

國立交通大學

外國語文學系外國文學與語言學碩士班

碩士論文

音韻組成與中文口語感知

The Effects of Phonological Make-ups on Mandarin  
Word Recognition

研究生：吳聲弘 Sheng-Hung Wu

指導教授：賴郁雯 博士 Dr. Yuwen Lai

中華民國一百零一年七月

# 音韻組成與中文口語感知

The Effects of Phonological Make-Ups on Mandarin Word Recognition

研究生：吳聲弘 Sheng-Hung Wu

指導教授：賴郁雯 博士 Dr. Yuwen Lai

國立交通大學

外國語文學系外國文學與語言學碩士班

碩士論文

Submitted to Department of Foreign Literatures and Linguistics  
Graduate Institute of Foreign Literatures and Linguistics  
National Chiao Tung University  
In Partial Fulfillment of the Requirements  
For the Degree of  
Master  
In

Graduate Institute of Foreign Literatures and Linguistics  
July 2012

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一百零一年七月

# 音韻組成與中文口語感知

學生: 吳聲弘

指導教授: 賴郁雯博士

國立交通大學外國語文學系外國文學與語言學碩士班

## 摘要

本論文探討音韻組成(phonological make-ups)，包括聲母響度、鼻音韻尾以及聲調對中文口語感知的影響。使用柵欄理論進行口語感知實驗，以精確掌控受試者所能聽取之刺激項長度，進而控制其所能獲得之聲學線索(acoustic cues)。實驗刺激項為臺灣國語四個聲調為一組(quadruplet)的音節共32個，嵌入「我說\_\_給你聽」的載句中，發音人為一位臺灣母語使用者(23歲女性，台中人)。將刺激項以50毫秒為一個單位切割成由短而長的柵欄刺激項，以連續方式呈現，每個刺激項最多分為八個柵欄(第八柵欄為整個音節)。實驗受試者為交通大學招募來的30名學生(男女各半)。實驗探討因素有聲母響度(響音及阻音)、鼻音韻尾(無鼻音、舌尖鼻音及舌根鼻音)及聲調(一聲、二聲、三聲及四聲)，依照音節獨立點(IP)及聲調獨立點(TIP)兩個面向進行探討。實驗結果可就三部分來看：一、聲母響度對IP的影響不顯著，聲母的TIP為響音<阻音，表示響音之中包含可供辨識聲調的聲學線索。二、鼻音的IP為無鼻音顯著快於舌尖鼻音和舌根鼻音，舌尖鼻音顯著快於舌根鼻音，可看出臺灣國語的三種鼻音在聽辨速度上有所差異，或許跟臺灣國語鼻音合流(nasal merge)的現象有關，而鼻音韻尾對TIP的影響不顯著。三、聲調的IP及TIP皆為二聲最慢，根據受試者各柵欄之回應可看出，二聲容易和一聲和三聲混淆；另外，對發音人的聲學分析可看出，二聲的基頻上升出現在較慢的時間點，造成其感知時間的延後。

**關鍵字：**柵欄理論、聲母響度、鼻音韻尾、聲調、音節獨立點、聲調獨立點

# The Effects of Phonological Make-ups on Mandarin Word Recognition

Student: Sheng-Hung Wu

Advisor: Dr. Yuwen Lai

Graduate Institute of Foreign Literatures & Linguistics  
National Chiao Tung University

## Abstract

This thesis examined the effects of the phonological make-ups, including initial consonant sonorancy, nasal codas and tones on Mandarin spoken-word recognition. The present study uses the gating paradigm to precisely control acoustic-phonetic information of the stimuli presented to the subjects.

Stimuli in this experiment are eight monosyllabic quadruplets, inserted in the carrier sentence. The stimuli were recorded by a female native Taiwan Mandarin speaker. The gates were constructed with 50ms increments and were presented in a successive presentation format. A total of 30 Taiwanese native speakers (15 males and 15 females) were recruited as subjects in this study.

Results showed that initial sonorancy has no significant effect on Isolation Point (IP), but sonorant has a significantly earlier Tone Isolation Point (TIP) than obstruent, which shows that there might be some acoustic cues for tone recognition in sonorants. No nasal coda has a significantly earlier IP than alveolar nasal and velar nasal, and alveolar nasal has a significantly earlier IP than velar nasal. This shows that the recognition rate of different nasal coda in Taiwan Mandarin is varied, and it might relate to the phenomenon of nasal merge in Taiwan Mandarin. Tone 2 has the latest IP and TIP, and according to the subject responses at each gate, Tone 2 tends to be misidentified as Tone 1 and Tone 3. Moreover, the F0 of Tone 2 rises later, which might lead to the identification of Tone 2 delay.

**Keywords:** gating paradigm, onset consonant sonorancy, nasal coda, tone, isolation point, tone isolation point

## 致 謝

終於，要寫下這一頁致謝詞。終於，要親手為三年的碩士生涯畫下一個句點。

回想三年，除了教室和研究室以外，我最常去的地方是羽球場，我喜歡羽球，因為在打球的同時，認識了許多人，學到了許多事。寫作論文的過程，就如同一場羽球賽，我是選手，我的指導教授賴郁雯老師，就是我寫作論文的教練，帶領我打贏這場艱難的比賽。

比賽開始前，教練會叮嚀選手要了解對手特性，並找到應對的方針；就好像開始寫作前的文獻回顧，可以在前人的研究當中觀察其實驗方法，並找尋屬於自己的方向。比賽開始後，在前期要用不同的球路試探對手，找到最有效的進攻手段；就如同選定實驗刺激項的過程，要跟賴老師不斷討論篩選，才能找出最適合的語料。比賽過程中，教練在旁邊會大聲提醒選手，雖然給選手很大幫助，但也伴隨很大的壓力；就像每次跟賴老師 meeting 的過程，每次都會學到很多寫作論文的技巧，但也會有點戰戰兢兢。比賽時或許會有所挫折，有時會跌得鼻青臉腫；就跟看到實驗結果時，結果跟預期相差甚鉅時一樣，心裡會十分氣餒，但只要不放棄，就可以越挫越勇，找到解釋的方法。快要勝利時，可能會面臨對手頑強的抵抗；就像論文資格考一樣，感謝新竹教育大學臺語所劉秀雪所長提出了許多問題，讓我可以進一步思考論文能夠改進的地方。論文學位考就是比賽的延長賽，通過了就可以拿下比賽的勝利。感謝劉秀雪老師和國立中山大學外文所的歐淑珍老師，謝謝妳們的建議和提醒，也讓我得以看見勝利的曙光。作為一個散漫的選手，若不是有賴老師這個認真的教練，我也無法打贏這場名為論文寫作的比賽，我要特別感謝賴老師，雖然常常被老師激動的指導嚇到，但也能感受到老師滿滿的教學熱誠。

一場比賽不可或缺當然還有啦啦隊，啦啦隊隊長是我的女朋友郁琳，少了她的陪伴，

會讓我失去持續戰鬥的動力。其他的啦啦隊隊員當然就是高中至今跟我最要好的朋友們，感謝家齊、品毅、瑋翔、騰鑒、宏文和維駿，一直以來只要不開心的時候，只要有大家的陪伴(無論是現實生活或網路上)，都可以讓我心情變好，活力加倍，考試都考一百分。

當然，比賽怎麼可以少了觀眾席上的親友團呢。首先要感謝研究所期間諸位老師的指導，讓我對語言學的興趣日漸增加。接著要感謝研究所的同儕晉廷、宇吟和睿良，我在你們身上看到了認真進取的態度，能跟你們當同學真的很幸運。感謝給過我很多幫助以及有時一起去看棒球的佳霖學姊、慧婷、育瑩和鈴月，還有常跟我聊天的弈勳學長，教了我很多統計方法的博任學長。最後要特別感謝研究所期間跟我打過球的靜汶和文學組的偉祥、政益、瀚云、宛庭、建佑、佑蓉、維方和亭文，感謝你們在球場上的陪伴，以及被我吊小球和高遠球耍得團團轉也不會生氣的風度。

最後要感謝我的家人，感謝我的父親吳家炬，您一直不停進修，已經唸完碩士班還繼續唸博士班，是我們小孩子的榜樣，不過我想應該沒辦法超過您的學歷了。感謝我的母親張秋雯，把我們家的圍牆外種滿了花草，讓我在家裡打論文的同時還可以聞到陣陣桂花香。感謝我的妹妹佩倫，都不會打擾我寫論文，真感謝妳。不過這幾年也很少聽妳跟家人講過話了，加油，好嗎？

感謝所有幫助過我的人，有了你們我才能完成這篇論文。要謝的人太多了，那就謝天吧，要改的東西太多了，那就改天吧。雖然很想改天再完成，不過快樂的時光過得總是特別快，感謝大家，在此就為我研究所生涯畫下一個句點。

# 目 錄

摘要	i
英文摘要	ii
致謝	iii
目錄	v
圖表目錄	vii
<b>第一章 緒論</b>	<b>1</b>
1.1 引言	1
1.2 論文架構	2
<b>第二章 文獻回顧</b>	<b>3</b>
2.1 柵欄理論相關研究	3
2.1.1 英文柵欄理論實驗	3
2.1.2 柵欄理論實驗方法探討	5
2.2 中文聲調相關研究	6
2.2.1 中文聲調概述	7
2.2.2 語境對聲調感知影響	8
2.2.3 以北京中文為材料之聲調感知	10
2.3 中文柵欄理論相關研究	11
2.3.1 北京中文柵欄理論實驗	12
2.3.2 聲母響度對聲調辨識之影響	13
<b>第三章 柵欄理論實驗</b>	<b>15</b>
3.1 受試者	15
3.2 刺激項	15
3.3 刺激項處理程序	18
3.4 實驗程序	19

3.5 資料分析.....	20
<b>第四章 結果.....</b>	<b>21</b>
4.1 音節獨立點.....	21
4.2 聲調獨立點.....	25
4.3 錯誤分析.....	29
<b>第五章 討論.....</b>	<b>32</b>
5.1 聲母響度.....	33
5.2 鼻音韻尾.....	34
5.3 聲調.....	35
5.4 因子間交互作用.....	40
5.5 信心指數.....	41
5.6 錯誤分析結果討論.....	42
<b>第六章 結語.....</b>	<b>43</b>
<b>參考書目.....</b>	<b>44</b>
<b>附錄一 語言背景問卷.....</b>	<b>46</b>
<b>附錄二 受試者答案卷.....</b>	<b>47</b>

## 圖表目錄

圖一	短語境刺激項柵欄分段.....	5
圖二	臺灣國語四聲(根據本實驗發音人).....	8
圖三	刺激項聲母長度盒狀圖.....	17
圖四	刺激項元音長度盒狀圖.....	17
圖五	刺激項韻尾長度盒狀圖.....	18
圖六	聲母響度與 IP.....	22
圖七	鼻音韻尾與 IP.....	22
圖八	聲調與 IP.....	23
圖九	聲母響度與鼻音韻尾.....	24
圖十	聲母響度與聲調.....	24
圖十一	鼻音韻尾與聲調.....	25
圖十二	聲母響度與 TIP.....	26
圖十三	鼻音韻尾與 TIP.....	26
圖十四	聲調與 TIP.....	27
圖十五	聲母響度與鼻音韻尾.....	28
圖十六	聲母響度與聲調.....	28
圖十七	鼻音韻尾與聲調.....	29
圖十八	聲母、元音、韻尾和聲調之錯誤率.....	30
圖十九	各聲調之錯誤.....	31
圖二十	臺灣國語平均四聲 (以本實驗發音人為例) .....	37
圖二十一	北京中文平均四聲 (本圖引用自 Jongman, 1997).....	37
圖二十二	發音人及臺灣地區男女性平均聲調圖.....	38
圖二十三	四個聲調各柵欄之受試者反應.....	39
圖二十四	二聲三聲按柵欄標示之聲調圖.....	40

表一	Grosjean(1980)實驗刺激項.....	4
表二	北京中文聲調簡表(根據 Chao, 1948) .....	8
表三	Ye 與 Connie(1999)實驗一刺激項.....	9
表四	Ye 與 Connie(1999)實驗二刺激項.....	9
表五	Ye 與 Connie(1999)實驗三刺激項.....	10
表六	Lai與Zhang(2008)實驗刺激項.....	13
表七	正式實驗刺激項(依照聲母區分).....	15
表八	正式實驗刺激項(依照韻尾區分).....	16
表九	依聲母分組之 IP 及 CIP.....	41
表十	依韻尾分組之 IP 及 CIP.....	41
表十一	依聲調分組之 IP 及 CIP.....	42



# 第一章 緒論

## 1.1 引言

當代語言學源自西方，口語感知相關研究也多著重於歐美地區，因此研究的主要語言為歐美主流之非聲調語言(non-tonal languages)。非聲調語言和聲調語言(tonal languages)的差異在於聲調(tone)的辨義功能(phonemic)：對聲調語言而言，若兩個字之間音段相同(segment)而聲調不同，其意義也會因而有所差異；非聲調語言則無此現象。由於西方學者多著重於音段訊息的研究，研究中文的學者受此影響，往往會忽略超音段訊息之重要性。儘管世界上有百分之六十以上的語言為聲調語言(Yip, 2002)，超過總人口數的一半使用聲調語言進行溝通，對於聲調這類超音段訊息所做過的研究與對於音段訊息的研究相較之下仍相當少。本論文之主旨即為探討聲調對口語感知的影響。

除了聲調之外，本論文要探討聲母(onset consonant)響度(sonorancy)以及鼻音韻尾(nasal coda)對口語感知的影響，觀察聲母為阻音(obstruent)或響音(sonorant)，韻尾為無鼻音、舌尖鼻音/n/及舌根鼻音/ŋ/是否會對聽者聽辨詞語的速度產生不同的作用。此外，本論文欲對口語感知的兩種面向進行分析，分別為音節感知與聲調感知。音節感知的識別點，即音節獨立點<sup>1</sup>(isolation point, IP)，為受試者判別整個音節，包含音段和聲調皆正確的時間點；而聲調感知的識別點，即聲調獨立點(tone isolation point, TIP)，則為正確判斷聲調的時間點。

所有聲調語言中，使用普通話(Mandarin Chinese)的人口比例佔最多，因此對普通話的研究已不在少數；相較之下，專門對臺灣國語(Taiwan Mandarin)進行的研究相對稀少，臺灣國語受到臺語(Taiwanese)及客家語(Hakka)的影響，在部分聲學特質上跟普通話已有

---

<sup>1</sup>音節獨立點(Isolation Point, IP)與音節識別點(Recognition Point, RP)這兩個術語常令人混淆，其實這兩個詞並不相同。首位使用柵欄理論進行口語感知實驗的 Grosjean (1980) 選擇用音節獨立點而非詞彙識別點，其理由為利用柵欄理論所進行的實驗當中，前幾個柵欄刺激項(gating stimuli)十分短暫，受試者必須利用僅有的語音線索推測該音節，當能正確判別音節，並把該音節與其他候選音節(syllable candidate)獨立開時，該點便稱為音節獨立點，然而此時受試者的信心度指數(Confidence rate)可能並不高，音節識別點是在受試者信心指數到達一定水平，且能正確判別音節方能達到。柵欄理論實驗中多用音節獨立點而非音節識別點。

所區隔，因此有其研究之價值。本論文即以臺灣國語作為研究語言。

本論文採用柵欄理論進行實驗，因為此種實驗方式可以精確地控制刺激項的語音訊息(acoustic-phonetic information)，藉由時間長度漸長的柵欄語音片段(gates)檢視在各時間點所對應到的認知程序(recognition process)，進而評估受試者需要多少聲學語音訊息藉以判斷刺激項的聲調，在文獻回顧的部分會對柵欄理論做深入說明。此類實驗在臺灣國語，甚至於普通話上的應用仍相當少，對聲調語言而言，除了可探討音段訊息之外，亦可對超音段訊息，如聲調，進行探究，以及研究兩者在口語感知上的進程。除了研究音段和超音段訊息之間的交互關係以外，本實驗的重點在於不同響度的聲母、不同的鼻音韻尾以及不同聲調是否會影響音節獨立點和聲調獨立點的快慢，並分析以上三個因素是否會互相影響，藉此對臺灣國語的口語感知機制有更進一步的了解。

## 1.2 論文架構

除了本章以外，本論文之架構如下：第二章「文獻回顧」中首先介紹柵欄理論在研究英文口語感知上的應用，而後回顧先前對中文聲調所做過的研究，最後討論先前對中文口語感知所做過的柵欄理論相關研究。第三章「柵欄理論實驗」說明本研究使用之實驗方法，包括受試者、實驗材料、實驗流程、資料分析、及實驗結果；第四章「結果與分析」利用統計軟體檢視聲母響度、鼻音韻尾及聲調是否會造成音節獨立點以及聲調獨立點的差異，並利用 Praat 軟體(by Boersma, Paul & Weenink, David, 2010)測量刺激項的聲學特性，以檢視其是否會對結果產生影響；第五章「討論與結語」首先對於實驗中三個因素：響度、鼻音以及聲調對口語感知造成的影響分別進行討論，並對於有顯著性的實驗結果加以解釋。最後對於本實驗與前人研究的差異進行比較，並探討本實驗之優勢所在。

## 第二章 文獻回顧

本章第一小節介紹柵欄理論實驗法，檢視柵欄理論在英文口語感知上的應用，並探討柵欄理論實驗中常用的兩種實驗方法，回顧 Grosjean(1980)和 Cotton 與 Grosjean (1984) 兩篇論文。第二小節介紹中文聲調特性，回顧先前對中文聲調做過的研究，包含 Ye 與 Connie (1999)和 Lee (2009)兩篇論文。第三小節回顧先前對中文做過的柵欄理論相關研究，包括 Wu 與 Shu (2003)、和 Lai 與 Zhang (2008)兩篇論文。

### 2.1 柵欄理論相關研究

柵欄理論為Grosjean(1980)首先使用的一種研究口語感知的方法，其特性在於對語音訊息的時間控制。柵欄理論將一段語音訊息(可為字、詞或一整個句子)切割成由短而長、時間長度漸增的語音片段，每次增加的時間長度固定(一般介於20到100毫秒)，受試者將聽到依序漸長的語音片段，得到的結果可分為三個部分：(一)、詞彙獨立點<sup>2</sup>(Isolation point, IP) – 即聽者正確辨別目標字且不再更改答案的時間點，(二)、信心指數(C Confidence rating)– 在判別每個柵欄刺激項時的信心指數，(三)、受試者回應(proposed response) – 在詞彙獨立點之前受試者對於每個柵欄所推測的答案。

#### 2.1.1 英文柵欄理論實驗

Grosjean(1980)探討柵欄理論是否為研究口語詞彙認知的一種有用且有效的方法。證明方式為複製其他認知實驗可以探討的三種影響聽者正確識別詞彙時間的效應，包含詞頻效應(word frequency effect)、語境效應(context effect)和詞長效應(word length effect)，並運用柵欄理論探討此三種效應對彼此間的影響。

本實驗受試者為 24 個大學生，每個人兩小時，實驗材料為 48 個英文名詞(nouns)，

---

<sup>2</sup> 在英文當中使用柵欄理論進行實驗時，受試者判斷的可為一個音節音以上的音，英文當中單一音節即可為詞彙，因此稱其為詞彙獨立點；本實驗探討中文，中文單音節音大多不成詞，因此在本實驗當中的 IP 稱作音節獨立點。

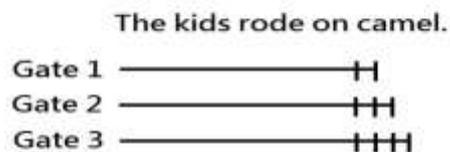
高低詞頻各半<sup>3</sup>，並包含數量相同的一、二、以及三音節詞，選擇刺激項時把高低詞頻的詞對(word pair)控制為聲母及元音相同，如表一所示。刺激項由一位女性發音人(speaker)錄製。

低詞頻詞 24 個			高詞頻詞 24 個		
單音節	雙音節	三音節	單音節	雙音節	三音節
bog	camel	remember	box	captain	reminder

表一 Grosjean(1980)實驗刺激項

刺激項在錄製完畢之後要進行柵欄分段處理，Grosjean 將刺激項分別放進無語境(no context)、短語境(short context)和長語境(long context)三組環境中。無語境的定義為刺激項單獨出現(in isolation)，例如”camel”；短語境的定義為刺激項在簡單句(simple sentence)當中，例如”The kids rode on camel.”；長語境則為簡單句之前加上表示時間或地點的介係詞片語(prepositional phrases)，例如”At the zoo the kids rode on camel.”。而後將刺激項按照 30 毫秒漸增的語音長度，由字首開始分段，若為短語境或長語境的環境時，則由目標詞出現的時間點開始分段，如圖一所示，短語境和長語境都是錄製一個句子，差別只在於目標字出現的的長度。結果顯示，就詞頻效應、語境效應和詞長效應來看結果，詞頻越高，詞彙獨立點出現越快；語境越長，詞彙獨立點出現越快；而詞長越長，詞彙獨立點出現越慢，這裡的詞長為音節長度，此結果與先前所進行過的口語感知實驗結果相符。

<sup>3</sup> Grosjean (1980)使用的詞頻係由 Kucera and Francis (1967) 詞頻表所決定，低詞頻的詞在詞頻表上標示為 1，高詞頻的詞則標示 30 或以上。



圖一 短語境刺激項柵欄分段 (Grosjean, 1980: p3)

Grosjean (1980)開創柵欄理論實驗法在口語感知實驗上的先河，往後的柵欄理論實驗大多沿其所分析的三項指標：詞彙獨立點、信心指數及受試者回應。柵欄理論實驗法在本論文出現之後便逐漸成為研究口語感知的主流實驗法之一。

Grosjean (1980)研究柵欄理論對英文口語感知的應用，英文屬於非聲調語言，聲調不會對其辨義造成影響；然而，本實驗所要探討的為臺灣國語，聲調在口語聽辨上有其重要性，藉由柵欄理論對刺激項時長精確地控制探討包含聲調在內的音韻組成對臺灣國語口語感知的影響。

### 2.1.2 柵欄理論實驗方法探討

本論文為 Grosjean (1980)的延伸，Cotton 與 Grosjean (1984)探討柵欄理論的兩類實驗方法之差異。在柵欄理論實驗當中，口語刺激項為逐漸加長的語音片段，而受試者會連續地(successively)由短到長逐漸聽完整個字，因此前幾個柵欄會重複出現(repeated presentation)。重複出現的刺激項片段可能會對兩種結果產生影響，其一為詞彙獨立時間(isolation time)，即受試者選出詞彙獨立點的時間，受試者連續聽到由短到長的片段，前面重複的訊息可能會縮短受試者的詞彙獨立時間；其二為信心指數，重複聽到的部分可能讓受試者信心指數提高。若以上兩點確實會受到影響，柵欄理論實驗結果便會不準確。本實驗欲利用實驗探討此種連續出現形式(successive presentation format)是否會對結果產生影響。

實驗受試者為 80 個人，無聽力問題。實驗材料為 Grosjean (1980)材料中無語境以及短語境的部分，不過本實驗對材料處理方式為將每個柵欄的語音片段分開，即受試者會先聽完所有刺激項的某個柵欄，接著再聽刺激項的下一個柵欄。本實驗分析受試者在每個柵欄的平均正確數目以及信心指數。

實驗結果與 Grosjean (1980)的結果比較，一邊為連續出現(successive presentation)，一邊為單獨出現(individual presentation)。就平均正確數目來看，兩者結果在無語境和短語境中並無太大差異；若就平均信心指數而言，在無語境當中無顯著差異，但在短語境當中的平均信心指數是單獨出現比連續出現高 (\* $p < .01$ )。Cotton 與 Grosjean (1984)認為柵欄理論的連續出現形式對結果的影響並不大，雖然單獨出現的形式在短語境的情況下平均信心指數較高，但只有在開頭部分，對無語境及較晚柵欄片段無太大影響。

在柵欄理論實驗當中常用的方式有兩種，一種為連續出現形式，另一種為單獨出現形式，又稱為時長限制形式(duration-blocked format)。Cotton 與 Grosjean (1984)指出重複出現的片段並不會對受試者產生顯著影響，也表示以上兩種方式的結果並不會有太大差異。

其他使用柵欄理論研究中文的實驗大多使用時長限制形式，本實驗則使用連續出現形式，雖然刺激項呈現的形式不同，但根據 Cotton 與 Grosjean (1984)可以知道兩種刺激項呈現之方式並不會對實驗結果產生顯著影響。

## 2.2 中文聲調相關研究

針對中文聲調所進行的口語感知研究可分為兩類：其一為聲調訊息 (tonal information)及音段訊息(segmental information)是否有交互作用(Ye & Connie, 1999)，其二為不同聲調訊息需要何種聲學線索(acoustic cues)來界定彼此(Shen & Lin, 1991; Lee, 2008)。前者研究著重於聲調與音段訊息在口語聽感上時間的快慢，聲調和元音在口語感知時到底是同時出現，還是有感知時間上的差異；後者藉實驗檢視不同聲調之間需藉由哪些聲學線索方能區隔彼此。本小節將先介紹中文聲調的特性，而後回顧 Ye 與 Connie (1999)和 Lee (2008)的兩篇論文。

### 2.2.1 中文聲調概述

中文就音素上(phonemically)根據 Chao(1948)的五度標調法<sup>4</sup>，可分為四個基本聲調(輕聲不在討論範圍內)<sup>5</sup>，這些聲調主要差異來自於基頻(fundamental frequency or F<sub>0</sub>)域值(register)起伏(contour)的不同，詳見表二。另外，由圖二可看出四個聲調具體的基頻起伏：一聲基頻無明顯起伏，二聲基頻逐漸升高，三聲基頻會有一段極低的值，而四聲基頻由高調域明顯下降。另外，可以藉由基頻起點(beginning of F<sub>0</sub>)的高度將四個聲調分成兩組：一組為一聲和四聲，是為高調域(high register)，另一組為二聲和三聲，是為低調域(low register)。

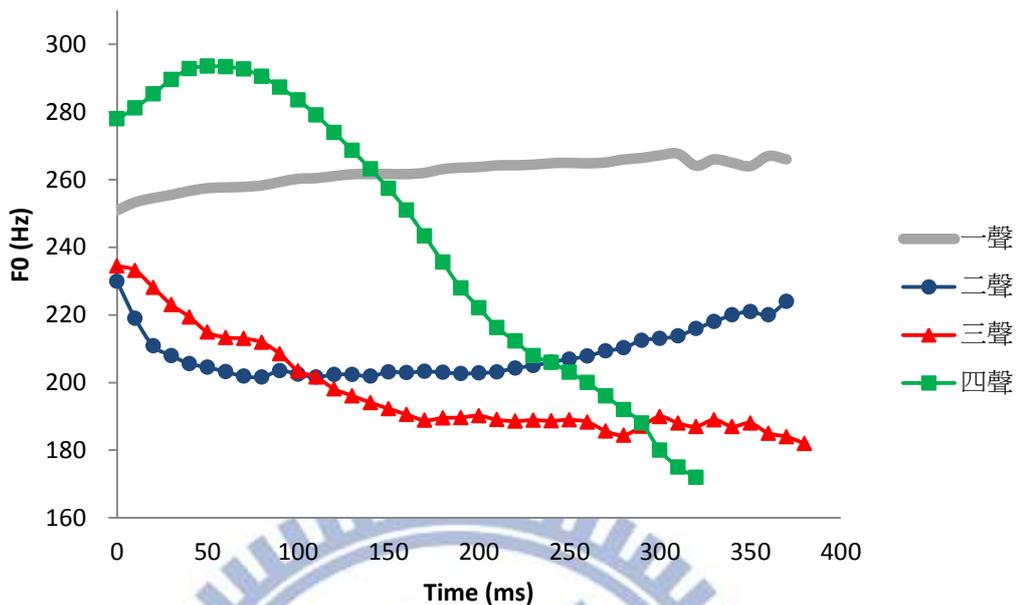
聲調	描述	調值
一聲	高平 (high-level tone)	55
二聲	低升 (low-rising)	35
三聲	降升 (low-dipping)	214
四聲	高降 (high-falling)	51

表二 北京中文聲調簡表(根據 Chao, 1948)

<sup>4</sup> 畫一條豎線，平分為四格五度，把人們的相對音高分成五層，5 最高，1 最低。五度標調法記錄了發音的起點和終點的音高。

<sup>5</sup> 輕聲並無固定調值，由其出現位置的前一個音決定其調值，並且不可獨立存在，因此本論文不將其列入討論。

## 臺灣國語四聲



圖二 臺灣國語四聲(根據本實驗發音人)

在聲調感知的研究領域當中，對於聲調辨識是藉由基頻起伏亦或是基頻高度仍未有定見，除了以上兩點以外，時長(duration)和基頻轉折點( $F_0$  turning point)也能當作辨別聲調的線索。就時長而言，四個聲調當中以四聲最短、一聲次之、然後二聲，三聲的時長為最長(Lin, 1965);而就基頻轉折點而言，二聲的基頻高度由下降(falling)轉為上升(rising)的時間點較三聲更早，由此可區別二聲和三聲(Shen & Lin, 1991; Moore & Jongman, 1997)。

### 2.2.2 語境對聲調感知影響

Ye 與 Connie(1999)探討進行中(ongoing)的中文口語詞彙中，在不同語境之下，聲調訊息與音段訊息(本篇指元音訊息)所扮演之角色，全文主要包含三個實驗。實驗一檢視獨立語境(in isolation)下，聲調訊息與元音訊息的聽感速度，受試者為在美國大學中招募，且中文為母語的 30 名學生(男女各半)。實驗材料如表三。刺激項由一位母語為中文的女性錄製，受試者需判斷刺激項是否包含目標，電腦會紀錄反應時間及錯誤率。實驗一結

果顯示替換元音的刺激項比替換聲調的刺激項反應時間快 93 毫秒，即獨立語境下元音訊息的感知較聲調訊息快。

包含元音/a/和二聲的刺激項 60 個		不包含元音/a/和二聲的刺激項 60 個	
存在音節 30個	不存在音節 30 個	替換元音的詞 30個	替換聲調的詞 30 個
i.e. /ba/ with Tone 2	i.e. /ra/ with Tone 2	i.e. /bi/ with Tone 2	i.e. /ba/ with Tone 4

表三 Ye 與 Connie(1999)實驗一刺激項

實驗二探討聲調訊息聽感上的弱勢若在有語境(in context)的情況下，是否仍存在。受試者為 10 個在美國大學招募而來且母語為中文的學生，本實驗有元音和聲調監測(vowel and tone monitoring)兩種任務，將受試者要說的字放入高度約束(highly constraint)的語境，即成語(idioms)當中，實驗材料包含 30 個成語和 30 個中立片語(neutral phrases)，以及 30 個元音替換(vowel mismatch)及 30 個聲調替換(tone mismatch)的混淆刺激項(fillers)，如表四。受試者需判斷刺激項的第四個字是否包含目標(包含元音/a/和二聲)。結果顯示，整體看來，成語語境比中立語境快 132 毫秒(ms)，在中立語境中，元音監測(vowel monitoring)的時間比聲調監測(tone monitoring)快，與實驗一相同。但在成語語境下，聲調監測反而比元音監測快 65 毫秒，此結果說明在高度侷限(highly constrained)的語境之下會讓元音訊息對聲調訊息的聽感優勢中止。

元音監測任務		聲調監測任務	
目標刺激項	混淆刺激項	目標刺激項	混淆刺激項
lai2 ri4 fang1 (來日方___)	shan1 si1 er2 (三思而___)	lai2 ri4 fang1 (來日方___)	da4 shi1 shuo3 (大失所___)
chang2 長	xing2 行	chang2 長	wang4 望

表四 Ye 與 Connie(1999)實驗二刺激項

實驗三的受試者同實驗二，材料如表五。有 30 個中文四音節成語，以及兩組替換第三個音節的刺激項，一組為近替換(close mismatch)，即二聲變三聲，一組為遠替換(far mismatch)，即二聲變四聲，本實驗探討近替換和遠替換是否對判斷目標刺激項造成影響。實驗三的反應時間結果也證明在有語境的情況下聲調訊息比音段訊息的感知快。

元音監測任務			聲調監測任務		
成語	近替換	遠替換	成語	近替換	遠替換
jin1 yu4 金玉					
liang2 良	liang3	liang4	liang2 良	liang3	liang4
yuan2 緣					

表五 Ye 與 Connie(1999)實驗三刺激項

實驗一結果顯示無語境情形下的感知速度是音段訊息比聲調訊息快，在實驗二得到有語境的情形下可依照語境類型分為兩種狀況：中立語境之下音段訊息還是比聲調訊息快，但高度侷限的成語語境之下，反而是聲調訊息比音段訊息快。實驗三也證明高度侷限語境下聲調訊息比音段訊息快。

Ye 與 Connie(1999)的研究結果顯示語境對聲調和元音訊息的聽感有顯著影響，本實驗採納此論點，為了避免語境的影響，刺激項皆設定為無語境。

### 2.2.3 以北京中文為材料之聲調感知

Lee(2009)調查多個發音人(multiple speakers)所發出的聲調在不熟悉(lack of familiarity)、基頻訊息長度縮到最短、以及語境(external context)無法利用時，是否仍可被辨識。

本實驗受試者為 40 位俄亥俄大學招募來的北京中文使用者(27 女 13 男)。實驗材料是由 32 個北京中文使用者(男女各半)所錄製的中文 sa 音節的四個聲調，共 128 個刺激

項；32 個發音人所發出的 128 個刺激項被分成四組，每組有 32 個刺激項，所有的刺激項皆由不同人說出，每個人聲調的基頻高度都不同，且聲音特性(voice quality)也有所不同，因為女性的低聲調幾乎等同男性的高聲調。每組男女聲音之比例固定、聲調固定，每個受試者所聽到的順序都不同，受試者只會聽到刺激項的前面極短部分，刺激項之間間隔為五秒。他們的任務是使用電腦鍵盤上的 1、2、3、4 按鍵辨別每個刺激項的聲調，受試者有五秒可以回應，回答時間會被計時。

結果顯示就聲調而言，一聲最容易和四聲混淆，二聲最容易和三聲混淆，三聲準確率最高；男性發音人發出的二聲準確率為最低。Lee (2009)認為中文聽者能很快辨識低調域的音，且都將其認做三聲。

Lee(2009)的研究除了控制語境對於聲調辨識的影響，也提到聲音特性對於辨別聲調的作用，只有基頻高度並不夠用來當作聲調聽辨的依據，因為女性的低聲調幾乎等同男性的高聲調，利用聲音特性的差異，聽者可以先辨別說話者為男或女，再根據性別資訊評估基頻的高度。

由 Lee(2009)的實驗可看出中文聽者有能力辨識出由多個發音人，且時間極短的孤立聲調刺激項，且因實驗中並無給予語境，可判斷刺激項本身具有聲學線索，可幫助聲調的辨識。柵欄理論的前幾個柵欄時長皆極短，由 Lee(2009)的實驗可得知中文聽者有能力辨別極短刺激項之能力，進而確認柵欄理論在中文口語感知應用上的可行性。

### 2.3 中文柵欄理論相關研究

對中文所做過的柵欄理論實驗仍為少數，且研究之語言均為北京中文。在回顧文獻以前，要對柵欄理論常用的術語 IP 做一個清楚的定義。使用柵欄理論研究中文的學者，探討的除了音段訊息外，也會探討聲調這類超音段訊息，然而這些研究全都使用 IP 作為術語，音段訊息的判別點和聲調訊息的判別點皆稱作 IP，這對往後欲用柵欄理論對中文進行研究的語言研究者或許會產生混淆。為了解決這個現象，本論文界定中文當中音段訊息的判別點和聲調訊息的判別點，音段訊息的判別點，即整個音節判別正確的時間點稱為音節獨立點(IP)，聲調訊息的判別點，即聲調正確的時間點則稱為聲調獨立點

(TIP)。

本小節回顧 Wu 與 Shu(2003)及 Lai 與 Zhang(2008)的研究，前者研究北京中文單音節詞的音節獨立點(IP)及確定性等級(CIP)，後者研究北京中文聲母響度及聲調對 TIP 的影響。兩者雖然都使用柵欄理論進行實驗，然而因刺激項分組方式以及分析方法之不同，結論也有所差異。

### 2.3.1 北京中文柵欄理論實驗

Wu & Shu (2003)欲運用柵欄理論精確測定聽覺的音節獨立點 (Isolation Point, IP)，以彌補早期研究之不足。本實驗受試者為 47 位北京師大學生，材料包括「歧義詞 (ambiguous phrases)意義研究」所使用的 133 個單音節詞，其中 120 個當作正式實驗材料，13 個為練習材料。選定以 40 毫秒為一個柵欄刺激項(gating stimulus)，而後將 120 個正式實驗材料平均分為三組，每個受試者只接受一組材料。

實驗結果針對兩種指標進行分析：(1) 音節獨立點(IP) (2) 確定性等級(Confidence rating at the IP, CIP)，結果顯示中文單音節詞(monosyllables)平均音節長度約為 285 毫秒，四個音調的長度差異達到顯著，三聲>二聲>一聲>四聲；此外，平均音節獨立點為 157 毫秒，二聲的音節獨立點最長，其它三聲的音節獨立點則無顯著差異。對於確定性等級的分析，可發現三聲的確定性等級為最低，此結果與 IP 信息量(音節獨立點之時間與整個字時間長度比)之趨勢相同，三聲所需要的 IP 信息量最少。

Wu & Shu (2003)使用柵欄理論研究中文聲調的先驅；然而，其實驗材料及方法仍有些疑義。其材料四個聲調字數並不相同，將材料分成三組，受試者只接受其中一組材料，因此受試者接受的材料也不同，這些因素可能會對實驗結果的可信度產生影響。

另外，在中文柵欄理論實驗的應用上，前人皆使用 IP 當作受試者可辨別刺激項的獨立點；然而，中文是為聲調語言，有些研究乃針對聲調進行，有些則針對整個音節，若皆用 IP 作為術語，往後進行文獻引用時可能會產生混淆。本論文將中文柵欄理論的獨立點分為兩種：音節獨立點(IP)及聲調獨立點(TIP)。IP 為受試者正確辨別整個音段的時間點，TIP 為受試者正確辨別聲調的時間點，希望能藉由清楚區分兩種獨立點，減少

兩者混淆之情形。

### 2.3.2 聲母響度對聲調辨識之影響

Lai 與 Zhang(2008)探討聲母響度是否在音調辨識上有所影響，目標為探討需要多少音段訊息方能正確判別目標聲調。以 Wu 與 Shu(2003)的實驗方法為基本架構，它們首先將材料中四個聲調數目之詞頻進行控制，再利用四個一組的音(quadruplets)控制刺激項音段的組成。刺激項包括八組四個音調為一組的詞，四組聲母為響音(sonorant)、另外四組為阻音(obstruent)；四組為輔音+元音(CV)結構，另外四組為輔音+元音+鼻音(CVN)結構，如表六所示。在進行柵欄刺激項的切分時，聲母必為第一個柵欄刺激項，而後 40 毫秒為一個柵欄。受試者為二十八個北京大學使用普通話的成年人。本實驗測量受試者的：(一)、IP、(二)、信心指數 (Confidence rating)、(三)、受試者回應 (Proposed responses)。

8 quadruplets							
4 Sonorant-initial				4 Obstruent-initial			
ja <sup>1</sup>	ma <sup>1</sup>	wan <sup>1</sup>	məŋ <sup>1</sup>	fu <sup>1</sup>	tɛje <sup>1</sup>	faŋ <sup>1</sup>	hwan <sup>1</sup>
ja <sup>2</sup>	ma <sup>2</sup>	wan <sup>2</sup>	məŋ <sup>2</sup>	fu <sup>2</sup>	tɛje <sup>2</sup>	faŋ <sup>2</sup>	hwan <sup>2</sup>
ja <sup>3</sup>	ma <sup>3</sup>	wan <sup>3</sup>	məŋ <sup>3</sup>	fu <sup>3</sup>	tɛje <sup>3</sup>	faŋ <sup>3</sup>	hwan <sup>3</sup>
ja <sup>4</sup>	ma <sup>4</sup>	wan <sup>4</sup>	məŋ <sup>4</sup>	fu <sup>4</sup>	tɛje <sup>4</sup>	faŋ <sup>4</sup>	hwan <sup>4</sup>

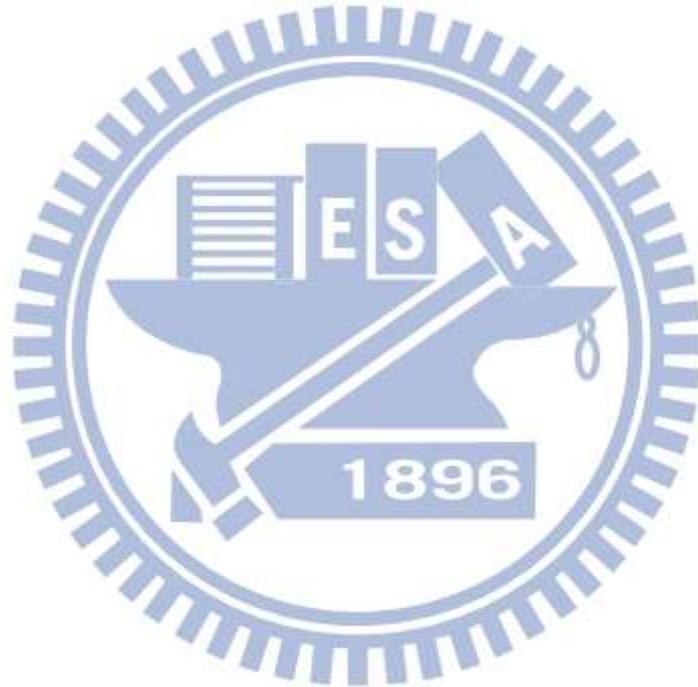
表六 實驗刺激項

結果顯示聲母為響音的 TIP<sup>6</sup>顯著快於阻音；一聲的 TIP 最快，四聲次之，二聲、三聲差異不顯著；準確率為一聲>四聲>二聲>三聲；同時發現在前幾個柵欄刺激項當中，不同聲調之間會有錯判的現象，二聲、三聲、和四聲在初始極短之階段都會錯判為一聲，一聲會錯判為四聲，Lai 與 Zhang(2008)認為由於柵欄刺激項的時長極短，無法顯現出明

<sup>6</sup> 原文當中的術語為 IP，但其探討的對象為聲調，因此本回顧中將其改為 TIP，避免與前一段 Wu 與 Shu(2003)的 IP 產生混淆

顯基頻起伏，因此造成這些錯判的結果。

Lai 與 Zhang(2008)的實驗以 Wu 與 Shu (2003)的實驗方法為基礎，進一步利用柵欄理論研究中文聲調感知，實驗探討聲母響度對聲調辨識的影響，雖然結果顯示響音 TIP 顯著較快，但其原因可能在於聲母長度的影響，若扣除聲母長度再對兩種聲母 TIP 做比較，則兩者差異並不顯著。另外，本實驗結果部分仍有所不足，以下分兩個部分進行討論。第一個部分為刺激項有一半有鼻音，一半無鼻音，然而結果當中卻無鼻音對 TIP 的影響；第二個部分為實驗當中有記錄受試者的信心指數，然而結果卻無對於受試者信心指數與 TIP 之間的關係，若能加入以上兩部分，本論文之結果必能更加完整。



### 第三章 柵欄理論實驗

本章介紹實驗之受試者、實驗材料以及實驗程序，並對資料分析的方式作說明。

#### 3.1 受試者 (Participants)

本實驗受試者共三十名，男女各半，皆為由交通大學招募之學生，受試者母語均為臺灣國語(Taiwan Mandarin)，其居住地區限制在臺灣中部以北，受試者無任何聽力方面的疾病史。受試者參加實驗前均需填寫語言背景問卷(見附錄一)，了解其年齡、慣用語、以及在臺灣居住時間最長之城市，條件符合方予以錄用，實驗結束後，受試者均可得到新臺幣兩百元作為實驗之報酬。

#### 3.2 刺激項 (Stimuli)

實驗刺激項為 32 個單音節字。以臺灣國語之四個聲調為一單位可分為八組(eight quadruplets)：其中 4 組為輔音加元音(CV)之音節結構，另外 4 組則為輔音加元音加鼻音(CVN)。若以聲母區分，則有響音開頭(sonorant-initial)及阻音開頭(obstruent-initial)，每個音節結構各兩組；而以鼻音韻尾(nasal coda)的發音部位來看，可分為無鼻音、舌尖鼻音(alveolar nasal)和舌根鼻音(velar nasal)，本實驗所使用之刺激項請見表七及表八。

4 組 CV 結構			
響音開頭		阻音開頭	
lu <sup>1</sup> 嚕	ia <sup>1</sup> 壓	t <sup>h</sup> u <sup>1</sup> 禿	fa <sup>1</sup> 發
lu <sup>2</sup> 爐	ia <sup>2</sup> 牙	t <sup>h</sup> u <sup>2</sup> 圖	fa <sup>2</sup> 罰
lu <sup>3</sup> 魯	ia <sup>3</sup> 雅	t <sup>h</sup> u <sup>3</sup> 土	fa <sup>3</sup> 髮
lu <sup>4</sup> 路	ia <sup>4</sup> 訝	t <sup>h</sup> u <sup>4</sup> 吐	fa <sup>4</sup> 法

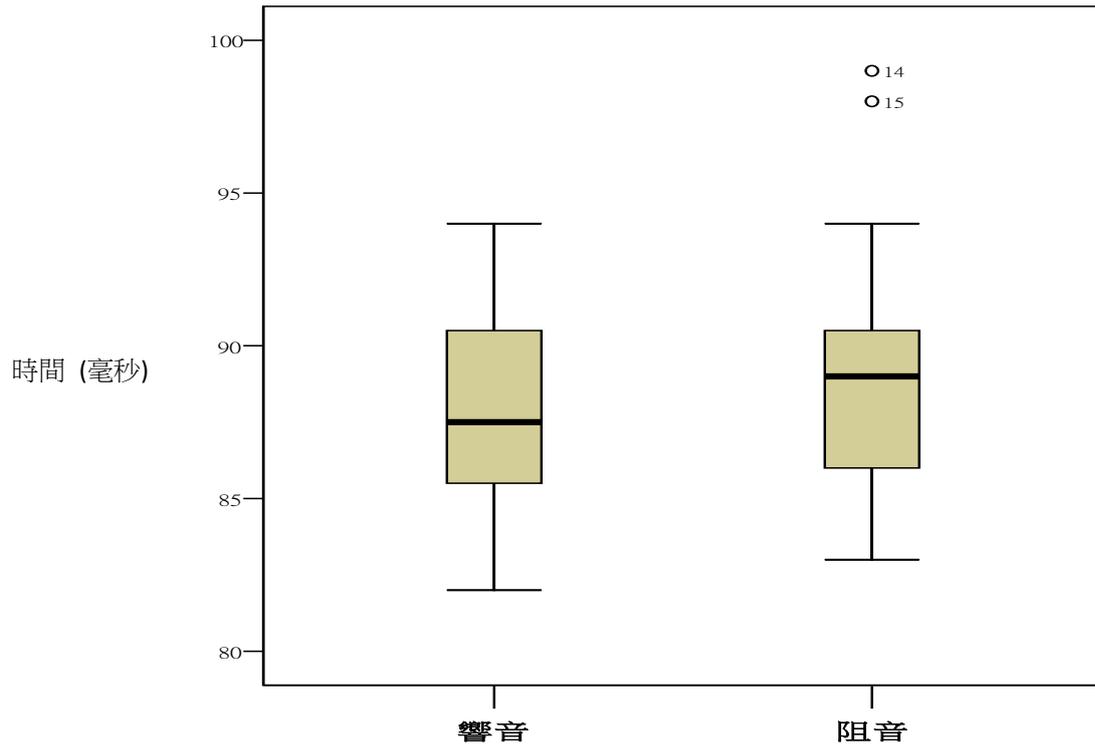
表七 正式實驗刺激項(依照聲母區分)

4 組 CVN 結構			
響音開頭		阻音開頭	
舌尖鼻音	舌根鼻音	舌尖鼻音	舌根鼻音
ian <sup>1</sup> 菸	ian <sup>1</sup> 央	fan <sup>1</sup> 翻	fan <sup>1</sup> 方
ian <sup>2</sup> 言	ian <sup>2</sup> 羊	fan <sup>2</sup> 凡	fan <sup>2</sup> 防
ian <sup>3</sup> 眼	ian <sup>3</sup> 養	fan <sup>3</sup> 反	fan <sup>3</sup> 訪
ian <sup>4</sup> 驗	ian <sup>4</sup> 樣	fan <sup>4</sup> 犯	fan <sup>4</sup> 放

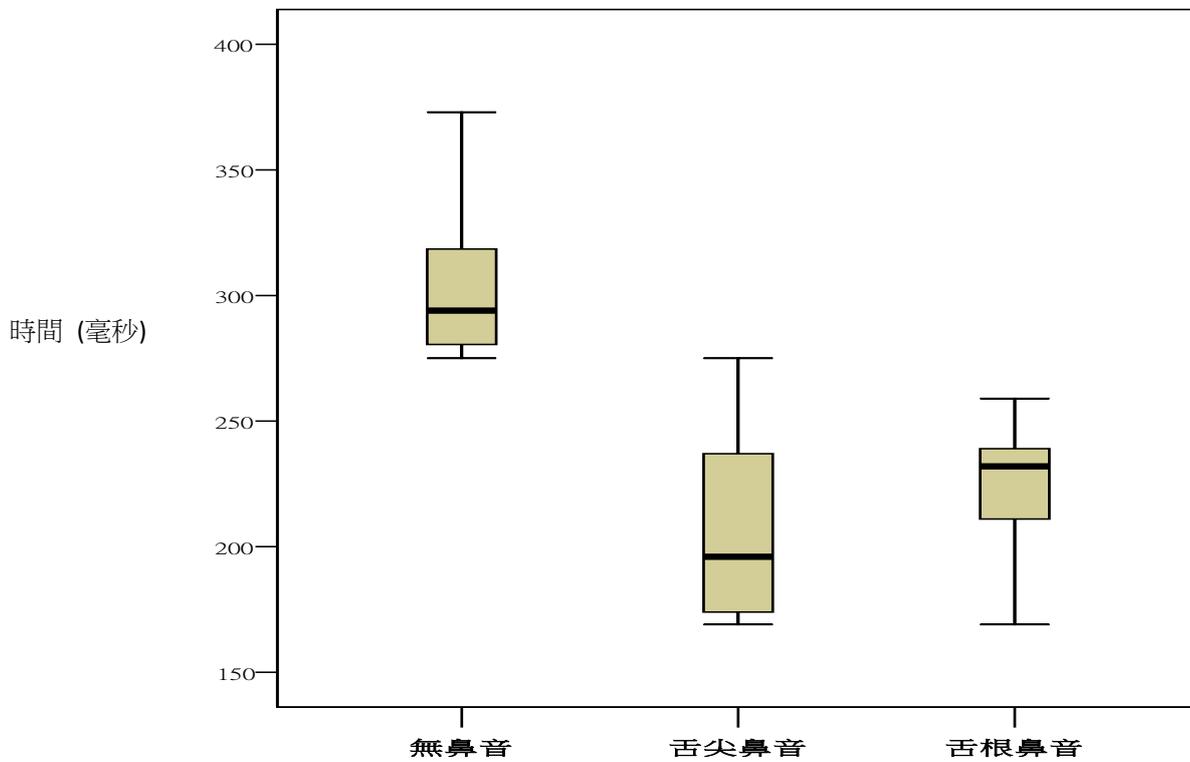
表八 正式實驗刺激項(依照韻尾區分)

刺激項的選定原則有二：一為聲母的長度，選定「i-l-t<sup>h</sup>-f」作為聲母的原因為此四個輔音的長度(duration)相似，本實驗之阻音聲母(M=89.25, SD=4.597)及響音聲母長度(M=87.69, SD=3.219)如圖八所示，根據成對樣本 T 檢定，兩者差異不顯著(p=.338)。使用柵欄理論進行切音時，第二柵欄為 100 毫秒，而聲母長度平均為 87 毫秒，因此可控制元音使其皆在第二柵欄開始出現，如此便能控制每個柵欄刺激項之聲學線索量相近，此舉乃是鑑於 Lai 與 Zhang (2008)的實驗中響音聲母 IP 顯著較阻音快，但此結果是受到聲母長度的影響。二為韻母(rime)的組成，韻母包含元音及韻尾，臺灣國語的韻母組合(VN combination)當中，/an/-/aŋ/組合是臺灣聽者能區分的(Lin, 2002)，而/in/-/iŋ/及/ən/-/eŋ/的組合，在前人研究中顯示被聽者混淆情形較為嚴重(Kubler, 1985; Tse, 1992)，因此本實驗選用/an/-/aŋ/作為韻母。

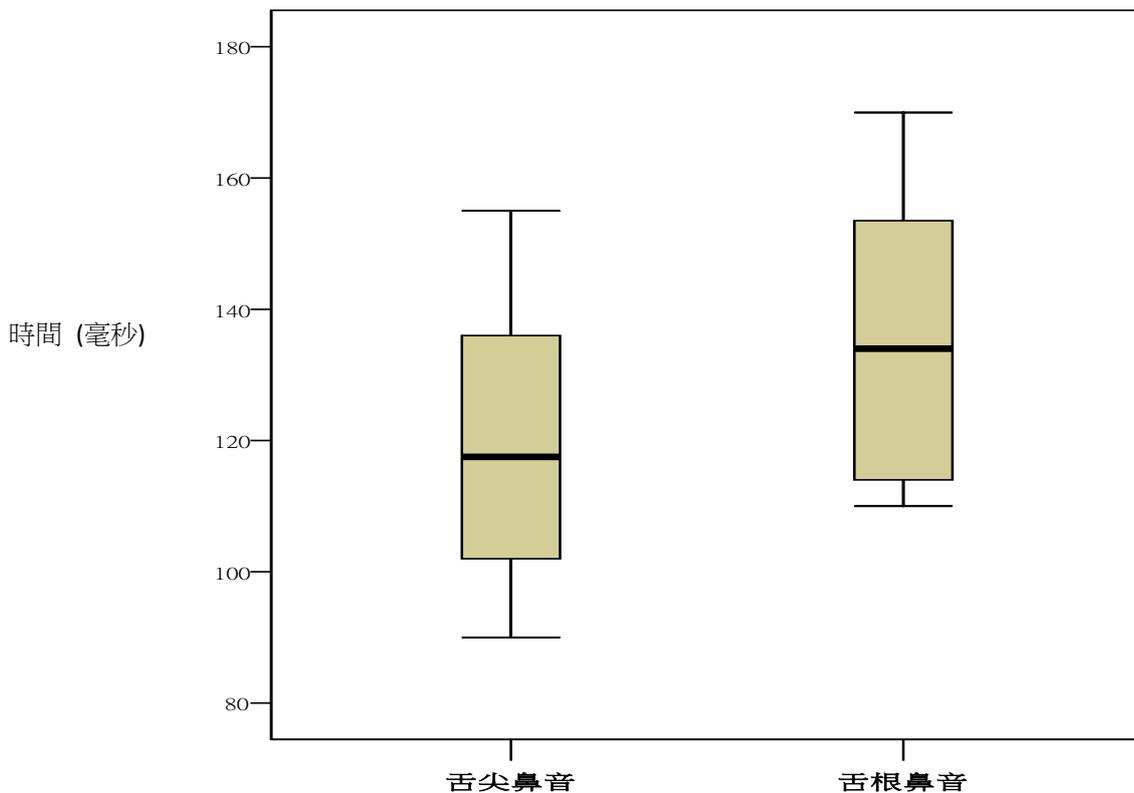
另外，刺激項元音長度如圖四所示，根據成對樣本 T 檢定，無鼻音之元音長度(M = 304.25, SD = 33.576)顯著長於韻尾為舌尖鼻音(M = 207.25, SD = 41.05)和舌根鼻音(M = 224., SD = 27.25)的元音長度(\*p < .01)，韻尾為舌尖鼻音和舌根鼻音的元音長度差異不顯著(p = .205)。刺激項之韻尾長度如圖五所示，根據成對樣本 T 檢定，舌尖鼻音(M = 119.5, SD = 23.17)和舌根鼻音(M = 135.38, SD = 22.602)作為韻尾之長度差異不顯著。最後，所有刺激項的平均音節長度為 389 毫秒，標準差為 52.323。



圖三 刺激項聲母長度盒狀圖



圖四 刺激項元音長度盒狀圖



圖五 刺激項韻尾長度盒狀圖

### 3.3 刺激項處理程序

所有刺激項皆由一位母語為臺灣國語的女性(23 歲，台中人)錄製。錄音過程以 Paradigm 行為實驗軟體(<http://www.paradigmexperiments.com/>)呈現刺激項，發音人看著螢幕，逐個將含有刺激項的載句(carrier sentence)讀出，使用的載句為『我說\_\_\_\_給你聽』，當發音人看到螢幕上顯示句子時即可唸出。句子的錄音時間為 5 秒，間隔 2 秒後，螢幕即會自動顯示下一句，以控制發音人的速度。本實驗共 40 個刺激項，目標刺激項(target stimuli)共 32 個，混淆刺激項(filler) 8 個，重複兩次，發音人需要錄製 80 個句子。刺激項以 Praat 軟體(Boersma, Paul&Weenink, David, 2010)進行前置處理。先切出每個句子，接著在重複兩次的音檔中挑選出較清楚的目標音節，接下來開始做柵欄分割(gating)的處理。本次實驗選定以 50 毫秒為一個柵欄片段(gate)，每個刺激項最小柵欄皆為 50 毫秒，而後每增加 50 毫秒為一個新的柵欄片段，前人研究多以 40-200 毫秒為一個柵欄(Grosjean,

1980; Wu & Hsu, 2003; Lai & Zhang, 2008)。錄製刺激項所使用的錄音機為 ZOOM H4n 專業型，用 SHURE SM57 麥克風錄製刺激像，取樣頻率(sample rate)為 44.1 千赫(kHz)，麥克風和發音人之間的距離固定(5 公分)。

刺激項採分組方式呈現，每個音節為一組，一組皆有 8 個柵欄片段，第 8 個柵欄片段為整個字的長度，可能會超過 400 毫秒。受試者首先聽到某組的第一個柵欄，接著是第二柵欄，等到聽完第八柵欄後，便會跳到下一組的第一個柵欄，組與組之間採亂數排序的方式。此分組之方式為連續出現形式(successive)，與先前做過的研究(Wu & Shu, 2003; Lai & Zhang, 2008)有所不同。先前做過的研究有些使用時長限制形式(duration-blocked format)，把所有的第一柵欄分為一組，然而前三柵欄片段其實非常短，受試者若連續聽到數十個極短片段可能會產生混亂；本實驗採取連續出現形式，讓受試者能逐漸了解自己所聽到的音為何者，若發現自己在前幾個柵欄便能答對，會比較不易產生挫折感；此種做法亦對於找出 IP 較為容易。

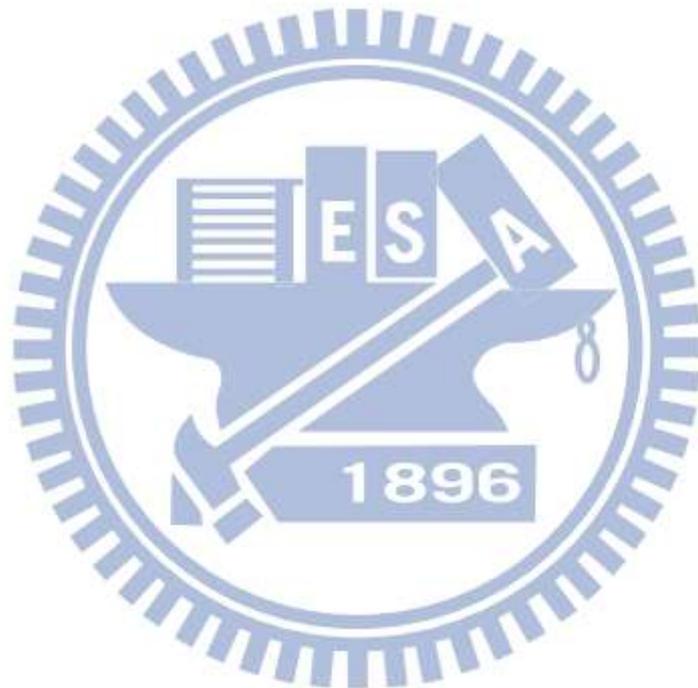
### 3.4 實驗程序

所有實驗的地點皆為交通大學言語科學實驗室，實驗以Paradigm行為實驗軟體進行。實驗開始時受試者先聆聽實驗之任務及程序，並發放答案紙，答案紙共兩份，一份練習用，一份正式實驗用。本實驗有兩階段：練習階段與主要實驗階段，受試者坐在Asus桌上型電腦前，頭戴耳機(微軟LX-3000)。

正式實驗前，受試者會在電腦螢幕上看到實驗流程說明，並進行練習，以熟悉實驗流程，同時實驗人員會詢問受試者的耳機音量是否適中。實驗過程中，受試者會聽到由短到長的柵欄語音片段，受試者的任務為用滑鼠在螢幕上點選該語音片段的聲調，接下來在答案紙上(見附錄二)寫下包含聲調的整個音(使用注音符號 Mandarin Phonetic Symbols)，並且寫下其信心指數(confidence rating)，即對答案的信心高低(最高為7、最低為1)，在寫完答案後按下空白鍵才會播放下一個音檔。本實驗受試者可自行控制作答時間，實驗總長度約一小時。

### 3.5 資料分析

本實驗結果以三因子變異數(three-way analysis of variance (ANOVA))分析,所使用之統計軟體為SPSS 12 版。在實驗中會對三項指標進行分析:(一)、音節獨立點(IP, Isolation Point)、(二)、聲調獨立點(TIP, Tone Isolation Point)、(三)、信心指數(Confidence Rating)。  
IP為針對受試者手寫內容進行的分析,音段和聲調皆正確且不再改變答案的時間點;TIP則是分析受試者用滑鼠選擇聲調的結果,聲調正確且不再改變答案的時間點。



## 第四章 結果

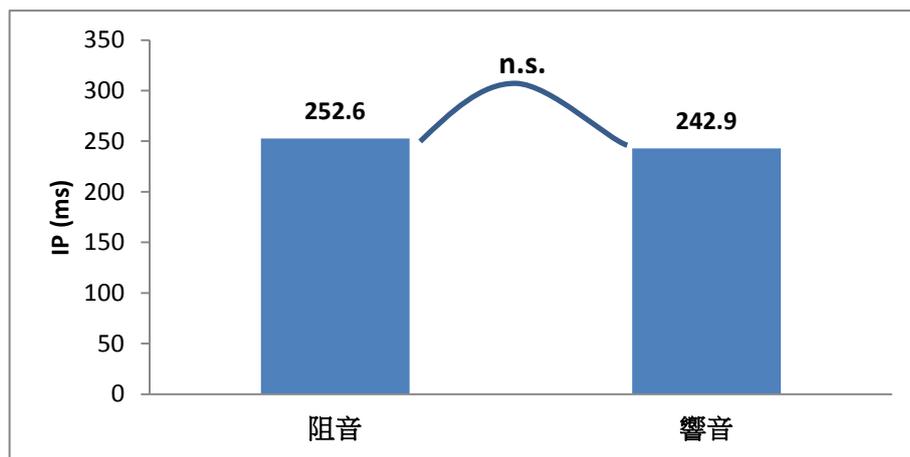
本實驗探討以下三個因素對中文單音節字口語感知影響：聲母響度、鼻音韻尾及聲調。在第一小節會針對音節獨立點的以上三個因素進行個別分析，並檢視三個因素的影響及交互關係。一般柵欄理論實驗主要探討的是音節獨立點，即受試者能區隔出候選字(word candidate)與其他字的時間；而本論文除了音節獨立點(IP, isolation point)之外，另外要探討的為聲調獨立點(TIP, tone isolation point)，即受試者能區隔出候選聲調(tone candidate)與其他聲調的時間。第二小節會分析以上三個因素對聲調獨立點的影響。第三小節主要著重於各柵欄錯誤類型的分析，藉由錯誤分析探討聲調感知的特性。本章節只進行結果的呈現，對於結果部分的現象在第五章討論的部分會做進一步的探討。

### 4.1 音節獨立點 (Isolation Point, IP)

本實驗首要分析的第一個指標為音節獨立點(以下稱 IP)，即受試者能夠正確寫出目標字的注音符號(Mandarin Phonetic Symbols，包括聲調在內)，且不再更改答案的語音片段之長度。接下來的小節當中，會使用三因子變異數分析進行，三個因子分別為聲母響度(響音及阻音)、鼻音韻尾(無鼻音、舌尖鼻音及舌根鼻音)和聲調(一聲、二聲、三聲及四聲)。

#### 聲母響度 (Sonorancy)

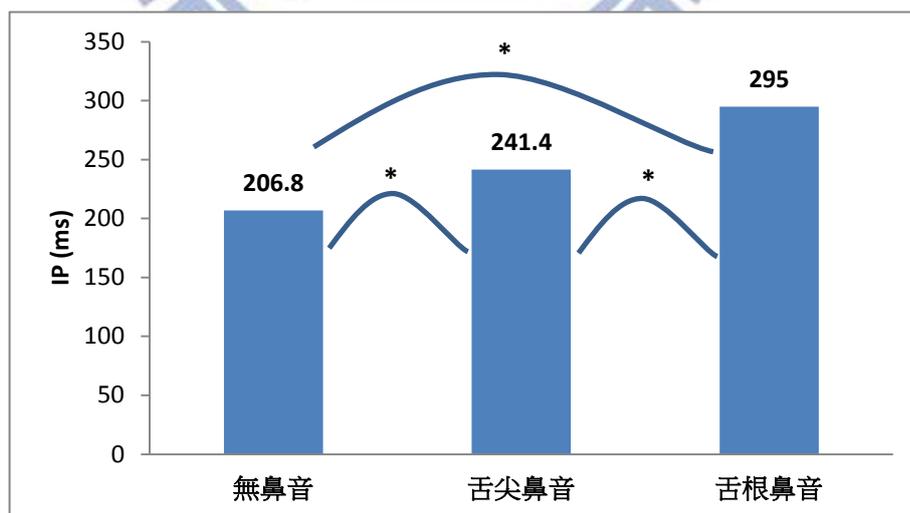
依照聲母響度可分為阻音開頭和響音開頭，統計結果顯示阻音開頭( $M = 252.6$ ,  $SE = 3.293$ )的音與響音開頭( $M = 242.9$ ,  $SE = 3.379$ )的音對音節獨立點的影響不顯著( $F(1,847) = 4.185$ ,  $p = .041$ )，如圖六所示。



圖六 聲母響度與 IP

### 鼻音韻尾 (Nasal Coda)

若按鼻音韻尾的有無及發音部位的不同，可分為三組：無鼻音、舌尖鼻音、及舌根鼻音。統計結果顯示三組鼻音的 IP 之差異顯著( $F(2,846) = 130.401, *p < .01^7$ )，如圖七。LSD 事後多重比較(post hoc)顯示，無鼻音( $M = 206.8, SE = 3.189$ )顯著快於舌尖鼻音( $M = 241.4, SE = 4.490$ ) ( $*p < .01$ )以及舌根鼻音( $M = 295.0, SE = 4.446$ ) ( $*p < .01$ )，舌尖鼻音顯著快於舌根鼻音( $*p < .01$ )。

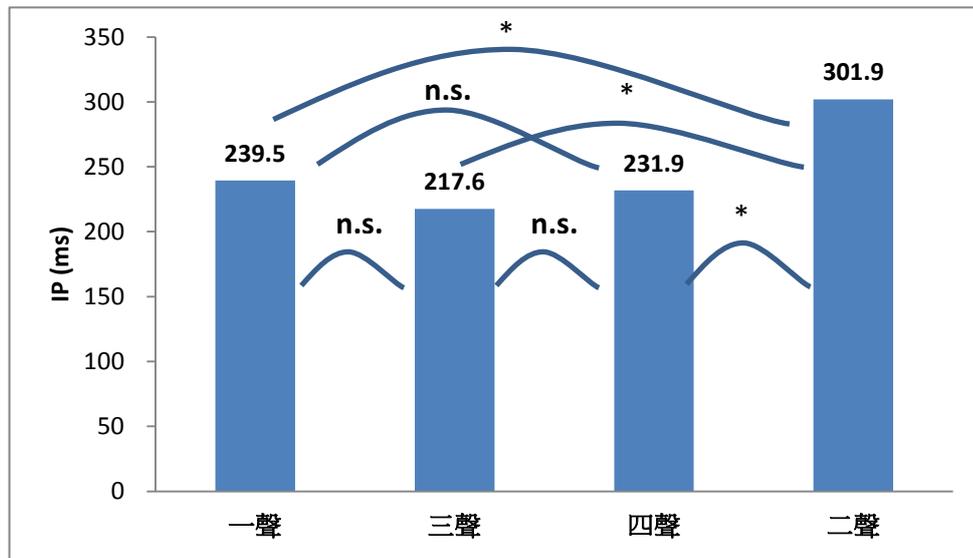


圖七 鼻音韻尾與 IP

<sup>7</sup> 本實驗分析之信賴區間設定為 99%，若  $p$  值  $< .01$  即為顯著。記號“\*”表示在 .01 的水準上的平均差異顯著。

## 聲調 (Tone)

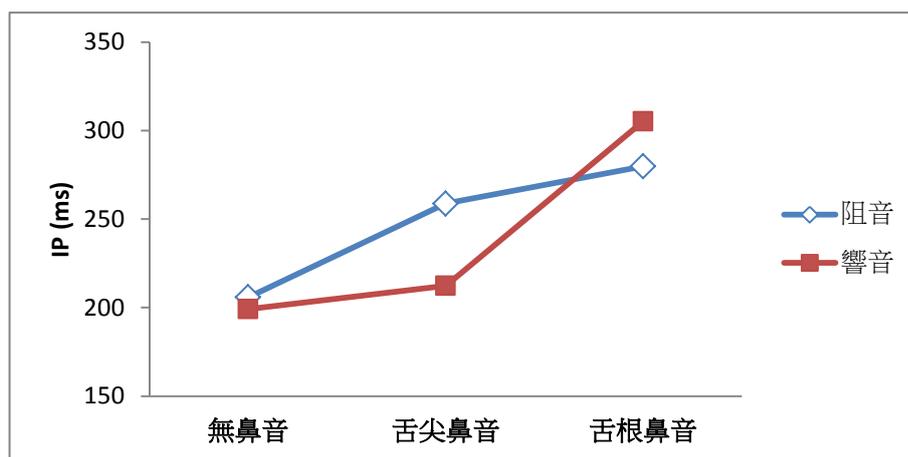
四個聲調的 IP 差異顯著( $F(3,845) = 55.566, *p < .01$ )，LSD 事後比較顯示，二聲 ( $M = 301.9, SE = 5.153$ )的 IP 顯著慢於一聲( $M = 239.5, SE = 4.525$ ) ( $*p < .01$ )、三聲 ( $M = 217.6, SE = 4.631$ ) ( $*p < .01$ )、和四聲( $M = 231.9, SE = 4.546$ ) ( $*p < .01$ )，其它三個聲調的音節獨立時間差異不顯著，如圖八所示，將二聲排在最右側是因其顯著最慢，易於比較。



圖八 聲調與 IP

## 響度 X 鼻音

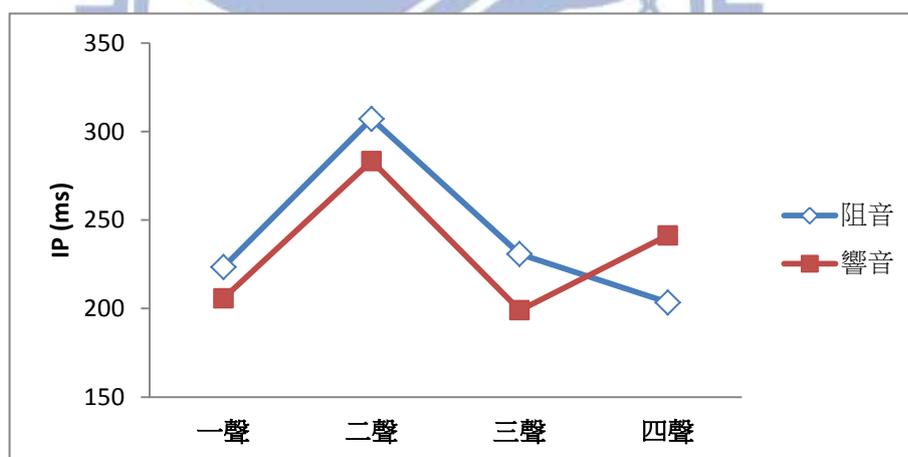
統計結果顯示，響度 X 鼻音兩者間交互作用顯著( $F(2,846) = 10.295, *p < .01$ )，無鼻音時兩者差異不顯著；利用成對樣本 T 檢定發現，韻尾為舌尖鼻音響音( $M = 211.4, SD = 77.9$ )比阻音( $M = 259.9, SD = 86.9$ )顯著來得快( $*p < .01$ )；韻尾為舌根鼻音時，阻音的 IP 反而快於響音，如圖九所示，利用成對樣本 T 檢定發現兩者差異不顯著。



圖九 聲母響度與鼻音韻尾

### 響度 X 聲調

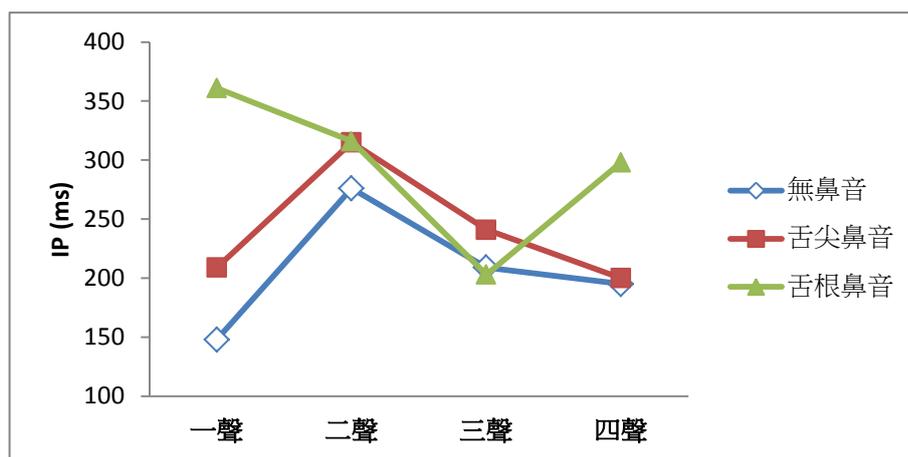
統計結果顯示，響度 X 聲調之間交互作用( $F(3,174) = 7.880, *p < .01$ )顯著，阻音在前三聲的 IP 皆慢於響音，而在四聲時阻音( $M = 201.8, SD = 66.6$ )反而顯著快於響音( $M = 240.2, SD = 86.8$ ) ( $*p < .01$ )，如圖十所示。



圖十 聲母響度與聲調

### 鼻音 X 聲調

統計結果顯示，鼻音 X 聲調之間有明顯交互作用( $F(6,842) = 39.819, *p < .01$ )，舌根鼻音在一聲和四聲時的 IP 都顯著最慢( $*p < .01$ )，如圖十一所示。



圖十一 鼻音韻尾與聲調

### 聲母響度 X 鼻音韻尾 X 聲調

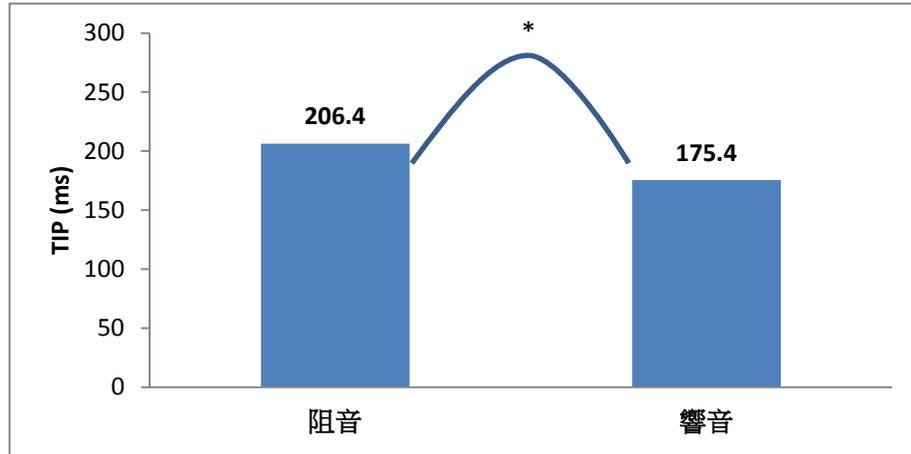
統計結果顯示，聲母響度 X 鼻音韻尾 X 聲調三者之間交互作用不顯著 ( $F(6,842) = 2.143, p = .046$ )。

### 4.2 聲調獨立點 (Tone Isolation Point, TIP)

本柵欄理論實驗當中受試者主要任務有二，一為選出聽到音檔的聲調，二為寫出該音檔的注音符號，前者有記錄反應時間，音節獨立點主要是根據受試者第二個任務，也就是手寫部分所做的分析，而本小節則要對受試者第一個任務作分析，首先要分析受試者能正確選出目標字聲調，且不再更改答案之柵欄片段長度，為了與先前所提之音節獨立點做區隔，將此點稱為TIP。接下來的小節當中，會使用三因子變異數分析進行，三個因子分別為聲母響度、鼻音韻尾和聲調。首先會分析三個因子各自對TIP的影響，接著分析響度-鼻音、響度-聲調以及鼻音-聲調之間的交互作用，最後分析響度-鼻音-聲調三者間的交互作用。

### 聲母響度 (Sonorancy)

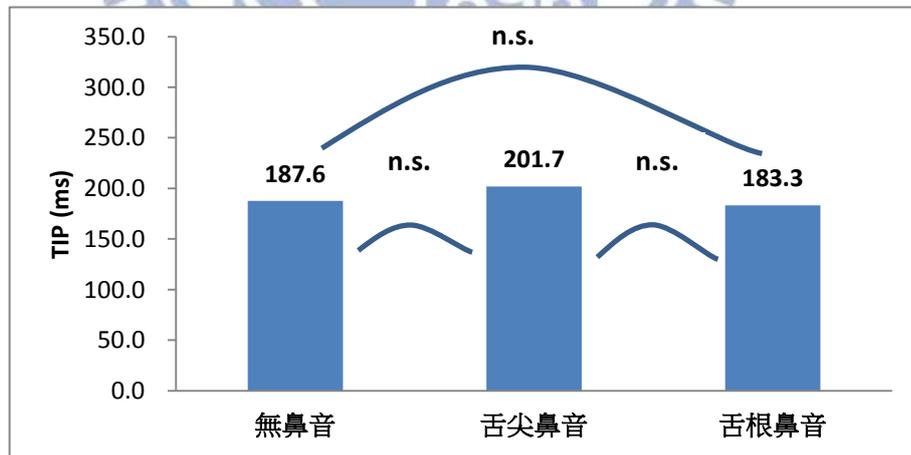
依響度可分為阻音開頭和響音開頭，響音開頭 ( $M = 175.4, SE = 3.34$ ) 的 TIP 顯著快於阻音開頭 ( $M = 206.4, SE = 3.326$ ) 的音 ( $F(1,859) = 43.11, *p < .01$ )，如圖十二所示。



圖十二 聲母響度與 TIP

### 鼻音韻尾 (Nasal Coda)

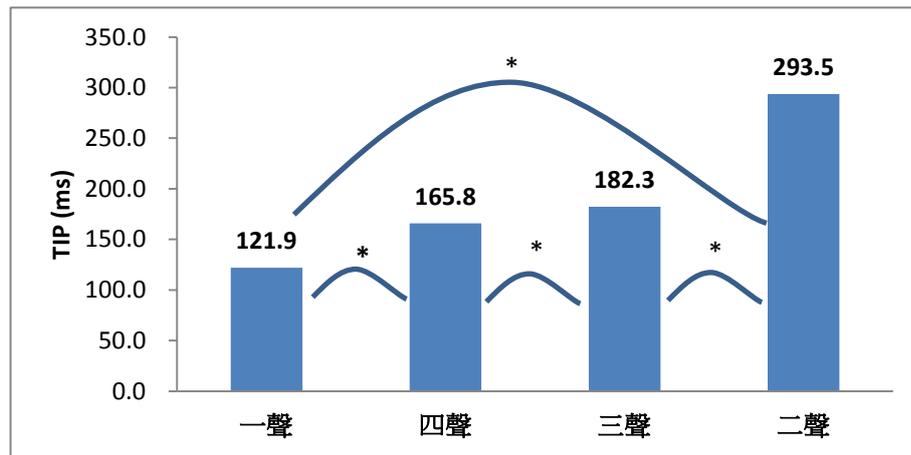
若按鼻音韻尾的有無及發音部位的不同，可分為三組：無鼻音、舌尖鼻音、及舌根鼻音。統計結果如圖十三所示，三組鼻音的 TIP 差異不顯著( $F(2,858) = 4.816, p = .045$ )。LSD 事後多重比較顯示，無鼻音( $M = 187.6, SE = 3.183$ )與舌尖鼻音( $p = .05$ )、舌尖鼻音( $M = 201.7, SE = 4.497$ )與舌根鼻音( $p = .192$ )及舌根鼻音( $M = 183.3, SE = 4.433$ )與無鼻音( $p = .052$ )的 TIP 時間皆不顯著。



圖十三 鼻音韻尾與 TIP

## 聲調 (Tone)

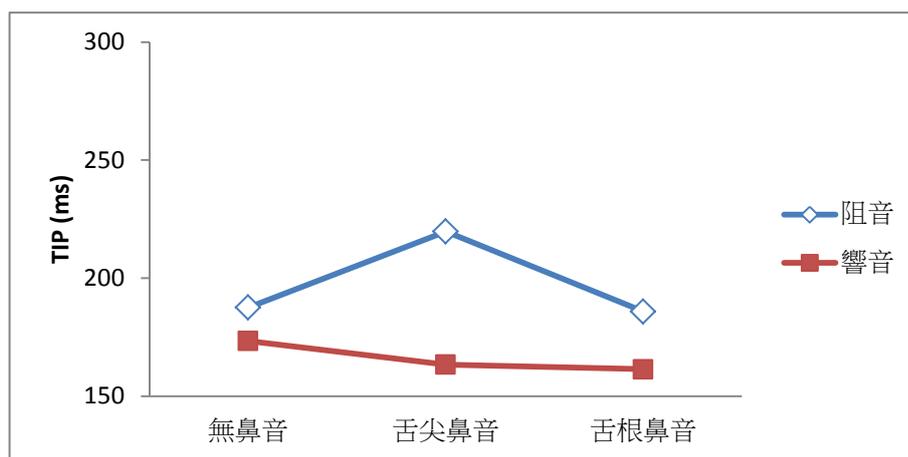
統計結果顯示，不同聲調的 TIP 差異顯著( $F(3,857) = 213.423, *p < .01$ )，一聲( $M = 121.9, SE = 4.421$ )的 TIP 顯著快於其他三聲( $*p < .01$ )，二聲( $M = 293.5, SE = 5.302$ )( $*p < .01$ )顯著慢於其他三聲，四聲( $M = 165.8, SE = 4.436$ )則顯著快於三聲( $M = 182.3, SE = 4.643$ ) ( $*p < .01$ )，如圖十四所示。



圖十四 聲調與 TIP

## 響度 X 鼻音

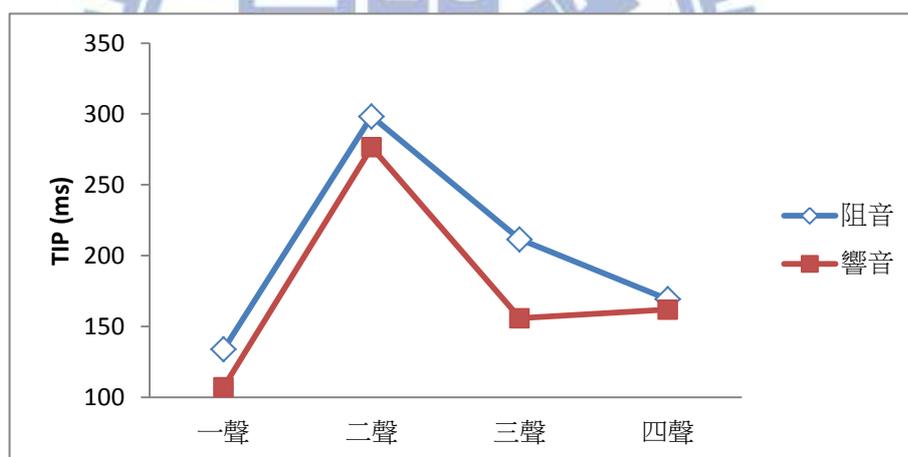
響度 X 鼻音兩者間交互作用顯著( $F(2,858) = 4.050, p < .01$ )，韻尾為舌尖鼻音時，阻音( $M = 209.6, SD = 103.7$ )的 TIP 顯著慢於響音( $M = 157.1, SD = 75.6$ ) ( $*p < .01$ )，如圖十五所示。



圖十五 聲母響度與鼻音韻尾

### 響度 X 聲調

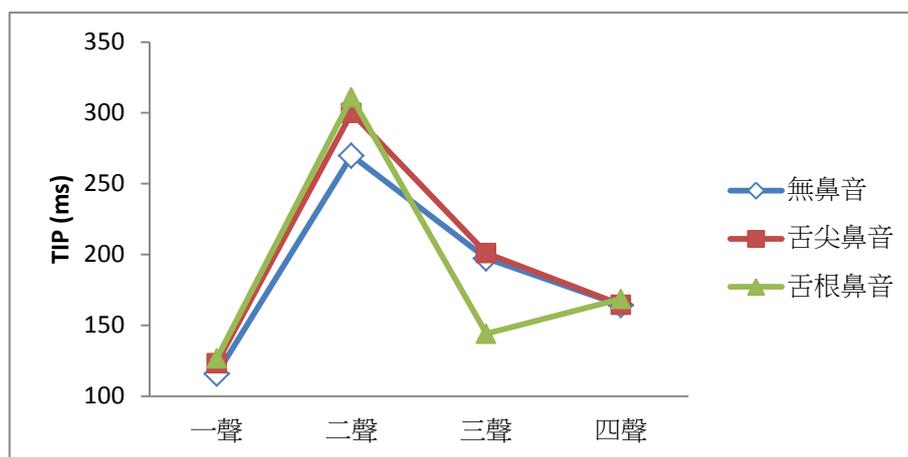
響度 X 聲調之間交互作用顯著( $F(3,857) = 4.861, *p < .01$ )，響音( $M = 155.3, SD = 80.4$ )在三聲的 TIP 顯著快於阻音( $M = 213.2, SD = 72.2$ ) ( $*p < .01$ )，如圖十六所示。



圖十六 聲母響度與聲調

### 鼻音 X 聲調

鼻音 X 聲調間交互作用顯著( $F(6,854) = 5.577, *p < .01$ )，主要差異在於三聲的舌根鼻音聲調獨立時間特別短，如圖十七所示。



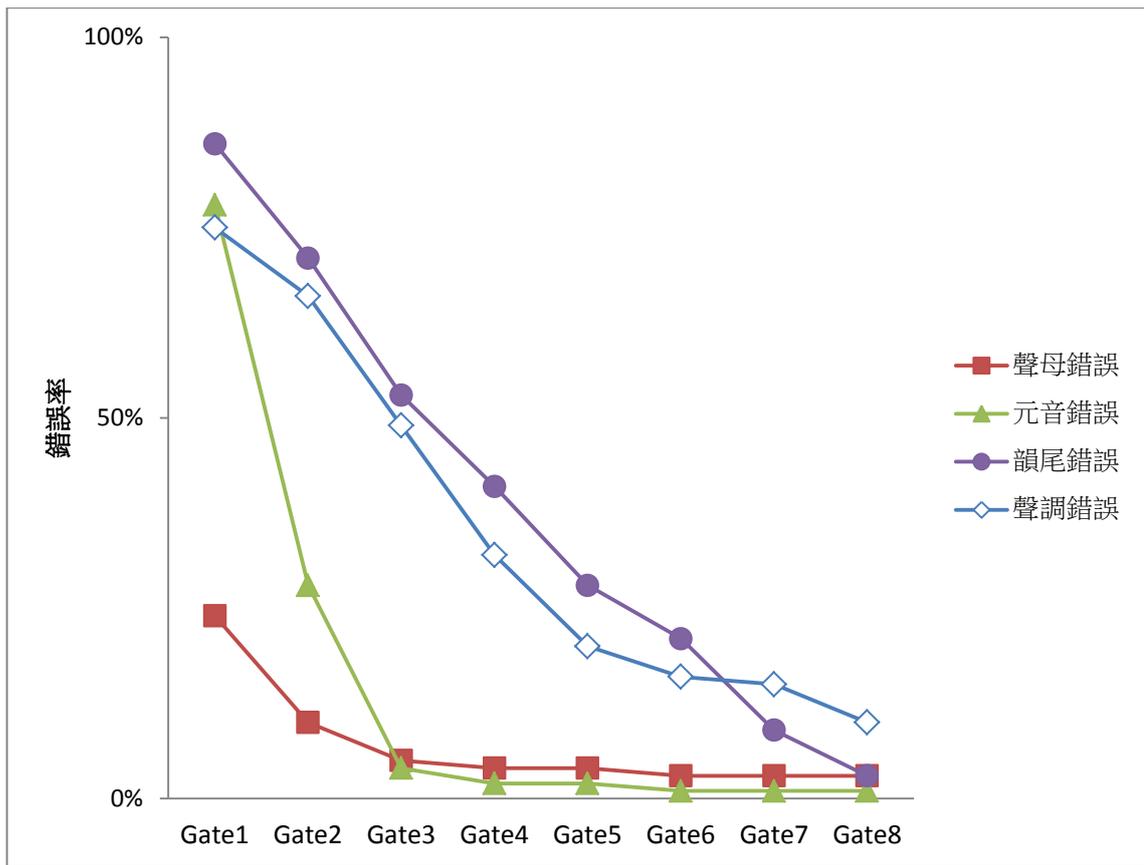
圖十七 鼻音韻尾與聲調

### 響度 X 鼻音 X 聲調

統計結果顯示，響度 X 鼻音 X 聲調三者間交互作用不顯著( $F(6,854) = 4.637, p = .057$ )。

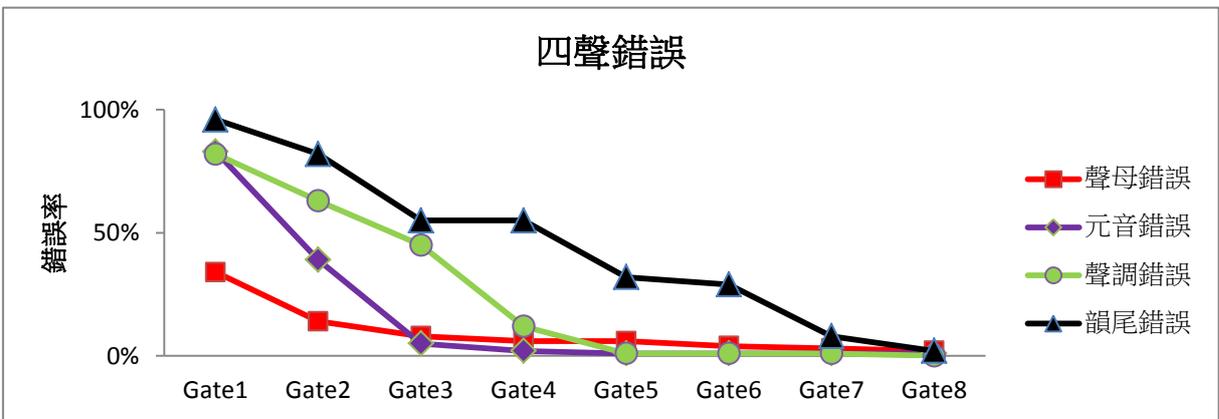
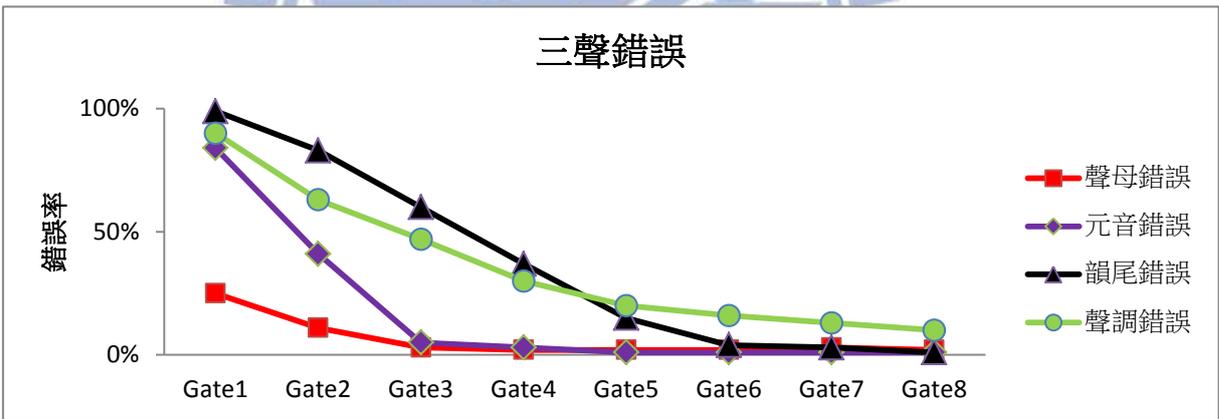
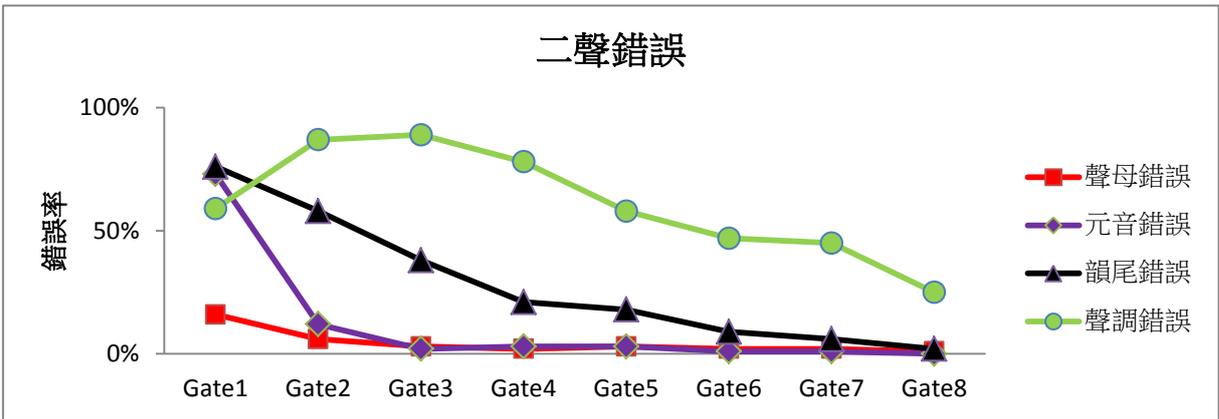
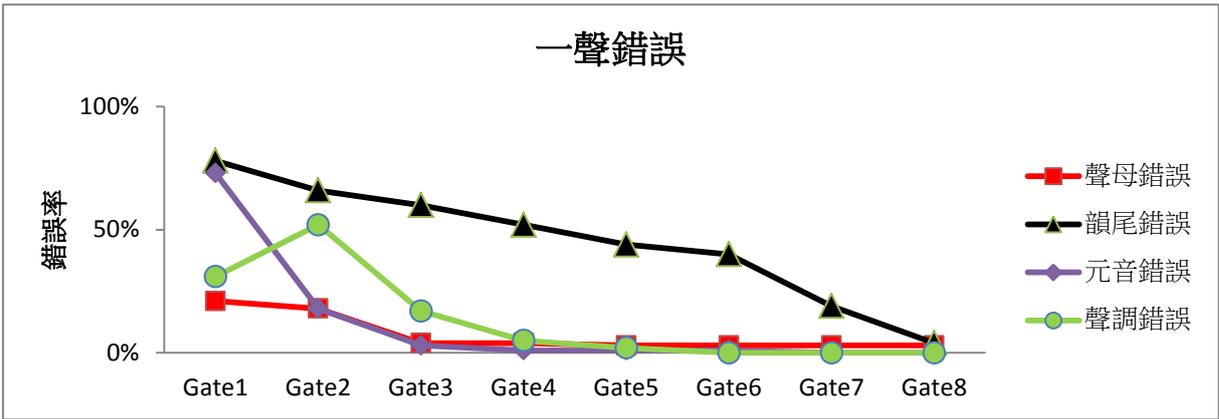
### 4.3 錯誤分析

利用柵欄理論進行實驗，最大的優勢在於能夠得到受試者在逐次增長的柵欄片段當中辨識語音的過程，對其過程進行錯誤分析，可以得到受試者語音處理的程序，甚至能進一步了解口語聲調感知的核心機制。本小節對於各柵欄片段之音段錯誤進行分析，將音段錯誤分為四種：(一)、聲母錯誤、(二)、元音錯誤、(三)、韻尾錯誤、(四)聲調錯誤，錯誤情形如圖十八及圖十九所示。聲母一開始錯誤率便較低，元音、韻尾和聲調則偏高。到了第三柵欄(Gate3)時，元音錯誤率驟降；韻尾及聲調在第三柵欄時均已降至 50% 左右，之後緩慢降低，也就是在第三柵欄(150 毫秒)左右，所有錯誤率均降至 50% 左右。聲調錯誤在第六柵欄前錯誤率都低於韻尾錯誤，而第七柵欄以後錯誤率卻高於韻尾。在下一個章節的 5.6 小節會討論錯誤分析上的結果。



圖十八 聲母、元音、韻尾和聲調之錯誤率





圖十九 各聲調之錯誤

## 第五章 討論

本論文探討口語感知的機制，藉由實驗研究聲母響度、鼻音韻尾、聲調對臺灣國語口語感知的影響，透過柵欄理論實驗，精確地判別各項因素的感知時間點。在歐美地區，柵欄理論實驗法自 Grosjean(1980)開始使用以來，已成為研究口語感知的方法之一；然而在使用中文的地區，雖然在 Wu 與 Shu (2003)後逐漸有學者開始利用柵欄理論研究中文，但數量仍十分稀少，並主要集中在北京中文的研究。接下來要比較本研究與先前使用柵欄理論進行實驗的論文進行比較，並提出實驗結果中與前人進行的口語感知實驗互相呼應之處。

本研究跟先前使用柵欄理論研究中文的 Wu 與 Shu (2003)和 Lai 與 Zhang(2008)相比，有幾點差異。首先，在刺激項的選定上做了改變，Wu 與 Shu 使用的刺激項並未在四個聲調的字數上進行控制，本實驗所使用的刺激項皆為四個聲調一組的字，如此可避免四個聲調字數不同的情形；其次是研究語言的不同，Wu 與 Shu (2003)和 Lai 與 Zhang(2008)皆研究北京中文，本實驗則研究臺灣國語；再者，刺激項呈現方式有所不同，Wu 與 Shu (2003)和 Lai 與 Zhang(2008)採時長限制形式(duration-blocked format)，本實驗則是採連續出現形式(successive presentation)，此二種實驗方法之差異在回顧 Cotton 與 Grosjean (1984)時已討論過，兩者對結果造成的差別不顯著。

除此之外，實驗流程也不相同，Wu 與 Shu (2003)的受試者任務是聽刺激項並寫下答案和信心指數，Lai 與 Zhang(2008)則讓受試者用電腦選出聲調和信心指數，前者得到的結果就本實驗來看是音節獨立點(IP)，即受試者判別整個字，音段和聲調都正確的時間點；後者得到的結果是聲調獨立點(TIP)，即受試者正確判斷聲調的時間點。本實驗綜合兩者實驗流程，讓受試者先用電腦選出聲調，再用手寫出答案和信心指數，如此同時得到 IP 和 TIP 的結果，並分析兩者有無差異。

總結實驗的結果，可分 IP 和 TIP 兩個部分進行說明：本實驗 IP 的平均值為 233.7 毫秒，Wu 與 Shu(2003)的結果則為 157 毫秒，兩者的差距可歸因於研究語言之不同，稍

後會提到本實驗二聲聽辨弱勢的現象，或許因此減慢整體的 IP。聲母響度對 IP 影響不顯著；鼻音韻尾則為無鼻音顯著快於舌尖鼻音及舌根鼻音；聲調以二聲最慢。聲調部分的結果可與 Wu 與 Shu (2003)呼應，皆為二聲最慢，但 Wu 與 Shu (2003)並未提出二聲為何最慢的具體原因。

本實驗 TIP 部分的平均值為 181.5 毫秒。聲母響度對 TIP 的結果為響音顯著快於阻音，和 Lai 與 Zhang(2008)結果相同；然而後者的結果可歸因於其聲母長度不一致，即響音長度較阻音短，使兩者並非站在同一起點上，本實驗則選擇長度差不多的聲母作為刺激項，以避免起點不公平的問題；鼻音韻尾對 TIP 的影響不顯著；聲調的 TIP 為一聲<四聲<三聲<二聲，且皆為顯著差異，此結果和 Lai 與 Zhang(2008)不同，後者結果為二聲和三聲最慢且兩者差異不顯著。TIP 為二聲最慢的結果可與 Lee(2009)呼應，但 Lee(2009)並未解釋為何二聲會最慢在本章對於聲調的討論當中會對於二聲聽辨弱勢的現象以及 Lai 與 Zhang (2008)的結果不同的原因加以說明。

## 5.1 聲母響度

聲母響度對 IP 的影響不顯著。這個結果可歸因於 IP 需要受試者判斷整個音節，而聲母在整個音節長度中所佔比例較短，若響音在辨識聲調上有優勢(advantage)，這個優勢如果放在整個音節來看就會變得不明顯，這或許可以解釋為何聲母響度對於 IP 造成的影響不顯著。

聲母為響音的 TIP 顯著快於阻音。這個結果可從響音及阻音之聲學特性加以說明。受試者在聽聲母為響音的音節時，在聽到元音之前，便可在聲母聽到可判別聲調的聲學線索，即受試者可以在響音聲母聽到基頻；但受試者聽聲母為阻音的音節時，由於發阻音時發音器官(articulator)會將氣流阻礙或閉塞，受試者在聽到聲母時還無法聽到基頻，即受試者在阻音聲母無法聽到可判別聲調的聲學線索，要等到元音出現才可開始判別聲調，造成響音的 TIP 顯著快於阻音。

## 5.2 鼻音韻尾

無鼻音的 IP 顯著快於舌尖鼻音和舌根鼻音，舌尖鼻音的 IP 顯著快於舌根鼻音。首先要解釋為何無鼻音的 IP 顯著快於舌尖和舌根鼻音。若將鼻音之有無分組，可將舌尖鼻音和舌根鼻音歸入一組，利用成對樣本 T 檢定得到無鼻音(M=202.3, SD=78.768)比有鼻音(M=264.5, SD=91.365)的 IP 顯著要快( $t=-10.260$ ,  $df=376$ ,  $*p<.01$ )，此結果可能是因為鼻音韻尾在整個音節中較晚出現，在鼻音出現以前，受試者無法正確判斷整個音節，等到受試者聽見鼻音時，音節獨立時間也因而明顯延遲，造成無鼻音的聽辨時間顯著快於有鼻音。

接著要解釋為何舌尖鼻音的 IP 顯著快於舌根鼻音，此結果可由臺灣國語鼻音合流(nasal merge)現象的爭議開始談起(Yi-Hsiu Lai, 2009)。臺灣國語鼻音合流的方向曾被分為兩類討論，一為鼻音在元音/i/或/ə/之後會有齒槽化現象(alveolarization)，即/iN/或/əN/會變成[in]和[ən](大寫 N 表示鼻音，包含/n/和/ŋ/)(Tse, 1992)；另一種為臺灣國語鼻音韻尾在元音為/i/時會有軟顎化(velarization)的現象，即/iN/會變成[iŋ](Hsu & Tse, 2007)，對這兩類鼻音合流方向所進行的研究皆為構音實驗(production experiment)，且最主要的問題在於各個學者對於音檔中的鼻音為/n/或/ŋ/的判斷方式互異。

本實驗為聽感實驗，且研究的刺激項為前人研究認為無鼻音合流現象的/aN/，希望能夠為鼻音合流現象提供另一種解釋。本實驗結果為舌尖鼻音的 IP 顯著快於舌根鼻音，此結果有兩種可能的原因：一、受試者判別韻尾為舌尖鼻音的時間較快，二、受試者在聽到本實驗刺激項/aN/時，傾向把 N 判別為[n]而非[ŋ]，此為使用柵欄理論進行實驗的優勢，即依時長分割的刺激項。雖然在第七柵欄以後受試者可分辨這兩個鼻音，但本實驗結果顯示受試者在元音為/a/時，對於鼻音的判斷有齒槽化的趨勢。前人所做的臺灣國語鼻音合流的實驗主要為構音實驗(production experiment)，且著重於元音為/i/或/ə/的音節；本實驗則可提供聽感實驗且元音為/a/的情形下的鼻音合流趨勢。

鼻音韻尾對 TIP 的影響不顯著。此結果之原因在於鼻音韻尾出現的時間點較晚，因此在鼻音韻尾出現之前聲調感知便已完成，因此鼻音韻尾不會影響 TIP。

### 5.3 聲調

二聲的 IP 顯著最慢，其他三個聲調差異不顯著；TIP 則是一聲<四聲<三聲<二聲。IP 的結果與 Wu 與 Shu (2003)相同，但 Wu 與 Shu (2003)研究的是北京中文(Beijing Mandarin)，北京中文的二聲和臺灣國語有所不同，比較圖十九和二十即可以發現，北京中文的二聲基頻上升十分明顯，臺灣國語的二聲則在後段才有上升，且幅度並不大。另外，北京中文的三聲在後段基頻有上升，臺灣國語的三聲則無此情形。

TIP 二聲最慢的結果與 Lee (2009)相同；然而，Lee (2009)把此現象歸因於其選定之刺激項當中，二聲為詞彙空缺(lexical gap)，即該音節無對應的實字(real word)，因此造成聽辨時間的延遲。本實驗研究的語言為臺灣國語，與北京中文不同；且刺激項選定為四聲都有的音節，不會有詞彙空缺的問題。針對本實驗中受試者二聲 IP 及 TIP 都最慢的現象，在此試圖從聲學角度進行解釋，本小節將本實驗發音人的聲調與臺灣地區的其他發音人的聲調做比較，以確定二聲聽辨較慢的現象不是因為本實驗發音人的個人因素。為了達到以上目的，本研究錄製臺灣地區十名母語使用者(5 男 5 女，22 到 24 歲，由交通大學招募而來)進行比較，錄音方式及語料均與本實驗相同。結果顯示，本實驗發音人與額外錄製的五名臺灣女性的聲調平均值相比，除了音高略高之外，基頻起伏形式幾乎相同；與臺灣男性相比，除了音高較高外亦無太大差異，由此結果可得知本實驗所得到的結果並不是由於發音人的個人因素造成。

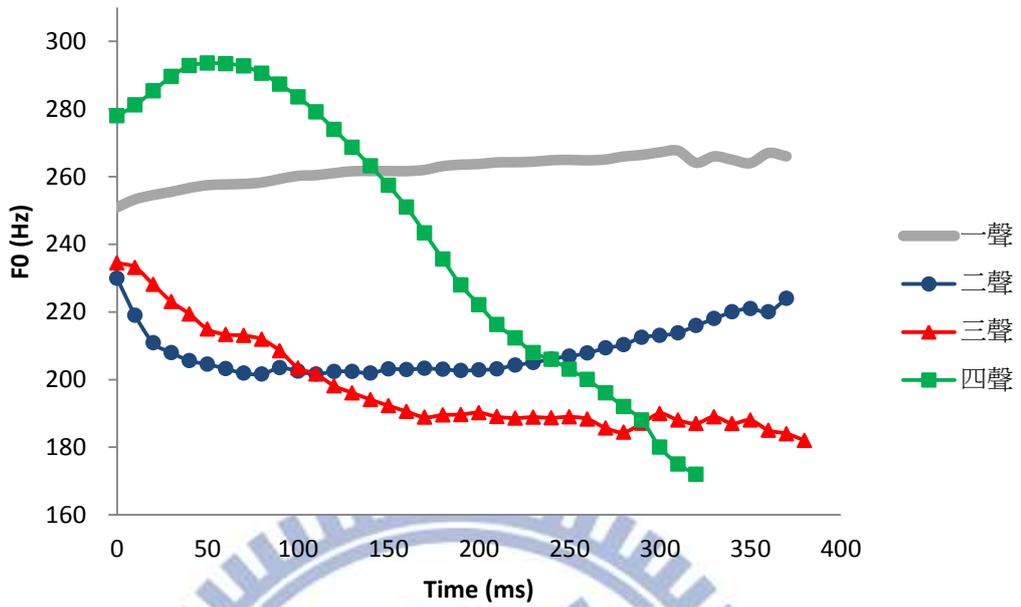
接下來針對臺灣地區的二聲進行討論，討論時可參考圖二十、二十二以及受試者在各柵欄的回應(圖二十三)。觀察圖二十可以發現，就基頻起點來看，二聲的基頻起點與三聲相近；但就受試者對於二聲的回應看來，在第一和第二柵欄，選擇三聲的次數並不多，反而大多選擇一聲，直到第三柵欄，受試者選擇三聲的次數才開始增加。二聲和三聲的基頻起點相近，但受試者大多選擇一聲，原因在於基頻起點可能並非受試者辨識該聲調的語音線索。就本實驗受試者回應看來，受試者辨識聲調的線索可能來自於基頻起伏，受試者在前兩個柵欄時無法聽出基頻起伏，也就是還沒到達最小可覺差(just noticeable difference, JND)，即人類對於某一特定的感官刺激所能察覺的最小改變。前兩個柵欄的長度約 100 毫秒，這個長度還不足以讓聲調聽起來有起伏(Greenberg & Zee,

1979)。至於到了第三柵欄，受試者開始選擇三聲的原因可參考圖二十四，本實驗發音人的二聲和三聲在前三柵欄的基頻幾乎相同，都是呈現下降的趨勢，受試者只要聽到降調都把答案選為三聲。直到第六柵欄開始，發音人基頻有上揚的趨勢，受試者此時才能識別，將答案選為二聲。因此，二聲的感知時間最慢，原因在於受試者在第六柵欄以後才能聽到基頻的上揚。

另外，也要對其他三個聲調的感知時間順序做解釋。首先要解釋一聲為何會最快，根據受試者回應，一聲在第三柵欄開始便可被辨識出，觀察發音人聲調圖也可以看出一聲的基頻在前面一小段些微上升以後，便無明顯起伏，受試者或許在聽到基頻經過一定時間無明顯起伏時，便將答案選為一聲。至於要解釋四聲為何比三聲快，可以從兩個聲調的基頻起伏來討論，發音人四聲基頻起點在 250Hz 以上，前面一小段升到 300Hz 以上，而後驟降至 200Hz 左右；三聲的基頻起點在 250Hz 以下，且逐漸降至 200Hz 以下。三聲和四聲的基頻都呈現下降的趨勢，差別在四聲的基頻整體較高，三聲的基頻較低，或許是受試者對基頻較高的聲調有更好的聽辨能力。

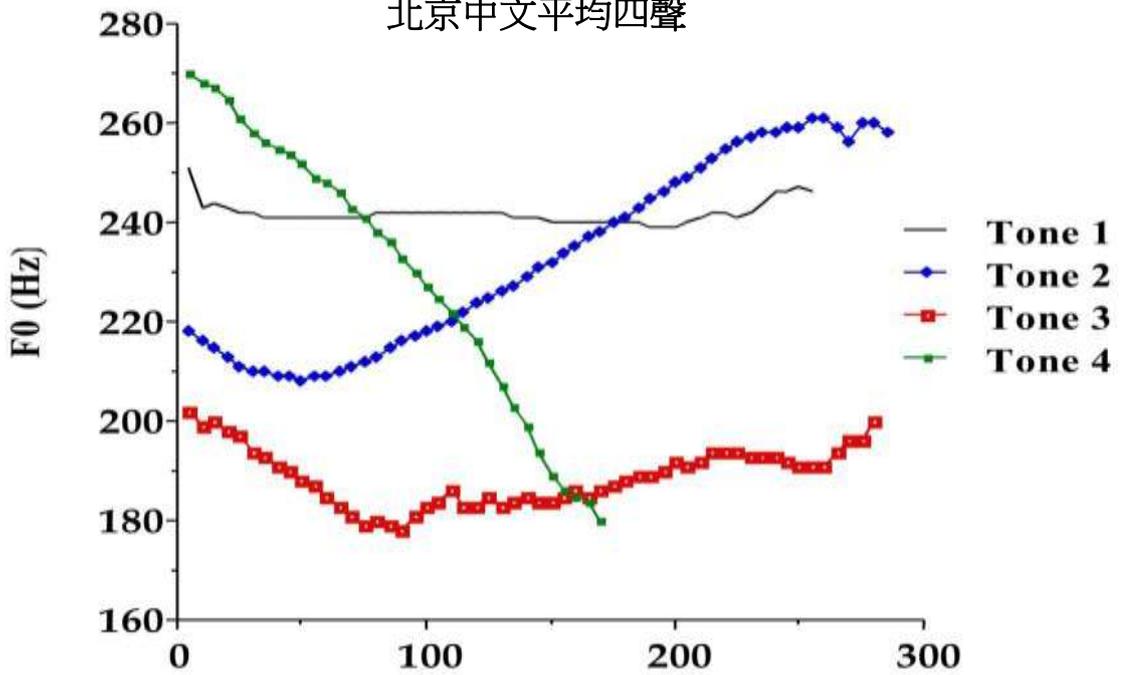
最後要對四個聲調誤判的情形進行討論。二聲在前面的段落已經提過，會誤判為一聲和三聲，這個原因跟基頻起伏情形有關，一開始聽不出基頻起伏時受試者會把答案選為一聲，而基頻開始下降時則會把答案選成三聲；除了二聲以外，其餘三個聲調的第一柵欄也大多選為一聲，因為在第一柵欄，聲調的長度還不足以讓受試者聽出基頻的起伏。三聲在第二柵欄會誤判為一聲和四聲，錯認為一聲的理由跟前面一樣，都是因為受試者聽不出起伏，而誤判為四聲則是因為受試者聽到基頻下降，四聲的基頻也是呈現下降的趨勢。到了第三柵欄，受試者大多能選出正確的答案；一聲和四聲在第二柵欄都有互相誤判的情形，四聲甚至到了第三柵欄受試者選擇一聲和四聲的次數仍一樣多。觀察發音人聲調圖可以發現，一聲和四聲的基頻在最前面都有微幅上升，到了第三柵欄以後，四聲的基頻下降才開始明顯。

### 臺灣國語平均四聲

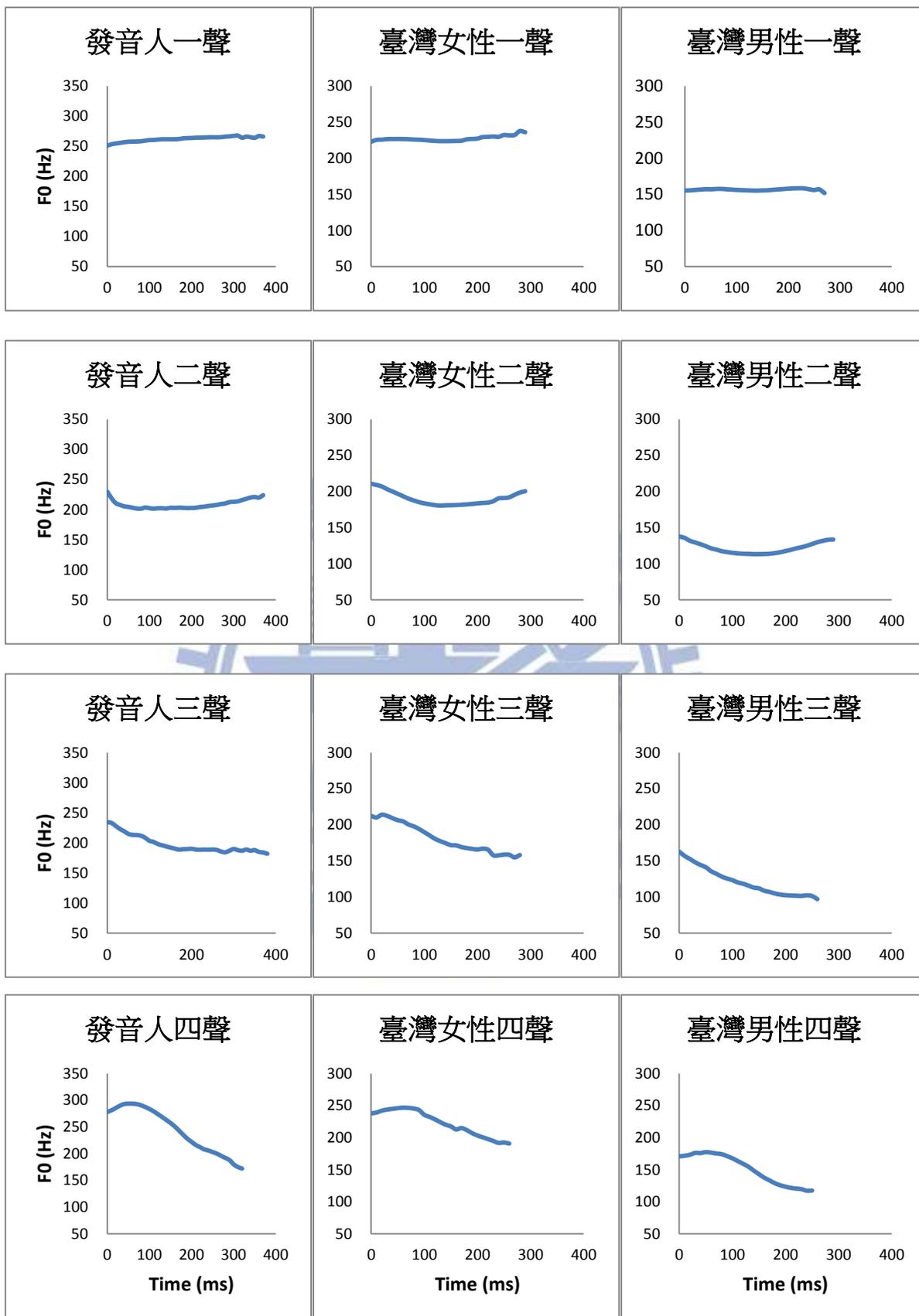


圖二十 臺灣國語平均四聲 (以本實驗發音人為例)

### 北京中文平均四聲

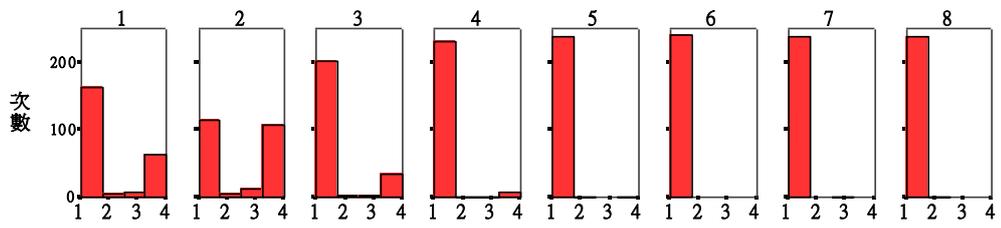


圖二十一 北京中文平均四聲 (本圖引用自 Jongman, 1997)

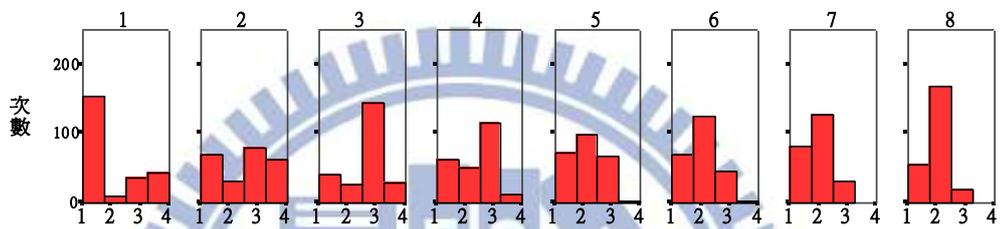


圖二十二 發音人及臺灣地區男女性平均聲調圖

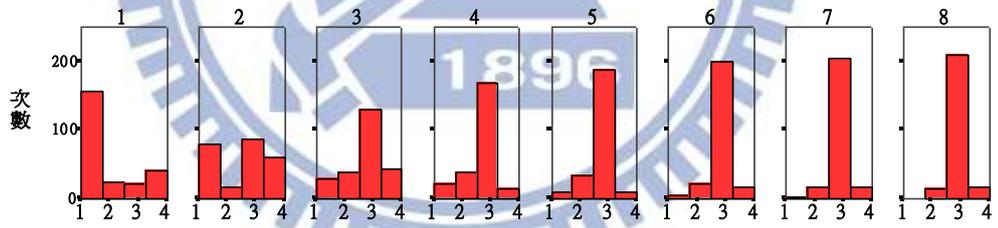
### Gates for Tone 1



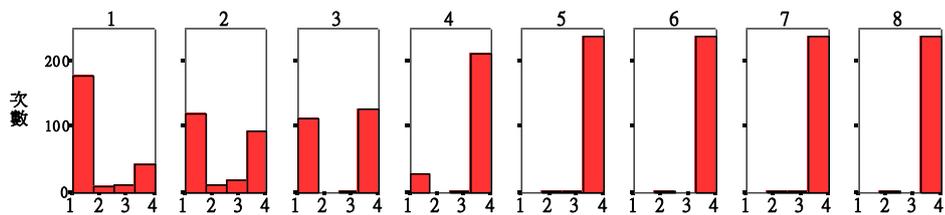
### Gates for Tone 2



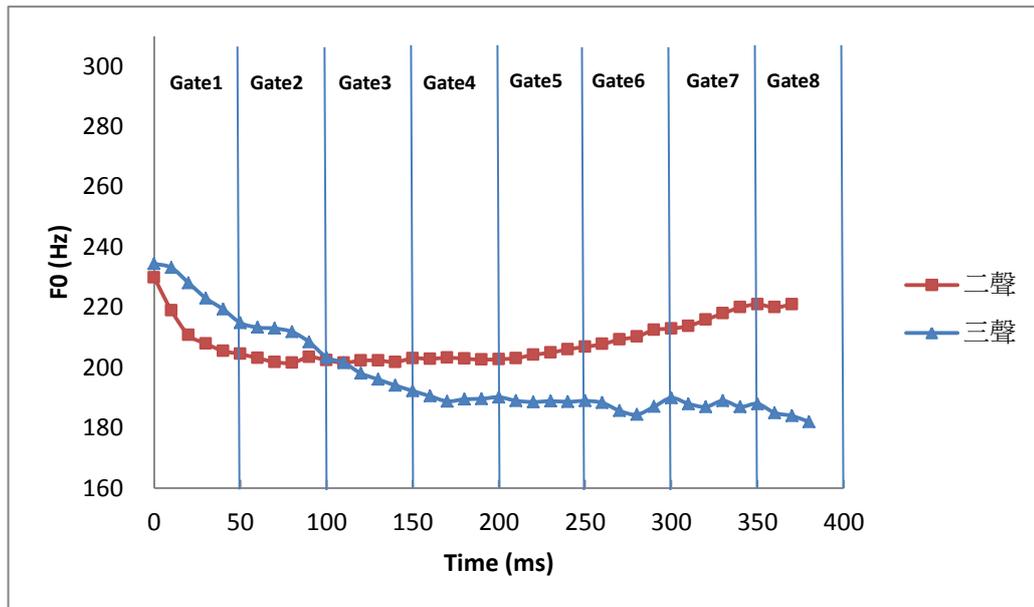
### Gates for Tone 3



### Gates for Tone 4



圖二十三 四個聲調各欄欄之受試者反應



圖二十四 二聲三聲按柵欄標示之聲調圖

#### 5.4 因子間交互作用

本小節討論聲母響度、鼻音韻尾及聲調三因子之間的交互作用。首先，響度 X 鼻音 X 聲調三者間交互作用對 IP 和 TIP 而言都不顯著。響度 X 鼻音與 IP 和 TIP 皆有明顯交互作用。無鼻音和舌根鼻音時響音和阻音的 IP 差異不顯著，但韻尾為舌尖鼻音時，響音的 IP 會顯著快於阻音，或許是因為舌尖鼻音和響音的組合對於聽辨音節特別有利。對 TIP 而言，響音的 TIP 在無鼻音、舌尖鼻音和舌根鼻音皆快於阻音，但響音在舌尖鼻音的 TIP 會顯著快於阻音，或許是舌尖鼻音和響音的組合對於聲調的聽辨更加有利。IP 和 TIP 的響度 X 聲調皆有交互作用。就 IP 來看，響音在一聲、二聲和三聲時皆的 IP 皆快於阻音，然而在四聲時阻音反而顯著快於響音，或許是因為四聲和阻音的結合讓聽者可以更快辨識音節；就 TIP 而言，響音雖然四個聲調都快於阻音，但在一聲、二聲和四聲的差異都不顯著，只有在三聲時響音的 TIP 顯著快於阻音，可以說三聲特別有利於響音的聲調辨識。IP 和 TIP 的鼻音 X 聲調皆有交互作用，就 IP 而言，舌根鼻音在一聲和四聲的 IP 都顯著最慢，或許是因為舌根鼻音和一聲以及四聲的組合使受試者辨識該音節特別困難。對 TIP 而言，舌根鼻音在三聲的聽辨速度顯著最快，可能是這個組合對於聲調辨識特別有利。

## 5.5 信心指數

本小節探討受試者對每個答案提供的信心指數，由於本實驗有手寫和滑鼠點擊兩個部分，只有手寫部分有紀錄信心指數，手寫部分的結果跟 IP 有關，因為受試者手寫答案包含整個音節，滑鼠點擊只需要選擇聲調。為了探討受試者信心指數和 IP 的關係，在此只討論受試者達到 IP 時的信心指數(Confidence rating at the IP，以下稱 CIP)，而非所有刺激項的信心指數。要討論信心指數的影響，首先可從 IP 的定義說起，IP 為受試者能正確分辨目標音節，且不再更改答案的時間點。若受試者在前面的柵欄就判斷出整個音節，此時其僅能判斷讀音，卻無法確定答案是否正確，因此信心指數較低。直到聽到較後面的柵欄片段，信心指數才會增加。

從聲母響度來看，CIP 差異不顯著( $F(1,848)=4.405, p=.042$ )，在本實驗結果中聲母響度的 IP 差異也不顯著。無鼻音的 CIP 顯著小於舌尖鼻音及舌根鼻音(\* $p<.01$ )，韻尾為舌尖鼻音的 CIP 顯著小於舌根鼻音(\* $p<.01$ )。對照本實驗的結果，無鼻音的 IP 顯著快於舌尖鼻音及舌根鼻音，舌尖鼻音的 IP 顯著快於舌根鼻音，可以看出 CIP 的結果與 IP 有一定程度的關係。聲調為三聲的 CIP 顯著小於二聲(\* $p<.01$ )，而在實驗結果當中，二聲的 IP 顯著最慢，其他三聲的 IP 並無顯著差異。觀察下表可看出，三聲的 IP 跟二聲的差距是最大的，因此 CIP 的差距顯著。由此可以看出，IP 的快慢會影響 CIP 的高低。在往後研究中文的柵欄理論實驗中，CIP 也可作為討論的指標之一。

Onset	IP	CIP
阻音	252.93	3.13
響音	243.02	2.92

表九 依聲母分組之 IP 及 CIP

Nasal	IP	CIP
無鼻音	206.79	2.53
舌尖鼻音	241.86	2.83
舌根鼻音	295.26	3.72

表十 依韻尾分組之 IP 及 CIP

Tone	IP	CIP
1	240.47	3.12
2	301.99	3.14
3	217.65	2.71
4	231.79	3.07

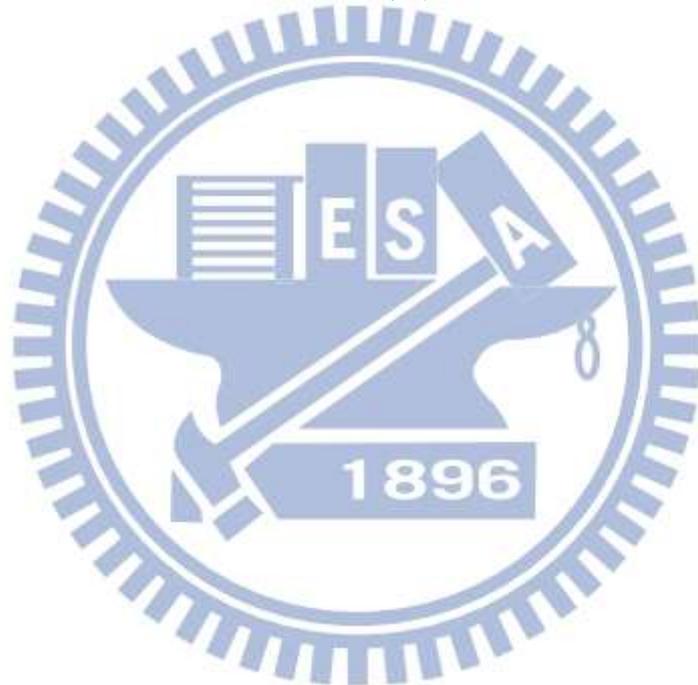
表十一 依聲調分組之 IP 及 CIP

## 5.6 錯誤分析結果討論

錯誤分析可就聲母、元音、韻尾及聲調四個要素做討論。Wu 與 Shu (2003)提出聽覺語言的方向性(directionality)特點，他們藉由錯誤分析證明聲母的聽辨速度快於聲調及韻母，聲調的聽辨速度則快於韻母(包含元音及韻尾)。本實驗錯誤分析結果如圖十九所示，早期階段(前兩個柵欄)聲母錯誤率最低，此時元音、韻尾及聲調錯誤率仍偏高，由此可見聲母的聽辨速度快於元音、韻尾和聲調；第三柵欄開始，元音的錯誤率驟降，四個聲調的元音錯誤率均降至 50% 以下，此時韻尾及聲調錯誤率還是很高，由此可見元音聽辨速度快於韻尾及聲調；在第三柵欄(150 毫秒)左右，所有錯誤率均降至 50% 左右，此結果顯示聽者有辨別極短語音片段的能力(Lee, 2009)。前六個柵欄聲調錯誤率較韻腳低，但最後兩個柵欄反而是韻尾錯誤率較低，因此可能是某個聲調錯誤率特別高，使聲調錯誤率最後高於韻尾。為了比較聲調及韻尾的方向性，將四個聲調的音段錯誤分開來看，如圖二十所示，可以發現只有二聲的聲調錯誤率整體要比韻尾錯誤率高，即二聲將整體聲調錯誤率給拉高。先前討論中提過，受試者要到後面的柵欄才能聽出二聲的起伏，因此造成二聲的錯誤率直到第七柵欄以後才有明顯下降。若要就方向性的角度來看，二聲的鼻音韻尾聽辨速度較聲調快，其餘三聲則是聲調的聽辨速度較鼻音韻尾快。然而，在此要提出一個使用柵欄理論進行實驗會出現之無法避免的狀況，即前幾個柵欄時間都很短，受試者在無法聽到最小可覺差(JND)的情況下，便會開始猜測，大部分的受試者都會猜測一聲作為回應，因為受試者無法聽出聲調的起伏，而一聲又是四聲當中唯一的平調，或許正因如此，一聲的錯誤率從第一柵欄起就比其他聲調來的低。

## 第六章 結語

本論文結果顯示臺灣國語聲學特性與北京中文有所差異，如二聲和三聲的基頻起伏型態，此差異也導致本論文之結果和前人有所不同。之後若要做臺灣國語的研究，在引用北京中文文獻時，要特別注意聲調上面的基頻起伏差異，以免產生誤用的情形。本論文中發音人只有一名女性，若能做進一步的實驗，可以找男性發音人做對照組，或許可以看出性別差異的現象。最後，本論文區別音節獨立點(IP)和聲調獨立點(TIP)的差異，希望能為將來使用柵欄理論研究中文的人帶來貢獻。



## 參考書目

- Cotton, S., & Grosjean, F. (1984). The gating paradigm: A comparison of successive and individual presentation formats. *Perception & Psychophysics*, 35: 41–48.
- Chao, Y. R. (1948). *Mandarin primer: An intensive course in spoken Chinese*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Cheng, C.C. (1973) *A synchronic phonology of Mandarin Chinese*, The Hague: Mouton
- Greenberg, S. and Zee, E. (1979). On the perception of contour tones. *UCLA Working Papers in Phonetics*, 45: 150-164
- Grosjean, F. (1980). Spoken word recognition processes and the gating paradigm. *Perception and Psychophysics*, 28 (4): 267-283.
- Hsu, H. J., & Tse, K. P. (2007). Syllable-final nasal mergers in Taiwan Mandarin – leveled but puzzling. *Concentric: Studies in Linguistics*, 33(1), 1-18.
- Lai, Yuwen. and Zhang, J (2008). Mandarin Lexical Tone Recognition: The Gating Paradigm. *Kansas Working Papers in Linguistics*, 30: 183-194.
- Lai, Yi-Hsiu. (2009). Acoustic correlates of Mandarin nasal codas and their contribution to perceptual saliency. *Concentric: Studies in Linguistics*, 35(2): 143-166.
- Lin, C.C. (2002). Nasal endings of Taiwan Mandarin: Production, perception, and linguistic change. *Paper presented at the 35<sup>th</sup> International Conference on Sino-Tibetan Languages and Linguistics*. Arizona State University.
- Lee, C.-Y. (2009). Identifying isolated, multispeaker Mandarin tones from brief acoustic input: A perceptual and acoustic study. *Journal of the Acoustical Society of America*, 125: 1125–1137.
- Moore, C. B., and Jongman, A. (1997). Speaker normalization in the perception of Mandarin Chinese tones. *Journal of the Acoustical Society of America*, 102: 1864-1877.
- Shen, X. S., and Lin, M. C. (1991). “A perceptual study of Mandarin tones 2 and 3,” *Language and Speech*, 34: 145–156.

Tse, K. P. (1992). Production and perception of syllable final [n] and [ŋ] in Mandarin Chinese:

an experimental study. *Studies in English Literature & Linguistics*, 18: 143-156.

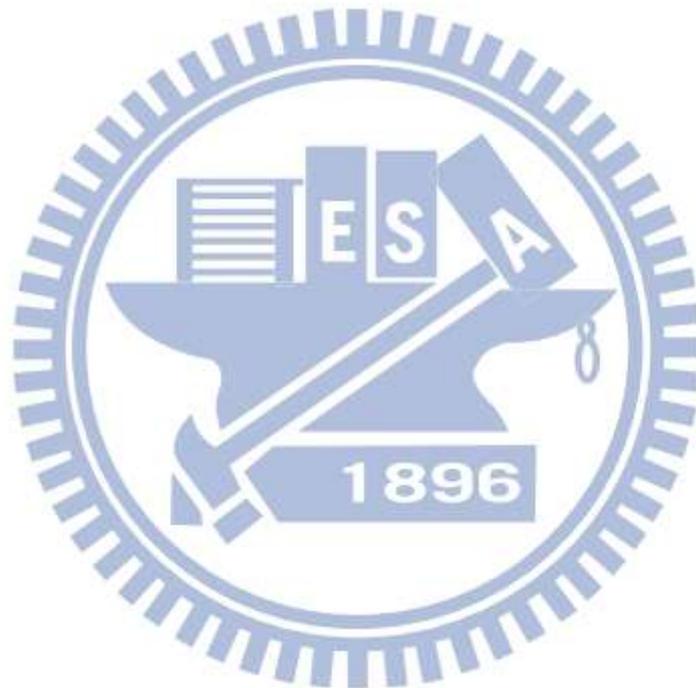
Wu, N. and Shu, H. (2003). The gating paradigm and spoken word recognition of Chinese.

*Acta Psychologica*, 35 (5): 582-590.

Ye, Y. and Cynthia M. C. (1999). Processing spoken Chinese: The role of tone information.

*Language and Cognitive Processes* 14: 609-630.

Yip, M. (2002). *Tone*. Cambridge: Cambridge University Press.



# 附錄一

## 語言背景問卷

性別：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_

出生年月日：\_\_\_\_\_ 年齡：\_\_\_\_\_

出生地：\_\_\_\_\_

就讀小學所在地：\_\_\_\_\_

就讀國中所在地：\_\_\_\_\_

就讀高中所在地：\_\_\_\_\_

就讀大學所在地：\_\_\_\_\_

本身在家裡的慣用語言：\_\_\_\_\_

父親老家所在地：\_\_\_\_\_

父親慣用語言(依流利程度排序)：\_\_\_\_\_

母親老家所在地：\_\_\_\_\_

母親慣用語言(依流利程度排序)：\_\_\_\_\_

你在台灣哪個地區或城市居住的時間最長？  
\_\_\_\_\_

除了台灣以外，有在外國居住超過一年嗎？如有，是在哪裡？  
\_\_\_\_\_

你會說其它的語言嗎(客、原住民、英文)？如會，是甚麼語言？流利度如何？每周大約說多長時間？  
\_\_\_\_\_

附錄二

2-8	2-7	2-6	2-5	2-4	2-3	2-2	2-1	1-8	1-7	1-6	1-5	1-4	1-3	1-2	1-1	編號
																注音 符號
																信心 指數
4-8	4-7	4-6	4-5	4-4	4-3	4-2	4-1	3-8	3-7	3-6	3-5	3-4	3-3	3-2	3-1	編號
																注音 符號
																信心 指數

歡迎參加本實驗，請依照編號在空格處填上對應的注音符號(包含聲調)，以及您的信心指數(最高為「」，最低為「」)。