

第一章 緒 論

1.1 研究動機

在多年推行國語的使用之後，目前在台灣地區已有一些方言面臨快要消失的危機，比較嚴重的如客家語及原住民語，若不思考挽救，很可能將如台灣的平埔族一樣地消失掉。至於閩南語（或稱河洛語）雖有潛在消失之危機，但較不嚴重（因使用人數比其它方言多許多，且廣播、電視節目之製作也比其它方言多），並且學術界已有許多單位（如台大資訊，交大電信，成大資訊）已開始進行閩南語之語音合成及語音辨識的研究了，相對的，客家語、原住民之語音合成與辨識的研究，在國內的研究較少。也許就經濟效益、功利的觀點來看，客家語及原住民語因使用的人少，所做的研究成果會被認為是沒有市場價值，但是就保護文化資產、復興中華文化（客家語中保留了不少古代的中原音韻及詞彙）的觀點來看，研究客家語的電腦語音合成是一件很有價值的事，並且客家語語音合成軟體發展出來後，會因個人電腦的普遍流行，比老師教來得方便，而增加學習客家語的機會與意願。目前保護動物，保護環境的觀念已愈來愈普遍被接受，而客家語等方言，算是文化資產，尤其應該被保護、留存。

客語在台灣，是大約三百萬人口的母語。客家文化在政府推行國語運動的影響下，已經逐漸的消失了，尤其是在中部地區，客家文化的流失更是嚴重，甚至他們都已經被同化而不承認自己是客家人了，客家之所以稱為客家，就是因為他們的適應力特別強，為了生活，可以四處為家，可以漂泊異地，早期的客家人保有傳統的客家精神---「勤儉」、「硬頸」、「念祖」、「團結」、「凝聚力強」，所以客

家文化尚能保存，現在的客家人，由於通婚、文化交流，已經不介意自己的文化了。不過近年來，有一群文化工作者，默默的在為客家文化的保存而努力，加上解嚴後，多元化社會的興起，客家文化正逐漸的起死回生。鄉土教育應落實在語言文化的熟悉、讓各族群的人都能在教育的推廣下，健康而又自信的承繼他們的母語文化。

1.2 語音合成系統回顧

如果把輸出語音的功能，認定是語音合成，則一些使用語音編碼技術[Jayant, N.S., et al., 1984]，來達成輸出固定文句的語音的系統，也可說是具有語音合成功能的系統。不過，我們研究客家語語音合成的目標是建立一個能接受廣泛、事先未知文句內容的文句翻語音系統，並且客家語和許多漢語方言一樣，是一種具有聲調及以音節為基礎的語言，因此，我們將先回顧前人關於國語文句翻語音系統所做的研究，並以他們的成果作為我們的研究基礎。由於所要合成的句子事先並不知道，因此無法事先錄可能被播放的文句的語音信號，而必須選取適當的語音單位（如音節）作為分析、串接合成的單位，再依文句的前後文裡的資訊，來決定各組成音節的韻律參數值。

可能被當作語音合成的語音單位有：音素（phoneme）、音節（syllable）、連音（diphone）[Richard Sproat, 1998]、詞（word）和片語（phrase）等。使用大的合成單位（如詞、片語）可免除合成單位間因串接處理而產生的信號特性不連續，而能產生較自然的語音，此種作法勢必要使用大量的記憶空間來儲存數量眾多的基本合成單位。相反的，如果使用較小的語音單位（如音素），雖可減少記憶空間，卻會因單位間的串接處理，而產生更多的信號不連續，使合成的

語音品質下降到不能被接受，因此，我們仍將延續以前很多人選取的音節單位。

當使用音節單位來合成語音信號時，若能預先錄好各種連接情況下的音節信號，然後，在合成一個文句的語音時，依據一個字的前後字的資訊（如詞類、詞長），來選出較合乎語境的音節信號，則合成出來的語音會較為自然、流利。過去，已有不少的研究者提出、採取前述的作法，來製作國語及閩南語的文句翻語音系統[陳昭宏, 1998][周福強, 1999][楊智祥, 1999]。

文句翻語音系統對輸入的文句做一系列的分析處理，最後產生出文句所對應的語音波形。文句翻語音系統的架構，一般來說如圖 1.1 所示[Wang, R. H., 1998][簡敏昌, 2000]，分成三個主要的組件，即文句的分析處理，韻律參數的產生，和語音信號的合成。

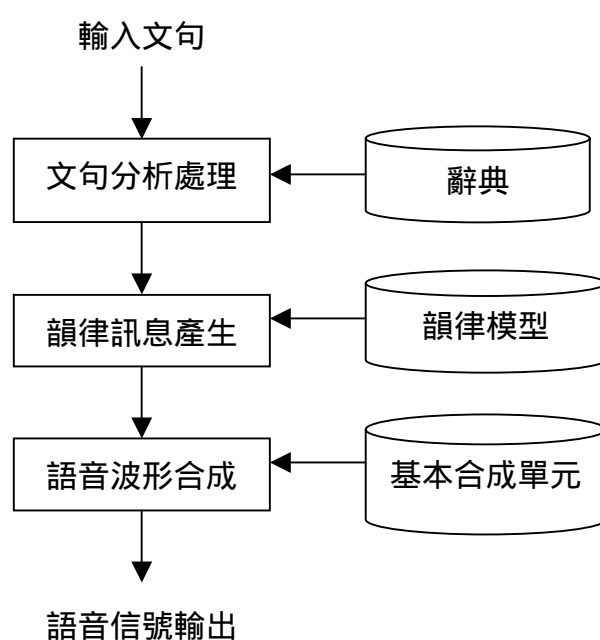


圖 1.1 文句翻語音系統架構圖

經由文句分析處理，可以得到一個句子的組成字的音節種類、聲調、詞內位置和呼吸群邊界等資訊，這些資訊可傳給韻律訊息產生組件來利用。韻律訊息產生組件接收前一組件的資訊後，可據以產生有

關的韻律參數的數值，例如基週軌跡、音長、振幅和音節前的停頓長度等[Lee, L.S., et al., 1993][Chen, S. H., et al., 1998][黃紹華, 1996]。若能正確地決定出這些韻律參數的數值，將可大幅地提升合成語音的自然度和可理解度。

語音波形合成組件要依據韻律訊息產生組件所產生的韻律參數，來產生每個音節對應的語音信號波形。在這一階段可用的信號波形合成技術可分為三類，時域[Moulines E., et al., 1989][Gu H. Y. and Hsu W. L., 1998]、頻域[Klatt D., 1980]及混合域[Chiou H. B., et al., 1991]。其中屬於時域的 TIPW(Time-Proportioned Interpolation of Pitch Waveform)法，是本實驗室所提出的方法，它的特色是可以大幅減少 PSOLA 法裡會產生的回音(reverberation)與雙聲(chorus or dual tone)的現象。

1.3 採取之研究方法

過去，本實驗室的學長研究國語語音合成[許文龍, 1996]，錄製國語的 409 個第一聲之音節作為合成單元(一種音節只用了一個音節信號檔)，合成出的句子語音也能具有一定的自然度與清晰度，因此，我們在初次研究客家語的語音合成時，將沿續採取同樣的方法，以 736 個不同的“海陸”客語音節作為合成單元，錄音時唸客語第五聲調(類似國語的第一聲調)，或第四聲調(入聲韻時)，將來作語音信號的合成處理時，再利用此 736 個客語音節信號來產生出其他聲調的音節信號。

關於信號合成的方法，我們採用的是基週波形時間比例內差法(Time Proportioned Interpolation of Pitch Waveform, TIPW)的技術[Gu H. Y. and Hsu W. L., 1998]。此技術合成的語音信號，其音質和其他時

域方法合成的一樣清晰，並且它可以容易的接受音調（基頻軌跡）及音長的調整，較具有彈性以配合韻律產生組件的需求。對於入聲韻音節的信號合成，我們的構想是，把音節結尾部分以塞音（stop）的處理方式來處理（就像音節前的塞音）。

一個客語文字單獨唸時和在一句子裡的唸法是不一樣的，而需考慮破音字、變調的問題，目前我們將採取簡單的查詞典作法，來對付破音字問題，而把重心放在語音信號合成及韻律參數值產生。一個音節要唸出的音強、音長與基週軌跡會因前後音節的音節種類、聲調及詞類句型而有所改變，因此必須調整組成句子各個音節的韻律參數，以提高合成語音的自然度。在音強、音長兩參數方面我們採取的是規則式（rule-based）的作法，參考的是前人對於國語音節音長的研究成果[任文采,1997]，再加以修改，以含蓋客語有而國語沒有的音節。

根據我們的分析觀察，海陸客語的聲調個數雖然比國語的聲調數多出 2 個，不過，其中兩個屬於入聲聲調，我們推斷電腦語音合成的實踐上，並不需要把入聲當作獨立的聲調來處理，而可以當作時間長度較短的其它等值聲調，再者，入聲除外的五個聲調，初步分析發現，每一個都可約略找出一個與它對應的國語聲調，因此，我們推測，以前為研究國語語音合成而花費不少心力去訓練得到的國語聲調之基週軌跡參數，可以借用過來作為客語聲調的軌跡參數（我們相信閩南語及其它漢語方言應也有類似情形），這樣的推測，正是我們的研究要去實做、驗證的一點，若推測大致正確（並不需要 100% 正確），就可為客語及其它方言的語音合成研究，節省不少的時間及資源。海陸客語之聲調和國語聲調的對應關係，詳細情形請參考 2.6 節。

1.4 章節概要

本論文共分為六章。第一章為緒論，概述了研究動機、過去的研究情形，以及本論文所使用的方法。第二章則是介紹海陸客語的音韻與聲調及變調規則，探討國語聲調與客語聲調間的關係。第三章則是敘述國語文句轉成客語文句，以及韻律參數訊息的產生。第四章將說明客語語音信號的合成。第五章描述客語音節錄音的方式，合成語句的聽測評估。第六章則是總結與討論。

第二章 海陸客語音韻與聲調

2.1 客語之腔調

臺灣的客家人由於來源不同，客語的腔調也因地區而異。目前在台灣使用的客家語腔調，依據分布的狀況，大致可分為四縣腔、海陸腔、大埔腔、詔安腔等四種主要腔調，另外還有饒平腔、永定腔在部分地區使用。四縣腔是台灣客家語中最通行的腔調，全台灣只要有客家人的地方，大部分都能用四縣話溝通。海陸腔是台灣客家語的第二大腔調，由於聲調與四縣腔聲調的對應很有規律，以及使用人口不少，所以大部分的客家人在溝通上不成問題。

學者專家認為，客家話最初只有一種，即是現在的四縣腔，為較純正的、標準的客家話，因為中國大陸的興寧、五華、平遠、蕉嶺及梅縣為純粹的客家住縣；然而，中國大陸的海豐、陸豐兩縣並非純粹的客家住縣，有許多的鶴佬人（或者學老人、河洛人，即閩南人）及當地的土著，混音的結果，使四縣腔漸漸轉變為海陸腔[臺灣客家公共事務協會, 1991]。而饒平腔由於地理因素，兼具四縣腔、海陸腔、及鶴佬話的特色。另外，還有一種「詔安腔」，源自福建省詔安縣，在雲林縣二崙、崙背及西螺地區的客家庄，本來也有講詔安腔的，但因四周被閩南語群包圍，缺乏和外地客家人交流，導致嚴重的「鶴佬化」，詔安腔已日漸式微。客家話中，仍含有許多古代「雅言」的成分，甚至有些比現在的國語還要文雅。像客家話稱「我」為「吾」（稱「他」為「其」，稱太陽為「日」，稱鍋子為「鑊頭」，稱「沒有」為「無」，稱「吃」為「食」等，這些都是古代的「雅言」，正統文學中常用的字彙。

由於客家人的遷移轉徙，使得各地的客家話有著些許的差異，例如四縣人講「恁仔細」（謝謝），海陸人講「承蒙」；四縣人「洗身」（洗澡），而饒平人「沖浴」等。雖然是截然不同的詞彙表達方式，但一般懂得四縣腔、海陸腔，或是再加上饒平腔客家人，在溝通上不會有問題，聽起來同樣倍感親切及溫馨。雖然四縣腔在台灣或是海外都是較通行的腔調，不過因為四縣腔的去聲沒有分陰陽，所以海陸腔比四縣腔多出一個聲調，且海陸腔的韻律較為複雜，所以我們選擇研究海陸腔客語語音合成，若能成功合成出海陸腔客語，則其它腔調的客語次方言，便可由其互相對應關係合成出其它腔調的客語語音。

2.2 音標符號

台灣地區較常被採用的音標符號有 TLPA（台灣語言音標方案）、教會羅馬字、注音二式、及漢語拼音四種，不過，台北市的客家台語教材使用另一套音標，叫台灣通用（台通）音標，是教育部教改會所制定建議的。另外，還有一套由國際音標符號集（IPA），修改成可以做電腦輸入的 CIPA。本論文所採用的音標系統是參考台北市客家台語教材的台灣通用音標乙式，以字母 b 表記ㄅ，取消字母 j、q、x，在入聲的字母方面，仍維持採用 p、t、k。台灣通用音標是比較符合台灣目前幾個語言族群需求的音標系統。下頁列出幾個不同的音標系統，對於聲母的音標例子，如下頁表 2.1 所示[台北客家台語教材]。

2.3 海陸客語的聲母[台北市客家台語教材]

客家話聲母部分，最具代表性者，有三者、即 v-、t-、ng-，母語非客語人士學習客語時，最不容易咬音準確的就是這三個聲母。

v-，上齒輕咬下唇，發聲時氣流輕輕摩擦而出口，國語無此種聲

母。

t-，國語（ㄊ） 閩南語（t-）皆有，但是極大多數國語、閩南語之 d-（ㄉ）聲母字音，如聲調是陽聲調，即調號是 5、7、8（陽平、陽去、陽入）者，客語皆發 t-聲母。

ng-，國語無此聲母，閩南語雖有，如雅（nga） 誤（ngo），卻不如客語普遍，可以作為鑑別客家口音之準則。

當ㄗ(z)、ㄘ(c)、ㄙ(s)後面接細母音 i 時，發音會改成ㄗ(z(i))、ㄘ(c(i))、ㄙ(s(i))詳細的客語聲母如表 2.2 所示，共有 24 個，比國語多了兩個聲母，即 v 與 ng。

表 2.1 聲母拼音對照表

注音符號	舊 TLPA	新 TLPA	CIPA	漢語拼音	羅馬音標	通用音標 乙式
ㄅ	p	p	p	b	p	b
ㄆ	ph	ph	P'	p	ph	p
ㄇ	m	m	m	m	m	m
ㄈ	f	f	f	f	f	f
ㄎ	v	v	w	v	v	v
ㄉ	t	t	t	d	t	d
ㄊ	th	th	t'	t	th	t
ㄋ	n	n	n	n	n	n
ㄌ	l	l	l	l	l	l
ㄍ	k	g	k	g	k	g
ㄎ	kh	k	k'	k	kh	k
	ng	ng	ng	ng	ng	ng
ㄏ	h	h	h	h	h	h
ㄗ	ts(i)	c(i)	ts(i)	j	ts(i)	z(i)
ㄘ	tsh(i)	ch(i)	ts'(i)	q	tsh(i)	c(i)
ㄙ	s(i)	s(i)	s	x	s(i)	s(i)
ㄗ	ts	c	ts	z	ts	z
ㄘ	tsh	ch	ts'	c	tsh	c
ㄙ	s	s	s	s	s	s
ㄗ	ch	z	ch	zh	ch	zh
ㄘ	chh	zh	ch'	ch	chh	ch
ㄙ	sh	sh	s'	sh	sh	sh
ㄣ	j	j	-	r	j	rh

表 2.2 海陸客語聲母符號及字例

國語注音	ㄅ	ㄆ	ㄇ	ㄈ		ㄉ	ㄊ	ㄋ	ㄌ	ㄍ	ㄎ		ㄏ		ㄗ	ㄘ	ㄙ	ㄗ	ㄘ	ㄙ	ㄗ	ㄘ	ㄙ		
客語音標	b	p	m	f	v	d	t	n	l	g	k	ng	h		z(i)	c(i)	s(i)	zh	ch	sh	rh	z	c	s	
客語字例	爸背八保兵	皮破白爬彭	米毛無目望	花胡火虎富	萬文武烏王	知得多打到	代豆度淡地	腦嫩暖納能	來論料落老	高慣見街交	看寬科奇求	你人我牙牛	學何氣下嚇	晉晶拴樵津	取淺清淨疾	相祥秀笑箱	紙志真針汁	陳深直昌長	詩食水睡十	衣雨一藥英	資子早曾爭	自慈倉曹操	私士事帥生	安愛歐亞惡	

2.4 海陸客語的韻母

最能代表客家話的音韻，除了 v、ng、t 等聲母外，韻母中的 -on、-oi、-eu 也是母語非客語人士最不容易發音正確的音韻[台北市客家台語教材]。韻母中的入聲音是現代國語所失去的音韻，客語中還保留三種入聲韻尾，即入聲音節的結尾為 -p、-t、-k 三種音素中的一個，至於閩南話則還有第四種入聲韻尾 -h（像白 beh）詳細的客語韻母如表 2.3 所示，總共 70 個，其中 25 個為入聲韻母。

2.5 海陸客語的聲調

2.5.1 聲調的名號

海陸客家話總共有七個聲調，分別是，陰平（調號 1）陰上（調號 2）陰去（調號 3）陰入（調號 4）陽平（調號 5）陽去（調號 7）陽入（調號 8），如表 2.4 所示[台北市客家台語教材]。

2.5.2 變調規則

變調是指漢字發音時，聲調會因為前後所接之字的聲調的影響而

表 2.3 海陸客語韻母

舒聲韻（開尾韻）	陽聲韻（鼻尾韻）			入聲韻（塞尾韻）		
a	am	an	ang	ap	at	ak
ai						
au						
o		on	ong		ot	ok
oi						
e	em	en		ep	et	
eu						
i	im	in		ip	it	
ia	iam		iang	iap	iat	iak
io		ion	iong		iot	iok
ie	iem	ien		iep	iet	
ieu						
iu		iun	iung		iut	iuk
iau						
ioi						
u		un	ung		ut	uk
ua		uan	uang		uat	uak
ui						
		uen			uet	
uai						
ii	iim	iin		iip	iit	

表 2.4 海陸客語聲調表

調名	陰平	陰上	陰去	陰入	陽平	陽去	陽入
調號	1	2	3	4	5	7	8
字例	夫	虎	富	福	湖	護	復
拼音	fu ¹	fu ²	fu ³	fuk ⁴	fu ⁵	fu ⁷	fuk ⁸
調值	↘ ₅₃ 高降	↗ ₂₄ 上升	┘ ₁₁ 低平	┘ ₅₅ 高短	┘ ₅₅ 高平	┘ ₃₃ 中平	┘ ₂₁ 低短

產生變化，變調是有規則可遵循的[台北市客家台語教材][盧彥杰，1999]。當本字為數量詞時，皆不變調，而一般常見的變調規則如下：

1. 陰上聲（調號 2）在詞語中，後面接任何聲調時，本調皆變調成陽去聲（調號 7）。例如：火車 fo^{2-->7} cha¹、緊要 gin^{2-->7} rhau³
2. 陰入聲（調號 4）在詞語中，後面接任何聲調時，本調皆變調成陽入聲（調號 8）。例如：的確 dit^{4-->8} kok⁴、出力 chut^{4-->8} lit⁸

3. 除了高平調的陽平聲（調號 5），高短調的陰入聲（調號 4）兩者之外，在重疊詞中（當形容詞或是副詞），為了達到「由低至高」的強調效果，不論本調是什麼調值，前字一律改為陰上聲或是陰入聲（調號 2 或 4）。而本調如是陽平聲、陰入聲就無此現象，其原因是陽平聲與陰入聲之調型是在高處開頭，不需要再使用高昇調來提高調型以增加效果。例如：

陰平聲：冷冷 lang^{1-->2} lang¹

陰上聲：死死 si² si²

陰去聲：對對 dui^{3-->2} dui³

陽去聲：淨淨 ciang^{7-->2} ciang⁷

陽入聲：著著 chok^{8-->4} chok⁸

2.6 客語和國語聲調之比較

國語聲調因為時間的演進，入聲轉變成輕聲，以前研究國語語音合成的經驗是，輕聲的基週軌跡可看成是時間減短的第三聲的軌跡，因此，我們推測客語中兩個入聲調的基週軌跡，可借用其它聲調的軌跡，然後把時間長度縮短，此外，客語中的其它聲調的調值或音調走勢，和國語的聲調調值，有許多相似的地方，所以，我們便有建立客語聲調和國語聲調對照表的想法，然後利用學長以前研究國語語音合成時得到的基週軌跡產生模型及其參數，來產生出客語聲調的基週軌跡，如此作法若能成功，一者可節省客語語音合成的研究資源（研發時間及人力），再者可作為實務上的佐證，即漢語各方言裡的聲調其實很多都可以互通的。我們建立的對照表如表 2.5 所示，客語的第一、二、四、五和八聲的聲調音高變化，很直覺的可以分別對應到國

表 2.5 客語聲調與國語聲調對照表

客語聲調調號	國語聲調調號
1	4
2	2
3	3
4	1
5	1
7	3 或 5
8	3

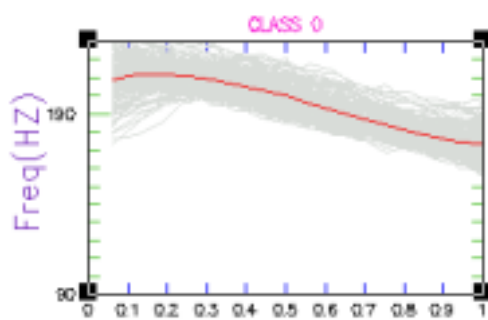
語的第四、二、一、一和三聲，客語的第三聲單獨唸時雖然比國語的第三聲低平，但是在句中則會因為前面所跟的聲調較高，而產生與國語第三聲相似的走勢，因此客語的第三聲可以對應到國語的第三聲。至於客語的第七聲，音高介於國語第三聲與國語輕聲之間，所以客語第七聲可對應到國語第三聲或是輕聲，根據實驗結果，客語第七聲對應到國語的第三聲效果會較好。

表 2.5 的對應關係，初看時可能會覺得粗略或奇怪，不過音節單獨唸的基週軌跡波形與在句中的基週軌跡波形是不一樣的，比如單獨唸的國語第四聲的基週軌跡波形應該是由高至低，在句中則可能有先升再降的現象，如 2.1(c)，圖 2.1 裡的 8 個第四聲的基週軌跡圖形是學長[楊仲捷, 1999]研究產生的，有的變化趨勢緩和，有的則是走勢較為陡峭些，並且絕對值方面有高有低，如圖 2.1(a)的軌跡比圖 2.1(b)與(d)裡的高許多，所以，第四聲單獨唸時的軌跡和在句中的軌跡，是有很多差異的地方。

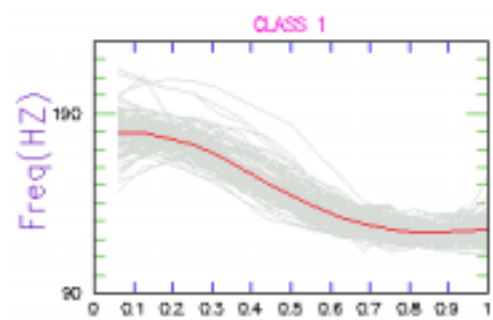
圖 2.2 則是列出國語第二聲的八個基週軌跡圖形，其來源也是[楊仲捷, 1999]，單獨唸的國語第二聲調的走勢應該是由低至高，如圖 2.2 中的(a)，但是在句中的聲調走勢有時會較為平坦，有時則是會稍微先低再高，如圖 2.2 中的(c)，其絕對值也是有高有低，像是圖 2.2(c)的絕對值明顯比其它的高出 30-40Hz，可能是前面所跟的聲調音高較

高所致。

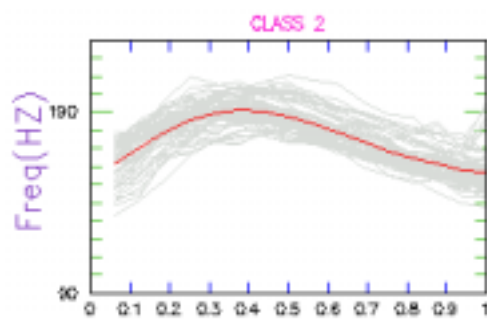
圖 2.1 與圖 2.2 說明了聲調的基週軌跡，在單獨唸時與在句子中的基週軌跡圖形會有不一致的情形，因此在合成語音時，依前後音節的影響選取適合的基週軌跡是很重要的。所以，圖 2.1 與 2.2 可佐證表 2.5 裡的聲調對應關係，以句子語音合成的觀點來看，是有根據的、可行的，我們將據以製作客語語音合成軌跡，來作實驗驗證。



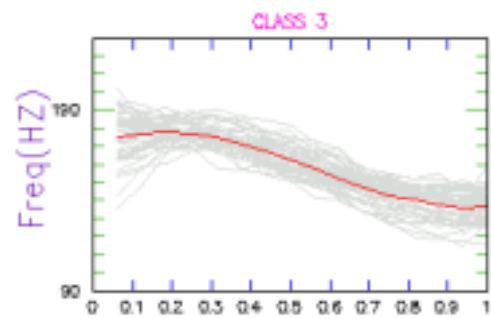
(a)



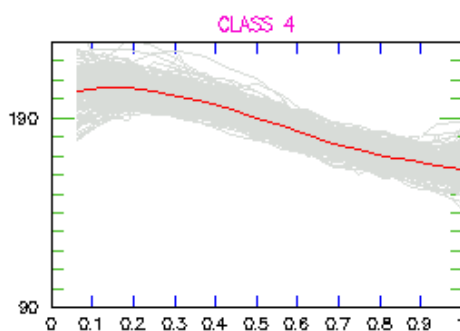
(b)



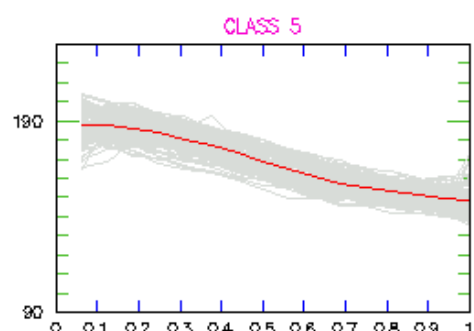
(c)



(d)



(e)



(f)

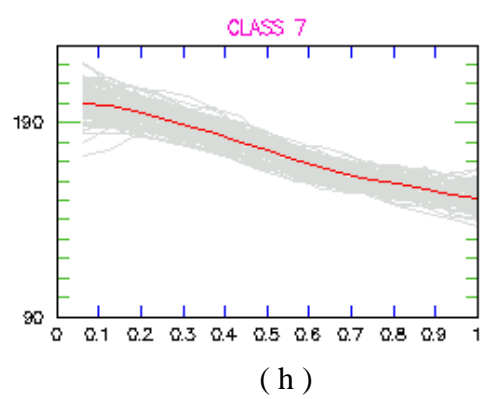
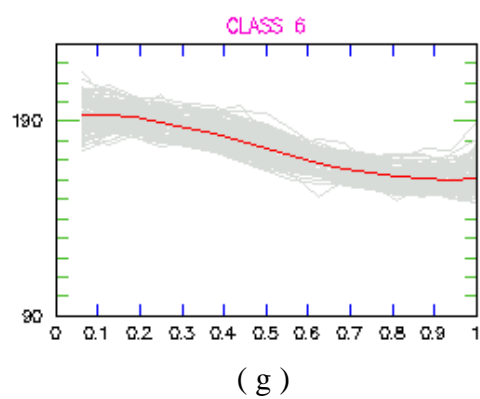
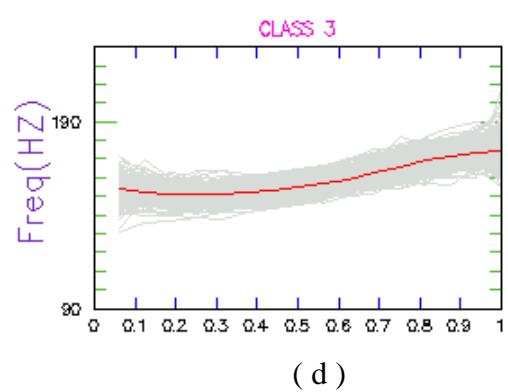
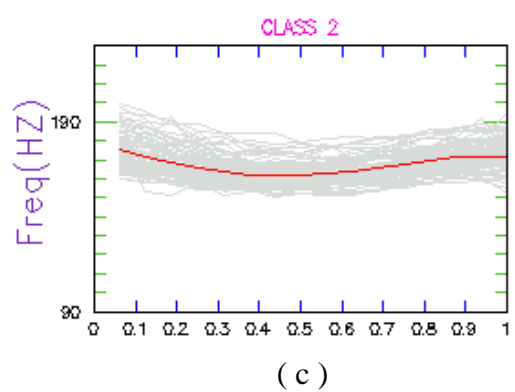
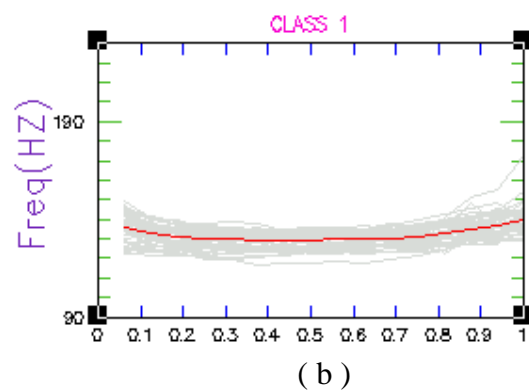
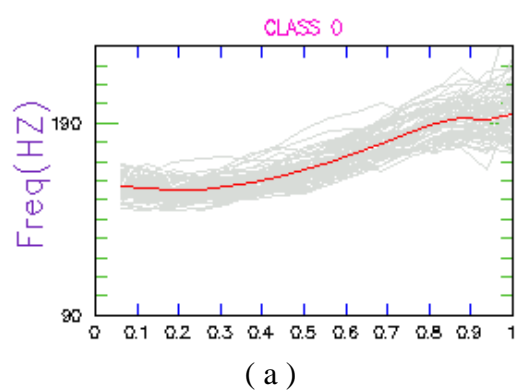
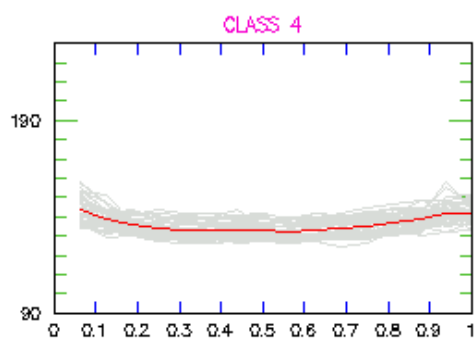
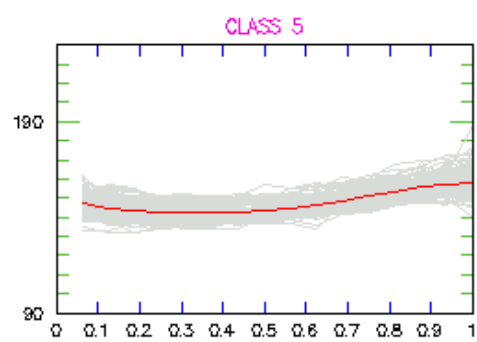


圖 2.1 國語第四聲基週軌跡圖[楊仲捷, 1999]

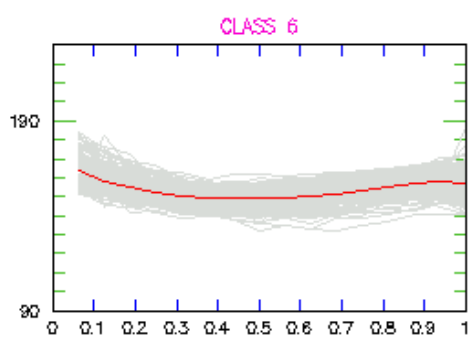




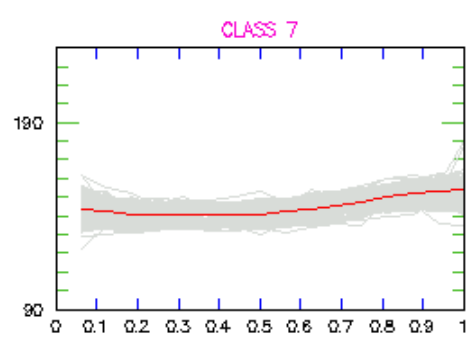
(e)



(f)



(g)



(h)

圖 2.2 國語第二聲基週軌跡圖[楊仲捷, 1999]

第三章 文句分析與客語韻律參數產生

在一個文句翻語音系統內，文句分析組件的功能是，將輸入文句的各個字的正確發音（音節、聲調）分析出來，這就牽涉到詞典之建立，斷詞處理，破音字選音，變調處理等工作，此外呼吸群之決定也是文句分析的另一項工作。由於本論文是進行客語語音合成的初步研究，且重點是放在信號波形合成和韻律參數產生，所以文句分析部分較為簡陋，需要補強、改進的地方很多。

3.1 文句分析

3.1.1 詞典整理

客語文句與國語文句一樣，可看成是由一序列的中文字串接而成，在文句中表達語義的最小單位是詞，因此，斷詞就形成了一個很重要的工作。但是在文句中，詞和詞之間並沒有明顯的符號可以區別開來（如英文中詞和詞之間會以空白隔開），有時也會出現一串文字有許多不同的斷詞方式，而造成斷詞的錯誤。斷詞的一種基本作法是“查字典”，因此在能夠以查詞典來做斷詞之前，我們必須先建立客語詞彙的詞典。

我們參考了前人的著作[涂春景, 1998][盧彥杰, 1999]，建立了簡略的國語詞彙對照客語詞彙的一字詞、二字詞、三字詞和四字詞的詞典。因為人力有限，及各地客語的音調歧異不少，所以收錄的詞彙數量有限，本論文收錄的詞彙數量如表 3.1 所示，仍需再補充增加正確的海陸客語詞彙。

表 3.1 海陸客語詞彙個數

	字典	一字詞	國、客語 相同之 二字詞	二字詞	三字詞	四字詞
個數	10898	168	25796	1440	556	256

3.1.2 國語詞語轉客語詞語

當輸入國語文句後，我們以長詞優先法則來做斷詞處理，所謂長詞優先法則是指先從四字詞典開始搜尋比對，如果找不到，則依次再從三字詞、二字詞、一字詞的詞典中搜尋比對，其流程如圖 3.1 所示。考慮到詞典將來會繼續擴增詞語數量，並且搜尋的次數頻繁，故詞典中的詞語要先做排序，以便能以 binary search 演算法來對詞典作搜尋，而提升處理的速度。當我們在詞典中找到國語詞語後，便可得到相對應的客語文字與音標。

前面有提到，詞是在文句中表達語義的基本單位，而我們主要是依賴詞典來作斷詞的處理，如果詞語的數量更多，斷詞處理的效果會更好，所以我們也考慮到國、客語文字相同的二字詞處理，如圖 3.1 所示，遇到國、客語文字相同的二字詞時，字的音標是要查詢發音字典，因為一字詞詞典內所收錄的是國、客語文字不同時的發音。

在客語的文句中，有些字的注音並不是固定的，即破音字，有些雖然字義相同，但在唸法上卻有讀音和語音的不同。對於破音字及讀音、語音的處理，我們主要是以詞典搜尋來決定二字以上之詞語的音標，如果多字詞的詞典查詢不到，最後會去查單字詞之詞典，單字詞典裡紀錄各個中文字的最常用之發音。在經過文句分析處理後，就可以找到客語文句中各字的音標。

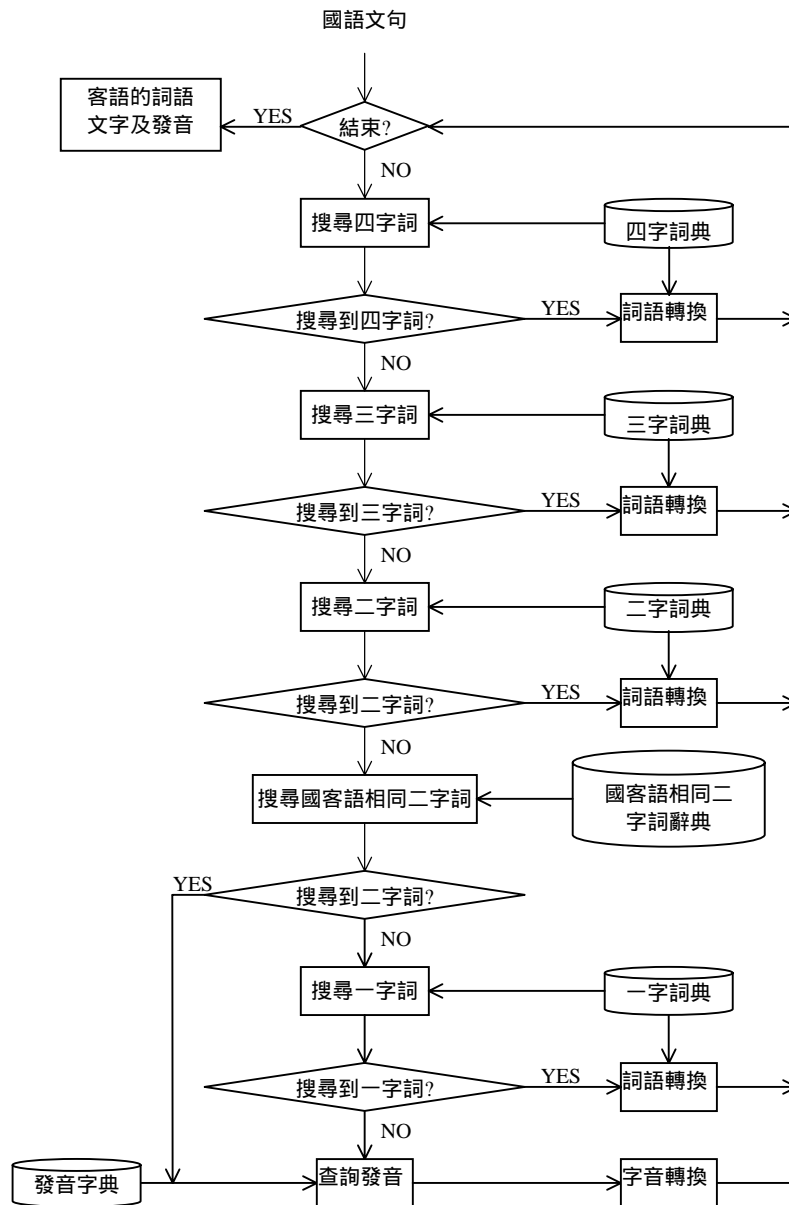


圖 3.1 國語文句轉客語文句流程圖

3.2 韻律參數值設定

由於非入聲韻的音節，我們只錄第五聲者的信號波形作為音源，而入聲韻音節只錄第四聲者的信號作為音源，所以，所錄製的客語音節的音源信號，其音調、音量、和音長等之韻律參數值是固定的。但是在組合成句子時，會由於前後音節、句子的結構、語意不同，必須

對這些音節的韻律參數加以修正調整，如此合成出的句子才會比較自然、流利。在作修正處理時，需要依據前人關於韻律參數產生的研究成果和不斷的試聽改進，才能得到較好的結果。本系統裡，我們主要是依據前人在國語文句翻語音系統所建立的韻律規則及韻律模型[許文龍, 1996][楊仲捷, 1999]。

3.3 基週軌跡設定

客語和國語一樣都是聲調語言(tone-language), 聲調具有辨義功能，因此扮演著重要的角色。在第二章我們有提到，一種聲調單獨唸時的基週軌跡和在句中的基週軌跡，其軌跡趨勢和絕對高度是會有所不同的，因此，前人的研究中，已針對這樣的現象提出一些不錯的基週軌跡變換規則[Lee, L. S., 1993]，這裡舉出二個變換規則的例子如下，其中有化底線之部分表示改變聲調軌跡的地方。

(一)、 $\underline{1a} \ 1a \rightarrow \underline{1b} \ 1a$ ：兩個第一聲連在一起時，前面第一聲的聲調下降率會比正常的第一聲減少 20% 左右。

(二)、 $\begin{matrix} 3a & 3b \\ 1a \ 7a \rightarrow 1a \ 7b \\ \underline{8a} & \underline{8b} \end{matrix}$ ：第三或七或八聲前接第一聲時，第三或七或八

聲的音調會下降約 20% 左右。

初步實驗的結果是，若每個聲調只提供兩個基週軌跡，然後配合使用變換規則，所合成出來的語音信號效果，不是很好，感覺不像是人唸的。

由於幾種韻律參數中，基週軌跡是最重要的一個，因此本論文將參考使用過去學長的具有不錯成效的研究成果，也就是使用以向量量

化 (VQ) 與隱藏式馬可夫模型 (HMM) 為基礎，而稱為句子基週軌跡隱藏式馬可夫模型 (SPC-HMM) 法之基週軌跡產生法，其特點是透過所提出的音高正規化作法，可大幅減少準備訓練語句的人力花費，並以隱藏式馬可夫模型來對整個句子的基週軌跡作考慮，可免除規則依循方法的規則擷取的困難。SPC-HMM 除了考慮到一個音節的基週軌跡會受音節本身的組成音素、聲調、及相鄰音節的影響外，也考慮到整句話的行進所帶來的影響。

SPC-HMM 之建立基本上是以 HMM 的三個隱藏式狀態來對應一個句子 (或呼吸群) 內的”句首”、”句中”與”句尾”等三個隱含的韻律狀態，由於韻律狀態的轉移是只能前進不能後退的，所以韻律狀態的轉移情形就如圖 3.2 裡的情況，詳細做法可參考[楊仲捷, 1999]。

在本研究中，我們依據表 2.5 中客語聲調與國語聲調的對照關係，先將客語聲調對應至國語聲調，再提供斷詞產生的詞邊界等資訊，以傳送參數的方式，呼叫學長的程式，來獲得各音節的基週軌跡之韻律參數。舉例來說，假設輸入的國語文句是”今天天氣很好”，首先做國語轉客語的動作，找出客語文句是”今晡日天時當好”，然後將客語文句各音節的聲調對應成國語的聲調，再使用國語聲調及詞邊界資訊作為參數，去呼叫學長的程式。一個音節的基週軌跡是以時間正規化過的 16 個時間點上的頻率值來表示，依據這些頻率值，就可以內差方式，算出一序列的基週長度值，詳細作法請參考 4.2 節。

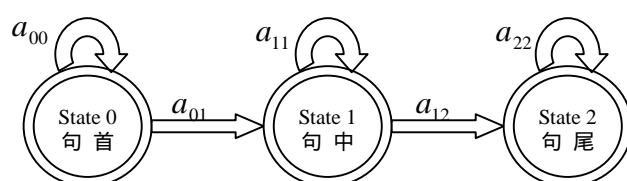


圖 3.2 韻律狀態轉移圖

3.4 音長的設定

人類發出的自然語音信號，一個音節的時間長短會因前後文、語意的影響而有所變化的，但是在所錄的音節的音源信號波形中，音節的長度是固定的。因此，需要做一些音長上的調整，來增加節奏上的變化。本論文原先參考[任文采,1997]關於國語文句中單音音長的研究，不過實驗聽測發現，所產生出的音長參數值並不理想，因此，我們考慮韻母對於音長的影響應該比較大，所以對公式的係數作了調整，所使用的公式如下：

$$L = 0.2x + 0.6y + 0.2z \quad (3.1)$$

其中 L ：音節時間長度的預測值，需乘以一個常數（如 8640，大約 0.4 秒），以計算出實際的秒數。

x ：音節子音之平均 Ratio 值

y ：音節母音之平均 Ratio 值

z ：音節聲調之平均 Ratio 值

其 Ratio 值如表 3.2、表 3.3 及表 3.4 所示：

表 3.2 聲母音長 Ratio 值

聲母	Ratio 值	聲母	Ratio 值
b	0.82	h	1.06
p	1.03	z	0.98
m	1.06	c	1.13
f	0.90	s	1.18
v	0.90	zh	0.95
d	0.84	ch	1.20
t	1.03	sh	1.16
n	1.12	rh	1.09
l	0.95	z	0.91
g	0.90	c	1.12
k	1.05	s	1.19
ng	1.12	null	0.97

表 3.3 聲調音長 Ratio 值

調號	Ratio 值
1	1.00
2	1.04
3	0.92
4	1.03
5	1.03
7	0.92
8	0.92

表 3.4 韻母音長 Ratio 值

韻母	Ratio 值	韻母	Ratio 值
a	0.92	iong	1.05
am	1.08	iot	0.91
an	1.07	iok	0.91
ang	1.08	ie	1.00
ap	0.90	iem	1.16
at	0.90	ien	1.10
ak	0.90	iep	1.07
ai	0.97	iet	1.07
au	0.95	ieu	1.12
o	0.94	iu	1.08
on	1.10	iun	1.21
ong	1.10	iung	1.21
ot	0.92	iut	1.03
ok	0.92	iuk	1.03
oi	0.99	iau	1.00
e	0.92	ioi	1.02
em	1.08	u	0.91
en	1.07	un	1.14
ep	0.90	ung	1.00
et	0.90	ut	0.88
eu	0.95	uk	0.88
i	0.91	ua	1.09
im	1.07	uan	1.13
in	1.06	uang	1.17
ip	0.89	uat	1.02
it	0.89	uak	1.02
ia	1.12	ui	1.08
iam	1.10	uen	1.02
iang	1.10	uet	0.99
iap	0.94	uai	1.06
iat	0.94	m	1.06
iak	0.94	n	1.07
io	0.99	p	1.03
ion	1.05	t	1.03

音節長度除了受子音、母音和音調的影響外，也會隨著在句中的位置而有所不同，例如音節在句尾時音長應該要比在其它位置長，所以我們會再判斷音節是否在句尾，然後再決定要不要再加長音節的長度，其決定方式是，若是分號、句號加長 20 毫秒，其它的加長 10 毫秒。此外，詞語在句中的音長也要做調整，二字詞要乘上 0.94，三字詞要乘上 0.90，四字詞則是要乘上 0.88。

入聲韻方面，在一開始計算音長的 ratio 值時，其聲調的 ratio 值是对國語的輕聲，經由公式算出 ratio 值後，還要乘上 0.735，這樣才能表現出入聲韻的短促感。另外有個口語音 / e / 在唸時，音長要比其它音節短些，聽起來才會比較自然，所以當 / e / 單獨形成音節時，其音節長度是乘上 0.5789。

3.5 音量的設定

單音在文句中的音量，原本我們是參考[潘能煌,1998]的研究成果，但是產生出來的參數值在聽測實驗時感覺不理想，可能是因為我們所用的麥克風特性與潘能煌研究時所用的麥克風的不一樣，而造成產生出的音量參數不適合我們使用。我們後來採取以前學長的音量設定方式，當 / e / 單獨形成音節時，此音節音量要減少約 5dB，其它音節的音量調整主要是依據韻母的種類來決定，此外也和所在的句中之位置有關係，其設定方式如下：

當韻母為 / i / 時，此音節音量要減少約 4dB；

韻母為 / u、ou、ai、an、uan / 時，此音節音量要減少約 2dB；

韻母為 / a /，此音節音量不變；

韻母為 / au、an、o /，此音節音量要減少約 1dB；

其它的則是減少約 3dB。

句子的開頭：

第一個字的音量要加重 2dB。

在詞語之首：

第一個音要加重 1dB 以強調此詞語。

在錄音時，所錄音節的音量會因為嘴形而有所不同，所以在調整句中各音節的音量前，要先作音量正規化，也就是把音節信號波形的最大振幅都調整到一個定值（如 15000）。

3.6 停頓的規則

停頓的規則可分為句子因語意的停頓和一個句子告一段落的停頓。前者因為需要文法上的結構和語意分析，才可以決定，相當的複雜不容易，需要花很多的時間，在此我們並沒有作這樣的分析，只做句子告一段落的停頓，如句號停頓 700 毫秒，逗號停頓 500 毫秒等。在詞和詞之間我們也加入了停頓，設為 20 毫秒，句中或是詞中的字和字之間的停頓設法是，如果是爆破音、摩擦音或是破擦音，前面要停頓大約 5 毫秒。

第四章 客語語音信號合成

就如國語音節一樣，一個非入聲韻的客語音節可看成由無聲部分（如無聲子音）與有聲部分（含有聲之鼻音、滑音、流音、母音）兩部分的信號波形串成，而入聲韻音節的尾部可看成是串接了無聲的塞音波形。如果一個音節全由有聲音素構成，則我們可把此音節當成無聲部分為極短暫的音節，即把第一個週期前的信號看是無聲部分[許文龍, 1996]。在一個音節的兩個部分中，有聲部分的信號合成是較為複雜的，因為除了音長外，它的各個週期的長度變化還需要接受韻律訊息單元的控制。不過，也正因為如此，我們就只需錄製客語的非入聲韻第五聲音節與入聲韻第四聲音節的信號，至於其它聲調之音節則可由所錄製的音節來合成產生，即是改變客語非入聲韻的第五聲音節與入聲韻的第四聲音節的基週軌跡（pitch contour）。

4.1 決定無聲、有聲部分的長度

在合成一個音節的信號時，合成音節的時間長度（樣本數）是根據韻律處理單元所提供的音長參數（duration）來決定，也就是說長度並不是固定的，必須考慮一個音節如何作時間之延長或縮短，並且音長變長（變短）並不只是等比例的將原來的樣本數增多（減少）就好，所以第一步便是要決定有聲部分和無聲部分的長度（樣本數），假如兩部分的時間比例不加以修改，則合成的語音在一些情況下會變得很突兀。時間比例分配基本上是依據原始音節波形資料裡的時間長度比例，但在一些摩擦音中，當要增加音長時，我們先設定一個最長時間長度之門檻值，即原始音節裡無聲部分的樣本數乘上 1.2，假設無聲部分所增加的長度超過此門檻，就以門檻值為其長度。如果欲合

成的音節是一個入聲韻音節，則音節的時間長度的分配，必須考慮到音節結尾的塞音部分，我們的分配方式如圖 4.1 所示。

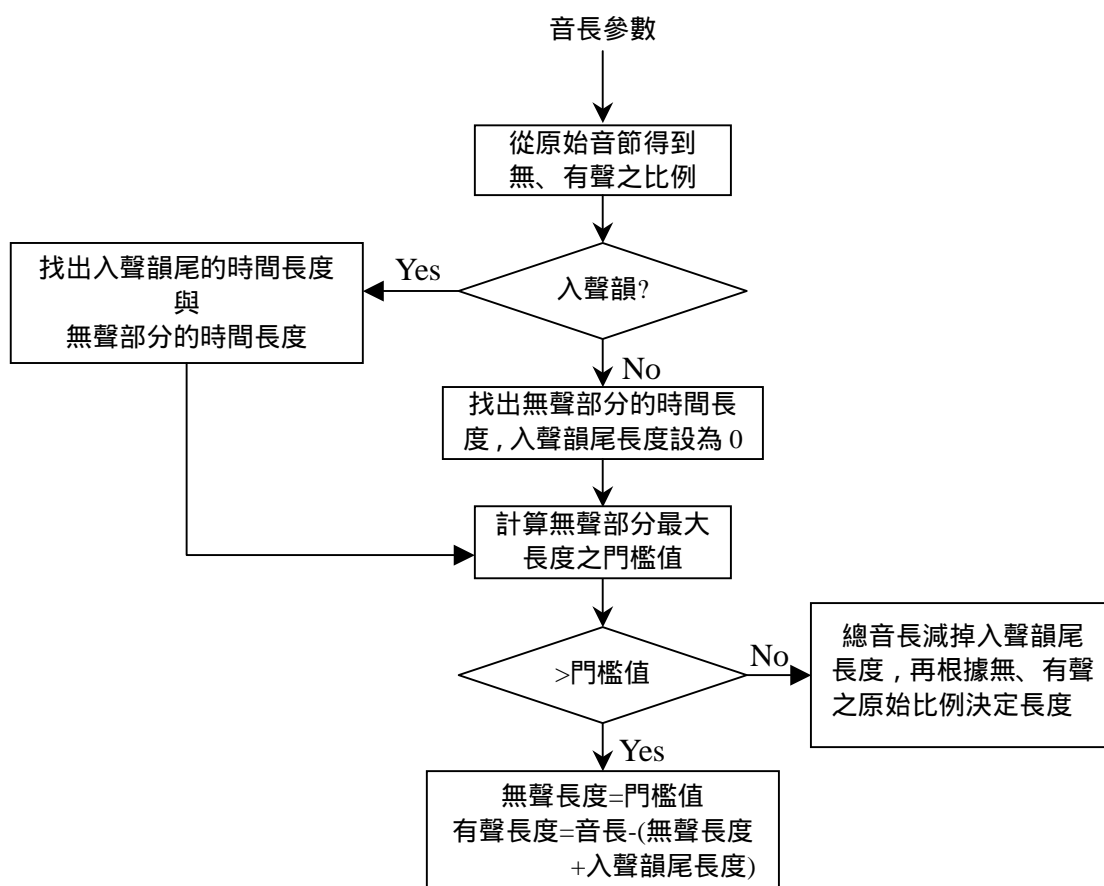


圖 4.1 音節信號長度的設定方法

4.2 有聲部分的基週軌跡

在決定有聲部分的長度之後，接著要依據韻律處理單元傳入的音調參數來計算基週軌跡，即計算出一序列週期的各個週期的長度，當使用不同的基週軌跡時，我們就可以讓合成的音節具有不同的音高和聲調。在本系統裡，我們參考以前學長所使用的方法[許文龍, 1996][楊仲捷, 1999]，以十五個線段來描述基週的軌跡，此十五個線段的時間長度是相等的。由圖 4.2 來說明基週長度之計算，圖中 Freq1 和 Freq2

是此線段的兩個端點，目的是求取在此線段中，各個週期的樣本點數，如圖中目前要計算的基週長度設

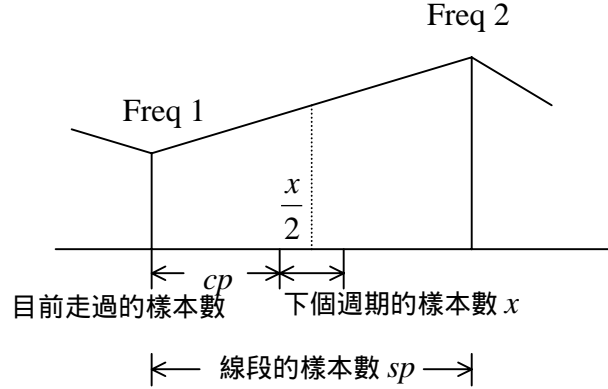


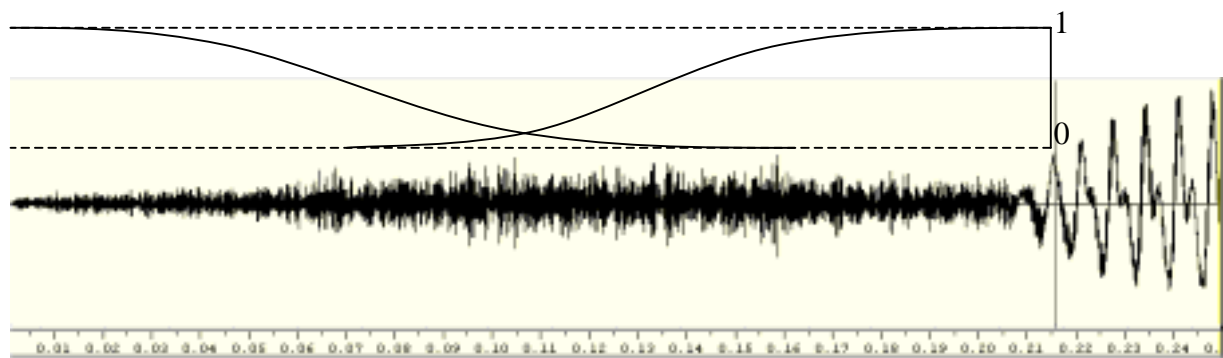
圖 4.2 基週軌跡的求法

為 x 點，則 x 的數值可依據下面的線性時間比例關係式來求得：

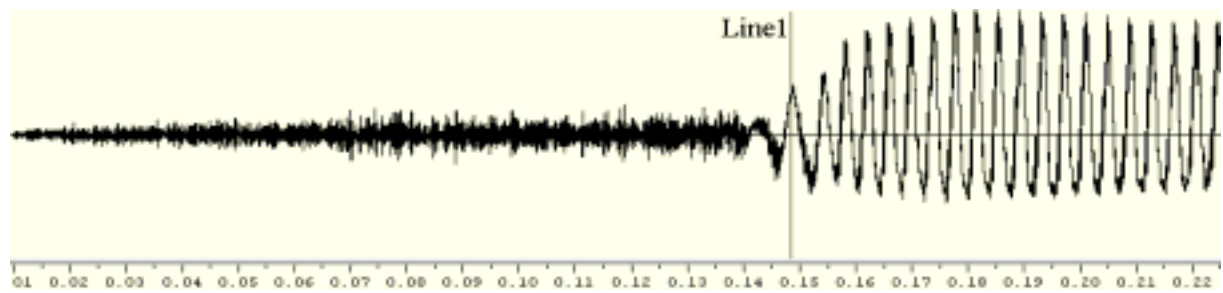
$$\left(\frac{cp + \frac{x}{2}}{sp} \right) \left(\frac{22050}{Freq2} - \frac{22050}{Freq1} \right) + \frac{22050}{Freq1} = x \quad (4.1)$$

式子裡的 22050 是取樣頻率，我們以兩端點對應的週期長度樣本數來內差出 x 的樣本點數，並且一個週期是以其中心點為代表，所以 cp 要加上 $x/2$ 。當 x 跨躍兩個線段時，我們採取的是四捨五入的做法，也就是看 x 在哪一個線段的部分較多就屬於該線段。如此繼續，就可以計算出有聲部分的一序列週期及它們的長度。將(4.1)式化簡後可得(4.2)式：

$$\begin{aligned} \text{令 } A &= \frac{22050}{Freq1} \\ B &= \frac{22050}{Freq2} - \frac{22050}{Freq1} \end{aligned} \quad \text{則 } x = \frac{sp * A + cp * B}{sp - \frac{B}{2}} \quad (4.2)$$



(a) 原始信號波形



(b) 合成信號波形

圖 4.3 / si / 的原始信號與合成信號

4.3 無聲及有聲部分波形之合成

客語子音跟國語子音一樣可以細分為半母音（含鼻音、流音、滑音）、爆破音、摩擦音和破擦音。由於半母音的波形已具有週期性，所以我們將它歸類為有聲部分，但是第一個週期前的短暫部分則視為無聲部分，其處理方式和爆破音一樣。爆破音的特徵是位於第一個週期前的無聲部分之信號，會有劇烈的跳動，但沒有週期性，且時間很短暫，這種形式的信號，處理方式是直接拷貝到合成語音中，以避免內差可能產生的失真，有聲音素開頭的音節，也是以此種方式來拷貝第一個週期前的部分。另外，關於摩擦音與破擦子音，由於第一個週期前的無聲部分，其所佔的時間比例較大，因此當要對音節做延長或縮短之處理時，此部分的時間長度也要調整，調整方法如 4.1 所述。由於破擦音開始也具有爆破音的特徵，所以，原本應該對音節的開始部分，要做直接拷貝之處理，不過在此為了簡化處理，我們採取了一

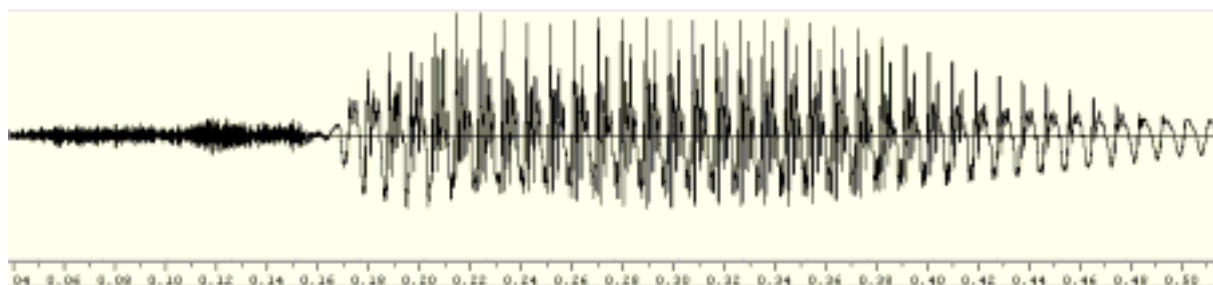
種類似於有聲部分的處理方式，合成出的無聲之信號波形，聽起來效果不錯，這種處理方式就是把第一個週期前的無聲信號部分也當成一個週期的信號，並對它做時間長度調整的處理，如前一頁圖 4.3 所示的例子，欲合成的波形時間長度比原始的短，所以將 cos window 的長度設為欲合成信號之週期長度的兩倍，原始無聲信號左右兩邊分別乘上 cos window (Hamming window) 函數後，移放於合成之無聲信號兩端作疊加，即可得到欲合成之無聲信號。

在計算有聲部分的基週軌跡時，就已決定了將合成之一序列週期中各個週期的樣本數，而信號樣本求取所使用的方法，就是時間比例之基週波形內差法 (TIPW, time-proportioned interpolation of pitch-waveform)，這個方法分成四個處理步驟，第一步，找出原始音節中兩個對應的週期波形及它們的加權；第二步，兩原始基週波形各別乘上加權；第三步，將原始基週波形乘上餘弦窗 (cos window)；第四步，將二個處理過的原始基週波形相加。詳細做法可參考前人的研究成果[Gu, H.Y. and Shiu, W. L., 1998]。

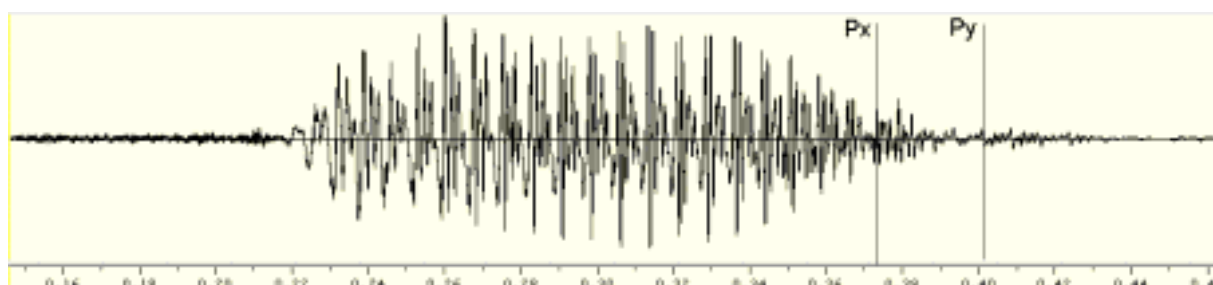
4.4 入聲韻尾的信號合成

由於入聲韻尾的波形特性與其它非入聲韻尾的波形特性不同，所以信號合成時要將入聲韻尾的波形合成另外做處理，入聲韻尾的波形會有急促切音的現象，即信號波形突然由有週期性變成像塞音一樣，沒有週期性且延續一段時間，如圖 4.4 裡的波形例子所示，圖 4.4(a) 中的 / so / 音不是入聲音，所以信號波形是呈現具有週期性的衰減，而圖 4.4(b) 中的 / sot / 是入聲音，其結尾會有切音現象。目前我們把入聲韻尾的信號當作短暫的無聲部分，採取直接拷貝的方式來合成。在標記 pitch peak 時，我們已經將音節做好入聲韻與非入聲韻的區分，

即在入聲韻音節的尾部，我們會多標記一個長的 pitch，如圖 4.4(b) 中的標記 P_y ，當遇到 $P_y - P_x$ 大於兩倍的週期長度，就可得知從 P_x 以後是要直接拷貝的部分。



(a) /so/ 的波形



(b) /sok/ 的波形

圖 4.4 /so/ 與 /sok/ 的單音節原始波形信號

4.5 合成之信號波形例子

下面列出幾句合成出來的語音信號波形，圖 4.5、4.6 是客語”你食飽沒”和”我食飽了”的語音信號，由圖 4.5、4.6 可看出入聲韻音節 /shit/ 的長度比其它音節信號的短，振幅也比較小，這樣的韻律控制，才能表現出入聲韻音節的特性。/shit/ 後的 /bau/ 是爆破子音開頭，所以在圖 4.5、4.6 裡可以看到 /shit/ 與 /bau/ 音節間有較長的時間間隔。

圖 4.7 裡的是 /shit/ 音節的放大波形，由此圖可看出 /shit/ 的波形是由開頭的無聲子音部分，中間的週期性母音部分，及尾部的切音部分等三部分的波形串接而成，在合成處理時，需要特別留意三部分的

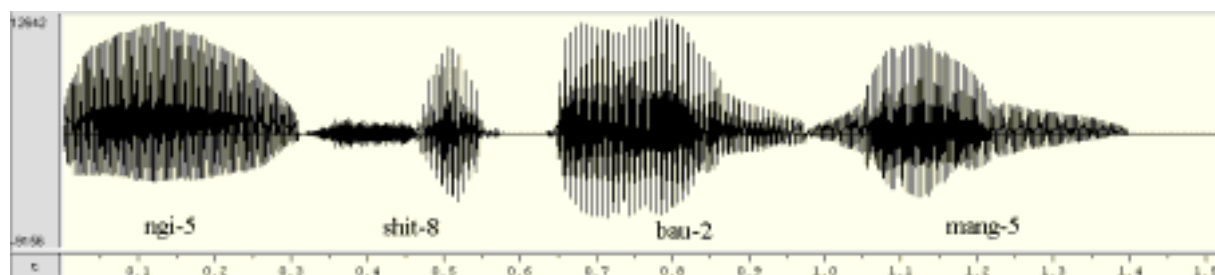


圖 4.5 你食飽沒（客語）

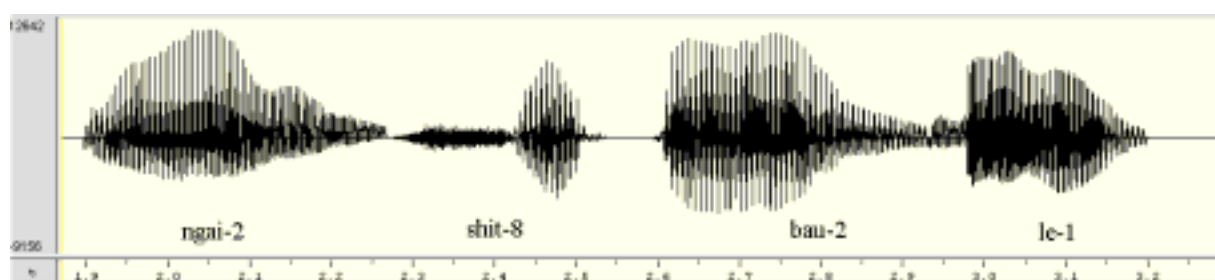


圖 4.6 我食飽了（客語）

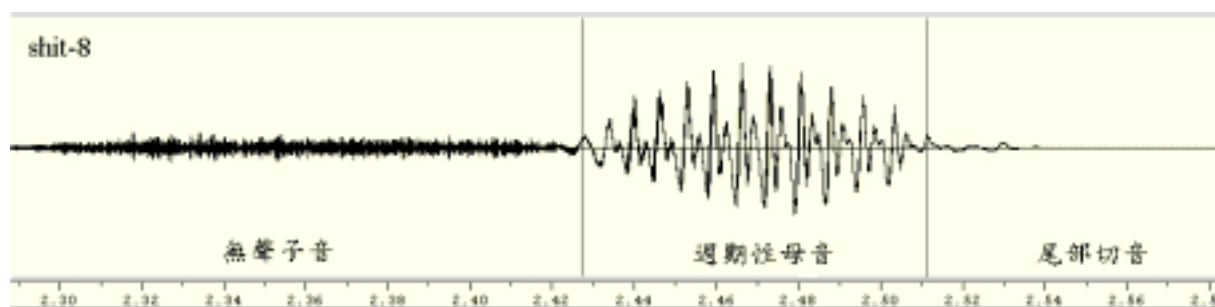


圖 4.7 /shit-8/ 音節放大波形

振幅增益（放大倍率）的控制，以避免兩部分間發生不連續的波形連接情況，而產生出 click 之雜音。

圖 4.8 和圖 4.9 是依閩南語”他是老師”和”現在在學校”的發音音節、聲調，對應至客語的音節、聲調，然後以本論文製作的客語語音合成軟體來合成出的信號波形，其效果會在 5.3 節詳細討論。

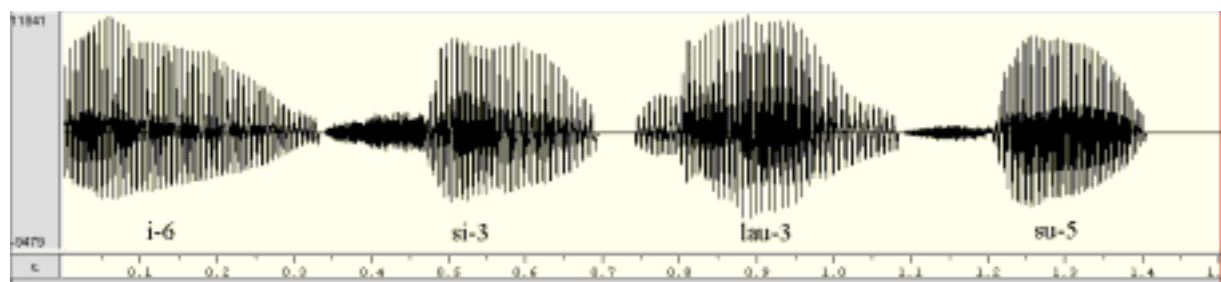


圖 4.8 他是老師（閩南語）

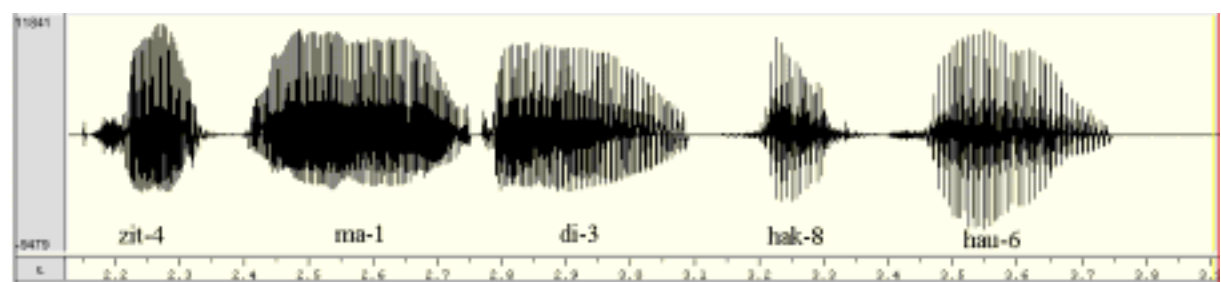


圖 4.9 現在在學校（閩南語）

第五章 音節錄音與合成語句評估

5.1 客語音節錄音

製作客語語音合成系統的一項基本工作是建立中文字的客語發音字典，及整理客語的不同音節的數量。本論文參考彭先生所編著的客家話發音字典[彭德修,1996]，來輸入中文字及對應的客語注音（ㄅ、ㄆ、ㄇ）資料，再依此資料作整理及轉換成通用音標，其流程如圖 5.1 所示：

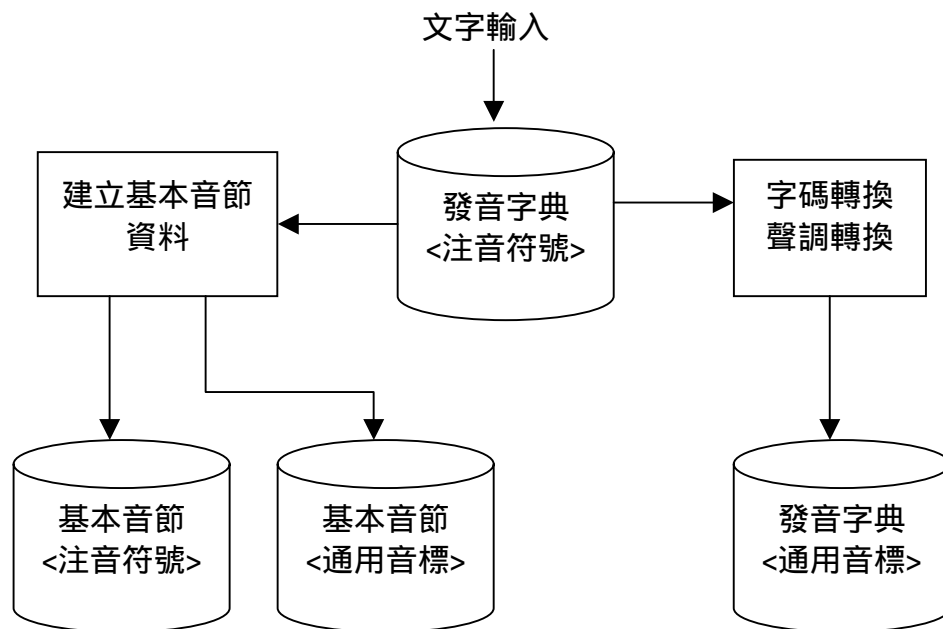


圖 5.1 基本音節&發音字典產生流程

把發音字典裡的資料輸入到電腦後，因為所輸入的音標資料是注音符號，所以我們先轉換成以通用音標符號來表示，這樣才能配合後面的客語合成之處理。我們總共比對出 736 個不同的客語基本音節，如附錄 A 所示，其表示法是採用通用音標乙式，其中有 222 個入聲音，確定客語的基本音節的個數後，我們就開始錄製客語非入聲韻第五聲與入聲韻第四聲的音節信號波形。為減低背景雜訊，錄音是商借

本校建築系的錄音間進行，另外，考慮錄音者的方便，每句只收錄四個音節或五個音節，如附錄 B 所示的虛擬短句，而為了事後切割音節波形上的方便，每句音節組合盡量設計成不要有母音接母音，或是半母音接母音的情況。

在文字資料收集跟音節錄製完成後，接著便是將資料根據子串的 binary value 作排序，得到的文字資料檔便可供程式作 binary search 使用。本論文所寫的程式是在 Linux 環境下完成，可即時放音，同時將合成出來的音檔存成 wav 檔，本系統接受文字檔，文字檔的內容可以是中文字或是通用音標加聲調調號。

5.2 客語合成語句之聽測評估

這裡我們對系統的效能進行聽覺測試，將合成出來的客語語句播放給試聽者聽，或是利用電子信箱寄給測試者聽，聽看看所合成出來的語音聽不聽得懂、流不流暢，也就是評估理解度和喜好度。在客語方面，海陸腔客家人與四縣腔的客家人雖然腔調不同，但是還是可以互相溝通，所以我們找了 11 個熟悉海陸腔的客家人和 10 個熟悉四縣腔的客家人，總共 21 個試聽者，聽者分別去聽我們由兩種方法所合成出來的海陸客語語音信號。方法一是使用 rule-based 的基週軌跡產生方法所合成出來的語音信號，每個聲調可選擇的基週軌跡只有兩個；方法二的基週軌跡則是以隱藏式馬可夫模型來產生，其韻律表現一般來說比較好。

【理解度】

在理解度的評估方面，我們用方法二合成五個句子出來，如附錄 C 所示，然後逐句播放出來給試聽者聽，而試聽者在聽完每句語音輸

出後，將所聽的文句寫下來，然後依據試聽者所寫下的文句去計算理解度，即計算有多少百分比的正確文字或是意思相同的文字或是音同的文字被正確的寫出，例如「今天」等於「今晡日」，「天氣」等於「天時」。計算之後得到表 5.1 裡所列的數值。

表 5.1 客語語音合成信號主觀評估之結果

基週軌跡產生	規則式		SPC-HMM	
試聽者的腔調	海陸	四縣	海陸	四縣
自然度	60.1	64.4	77.8	81.2
理解度			93.41	90.34

【自然度】

在自然度評估方面，我們從臺北市政府的客語學堂下載四句由真人錄製的語音給試聽者聽，當作是 100 分之評分參考，而我們系統依據方法一及方法二合成出來的語音信號的自然度，由試聽者聽完五句合成語句後作整體的評分，試聽者給合成語音的評分標準為，與人唸的差不多給 90 ~ 100，還不錯給 80 ~ 89，可接受給 70 ~ 79，及格給 60 ~ 69，劣則是 59 以下。

經過測試及計算平均評分後，我們得到如表 5.1 所示的數值，在自然度方面，海陸試聽者認為方法二較真實可接受，且方法一的聲調韻律與方法二相差很多，所以較不喜歡方法一，評分是在及格與劣之間，而四縣的試聽者對於方法一可接受度比海陸的聽者好一些，因為方法一的有些聲調雖然與方法二相差很多，但是卻接近四縣腔的腔調。熟悉海陸腔的四縣試聽者試聽後認為，在溝通上，他們注重的是字的音標正確性，聲調的正確反而沒那麼重要，但是年輕的四縣試聽

者，則是要音標與聲調都正確才聽得懂。而海陸的試聽者，除了重視合成出來信號的音標之外，也重視聲調的正確性。

有二個因素需注意的是，這裡的客語合成語句的聽測評估，是在十月底趕著繳交計畫報告的情況下倉促進行的，那時韻律參數（如音長、振幅）的設定規則並未調整好，另外，為了外出進行實驗的方便，語音信號是直接以筆記型電腦的劣質喇叭來播放的。

5.3 閩南語語音合成與聽測評估

前面第一章曾提到，以前為研究國語語音合成而花費不少心力去訓練得到的國語聲調之基週軌跡參數，希望可以借用過來作為客語聲調的軌跡參數，以節省研究客語語音合成的時間及人力，在經過如 5.2 節的聽測評估之後，顯示這樣的想法的確是可行的，其他漢語方言應也有類似情形，因此，這裡我們進一步合成數句之閩南語語句來作聽測評估，以對我們的想法（漢語方言的基週軌跡可互相套用），作一初步的驗證。我們合成了五句閩南語語音，如附錄 D 裡的句子，以輸入音標的方式，輸入到本論文所製作的客語語音合成軟體來合成，由於客語中沒有閩南語的一些音節，如-h 結尾的入聲韻音節，因此我們盡量避免用到這樣的音節，但仍有-h 結尾的入聲韻音節與客語音節中所沒有的閩南語音節被用到，而不得不借用客語中-k 結尾的音節。

我們總共找了 20 位試聽者來試聽，詳細的測試方式和客語一樣，經過聽測後，得到如表 5.2 所示的結果，在理解度方面，大家大都可以聽得懂，只有幾個借用到客語入聲音節的辨識度較差，但是就整句來聽，根據前後字的意思還是可以聽得出來整句的意思。在自然度方面，由於我們沒有閩南語的-h 結尾入聲韻，因此借用客語音節合

成出來的語音信號發音較不準確，但是普遍還是覺得合成出來的效果不錯。

表 5.2 閩南語語音合成信號主觀評估之結果

理解度	97.13
自然度	85.5

表 5.2 裡的平均分數比表 5.1 裡的高了一些，一個因素是，閩南語的聽測是在 12 月中旬才進行，系統的程式 bug 又抓出了幾個，且韻律參數的設定規則也改進了；另外，我們也對取自國語基週軌跡的客語第七聲的軌跡作了修正處理，因為原始的軌跡聽起來有微幅下降的感覺，不符合第七聲中間平調的要求，因此，我們依公式 (5.1)：

$$\overline{Freq_k} = \left[\left(\frac{Freq_k}{Freq_{\max}} - 1 \right) / 3 + 1 \right] \times Freq_{\max}, \quad k = 3 \sim 15 \quad (5.1)$$

來作調整，這樣的調整，其功用是可以將下降軌跡的斜率減緩為原始斜率的 1/3。公式 (5.1) 中， $Freq_0, Freq_1, Freq_2, \dots, Freq_{15}$ 表示時間正規化後之音節基週軌跡， $Freq_{\max}$ 表示前述 3~15 點頻率中的最大值， $\overline{Freq_k}$ 表示調整後的頻率值。在標音上，我們以數字 6 表示經過此種平坦化處理的客語第七聲。

第六章 結語

在本論文的研究過程中，從一開始對客語的音節數量、音節型式（入聲韻）、聲調數量、標音符號系統，幾乎沒有任何概念的情況，開始收集、研讀相關的文獻資料，此時，我們已經知道客語本身分成四縣、海陸、大埔、詔安等數個次方言，其中“四縣”是台灣地區使用人數較多的，而“海陸”裡的音節與聲調數量是比“四縣”多的，因此本論文選擇海陸次方言來研究，而未來可透過次方言間的對應關係，來切換去合成其它腔調的次方言。關於“海陸”客語，我們分析客語字典之後，得知音節不分聲調之數量為 736，其中 222 屬於入聲韻音節，而聲調的數量為 7，其中 2 個為高調與低調的入聲聲調。

雖然研究客家語語音合成的目標是，建立一個能接受廣泛且事先未知文句內容的文句翻語音系統，但是本論文屬於初步的研究，焦點放在韻律參數產生及音節信號波形合成上，因此，在文句分析方面，國語文句至客語文句的轉換，只以詞語對應、轉換的方式來處理，不過，國語客語詞彙對應的數量仍然收集不夠多，另外，客語裡的破音字、及那些有讀音語音分別的字，並沒有作特別的處理，所以客語的文句分析這部分還需要再加強、改進。

在信號波形合成方面，本論文以前人提出的時間比率基週波形內差法為基礎，再考慮客語有而國語沒有的入聲韻音節結尾的切音波形的合成問題，我們的方法是，把入聲韻音節結尾部分以塞音（stop）的處理方式來處理（就像音節前的塞音），也就是將入聲韻韻尾部分的原始信號波形直接拷貝到合成信號的尾端，這樣的作法雖然簡單，但是實際的聽測實驗顯示，效果不錯而非常可行。

在韻律參數產生方面，我們比對客語與國語的聲調調值及走勢，發現各聲調大致可依走勢找到相互對應者，再者根據前人研究國語聲調的基週軌跡，可知一個聲調的軌跡會因前後字音的影響，而會和單獨唸時的差異很多，因此，我們在想要快速建立客語語音合成系統及節省研究之時間、人力的情形下，推斷客語各聲調的基週軌跡可由國語的借用過來。這樣的推測，經由我們所做的聽測評估，顯示是八九不離十，所以我們放大推斷的範圍，即漢語各方言間的聲調基週軌跡可相互借用，而只有小部分需作調整。關於音長與音量之韻律參數，本論文採取規則式的設定方式，一開始直接沿用前人提出的設定規則，可是實際聽測時發現效果不佳，所以後來我們作了必要的修正。

我們依據前述方法建立了一個海陸客語語音合成的原型系統，在 Linux 作業系統上執行，可作即時合成之處理。使用此原型系統，我們進行了客語與閩南語合成語句的聽測評估，由於客語語音的聽測較早作，當時系統的韻律參數產生部分尚未調整好，且使用筆記型電腦的喇叭進行聽測，所以理解度，自然度分別只達到 91.87%與 79.5；而閩南語語音的聽測較晚作，並且可能因為語句較簡單或試聽者要求較低，所以理解度、自然度反而比客語的高一些，分別是 97.13%與 85.5。經由此次的論文研究及聽測評估後，我們已經驗證出，借用國語基週軌跡來合成客語與閩南語是可行的。因此未來只要將國語、客語及閩南語的基本音節收集完整，相信一定可以建立一個整合的『多漢語方言的文字翻語音系統』。

參考文獻

- Chen, S. H., S. H. Hwang and Y. R. Wang, "An RNN-based Prosodic Information Synthesizer for Mandarin Text-to-speech", IEEE trans. Speech and Audio Processing, Vol. 6, No.3, pp.226-239, 1998.
- Chiou, H. B., H. C. Wang and T. C. Chang, "Synthesis of Mandarin Speech based on Hybrid Concatenation", Computer Processing of Chinese and Oriental Languages, Vol. 5, pp.217-231, 1991.
- Chou, F. C., "Corpus-based Technologies for Chinese Text-to-Speech", Department of Electrical Engineering, National Taiwan University, Doctoral dissertation, 1999.
- Gu, H. Y. and W. L. Shiu, "A Mandarin-syllable Signal Synthesis Method with Increases Flexibility in Duration, Ton and Timbre Control", Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(A), vol. 22, No.3, pp. 385-395, 1998.
- Hamon, Christian, Eric Moulines, Francis Charpentier, "A Diphone synthesis System Based On Time-Domain Prosodic Modifications of speech", ICASSP, pp. 238-241, 1989.
- Jayant, Nuggehally S. and Peter Noll., "Digital coding of waveforms :principles and applications to speech and video", Prentice-Hall, 1984.
- Klatt, D., "Software for a Cascade/Parallel Formant Synthesizer", J. Acoust. Soc. Am., Vol. 67, pp. 971-995, 1980.
- Lee, L. S., C. Y. Tseng and C. J. Hsieh, "Improved Tone Concatenation Rules in a Formant-based Chinese Text-to-Speech System", IEEE trans. Speech and Audio Processing, Vol.1, pp.287-294, 1993.
- Sproat, Richard, "Multilingual Text-to-speech synthesis : The Bell Labs Approach", Kluwer Academic Publishers, 1998
- Wang, R. H., "Overview of Chinese Text-to-Speech Systems", Communications of Chinese and Oriental Languages Information Processing Society 8 (2), pp. 221-234, 1998.
- 任文采, 國語文句翻語音系統中單音音長預估模式之研究, 中興大學應數研究所, 碩士論文, 1997.

何鎮仲 混合統計與類神經網路之台語韻律合成 交通大學電信工程系碩士論文 2000.

范文芳主編, 台北市政府客家台語教材, 1997.

涂春景, 台灣中部地區客家方言詞彙對照, 國家文化藝術基金會, 1998.

許文龍, 使用時間比例基週波形內差之國語語音合成器, 台灣科技大學電機工程研究所, 碩士論文, 1996.

陳昭宏, 中文文句翻語音系統中合成單元選取及韻律訊息產生之研究, 成功大學資訊工程研究所, 碩士論文, 1998.

黃紹華, 中文文件翻語音系統之韻律訊息合成, 交通大學電信研究所, 博士論文, 1996.

彭德修, 客家話發音字典, 南天書局, 1996.

楊仲捷, 「基於 VQ/HMM 之國語語句基週軌跡 產生之方法」, 全國計算機會議論文集, p B323-B330(229.361), 1999.

楊智祥, 台語連續語音辨認之初步研究, 長庚大學電機工程研究所, 碩士論文, 1999.

楊鈺清 台語文句翻語音系統之製作 交通大學電信工程系碩士論文 1999.

潘能煌, 中文文句翻語音系統之音量音調韻律研究, 中興大學應數研究所, 碩士論文, 1998.

盧彥杰, 新竹海陸客家話詞彙研究, 新竹師範學院台灣語言與語文教育研究所, 碩士論文, 1999.

簡敏昌, 基於 VQ/HMM 之音節音長與振幅產生之研究, 台灣科技大學電機工程研究所, 碩士論文, 2000.

臺灣客家公共事務協會, 新客家人, 協和藝術文化基金會, 1991.

附錄 A

736 個海陸客語基本音節

1	ba	48	pin	95	fa	142	dang	189	tong
2	ban	49	pit	96	fam	143	dap	190	tot
3	bang	50	pia	97	fan	144	dat	191	tok
4	bat	51	piang	98	fang	145	dak	192	toi
5	bak	52	piak	99	fap	146	dai	193	ten
6	bai	53	piong	100	fat	147	dau	194	tet
7	bau	54	piok	101	fai	148	do	195	teu
8	bo	55	pien	102	fo	149	don	196	ti
9	bong	56	piet	103	fon	150	dong	197	tin
10	bot	57	piu	104	fong	151	dot	198	tit
11	bok	58	piau	105	foi	152	dok	199	tiam
12	boi	59	pu	106	fe	153	doi	200	tiang
13	ben	60	pun	107	fen	154	de	201	tiap
14	bet	61	pung	108	fet	155	dem	202	tio
15	bi	62	put	109	feu	156	den	203	tiong
16	bin	63	puk	110	fin	157	dep	204	tien
17	bit	64	pui	111	fit	158	det	205	tiet
18	biang	65	ma	112	fiu	159	deu	206	tiu
19	biak	66	man	113	fu	160	di	207	tiau
20	biong	67	mang	114	fun	161	din	208	tu
21	bien	68	mat	115	fung	162	dit	209	tun
22	biet	69	mak	116	fut	163	dia	210	tung
23	biau	70	mai	117	fuk	164	diam	211	tut
24	bu	71	mau	118	fui	165	diak	212	tuk
25	bun	72	mo	119	fiin	166	diok	213	tui
26	bung	73	mong	120	va	167	dien	214	na
27	but	74	mok	121	van	168	diet	215	nam
28	buk	75	moi	122	vang	169	diu	216	nan
29	bui	76	me	123	vat	170	diau	217	nang
30	biin	77	men	124	vak	171	du	218	nap
31	pa	78	met	125	vai	172	dun	219	nak
32	pan	79	meu	126	vo	173	dung	220	nai
33	pang	80	mi	127	von	174	dut	221	nau
34	pat	81	min	128	vong	175	duk	222	no
35	pak	82	mit	129	vok	176	dui	223	non
36	pai	83	mia	130	voi	177	diin	224	nong
37	pau	84	miang	131	ve	178	ta	225	nok
38	po	85	miong	132	vet	179	tam	226	ne
39	pon	86	mien	133	vu	180	tan	227	nem
40	pong	87	miet	134	vun	181	tang	228	nen
41	pok	88	miau	135	vung	182	tap	229	net
42	poi	89	mu	136	vut	183	tat	230	neu
43	pe	90	mun	137	vuk	184	tak	231	ni
44	pen	91	mung	138	vui	185	tai	232	nin
45	pet	92	mut	139	da	186	tau	233	nit
46	peu	93	muk	140	dam	187	to	234	niu
47	pi	94	mui	141	dan	188	ton	235	niau

236	nu	289	gap	342	kang	395	ngat	448	hen
237	nun	290	gat	343	kap	396	ngai	449	het
238	nung	291	gak	344	kat	397	ngau	450	heu
239	nut	292	gai	345	kak	398	ngo	451	hi
240	nuk	293	gau	346	kai	399	ngong	452	him
241	nui	294	go	347	kau	400	ngok	453	hin
242	la	295	gon	348	ko	401	ngoi	454	hip
243	lam	296	gong	349	kon	402	ngeu	455	hit
244	lan	297	got	350	kong	403	ngi	456	hiam
245	lang	298	gok	351	kot	404	ngim	457	hiap
246	lap	299	goi	352	kok	405	ngin	458	hiak
247	lat	300	gen	353	koi	406	ngip	459	hio
248	lak	301	get	354	ken	407	ngit	460	hiong
249	lai	302	geu	355	keu	408	ngia	461	hiok
250	lau	303	gi	356	ki	409	ngiam	462	hien
251	lo	304	gim	357	kim	410	ngiang	463	hiet
252	lon	305	gin	358	kin	411	ngiap	464	hiu
253	long	306	gip	359	kip	412	ngiak	465	hiun
254	lot	307	git	360	kit	413	ngio	466	hiung
255	lok	308	gia	361	kia	414	ngion	467	hiuk
256	loi	309	giam	362	kiam	415	ngiong	468	hiau
257	le	310	giang	363	kiang	416	ngiok	469	hiin
258	len	311	giap	364	kiap	417	ngie	470	zi
259	lep	312	giak	365	kiak	418	ngien	471	zim
260	let	313	giong	366	kio	419	ngiet	472	zin
261	leu	314	giok	367	kiong	420	ngieu	473	zip
262	li	315	gie	368	kiok	421	ngiu	474	zit
263	lim	316	gien	369	kie	422	ngiun	475	zia
264	lin	317	giep	370	kiem	423	ngiung	476	ziam
265	lip	318	giet	371	kien	424	ngiuk	477	ziang
266	lit	319	gieu	372	kiet	425	ngiau	478	ziap
267	lia	320	giu	373	kiu	426	ngioi	479	ziak
268	liam	321	giun	374	kiun	427	ngu	480	zio
269	liang	322	giung	375	kiung	428	ngut	481	ziong
270	liap	323	giuk	376	kiut	429	nguan	482	ziok
271	liong	324	giau	377	kiuk	430	ngui	483	zien
272	liok	325	gu	378	kiau	431	ha	484	ziet
273	lien	326	gun	379	kioi	432	ham	485	ziu
274	liet	327	gung	380	ku	433	han	486	ziung
275	liu	328	gut	381	kun	434	hang	487	ziuk
276	liung	329	guk	382	kung	435	hap	488	ziau
277	liuk	330	gua	383	kut	436	hat	489	ci
278	liau	331	guan	384	kuk	437	hak	490	cim
279	lu	332	guang	385	kua	438	hai	491	cin
280	lun	333	guat	386	kuan	439	hau	492	cip
281	lung	334	guak	387	kuat	440	ho	493	cit
282	lut	335	gui	388	kui	441	hon	494	cia
283	luk	336	guen	389	kuai	442	hong	495	ciam
284	lui	337	guet	390	nga	443	hot	496	ciang
285	ga	338	guai	391	ngam	444	hok	497	ciap
286	gam	339	ka	392	ngan	445	hoi	498	ciak
287	gan	340	kam	393	ngang	446	he	499	cio
288	gang	341	kan	394	ngap	447	hem	500	cion

501	ciong	549	zhit	597	shim	645	ze	693	so
502	ciok	550	zhiu	598	shin	646	zem	694	son
503	cien	551	zhu	599	ship	647	zen	695	song
504	cien	552	zhun	600	shit	648	zep	696	sot
505	ciet	553	zhung	601	shiu	649	zet	697	sok
506	ciu	554	zhut	602	shu	650	zeu	698	soi
507	ciung	555	zhuk	603	shun	651	zu	699	se
508	ciuk	556	zhui	604	shut	652	zun	700	sem
509	ciau	557	cha	605	shuk	653	zung	701	sen
510	cioi	558	cham	606	shui	654	zut	702	sep
511	si	559	chan	607	rha	655	zuk	703	set
512	sim	560	chang	608	rham	656	zui	704	seu
513	sin	561	chat	609	rhan	657	ci i	705	su
514	sip	562	chak	610	rhang	658	ca	706	sun
515	sit	563	chau	611	rhap	659	cam	707	sung
516	sia	564	chon	612	rhat	660	can	708	sut
517	siam	565	chong	613	rhak	661	cang	709	suk
518	siang	566	chot	614	rhai	662	cap	710	sui
519	siap	567	chok	615	rhau	663	cat	711	a
520	siak	568	choi	616	rhong	664	cak	712	am
521	sio	569	che	617	rhok	665	cai	713	ang
522	siong	570	chen	618	rhe	666	cau	714	ap
523	siok	571	chi	619	rhi	667	co	715	at
524	sien	572	chim	620	rhim	668	con	716	ak
525	siet	573	chin	621	rhin	669	cong	717	ai
526	siu	574	chit	622	hip	670	cot	718	au
527	siung	575	chiu	623	rhit	671	cok	719	o
528	siuk	576	chu	624	rihu	672	coi	720	on
529	siau	577	chun	625	rhun	673	ce	721	ong
530	sioi	578	chung	626	rhung	674	cem	722	ot
531	zha	579	chut	627	rhut	675	cen	723	ok
532	zham	580	chuk	628	rhuk	676	cet	724	oi
533	zhan	581	chui	629	rhui	677	ceu	725	e
534	zhang	582	sha	630	zii	678	cu	726	em
535	zhap	583	sham	631	za	679	cun	727	en
536	zhat	584	shan	632	zam	680	cung	728	ep
537	zhak	585	shang	633	zan	681	cut	729	et
538	zhau	586	shap	634	zang	682	cuk	730	eu
539	zhon	587	shat	635	zap	683	cui	731	i
540	zhong	588	shak	636	zat	684	si i	732	ien
541	zhot	589	shau	637	zak	685	sa	733	u
542	zhok	590	shon	638	zai	686	sam	734	uai
543	zhoi	591	shong	639	zau	687	san	735	m
544	zhe	592	shot	640	zo	688	sang	736	ng
545	zhi	593	shok	641	zon	689	sap		
546	zhim	594	shoi	642	zong	690	sat		
547	zhin	595	she	643	zot	691	sai		
548	zhip	596	shi	644	zok	692	sau		

附錄 B

736 個客語音節之錄音序列

1	Y A	阿	ㄅㄚ bat	八	ㄇㄚ ma	媽	ㄆㄚ pa	爬	ㄗ z	子
2	ㄚ am	暗	ㄅㄚ bak	伯	ㄇㄢ man	慢	ㄆㄢ pan	盤	ㄘ c	瓷
3	ㄤ ang	甕	ㄅㄛ bok	博	ㄇㄤ mang	莽	ㄆㄤ pang	彭	ㄣ s	事
4	ㄚ ap	鴨	ㄅㄛ bet	北	ㄇㄚ mat	茱	ㄆㄚ pat	潑	ㄗㄞ zhui	墜
5	ㄚ at	闕	ㄅㄚ bit	篳	ㄇㄚ mak	麥	ㄆㄚ pak	白	ㄘ ku	苦
6	ㄚ ak	呃	ㄅㄚ biak	壁	ㄇㄚ mai	埋	ㄆㄚ pai	牌	ㄘ kun	坤
7	ㄞ ai	唉	ㄅㄛ biet	鰲	ㄇㄞ mau	茅	ㄆㄞ pau	刨	ㄘ kung	空
8	ㄠ au	凹	ㄅㄠ but	不	ㄇㄠ mo	無	ㄆㄠ po	婆	ㄘ kut	窟
9	ㄛ o	蚵	ㄅㄠ buk	卜	ㄇㄠ mong	忙	ㄆㄠ pon	飯	ㄘ kuk	酷
10	ㄛ on	安	ㄅㄠ fap	法	ㄇㄠ mok	莫	ㄆㄠ pong	旁	ㄘ kua	誇
11	ㄛ ong	逛	ㄅㄠ fat	活	ㄇㄠ moi	媒	ㄆㄠ pok	薄	ㄘ kuan	環
12	ㄛ ot	遏	ㄅㄠ fet	穫	ㄇㄠ me	姆	ㄆㄠ poi	賠	ㄘ kuat	闊
13	ㄛ ok	惡	ㄅㄠ fit	拂	ㄇㄠ men	盟	ㄆㄠ pe	批	ㄘ kui	葵
14	ㄛ oi	愛	ㄅㄠ fut	佛	ㄇㄠ met	蔑	ㄆㄠ pen	朋	ㄘ kuai	快
15	ㄛ em	鵠	ㄅㄠ fuk	福	ㄇㄠ meu	苗	ㄆㄠ pet	碧	ㄘ pien	片
16	ㄛ en	鷹	ㄅㄠ dap	貼	ㄇㄠ mi	米	ㄆㄠ peu	浮	E 世	
17	ㄛ ep	揸	ㄅㄠ dat	值	ㄇㄠ min	民	ㄆㄠ pi	皮		
18	ㄛ et	噎	ㄅㄠ dak	的	ㄇㄠ mit	密	ㄆㄠ pin	屏		
19	ㄛ eu	嘔	ㄅㄠ dot	咄	ㄇㄠ mia	摸	ㄆㄠ pit	避		
20	ㄛ i		ㄅㄠ dok	剝	ㄇㄠ mien	棉	ㄆㄠ pia	披		
21	ㄛ ien	願	ㄅㄠ dep	沾	ㄇㄠ miang	名	ㄆㄠ piang	病		
22	ㄛ u		ㄅㄠ det	德	ㄇㄠ miong	芒	ㄆㄠ piak	癖		
23	ㄛ uai	歪	ㄅㄠ dit	滴	ㄇㄠ miet	滅	ㄆㄠ piong	紡		

24	ㄇ m	唔	ㄉㄟ diak	的	ㄇㄟ miau	妙	ㄟㄟ piok	縛
25	ㄋㄚ na	拿	ㄉㄟ diok	著	ㄇㄨ mu	模	ㄟㄟ piet	別
26	ㄋㄚㄇ nam	南	ㄉㄟ diet	跌	ㄇㄨㄣ mun	門	ㄟㄨ piu	漂
27	ㄋㄢ nan	難	ㄉㄨ dut	蠟	ㄇㄨㄥ mung	蒙	ㄟㄨ piau	票
28	ㄋㄤ nang	掙	ㄉㄨ duk	啄	ㄇㄨㄣ mut	歿	ㄟㄨ pu	步
29	ㄋㄚ nap	納	ㄍㄚ gap	甲	ㄇㄨㄣ muk	木	ㄟㄨ pun	盆
30	ㄋㄚ nak	捺	ㄍㄚ gat	結	ㄇㄨㄣ mui	味	ㄟㄨ pung	篷
31	ㄋㄞ nai	泥	ㄍㄚ gak	格	ㄉㄚ fa	花	ㄟㄨ put	勃
32	ㄋㄠ nau	鬧	ㄍㄚ got	割	ㄉㄚ fam	帆	ㄟㄨ puk	伏
33	ㄋㄟ no	磨	ㄍㄚ gok	各	ㄉㄚ fan	煩	ㄟㄨ pui	肥
34	ㄋㄟ non	暖	ㄍㄟ get	革	ㄉㄚ fang	荒	ㄟㄨ ta	他
35	ㄋㄟ nong	囊	ㄍㄟ gip	急	ㄉㄚ fai	壞	ㄟㄨ tam	淡
36	ㄋㄟ nok	諾	ㄍㄟ git	吉	ㄉㄚ fo	火	ㄟㄨ tan	彈
37	ㄋㄟ ne	呢	ㄍㄟ giap	夾	ㄉㄚ fon	歡	ㄟㄨ tang	聽
38	ㄋㄟ nem	凜	ㄍㄟ giak	遽	ㄉㄚ fong	皇	ㄟㄨ tap	踏
39	ㄋㄟ nen	能	ㄍㄟ giok	腳	ㄉㄚ foi	灰	ㄟㄨ tat	達
40	ㄋㄟ net	匿	ㄍㄟ giep	激	ㄉㄚ fe	罌	ㄟㄨ tak	
41	ㄋㄟ neu	扭	ㄍㄟ giet	結	ㄉㄚ fen	宏	ㄟㄨ tai	啼
42	ㄋㄟ ni	尼	ㄍㄟ giuk	麴	ㄉㄚ feu	蜉	ㄟㄨ tau	掏
43	ㄋㄟ nin	您	ㄍㄟ gut	骨	ㄉㄚ fin	拂	ㄟㄨ to	桃
44	ㄋㄟ nit	匿	ㄍㄟ guk	穀	ㄉㄚ fiu	拂	ㄟㄨ ton	團
45	ㄋㄟ niu	妞	ㄍㄟ guat	刮	ㄉㄚ fu	胡	ㄟㄨ tong	糖
46	ㄋㄟ niau	鳥	ㄍㄟ guak	呱	ㄉㄚ fun	分	ㄟㄨ tot	脫
47	ㄋㄟ nu	奴	ㄍㄟ guet	國	ㄉㄚ fung	紅	ㄟㄨ tok	託
48	ㄋㄟ nun	暖	ㄍㄟ hap	合	ㄉㄚ fui	回	ㄟㄨ toi	台

49	ㄅㄨㄣˊ nung	農	ㄏㄢˊ hat	轄	ㄈㄣˊ fiin	伏	ㄘㄟˊ ten	籐
50	ㄋㄨˊ nut	呐	ㄏㄢˊ hak	嚇	ㄅㄚˊ va	偃	ㄘㄟˊ tet	踢
51	ㄋㄨˊ nuk	蠕	ㄏㄢˊ hot	渴	ㄅㄚˊ van	萬	ㄘㄟˊ teu	頭
52	ㄋㄨㄟˊ nui	內	ㄏㄢˊ hok	學	ㄅㄚˊ vang	橫	ㄘㄟˊ ti	地
53	ㄌㄚˊ la	垃	ㄏㄢˊ het	住	ㄅㄚˊ vat	滑	ㄘㄟˊ tin	定
54	ㄌㄚˊ lam	籃	ㄏㄢˊ hip	泣	ㄅㄚˊ vak	挖	ㄘㄟˊ tit	敵
55	ㄌㄢˊ lan	爛	ㄏㄢˊ hit	隙	ㄅㄚˊ vai	歪	ㄘㄟˊ tiam	甜
56	ㄌㄤˊ lang	冷	ㄏㄢˊ hiap	協	ㄅㄚˊ vo	禾	ㄘㄟˊ tien	田
57	ㄌㄚˊ lap	塌	ㄏㄢˊ hiak	劇	ㄅㄚˊ von	換	ㄘㄟˊ tiap	墊
58	ㄌㄢˊ lat	辣	ㄏㄢˊ hiok	卻	ㄅㄚˊ vong	王	ㄘㄟˊ tio	唾
59	ㄌㄢˊ lak	曆	ㄏㄢˊ hiet	血	ㄅㄚˊ vok	鍋	ㄘㄟˊ tiong	暢
60	ㄌㄞˊ lai	賴	ㄏㄢˊ hiuk	畜	ㄅㄚˊ voi	會	ㄘㄟˊ tiet	鐵
61	ㄌㄞˊ lau	勞	ㄌㄞˊ zit	漬	ㄅㄚˊ ve	撒	ㄘㄟˊ tiu	溜
62	ㄌㄞˊ lo	老	ㄌㄞˊ ziap	接	ㄅㄚˊ vet	挖	ㄘㄟˊ tiau	條
63	ㄌㄞˊ lon	亂	ㄌㄞˊ ziak	跡	ㄅㄚˊ vu	鳥	ㄘㄟˊ tu	圖
64	ㄌㄞˊ long	狼	ㄌㄞˊ ziok	雀	ㄅㄚˊ vun	文	ㄘㄟˊ tun	囤
65	ㄌㄞˊ lot	劣	ㄌㄞˊ ziet	節	ㄅㄚˊ vung	翁	ㄘㄟˊ tung	銅
66	ㄌㄞˊ lok	樂	ㄌㄞˊ ziuk	足	ㄅㄚˊ vut	物	ㄘㄟˊ tut	禿
67	ㄌㄞˊ loi	來	ㄌㄞˊ cip	輯	ㄅㄚˊ vuk	屋	ㄘㄟˊ tuk	讀
68	ㄌㄞˊ le	了	ㄌㄞˊ cit	七	ㄅㄚˊ vui	圍	ㄘㄟˊ tui	退
69	ㄌㄞˊ len	零	ㄌㄞˊ ciap	妾	ㄅㄚˊ ba	背	ㄘㄟˊ da	打
70	ㄌㄞˊ lep	笠	ㄌㄞˊ ciak	蓆	ㄅㄚˊ ban	半	ㄘㄟˊ dam	擔
71	ㄌㄞˊ let	勒	ㄌㄞˊ ciok	躍	ㄅㄚˊ bang	邦	ㄘㄟˊ dan	單
72	ㄌㄞˊ leu	樓	ㄌㄞˊ ciet	切	ㄅㄚˊ bai	拜	ㄘㄟˊ dang	頂
73	ㄌㄞˊ li	利	ㄌㄞˊ ciuk	刺	ㄅㄚˊ bau	包	ㄘㄟˊ dai	帶

74	ㄅㄢ lim	林	ㄊㄣ sip	習	ㄅㄛ bo	保	ㄉㄠ dau	刀
75	ㄅㄢ lin	令	ㄊㄣ sit	席	ㄅㄛㄥ bong	榜	ㄉㄠ do	多
76	ㄅㄢ lip	立	ㄊㄣㄩ siap	涉	ㄅㄛ boi	背	ㄉㄠ don	短
77	ㄅㄢ lit	力	ㄊㄣㄩ siak	惜	ㄅㄛ ben	冰	ㄉㄠ dong	當
78	ㄅㄢ lia	這	ㄊㄣ siok	削	ㄅㄢ bi	比	ㄉㄠ doi	堆
79	ㄅㄢ liam	廉	ㄊㄣ siet	雪	ㄅㄢ bin	兵	ㄉㄠ de	塊
80	ㄅㄢ lien	連	ㄊㄣ siuk	熟	ㄅㄢ bien	扁	ㄉㄠ dem	蹬
81	ㄅㄢ liang	鈴	ㄊㄣ zhap	扎	ㄅㄢ biang	丙	ㄉㄠ den	等
82	ㄅㄢ liap	粒	ㄊㄣ zhat	折	ㄅㄢ biong	放	ㄉㄠ deu	鬥
83	ㄅㄢ liong	涼	ㄊㄣ zhak	隻	ㄅㄢ biau	表	ㄉㄠ di	知
84	ㄅㄢ liok	略	ㄊㄣ zhot	拙	ㄅㄢ bu	補	ㄉㄠ din	汀
85	ㄅㄢ liet	裂	ㄊㄣ zhok	著	ㄅㄢ bun	本	ㄉㄠ dia	蹠
86	ㄅㄢ liu	流	ㄊㄣ zhip	汁	ㄅㄢ bung	捧	ㄉㄠ diam	店
87	ㄅㄢ liung	龍	ㄊㄣ zhit	質	ㄅㄢ bui	杯	ㄉㄠ dien	展
88	ㄅㄢ liuk	六	ㄊㄣ zhut	蜀	ㄅㄢ biin	駢	ㄉㄠ diu	丟
89	ㄅㄢ liau	料	ㄊㄣ zhuk	蠟	ㄅㄢ ga	假	ㄉㄠ diau	吊
90	ㄅㄢ lu	路	ㄉㄣ chat	徹	ㄅㄢ gam	減	ㄉㄠ du	肚
91	ㄅㄢ lun	倫	ㄉㄣ chak	尺	ㄅㄢ gan	艱	ㄉㄠ dun	燉
92	ㄅㄢ lung	隆	ㄉㄣ chot	啜	ㄅㄢ gang	耕	ㄉㄠ dung	東
93	ㄅㄢ lut	律	ㄉㄣ chok	濁	ㄅㄢ gai	解	ㄉㄠ dui	對
94	ㄅㄢ luk	鹿	ㄉㄣ chit	值	ㄅㄢ gau	攪	ㄉㄠ diin	仃
95	ㄅㄢ lui	雷	ㄉㄣ chut	出	ㄅㄢ go	膏	ㄌㄩ sa	砂
96	ㄋㄩ nga	牙	ㄉㄣ chuk	畜	ㄅㄢ gon	肝	ㄌㄩ sam	三
97	ㄋㄩ ngam	岩	ㄋㄩ shap	涉	ㄅㄢ gong	缸	ㄌㄩ san	山
98	ㄋㄩ ngan	研	ㄋㄩ shat	舌	ㄅㄢ goi	改	ㄌㄩ sang	生

99	兀𠂇 ngang	硬	尸丫𠂇 shak	石	ㄍㄜㄣ gen	根	ㄇㄞ sai	晒
100	兀丫𠂇 ngap	磕	尸𠂇𠂇 shot	說	ㄍㄟ gi	記	ㄇㄞ sau	掃
101	兀丫𠂇 ngat	齡	尸𠂇𠂇 shok	碩	ㄍㄟ ㄇ gim	禁	ㄇ𠂇 so	嫂
102	兀𠂇 ngai	我	尸一𠂇 ship	十	ㄍㄟ ㄣ gin	緊	ㄇ𠂇 ㄣ son	算
103	兀𠂇 ngau	熬	尸一𠂇 shit	實	ㄍㄟ ㄩ gia	幾	ㄇ𠂇 ㄥ song	霜
104	兀𠂇 ngo	鵝	尸×𠂇 shut	術	ㄍㄟ ㄩ ㄇ giam	兼	ㄇ𠂇 一 soi	歲
105	兀𠂇 ㄥ ngong	昂	尸×𠂇 shuk	熟	ㄍㄟ 一 ㄇ gien	見	ㄇ ㄜ se	洗
106	兀𠂇 𠂇 ngok	岳	ㄱ ㄩ 𠂇 rhap	葉	ㄍㄟ 一 ㄣ giang	鏡	ㄇ ㄜ ㄇ sem	森
107	兀𠂇 一 ngoi	外	ㄱ ㄩ 𠂇 rhat	越	ㄍㄟ 一 𠂇 ㄥ giong	姜	ㄇ ㄜ ㄣ sen	生
108	兀𠂇 × ngeu	偶	ㄱ ㄩ 𠂇 rhak	蝶	ㄍㄟ 一 ㄜ gie	解	ㄇ ㄜ × seu	搜
109	兀 一 ngi	你	ㄱ 𠂇 𠂇 rhok	藥	ㄍㄟ 一 ㄜ × gieu	枸	ㄇ × su	蘇
110	兀 一 ㄇ ngim	任	ㄱ 一 𠂇 rhip	邑	ㄍㄟ 一 × giu	久	ㄇ × ㄣ sun	孫
111	兀 一 ㄣ ngin	人	ㄱ 一 𠂇 rhit	一	ㄍㄟ 一 × ㄣ giun	軍	ㄇ × ㄥ sung	送
112	兀 一 𠂇 ngip	入	ㄱ × 𠂇 rhut	鬱	ㄍㄟ 一 × ㄥ giung	弓	ㄇ × 一 sui	碎
113	兀 一 𠂇 ngit	日	ㄱ × 𠂇 rhuk	育	ㄍㄟ 一 ㄞ giau	叫	ㄘ ㄩ ca	茶
114	兀 一 ㄩ ngia	若	ㄘ ㄩ 𠂇 zap	扎	ㄍㄟ × gu	姑	ㄘ ㄩ ㄇ cam	慘
115	兀 一 ㄩ ㄇ ngiam	嚴	ㄘ ㄩ 𠂇 zat	窄	ㄍㄟ × ㄣ gun	棍	ㄘ ㄇ can	殘
116	兀 一 ㄇ ngien	元	ㄘ ㄩ 𠂇 zak	摘	ㄍㄟ × ㄥ gung	公	ㄘ ㄣ cang	瞪
117	兀 一 ㄣ ngiang	迎	ㄘ 𠂇 𠂇 zot	卓	ㄍㄟ × ㄩ gua	瓜	ㄘ ㄞ cai	在
118	兀 一 ㄩ 𠂇 ngiap	業	ㄘ 𠂇 𠂇 zok	桌	ㄍㄟ × ㄇ guan	官	ㄘ ㄞ cau	吵
119	兀 一 ㄩ 𠂇 ngiak	額	ㄘ 𠂇 𠂇 zep	撮	ㄍㄟ × ㄣ guang	莖	ㄘ 𠂇 co	坐
120	兀 一 𠂇 ngio	揉	ㄘ 𠂇 𠂇 zet	則	ㄍㄟ × 一 gui	鬼	ㄘ 𠂇 ㄣ con	賺
121	兀 一 𠂇 ㄣ ngion	軟	ㄘ × 𠂇 zut	卒	ㄍㄟ × ㄜ ㄣ guen	耿	ㄘ 𠂇 ㄥ cong	床
122	兀 一 𠂇 ㄥ ngiong	娘	ㄘ × 𠂇 zuk	捉	ㄍㄟ × ㄞ guai	怪	ㄘ 𠂇 一 coi	才
123	兀 一 𠂇 𠂇 ngiok	弱	ㄘ ㄩ 𠂇 cap	插	ㄱ ㄩ ha	下	ㄘ ㄜ ce	齊

124	兀一世 ngie	蟻	ㄔㄩㄘ cat	擦	ㄈㄩㄢ ham	含	ㄔㄞㄢ cem	岑
125	兀一世ㄘ ngiet	月	ㄔㄩㄘ cak	拆	ㄈㄢ han	間	ㄔㄞㄣ cen	層
126	兀一世ㄨ ngieu	偶	ㄔㄛㄘ cot	撮	ㄈㄤ hang	行	ㄔㄞㄨ ceu	湊
127	兀一世ㄨ ngiu	牛	ㄔㄛㄘ cok	擢	ㄈㄞ hai	鞋	ㄔㄨㄨ cu	粗
128	兀一世ㄣ ngiun	銀	ㄔㄞㄘ cet	賊	ㄈㄞ hau	考	ㄔㄨㄣ cun	寸
129	兀一世ㄥ ngiung	鬆	ㄔㄨㄘ cut	摔	ㄈㄛ ho	河	ㄔㄨㄥ cung	叢
130	兀一世ㄘ ngiuk	肉	ㄔㄨㄘ cuk	嗽	ㄈㄛㄣ hon	汗	ㄔㄨㄟ cui	罪
131	兀一世ㄨ ngiau	尿	ㄘㄩㄨ sap	圾	ㄈㄛㄥ hong	航	ㄘㄩ za	炸
132	兀一世ㄟ ngioi	艾	ㄘㄩㄘ sat	煞	ㄈㄛㄟ hoi	海	ㄘㄩㄢ zam	斬
133	兀一世 ngu	娛	ㄘㄛㄘ sot	刷	ㄈㄞ he	係	ㄘㄢ zan	盞
134	兀一世ㄘ ngut	鬱	ㄘㄛㄘ sok	縮	ㄈㄞㄢ hem	喊	ㄘㄤ zang	爭
135	兀一世ㄢ nguan	頑	ㄘㄞㄨ sep	澀	ㄈㄞㄣ hen	肯	ㄘㄞ zai	災
136	兀一世ㄟ ngui	魏	ㄘㄞㄘ set	色	ㄈㄞㄨ heu	猴	ㄘㄞ zau	抓
137	兀一世 ngii	魚	ㄘㄨㄘ sut	術	ㄈㄟ hi	喜	ㄘㄛ zo	做
138	ㄔㄩ ka	卡	ㄘㄨㄘ suk	速	ㄈㄟㄢ him	欣	ㄘㄛㄣ zon	鑽
139	ㄔㄩㄢ kam	坎	ㄘㄟ zi	際	ㄈㄟㄣ hin	形	ㄘㄛㄥ zong	莊
140	ㄔㄩㄢ kan	刊	ㄘㄟㄢ zim	孀	ㄈㄟㄩㄢ hiam	險	ㄘㄞ ze	姊
141	ㄔㄩㄤ kang	招	ㄘㄟㄣ zin	精	ㄈㄟㄢ hien	弦	ㄘㄞㄢ zem	砧
142	ㄔㄩㄨ kap	磕	ㄘㄟㄩ zia	借	ㄈㄟㄛ hio	靴	ㄘㄞㄣ zen	增
143	ㄔㄩㄨ kat	刻	ㄘㄟㄩㄢ ziam	尖	ㄈㄟㄛㄥ hiong	向	ㄘㄞㄨ zeu	走
144	ㄔㄩㄘ kak	喀	ㄘㄟㄢ zien	剪	ㄈㄟㄨ hiu	休	ㄘㄨ zu	租
145	ㄔㄩㄞ kai	掄	ㄘㄟㄤ ziang	井	ㄈㄟㄨㄣ hiun	痕	ㄘㄨㄣ zun	尊
146	ㄔㄩㄞ kau	考	ㄘㄟㄛ zio	嚼	ㄈㄟㄨㄥ hiung	雄	ㄘㄨㄥ zung	宗
147	ㄔㄩㄛ ko	科	ㄘㄟㄛㄥ ziong	醬	ㄈㄟㄞ hiau	曉	ㄘㄨㄟ zui	醉
148	ㄔㄩㄛ kon	看	ㄘㄟㄨ ziu	酒	ㄈㄟㄣ hiin	亨	ㄔㄩ cha	車

149	ㄗㄛㄥ kong	礦	ㄗㄣˊㄨㄥˊ ziung	蹤	ㄖㄩˊ sha	社	ㄗㄧㄣˊ cham	諂
150	ㄗㄛˊㄘㄨ kot	渴	ㄗㄣˊㄨ ziau	嬌	ㄖㄩㄣˊ sham	蟬	ㄗㄣˊ chan	碾
151	ㄗㄛˊㄗ kok	擴	ㄘㄣˊ ci	徐	ㄖㄩˊ shan	扇	ㄗㄣˊ chang	呈
152	ㄗㄛˊ koi	開	ㄘㄣˊ cim	尋	ㄖㄣˊ shang	城	ㄗㄣˊ chau	超
153	ㄗㄛˊㄣ ken	懇	ㄘㄣˊ cin	儘	ㄖㄣˊ shau	少	ㄗㄛˊㄣ chon	傳
154	ㄗㄛˊㄨ keu	扣	ㄘㄣˊ cia	斜	ㄖㄛˊ shon	船	ㄗㄛˊ chong	場
155	ㄗㄣˊ ki	旗	ㄘㄣˊ ciam	簽	ㄖㄛˊ shong	上	ㄗㄛˊ choi	吹
156	ㄗㄣˊ kim	琴	ㄘㄣˊ cien	前	ㄖㄛˊ shoi	睡	ㄗㄛˊ che	扯
157	ㄗㄣˊㄣ kin	勤	ㄘㄣˊ ciang	淨	ㄖㄛˊ she	事	ㄗㄛˊㄣ chen	跔
158	ㄗㄣˊ kip	吸	ㄘㄣˊ cio	鋤	ㄖㄣˊ shi	時	ㄗㄣˊ chi	池
159	ㄗㄣˊㄘㄨ kit	極	ㄘㄣˊ cion	拴	ㄖㄣˊ shim	審	ㄗㄣˊ chim	沈
160	ㄗㄣˊ kia	擎	ㄘㄣˊ ciong	像	ㄖㄣˊ shin	神	ㄗㄣˊ chin	陳
161	ㄗㄣˊ kiam	鉗	ㄘㄣˊ cien	錢	ㄖㄣˊ shiu	仇	ㄗㄣˊ chiu	臭
162	ㄗㄣˊ kien	拳	ㄘㄣˊ ciu	就	ㄖㄣˊ shu	樹	ㄗㄣˊ chu	箸
163	ㄗㄣˊ kiang	輕	ㄘㄣˊ ciung	從	ㄖㄣˊ shun	順	ㄗㄣˊ chun	春
164	ㄗㄣˊ kiap	挾	ㄘㄣˊ ciau	嚼	ㄖㄣˊ shui	水	ㄗㄣˊ chung	蟲
165	ㄗㄣˊ kiak	屐	ㄘㄣˊ cioi	脆	ㄗㄣˊ zha	遮	ㄗㄣˊ chui	吹
166	ㄗㄣˊ kio	茄	ㄗㄣˊ si	四	ㄗㄣˊ zham	佔	ㄗㄣˊ rha	夜
167	ㄗㄣˊ kiong	強	ㄗㄣˊ sim	心	ㄗㄣˊ zhan	戰	ㄗㄣˊ rham	炎
168	ㄗㄣˊ kiok	卻	ㄗㄣˊ sin	信	ㄗㄣˊ zhang	整	ㄗㄣˊ rhan	圓
169	ㄗㄣˊ kie	契	ㄗㄣˊ sia	寫	ㄗㄣˊ zhau	招	ㄗㄣˊ rhang	營
170	ㄗㄣˊ kiem	罩	ㄗㄣˊ siam	潛	ㄗㄣˊ zhon	專	ㄗㄣˊ rhai	椰
171	ㄗㄣˊ kiet	缺	ㄗㄣˊ sien	仙	ㄗㄣˊ zhong	張	ㄗㄣˊ rhau	腰
172	ㄗㄣˊ kiu	球	ㄗㄣˊ siang	姓	ㄗㄣˊ zhe	這	ㄗㄣˊ rhong	羊
173	ㄗㄣˊ kiun	裙	ㄗㄣˊ sio	縮	ㄗㄣˊ zhi	制	ㄗㄣˊ rhe	蟪

174	ㄅㄣˊㄣˊ	窮	ㄊㄣˊㄘㄣˊ	象	ㄗㄣˊㄇ	針	ㄅㄣˊ	姨
	kiung		siong		zhim		rhi	
175	ㄅㄣˊㄣˊ	屈	ㄊㄣˊㄣˊ	秀	ㄗㄣˊㄣˊ	真	ㄅㄣˊㄇ	任
	kiut		siu		zhin		rhim	
176	ㄅㄣˊㄣˊ	局	ㄊㄣˊㄣˊ	誦	ㄗㄣˊㄣˊ	周	ㄅㄣˊㄣˊ	仁
	kiuk		siung		zhiu		rhin	
177	ㄅㄣˊㄣˊ	橋	ㄊㄣˊㄣˊ	笑	ㄗㄣˊㄣˊ	珠	ㄅㄣˊㄣˊ	有
	kiau		siau		zhu		rhui	
178	ㄅㄣˊㄣˊ	倦	ㄊㄣˊㄣˊ	髓	ㄗㄣˊㄣˊ	準	ㄅㄣˊㄣˊ	雲
	kioi		sioi		zhun		rhun	
179	ㄅㄣˊㄣˊ	發	ㄗㄣˊㄣˊ	鐘	ㄗㄣˊㄣˊ	嘴	ㄅㄣˊㄣˊ	容
	bot		zhung		zhoi		rhung	
180	ㄅㄣˊㄣˊ	銳	ㄗㄣˊㄣˊ	笛	ㄗㄣˊㄣˊ	嘖	ㄅㄣˊㄣˊ	姤
	rhui		tit		zip		geu	

附錄 C

1. 中文：你吃飽沒？ 我吃飽了。
通用音標：ngi-5 shit-8 bau-2 mang-5? ngai-2 shit-8 bau-2 le-1.
2. 中文：今晚吃很飽了。
通用音標：am-3 bu-1 rha-7 shit-8 dong-1 bau-2 le-1.
3. 中文：今天天氣很好。
通用音標：gim-1 bu-1 ngit-4 tien-1 shi-5 dong-1 ho-2.
4. 中文：謝謝，謝謝你的照顧。
通用音標：shin-5 mung-5, shin-5 mung-5 ngi-5 e-7 zhau-3 gu-3.
5. 中文：人之初 性本善 性相近 習相遠
通用音標：ngin-5 zii-1 chu-1, sin-3 bun-2 shan-3,
sin-3 siong-1 kiun-1, sip-8 siong-1 rhan-2.

附錄 D

1. 中文：再見！ 再來玩。
通用音標：zai-1 gien-3, gok-4 (goh-4) lai-6 cit-4 to-2.
2. 中文：他是老師，現在在學校。
通用音標：i-6 si-3 lau-3 su-5. zit-4 ma-1 di-3 hak-8 hau-6.
3. 中文：你家在哪？是在台北市內嗎？
通用音標：lin-5 dau-5 li-3 dak-8, gam-5 si-3 li-7 e-5 dai-3 bak-4
(bah-4) ci-3 lai-6.
4. 中文：晚上天氣會變冷，要穿暖一點。
通用音標：am-1 si-2 ti-6 ki-3 e-3 bien-1 gua-2, ai-1 cin-3 kak-4
sio-5 e-6.
5. 中文：你若吃飽，就去工作。
通用音標：li-5 na-3 zia-3 ba-1, diok-3 (dio-3) ki-5 zo-1 sit-4.