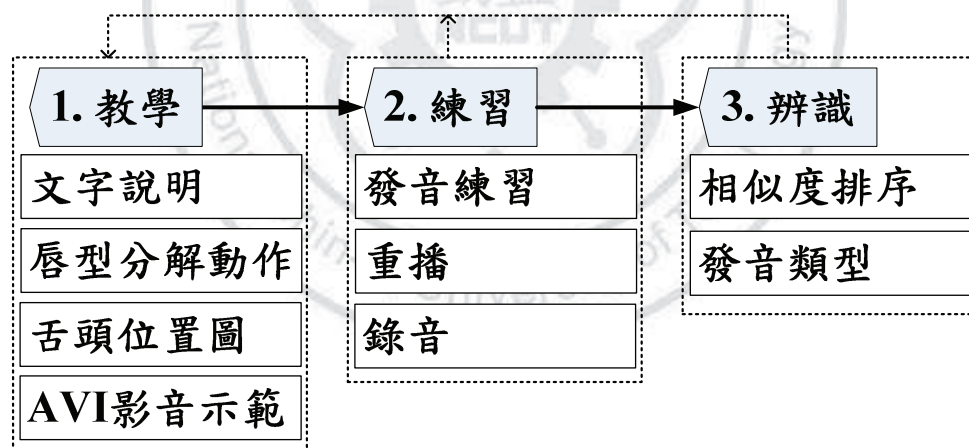


圖 4.1 系統架構圖

4.2.1 注音教學系統

在中文注音符號學習裡，通常以聲母發音開始練習，因此本系統目前以注音符號聲母 21 個符號為主要學習目標，依發音方式分類後，在系統操作介面上建置點選單如圖 4.2。操作方式簡單，只須針對欲學習之發音點選相關符號，系統會隨著不同發音方式與符號切換相關說明（如圖 4.3 a,b,c），再按下「示範教學」鈕，系統即展示影音教學（如圖 4.3 d）。

Step1. 發音部位	相關符號
1. 雙唇音 =>	<input type="radio"/> ㄅ <input type="radio"/> ㄆ <input checked="" type="radio"/> ㄇ
2. 唇齒音 =>	<input type="radio"/> ㄆ
3. 齒齶音 =>	<input type="radio"/> ㄆ <input type="radio"/> ㄑ <input type="radio"/> ㄒ <input type="radio"/> ㄓ
4. 軟顎音 =>	<input type="radio"/> ㄍ <input type="radio"/> ㄎ <input type="radio"/> ㄏ
5. 硬顎音 =>	<input type="radio"/> ㄐ <input type="radio"/> ㄑ <input type="radio"/> ㄒ
6. 捲舌音 =>	<input type="radio"/> ㄐ <input type="radio"/> ㄑ <input type="radio"/> ㄒ <input type="radio"/> ㄓ
7. 舌齒音 =>	<input type="radio"/> ㄆ <input type="radio"/> ㄑ <input type="radio"/> ㄒ

示範教學

圖 4.2 系統操作介面

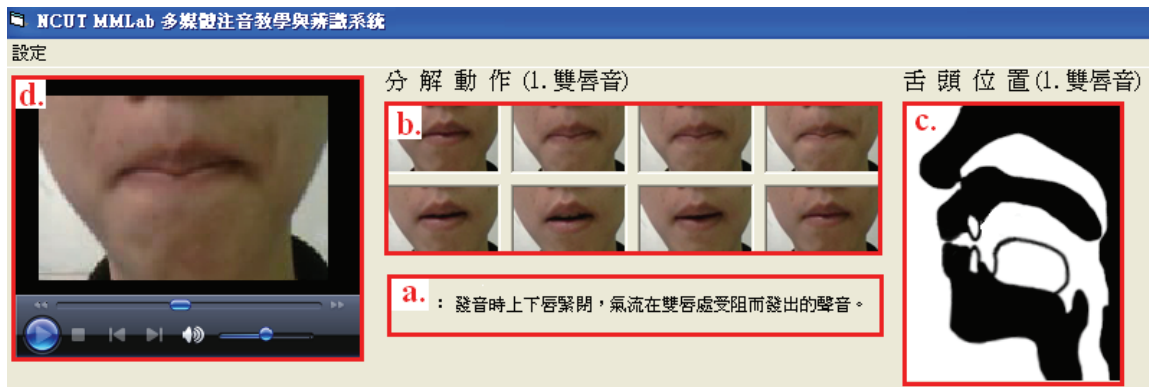


圖 4.3 系統教學介面

在圖 4.3 中：a) 區顯示文字說明該符號發音部位及方法，b) 區為唇形分解動作圖，c) 部分為發聲器官剖面圖說明舌頭位置，d) 區為多媒體影音教學示範教學。

4.2.2 注音辨識系統

當使用者了解發音唇型及方式時，經過反覆練習熟悉後，可使用系統中錄音功能錄下聲音。有效的聲音資訊取樣率至少要在8k Hz以上 [27]，因此我們設定取樣頻率 8k Hz、16bit的取樣品質以擷取使用者的發音，我們使用waveFormATEX的結構變數來設定這些規格，設定參數給開啟擷取裝置的函式waveInOpen()使用，waveFormATEX的參數設定如下：

```
waveFormATEX wfatx; //宣告變數

wfatx.wFormatTag = WAVE_FORMAT_PCM; //設定為PCM格式

wfatx.nChannels = 1; //單聲道

wfatx.nSamplesPerSec = 8000; //取樣頻率

wfatx.nAvgBytesPerSec = 8000; //平均每需要多少位元組

wfatx.nBlockAlign = 1; //Block數

wfatx.wBitsPerSample = 16; //用多少位元來儲存
```

以下將以作者「ㄅ」音為注音辨識初始訓練做說明。利用 HMM 做為注音辨識的主體構架，當發出ㄅ音時，長度約為 1 秒內，經過聲特徵處理如 3.1 節所述後，約有 104 個音框(Frame)，扣除聲音標頭檔後有 102 個音框。利用 HMM 取 3 個狀態(State)，每個狀態有 34 個音框，分別計算 μ_T 如公式 (3.2.2) 與 R_T 如公式 (3.2.3)，結果如表 4-1，再代入公式 (3.2.4) 建立每個音框所對應的狀態機率函數初始值 (如表 4-2)，之後利用 Viterbi 演算法計算前一級最佳狀態並沿途記錄累積路徑最大可能加權值。

使用 Viterbi 演算法之前，依時間不可逆觀念先定義：

- (1). 第一個音框必定屬於在狀態 1，最後一個音框必定會在狀態 N。
- (2). 狀態必須按時間順序先後排列，如(Sate1,Frame1)可能路徑只有
(Sate1,Frame2), (Sate2,Frame2)。
- (3). 路徑不可回溯（不能往回走）。

首先由(Sate1,Frame1)開始，擇選可能路徑(Sate1,Frame1)+(Sate1,Frame2)或 (Sate2,Frame1)+ (Sate2,Frame2)較高加權值擇一，同時(Sate3,Frame1)和 (Sate3,Frame2)也累加為下一個狀態路徑選擇做準備，當累加到 Frame 44 時(如表 4-3)，我們發現(Sate2,Frame44)大於(Sate1,Frame43)，狀態路徑即轉移到 State 2，同理在 Frame 71 時轉移到 State 3，最後記錄每次經過的位置，將機率函數初始值加總可得到一組最大加權值做為排序的依據。本次實驗中其餘注音符號聲母 20 音之音框對應狀態的初始機率函數記錄於附錄一。

表 4-1 各組狀態內的特徵參數平均值與變異數 (作者勺音)

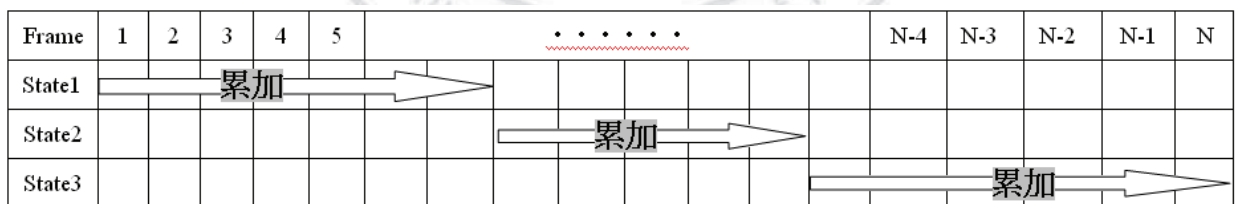
State1 (Frame 1-34)		State2 (Frame 35-68)		State3 (Frame69-102)	
μ	R	μ	R	μ	R
-0.617910	0.023219	-0.318870	0.088171	-0.598940	0.066955
-0.230700	0.015425	-0.072300	0.052768	-0.206090	0.027774
-0.098525	0.012334	0.057351	0.043347	-0.082650	0.016626
-0.065716	0.024438	0.022514	0.020302	-0.024900	0.011957
-0.085570	0.009173	-0.015660	0.019818	0.005046	0.010954
-0.035672	0.007895	0.012294	0.029801	-0.011220	0.011167
-0.015295	0.008039	0.029907	0.031047	0.021097	0.012978
-0.047580	0.006761	0.019870	0.014203	0.070458	0.011575
0.004138	0.007964	0.026001	0.007681	0.044684	0.007136
0.050038	0.007641	0.049831	0.007879	0.033550	0.005596
0.003600	0.001528	-0.002050	0.011378	-0.005850	0.006114
-0.002378	0.001538	0.014205	0.005627	-0.009620	0.002142
-0.003531	0.001876	0.012897	0.004493	-0.005800	0.001056
-0.001675	0.004207	0.003796	0.002282	-0.001260	0.000794
-0.005316	0.001117	0.004200	0.002449	-0.002010	0.001283
-0.003450	0.000966	0.004045	0.001682	0.001370	0.001176
-0.004726	0.001507	0.009506	0.002454	-0.006410	0.001578
-0.002695	0.001208	0.003564	0.003192	-0.003740	0.001125
-0.002749	0.001679	0.004705	0.001236	-0.000960	0.000676
0.003135	0.000477	-0.000250	0.001075	-0.000960	0.000619

表 4-2 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者勺音, 3x102)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Value	29.643	42.786	49.942	47.521	45.047	39.507	35.982	38.952	43.092	49.053
	25.591	36.247	43.757	42.091	41.067	26.685	25.007	32.612	37.825	45.828
	32.74	32.556	39.553	39.318	39.463	35.912	36.395	38.872	42.328	44.3
音框	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	50.159	47.857	50.487	42.373	46.65	45.723	47.956	46.813	47.962	44.041
	44.464	45.513	47.639	44.7	44.536	46.433	41.863	40.279	43.674	40.823
	45.804	44.765	45.005	41.469	43.907	42.067	44.537	40.256	38.344	37.984
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Value	49.266	48.787	45.34	46.706	45.334	50.819	47.522	47.437	49.868	51.37
	45.726	45.761	46.917	45.637	39.375	45.052	42.57	46.278	45.141	44.321
	43.326	42.967	40.581	43.849	42.276	44.075	42.755	42.037	42.373	44.785
音框	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	52.381	51.659	48.735	44.178	48.615	47.031	48.668	46.42	41.724	41.918
	49.826	48.772	46.664	42.003	47.37	43.14	45.122	43.574	42.738	39.467
	44.075	44.997	44.028	40.447	44.197	43.212	43.319	39.092	37.819	37.918
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Value	29.128	11.032	11.84	23.888	30.633	35.291	38.453	35.232	32.119	27.973
	34.287	27.45	26.068	36.007	42.577	43.974	45.707	44.184	43.986	43.776
	28.702	22.278	18.126	28.472	33.852	34.472	38.534	38.372	36.876	34.655
音框	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	37.727	38.086	39.611	41.033	36.333	37.669	38.619	41.285	40.834	43.958
	47.543	46.562	49.748	49.617	48.565	47.61	47.689	49.332	48.847	49.008
	38.324	37.707	41.555	42.072	41.635	43.299	44.67	45.928	45.929	46.235
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Value	41.398	39.583	38.724	38.748	32.315	39.927	40.031	35.103	25.77	19.97
	48.378	47.797	43.79	45.243	39.382	40.916	38.768	36.122	23.878	20.556
	43.668	43.185	35.785	37.046	33.756	37.72	32.578	32.31	33.225	38.911

音框	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	0.54067	25.102	39.602	30.102	2.3178	-13.498	6.7916	26.227	17.64	16.226
	19.084	36.742	47.888	39.126	13.097	-1.2573	-8.9672	12.951	5.339	6.4106
	38.423	44.175	46.923	44.055	35.23	31.561	32.97	39.357	35.643	35.874
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Value	30.136	15.966	1.844	25.322	13.886	42.65	44.313	37.056	32.945	29.753
	23.3	5.8938	0.78936	26.598	15.079	37.386	43.408	39.077	34.09	29.734
	38.276	31.799	27.639	39.123	33.581	43.03	40.215	41.152	39.005	39.645
音框	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	38.646	36.4	48.178	47.883	52.629	49.435	49.477	50.581	45.826	45.889
	35.672	35.368	45.204	45.559	49.813	48.13	45.441	46.247	43.111	44.45
	41.383	39.139	39.9	42.785	45.653	43.4	43.791	44.976	42.896	40.84
音框	101	102								
Value	27.655	-6.0563								
	30.516	5.6514								
	32.737	21.452								

表 4-3 累積機率函數選擇路徑 (作者勺音)



Frame	1	2	...	43	44	...	70	71	...	101	102
State1	<u>29.64</u>	<u>72.42</u>	...	<u>1826.68</u>	1855.81	...	2803.25	2829.02	...	3766.51	3760.46
State2	25.59	61.83	...	1825.24	<u>1860.96</u>	...	<u>3039.61</u>	3063.49	...	3979.32	3984.98
State3	32.74	65.29	...	1823.69	1853.94	...	3035.80	<u>3072.84</u>	...	<u>4326.92</u>	<u>4348.37</u>

第五章 實驗結果

本系統在注音教學部分主要使用多媒體 AVI 檔案格式製作而成的教材，在注音辨識上使用隱藏式馬可夫模型作為辨識分類之依據。經由實際測試後可在 Microsoft Windows 各版執行，基本配備必須使用一組個人電腦（含音效卡）及聲音輸入、輸出裝置（麥克風、喇叭），學習範圍為中文注音聲母 21 音，歸納出七類方發音方式，操作時依步驟執行，使用者介面如圖 5.1 所示[40,41]。



圖 5.1 使用者介面

在圖 5.1 使用者介面中，上半部為教學區，包含了文字、圖片與多媒體影音示範；下半部為操作區，使用者可依系統介面指示，操作注音教學與辨識系統步驟為：

- Step 1. 依照發音部位類別點選欲學習之注音符號，瀏覽發音說明、分解動作與舌頭位置圖及多媒體示範教學。
- Step 2. 學習後按下錄音鍵記錄發音資訊。
- Step 3. 在辨識區按下開始鍵，辨識發音類別是否理想，或回到 Step 1. 重新學習。

操作時可反覆觀看示範教學與不同注音發音方式說明，熟習後可利用錄音功能記錄理想之發音，透過系統擷取學習者發音特徵參數，帶入由示範者或老師所建立之 HMM 模型，計算累積 GMM 後比較排序，最高位即為可能發音類別（如右圖 6）。

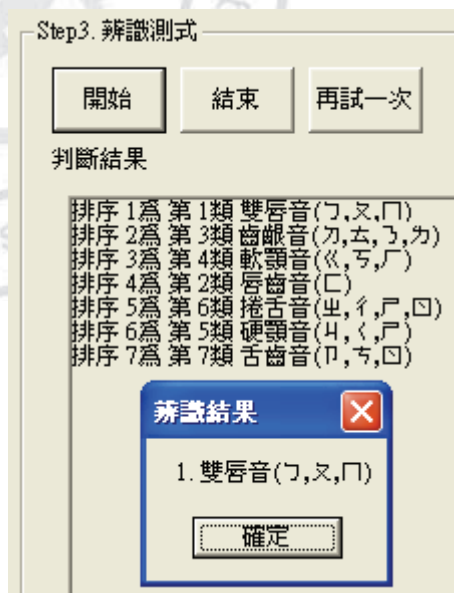


圖 5.2 聲母辨識結果模擬圖

在注音符號當中有些音是相似的，就是由於發音方式及嘴型較接近，因此在文獻探討中分為七類，以便製作多媒體影音教學教材；另一目的就是為了提高辨識率，將同類型發音方式分組後，在識別時可減少辨識產生誤判的機會。

下表 5-1 中為作者實際訓練中文注音聲母 21 音後的累積機率函數 (GMM) (詳細機率函數值記錄於附錄一)，可以觀察出部分發音方式相同之符號，累積機率函數較接近，如「ㄅ」和「ㄆ」、「ㄌ」和「ㄍ」、「ㄑ」和「ㄒ」；同時觀察到「ㄜ」(Type 3)「ㄝ」(Type 4)「ㄞ」(Type 7)在同類型中的累積機率函數有較大的落差，可能原因是由於發音縮短（講話變快）造成累積機率函數下降；其它也可能是因發音擷取訊號時容易受到外在環境雜訊之影響（如冷氣、風扇）和自身的不穩定的因素（如感冒、性別、年齡等），因此同一個音聽起來雖然相似，但其實人們每次發同一個音之特徵資訊都是變動的。

為了減少辨識時產生誤判的情形，我們將發音方式同類型之符號取平均加權值，藉由平均後可以找到一個平衡點來有效提升辨識率。接下來將對中文注音聲母 21 符號做發音辨識實驗。

表 5-1 累積機率函數及平均數

Type	Value				Average
1. Bilabial	ㄅ	ㄆ	ㄇ		4803.894
	4348.379	4739.717	5324.132		
2. Labio-dental	ㄆ				4871.444
	4871.444				
3. Alveolar	ㄉ	ㄊ	ㄋ	ㄌ	5102.791
	5386.501	4333.724	4766.259	5924.68	
4. Velar	ㄍ	ㄎ	ㄍ		5758.528
	5133.638	6113.098	6028.85		
5. Palatal	ㄑ	ㄒ	ㄓ		6022.597
	5873.153	5851.172	6343.467		
6. Retroflex	ㄗ	ㄘ	ㄙ	ㄔ	5198.228
	5336.783	5864.016	5074.474	4517.639	
7. Lingua-dental	ㄗ	ㄘ	ㄙ		5592.172
	4166.677	6181.797	6428.042		

本次實驗是以作者為訓練樣本，而發音辨識對像為國立勤益科技大學的 10 位男學生，年齡在 21~29 歲之間，發音時位於實驗室中所錄製採集，環境相當於一般室內房間（噪音低於 40 分貝），透過麥克風及音效卡，以每秒 8k Hz 的取樣頻率，對 10 位語者所發出的注音聲母 21 音，各辨別 10 次，辨識模型分別以二組實驗：

- (1). 注音聲母 21 音之 21 組模型
- (2). 注音聲母分類後之 7 組模型，辨識結果如下表 5-2 及表 5-3。

表 5-2 注音聲母辨識正確率(第一組)

	Type	Accuracy
1. Bilabial	(ㄅ、ㄆ、ㄇ)	60%
2. Labio-dental	(ㄆ)	55%
3. Alveolar	(ㄉ、ㄊ、ㄋ、ㄌ)	45%
4. Velar	(ㄍ、ㄎ、ㄑ)	60%
5. Palatal	(ㄐ、ㄑ、ㄒ)	65%
6. Retroflex	(ㄓ、ㄔ、ㄕ、ㄖ)	60%
7. Lingua-dental	(ㄗ、ㄘ、ㄙ)	60%

表 5-3 注音聲母辨識正確率(第二組)

	Type	Accuracy
1. Bilabial	(ㄅ、ㄆ、ㄇ)	90%
2. Labio-dental	(ㄆ)	85%
3. Alveolar	(ㄉ、ㄊ、ㄋ、ㄌ)	90%
4. Velar	(ㄍ、ㄎ、ㄑ)	80%
5. Palatal	(ㄐ、ㄑ、ㄒ)	90%
6. Retroflex	(ㄓ、ㄔ、ㄕ、ㄖ)	100%
7. Lingua-dental	(ㄗ、ㄘ、ㄙ)	95%

在第三章中曾提到由於不同符號發音的 GMM 也不相同，所以各個符號之發音只有套用在同樣的發音 GMM 模型時機率才會最大。如表 5-2 及表 5-3 為統計 10 位學生辨識正確率，可以發現表 5-3 以發音部位分類 7 組模型之辨識平均可達 90% 以上的正確率，成效優於表 5-2 以 21 音各別辨識的 60% 左右，進而提升系統中注音辨識功能上的可靠性，供學習者或老師做為參考或驗收成果之用。

第六章 結論與展望

本研究發展出一套適用於多媒體的注音教學輔助系統，將傳統的注音訓練學習加入多媒體技術，依發音方式分類後，可簡化學習過程並加深記憶，依類型配合唇型分解動作圖及舌頭位置圖說明，同時加入聲音合成為 AVI 檔案格式製成多媒體影音教學教材，在實際應用於注音教學時，教師可提供注音符號發音說明與各種圖片、影片導覽；學習者透過多媒體教材輔助注音發音訓練，並藉由系統中注音辨識功能判斷發音類別，讓學生更瞭解自己發音的情況，進而提昇發音準確度，可以逐步修正發音方式，驗收學習成效，建置一個理想的多媒體注音教學與辨識系統。

在注音辨識實驗中以發音部位為基準，將中文注音聲母 21 個符號分類為 7 組，固定 HMM 狀態數為 3 個，經實驗後可達到不錯的辨識效果；但由於發音很容易受到環境因素所影響，使辨識率無法提升到百分之百的原因。目前已建置的多媒體注音教學與辨識系統包含中文注音符號聲母 7 類 21 音，可在未來擴充不同發音及唇形類別之說明、圖片、影片等相關教學教材，讓學習範圍能更為寬廣。

目前在語音學習應用上目前已有許多成果；如 2007 年洪培元[42]

利用即時語音辨識技術，以倒傳遞類神經網路找出語音訊號鄰近距離的相關位置，用淺顯易懂的發音趨勢圖形，增加學習的意願，未來還可將相關技術應用在嵌入式系統或網際網路上[43]，更趨於完善普及。

今後的工作我們將與專業語言教師配合，建立各種注音符號的發音模型來提高辨識率，並加入網際網路連線功能，使學習者能夠獲得更充足的教材，在沒有時間、地點的限制下，延續建立起一套完的多媒體網際網路注音教學與辨識系統。



參考文獻

- [1] R. E. Mayer and R. Moreno, "A Split-Attention Effect in Multimedia Learning: Evidence for Dual Processing Systems in Working Memory", *Journal of Educational Psychology*, Vol. 90, No. 2, pp. 312-320, 1998.
- [2] S. Tindall-Ford, P. Chandler, and J. Sweller, "When two sensory modes are better than one", *Journal of Experimental Psychology: Applied*, Vol. 3, No. 4, pp. 257-287, 1997.
- [3] 翁嘉鴻，以認知負荷觀點探討聽覺媒體物件之媒體呈現方式對學習成效之影響，國立中央大學，2001。
- [4] 林宸生，數位信號-影像與語音處理，全華圖書股份有限公司，1999，台北。
- [5] R. E. Mayer, *Multimedia Learning*, New York: Cambridge University press, 2001.
- [6] 常又仁，注音符號教學新法:精緻化教學法教學活動設計，高雄復文圖書出版社，高雄，1998。
- [7] W. G. Harless, M. A. Zier, and R. C. Duncan, "Virtual dialogues with native speakers: the evaluation of an interactive multimedia method", *CALICO Journal*, Vol. 16, No. 3, pp. 313-337, 1999.
- [8] X. P. Zong, P. G. Wang, "Interaction on Multimedia Teaching", *Second International Conference on Education Technology and Training*, pp. 52-55, 2009.
- [9] L. Duan, X. Z. Song, "Analysis of Applying Multimedia for Teaching and Learning", *Fifth International Conference on Semantics, Knowledge and Grid*, Issue 12-14 pp. 464 - 466, Oct. 2009.
- [10] M. Uchimura, H. Suda, Y. Miida, "Web-based multimedia teaching materials for acoustic science", *International Conference on Computers in Education*, Vol. 2, Issue 3-6, pp. 1271-1275, Dec. 2002.
- [11] 吳瑞源、吳慧敏，動畫教材之學習者控制播放模式與多媒體組合形式對學習成效與學習時間影響之研究，師大學報：科學教育類，53(1)，1-26，2008。
- [12] X. H. Liu, Y. Wang and X. H. Du, "Study on Individualized Teaching Model based on Multimedia Technology", *IEEE International Symposium on Information Technologies and Applications in Education*, Issue 23-25, pp. 171-173, Nov. 2007.
- [13] Y. H. Wang, "Teaching and Learning Discrete-Event Applying of Simulation Technology's with WITNESS in Higher Education", *International Conference on Computer Science and Software Engineering*, Vol. 5, Issue 12-14, pp. 996-999,

Dec. 2008.

- [14] X. Z. Tian, "A Study on Advantages and Disadvantages of Multimedia Aided Instruction (MAI) in Linguistic Teaching", International Conference on Research Challenges in Computer Science, pp. 263-266, 2009.
- [15] 鍾露昇，國語語音學，語文出版社，台北，1966。
- [16] 羅肇錦，國語學，五南文化事業，台北，1992。
- [17] 羅秋昭，注音符號教學，僑務委員會中華函授學校出版，台北，2008。
- [18] McKinley O'Loughlin, "Human anatomy", McGraw-Hill, New York, 2008.
- [19] 吳光明，呼吸氣流對發音特徵與模型影響之研究，國立台灣科技大學，2005。
- [20] 教育部國語推行委員會，國語注音符號手冊，教育部，台北，2000。
- [21] H. K. Tabbers, R. L. Martens, and J. J. G. Van Merriënboer, "Multimedia instructions and cognitive load theory: Effects of modality and cuing", British Journal of Educational Psychology, Vol. 74, pp. 71-81, 2004.
- [22] J. Sweller, "Evolution of human cognitive architecture", The psychology of learning and motivation, pp. 215-266, San Diego, CA: Academic, 2003.
- [23] Robert Heinich, 李文瑞譯，教學媒體與學習科技，雙葉書廊出版社，2002。
- [24] 馬蘭、沈笑雲、萬棣，精通 Visual C++ 視訊/音訊編解碼技術，文魁資訊股份有限公司，2009。
- [25] 魯宏偉，孔華鋒，趙貽竹，斐曉黎，多媒體計算機原理與應用，清華大學出版社，北京，2006。
- [26] 王威、徐帆，會聲會影視頻編輯，清華大學出版社，北京，2006。
- [27] 王小川編著，語音訊號處理，全華圖書股份有限公司，台北，2009。
- [28] 謝秀琴，數位語音訊號基本原理，全華圖書股份有限公司，台北，1996。
- [29] B. Gold and N. Morgan, "Speech and Audio Signal Processing: Processing and Perception of Speech and Music", John Wiley & Sons, Inc, New York, 2000.
- [30] L. R. Rabiner and B. H. Juang, "An Introduction to the Hidden Markov Model", IEEE ASSP Magazine, pp. 4-16, Jan.1986.
- [31] L. R. Rabiner and C. E. Schmidt, "Application of Dynamic Time Warping to Connected Digital Recognition", IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 28, pp. 377-388, 1980.
- [32] 葉宜成，類神經網路模式應用與實作，儒林圖書公司，台北，2004。
- [33] L. R. Rabiner, "A tutorial on hidden markov models and selected application in speech recognition", Proceedings of the IEEE, Vol. 77, No. 2, Feb. 1989.
- [34] A. Ramalingam and S. Krishnan, "Gaussian Mixture Modeling of Short-Time

- Fourier Transform Features for Audio Fingerprinting”, IEEE Transactions on Information Forensics and Security, Vol. 1, Issue 4, pp. 457-463, 2006.
- [35] C. H. Wu, Y. H. Chiu, C. J. Shia, C. Y. Lin, "Automatic segmentation and identification of mixed-language speech using delta-BIC and LSA-based GMMs", IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing, Vol. 14 , Issue 1, pp. 266-276, 2006.
- [36] A.J. Viterbi, “A personal history of the Viterbi algorithm”, IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 23, Issue 4, pp. 120-142, Jul. 2006.
- [37] H. L. Lou, “Implementing the Viterbi algorithm”, IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 12, Issue 5, pp. 42-52, Sep. 1995.
- [38] 楊鎮光，快速演算法在大字彙關鍵詞萃取上的應用，國立中央大學，2001。
- [39] 科立爾數位科技(Corel Corporation)，<http://www.corel.com>。
- [40] 王加松、俞熹、于兵編著，Visual Basic 聖經，佳魁資訊股份有限公司，2009。
- [41] 楊鎮光，Visual Basic 與語音辨識-讓電腦聽話，松崗，2002。
- [42] 洪培元，聽障者圖示語音學習系統之研製，國立勤益科技大學，2007。
- [43] 林明輝，聽障生之線上華語發音輔助學習系統，國立勤益科技大學，2008。



附錄一

表 1 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者ㄉ音, 3x111)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	36.006	46.82	45.066	47.252	43.425	47.128	49.298	47.128	51.56	48.267	50.937	49.653	48.808	48.133	48.617	51.525	49.177	49.899	47.361	51.755
	37.054	40.344	39.304	42.01	40.759	41.612	42.333	39.865	41.867	40.877	43.155	42.844	42.142	41.798	43.843	44.656	42.148	43.055	39.439	43.327
	38.378	43.161	40.612	44.996	44.028	45.417	47.533	43.363	47.276	46.273	47.57	45.474	45.076	44.517	47.235	51.309	48.349	47.91	43.114	48.477
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	45.119	46.833	43.982	46.754	49.982	49.837	51.639	43.441	39.755	36.733	39.39	34.292	33.179	37.385	37.51	42.161	44.01	45.728	41.629	45.713
	39.388	41.831	39.152	40.01	43.383	40.66	43.634	40.529	37.03	33.632	37.92	34.498	33.74	32.485	33.611	39.238	40.416	42.466	38.991	42.052
	40.155	43.627	39.75	44.298	47.992	45.869	49.427	37.136	24.351	14.49	32.059	27.374	23.41	26.094	32.371	41.182	42.607	45.882	38.675	42.422
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	45.472	46.322	39.767	40.642	47.546	40.078	43.538	29.938	18.778	15.028	21.683	41.759	32.627	24.063	6.1832	6.4206	-15.826	-1.1169	34.938	35.806
	42.723	43.469	41.2	41.534	43.214	40.15	41.865	37.391	35.907	36.429	37.763	41.366	40.97	41.95	36.294	37.62	31.837	27.045	34.368	35.06
	43.729	46.15	41.888	42.14	45.841	41.267	40.29	27.695	28.426	33.331	31.248	40.515	39.872	34.673	23.35	28.226	20.599	11.979	29.671	30.359
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	18.623	24.084	31.77	27.456	27.373	27.81	3.8641	25.025	21.942	9.8526	-15.351	5.5139	-17.062	16.417	28.371	33.405	25.778	13.351	7.2431	6.0901
	36.454	37.018	38.605	38.493	39.456	40.23	33.835	37.917	36.595	34.001	29.968	36.037	30.739	39.503	39.497	41.577	38.109	34.655	37.329	38.535
	27.37	30.365	31.748	28.802	31.017	35.195	19.914	33.672	34.185	15.419	29.426	21.765	11.856	31.961	37.403	42.124	36.565	30.808	28.278	31.856
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	10.674	29.531	42.746	43.554	44.883	35.196	42.812	43.303	49.54	51.702	51.127	51.619	50.363	47.567	41.433	46.052	45.879	50.974	50.588	50.583
	38.651	41.15	43.597	44.112	43.932	38.163	39.992	37.893	42.429	44.197	42.698	42.924	42.054	40.429	38.252	41.888	41.088	43.389	43.143	44.576
	36.454	44.736	49.466	49.68	50.141	40.423	43.455	41.658	49.467	51.042	49.282	48.389	47.21	44.568	42.565	46.096	46.4	49.644	48.604	50.03
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111									
Value	47.047	47.479	41.058	47.603	47.538	45.807	48.731	50.212	50.499	29.995	-24.19									
	43.153	43.649	39.149	41.793	42.185	40.119	43.044	43.56	42.972	40.121	27.404									
	47.538	49.694	43.724	47.541	47.296	46.45	48.531	48.263	47.783	38.778	9.1389									

表 2 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者口音, 3x121)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	35.846	48.649	41.764	48.463	44.394	47.362	48.622	48.398	46.256	45.795	42.915	47.587	43.581	40.62	40.799	40.907	48.28	46.696	45.22	42.654
	29.343	45.674	36.866	45.469	44.392	48.195	46.867	45.708	43.802	44.497	42.176	45.665	42.929	36.405	35.409	31.033	46.56	45.243	41.647	35.868
	30.745	42.109	34.556	43.324	39.428	39.912	43.845	39.92	36.549	32.999	36.497	42.38	39.56	36.143	39.424	40.351	43.77	41.463	40.839	40.601
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	50.196	46.382	49.208	49.166	48.115	48.665	44.534	48.35	47.892	48.506	50.276	48.131	49.568	49.934	52.439	51.139	47.859	38.777	39.059	37.764
	47.767	43.123	45.802	48.273	45.217	45.603	42.003	43.579	44.517	46.785	47.1	46.646	46.741	49.989	49.688	47.297	38.575	33.561	40.514	43.55
	43.982	40.609	44.809	43.89	43.144	43.63	40.343	42.852	42.361	41.571	45.714	41.185	43.044	42.95	45.868	45.575	42.253	38.484	39.363	37.057
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	36.006	30.915	35.574	40.938	34.527	39.599	40.489	44.166	34.99	34.639	35.764	42.173	38.813	40.415	42.85	36.879	40.312	42.918	40.603	38.979
	44.774	39.87	43.933	43.832	45.198	46.637	44.887	49.002	42.488	45.043	45.737	47.806	47.016	46.404	48.376	44.906	46.903	46.26	43.505	42.744
	34.66	30.207	26.861	34.044	29.753	36.628	38.234	41.065	33.788	32.09	31.476	35.265	34.499	36.249	34.349	33.66	39.153	40.075	39.828	40.68
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	37.551	41.121	42.586	41.655	44.839	48.997	44.556	40.584	44.874	47.335	48.207	43.41	41.812	33.52	33.348	29.501	38.601	38.347	43.849	38.91
	45.896	49.733	51.873	49.705	50.959	50.872	51.074	48.633	43.045	40.99	45.973	44.178	43.148	38.592	40.593	33.476	37.369	38.358	40.457	29.484
	44.341	46.701	48.915	48.066	48.62	47.58	48.344	47.962	46.272	43.518	43.099	35.92	35.656	26.935	36.047	33.016	37.181	35.272	37.747	35.591
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	34.519	32.167	37.566	33.089	39.829	34.125	35.346	26.971	25.367	26.686	7.9822	18.062	22.888	-1.2905	5.4789	5.6468	15.564	32.359	14.623	-0.976
	18.914	23.87	39.459	39.939	49.734	44.539	42.446	30.465	16.551	20.85	6.5547	22.522	25.223	-3.0116	16.857	16.799	16.505	44.247	19.692	2.898
	41.821	43.525	47.92	47.747	49.5	48.543	46.923	43.696	38.573	38.511	32.304	34.9	37.189	29.548	37.951	37.798	37.082	45.242	37.691	34.691
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Value	9.3734	5.9864	18.945	34.317	49.303	46.242	45.282	41.452	41.911	45.125	48.985	44.354	49.016	45.944	47.727	45.231	41.302	36.322	34.551	34.668
	22.395	11.329	3.7482	24.709	47.399	44.722	41.016	37.078	38.586	44.329	46.7	42.309	46.631	42.933	45.949	40.957	38.221	34.223	34.745	12.511
	40.411	36.258	32.259	35.071	42.456	43.204	45.813	42.016	39.961	39.462	44.329	40.622	43.471	40.379	43.984	38.856	39.931	39.143	39.829	36.255
音框	121																			
Value	14.998																			
	-34.556																			
	28.042																			

表 3 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者ㄇ音, 3x111)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	45.418	40.428	42.383	44.586	39.374	44.181	45.707	47.624	50.475	48.635	52.15	51.276	47.668	48.565	45.4	47.816	42.319	49.281	48.285	49.813
	37.532	39.553	41.228	39.758	40.828	43.264	43.141	43.427	45.91	41.221	47.267	48.335	46.317	46.825	41.511	45.596	44.235	47.323	44.019	47.149
	41.752	41.591	32.966	31.991	23.037	32.279	33.483	36.188	41.045	36.085	38.076	34.384	33.971	43.977	38.896	35.83	42.888	44.109	35.456	35.799
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	42.806	47.769	44.144	41.571	44.869	46.98	41.688	47.315	47.76	48.708	45.435	47.839	42.262	44.97	46.655	45.395	44.605	44.881	45.281	31.563
	40.217	44.599	37.262	37.946	40.254	39.385	37.088	40.431	41.213	41.306	36.364	41.815	36.845	36.474	39.925	37.824	39.456	38.347	41.478	32.764
	34.098	43.742	35.177	29.475	36.45	36.001	29.996	32.277	28.339	35.987	33.827	33.124	27.521	31.187	36.549	31.602	32.046	28.935	31.942	24.176
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	31.041	32.351	27.571	31.57	31.88	26.46	34.245	44.451	37.817	37.476	32.302	32.342	41.286	40.801	40.66	39.212	41.719	38.698	37.357	30.041
	37.669	38.506	34.884	36.535	40.806	41.563	45.298	50.04	46.285	44.504	41.476	42.066	45.835	45.644	48.302	47.223	48.618	48.28	47.323	42.037
	35.49	21.901	15.773	13.933	16.906	17.679	25.969	35.833	33.42	30.147	25.207	21.084	23.887	27.127	28.891	28.537	30.313	27.847	25.218	19.262
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	37.346	39.489	41.054	41.724	45.513	47.102	47.184	47.599	47.142	43.328	31.839	29.918	8.6662	4.5475	14.749	21.388	18.764	27.522	43.575	44.635
	44.784	45.321	48.264	49.825	48.524	48.436	47.486	48.987	50.488	45.529	39.416	40.07	24.426	15.99	22.258	25.78	21.914	29.043	43.621	45.197
	25.17	24.139	30.969	38.793	46.643	48.226	48.233	48.073	42.947	45.109	31.548	31.558	20.413	34.852	41.63	47.068	44.969	46.551	51.031	51.724
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	36.057	43.775	37.898	21.046	20.82	35.902	42.037	43.592	28.627	12.999	-10.068	6.6395	-3.164	-15.612	-25.775	-23.168	16.76	31.412	-3.2587	-1.4735
	39.2	46.919	42.288	27.695	24.914	35.816	41.538	44.819	34.819	22.833	6.1979	18.104	14.478	5.3156	-11.942	-14.798	12.833	31.037	0.05256	4.1736
	50.441	48.882	48.37	45.523	46.792	48.044	48.887	51.443	47.068	44.164	37.611	42.06	35.428	34.107	33.383	36.067	39.366	43.994	34.904	39.069
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111									
Value	9.7085	25.926	31.123	43.154	48.127	44.35	45.803	46.585	46.649	28.714	-7.133									
	11.952	19.871	22.31	40.233	44.961	42.027	44.467	40.661	44.296	33.788	13.004									
	30.554	40.075	36.299	42.659	42.972	40.471	37.495	40.171	38.576	30.343	23.361									

表 4 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者幻音, 3x121)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	40.29	45.355	43.44	47.999	47.324	49.964	48.421	49.743	49.878	47.804	46.748	48.19	47.332	50.262	49.269	51.521	45.372	43.007	38.13	38.003
	32.055	39.152	39.419	44.918	44.034	44.929	46.286	48.26	45.921	45.026	46.983	45.489	46.972	49.51	46.607	49.527	45.854	38.337	32.402	34.103
	33.889	39.724	39.428	42.026	41.664	44.334	40.523	43.662	44.349	39.594	40.546	36.746	40.555	43.489	44.25	46.065	40.276	33.701	28.896	39.861
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	39.167	42.866	45.777	44.76	44.826	42.751	45.413	48.529	45.869	51.262	48.654	50.096	48.7	51.841	51.211	47.423	43.804	42.018	39.776	44.025
	33.31	35.564	42.84	41.998	44.465	41.797	42.514	43.948	43.66	50.83	48.946	49.146	47.763	48.953	48.981	46.163	40.055	40.428	39.127	40.649
	38.269	39.309	41.556	43.486	40.826	35.024	38.917	42.733	43.485	45.191	43.163	45.268	47.286	47.053	45.49	43.283	40.08	39.639	37.971	40.321
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	43.71	46.401	46.523	44.902	43.874	43.524	42.027	39.618	39.591	39.696	38.897	33.075	37.857	34.188	33.888	33.95	30.635	29.618	35.78	27.568
	42.249	43.4	46.267	46.965	45.762	46.161	46.381	43.432	44.869	46.167	43.586	41.831	44.959	43.709	43.195	45.224	44.377	43.673	45.949	43.802
	38.561	40.717	42.63	42.547	33.918	36.148	35.986	33.254	36.073	37.305	37.958	33.796	38.709	35.049	32.858	34.352	34.725	34.424	35.381	31.542
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	35.75	33.669	37.309	41.225	40.628	33.905	35.558	36.084	39.518	43.84	42.391	37.613	41.257	36.32	45.707	35.323	33.88	29.528	35.467	41.143
	46.182	42.672	46.407	45.171	45.949	45.384	47.274	46.5	46.513	48.258	45.801	38.878	43.046	38.844	47.84	40.699	38.206	29.521	34.225	38.233
	34.99	31.428	40.312	32.22	38.415	34.549	42.522	44.321	47.911	50.369	48.965	42.912	40.015	33.628	44.862	28.202	25.562	26.989	37.326	42.012
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	38.041	32.786	28.601	30.419	39.725	40.05	35.54	41.31	39.45	34.789	16.199	31.012	30.222	27.167	7.6664	-1.7489	-3.0593	5.4865	-1.111	12.683
	33.729	26.368	30.981	36.378	46.057	45.885	42.106	47.264	45.547	41.507	27.703	37.056	26.952	16.774	11.88	-1.443	-5.4605	12.801	1.0501	3.4221
	41.877	42.927	43.639	46.546	51.222	51.203	49.767	51.7	49.723	47.242	42.358	46.867	43.188	38.523	32.609	30.344	28.821	32.788	25.517	25.907
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Value	29.155	37.689	46.901	48.457	49.379	50.198	48.537	47.972	47.131	46.09	50.042	47.95	46.807	46.241	43.538	49.288	49.054	51.703	48.358	40.916
	18.61	32.421	43.739	47.361	49.74	49.767	48.117	47.241	48.839	46.624	48.466	45.063	47.049	47.977	47.102	49.993	48.721	48.192	46.955	32.174
	32.076	38.845	42.297	43.944	46.559	46.434	46.344	44.413	45.375	43.536	43.505	46.424	45.59	44.509	43.282	45.073	45.583	47.344	47.04	42.652
音框	121																			
Value	25.83																			
	7.9665																			
	32.054																			

表 5 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者去音, 3x102)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	37.403	46.284	43.744	48.519	48.513	52.674	50.525	49.678	49.279	48.396	46.918	49.193	51.511	51.562	50.097	48.476	42.533	47.301	46.34	47.07
	29.697	34.823	33.266	43.751	43.893	44.729	42.542	43.53	45.824	42.075	40.541	44.657	47.106	48.72	43.4	39.558	33.117	37.241	38.538	43.214
	37.143	35.614	37.756	43.523	42.986	45.655	45.289	41.649	43.472	45.051	42.727	43.457	43.884	44.755	43.951	42.233	32.532	40.816	39.21	40.042
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	49.41	49.772	49.835	51.251	50.324	51.084	48.515	37.251	32.643	23.33	28.502	23.8	29.496	30.979	22.626	23.568	26.385	30.522	31.194	36.338
	45.828	48.795	47.741	48.704	49.285	50.879	41.377	24.469	20.914	0.779	4.1795	-4.618	12.882	25.478	26.362	24.362	26.181	42.211	42.778	47.182
	42.204	42.376	43.12	44.82	45.649	45.259	43.09	34.845	32.628	27.418	20.27	12.125	20.479	24.92	22.665	29.216	36.011	35.331	22.759	26.148
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	32.033	42.083	47.194	43.077	41.969	44.832	41.016	43.512	40.966	34.067	39.796	36.669	41.764	34.866	32.345	31.98	30.761	31.546	27.712	29.014
	45.849	49.141	51.494	49.324	49.907	49.796	46.681	47.844	45.614	42.689	51.256	50.731	50.532	49.319	46.724	48.058	48.519	48.455	46.349	44.73
	28.775	38.95	40.29	34.137	32.957	37.228	34.942	37.044	34.387	27.167	35.47	32.389	34.317	31.466	34.69	34.092	33.182	32.355	32.055	33.687
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	28.633	35.2	36.197	39.705	37.71	44.096	36.017	35.879	36.371	38.944	42.196	47.01	49.825	48.798	50.584	43.133	48.785	39.556	39.752	35.793
	43.97	47.109	45.136	47.281	44.146	46.843	45.928	41.302	36.821	38.764	38.859	38.52	41.495	38.253	43.47	41.945	44.405	27.254	26.22	22.725
	35.836	37.753	39.413	44.347	42.398	43.094	39.655	40.465	37.096	40.141	41.556	40.259	44.395	42.148	46.07	40.042	41.652	37.595	42.75	40.741
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	37.607	37.417	29.63	20.975	7.9707	-13.817	16.173	18.726	14.531	26.986	20.026	29.412	32.511	39.059	44.566	30.868	3.7203	-23.425	4.1177	-27.026
	34.105	32.832	33.619	6.7577	-10.873	-19.026	10.807	10.207	18.087	24.136	11.151	16.781	22.761	30.507	36.176	25.97	-2.6525	-6.8437	9.6601	-26.355
	41.217	42.727	43.038	38.236	35.654	30.009	40.499	41.256	42.602	43.133	41.973	42.847	41.924	44.056	43.199	40.802	33.138	32.802	37.193	27.207
音框	101	102																		
Value	-10.057	15.727																		
	-38.486	1.2841																		
	16.904	15.46																		

表 6 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者弓音, 3x111)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	41.418	46.062	46.172	42.215	40.102	39.059	47.556	46.954	48.013	47.529	41.84	44.538	45.484	46.579	48.688	47.769	47.573	45.94	47.299	44.689
	34.366	39.04	39.546	32.328	33.906	30.751	42.023	40.116	45.5	43.478	34.906	41.407	39.264	41.736	45.786	45.015	45.119	44.264	40.916	44.869
	39.655	41.878	42.269	39.079	39.294	38.718	43.498	41.277	40.973	43.159	38.898	42.886	44.424	44.053	44.074	44.958	43.056	42.539	43.106	43.219
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	46.863	44.145	46.824	48.491	45.844	41.375	42.224	38.611	40.056	41.882	45.195	45.534	46.225	42.529	36.44	29.799	25.233	23.422	22.885	22.081
	46.788	38.175	43.186	43.467	32.171	32.429	42.378	38.801	31.438	30.495	36.047	36.896	35.694	27.989	20.926	25.886	28.695	36.215	41.846	43.163
	42.446	37.069	44.58	43.268	40.663	39.639	38.537	35.313	24.37	21.164	25.354	22.245	28.544	27.044	23.605	27.765	32.847	35.154	36.822	34.462
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	25.18	26.122	29.233	23.858	20.886	20.642	25.924	37.257	34.683	35.315	41.666	44.598	46.038	40.245	37.49	44.281	42.304	48.494	43.631	45.75
	46.013	47.248	46.647	46.567	45.24	43.343	41.035	46.83	44.459	48.914	46.491	46.565	48.589	49.683	47.811	48.593	46.272	49.423	45.615	45.246
	36.659	35.691	36.503	35.412	34.971	33.424	32.326	37.399	34.963	36.598	35.928	34.555	38.656	39.164	36.869	39.71	35.233	36.513	37.515	36.916
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	41.22	40.568	41.965	40.68	45.974	47.708	45.149	43.619	45.266	45.665	44.229	44.945	45.2	48.044	47.778	39.845	26.551	6.3574	6.0054	24.662
	39.683	39.907	41.73	40.991	49.605	52.246	47.485	45.194	47.004	45.281	47.297	45.132	41.628	44.181	44.657	24.199	9.5262	-1.409	12.774	23.535
	33.949	39.24	42.803	42.185	44.259	43.321	45.674	44.798	46.666	44.372	38.551	36.267	30.776	36.976	38.778	35.697	32.249	31.98	37.937	41.237
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	43.017	40.031	12.205	4.4072	-1.0209	21.406	17.42	33.426	40.771	43.546	48.729	45.389	39.701	41.299	41.247	18.544	9.9912	-4.3112	10.492	-7.5979
	46.402	43.721	20.873	11.627	5.135	27.611	26.348	28.616	38.115	45.405	43.914	41.173	33.428	32.498	36.715	5.1052	13.594	1.9767	17.314	-7.7255
	47.31	46.399	38.831	36.511	35.527	43.319	41.67	41.892	44.393	43.378	45.479	44.577	44.017	40.726	42.869	36.73	38.299	33.256	38.32	31.179
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111									
Value	19.411	31.826	36.663	43.719	42.538	45.892	39.961	41.099	44.35	27.635	1.0962									
	5.6001	22.58	32.654	39.828	41.462	45.583	44.05	38.55	39.6	12.293	-32.223									
	36.36	38.018	35.675	40.074	40.491	41.946	40.207	39.392	40.497	32.25	22.035									

表 7 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者ㄉ音, 3x131)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	44.394	52.806	50.708	50.783	48.204	51.278	50.042	51.135	46.096	52.724	49.136	47.982	49.193	50.19	49.911	50.867	51.213	48.946	51.431	50.891
	33.256	41.092	40.019	41.656	42.541	46.779	42.714	45.096	34.343	44.887	42.768	38.649	31.13	31.999	41.31	36.869	35.973	30.837	37.489	31.611
	36.905	44.219	43.378	39.291	32.783	41.25	41.754	42.102	35.104	40.473	32.622	32.429	33.4	35.893	34.687	33.457	34.277	33.223	32.913	35.599
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	47.643	51.274	43.984	45.84	41.931	46.877	47.511	46.469	46.269	50.067	49.888	51.266	49.722	53.458	49.592	49.139	42.392	51.229	50.412	49.993
	33.132	41.525	38.703	31.801	35.096	29.308	38.497	32.108	34.465	36.866	34.839	39.857	45.038	47.951	36.033	36.975	31.614	40.428	37.645	35.162
	36.613	39.392	37.638	38.28	35.174	39.819	34.815	34.988	37.39	41.657	36.691	36.439	34.669	38.058	33.613	30.318	34.528	40.844	42.437	40.888
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	49.476	40.18	36.324	18.649	6.0977	8.7693	11.479	21.671	25.658	33.7	22.767	16.356	7.7505	17.804	35.544	39.231	37.046	36.926	37.016	28.441
	40.543	31.923	33.159	32.889	41.424	40.571	40.56	42.603	42.555	45.812	42.367	35.657	35.075	38.805	45.302	46.266	46.13	46.176	46.315	42.334
	39.533	31.018	37.638	37.617	30.731	23.617	17.257	23.68	26.568	33.193	24.321	20.099	13.406	18.464	22.987	24.662	25.857	26.462	24.697	20.368
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	33.18	32.636	26.992	31.341	32.465	30.412	34.413	34.714	31.153	28.897	30.463	35.464	34.108	34.14	31.058	29.337	37.583	39.068	37.617	36.344
	43.61	44.636	42.655	45.587	44.408	46.956	45.954	44.49	46.085	45.198	43.997	49.312	48.875	47.654	45.607	46.12	47.506	46.781	46.533	45.719
	21.005	19.08	20.711	19.219	21.435	18.56	22.119	21.139	22.612	24.756	21.72	24.842	22.007	25.25	24.254	26.581	31.363	34.499	39.764	40.061
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	29.053	31.802	33.302	34.978	38.812	42.607	42.907	40.753	32.956	36.775	35.414	35.38	30.158	24.663	20.247	27.11	27.328	32.3	33.439	24.98
	43.796	45.371	46.045	44.44	46.583	46.159	47.668	39.773	41.326	41.107	39.763	39.337	32.149	26.133	32.995	41.591	41.751	45.422	46.102	35.412
	45.009	48.73	48.251	45.075	46.099	43.382	44.377	41.514	38.644	41.165	40.38	36.253	34.741	41.787	48.916	49.894	51.504	51.744	51.41	48.748
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Value	19.989	20.036	10.231	-17.811	7.2077	26.021	27.853	25.657	12.18	-10.85	-25.042	16.013	24.004	25.593	39.714	38.479	33.221	3.92	20.115	15.147
	25.448	22.541	15.14	0.0755	22.63	39.067	41.965	38.738	27.767	11.509	-7.6521	17.012	14.975	3.7279	20.598	30.552	34.524	14.315	16.903	12.793
	43.718	42.204	40.063	39.075	44.459	47.501	52.055	49.09	46.741	42.88	31.55	33.533	32.546	36.806	43.021	38.954	41.494	35.456	37.728	36.891
音框	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131									
Value	2.9775	10.458	11.106	11.476	20.2	17.55	16.782	30.286	24.258	-4.7903	-7.7498									
	10.374	19.612	25.477	20.981	30.986	34.491	34.161	43.518	38.767	16.757	11.148									
	33.767	38.595	37.643	41.88	46.94	50.461	50.578	51.909	51.335	45.766	33.314									

表 8 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者《音, 3x121)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	39.243	42.363	41.184	44.048	41.088	38.8	38.38	37.445	30.994	32.277	32.229	31.119	35.719	41.371	39.818	42.412	42.966	43.679	41.844	42.919
	25.589	28.065	20.56	31.445	19.868	10.453	15.257	7.304	-29.842	-19.024	-5.5947	-13.838	-0.0493	20.042	30.549	44.053	41.994	43.047	43.451	40.247
	32.641	39.795	39.845	43.841	41.797	35.648	33.038	29.002	15.188	18.419	19.104	15.605	28.888	38.375	39.391	41.153	42.62	42.801	41.421	40.937
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	41.537	41.736	36.689	38.548	30.2	36.261	38.001	33.582	35.54	38.889	37.924	38.347	41.566	41.378	42.567	42.406	42.014	37.069	33.253	30.24
	45.3	41.736	33.093	21.285	0.88491	11.922	17.184	7.481	19.828	35.269	25.992	15.286	23.723	18.726	39.506	34.663	32.774	25.617	25.692	26.644
	39.175	42.115	36.006	38.144	33.643	38.399	39.545	32.567	34.243	39.442	37.947	35.012	39.244	38.204	38.61	40.272	40.915	32.075	27.911	27.226
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	27.644	34.017	35.521	35.725	37.412	38.721	37.806	35.779	34.122	34.308	36.054	34.779	34.446	35.295	35.477	35.888	36.969	32.417	31.638	29.676
	25.449	38.908	41.587	43.775	47.064	48.133	47.073	45.117	46.685	49.307	51.329	51.379	50.827	50.378	49.669	49.654	50.403	45.909	43.443	41.685
	26.275	30.165	30.006	30.005	29.104	32.801	34.284	29.914	25.459	24.945	28.329	24.631	24.707	27.685	27.405	27.178	29.336	23.95	23.937	21.412
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	31.856	34.096	36.972	36.733	37.863	38.671	37.562	39.59	38.663	37.065	36.554	36.525	39.533	39.584	40.234	44.151	45.043	42.936	43.039	44.67
	42.23	41.726	46.786	49.472	50.916	51.746	48.237	49.626	46.324	46.581	46.629	48.893	50.109	47.097	43.24	45.69	43.343	44.182	42.845	44.766
	23.178	26.406	30.403	30.935	31.933	32.192	30.371	34.517	31.69	27.892	28.183	28.266	34.862	35.589	35.841	42.382	45.414	46.086	46.055	47.593
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	44.276	44.459	43.251	38.928	42.118	41.275	38.777	37.514	34.61	40.161	40.866	32.536	40.435	37.442	38.373	41.9	40.105	32.49	27.289	36.132
	45.327	44.49	38.518	32.389	24.111	30.901	26.017	21.014	9.5469	11.5	17.735	8.3461	23.608	21.57	20.874	25.757	22.175	2.6803	-8.802	14.514
	44.885	46.178	45.335	41.953	44.887	42.672	43.071	41.007	39.428	39.857	43.428	36.484	43.664	39.572	39.76	42.521	44.529	40.07	34.977	41.333
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Value	30.034	32.378	31.02	40.03	37.759	39.362	39.644	42.936	43.803	38.972	41.564	35.35	39.609	36.18	40.364	41.499	42.19	42.328	42.145	33.889
	-7.3382	-4.1505	-2.827	25.892	30.09	29.691	25.325	41.697	38.839	19.847	25.001	13.017	17.755	10.283	35.477	36.11	35.428	40.149	40.684	17.589
	34.876	36.193	30.694	39.397	40.801	43.206	42.196	44.709	45.445	42.173	44.985	40.504	39.961	33.657	36.791	40.31	42.954	44.019	43.328	37.723
音框	121																			
Value	20.98																			
	-22.379																			
	31.518																			

表9 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者巧音, 3x131)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	42.317	48.959	45.048	47.538	45.397	48.067	50.34	49.068	45.66	42.519	41.776	41.892	41.062	49.917	45.497	46.494	45.042	48.005	48.289	46.967
	20.054	36.593	34.695	40.456	36.928	43.277	49.165	45.181	35.952	33.612	32.755	38.334	32.129	46.904	42.917	42.859	39.717	46.08	43.847	38.901
	23.875	46.786	47.333	46.269	40.799	47.692	50.553	49.475	47.756	42.654	41.541	42.674	42.491	53.606	45.452	45.951	45.533	48.921	47.792	46.98
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	44.238	45.554	43.872	46.445	42.751	45.926	48.486	48.519	43.332	42	35.76	36.209	39.754	40.725	39.187	41.691	41.555	45.245	42.641	44.167
	41.142	45.864	45.032	41.52	41.088	40.732	45.632	43.158	30.35	19.03	-2.0487	9.386	11.298	22.135	4.453	16.453	22.412	41.956	46.74	47.145
	44.628	49.288	41.551	47.602	44.263	49.509	51.633	50.437	38.968	30.204	7.578	18.609	26.719	28.71	18.209	25.66	15.83	34.33	34.144	33.567
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	43.201	43.069	46.438	43.015	43.24	44.118	41.716	41.156	38.884	44.133	39.1	38.751	43.371	39.856	41.249	41.24	42.183	41.221	41.221	42.328
	49.05	49.024	52.884	50.832	52.087	52.314	48.782	49.022	45.739	49.96	44.359	47.485	49.993	48.121	49.656	48.586	47.289	46.252	47.312	49.678
	36.76	31.776	36.31	34.908	38.157	39.531	34.705	35.943	24.59	33.473	24.505	28.486	39.441	31.434	29.153	30.285	29.416	23.615	31.018	38.046
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	41.823	43.588	43.604	41.533	40.097	41.869	42.387	43.069	37.787	41.807	40.787	38.946	34.598	42.055	39.509	39.414	43.347	36.179	33.368	36.321
	49.509	48.672	49.406	49.639	45.933	46.935	49.39	48.916	44.527	45.522	43.173	42.812	43.036	46.623	46.724	43.535	42.386	40.298	36.196	42.015
	37.265	37.76	37.177	35.1	34.179	35.166	37.702	39.321	36.663	36.263	33.372	32.273	31.875	40.06	40.615	36.862	44.371	35.541	24.676	29.256
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	33.333	46.137	44.735	40.259	37.413	45.309	35.311	36.138	38.821	44.803	44.284	46.311	46.992	47.906	46.168	47.151	41.759	45.426	40.135	41.955
	35.855	47.989	47.189	41.405	45.067	50.438	39.769	37.938	29.242	36.096	41.054	40.499	42.096	45.058	43.28	38.762	33.886	36.619	35.795	34.994
	30.262	48.506	44.551	42.747	39.003	44.937	38.269	39.432	45.715	49.373	48.649	49.34	51.477	51.448	48.944	48.265	47.151	48.251	44.514	46.933
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Value	40.69	45.351	36.215	39.318	40.031	43.104	44.515	49.01	49.976	48.449	50.84	48.319	48.911	47.923	46.055	49.462	46.577	44.977	49.255	47.139
	37.297	38.574	33.417	41.948	37.48	37.841	39.026	43.729	48.587	45.426	48.451	49.196	45.387	45.459	46.685	44.766	39.886	33.365	42.049	38.533
	45.898	48.937	40.936	43.384	44.479	46.436	47.3	49.486	53.038	51.002	55.072	48.948	52.538	49.967	48.398	50.437	47.186	45.975	50.842	49.604
音框	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131									
Value	52.481	50.123	50.528	49.936	45.992	48.035	45.965	48.177	45.247	39.721	31.633									
	49.755	47.243	45.151	46.837	44.978	45.486	42.335	45.639	38.324	27.091	-3.827									
	56.065	55.209	52.918	54.905	49.621	53.482	47.652	52.223	50.13	32.813	2.1121									

表 10 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者厂音, 3x131)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	49.591	48.73	44.344	43.219	46.421	41.128	44.428	46.743	43.25	47.886	43.007	49.518	45.535	46.678	45.753	47.208	48.537	49.115	44.078	48.201
	43.794	43.816	41.71	35.035	36.773	33.661	38.547	40.859	42.357	41.992	35.362	38.858	33.955	37.497	38.88	38.366	44.028	40.566	29.608	41.907
	48.735	47.04	43.415	41.31	43.543	40.958	46.268	46.147	43.054	48.288	40.804	49.142	41.909	45.889	41.983	43.468	46.434	46.055	39.597	46.588
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	45.84	46.919	41.183	43.515	40.426	40.219	44.71	46.153	46.396	46.067	47.268	49.012	44.467	44.257	44.059	47.226	51.096	45.914	48.527	46.474
	43.19	41.387	36.483	37.683	35.258	33.33	36.226	38.238	37.492	38.144	39.121	44.283	43.356	38.074	37.345	41.802	43.55	38.64	41.126	41.152
	44.752	45.659	38.612	43.508	38.933	35.67	39.255	47.369	46.667	44.232	40.569	47.566	45.958	44.674	44.199	47.1	51.34	44.415	44.806	40.292
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	48.056	48.47	36.002	38.088	27.082	33.585	33.721	32.326	27.757	36.516	31.34	35.484	32.749	37.959	33.732	35.578	40.604	38.818	39.21	41.005
	39.66	39.992	27.165	33.898	25.648	37.751	41.358	39.968	27.66	35.766	38.164	41.973	40.295	46.314	43.013	43.251	47.404	48.56	51.466	52.379
	46.005	48.594	37.063	35.705	20.827	26.391	29.703	32.212	20.23	38.709	26.733	30.812	29.467	36.089	33.827	35.641	39.929	39.877	39.912	41.908
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	39.851	40.885	40.116	41.984	40.082	36.682	39.042	38.192	31.617	33.734	34.657	39.938	37.503	37.948	32.155	37.917	36.878	26.102	39.034	38.783
	51.883	49.75	49.526	47.782	48.215	48.849	48.922	50.597	47.256	47.008	44.661	48.392	46.791	47.071	46.231	48.564	50.667	45.445	51.92	48.742
	41.559	41.37	41.32	43.938	42.237	38.817	40.403	39.328	31.464	31.733	36.631	38.499	33.897	35.968	32.869	40.321	39.489	25.932	39.288	35.369
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	26.876	28.487	27.145	36.338	43.206	34.294	36.543	29.731	37.303	41.565	43.193	41.905	47.165	44.821	45.511	46.931	44.282	40.574	40.128	47.41
	44.688	44.823	45.077	49.976	51.451	47.723	46.412	37.554	40.655	37.559	45.672	42.985	45.24	42.8	40.022	38.014	36.318	25.549	31.92	39.264
	24.625	26.537	27.661	35.77	44.488	36.009	39.691	36.422	42.058	45.359	46.433	43.495	49.036	45.205	47.905	45.348	45.638	41.544	44.282	51.314
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Value	47.565	44.787	46.571	44.713	39.774	47.394	48.963	45.144	49.604	44.686	47.056	42.819	49.219	47.282	47.378	46.88	41.53	46.836	43.02	48.205
	38.92	30.076	38.535	32.111	26.511	38.86	40.747	34.693	42.804	40.097	40.366	34.132	40.558	37.405	39.289	42.745	30.859	37.501	36.154	44.445
	49.25	48.077	50.149	49.279	42.435	47.753	46.595	47.181	48.949	47.05	48.078	40.293	48.995	47.039	48.937	48.154	40.251	47.032	42.154	48.514
音框	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131									
Value	45.931	50.37	48.082	51.483	47.163	48.758	46.616	47.295	45.189	33.657	11.59									
	44.494	44.293	44.163	45.846	40.281	41.643	40.472	43.594	39.758	14.812	-8.5004									
	49.073	51.424	50.382	51.785	49.747	49.91	47.717	48.182	46.325	31.143	7.9876									

表 11 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者ㄣ音, 3x131)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	38.743	37.668	40.144	43.962	45.775	48.494	48.902	49.933	49.96	48.219	48.185	48.477	50.058	49.697	47.679	49.466	43.939	41.747	30.098	24.453
	22.853	33.347	41.258	45.505	47.557	45.523	43.202	49.454	48.812	46.918	50.934	50.886	48.035	48.145	46.162	50.405	42.544	38.559	13.422	10.14
	25.78	31.524	35.605	44.313	43.492	48.022	49.007	53.994	52.978	50.193	49.188	49.189	51.562	52.392	50.521	52.437	46.658	41.637	13.367	-1.3915
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	22.453	20.105	19.558	35.49	42.472	46.672	46.069	48.135	47.529	44.146	44.061	44.295	44.664	46.301	45.732	48.369	49.278	48.058	48.233	47.666
	11.661	6.5367	-18.554	16.926	36.076	42.658	40.211	45.74	47.859	43.096	41.883	45.147	42.687	43.243	40.414	46.476	45.862	45.752	45.186	45.425
	-13.496	-22.628	-16.454	18.003	41.068	46.89	47.566	50.426	47.511	44.767	42.986	44.48	43.876	47.273	44.518	49.273	49.91	51.078	49.91	46.304
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	41.121	40.533	35.843	36.528	34.301	32.238	21.346	26.2	34.06	33.875	28.981	31.069	32.409	39.773	41.528	40.888	42.72	42.843	38.931	40.736
	32.688	33.095	27.151	34.716	35.601	34.625	27.567	31.072	39.967	43.928	43.27	44.6	42.368	46.812	46.155	47.074	47.028	47.95	46.192	48.337
	37.891	37.796	25.625	31.47	30.261	26.837	9.3804	18.071	29.108	30.032	21.854	22.751	26.183	36.63	39.707	37.465	39.168	40.844	35.201	38.104
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	41.804	42.571	40.993	38.229	44.348	38.77	39.449	43.068	40.932	41.769	44.796	45.851	46.799	45.904	45.771	41.005	38.023	35.706	31.231	37.232
	49.41	49.763	48.489	46.29	49.983	45.888	46.466	46.772	43.976	43.876	45.764	48.96	51.379	48.901	49.141	47.326	44.473	41.039	35.351	42.469
	40.867	41.517	38.087	31.287	42.274	29.572	34.042	40.985	36.377	35.252	40.276	41.48	43.741	41.646	42.227	34.805	31.221	28.911	26.666	36.098
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	34.116	37.727	40.779	43.646	43.307	44.371	43.272	46.151	44.549	40.115	43.316	43.063	40.864	47.643	47.446	47.139	45.41	42.223	41.37	45.117
	39.321	39.973	44.401	43.237	42.813	43.719	38.861	42.258	38.292	36.854	39.864	42.684	38.436	44.677	45.298	43.841	44.648	44.015	38.995	44.558
	30.861	30.823	34.97	34.128	38.786	41.875	41.907	47.415	44.922	44.589	46.308	47.298	44.6	50.82	49.274	51.912	46.206	47.241	44.87	48.974
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Value	40.017	43.262	43.529	47.456	45.915	46.233	46.142	48.52	42.59	46.406	47.805	48.12	48.188	48.874	50.176	48.116	47.992	48.022	47.031	46.506
	41.085	43.017	41.732	44.816	40.458	39.447	37.708	42.002	34.257	42.824	46.99	47.36	43.726	46.396	48.464	45.969	45.55	43.752	45.626	45.602
	42.765	46.938	47.095	50.484	47.773	49.73	50.421	51.674	44.989	49.494	48.742	50.952	52.454	53.51	53.839	52.327	51.953	48.911	48.769	50.107
音框	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131									
Value	46.684	43.737	46.979	45.494	45.118	44.958	41.396	46.012	46.575	37.858	28.043									
	41.608	41.048	45.106	47.265	41.277	41.463	33.805	43.215	41.963	26.876	-2.1219									
	47.807	47.077	50.124	47.965	48.037	47.407	43.89	49.458	49.855	26.505	-11.776									

表 12 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者〈音, 3x131〉)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	41.921	30.594	29.732	39.698	37.923	42.504	41.065	42.596	43.186	46.44	45.444	48.024	45.854	48	43.709	45.235	47.539	48.769	49.24	50.511
	36.438	22.055	16.681	25.655	30.144	36.067	29.954	38.125	40.497	45.521	45.48	47.007	46.59	46.362	38.892	44.825	45.39	48.977	48.684	49.73
	37.35	25.447	25.338	36.927	32.547	42.838	40.588	43.422	43.097	48.516	44.265	48.179	46.219	48.055	40.446	40.035	43.696	45.768	45.521	51.259
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	48.053	47.522	48.208	45.122	46.174	42.994	47.758	43.488	44.469	39.302	40.65	43.246	44.799	40.996	41.688	45.553	42.072	44.386	43.127	39.937
	49.875	48.711	48.045	42.593	43.116	37.471	39.931	35.218	41.877	33.722	29.31	35.88	40.532	35.164	35.491	38.551	30.935	38.42	40.535	28.751
	45.015	41.611	42.829	38.741	39.65	34.613	43.092	37.495	37.378	30.717	37.49	44.489	44.102	36.2	36.243	41.836	38.727	41.296	38.735	26.139
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	35.137	23.007	30.185	29.85	30.254	31.427	35.54	32.262	33.621	37.572	29.909	28.482	31.815	24.855	26.673	31.483	38.296	40.18	41.508	42.457
	22.212	14.734	32.492	34.994	36.45	38.422	42.735	41.895	44.628	47.502	41.169	40.143	39.756	33.601	33.287	33.105	37.795	41.371	46.767	45.801
	17.293	0.87434	26.151	26.826	28.574	31.245	36.039	30.384	33.248	40.555	35.706	25.981	33.781	24.793	24.293	25.306	31.487	30.738	33.535	33.92
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	45.05	43.073	45.591	45.657	44.713	46.658	42.899	42.685	46.944	45.299	43.224	47.621	46.581	45.099	45.897	46.544	43.183	45.216	38.962	42.754
	46.899	46.118	50.481	51.14	48.288	49.875	49.68	50.256	52.016	51.099	49.578	50.435	52.759	50.484	49.697	49.716	44.939	46.937	45.535	48.375
	39.515	39.067	43.238	42.345	39.937	42.901	37.249	35.158	43.521	41.892	40.374	47.988	43.715	39.659	40.945	42.887	37.251	36.421	29.386	35.398
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	44.243	44.755	43.531	41.084	40.903	39.777	40.858	43.253	39.921	39.889	39.449	40.194	45.319	42.655	43.911	38.354	38.956	42.053	40.338	42.413
	45.55	46.164	45.804	40.464	36.487	34.914	36.866	40.431	33.555	31.986	34.641	38.22	42.333	31.579	32.536	16.649	29.481	36.446	28.76	36.864
	35.394	35.183	34.483	32.76	31.767	33.539	33.885	39.306	38.092	37.608	37.255	38.764	43.953	43.219	44.907	43.554	45.029	45.401	43.181	45.612
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Value	42.639	44.578	42.282	42.433	45.401	47.168	46.977	44.101	47.963	47.323	44.717	37.454	43.053	42.092	45.017	43.144	40.284	44.34	43.644	48.674
	36.263	37.75	37.728	36.505	44.78	47.507	44.083	40.643	44.333	47.343	41.611	33.186	42.041	36.373	38.19	40.807	38.273	37.77	39.307	46.936
	46.38	51.01	48.451	49.711	51.019	52.61	54.217	50.874	51.32	49.981	49.736	45.002	49.037	45.996	46.258	48.33	44.417	48.297	48.147	53.484
音框	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131									
Value	46.998	46.889	48.229	46.188	46.425	47.792	44.837	46.482	42.918	37.855	22.492									
	47.156	45.216	47.143	45.937	46.665	48.05	35.81	43.541	41.209	31.764	12.841									
	51.09	52.581	51.337	49.876	49.026	50.329	47.085	48.754	40.882	36.376	6.5793									

表 13 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者丁音, 3x140)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	49.864	49.766	49.332	48.763	45.407	48.679	45.893	47.904	52.249	50.234	53.617	51.116	51.04	51.835	51.109	51.736	53.39	54.378	51.9	48.559
	42.397	42.145	41.879	44.155	44.015	41.304	40.784	41.058	45.911	42.008	45.889	43.588	46.81	43.236	41.822	44.501	45.451	46.494	43.827	43.522
	48.843	49.645	49.254	47	44.17	49.821	44.993	46.599	49.928	50.157	51.024	49.775	49.313	49.285	48.854	49.549	51.343	51.544	50.798	48.708
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	54.079	52.359	49.36	52.924	47.345	48.178	47.506	47.717	49.282	43.459	45.709	47.213	50.831	51.79	49.7	50.428	47.595	49.765	48.898	44.54
	46.972	41.515	40.583	43.389	41.041	40.128	38.972	39.263	40.945	39.598	43.752	44.476	46.941	41.97	44.959	44.028	44.322	45.626	43.148	34.712
	53.404	51.585	48.389	50.444	45.765	46.187	45.537	46.561	48.419	41.849	45.608	48.143	50.211	51.832	48.036	46.995	45.407	46.013	47.958	42.089
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	34.175	30.571	35.254	42.454	40.253	35.673	40.697	35.843	40.437	41.022	36.89	38.499	42.796	46.814	44.31	38.265	26.668	17.418	10.632	18.627
	21.39	24.762	38.768	43.543	45.028	38.165	42.307	42.436	41.968	45.677	45.331	47.051	45.047	45.356	38.096	41.637	38.452	30.125	26.747	33.915
	29.655	16.289	21.958	32.922	32.314	25.744	34.698	30.462	33.997	34.674	32.376	36.261	43.643	41.326	40.344	33.702	26.207	19.035	22.953	28.329
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	22.428	33.534	33.173	46.009	42.073	44.757	40.956	44.619	44.479	42.666	37.834	41.158	41.325	40.188	37.048	37.001	27.147	31.351	25.491	41.364
	36.75	41.099	44.082	48.674	47.027	49.984	48.107	50.738	48.396	49.161	47.793	47.206	49.084	48.392	48.417	46.807	42.666	46.507	40.387	46.899
	30.974	34.184	34.017	43.541	41.839	44.331	41.351	44.459	42.314	41.12	35.892	40.47	41.045	41.905	36.975	36.152	30.523	31.823	29.249	39.952
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	40.461	31.741	31.36	32.789	30.904	14.472	24.126	28.219	26.511	25.376	15.379	26.012	19.366	35.273	40.161	44.216	40.874	39.377	48.374	42.378
	47.953	45.197	46.312	46.451	43.497	37.146	38.266	41.582	41.05	39.871	35.802	39.635	30.774	36.556	43.632	48.05	46.655	44.809	44.901	40.311
	39.118	32.741	34.744	37.346	35.189	20.762	27.726	30.787	29.617	32.201	20.594	28.478	26.482	38.258	44.536	47.79	44.701	42.112	47.193	41.322
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Value	47.253	46.622	35.854	41.084	31.842	43.837	43.49	42.348	43.866	39.24	31.94	25.943	11.552	16.75	35.714	37.955	46.495	50.988	47.451	45.055
	47.138	43.271	34.993	36.583	26.588	37.763	39.933	40.23	37.025	35.575	27.869	22.805	13.245	24.173	32.845	34.092	39.615	45.172	44.823	38.017
	48.397	47.22	44.025	45.297	40.749	42.973	44.901	43.112	47.601	44.658	41.808	40.486	29.033	31.507	39.673	39.574	47.027	48.12	47.909	46.449
音框	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
Value	44.643	52.925	48.366	48.922	50.905	47.533	49.499	50.616	50.163	50.866	48.18	47.276	50.859	45.726	53.602	52.386	49.641	50.983	28.912	-13.435
	39.985	45.418	38.364	38.112	42.798	41.009	39.651	42.929	45.519	41.708	41.734	38.685	41.245	36.125	46.49	46.388	41.262	42.11	31.262	6.7055
	47.057	51.801	49.217	48.766	50.067	47.472	50.238	51.087	50.298	48.701	49.633	47.547	50.633	46.487	51.647	51.915	51.238	51.528	35.612	0.56374

表 14 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者出音, 3x121)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	46.659	50.54	51.744	50.243	46.83	39.514	42.075	41.297	41.612	42.508	40.425	38.761	29.762	35.288	44.022	40.421	44.829	47.28	41.557	44.638
	40.14	44.079	46.627	45.293	42.204	34.798	33.849	37.208	33.954	41.573	33.899	29.871	18.835	25.15	42.186	36.396	41.098	41.255	35.789	38.512
	37.784	48.785	53.992	52.208	44.535	26.964	31.389	35.883	30.572	39.658	32.569	26.058	12.97	23.315	44.269	34.915	40.888	44.285	37.03	41.189
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	43.501	42.592	43.843	45.719	49.552	50.495	47.448	49.523	44.557	48.816	46.393	45.138	45.516	46.429	43.764	48.633	44.232	44.462	30.533	24.129
	41.293	36.167	40.763	39.103	43.57	45.764	42.356	44.525	40.724	43.349	41.645	42.741	40.751	40.522	40.683	43.111	43.173	44.446	30.52	26.899
	41.288	37.39	41.545	44.2	49.886	52.552	48.209	51.619	43.808	48.554	42.678	42.759	41.09	44.704	42.964	46.745	45.461	46.952	18.349	7.8048
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	17.543	25.097	32.331	39.099	45.466	39.523	37.948	26.999	28.836	29.767	20.534	31.266	37.134	30.489	33.967	29.437	33.793	34.8	32.149	30.926
	18.191	19.892	25.328	37.07	40.046	35.017	39.466	36.45	34.267	31.065	33.58	40.347	43.018	44.477	45.48	44.319	44.765	45.26	45.006	45.287
	-5.7874	0.61079	10.989	26.836	37.362	31.813	35.56	23.534	24.591	22.607	11.278	33.973	39.784	34.005	38.754	31.102	40.203	40.331	38.428	36.987
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	30.695	24.159	27.785	26.343	34.971	30.618	24.118	8.9299	15.898	19.406	15.486	24.142	28.498	21.639	25.268	15.201	32.906	28.777	23.601	25.254
	44.978	39.989	42.748	43.152	45.677	43.612	41.19	39.665	43.952	46.109	43.999	46.168	46.537	46.495	46.235	44.709	48.134	45.719	43.445	43.05
	38.162	39.047	41.691	34.342	43.517	40.612	30.618	14.434	20.86	21.192	16.688	28.863	38.241	26.829	33.189	13.533	35.395	37.458	27.738	31.716
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	22.628	33.603	35.028	32.931	37.736	37.961	35.651	39.229	45.268	43.66	44.633	43.916	45.347	45.373	46.546	48.42	46.097	48.147	46.982	46.091
	39.336	44.918	45.004	45.137	45.22	44.307	46.542	47.267	44.639	45.725	45.106	43.429	43.143	42.457	43.675	43.898	42.932	45.217	44.084	44.434
	33.297	44.583	47.453	44.736	46.624	44.523	47	48.412	46.316	49.297	49.79	47.207	47.577	47.095	50.443	49.134	46.106	49.988	48.673	49.942
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Value	48.638	47.699	47.617	49.762	47.221	48.17	47.228	47.696	50.158	47.297	48.944	43.32	43.912	42.722	44.574	49.53	50.283	50.176	47.445	37.058
	43.582	44.098	42.603	44.637	42.581	44.396	45.183	41.96	44.913	44.595	44.827	43.347	42.514	41.078	42.044	45.618	43.561	44.889	44.745	34.34
	49.457	50.918	50.472	52.104	47.366	49.219	50.199	47.063	51.449	51.061	49.976	46.783	46.561	43.126	46.601	52.465	49.505	52.04	50.083	22.86
音框	121																			
Value	18.709																			
	10.305																			
	-34.098																			

表 15 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者彳音, 3x131)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	41.506	43.009	47.471	44.335	45.551	44.024	46.32	44.458	43.027	35.223	29.05	21.605	25.98	33.579	39.565	39.247	39.445	39.115	34.007	23.54
	23.99	36.69	46.214	38.157	41.39	37.089	44.067	37.827	40.02	23.49	-5.3811	-20.106	-13.843	4.7813	12.078	11.52	11.402	11.016	-0.19659	-23.318
	25.526	40.305	53.69	45.165	49.958	45.992	51.886	48.512	48.411	36.561	7.7544	-21.966	-32.108	-2.62	13.245	10.9	11.231	9.852	-1.3018	-36.014
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	30.373	36.968	44.902	40.747	44.22	37.707	42.048	42.294	41.295	45.262	42.313	42.782	40.125	37.467	38.849	42.43	42.719	43.831	45.395	42.883
	-0.3327	20.672	43.316	36.975	40.288	32.079	45.219	38.148	41.88	47.223	36.322	31.652	22.059	-0.67622	10.673	23.218	19.474	27.853	28.687	27.631
	-8.4165	17.271	47.639	35.661	45.23	36.189	40.186	39.44	39.309	47.627	44.12	40.608	31.762	19.583	27.683	37.307	35.303	40.512	42.208	40.197
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	43.341	40.772	38.834	34.359	30.251	32.724	34.999	39.567	36.89	29.548	24.191	25.701	27.364	25.473	29.937	33.627	38.3	38.784	34.315	34.462
	29.582	26.36	22.401	8.378	22.47	33.006	41.657	44.567	45.772	42.91	44.501	41.422	43.992	42.635	44.71	44.684	48.343	47.168	44.17	43.966
	39.237	32.247	27.955	11.467	2.4919	8.9116	16.518	32.843	28.585	18.867	17.136	19.307	22.41	15.321	19.554	24.119	33.629	34.027	22.736	24.3
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	37.073	39.472	39.385	39.319	39.474	34.024	34.993	33.273	36.006	36.941	28.534	32.952	29.931	30.912	34.076	36.858	35.567	32.754	33.283	41.313
	48.956	50.638	52.791	49.594	50.473	46.14	48.867	47.15	49.226	47.91	44.943	46.566	45.357	46.426	47.19	45.768	43.947	40.947	43.994	50.561
	31.089	38.421	43.81	37.807	40.998	35.141	37.343	32.508	35.032	34.596	24.152	31.191	26.471	30.444	31.131	27.715	26.894	25.99	23.797	40.798
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	39.797	40.404	37.564	41.189	38.048	37.056	39.779	39.642	43.741	40.836	43.564	41.886	46.176	45.134	45.032	43.651	43.974	45.437	43.128	45.36
	49.948	51.293	47.757	50.64	50.456	50.561	46.842	46.401	43.943	34.123	38.341	30.404	41.58	41.458	31.723	28.351	32.625	33.275	32.647	40.716
	36.048	40.232	28.973	40.863	37.23	38.525	41.815	39.591	48.714	41.601	47.749	41.85	52.366	50.413	49.967	47.399	45.89	48.486	47.04	50.656
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Value	45.028	42.416	43.417	44.262	46.637	44.713	42.575	46.148	44.48	46.538	44.964	46.896	43.847	45.205	43.213	44.573	41.873	44.003	44.941	46.641
	42.149	34.892	34.152	35.928	43.401	37.579	32.46	39.544	36.954	38.714	40.404	39.553	39.38	35.769	35.499	40.473	44.448	42.095	41.988	46.03
	50.273	49.024	49.315	49.408	53.998	50.09	46.514	53.662	50.127	53.144	49.614	52.129	47.386	50.998	45.882	49.265	48.542	49.029	49.541	53.079
音框	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131									
Value	41.653	43.834	44.035	44.216	45.094	46.85	45.381	44.225	43.431	34.001	28.074									
	43.434	33.003	37.854	43.823	42.449	43.724	45.263	45.722	39.013	27.603	10.004									
	46.318	46.411	45.548	49.207	49.276	53.457	51.343	50.819	48.889	32.504	-5.9217									

表 16 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者尸音, 3x111)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	44.185	46.069	45.432	45.487	38.833	40.571	45.274	47.739	49.15	39.733	43.981	41.031	44.112	41.923	48.9	48.188	44.587	48.984	47.164	46.651
	31.841	41.902	34.129	32.813	17.921	23.992	26.014	34.733	34.222	33.759	29.762	25.718	32.689	18.436	48.886	40.939	23.849	36.954	41.571	38.186
	39.826	46.759	41.406	42.548	32.75	39.366	42.67	46.602	46.784	43.224	40.483	37.043	38.766	31.616	50.481	48.873	41.586	46.202	45.062	44.055
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	45.729	50.589	43.202	50.159	41.111	35.632	36.732	40.802	47.104	46.031	47.242	46.953	47.85	49.132	45.472	40.123	42.665	45.398	41.836	35.86
	37.109	37.343	21.802	36.54	17.207	18.157	30.028	29.248	37.935	35.692	39.735	35.382	36.978	35.12	30.595	18.802	26.318	34.548	37.101	31.895
	41.537	48.475	39.786	49.336	33.849	23.38	26.369	34.311	43.154	44.063	43.716	39.924	42.659	43.633	36.729	33.853	38.299	41.503	38.588	28.364
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	23.697	10.831	7.8873	29.427	30.628	32.868	31.726	36.516	34.506	35.447	35.389	33.411	33.878	32.119	31.546	36.496	33.121	33.122	32.552	32.513
	24.372	27.77	37.045	45.141	48.761	50.166	51.754	53.561	52.149	50.073	53.449	50.773	51.279	50.277	48.546	53.178	51.518	51.949	50.997	51.379
	18.553	18.575	22.435	35.128	40.748	42.633	43.902	46.855	44.518	42.902	47.618	46.15	44.907	43.196	41.498	46.663	43.83	43.26	43.637	45.947
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	33.692	29.252	28.456	23.301	28.625	25.256	18.251	13.598	31.099	33.947	37.86	39.031	34.179	30.715	35.736	30.204	32.207	29.851	33.677	38.63
	52.714	48.416	49.941	44.926	49.393	48.376	45.603	42.779	48.763	50.966	49.29	47.733	48.381	44.922	48.088	44.123	44.334	46.427	46.534	48.614
	46.886	40.682	41.06	38.225	43.864	45.856	39.399	31.348	38.828	42.282	42.306	40.63	44.148	43.11	46.655	45.525	43.545	45.139	45.395	49.329
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	32.921	32.073	28.995	30.738	40.206	41.783	39.779	48.519	47.22	48.548	47.684	46.699	48.225	45.073	49.679	48.426	49.528	49.883	49.738	50.496
	44.625	48.041	48.578	40.059	27.246	29.722	28.909	37.128	35.451	35.212	33.186	37.117	41.378	33.013	40.634	38.633	39.295	40.654	42.546	44.999
	45.086	47.237	43.618	37.566	45.417	42.376	44.086	49.169	48.146	48.755	46.575	48.477	48.188	44.131	51.706	47.958	49.417	49.479	51.795	52.329
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111									
Value	51.378	49.038	49.038	47.329	49.85	50.007	48.096	42.239	46.691	23.305	33.86									
	44.021	40.348	39.972	41.746	36.095	38.27	38.975	24.217	36.457	22.81	51.996									
	50.884	49.682	51.435	49.399	49.945	48.743	47.618	42.718	48.833	26.212	52.177									

表 17 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者口音, 3x102)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	42.28	47.224	51.57	43.145	46.268	42.703	49.22	46.09	49.379	48.994	45.912	49.041	47.068	43.474	46.637	43.312	44.063	48.434	45.8	50.433
	28.821	32.4	43.311	33.533	37.369	38.328	41.933	34.937	33.001	34.864	37.304	41.207	38.576	37.747	34.94	32.965	33.721	42.242	42.714	43.941
	41.309	42.13	44.321	36.307	41.485	42.292	42.978	42.144	43.346	41.396	41.893	44.305	45.682	39.427	40.75	39.339	39.901	41.924	45.016	45.289
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	47.346	50.372	53.444	51.396	52.337	48.135	51.119	51.1	48.171	49.051	49.177	50.856	52.505	44.922	41.709	30.657	29.734	25.598	26.135	38.189
	38.427	40.701	42.944	36.963	47.078	40.937	46.926	43.295	45.514	44.76	40.807	36.528	41.72	34.352	37.68	30.961	32.292	37.081	40.788	42.677
	43.404	43.682	45.435	44.017	44.275	41.631	45.006	44.514	42.884	43.116	44.071	43.337	45.738	43.896	43.014	34.531	30.965	30.513	30.609	37.256
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	41.223	39.467	41.866	39.705	37.478	29.693	30.684	26.444	33.504	34.655	34.327	39.569	32.886	28.901	28.432	23.552	25.875	25.748	22.194	28.54
	47.89	46.791	51.863	50.235	48.907	44.47	48.288	44.091	48.293	49.471	47.736	51.914	51.505	51.583	50.994	49.927	51.717	50.901	47.726	48.402
	38.594	38.22	37.72	36.307	35.823	32.919	33.645	32.327	34.645	36.897	37	36.939	33.728	33.849	33.936	33.231	33.817	32.967	30.579	31.633
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	31.452	32.941	22.466	32.11	27.388	35.494	23.526	24.142	26.935	32.488	39.77	36.948	35.183	38.783	36.787	38.086	36.817	41.122	47.032	46.288
	48.808	50.723	41.925	45.803	41.354	49.593	45.674	42.942	37.636	34.013	36.759	36.717	37.582	43.794	45.115	48.081	40.999	37.302	38.197	37.598
	31.974	35.781	30.203	35.522	32.29	35.402	31.091	33.899	38.171	44.247	47.395	44.168	38.443	36.489	35.79	38.307	37.662	42.833	43.88	43.075
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	49.036	45.147	47.662	44.956	15.194	-11.926	-40.335	-1.3362	-28.019	-10.079	9.5127	41.783	45.921	49.105	38.171	39.953	35.479	19.26	11.47	-13.537
	40.559	35.913	36.208	32.695	12.168	-11.606	-32.889	-8.8796	-29.538	-18.252	2.408	27.255	34.324	40.297	24.758	24.567	25.189	12.472	6.099	-20.983
	42.759	42.068	43.844	43.222	38.962	33.658	31.601	35.374	28.971	32.305	35.284	40.887	42.538	46.841	43.779	44.456	43.094	40.3	40.17	33.32
音框	101	102																		
Value	-60.054	-40.814																		
	-52.211	-46.356																		
	25.743	13.796																		

表 18 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者卍音, 3x94)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	20.506	34.457	44.572	45.289	47.116	46.74	43.54	45.13	46.186	45.695	44.371	43.574	44.106	40.178	39.566	36.283	37.824	37.441	39.34	38.903
	1.1594	20.62	37.082	40.603	47.542	45.733	40.896	40.619	42.036	40.832	36.138	38.423	43.175	31.374	28.679	20.159	19.947	20.474	26.646	19.25
	-8.6408	17.428	37.296	42.754	52.951	49.26	44.276	45.222	39.48	34.49	33.596	34.343	43.551	38.664	34.459	22.335	19.955	26.309	34.151	29.608
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	44.125	40.451	39.583	40.835	39.157	41.245	39.796	38.505	42.029	40.191	40.832	38.034	42.534	40.944	43.538	43.458	39.927	40.349	41.701	39.833
	26.38	23.613	19.312	34.952	35.303	38.794	39.314	38.978	45.459	45.618	46.951	44.356	48.517	45.511	47.971	47.677	46.228	45.506	44.98	41.586
	37.918	28.74	21.743	23.278	13.273	15.312	11.086	19.065	27.179	25.282	27.61	26.537	33.754	31.235	35.457	36.836	28.739	30.862	33.798	32.777
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	38.035	37.763	40.013	35.745	32.285	26.132	31.263	29.418	41.733	33.526	31.313	34.594	28.088	35.909	32.898	38.211	41.934	43.822	44.7	45.778
	44.454	47.021	47.944	44.493	44.349	41.862	43.011	41.293	44.711	39.156	42.202	44.383	41.459	40.703	30.059	39.482	42.822	42.15	46.727	47.224
	33.4	34.519	33.503	29.312	21.713	21.629	19.496	18.069	18.346	13.004	13.721	31.936	28.552	32.191	20.877	29.164	35.962	42.413	51.651	46.783
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	45.97	41.481	40.958	40.449	38.135	43.882	45.165	42.464	44.413	43.416	41.437	42.128	46.707	42.869	44.036	47.383	45.259	46.772	43.526	42.645
	44.171	42.096	40.005	39.716	35.807	41.644	35.62	41.419	41.733	38.429	37.116	39.718	46.099	39.563	43.811	43.725	44.443	44.994	44.032	44.285
	44.357	39.635	36.915	44.555	43.653	52.237	51.344	50.045	49.169	44.547	45.243	45.722	48.566	48.579	50.497	52.667	54.606	52.342	49.798	48.832
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94						
Value	41.531	44.501	44.435	40.6	44.615	44.523	45.499	48.606	48.96	48.935	47.953	48.077	42.215	25.408						
	38.363	41.51	39.905	37.435	43.438	44.365	44.926	45.139	46.988	44.536	46.437	50.162	41.333	16.441						
	44.991	49.437	48.305	44.896	50.757	48.799	54.102	54.025	53.651	54.262	52.832	51.957	39.653	9.4843						

表 19 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者ㄎ音, 3x131)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	46.62	45.956	48.859	47.631	46.916	47.451	46.117	38.939	37.4	37.845	38.186	41.904	40.495	44.607	45.965	46.063	48.036	48.513	51.188	46.809
	28.697	44.764	43.223	41.786	41.145	40.358	39.037	28.927	15.747	14.536	16.891	30.207	33.349	34.111	43.749	34.767	44.335	40.772	44.442	40.478
	39.042	50.099	50.043	49.876	46.515	46.741	45.459	35.063	24.061	15.966	13.568	29.958	29.545	30.09	44.831	37.861	46.777	44.305	53.298	41.794
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Value	49.596	47.611	47.6	46.05	45.837	48.934	48.817	44.912	49.565	47.255	50.751	50.468	46.34	46.572	40.567	42.533	37.571	40.772	43.5	46.261
	46.554	43.352	44.524	42.538	41.887	44.51	43.427	43.574	44.584	47.725	42.349	45.303	26.812	35.323	13.143	25.02	14.239	27.378	36.559	33.154
	48.827	46.94	45.312	40.694	41.096	52.969	46.4	45.043	49.291	48.979	47.357	53.044	31.417	38.853	19.379	20.595	4.6914	22.552	28.779	29.716
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Value	48.599	48.966	47.065	47.316	34.325	38.78	31.944	34.524	28.251	28.314	28.948	28.756	29.787	18.295	22.328	29.854	8.0517	19.434	19.983	18.122
	33.868	39.204	38.289	38.958	25.436	28.394	25.878	35.694	40.696	47.017	46.097	43.611	47.373	48.694	46.027	50.512	47.198	47.798	49.665	50.391
	37.814	41.991	38.297	35.397	8.2246	17.328	10.64	27.606	20.974	29.742	30.962	28.938	33.569	32.483	30.172	37.377	28.051	31.204	33.685	34.189
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Value	5.6578	19.594	26.838	31.29	30.705	33.713	40.606	35.023	39.941	34.884	42.12	37.615	23.682	3.6805	10.951	6.3088	24.85	34.151	31.971	27.852
	45.821	47.532	46.76	49.517	48.241	46.636	49.298	50.009	51.695	50.849	49.641	48.031	43.454	41.567	44.957	41.508	44.37	45.236	47.938	44.103
	25.336	32.542	33.593	37.717	36.336	32.836	40.272	37.18	41.838	40.953	40.13	33.928	24.783	14.858	21.958	20.863	28.992	33.888	35.2	28.205
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Value	28.65	26.081	39.244	31.981	32.11	34.142	41.137	42.449	37.519	46.71	46.674	47.249	49.357	42.95	43.32	43.693	43.597	47.495	44.304	46.628
	49.204	45.004	47.609	46.22	47.6	47.982	47.223	49.566	48.27	46.54	43.319	46.382	42.269	32.813	33.575	33.067	34.245	37.82	40.277	40.354
	33.207	28.377	35.565	29.784	32.494	37.32	44.895	47.22	46.626	50.872	52.67	49.786	53.087	47.349	47.304	46.214	46.709	49.882	47.108	50.431
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Value	46.088	46.397	50.088	45.282	45.694	40.892	45.919	45.202	50.447	50.173	47.564	47.494	47.392	47.568	51.614	48.116	51.717	48.969	50.866	49.584
	39.672	43.831	44.066	42.891	42.952	40.541	42.248	42.55	47.714	42.842	38.559	41.039	38.619	43.905	47.755	39.618	45.414	46.671	43.457	45.338
	50.586	52.777	52.706	49.319	49.94	50.295	51.094	48.259	53.186	46.766	48.052	50.525	47.489	48.826	53.252	52.798	55.784	54.185	53.25	52.641
音框	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131									
Value	50.575	49.797	49.014	47.134	50.132	52.437	48.599	49.941	49.513	35.248	24.876									
	47.863	47.049	45.803	47.165	47.429	48.632	47.072	47.53	46.11	28.581	15.24									
	53.672	52.417	52.753	51.707	55.044	56.634	53.024	53.976	53.39	23.08	-2.4067									

表 20 音框所對應的狀態機率函數初始值 (作者ㄟ音, 3x140)

音框	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	Value	46.976	50.663	47.131	45.99	48.111	43.186	45.527	43.747	50.856	49.518	48.336	46.938	48.58	51.987	50.74	51.229	47.443	50.63	51.287	50.35
		41.147	45.184	44.718	41.435	45.486	43.575	36.075	27.787	39.81	41.033	34.02	40.233	40.182	46.259	47.771	46.118	37.496	40.326	44.098	44.616
		41.224	49.703	46.73	42.684	47.178	44.091	40.054	43.112	45.751	47.443	48.599	44.946	44.958	49.516	50.374	49.168	44.941	49.196	49.344	49.004
音框	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
	Value	47.741	52.335	51.436	49.491	48.803	40.027	40.121	36.834	38.159	41.069	41.669	46.491	44.414	48.626	50.532	48.753	46.997	44.434	46.212	45.813
		41.844	46.88	45.55	43.219	41.538	31.036	34.978	25.62	27.983	25.243	38.866	38.486	39.102	42.105	44.946	46.792	44.922	38.482	43.826	37.717
		48.422	53.263	52.243	48.27	47.637	38.921	36.456	24.996	34.246	29.229	35.24	40.416	44.82	47.846	50.641	46.995	47.374	41.212	47.983	43.162
音框	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
	Value	47.295	49.72	48.411	45.575	44.417	37.784	31.016	29.63	34.278	25.122	26.647	25.413	16.013	24.787	33.138	29.369	29.592	23.542	17.967	23.144
		42.946	43.934	44.969	39.465	42.127	33.759	32.476	30.655	39.001	34.804	34.823	34.78	32.515	36.061	43.874	37.766	39.243	35.149	27.771	26.872
		46.606	47.176	47.155	42.358	41.69	30.384	24.237	10.06	25.983	20.4	19.317	21.528	10.288	16.593	30.975	26.902	26.16	17.592	6.4632	15.608
音框	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
	Value	20.242	24.004	26.453	24.285	40.417	19.851	35.037	30.66	32.748	26.81	8.2936	27.031	32.572	39.022	32.272	30.053	26.919	20.811	29.758	36.971
		35.712	38.046	44.508	47.661	49.366	48.737	49.555	45.926	48.437	43.618	44.944	46.472	48.929	51.164	50.604	50.016	49.928	47.873	51.231	47.33
		23.428	26.495	31.814	36.889	45.091	37.362	42.342	36.649	39.452	35.219	30.596	35.127	39.796	45.359	42.146	40.708	40.125	38.649	44.85	44.196
音框	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	
	Value	12.209	-1.1117	19.384	27.277	31.882	36.986	36.563	30.292	32.076	28.917	27.655	22.765	27.384	33.218	40.374	33.886	30.897	30.454	37.372	36.815
		48.839	46.239	45.669	46.721	50.046	50.827	49.46	48.255	47.809	47.29	48.353	43.189	45.188	40.175	46.766	43.606	45.161	43.955	41.096	37.074
		35.768	30.13	36.757	39.632	43.004	45.069	44.702	41.237	41.765	39.533	38.087	34.704	40.054	37.514	42.794	40.892	40.146	39.055	39.146	41.829
音框	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
	Value	41.746	41.289	47.888	49.28	47.802	47.299	43.936	42.527	41.667	46.956	49.048	47.138	44.941	47.866	46.48	48.148	43.449	47.782	47.045	51.887
		44.886	39.398	46.775	44.452	43.859	44.8	40.398	42.059	42.227	42.325	42.985	38.211	40.284	43.68	45.72	46.484	39.714	39.6	37.463	42.809
		46.178	46.58	51.322	51.744	51.73	50.896	46.542	47.825	47.394	47.332	49.206	48.78	48.166	50.021	48.799	51.916	46.444	49.048	48.132	49.897
音框	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	
	Value	51.179	51.277	51.781	51.055	47.08	45.606	47.902	47.699	51.386	48.801	48.091	46.945	46.593	51.658	51.713	52.052	48.122	49.34	32.705	6.5086
		45.021	42.352	42.321	45.407	42.903	36.179	39.005	42.52	47.856	44.732	41.861	42.201	41.47	45.072	50.137	46.834	38.074	37.276	25.434	-8.6247
		52.517	50.007	51.274	50.666	48.919	46.734	46.941	51.256	51.976	50.724	48.726	48.882	47.085	52.343	52.59	53.378	47.283	49.403	30.552	-21.307