

國立交通大學

外國文學與語言學研究所

碩士論文

台灣閩南語韻尾感知研究

Coda Perception in Taiwan Southern Min

研究生：李悅菽

指導教授：許慧娟 教授

呂菁菁 教授

中華民國九十八年一月

台灣閩南語韻尾感知研究
Coda Perception in Taiwan Southern Min

研究生：李悅菽

Student : Yueh-shu Li

指導教授：許慧娟 呂菁菁

Advisor : Hui-chuan Hsu ; Ching-ching Lu

國立交通大學
外國文學與語言學研究所
碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Foreign Languages and Literatures

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

January 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年一月

Coda Perception in Taiwan Southern Min

Abstract

The objective of the present study on coda perception in Taiwan Southern Min is threefold. First, I want to look into whether or not places of articulation affect the similarity judgment of coda phonemes. Second, I would like to see if nasals are more similar to glides than to stops. Third, I want to know how the three coda places are weighed against each other in perceptual salience.

Two perceptual experiments were conducted in this study. The first experiment was a behavioral study, of which test materials were nonsense syllables in Taiwan Southern Min. The second one, an event-related potentials experiment, recorded MMN to different types of deviant stimuli, using test materials of meaningful words in Taiwan Southern Min. General results of the study showed that (a) places of articulation made a positive influence on the similarity judgment of coda phonemes, (b) nasals are more similar to glides than to stops, and (c) among the three stop places, the perceptual salience scale was labial > coronal > dorsal.

Key Words: coda similarity, perceptual salience, ERP, MMN

台灣閩南語韻尾感知研究

摘要

本論文從音韻學的角度出發，以感知行為實驗和腦事件相關電位 (Event-Related Potentials, ERPs) 實驗為研究工具，對台灣閩南語的韻尾音位進行探討，研究議題包括：(一) 發音部位對於語音相似性的影響。(二) 鼻音韻尾、元音韻尾和塞音韻尾的相似性。(三) 韻尾發音部位的感知顯著性。

本研究的第一個實驗為感知行為實驗，共有二十名受試者參與實驗，語料為不具意義的閩南語單音節非詞。第二個實驗為腦事件相關電位實驗，共有八名受試者參與實驗，語料為閩南語單音節詞，離線分析針對 MMN 波幅進行探討。綜合本研究的二個實驗結果，研究發現：(一) 發音部位為判斷語音相似性的要素之一。在語誤資料中，發音部位相同的二個音位被說錯的次數大於發音部位不同的音位；在聽覺感知方面，發音部位相同的二個音位被聽錯的機率亦大於發音部位不同的音位。(二) 鼻音韻尾與元音韻尾的相似性高於鼻音韻尾與塞音韻尾。(三) 就韻尾發音部位而言，雙唇塞音顯著性最高，舌尖塞音次之，舌根塞音最低。

關鍵詞：韻尾相似性、感知顯著性、腦事件相關電位、ERP、MMN

誌謝

這份論文得以完成，首先要感謝我的指導教授許慧娟老師和呂菁菁老師。許慧娟老師對於研究學問的態度嚴謹，是我學習的對象；呂菁菁老師在認知神經方面的知識廣博，讓我獲益良多；此外，更要感謝梁勝富老師在實驗方面給予我許多寶貴的建議，讓我的研究可以更臻完善。

感謝交通大學腦科學中心林進燈教授和柯立偉學長對本研究的支持，讓我能以非認知相關背景進入實驗室做研究。實驗期間，感謝張孟修同學為我撰寫實驗程式，讓我得以開始進行實驗，感謝小胖學長和 Frank 的協助，幫我排除許多技術方面的困難，讓我能夠順利完成實驗，當然也要感謝我的受試者，如果沒有你們，實驗是沒辦法完成的。

感謝研究所三年陪伴我的同學佳音、文傑、佳嬋、嘉軒、逸萱、華珍和怡珍，每個星期一次的讀書會，令人懷念；此外，也要感謝新竹教育大學台語所的同學，你們的熱情為我的研究生生活增添許多溫暖。

撰寫論文的這段時間感謝和氣大愛(<http://www.hochi.org.tw/>)的老師和同修對我的鼓勵和支持，讓我了解原來生命成長的道路是充滿喜悅的。最後要感謝我的家人，因為你們，讓我可以沒有後顧之憂的情形下，完成研究所學業，有你們真好！

目錄

	頁碼
ABSTRACT.....	I
摘要.....	II
誌謝.....	III
目錄.....	IV
圖表目錄.....	VI
第一章 緒論	1
1.1 引言.....	1
1.2 台灣閩南語韻尾音位轉換介紹.....	1
1.3 研究目的.....	3
1.4 台灣閩南語音韻系統.....	3
1.4.1 元音與輔音.....	3
1.4.2 聲調.....	5
1.4.3 台灣閩南語音節結構.....	5
1.5 論文架構.....	6
第二章 文獻回顧	7
2.1 韻尾音位相似性的相關研究.....	7
2.1.1 Roberts & Li (1963).....	7
2.1.2 鍾榮富(1996).....	8
2.1.3 Hsu & Lin (2006).....	8
2.1.4 Frish (1996).....	10
2.2 塞音的感知顯著性.....	12
2.2.1 Jun (1995).....	12
2.2.2 Hume et al. (1999).....	13
2.2.3 Winters (2001).....	13
2.2.4 Wright (2001).....	14
2.2.5 Kochetov & So (2007).....	14
2.3 噪音實驗.....	15
2.4 失匹配負波.....	16
第三章 實驗一	19
3.1 實驗目的.....	19
3.2 實驗方法.....	19
3.2.1 受試者.....	19
3.2.2 語料設計.....	19
3.2.3 實驗流程.....	20
3.3 結果與討論.....	20
第四章 實驗二	30
4.1 實驗目的.....	30
4.2 實驗方法.....	30
4.2.1 受試者.....	30
4.2.2 語料設計.....	31

4.2.3 實驗流程.....	33
4.3 EEG 設定及資料處理.....	33
4.3.1 EEG 設定.....	33
4.3.2 EEG 資料處理.....	33
4.4 結果與討論.....	35
4.4.1 行為資料.....	35
4.4.2 電生理訊號資料.....	37
4.4.3 討論.....	53
第五章 結論與展望.....	56
5.1 綜合討論.....	56
5.2 研究限制與未來展望.....	59
參考書目.....	61
附錄一.....	65
附錄二.....	68



圖表目錄

	頁碼
表 一 台灣閩南語輔音.....	4
表 二 台灣閩南語聲調系統.....	5
表 三 台灣閩南語韻尾互換統計數據.....	9
表 四 英語輔音相似性數值.....	10
表 五 台灣閩南語輔音徵性矩陣.....	11
表 六 台灣閩南語韻尾音位相似性數值.....	11
表 七 非噪音實驗混淆矩陣.....	21
表 八 噪音實驗混淆矩陣.....	22
表 九 台灣閩南語韻尾音位相似度 (非噪音實驗).....	23
表 十 台灣閩南語韻尾音位相似度 (噪音實驗).....	23
表 十一 腦事件相關電位實驗語料設計.....	32
表 十二 行為實驗之混淆矩陣.....	36
表 十三 韻尾相似度數值.....	37
表 十四 腦事件相關電位實驗結果.....	54
表 十五 塞音韻尾顯著性相關研究.....	57
圖 1.....	9
圖 2 失匹配負波圖.....	17
圖 3 塞音韻尾的平均答對率和受試者的反應時間 (非噪音實驗).....	25
圖 4 塞音韻尾的平均答對率和受試者的反應時間 (噪音實驗).....	26
圖 5 鼻音韻尾的平均答對率和受試者的反應時間 (非噪音實驗).....	28
圖 6 鼻音韻尾的平均答對率和受試者的反應時間 (噪音實驗).....	28
圖 7 AW-AM 與 AJ-AM 之腦波反應.....	38
圖 8 AW-AM 與 AJ-AM 受試者反應平均值.....	38
圖 9 AW-AN 與 AJ-AN 之腦波反應.....	39
圖 10 AW-AN 與 AJ-AN 受試者反應平均值.....	40
圖 11 AW-AD 與 AJ-AD 之腦波反應.....	40
圖 12 AW-AD 與 AJ-AD 受試者反應平均值.....	41
圖 13 AP-AM、AT-AM 與 AK-AM 之腦波反應.....	42
圖 14 AP-AM、AT-AM 與 AK-AM 受試者反應平均值.....	42
圖 15 AP-AN、AT-AN 與 AK-AN 之腦波反應.....	43
圖 16 AP-AN、AT-AN 與 AK-AN 受試者反應平均值.....	44
圖 17 AP-AD、AT-AD 與 AK-AD 之腦波反應.....	44
圖 18 AP-AD、AT-AD 與 AK-AD 受試者反應平均值.....	45
圖 19 AW-AP 與 AJ-AP 之腦波反應.....	46
圖 20 AW-AP 與 AJ-AP 受試者反應平均值.....	46
圖 21 AW-AT 與 AJ-AT 之腦波反應.....	47
圖 22 AW-AT 與 AJ-AT 受試者反應平均值.....	48
圖 23 AW-AK 與 AJ-AK 之腦波反應.....	48
圖 24 AW-AK 與 AJ-AK 受試者反應平均值.....	49
圖 25 AW-AM 與 AP-AM 之腦波反應.....	50
圖 26 AW-AM 與 AP-AM 受試者反應平均值.....	50
圖 27 AJ-AN 與 AT-AN 之腦波反應.....	51
圖 28 AJ-AN 與 AT-AN 受試者反應平均值.....	51
圖 29 AW-AD 與 AK-AD 之腦波反應.....	52
圖 30 AW-AD 與 AK-AD 受試者反應平均值.....	53

第一章 緒論

1.1 引言

音位(phoneme)相似性對於語言處理(language processing)有著多面向的影響，Frisch (1996, 2004)指出音位的相似性對於語音組合制約(phonotactic constraint)具有相當的影響力；心理語言學家認為音位的相似性將造成口誤的發生(Shattuck-Hufnagel & Klatt, 1979; Stemberger, 1990, 1991)，Hsu & Lin (2006)從台灣閩南語的口誤語料中觀察到的韻尾音位互換現象亦顯示愈相似的韻尾音位愈容易發生互換。音位的相似性不僅在發音上會造成口誤現象，在感知上亦會造成音位混淆現象(Wicklegren, 1965, 1966)。本論文將以台灣閩南語為研究對象，探討音位相似性導致的構音和感知錯誤是否具有一致的現象。



1.2 台灣閩南語韻尾音位轉換介紹

台灣閩南語口誤中的韻尾轉換現象如(1)-(3)所示，Hsu & Lin (2006)提出韻尾轉換的條件是發音部位(place of articulation)相同，例如：(1d) 中的[w]和[m]都具有[唇音]的徵性(feature)。Hsu & Lin (2006)因此將台灣閩南語韻尾依發音部位分為三類：唇音韻尾、舌尖音韻尾、舌根音韻尾，在語料庫中，舌尖音韻尾互換的情形多於舌根音，唇音韻尾互換的現象則是三者之中最少出現的，Hsu & Lin (2006)由此推論台灣閩南語的唇音具有最高的感知顯著性(perceptual saliency)，其次為舌根音，舌尖音最不顯著。

(1) 唇音韻尾互換

預期話語

錯誤話語

a. <u>tsjam-31</u> <u>tsjam-33</u>	<u>tsjam-31</u> <u>tsjap-3</u>	漸漸地
b. <u>tsap-3</u> <u>gɔ-33</u> <u>n̥ɿ-13</u>	<u>tsam-3</u> <u>gɔ-33</u> <u>ŋɿ-13</u>	十五年
c. <u>tion-33</u> <u>sim-33</u> <u>tjam-53</u>	<u>tion-33</u> <u>sim-33</u> <u>tjaw-53</u>	中心點
d. <u>kwa-53</u> <u>kaw-55</u>	<u>kwa-53</u> <u>kam-55</u>	掛鉤

(2) 舌尖音韻尾互換

預期話語

錯誤話語

a. <u>k^hun-53</u> <u>bin-13</u>	<u>k^hut-5</u> <u>bin-13</u>	睡眠
b. <u>kaŋ-33</u> <u>k^hwan-53</u>	<u>kaŋ-33</u> <u>k^hwaj-53</u>	同款
c. <u>laŋ-33</u> <u>bue-55</u> <u>laj-33</u>	<u>laŋ-33</u> <u>bue-55</u> <u>lan-33</u>	人要來
d. <u>hjat-3</u>	<u>haj-33</u>	穴
e. <u>taj-33</u> <u>pak-5</u>	<u>tat-3</u> <u>pak-5</u>	台北



(3) 舌根音韻尾互換

預期話語

錯誤話語

a. <u>si-53</u> <u>tsap-3</u> <u>lak-3</u> <u>hwat-3</u>	<u>si-53</u> <u>tsap-3</u> <u>laŋ-31</u> <u>hwat-3</u>	四十六發
b. <u>sã-33</u> <u>tsap-3</u> <u>e-33</u> <u>laŋ-13</u>	<u>sã-33</u> <u>tsap-3</u> <u>lak-3</u> <u>e-33</u>	三十人
c. <u>len-33</u> <u>siok-3</u> <u>gɔ-31</u> <u>kaŋ-55</u>	<u>len-33</u> <u>siok-3</u> <u>gɔ-31</u> <u>kaw-55</u>	連續五天
d. <u>ts^hiŋ-33</u> <u>a-53</u>	<u>ts^hiŋ-33</u> <u>a-53</u>	樹仔
e. <u>ts^hiŋ-53</u> <u>kik-5</u> <u>an-31</u>	<u>ts^hiŋ-53</u> <u>kik-5</u> <u>an-31</u>	槍擊案
f. <u>k^ha-33</u> <u>bak-5</u>	<u>k^ha-33</u> <u>paw-55</u>	腳目

在 Hsu & Lin (2006) 的語料庫中，鼻音韻尾與元音韻尾互換的情形共有二十九筆，鼻音韻尾和塞音韻尾互換的情形共有十二筆，元音韻尾和塞音韻尾互換的

情形則為七筆，Hsu & Lin (2006)認為愈相似的音位愈容易互換，進一步說鼻音韻尾與元音韻尾都是舒聲韻尾也兼具[響音]徵性；鼻音韻尾與塞音韻尾只具[輔音]徵性，舒促不同；元音韻尾和塞音韻尾在韻尾互換的情形發生時，除發音部位相同外，沒有其他共同的徵性。因此，鼻音韻尾與元音韻尾的相似性最高，鼻音韻尾與塞音韻尾的相似性次之，元音韻尾與塞音韻尾的相似性最低。

1.3 研究目的

從聽覺現象解釋音韻理論的治學方法近年來十分普遍，Flemming (1995), Gordon (1999), Kirchner (1997) 等人即曾研究聽覺在維持對比(contrast)中所扮演的角色；Jun (1995), Kirchner (2000), Silverman (1997)等人的研究亦顯示聽覺(perception)和發音 (articulation)上的互動將會引發疊音 (gemination)、同化 (assimilation)等音韻現象。本論文將從感知的角度研究台灣閩南語¹的語言現象，希企釐清的研究問題是：發音部位相似性引發口誤現象，是否也導致感知上的聽覺混淆？Hsu & Lin (2006)從口誤得到三類韻尾中鼻音韻尾與元音韻尾相似性最高的推論可否從聽覺實驗找到證據？口誤語料所顯示的韻尾感知顯著性(perceptual saliency)是否也適用於聽感上的顯著性？

1.4 台灣閩南語音韻系統

1.4.1 元音與輔音

台灣閩南語音系中共有十個元音，包含六個口腔元音及四個鼻化元音，如(4)所示：

¹ 本文研究之台灣閩南語為台灣閩南語優勢音。

(4) a. 口腔元音 b. 鼻化元音

i	u	ĩ
e	o	ẽ
	ɔ	õ
a		ã

如表一所示，台灣閩南語連同零聲母共有十五個聲母音位，其中濁塞音聲母[b、l、g]與[m、n、ŋ]呈現互補分佈，[b、l、g]出現於口腔元音之前，[m、n、ŋ]則出現於鼻化元音之前。舌尖音[ts、ts^h、s]和舌葉音[tɕ、tɕ^h、ç]亦呈現互補分佈，舌尖音於前高元音前顎化成舌葉音。在所有的輔音音位中僅[p、t、k、m、n、ŋ]及喉塞音[ʔ]可當韻尾，鼻音韻尾[m、n、ŋ]出現於陽聲韻；塞音韻尾[p、t、k、ʔ]則出現於入聲韻。

表一 台灣閩南語輔音

	唇音	舌尖音	舌葉音	舌根音	喉音
塞音	b, p, p ^h	l, t, t ^h		g, k, k ^h	ʔ
塞擦音		ts, ts ^h , dz	(tɕ, tɕ ^h)		
擦音		s	(ç)		h
鼻音	(m)	(n)		(ŋ)	

1.4.2 聲調

中古漢語包含平、上、去、入四個調類，並以聲母清濁區分陰陽，現代台灣閩南語保留了陽上以外的七個聲調：陰平、陽平、陰上、陰去、陽去、陰入、陽入，以趙元任先生的五度標記法記音，各聲調的調值依序為：[55、13、53、21、33、3/53、5/21]，陰入調及陽入調的調值分別以[3]和[5]標記，實際調值則為[53]、[21]。台灣閩南語單字調受句法結構影響而產生連讀變調，單字調出現於末尾位置，連讀調則出現於其他位置，五個舒聲連讀調形成一變調循環：13→ 33→ 21→ 53→ 55→ 33，另外入聲變調情形是：帶-p, -t, -k 者，陰陽入互換，帶-ʔ者連讀時，陰入變為陰上，陽入變為陰去。

表二 台灣閩南語聲調系統

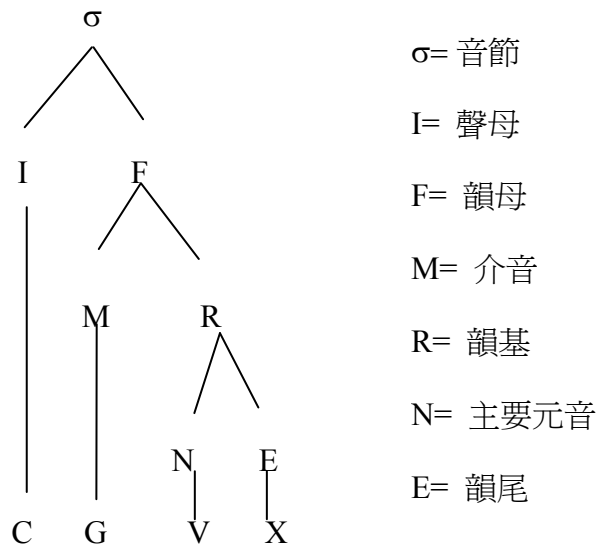
	平		上		去		入	
	陰	陽	陰	陽	陰	陽	陰	陽
單字調	55	13	53	--	21	33	3/53	5/21
連讀調	33	33	55	--	53	21	5/21	3/53

1.4.3 台灣閩南語音節結構

台灣閩南語的音節結構²包含了四個部分：聲母(initial)、介音(medial)、韻腹(nucleus)和韻尾(coda)。主要元音的部份可為元音或成音節鼻音，韻尾的部份則可為鼻音[m、n、ŋ]，塞音[p、t、k、ʔ]或滑音[w、j]，台灣閩南語的音節結構如(5)所示：

² 本論文之台灣閩南語音節結構引自 Chung (1996)。

(5)



1.5 論文架構

本論文其餘部分分爲四章：第二章「文獻回顧」介紹韻尾相似性和塞音感知的音韻理論及實驗研究；第三章「實驗一」利用噪音實驗探討台灣閩南語韻尾相似性及塞音感知顯著性；第四章「實驗二」利用行爲實驗與腦事件相關電位實驗探討台灣閩南語韻尾相似性；第五章「結論與展望」，將實驗結果做綜合分析並提出進一步討論。

第二章 文獻回顧

本研究利用感知行為實驗與認知神經科學實驗探討台灣閩南語韻尾相似度及感知顯著性，期盼就感知實驗檢驗語誤研究的結果。本章首先回顧台灣閩南語韻尾相似度的文獻探討，焦點放在鼻音韻尾與元音韻尾及鼻音韻尾與塞音韻尾的相似度研究；第二小節介紹塞音感知顯著性相關文獻，著重於韻尾發音部位的理論與感知研究；第三小節回顧前人的噪音實驗研究；第四小節回顧前人對於失匹配負波(Mismatch Negativity)的實驗研究。

2.1 韻尾音位相似性的相關研究

本節回顧文獻上對於韻尾音位的相似性研究，首先回顧 Roberts & Li (1963) 和鍾榮富(1996)在音韻理論上的探討，接著回顧 Hsu & Lin (2006)藉由觀察台灣閩南語韻尾轉換現象所提之韻尾相似性研究，末尾介紹 Frisch (1996)所提之音位相似性計算公式，並運用 Frisch (1996)所提之公式計算出台灣閩南語韻尾的相似性。

2.1.1 Roberts & Li (1963)

Roberts & Li (1963)提出台灣閩南語韻尾[p、t、k]為韻尾[m、n、ŋ]的同位音，然而他們的論點遭到質疑的地方為[p、t、k]在聲母的位置表現明顯與[m、n、ŋ]不同，二者為獨立的音位，為何在韻尾位置卻具有同位音的關係？Roberts & Li (1963)認為位於聲母位置的輔音不必等同於韻尾位置的同類輔音，此外，[p-、t-、k-]與[-p、-t、-k]在語音表現上也不相同，前者有較強的除阻(release)，後者則未除阻，因此，[p、t、k]在聲母的位置為音位，在韻尾的位置則與[m、n、ŋ]互為同位音。

2.1.2 鍾榮富(1996)

鍾榮富(1996)認為不論在聲母或在韻尾，鼻音都和濁塞音互補分配。他提出入聲音節的韻尾本來就是個濁塞音，由於入聲徵性而有了緊喉現象，使得濁塞音聽起來像個清輔音。因此，韻尾的濁塞音與鼻音為同位音，韻尾的鼻音或塞音之出現取決於聲調，入聲音節的濁塞音因緊喉作用聽起來像清音，舒聲音節的韻尾就是鼻音。

從 Roberts & Li (1963)和鍾榮富(1996)的論點來看，鼻音韻尾和塞音韻尾為同位音，二者的相似性較鼻音韻尾和元音韻尾之間的相似性高。然而 Roberts & Li (1963)和鍾榮富(1996)論證僅限於音韻理論，若訴諸語言事實，鼻音韻尾與塞音韻尾是否具有較高的相似性尚待釐清。



2.1.3 Hsu & Lin (2006)

Hsu & Lin (2006)觀察台灣閩南語的韻尾互換現象，提出「愈相似的韻尾音段愈容易互換」的看法。根據 Hsu & Lin (2006)的統計(見表三)，在鼻音韻尾和元音韻尾互換的比率最高，其次為鼻音韻尾和塞音韻尾互換，元音韻尾和塞音韻尾互換最少出現。Hsu & Lin (2006)認為鼻音韻尾和元音韻尾共同具有[響音]、[連續]和舒聲音節徵性；鼻音韻尾和塞音韻尾共享[輔音]、[不連續]徵性；元音韻尾和塞音韻尾不具共同徵性，相似性最低。

表 三 台灣閩南語韻尾互換統計數據

Exchange type Place of Articulation	Glide-Nasal	Nasal-Stop	Stop-Glide	Subtotal
Labial	w → m 3 m → w 2	m → p 3 p → m 1	w → p 0 p → w 1	10
Coronal	j → n 7 n → j 6	n → t 4 t → n 0	j → t 2 t → j 2	21
Dorsal	w → ŋ 3 ŋ → w 8	ŋ → k 1 k → ŋ 3	w → k 1 k → w 1	17
Subtotal	29	12	7	Total 42

Hsu & Lin (2006)進一步引用 Ohala (1979, 1993)之論點做為其理論之語音理據。從發音的角度來看，鼻音氣流通過口腔和鼻腔，並在鼻腔形成共振，在口腔形成反共振(anti-resonances)。不同發音部位的鼻音具有不同的反共振型態，如圖一所示(圖中圓點為共振，空心圓點為反共振)，當[w]鼻化時，口腔中的反共振型態與[ŋ]相同，因此鼻化滑音與鼻音具有發音上的相似性。Hsu & Lin (2006)因此主張構音相似度是造成鼻音韻尾與元音韻尾互換發生頻率最高的可能原因之一。

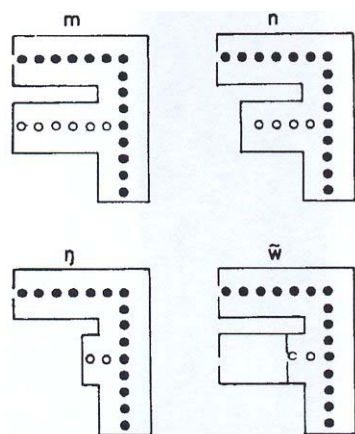


圖 1

2.1.4 Frisch (1996)

Frisch (1996)認為音位相似度不應取決於音位間的共同徵性數量的計算，而由自然音類(natural class)決定。Frisch (1996)所提之計算相似性的公式如(6)所示：

$$(6) \text{ Similarity} = \frac{\text{shared natural classes}}{\text{shared natural classes} + \text{non-shared natural classes}}$$

利用公式(6)計算英語輔音的相似性，所得結果見表四。無論發音部位為唇音、舌尖音或舌根音，鼻音與滑音的相似性都高於鼻音與塞音的相似性。

表 四 英語輔音相似性數值

	w	y	m	n	ŋ	p	t	k
w	1							
y	0.25	1						
m	0.44	0.13	1					
n	0.12	0.27	0.26	1				
ŋ	0.18	0.18	0.37	0.33	1			
p	0.14	0.04	0.19	0.06	0.09	1		
t	0.03	0.07	0.06	0.19	0.07	0.3	1	
k	0.05	0.05	0.08	0.07	0.17	0.44	0.35	1

由於 Frisch(1996)的自然音類模式(natural class model)會隨著個別語言對於語音徵性的定義不同而異，為了解台灣閩南語韻尾輔音的相似性，我們將台灣閩南語韻尾輔音的徵性定義如表五，並利用自然類模式計算出輔音間的相似性(表六)。從表六所列的結果可看出台灣閩南語韻尾輔音的相似性一如英語，鼻音與

滑音的相似性高於鼻音與塞音。

表 五 台灣閩南語輔音徵性矩陣

	p'	p	b	t'	t	l	ts'	ts	s	dz	k'	k	g	m	n	ŋ	h	ʔ	w	j
Cons	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Son	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Cont	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+
Stri							+	+	+	+										
Nas	-	-	-	-	-						-	-	-	+	+	+				
Lat						+														
Lab	+	+	+											+					+	
Cor				+	+	+	+	+	+	+					+					+
Dor											+	+	+			+			+	
Phar																	+	+		
Aspirate	+	-	-	+	-		+	-			+	-	-							
Vce	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+
Spplot																	+			
Conglot																		+		

表 六 台灣閩南語韻尾音位相似性數值

	w	y	m	n	ŋ	p	t	k
w	1							
y	0.57	1						
m	0.33	0.22	1					
n	0.2	0.38	0.71	1				
ŋ	0.33	0.22	0.71	0.71	1			
p	0.08	0	0.3	0.18	0.18	1		
t	0	0.09	0.18	0.3	0.18	0.75	1	
k	0.08	0	0.18	0.18	0.3	0.75	0.75	1

2.2 塞音的感知顯著性

本節回顧文獻上對於塞音感知顯著性的研究，第一部分回顧 Jun (1995)藉由觀察發音部位同化現象所提出的塞音感知顯著性之理論研究，接著回顧 Hume et al. (1999)、Winters (2001)、Wright (2001)及 Kochetov & So (2007)藉由實驗觀察所得之塞音感知顯著性的實驗研究。

2.2.1 Jun (1995)

Jun (1995)觀察二十五個語言的同化現象並提出在同化的過程中，若舌根塞音為發音部位同化的目標，則唇塞音亦為發音部位同化的目標；若唇塞音為發音部位同化的目標，則舌尖塞音亦為發音部位同化的目標。他認為聽覺特徵 (perceptual cues) 可影響發音部位的同化現象，聽覺特徵愈弱，愈容易成為同化的目標。

從聲學的角度來看，舌根音和唇音具有較強的聽覺提示特徵—舌面和唇的動作較為緩慢，因此舌根音和唇音具有較長的過渡(transition)，聽覺提示特徵較強。相反地，舌尖的動作較迅速，因此，舌尖音的過渡較短，聽覺特徵較弱，是故，非舌尖音較舌尖音具有較強的聽覺特徵(Byrd 1994, citing Öhman 1967, Kuehn & Moll 1976, and Winitz et al. 1972)。此外，由於舌根音具有明顯的 velar pinch，因此舌根音較唇音具有較強的聽覺特徵。

Jun (1995)以聽覺特徵為詮釋基礎，提出舌根音的聽感最顯著，唇音次之，舌尖音的聽感最不顯著。因此，在韓語的發音部位同化現象中，舌尖音可同化成為唇音或舌根音，唇音僅能同化成為舌根音，舌根音不受同化影響。

2.2.2 Hume et al. (1999)

Hume et al. (1999) 設計一個聽覺實驗，探討不同語言使用者的塞音感知情形。實驗對象為二十一名韓語的母語使用者及二十名英語的母語使用者，實驗材料為聲母[p^h]、[t^h]、[k^h]結合元音[a]、[i]、[u]，並且操弄[p^h]、[t^h]、[k^h]的突發(burst)和過渡(transition)，藉以了解提示特徵(cue)對感知顯著性的影響。實驗的刺激項以電腦呈現，每個刺激項的呈現時間為二秒鐘，受試者被告知須仔細聆聽，並且在電腦螢幕的三個選項(pa, ta, ka; pi, ti, ki; pu, tu, ku)中選出他所聽到的語音。Hume et al. (1999)的實驗結果與 Jun (1995)的論點大致相同，即舌根音、唇音的顯著性較舌尖音為高，然而，Hume et al. (1999)亦發現塞音的感知顯著性取決於後面的元音，當元音為[a]和[u]時，舌根音具有最高的顯著性，然而當元音為[i]時，舌根音的顯著性則低於唇音和舌尖音。



2.2.3 Winters (2001)


為了解發音方式(鼻音/口腔音)、發音部位(唇音/舌尖音/舌根音)及重音位置(第一音節/第二音節)對感知顯著性的影響，Winters (2001)設計了一個聽覺實驗，以 VC₁C₂V 為實驗的刺激項，其中 V 為元音[a]，C₁ 為濁塞音或鼻音，C₂ 則為濁塞音，並在刺激項的第一音節或第二音節加上重音，因此實驗共有 3 (C₁ 部位) x 3 (C₂ 部位) x 2 (鼻塞音/濁塞音) x 2 (重音/非重音)= 36 種受試類型。

實驗的受試項由電腦以隨機方式呈現，每個受試項重複播放二次，受試者在聽到受試項之後，必須從電腦螢幕呈現的 9 個 VC₁C₂V 選項中選出他所聽到的語音，實驗結果顯示：在韻尾發音部位方面，唇音的感知顯著性最高，其次為舌尖音，舌根音的顯著性最低。在發音方式方面，鼻腔塞音的顯著性較口腔塞音高。此外母音前的塞音的聽感較母音後的塞音顯著。

2.2.4 Wright (2001)

Wright (2001)以無意義的音節 ba、da、ga、ab、ad、ag 為實驗的材料，並在其上覆以不同程度的白噪音(無噪音、信噪比= +2dB、信噪比= -2dB)做為實驗的刺激項，受試者被告知在聽到刺激項之後，必須選出所聽到之輔音為 b、d 或 g，如果無法確定則可以用猜的，實驗無作答時間限制。實驗結果顯示：1. 位於聲母位置的塞音較位於韻尾位置的塞音容易感知；2. 未覆蓋噪音的塞音較覆蓋噪音的塞音容易感知；3. 不論音節位置或噪音程度，唇音皆最容易為受試者所感知，舌尖音和舌根音則無顯著的差別。

2.2.5 Kochetov & So (2007)



針對 Jun (1995)、Hayes & Steriade (2004)等人所提之發音部位同化及塞音感知的理論，Kochetov & So (2007)進行一個跨語言的感知研究，研究中包含二個感知實驗，第一個實驗以俄羅斯語的[taC₁#C₂ap]組合為刺激項，其中 C₁ 包含除阻和未除阻的清塞音，且塞音 C₁ (音節尾/p t k)之後為不同發音部位的塞音 C₂(音節首/p t k)；第二個實驗的刺激項則以第一個實驗的刺激項為基礎，將[taC₁#C₂ap]的第二音節移除，使之成為第二個實驗的刺激項。Kochetov & So (2007)的研究共有五十六名受試者參與(包含俄羅斯語、加拿大英語、韓語及台灣地區華語的母語使用者)，受試者的任務為辨識聽到的刺激項之 C₁。

實驗結果顯示除阻的韻尾塞音較未除阻的韻尾塞音顯著。在發音部位的感知方面，當 C₁ 為除阻的塞音時，實驗結果符合 Jun (1995)的理論，即舌根音的顯著性大於唇音，舌尖音的顯著性最低，且實驗結果具有跨語言的一致性，然而，當 C₁ 為未除阻的塞音時，實驗結果卻與 Jun (1995)的理論不盡相同：實驗一的結果顯示唇音的顯著性最高，其次為舌尖音，舌根音的顯著性最低；實驗二的結果則為唇音、舌尖音較舌根音顯著。

前人對於塞音的感知顯著性並未達成共識，在音韻理論研究方面，Jun (1995) 提出舌根音的顯著性最高，其次為唇音，舌尖音的顯著性最低，此論點來自於對自然語料中的同化現象之觀察；在實驗研究方面，Hume et al. (1999)對聲母位置的清塞音進行感知研究，實驗所得結果為舌根音和唇音的顯著性高於舌尖音，與 Jun (1995)的論點大致相符；Winters (2001)和 Wright (2001)針對濁塞音的感知進行研究，語料設計包含聲母和韻尾位置的濁塞音，研究結果顯示唇音和舌尖音的顯著性高於舌根音；Kochetov & So (2007)的感知研究以韻尾清塞音為研究對象，研究結果顯示唇音的顯著性最高，舌尖音次之，舌根音的顯著性最低。上述研究探討的塞音對象不盡相同，研究的進行方式亦不相同，我們推測研究對象和進行方式的不同是導致前人的研究結果不一致的原因之一。

在研究的語料方面，前人的研究以英語、韓語或俄羅斯語為研究對象，尚未發現以台灣閩南語為研究對象者，為了解發音部位的顯著性是否具有跨語言的一致性情形，本研究將以台灣閩南語的韻尾塞音為研究對象，藉由行為實驗探討台灣閩南語塞音的感知情形。



2.3 噪音實驗

過去曾有許多語言學家利用噪音實驗研究輔音的混淆性(consonant confusability)，其中以 Miller & Nicely (1955)的實驗最為經典。Miller & Nicely (1955)以英語的元音[a]結合 16 個聲母[p、t、k、f、θ、s、ʃ、b、d、g、v、ð、z、ʒ、m、n]為實驗材料，並覆以-18 dB 到+12 dB 等不同程度的噪音及操弄不同的濾波程度(high and low pass filtering)，讓受試者選出他們所聽到的聲音刺激。Miller & Nicely (1955)將實驗結果做成輔音混淆矩陣(consonant confusion matrix)，並以帶音(voicing)、鼻音(nasality)、時長(duration)、塞擦化(affrication)和發音部位(place of articulation)等徵性分析實驗數據，結果顯示帶音和鼻音不易受噪音和濾波的影響，相反地，發音部位則最容易受影響。

由於混淆矩陣是根據受試者在實驗中的反應建立的，受試者無需了解語音的物理性質即可進行實驗，因此 Shepard (1972)認為混淆矩陣可以反映刺激項在受試者的心理真實性。Shepard (1972) 進一步提出計算音位相似性的算式，並將此算式應用在 Miller & Nicely (1955)的實驗數據，所得結果一如 Miller & Nicely (1955)所言：帶音、鼻音和塞擦化是區辨輔音音位最重要的依據。

本研究利用噪音實驗進行台灣閩南語韻尾音位的感知研究，並利用 Shepard (1972)所提之相似性算式計算韻尾音位間的相似度，實驗假設發音部位相同之韻尾音位相似度將高於發音部位不同之韻尾音位。

2.4 失匹配負波

西元 1929 年，Hans Berger 成功地在人類完整的頭蓋骨上紀錄到電波活動，這是首次發表人類的腦電波(Electroencephalography, EEG)紀錄，從此開啓了人類腦電波的研究。由於 EEG 訊號中包含了腦部的自發性活動和外在事件引起的心智活動等複雜的成分，實驗者無法單純藉由 EEG 訊號了解外在事件與大腦運作的相關性，因此必須採用事件相關電位(Event-related potential, ERP)的實驗方式，將外在事件引發的腦部電位抽離出來。

失匹配負波(Mismatch negativity, MMN)是 ERP 的一種成分，由 Näätänen (1978)和其同事所發現，為受試者在非注意狀態下所產生的負波，其波峰(peak)約出現於刺激開始後的 100~250 毫秒。MMN 的標準實驗模式為讓受試者觀看一部無聲電影或小說，同時播放一連串標準刺激(standard stimuli)，偶爾在標準刺激中穿插偏差刺激(deviant stimuli)，但偏差刺激不相鄰出現，實驗假設受試者在非注意狀態下，其大腦仍能對刺激加以辨別，當標準刺激與偏差刺激的差異愈大時，所誘發的 MMN 波幅(amplitude)將愈大。

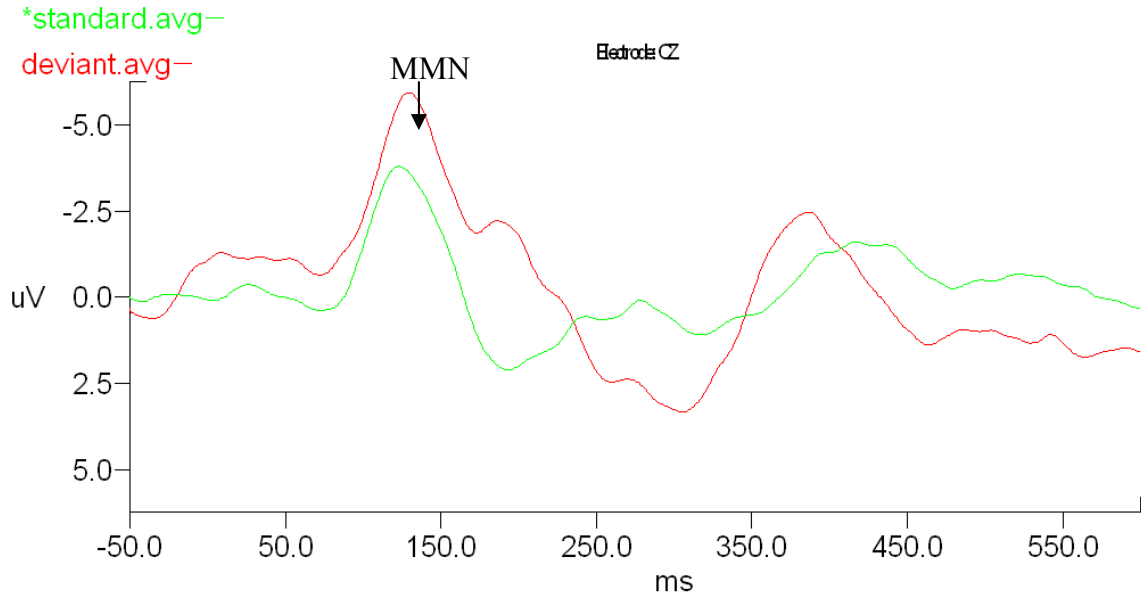


圖 2 失匹配負波圖

聲音的強度、頻率、聲音刺激持續時間或語音組合上的變化皆能引起 MMN。Näätänen et al. (1978) 以 1000 Hz 的單音為標準刺激，1004 Hz、1008 Hz、1016 Hz 及 1032 Hz 的單音為偏差刺激進行 MMN 實驗，結果顯示偏差刺激與標準刺激的頻率差異愈大，所誘發的 MMN 波幅也愈大。

Näätänen et al. (1997) 以元音/e/為標準刺激，元音/ö/、/o/和/õ/為偏差刺激³，測試以芬蘭語和愛沙尼亞語為母語的使用者，其中/õ/為愛沙尼亞語的元音，芬蘭語中並無此一元音，實驗結果顯示芬蘭語使用者在芬蘭語元音/ö/、/o/出現的 MMN 波幅皆較愛沙尼亞語元音/õ/大，愛沙尼亞語使用者在/ö/、/o/和/õ/方面所誘發的 MMN 波幅則無多大差別。Näätänen et al. (1997)的實驗證實大腦能自動辨別母語裡的音位系統—偏差刺激為母語裡的元音所誘發的 MMN 波幅較大；相反的，偏差刺激為非母語裡的元音所誘發的 MMN 波幅則較小。

Bonte et al. (2005) 對語音組合(phonotactic)的可能性進行一連串的 MMN 實驗，每個實驗包含一個高語音組合可能性(high phonotactic probability, HPP)刺激

³標準刺激與偏差刺激的差別僅在 F2 的不同；/õ/的 F2 介於/ö/和/o/之間。

項和一個低語音組合可能性(low phonotactic probability, LPP)刺激項，所有的刺激項皆為無意義的字，其中實驗一的刺激項為 notsel (HPP)和 notkel (LPP)，實驗二的刺激項為 notsel (HPP)和 notfel (LPP)，實驗三的刺激為 so 和 fo(二者在語音組合的可能性上並無多大差別)，實驗一和二的結果均為 HPP 所引起的 MMN 波幅較 LPP 大，實驗三的結果為二刺激項所誘發的 MMN 波幅無顯著差異。由上述的實驗結果可知愈接近真字的高語音組合刺激所誘發的 MMN 波幅愈大，足見語音組合對於神經語言的處理具有一定的影響力。

由於 ERP 是刺激事件所引起的腦電波，在刺激事件發生的當下即可記錄受試者的認知反應，相較於受試者在進行感知行為實驗時需經過感知、理解、選擇動機、生成行為等經歷，ERP 的實驗結果顯然更為精準，因此本論文將以感知行為實驗為研究工具，輔以 ERP 實驗，希望能在沒有感知運作歷程干擾的情況下，得到更精確的研究結果。



第三章 實驗一

3.1 實驗目的

本實驗之目的在藉由噪音實驗測試台灣閩南語韻尾之聽感相似度及顯著性，實驗假設為愈相似的韻尾音位愈容易被受試者搞混，愈顯著的韻尾音位愈不容易被聽錯。

本實驗共包含二個部份：非噪音實驗與噪音實驗，受試者須於指定時間內判斷所聽到音節的韻尾音位，受試者的錯誤選擇將可反映台灣閩南語韻尾間的相似度及感知上的顯著性。

3.2 實驗方法



3.2.1 受試者

本實驗共有二十位受試者，分別為男性八位與女性十二位，包含交通大學及新竹教育大學的學生，平均年齡 26.2 歲 (標準差= 1.79)，閩南語程度良好(能流利使用閩南語與人溝通)，聽力正常，沒有任何生理方面的疾病史，實驗前均通過閩南語韻尾測驗。

3.2.2 語料設計

本實驗以台灣閩南語八個韻尾[w]、[j]、[m]、[n]、[ŋ]、[p]、[t]、[k]結合聲母[p^h]及元音[a]做為實驗的刺激項⁴，其中[p^haw]、[p^haj]、[p^ham]、[p^han]、[p^haŋ]

⁴ 文獻中所使用的刺激項皆為假字，然而在台灣閩南語中找不到八個韻尾皆為假字的組合，因此

的調值皆為中平調 33，[p^hap]、[p^hat]、[p^hak]的調值則為 3，由一位閩南語流利的女性發音人 ECS 筆記型電腦上錄製，錄音工具為 Byerdynamic MCE 10 單指向麥克風，錄音軟體為 praat 4.4.31⁵，取樣頻率為 22050Hz。發音人將每個語音各說五次之後，由實驗者選取其中最自然的語音做為實驗的刺激項，並將音長調整為 400 毫秒，接著將每個語音複製十次，成為第一階段非噪音實驗的八十個語音檔。

在第二階段噪音實驗方面，刺激項為第一階段實驗的刺激項覆以噪音(white noise)，噪音係由 Audacity⁶軟體所產生，其音頻為 22050 Hz，信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)為+2 dB。

3.2.3 實驗流程

本實驗共包含三個部分：練習階段、非噪音實驗與噪音實驗，所有的實驗皆以 DMDX⁷軟體進行。實驗是在一間安靜的房間進行，受試者頭戴耳機(AKG HSD 200)，注視電腦螢幕，實驗刺激項出現之前，電腦螢幕會出現 1 秒的“Ready”提示受試者，接著電腦以隨機方式播放刺激項，在此同時電腦螢幕出現“1. w、2. y、3. m、4. n、5. ng、6. p、7. t、8. k”選項，螢幕選項出現時間為 3 秒，接著出現下一個“Ready”字幕。受試者被告知在聽到刺激項之後須儘快按鍵回答，其按鍵反應與反應時間將由 DMDX 軟體自動記錄。

3.3 結果與討論

受試者的答題反應如表七、表八所列，實驗結果顯示不論在非噪音實驗或噪

選擇聲母和韻母的組合中具有較多假字及較不為人熟悉的真字組合。

⁵ <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>

⁶ <http://www.audacity.sourceforge.net/>

⁷ <http://www.u.arizona.edu/~kforster/dmdx.htm/>

音實驗階段，受試者在元音韻尾的答對率(hit rate)皆較鼻音韻尾及塞音韻尾為高，達 90%以上；在鼻音韻尾與塞音韻尾方面，受試者在非噪音實驗的表現皆較噪音實驗的表現好。

表 七 非噪音實驗混淆矩陣

刺激項	反應									
	w	j	m	n	ŋ	p	t	k	未答	總和
w	190 95%	1 0.5%	0 0%	0 0%	4 2%	1 0.5%	0 0%	1 0.5%	3 1.5%	200 100%
j	1 0.5%	191 95.5%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	4 2%	0 0%	4 2%	200 100%
m	0 0%	0 0%	126 63%	15 7.5%	48 24%	7 3.5%	1 0.5%	0 0%	3 1.5%	200 100%
n	0 0%	0 0%	17 8.5%	149 74.5%	20 10%	0 0%	5 2.5%	1 0.5%	8 4%	200 100%
ŋ	0 0%	0 0%	13 6.5%	29 14.5%	155 77.5%	0 0%	0 0%	1 0.5%	2 1%	200 100%
p	1 0.5%	0 0%	6 3%	0 0%	0 0%	151 75.5%	14 7%	14 7%	14 7%	200 100%
t	0 0%	5 2.5%	1 0.5%	5 2.5%	1 0.5%	15 7.5%	145 72.5%	15 7.5%	13 6.5%	200 100%
k	1 0.5%	1 0.5%	3 1.5%	5 2.5%	8 4%	33 16.5%	43 21.5%	90 45%	16 8%	200 100%

表 八 噪音實驗混淆矩陣

刺激項	反應									
	w	j	m	n	ŋ	p	t	k	未答	總和
w	195 97.5%	1 0.5%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	1 0.5%	1 0.5%	2 1%	200 100%
j	1 0.5%	197 98.5%	1 0.5%	0 0%	0 0%	0 0%	1 0.5%	0 0%	0 0%	200 100%
m	42 21%	1 0.5%	72 36%	25 12.5%	52 26%	4 2%	0 0%	0 0%	4 2%	200 100%
n	1 0.5%	10 5%	39 19.5%	129 64.5%	14 7%	0 0%	4 2%	0 0%	3 1.5%	200 100%
ŋ	0 0%	0 0%	32 16%	21 10.5%	143 71.5%	1 0.5%	1 0.5%	2 1%	0 0%	200 100%
p	0 0%	0 0%	3 1.5%	1 0.5%	0 0%	135 67.5%	31 15.5%	24 12%	6 3%	200 100%
t	0 0%	21 10.5%	2 1%	3 1.5%	1 0.5%	23 11.5%	125 62.5%	21 10.5%	4 2%	200 100%
k	0 0%	1 0.5%	2 1%	1 0.5%	2 1%	77 38.5%	54 27%	57 28%	7 3.5%	200 100%

3.3.1 台灣閩南語韻尾音位的相似性

Shepard (1972) 提出一個計算語音間相似度的公式，如(7)所示：

$$(7) S_{ij} = \frac{P_{ij} + P_{ji}}{P_{ii} + P_{jj}}$$

S_{ij} 為 i 與 j 的相似度， P_{ij} 為受試者將 i 刺激項選為 j 的比率，以此類推， P_{ji} 代表受試者將 j 刺激項選為 i 的比率； P_{ii} 代表受試者對於刺激項 i 的正確反應而 P_{jj} 則代表受試者對於刺激項 j 的正確反應。當 $S_{ij}=1$ 時， i 刺激項相等於 j 刺激項，因此， S_{ij} 的數值愈接近 1， i 刺激項相與 j 刺激項的相似度愈高。

利用 Shepard (1972)所提之公式，我們計算出台灣閩南語韻尾音位的相似度，如表九、表十所列：

表九 台灣閩南語韻尾音位相似度 (非噪音實驗)

	w	j	m	n	ŋ	p	t	k
w	1							
j	0.005	1						
m	0.000	0.000	1					
n	0.000	0.000	0.116	1				
ŋ	0.012	0.000	0.217	0.161	1			
p	0.006	0.000	0.047	0.000	0.000	1		
t	0.000	0.027	0.007	0.034	0.003	0.098	1	
k	0.007	0.004	0.014	0.025	0.037	0.195	0.247	1

表十 台灣閩南語韻尾音位相似度 (噪音實驗)

	w	j	m	n	ŋ	p	t	k
w	1							
j	0.005	1						
m	0.157	0.007	1					
n	0.003	0.031	0.318	1				
ŋ	0.000	0.000	0.391	0.129	1			
p	0.000	0.000	0.034	0.004	0.004	1		
t	0.003	0.068	0.010	0.028	0.007	0.208	1	
k	0.004	0.004	0.016	0.005	0.020	0.529	0.414	1

由表九、表十可看出相同發音部位的二個韻尾音位其相似度的數值較不同發音部位的韻尾音位高。以非噪音實驗為例，在鼻音韻尾和元音韻尾的相似度方面，[-ŋ]和[-w]較為相似，[-m]與[-w]和[-j]的相似度為 0，[-n]與[-w]和[-j]的相似度亦為 0；在鼻音韻尾和塞音韻尾的相似度方面，[-m]和[-p]較為相似，[-n]和[-t]較為相似，[-ŋ]和[-k]較為相似；在塞音韻尾和元音韻尾的相似度方面，[-p]和[-w]較為相似，[-t]和[-j]較為相似，[-k]和[-w]較為相似。在噪音實驗方面，結果和非噪音實驗相似。

至於台灣閩南語之鼻音韻尾在聽感方面和元音韻尾或和塞音韻尾較為相似？由非噪音實驗的韻尾相似度數值表(表九)可見，鼻音韻尾和塞音韻尾的相似度數值較鼻音韻尾和元音韻尾的相似度數值為高，顯示在一般的聽覺環境下，受試者認為台灣閩南語的鼻音韻尾和塞音韻尾較為相似。然而，噪音實驗的實驗結果明顯不同於非噪音實驗，在噪音實驗的韻尾相似度數值表(表十)中，鼻音韻尾[m]和[n]與元音韻尾的相似度數值皆較塞音韻尾為高，[-ŋ]和塞音韻尾[k]的相似度則高於[-ŋ]和元音韻尾[w]的相似度。

從本章所進行的感知行為實驗中可發現發音部位相同的二個韻尾音位比起發音部位不同的韻尾音位較易被受試者混淆，而 Hsu & Lin (2006)的語誤資料亦顯示具有相同發音部位的二個韻尾音位發生韻尾互換的比率較高。基於愈相似的二個音位愈容易被混淆的假設，Hsu & Lin (2006)及本實驗結果皆可證實發音部位相同的韻尾音位確實比發音部位不同的韻尾音位有較高的相似度。

在鼻音韻尾和元音韻尾及塞音韻尾的相似度方面，實驗結果顯示在一般的聽覺環境下，受試者認為鼻音韻尾與塞音韻尾較為相似，此發現近似於 Roberts & Li (1963)和鍾榮富(1996)所認為的鼻音韻尾和塞音韻尾為同位音的觀點；然而，從 Hsu & Lin (2006)的觀點來看，鼻音韻尾與元音韻尾較為相似，與本實驗結果不盡相同。可能的原因在於 Frisch (1996)和 Hsu & Lin (2006)是從構音(production)的角度出發，而本實驗是從感知(perception)的角度進行研究，因此二者的結果互有出入，如果想瞭解鼻音韻尾和塞音韻尾及鼻音韻尾和元音韻尾在構音方面的相

似性差異，則需要更進一步進行構音實驗。

3.3.2 台灣閩南語韻尾感知的顯著性

在塞音韻尾的感知顯著性(perceptual salience)方面，以單因子變異數分析(One-way ANOVA)檢驗非噪音實驗中塞音韻尾的答對率(如表七所列)，統計結果達顯著差異($F(2,57)=7.676, p=0.001$)：韻尾[p]的答對率最高，達 75.5%；其次為韻尾[t]，答對率 72.5%；韻尾[k]的答對率是 45 %，三者之中最低。基於愈顯著的音位愈不容易被聽錯的實驗假設，在非噪音實驗中，韻尾[p]的感知顯著性最高，其次為韻尾[t]，韻尾[k]的顯著性則為最低。

圖 3a 標示受試者在塞音韻尾的正確反應(correct response)的反應時間，韻尾[p]的反應時間為 2069.14 毫秒，韻尾[t]的反應時間為 2768.23 毫秒，韻尾[k]的反應時間為 2793.51 毫秒，受試者的反應時間亦間接支持塞音韻尾的感知顯著性。

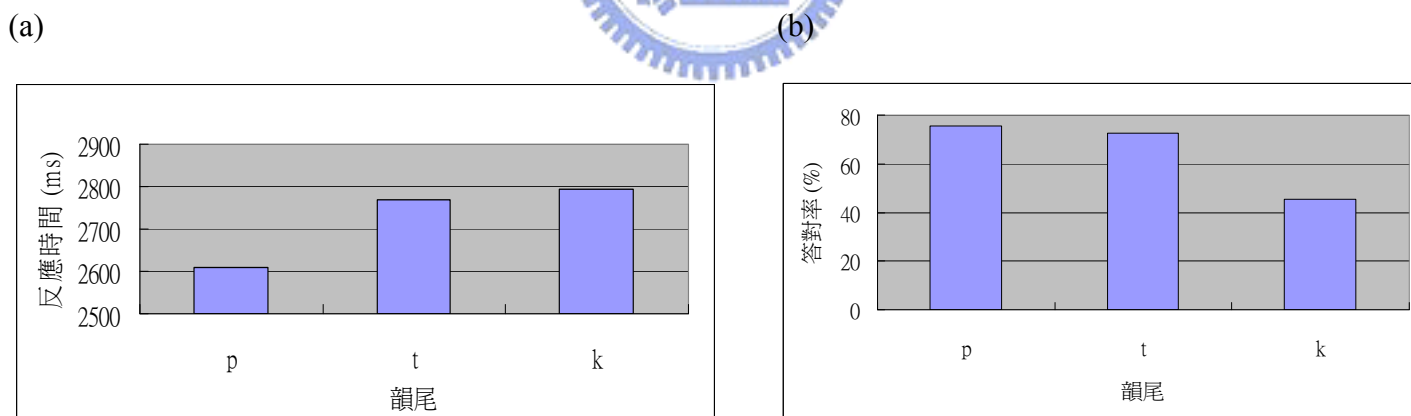


圖 3 塞音韻尾的平均答對率和受試者的反應時間 (非噪音實驗)

噪音實驗的結果(表八)亦達統計上的顯著差異($F(2,57)=10.490, p=0.000$)：韻尾[p]的答對率 67.5%，三者中最高；韻尾[t]的答對率 62.5%，居次；韻尾[k]的答對率 28%，最低。基於愈顯著的音位愈不容易被聽錯的實驗假設，在噪音實驗中，

韻尾[p]的感知顯著性最高，其次為韻尾[t]，韻尾[k]的顯著性則為最低。

圖 4a 標示受試者在塞音韻尾的正確反應的反應時間，韻尾[p]、[t]、[k]的反應時間分別為 2505.94 毫秒、2463.80 毫秒和 2806.05 毫秒，實驗結果部份支持塞音韻尾的感知顯著性，具體而言韻尾[k]的感知顯著性最低，受試者需要較多的時間判斷，因此反應時間最長。然而，韻尾[p]的感知顯著性最高，其反應時間卻高於韻尾[t]，可能原因為韻尾[t]的詞頻在台灣閩南語中居三者之冠，在覆蓋噪音的情況下，受試者可能因為較熟悉韻尾[t]而做出較快的判斷。

綜合上述實驗結果，在台灣閩南語的塞音韻尾中，唇塞音[p]具有最高的感知顯著性，其次為舌尖塞音[t]，舌根塞音[k]則為最低。

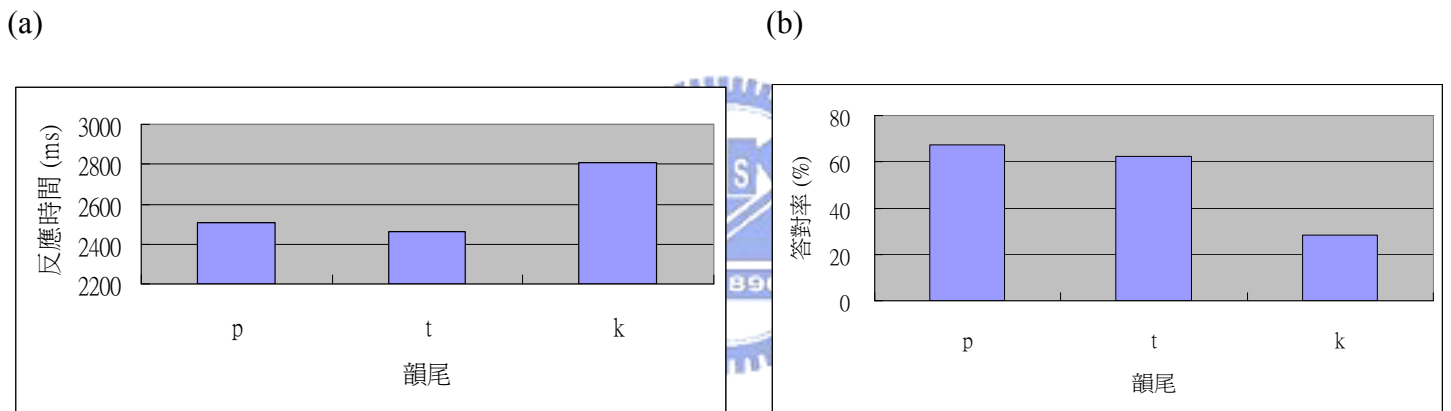


圖 4 塞音韻尾的平均答對率和受試者的反應時間 (噪音實驗)

本實驗結果與 Winters (2001)、Wright (2001)、Kochetov & So (2007)和 Hsu& Lin (2006)的論點大致相同：Winters (2001)的實驗結果顯示唇音的顯著性最高，其次為舌尖音，舌根音的顯著性最低。Kochetov & So (2007)的實驗結果顯示在 taC₁#C₂a 的語境裡，唇音的顯著性高於舌尖音，舌根音的顯著性最低，而在 taC₁的語境裡，唇音和舌尖音的顯著性高於舌根音；Wright (2001)的實驗結果則為唇音的顯著性最高，舌尖音和舌根音的顯著性沒有明顯的差別。Hsu& Lin (2006)從語誤的角度檢驗台灣閩南語塞音的顯著性，並提出「唇音的顯著性最高，舌根

音次之，舌尖音最低」的論點，此論點和台灣閩南語 VC₁.C₂V 逆向同化現象比較，結果一致。由於歷來的實驗皆是以感知實驗為主，實驗結果與發音部位同化和語誤資料檢驗稍有出入，或許需要再設計一個語誤實驗以進一步釐清台灣閩南語塞音的顯著性。

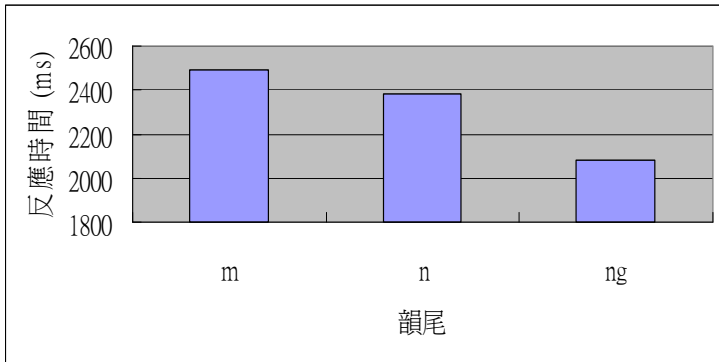
Jun (1995) 和 Hume (1999)認為舌根音的顯著性最高，其次為唇音，最後為舌尖音。對於實驗結果與 Jun (1995) 和 Hume (1999)的觀察頗有出入這部份，Kochetov & So (2007)認為具有較強聲學訊息的語音(例如：舌根塞音的 velar pinch)不一定具有較高的感知性。因此，學者所歸納的感知顯著性(perceptual salience)應奠基於聽覺感知(perception)而非聲學訊息。

Winters (2001)提出 Jun (1995)所觀察到的語言事實是發生在韻尾位置的發音部位同化，聽者可能藉由韻尾音位的前後環境判斷發音部位的相對顯著性；然而 Winters (2001)和本實驗設計的語料皆為各自獨立的無意義音節，受試者無法藉由實驗中的音節環境判斷發音部位的顯著性。因此，實驗結果與語言事實有所出入。Wright (2001)則認為音節位置和噪音環境亦是影響發音部位顯著性的原因之一。

在鼻音韻尾的感知顯著性方面，以單因子變異數分析檢驗非噪音實驗中鼻音韻尾的答對率(表七)，統計結果未達顯著差異($F(2,57)=1.105, p=0.338$)，韻尾答對率由高到低依序是韻尾[ŋ]77.5%，韻尾[n]74.5%以及韻尾[m]63%。

圖 5a 標示受試者在塞音韻尾的正確反應的反應時間，由快到慢分別是韻尾[ŋ]2079.82 毫秒，韻尾[n]2380.98 毫秒和韻尾[m]2493.22 毫秒。

(a)



(b)

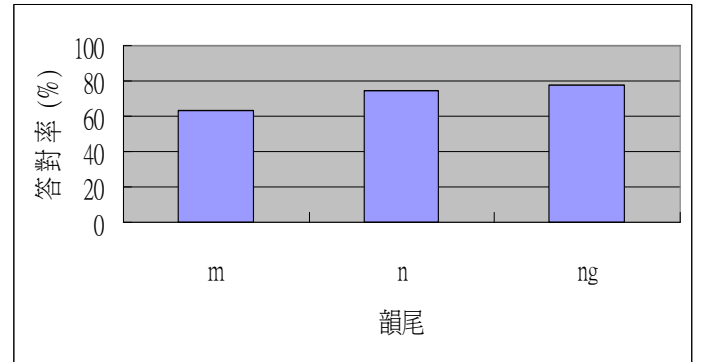


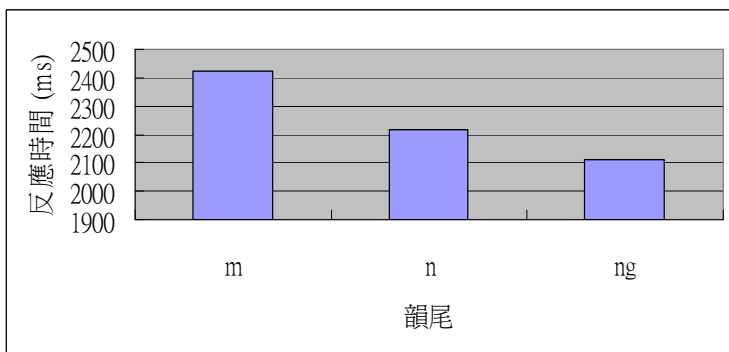
圖 5 鼻音韻尾的平均答對率和受試者的反應時間 (非噪音實驗)

在噪音實驗方面(表八)，統計結果亦達顯著差異 ($F(2,57)=6.218, p=0.004$)，韻尾[ŋ]的答對率最高，達 71.5%；韻尾[n]次之，答對率 64.5%；韻尾[m]的答對率最低，僅 36%。基於愈顯著的音位愈不容易被聽錯的實驗假設，在噪音實驗中，韻尾[ŋ]的感知顯著性最高，其次為韻尾[n]，韻尾[m]的顯著性則為最低。

圖 6a 顯示受試者在塞音韻尾的正確反應的反應時間，韻尾[ŋ]的反應時間 2109.77 毫秒，韻尾[n] 2215.53 毫秒，韻尾[m] 2423.88 毫秒，受試者的反應時間亦間接支持塞音韻尾的感知顯著性。

綜上所述，在台灣閩南語的鼻音韻尾中，舌根鼻音[ŋ]的感知顯著性最高，舌尖鼻音[n]次之，唇鼻音[m]的感知顯著性最低。

(a)



(b)

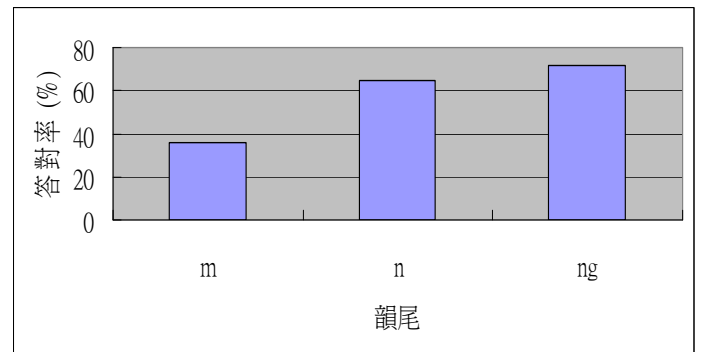


圖 6 鼻音韻尾的平均答對率和受試者的反應時間 (噪音實驗)

鼻音韻尾的感知顯著性與塞音韻尾並不相同，Zhang (2000)的實驗指出韻尾[ŋ]較韻尾[n]有較長的鼻音語流(nasal flow)，是故韻尾[ŋ]的感知顯著性較韻尾[n]為高。因此我們或許可據此推測塞音韻尾的感知可能仰賴發音部位，而鼻音韻尾的感知可能仰賴鼻音徵性。此外，本實驗的鼻音韻尾感知結果與多數漢語方言中的鼻音韻尾歷史音變不謀而合。Chen (1973)進行跨方言比較，發現漢語方言中的鼻音韻尾的演變方向為：[m,n]合併為[n]，[n,ŋ]合併為[ŋ]。因此，當某漢語方言只存在二個鼻音韻尾時，這二個鼻音韻尾多為[n,ŋ](例如：漢口、成都等地)；而當某方言只存在一個鼻音韻尾時，則此鼻音韻尾多為[ŋ] (例如：福州、上海等地)。



第四章 實驗二

4.1 實驗目的

實驗二之目的在藉由行為實驗和腦事件相關電位實驗探討台灣閩南語韻尾音位之相似性。在本實驗中，受試者將分別參與行為實驗和腦事件相關電位實驗，行為實驗的實驗方法和實驗一相同。由於在實驗一中，噪音實驗和非噪音實驗的結果具有相同趨勢，因此，受試者在實驗二的行為實驗將僅進行非噪音實驗的部份。

在腦事件相關電位的實驗設計中，受試者在每個實驗部分聆聽一種標準刺激和一種偏差刺激，之後，將偏差刺激所誘發的電位減去標準刺激所誘發的電位即可得到失匹配負波(Mismatch Negativity, MMN)，實驗假設發音部位相同的二個韻尾音位所誘發之 MMN 波幅較發音部位不同的韻尾音位為小，藉由 MMN 波幅的差異我們將可判斷台灣閩南語韻尾的相似性。

4.2 實驗方法

4.2.1 受試者

本實驗共有八位受試者，分別為男性受試者四位與女性受試者四位，包含交通大學與清華大學的學生，平均年齡二十歲（標準差=2.07），閩南語程度良好(能流利使用閩南語與人做口語溝通)，聽力正常，視力正常或矯正後正常，慣用手為右手，所有受試者都沒有腦傷、神經或生理方面的疾病史，實驗前都通過閩南語韻尾測驗。

4.2.2 語料設計

行為實驗及腦事件相關電位實驗的語料設計皆是以台灣閩南語八個韻尾 [w、j、m、n、ŋ、p、t、k] 結合母音 [a] 做為實驗的刺激項，其中 [aw、aj、am、an、aŋ] 的調值皆為 55，[ap、at、ak] 的調值則為 5，由一位閩南語流利的女性發音人在 ECS 筆記型電腦上錄製，錄音軟體為 praat 4.4.31，取樣頻率為 22050Hz。發音人將每個語音各說五次之後，由實驗者選取其中最自然的語音做為實驗的刺激項，並將 [aw、aj、am、an、aŋ] 的音長調整為 500 毫秒，[ap、at、ak] 的音長調整為 300 毫秒。

腦事件相關電位實驗共分為九個部份，每個部分包含二~三個子部分，如下表所示，每個子部份共有一種標準刺激(standard stimuli)及一種偏差刺激(deviant stimuli)，呈現比率分別為 80%及 20%，所有刺激皆以偽隨機方式呈現，偏差刺激不相鄰出現，每個偏差刺激之前必有一個標準刺激，刺激間隔時間(interstimulus interval, ISI)為 400 毫秒。



表 十一 腦事件相關電位實驗語料設計

實驗分類	實驗段落	標準刺激	偏差刺激
鼻音韻尾與元音韻尾的相似度	1	[am]	[aw]
		[am]	[aj]
	2	[an]	[aw]
		[an]	[aj]
	3	[aŋ]	[aw]
		[aŋ]	[aj]
鼻音韻尾與塞音韻尾的相似度	4	[am]	[ap]
		[am]	[at]
		[am]	[ak]
	5	[an]	[ap]
		[an]	[at]
		[an]	[ak]
	6	[aŋ]	[ap]
		[aŋ]	[at]
		[aŋ]	[ak]
塞音韻尾與元音韻尾的相似度	7	[ap]	[aw]
		[ap]	[aj]
	8	[at]	[aw]
		[at]	[aj]
	9	[ak]	[aw]
		[ak]	[aj]

4.2.3 實驗流程

實驗二共可分為二個部分—行為實驗和腦事件相關電位實驗，受試者先進行語言背景問卷調查之後，才進行行為實驗，實驗方法同實驗一，每位受試者共花 20 分鐘完成行為實驗。

腦事件相關電位實驗是在一間安靜的房間進行，受試者頭戴 Neuroscan 32 導電極帽(依據國際 10/20 系統定位)，觀看一部無聲電影，同時佩戴耳機，耳機中播放實驗的刺激項，受試者的任務為認真看電影，忽視耳機內的聲音，並且儘量不動。

腦事件相關電位實驗共可分為二十一個子部份，每個子部份約為七分，包含四百個受試項，受試者每完成二個子部份之後即可依其選擇做短暫休息，實際實驗時間不包括休息時間大約需要一百四十七分鐘，每位受試者分二天完成實驗，每天的實驗時間不包含休息時間約為七十四分鐘。



4.3 EEG 設定及資料處理

4.3.1 EEG 設定

本實驗使用之腦波紀錄儀器 Neuroscan 公司所生產的腦波放大器(NuAmps Amplifier)，紀錄 15 個電極點：F3、FZ、F4、FC3、FCZ、FC4、C3、CZ、C4、CP3、CPZ、CP4、P3、PZ、P4。實驗時，以 A1、A2 為參考點，同時紀錄水平眼電(HEOG)和垂直眼電(VEOG)；紀錄的濾波頻段(bandpass)介於 0.1~50Hz 之間，訊號取樣頻率(sampling rate)為 1000Hz，所有電極的阻抗(Impedances)控制在 5k Ω 以下。

4.3.2 EEG 資料處理

4.3.2.1 眼動校正 (Ocular artifact reduction)

選擇 VEOG，若振幅超過平均閾值的 10%，且時長(duration)超過 400 毫秒，則視為眼動雜訊而受到校正。眼動校正能有效去除眼動偽跡，並保留刺激項的反應結果。

4.3.2.2 腦電分段 (Epoch)

將想要觀察的刺激反應從連續腦波圖中切斷提取出來，目的在控制腦波提取的時間範圍一致，將音檔起始時間訂為基準點 0，提取-50~600 毫秒的腦波記錄，每一個分段包括 651 個資料點。



4.3.2.3 濾波處理 (Filter)

濾去訊號中的某些頻率成分(例如，台灣地區的交流電頻率 60Hz)，保留需要的頻率成分。本實驗採用低通濾波(low pass filtering)，設定值為 30Hz、12dB/oct。

4.3.2.4 基線校正 (Baseline correction)

將分段的腦電波控制在同一條基線上的波動。本實驗以-50~0 毫秒的電位平均值為基線做校正。

4.3.2.5 去除偽迹 (Artifact rejection)

排除過大的雜訊，包括眼動以外震幅過大的偽迹，例如，身體移動、咳嗽等。

本實驗選擇 VEOG 以外的電位點做去除偽迹，以每一個受試者為單位，實際排除的腦波區段占總區段數的 15%以下才納入後續資料分析。

4.3.2.6 疊加平均 (Average)

將所有的標準刺激與偏差刺激分類提取出來，每一類刺激的腦電區段分別各自疊加平均。

4.3.2.7 相減 (Subtract)

將每一個實驗部分的偏差刺激腦電區段減去標準刺激的腦電區段，所得即為失匹配負波。



4.3.2.8 統計分析

統計數據擷取每個區段 100~250 毫秒負向的最大值波峰值，以電極點 F3、FZ、F4、FC3、FCZ、FC4、C3、CZ、C4、CP3、CPZ、CP4、P3、PZ、P4 的平均值進行單因子變異數分析(One-way ANOVA)。

4.4 結果與討論

4.4.1 行為資料

受試者的答題反應列於表十二，實驗結果顯示受試者在元音韻尾的答對率最高，達 98%以上，其次為鼻音韻尾的答對率，塞音韻尾的答對率最低。我們將受試者的答題反應以 Shepard (1972)所提之公式計算音位間的相似性，所得結果如

表十三所列。由於在行爲資料中，未見鼻音韻尾與元音韻尾及鼻音韻尾與塞音韻尾互換的情形，因此，無法從行爲資料判斷鼻音韻尾、元音韻尾與塞音韻尾的相似性，我們將進一步從電生理訊號資料檢視鼻音韻尾、元音韻尾與塞音韻尾的相似性。

表 十二 行爲實驗之混淆矩陣

刺激項	反應									
	w	j	m	n	ŋ	p	t	k	未答	總和
w	80 100%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	80 100%
j	1 1.3%	79 98.8%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	80 100%
m	0 0%	0 0%	60 75%	4 5%	16 20%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	80 100%
n	0 0%	0 0%	2 2.5%	69 86.3%	9 11.3%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	80 100%
ŋ	0 0%	0 0%	1 1.3%	8 10%	71 88.8%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	80 100%
p	1 1.3%	0 0%	0 0%	0 0%	1 1.3%	65 81.3%	1 1.3%	11 13.8%	1 1.3%	80 100%
t	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	2 2.5%	61 76.3%	17 21.3%	0 0%	80 100%
k	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	18 22.5%	12 15%	50 62.5%	0 0%	80 100%

表 十三 韻尾相似度數值

	w	j	m	n	ŋ	p	t	k
w	1							
j	0.006	1						
m	0.000	0.000	1					
n	0.000	0.000	0.047	1				
ŋ	0.000	0.000	0.183	0.071	1			
p	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	1		
t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	1	
k	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.252	0.261	1

4.4.2 電生理訊號資料

實驗所得之電生理訊號經由離線分析之後，再個別觀察每位受試者在每個實驗部分的腦波訊號(整理成附錄二)，並將多數受試者所呈現的訊號趨勢以統計軟體 SPSS10.0 進行統計分析。



4.4.2.1 鼻音韻尾與元音韻尾的相似度

在鼻音韻尾[am]與元音韻尾[aw]和[aj]的相似度方面，圖 7 所呈現之電生理訊號為多數受試者⁸的腦波趨勢：

⁸ 在八位受試者中，有五位受試者的腦波訊號呈現相同趨勢。

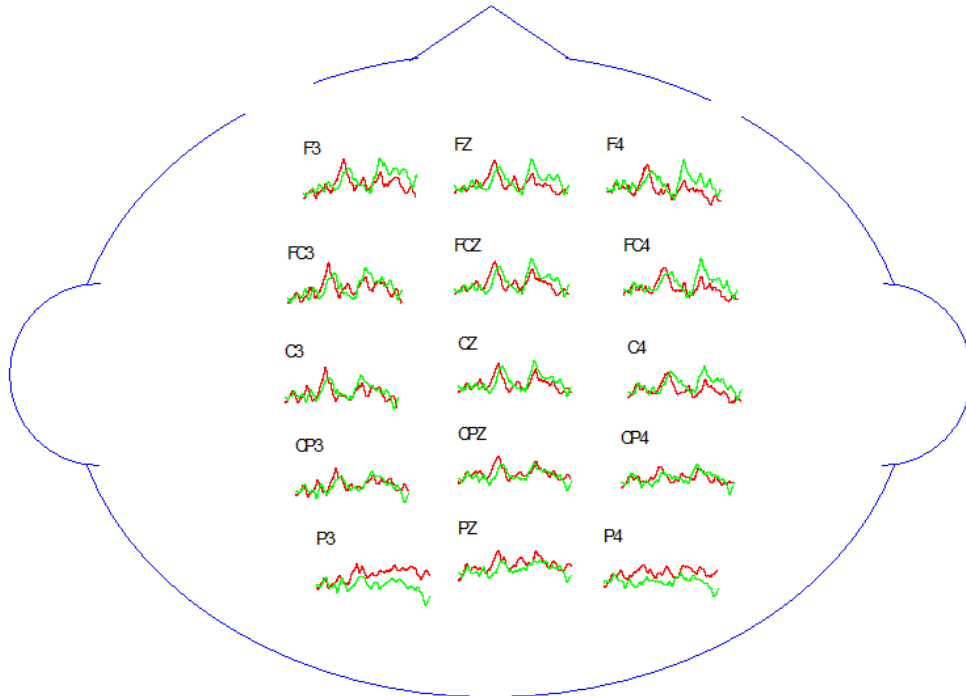


圖 7 aw-am 與 aj-am 之腦波反應

在上圖中，電生理訊號的縱軸單位為微伏(μV)，負值往上；橫軸單位為毫秒(ms)，向右遞增；[aw]所誘發之 MMN 為綠色，[aj]所誘發之 MMN 為紅色。

以單因子變異數分析檢驗[aw]和[aj]所誘發的 MMN 波幅，統計結果達顯著差異($F(1,148)=12.254, p<0.05$)，[aw]和[aj]所誘發的 MMN 波幅分別為 $-2.04 \mu V$ 和 $-2.09 \mu V$ 。[aw]所誘發的 MMN 波幅較[aj]所誘發的 MMN 波幅小，亦即[am]和[aw]的差異較小。

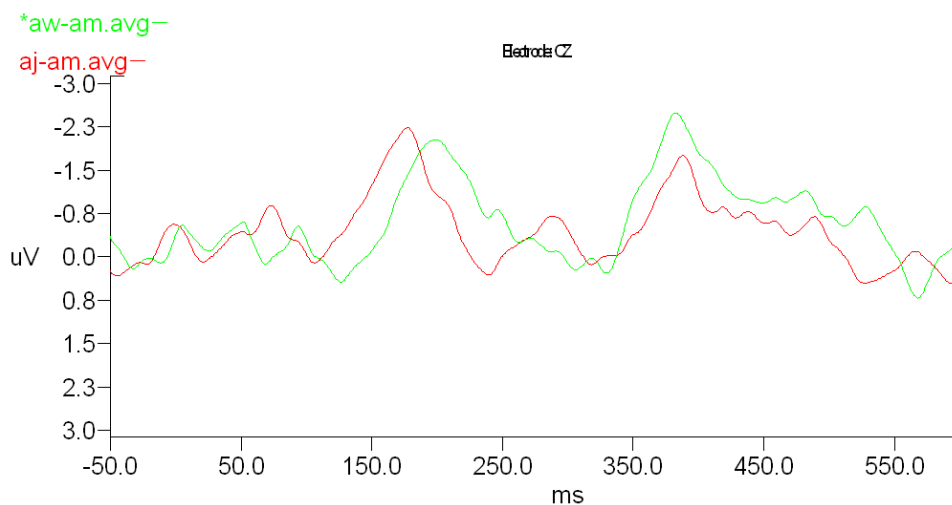


圖 8 aw-am 與 aj-am 受試者反應平均值

在鼻音韻尾[an]與元音韻尾[aw]和[aj]的相似度方面，圖 9 所呈現之電生理訊號為多數受試者⁹的腦波趨勢：

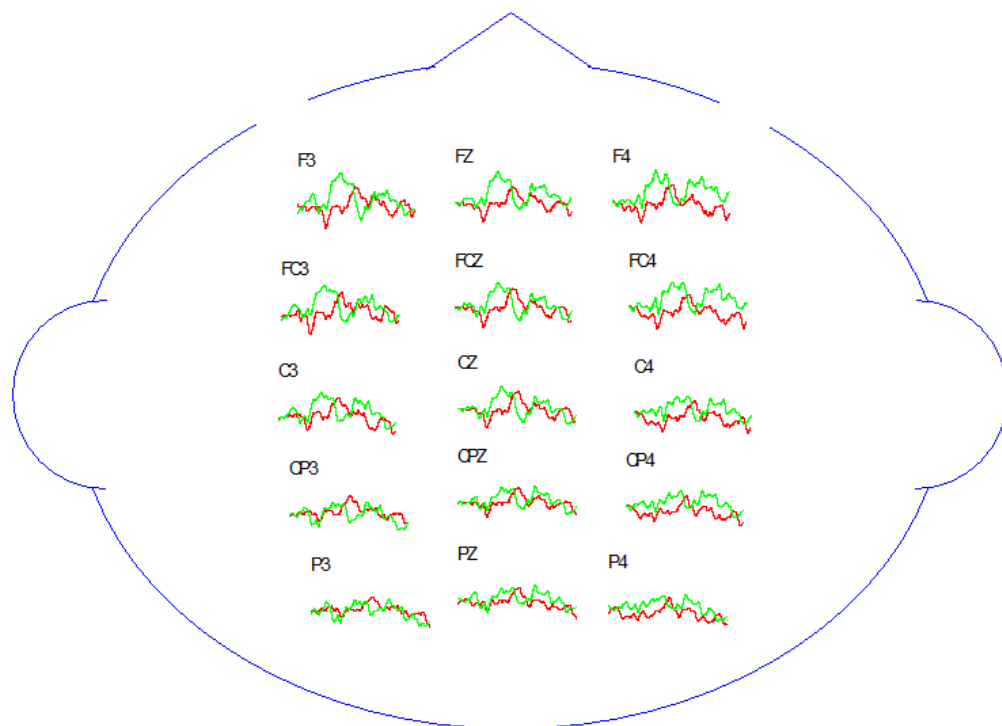


圖 9 aw-an 與 aj-an 之腦波反應

在上圖中，[aw]和[aj]所誘發之 MMN 分別為綠色和紅色。以單因子變異數分析檢驗[aw]和[aj]所誘發的 MMN 波幅，統計結果達顯著差異($F(1,178)=42.682$, $p<0.05$)，[aw]和[aj]所誘發的 MMN 波幅分別為 $-2.65 \mu V$ 和 $-1.36 \mu V$ 。[aj]所誘發的 MMN 波幅較[aw]所誘發的 MMN 波幅小，[an]和[aj]的差異較小。

⁹ 在八位受試者中，有六位受試者的腦波訊號呈現相同趨勢。

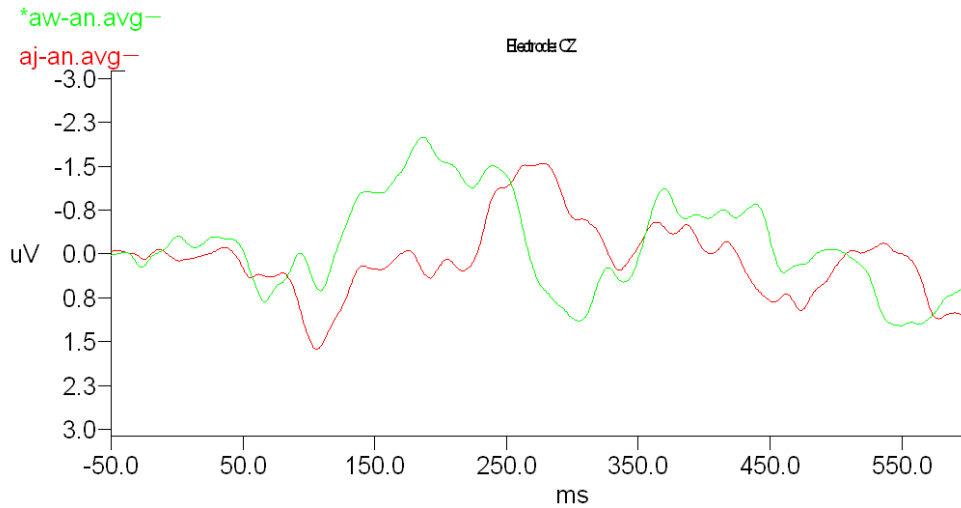


圖 10 aw-an 與 aj-an 受試者反應平均值

在鼻音韻尾[an]與元音韻尾[aw]和[aj]的相似度方面，圖 11 所呈現之電生理訊號為多數受試者¹⁰的腦波趨勢：

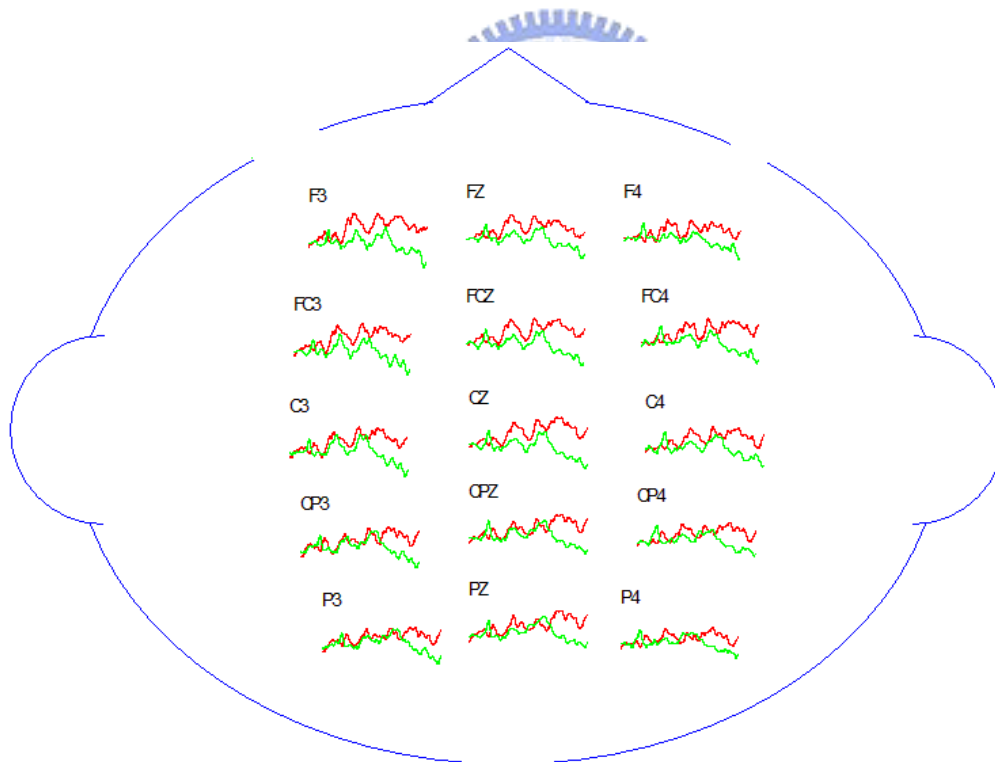


圖 11 aw-an 與 aj-an 之腦波反應

在上圖中， [aw]和[aj]所誘發之 MMN 分別為綠色和紅色。以單因子變異數

¹⁰ 在八位受試者中，有七位受試者的腦波訊號呈現相同趨勢。

分析檢驗[aw]所誘發的 MMN 波幅和[aj]所誘發的 MMN 波幅，統計結果達顯著差異($F(1,208)=29.069, p<0.05$)，[aw]和[aj]所誘發的 MMN 波幅分別為 $-1.64 \mu V$ 和 $-2.51 \mu V$ 。鑑於[aw]所誘發的 MMN 波幅較[aj]所誘發的 MMN 波幅小，[aj]和[aw]的差異較小。

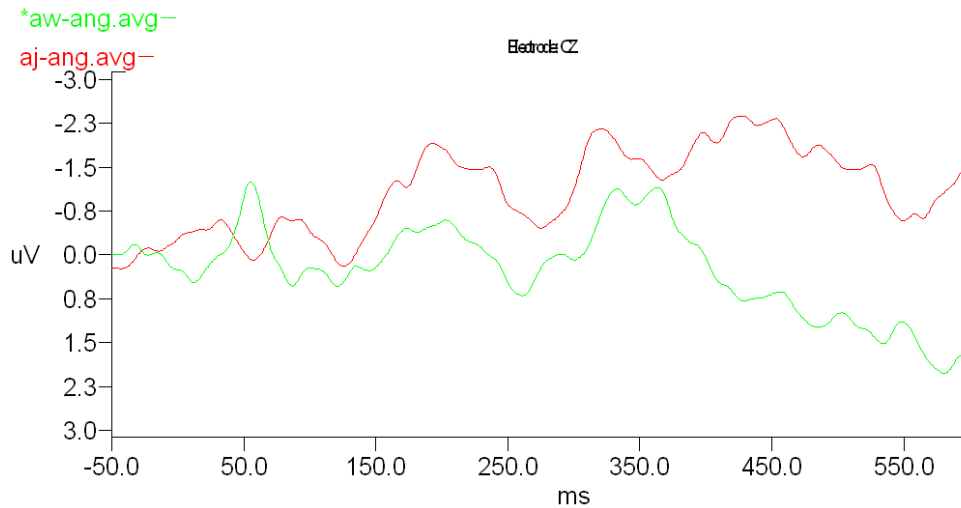


圖 12 aw-aj 與 aj-aj 受試者反應平均值

4.4.2.2 鼻音韻尾與塞音韻尾的相似度

在鼻音韻尾[am]與塞音韻尾[ap]、[at]和[ak]的相似度方面，圖 13 所呈現之電生理訊號為多數受試者¹¹的腦波趨勢：

¹¹ 在八位受試者中，有四位受試者的腦波訊號呈現相同趨勢。

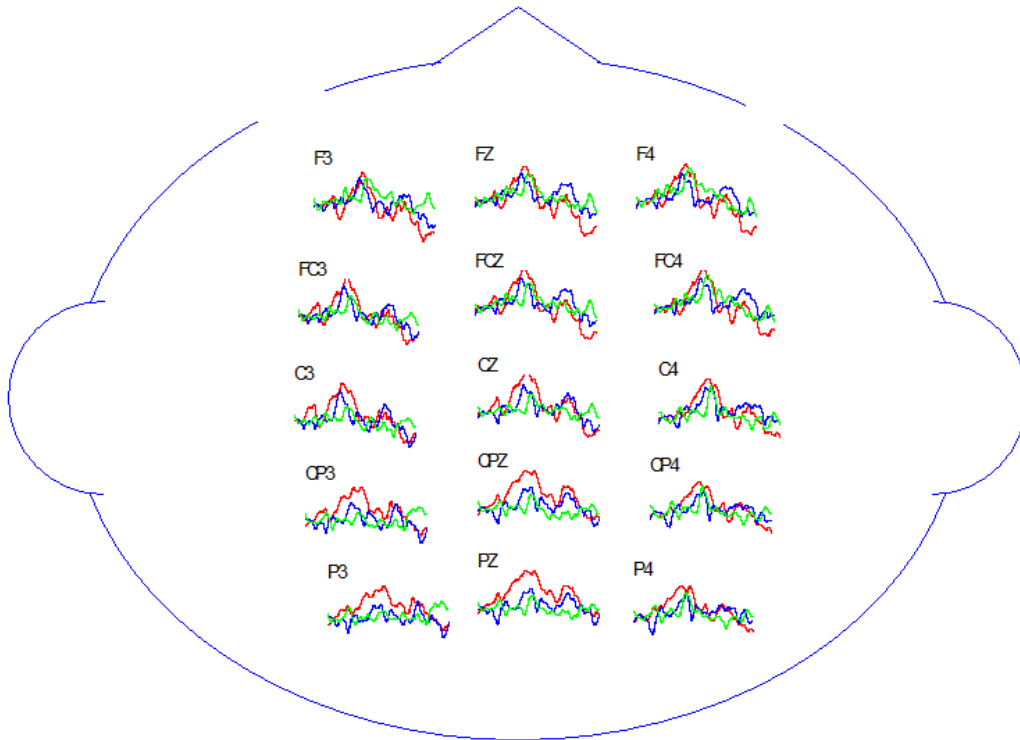


圖 13 ap-am、at-am 與 ak-am 之腦波反應

上圖中，[ap]、[at]和[ak]所誘發的 MMN 分別為綠色、紅色和藍色，負值往上，振幅為 $\pm 3 \mu V$ 。

以單因子變異數分析檢驗[ap]、[at]和[ak]所誘發的 MMN 波幅，統計結果達顯著差異($F(2,177)=49.204, p<0.05$)，[ap]、[at]和[ak]所誘發的 MMN 波幅依序是 $-2.04 \mu V$ 、 $-3.71 \mu V$ 和 $-2.65 \mu V$ 。鑑於[ap]所誘發的波幅最小，[ap]和[am]的差異最小。

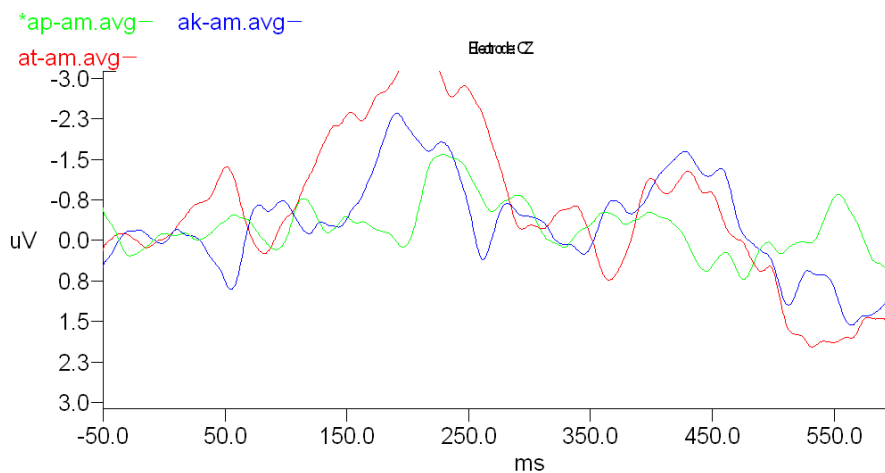


圖 14 ap-am、at-am 與 ak-am 受試者反應平均值

在鼻音韻尾[an]與塞音韻尾[ap]、[at]和[ak]的相似度方面，圖 15 所呈現之電生理訊號為多數受試者¹²的腦波趨勢：

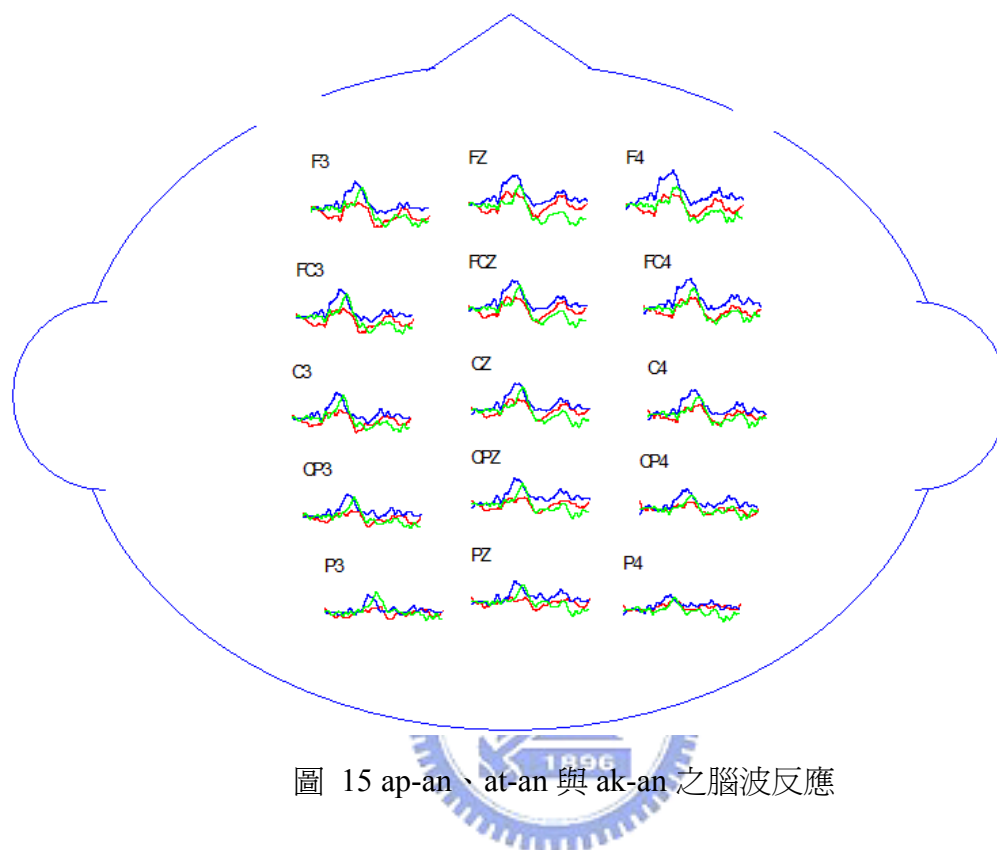


圖 15 ap-an、at-an 與 ak-an 之腦波反應

在上圖中，[ap]、[at]和[ak]所誘發的 MMN 分別為綠色、紅色和藍色。以單因子變異數分析檢驗[ap]、[at]和[ak]所誘發的 MMN 波幅，統計結果達顯著差異 ($F(2,177)=32.653, p<0.05$)。[ap]、[at]和[ak]所誘發的 MMN 波幅分別是 $-3.67 \mu V$ 、 $-2.46 \mu V$ 和 $-4.96 \mu V$ ，[at]所誘發的 MMN 波幅為三者之中最小，因此[an]和[at]的差異最小。

¹² 在八位受試者中，有四位受試者的腦波訊號呈現相同趨勢。

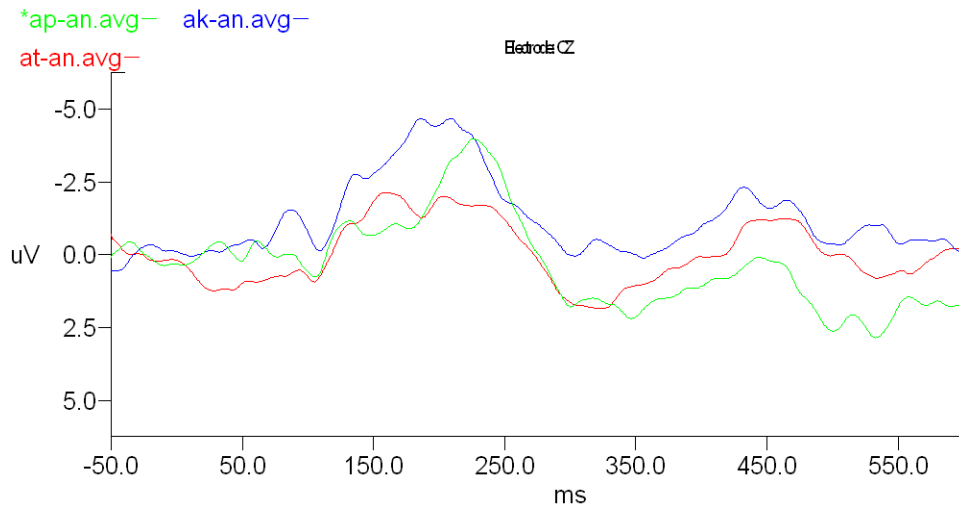


圖 16 ap-an、at-an 與 ak-an 受試者反應平均值

在鼻音韻尾[an]與塞音韻尾[ap]、[at]和[ak]的相似度方面，圖 17 所呈現之電生理訊號為多數受試者¹³的腦波趨勢：

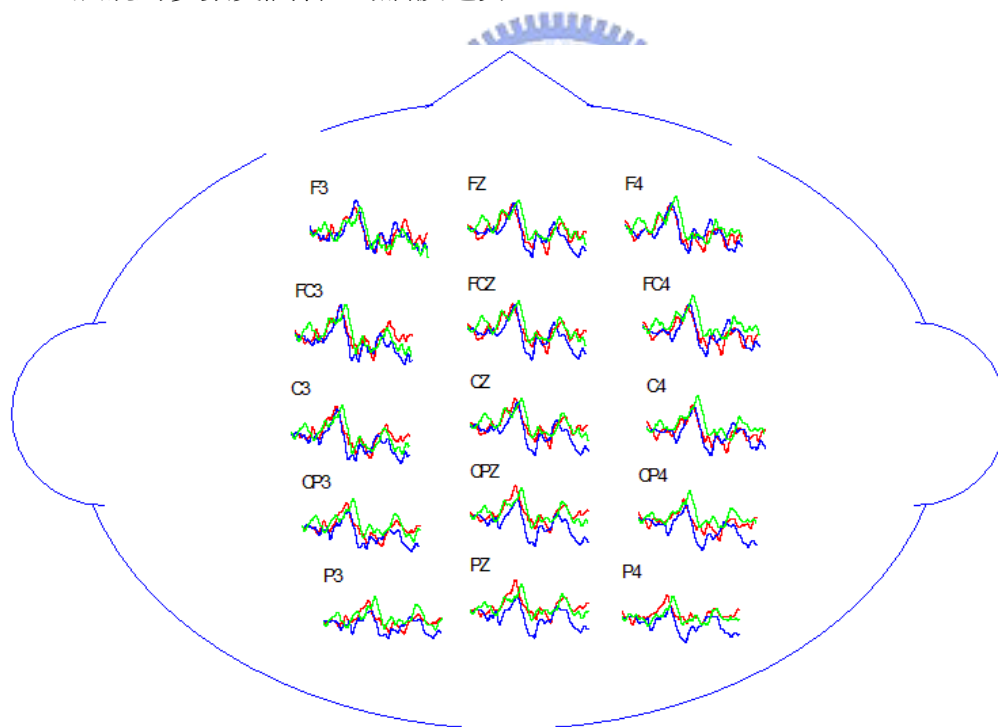


圖 17 ap-an、at-an 與 ak-an 之腦波反應

上圖中，[ap]、[at]和[ak]所誘發的 MMN 分別為綠色、紅色和藍色。以單因

¹³ 在八位受試者中，有四位受試者的腦波訊號呈現相同趨勢。

子變異數分析檢驗[ap]、[at]和[ak]所誘發的 MMN 波幅，統計結果達顯著差異 ($F(2,177)=4.420, p<0.05$)，[ap]、[at]和[ak]所誘發的 MMN 波幅各自為 $-3.02 \mu V$ 、 $-2.67 \mu V$ 和 $-2.17 \mu V$ ，[ak]所誘發的 MMN 波幅為三者之中最小，可見[an]和[ak]的差異最小。

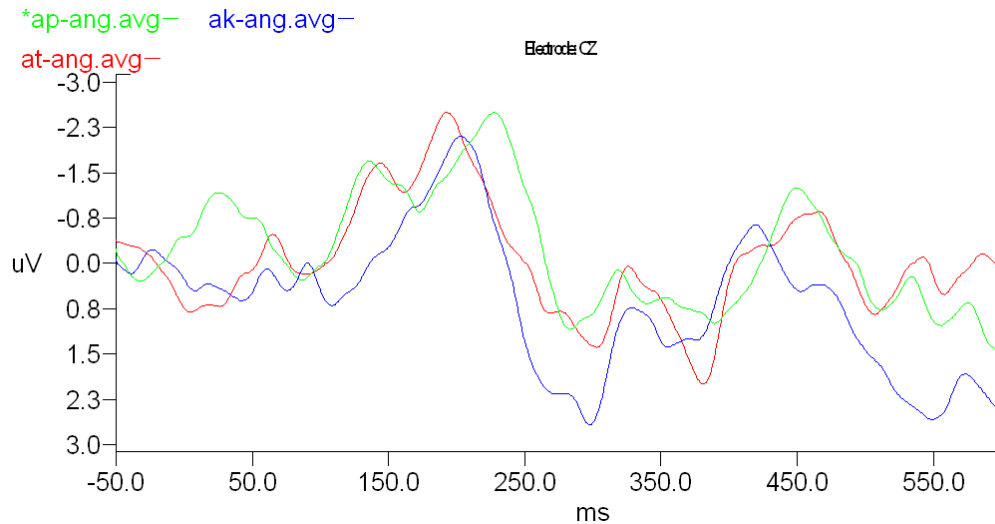


圖 18 ap-an、at-an 與 ak-an 受試者反應平均值

4.4.2.3 塞音韻尾與元音韻尾的相似度

在塞音韻尾[ap]與元音韻尾[aw]和[aj]的相似度方面，圖 19 所呈現之電生理訊號為多數受試者¹⁴的腦波趨勢：

¹⁴ 在八位受試者中，有五位受試者的腦波訊號呈現相同趨勢。

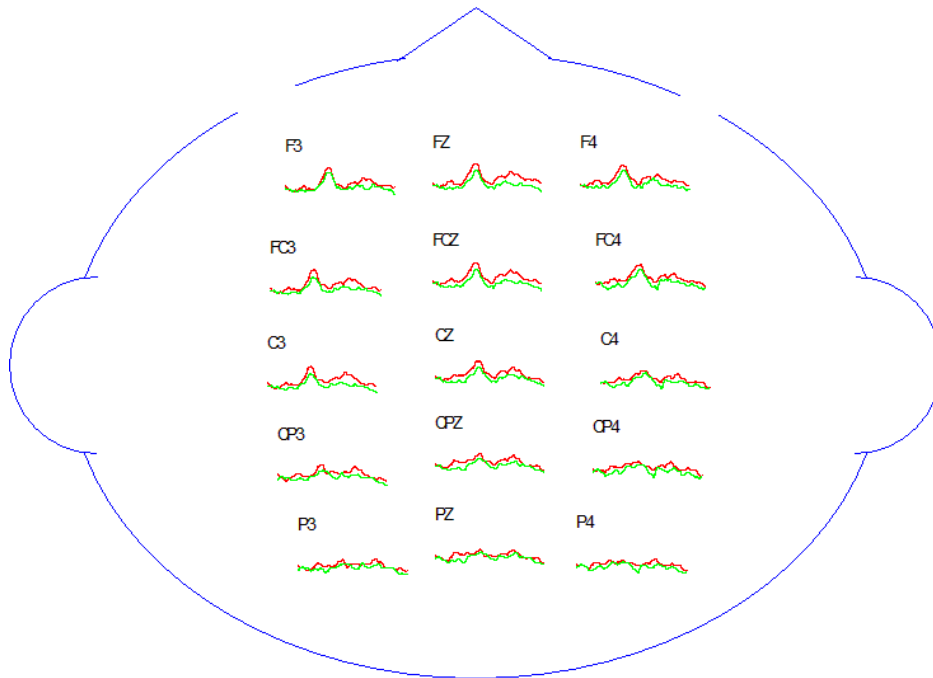


圖 19 aw-ap 與 aj-ap 之腦波反應

在上圖中，[aw]所誘發的 MMN 為綠色，[aj]為紅色。負值往上，振幅為 $\pm 5 \mu V$ 。

以單因子變異數分析檢驗[aw]和[aj]所誘發的 MMN 波幅，統計結果達顯著差異($F(1,148)=14.463, p<0.05$)，[aw]和[aj]所誘發的 MMN 波幅分別是 $-2.53 \mu V$ 和 $-3.56 \mu V$ 。[aw]所誘發的 MMN 波幅較[aj]小，可見[ap]和[aw]的差異較小。

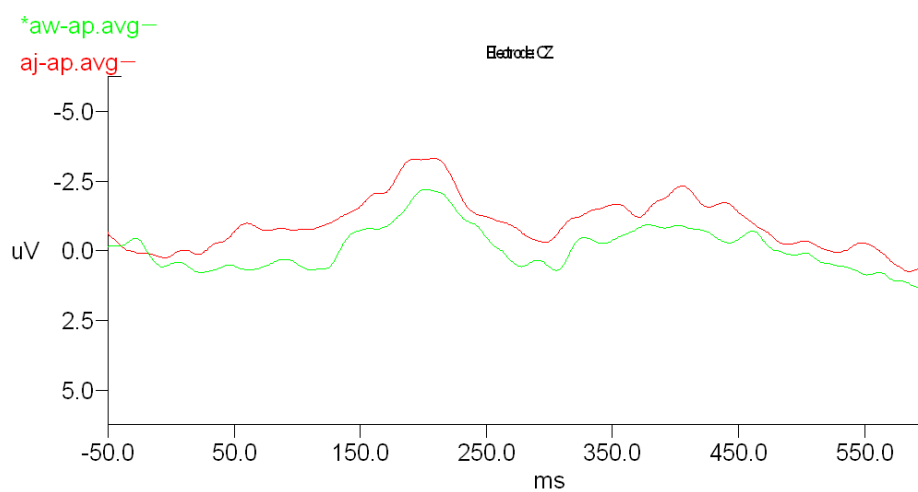


圖 20 aw-ap 與 aj-ap 受試者反應平均值

在塞音韻尾[at]與元音韻尾[aw]和[aj]的相似度方面，圖 21 所呈現之電生理訊號為多數受試者¹⁵的腦波趨勢：

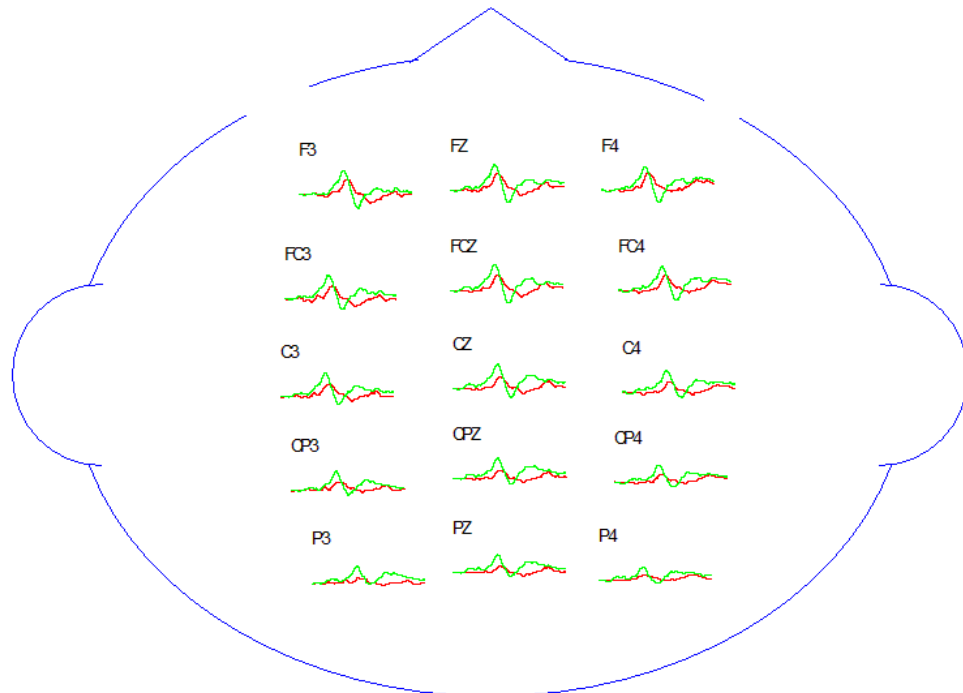


圖 21 aw-at 與 aj-at 之腦波反應

在上圖中，[aw]所誘發之 MMN 為綠色，[aj]為紅色。以單因子變異數分析檢驗[aw]和[aj]所誘發的 MMN 波幅，統計結果達顯著差異($F(1,208)=40.813$, $p<0.05$)，[aw]和[aj]所誘發的 MMN 波幅分別為 -4.13μ 和 $-2.68 \mu V$ 。由[aj]所誘發的 MMN 波幅較[aw]小，可見[at]和[aj]的差異較小。

¹⁵ 在八位受試者中，有七位受試者的腦波訊號呈現相同趨勢。

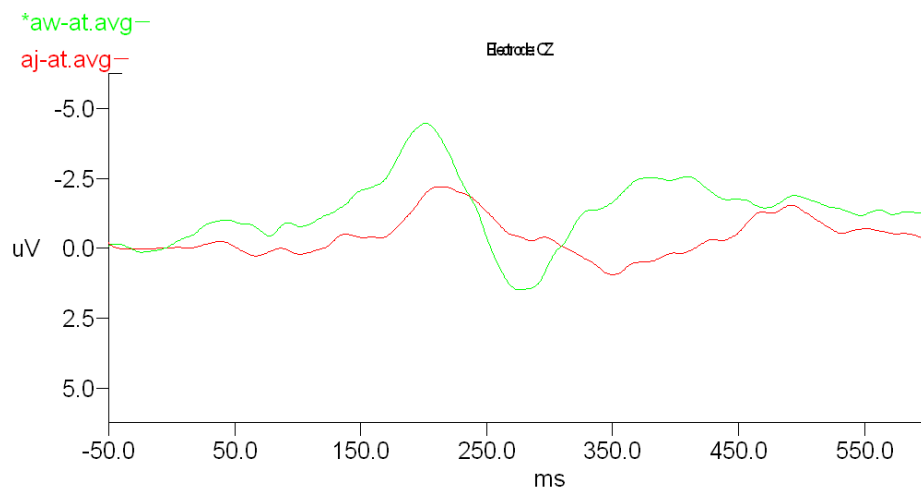


圖 22 aw-at 與 aj-at 受試者反應平均值

在塞音韻尾[ak]與元音韻尾[aw]和[aj]的相似度方面，圖 23 所呈現之電生理訊號為多數受試者¹⁶的腦波趨勢：

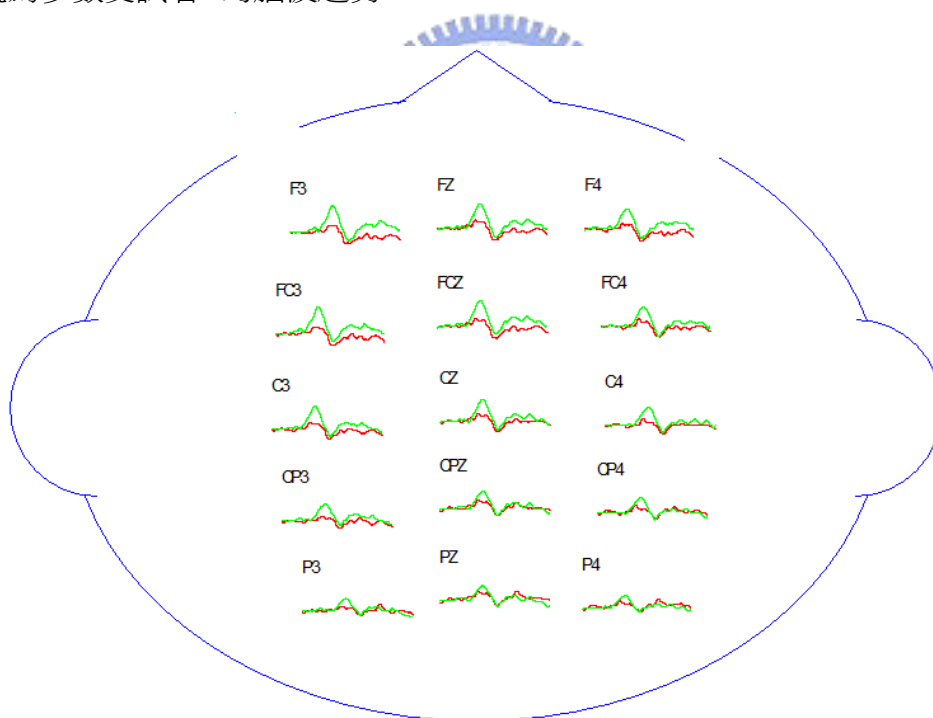


圖 23 aw-ak 與 aj-ak 之腦波反應

上圖中，[aw]所誘發之 MMN 為綠色，[aj]為紅色。以單因子變異數分析檢驗[aw]和[aj]所誘發的 MMN 波幅，統計結果達顯著差異($F(1,178)=42.349$,

¹⁶ 在八位受試者中，有六位受試者的腦波訊號呈現相同趨勢。

$p < 0.05$)。[aw]和[aj]所誘發的 MMN 波幅分別為 $-4.14 \mu V$ 和 $-2.15 \mu V$ 。鑑於[aj]所誘發的 MMN 波幅較[aw]小，[ak]和[aj]的差異較小。

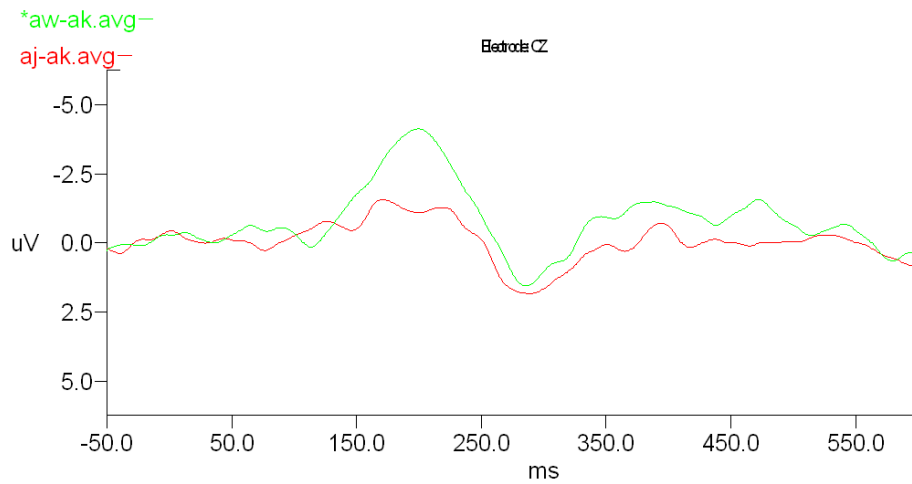


圖 24 aw-ak 與 aj-ak 受試者反應平均值

4.4.2.4 鼻音韻尾與元音韻尾、塞音韻尾的相似度

在鼻音韻尾[am]與元音韻尾[aw]和塞音韻尾[ap]的相似度方面，圖 25 所呈現之電生理訊號為多數受試者¹⁷的腦波趨勢：

¹⁷ 在八位受試者中，有六位受試者的腦波訊號呈現相同趨勢。

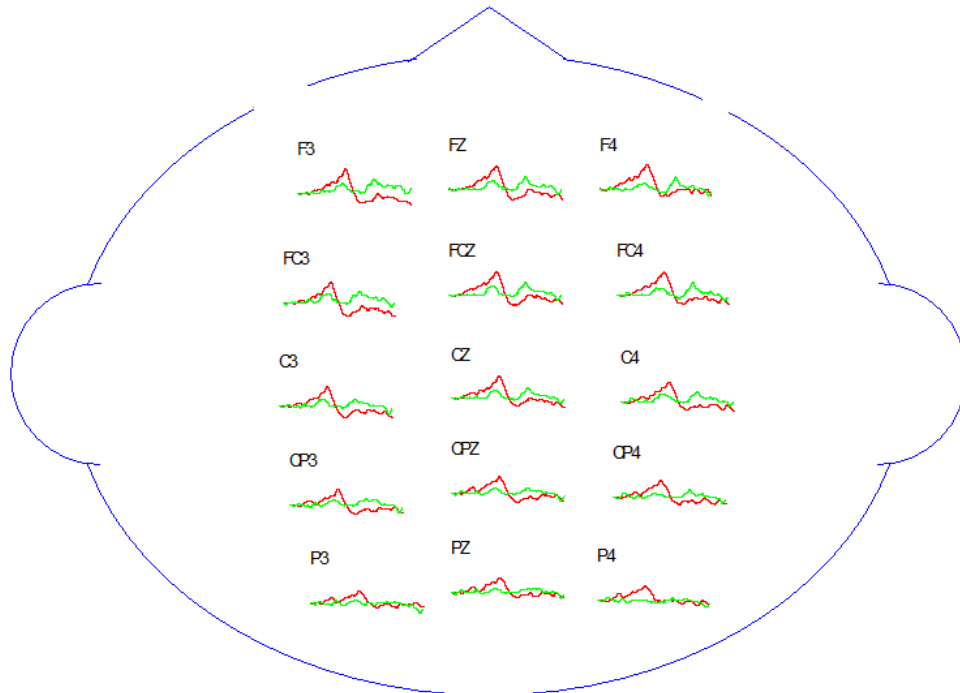


圖 25 aw-am 與 ap-am 之腦波反應

上圖中，電生理訊號的縱軸單位為微伏(μV)，負值往上。橫軸單位為毫秒(ms)，向右遞增。[aw]所誘發之 MMN 為綠色，[ap]為紅色。

以單因子變異數分析檢驗[aw]和[ap]所誘發的 MMN 波幅，統計結果達顯著差異($F(1,178)=89.264, p<0.05$)。[aw]和[ap]所誘發的 MMN 波幅分別是 $-1.98 \mu V$ 和 $-3.92 \mu V$ ，[aw]所誘發的 MMN 波幅較[ap]小，可見[am]和[aw]的差異較小。

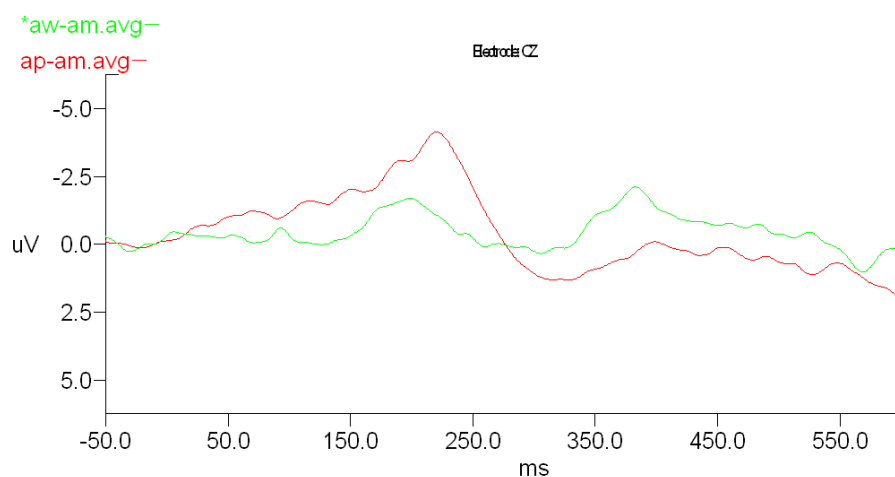


圖 26 aw-am 與 ap-am 受試者反應平均值

在鼻音韻尾[an]與元音韻尾[a]和[at]的相似度方面，圖 27 所呈現之電生理訊

號為多數受試者¹⁸的腦波趨勢：

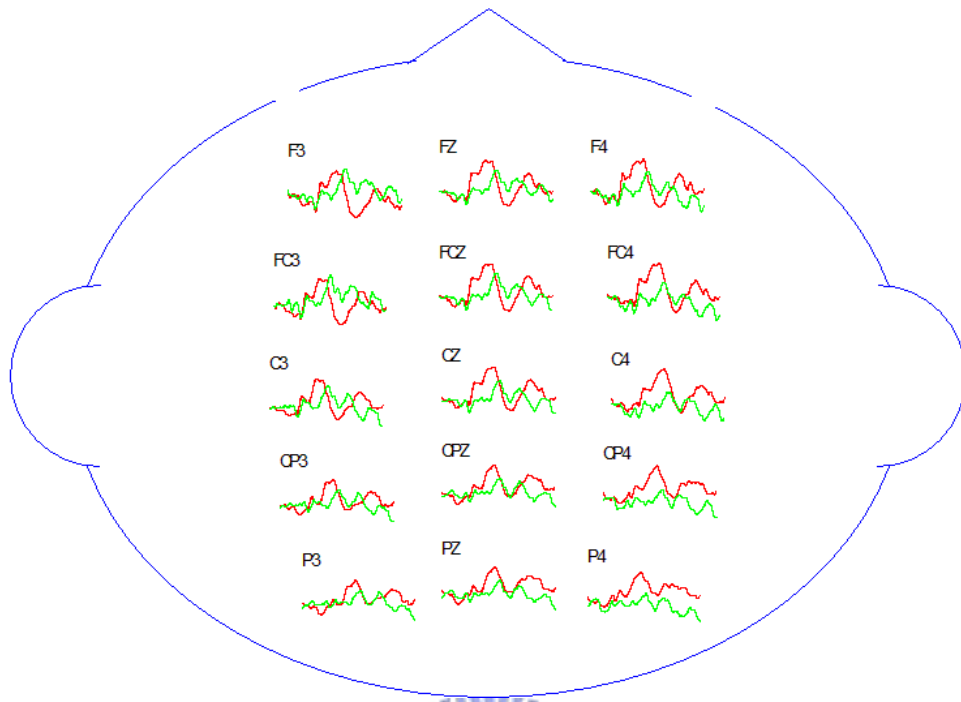


圖 27 aj-an 與 at-an 之腦波反應

上圖中，[aj]所誘發之 MMN 為綠色，[at]為紅色。以單因子變異數分析檢驗[aj]所誘發的 MMN 波幅和[at]所誘發的 MMN 波幅，統計結果達顯著差異 ($F(1,178)=76.839, p<0.05$)。[aj]和[at]所誘發的 MMN 波幅分別為 -1.48μ 和 -3.18μ V。[aj]所誘發的 MMN 波幅較[at]小，可見[an]和[aj]的差異較小。

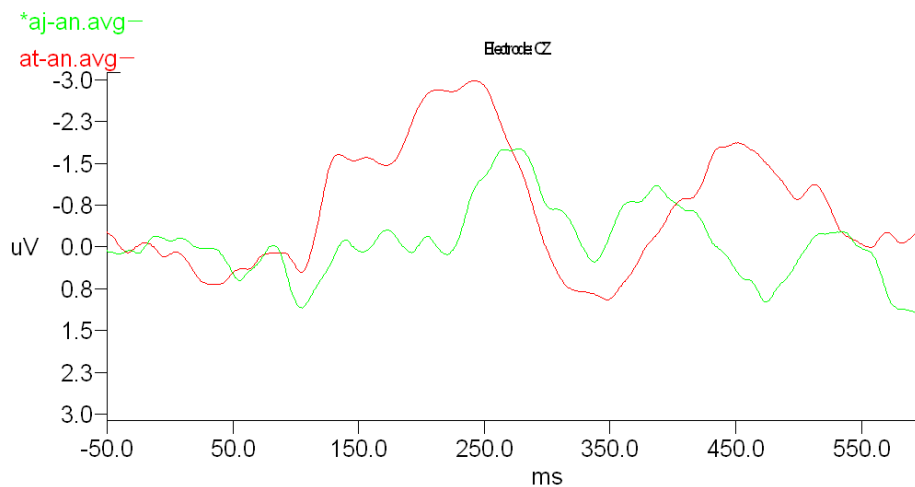


圖 28 aj-an 與 at-an 受試者反應平均值

¹⁸ 在八位受試者中，有六位受試者的腦波訊號呈現相同趨勢。

在鼻音韻尾[an]與元音韻尾[aw]和[ak]的相似度方面，圖 29 所呈現之電生理訊號為多數受試者¹⁹的腦波趨勢：

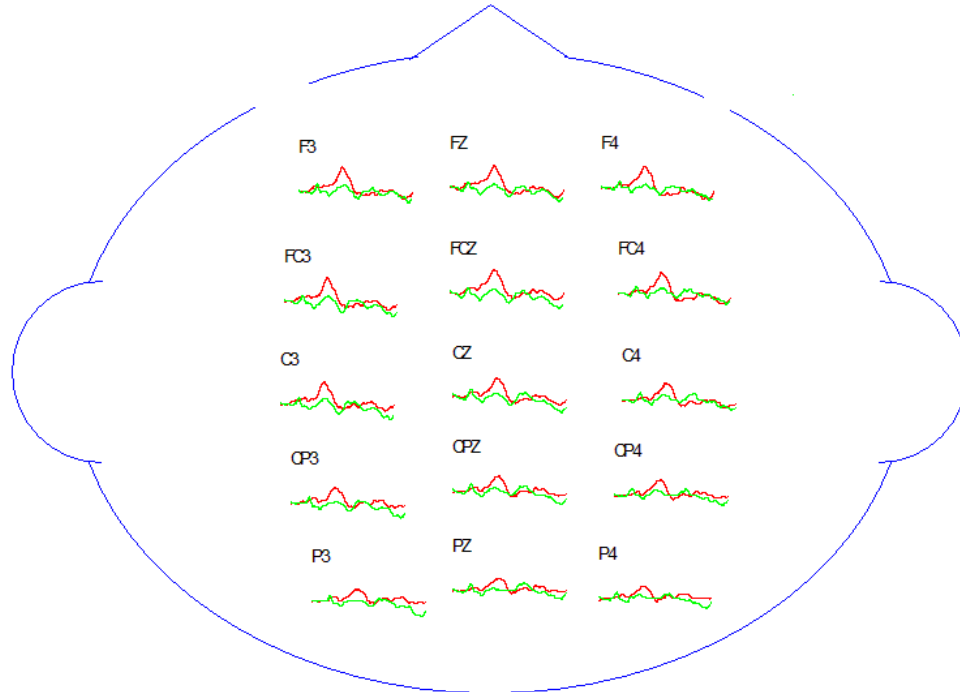


圖 29 aw-an 與 ak-an 之腦波反應

上圖中，[aw]所誘發之 MMN 為綠色，[ak]為紅色。以單因子變異數分析檢驗[aw]和[ak]所誘發的 MMN 波幅，統計結果達顯著差異($F(1,148)=92.237$, $p<0.05$)，[aw]所誘發的 MMN 波幅為 $-1.50 \mu V$ ，[ak]為 $-3.77 \mu V$ 。[aw]所誘發的 MMN 波幅較[ak]小，因此[an]和[aw]的差異較小。

¹⁹ 在八位受試者中，有五位受試者的腦波訊號呈現相同趨勢。

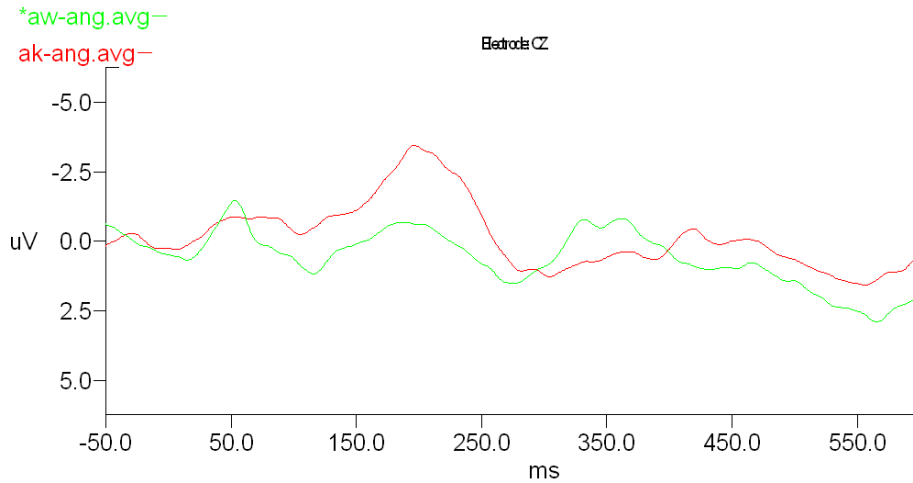


圖 30 aw-aŋ 與 ak-aŋ 受試者反應平均值

4.4.3 討論

腦事件相關電位實驗的結果整理於表十四，在「愈相似的語音所引起的 MMN 波幅愈小」的前提下，腦事件相關電位實驗結果顯示：鼻音韻尾和元音韻尾的相似性方面，[-m]和[-w]較為相似，[-n]與[-j]較為相似，[-ŋ]和[-w]較為相似。在鼻音韻尾和塞音韻尾的相似度方面，[-m]和[-p]較為相似，[-n]和[-t]較為相似，[-ŋ]和[k]較為相似。在塞音韻尾和元音韻尾的相似度方面，[-p]和[-w]較為相似，[-t]和[j]較為相似，[-k]和[-j]較為相似。

表 十四 腦事件相關電位實驗結果

condition	section	MMN 波幅
鼻音韻尾與元音韻尾的相似度	1	aw-am < aj-am
	2	aj-an < aw-an
	3	aw- aŋ < aj- aŋ
鼻音韻尾與元音韻尾的相似度	4	ap-am < ak-am < at-am
	5	at-an < ap-an < ak-an
	6	ak- aŋ < at-aŋ < ap-aŋ
鼻音韻尾與元音韻尾的相似度	7	aw-ap < aj-ap
	8	aj-at < aw-at
	9	aj-ak < aw-ak
鼻音韻尾與元音韻尾的相似度	10	aw-am < ap-am
	11	aj-an < at-an
	12	aw- aŋ < ak- aŋ

總的來看，在實驗的九個部份中，有八個部份符合「發音部位相同的韻尾音位所誘發的 MMN 波幅較小」的實驗假設，足見發音部位(place of articulation)是大腦判斷語音相似性的要素之一。值得注意的是，Hsu & Lin (2006)認為[w]和[k]都具[舌根音]徵性，理論上在本實驗中[aw]所引起的 MMN 波幅應較與[ak]不具共同徵性的[aj]小，但實驗結果正好相反。我們猜測[w]同時具有[唇音]及[舌根音]徵性，在台灣閩南語中[w]傾向於被感知為唇音，因此與舌根音[k]的相似度較小。此外，在 Hsu & Lin (2006)的語料庫中，[w]和[k]的互換語料只有二筆，而在本研究的實驗一中，受試者將[k]判斷成[w]和[j]的次數亦極為相近。因此，[w]與[k]是否較[j]與[k]相似仍待後續研究。

至於鼻音韻尾與元音韻尾或與塞音韻尾較為相似的部份，實驗結果顯示：當

鼻音韻尾為標準刺激時，元音韻尾所誘發的 MMN 波幅較塞音韻尾小，可見元音韻尾與鼻音韻尾的差異較小，亦即鼻音韻尾與元音韻尾較為相似。本實驗結果與 Frisch (1996)及 Hsu & Lin (2006)的論述相符，然而卻與本研究中的實驗一結果不同，可能原因為實驗一中的所有刺激項音長皆相等，而在實驗二中，為求與現實生活語境相符，因此元音韻尾與鼻音韻尾的音長皆調整為 500 毫秒，塞音韻尾的音長則調整為 300 毫秒，實驗中多了音長的變項，因此腦事件相關電位的實驗結果與實驗一不同。雖然如此，本實驗結果卻符合 Hsu & Lin (2006)在語誤中的觀察，亦即鼻音韻尾與元音韻尾同為舒聲韻尾又兼具[響音]徵性，因此較僅同具[輔音]徵性的鼻音韻尾與塞音韻尾相似。



第五章 結論與展望

5.1 綜合討論

本篇論文從音韻學的角度出發，試圖從感知的角度驗證 Hsu & Lin (2006)所提之論點：(一) 愈相似的音位愈容易發生互換的情形；(二) 鼻音韻尾與元音韻尾的相似度高於鼻音韻尾與塞音韻尾；(三) 雙唇塞音的顯著性高於舌根塞音，舌尖塞音的顯著性最低。研究中共包含二個感知實驗，實驗一仿照 Miller & Nicely (1955)的噪音實驗，在實驗的刺激項覆以不同程度的噪音，讓受試者判斷，之後將受試者的答題反應做成混淆矩陣，並帶入 Shepard (1972)的公式計算韻尾相似性。實驗結果顯示：(一) 發音部位的相似性會影響受試者對於韻尾音位的判斷，愈相似的音位愈容易被混淆；(二) 鼻音韻尾與塞音韻尾的相似性高於鼻音韻尾與元音韻尾；(三) 塞音韻尾的顯著性為雙唇音最高，舌根音最不顯著。鼻音韻尾的顯著性為舌根音最高，舌尖音次之，唇音最低。

實驗二包含行為實驗和腦事件相關電位實驗，以有意義的閩南語單音節為實驗材料。腦事件相關電位實驗採用 MMN 實驗的進行方式，讓受試者聆聽一連串的標準刺激，中間穿插偏差刺激，離線分析將偏差刺激所誘發的腦電波減去標準刺激所誘發的腦電波，所得即為 MMN 波。實驗結果顯示發音部位的異同將會影響大腦判斷語音的相似性。

綜合實驗一和實驗二的結果，本研究的發現如下：發音部位為判斷語音相似性的要素之一。在語誤資料中，發音部位相同的二個音位被說錯的次數高於發音部位不同的音位，在聽覺感知方面，發音部位相同的二個音位被聽錯的機率亦大於發音部位不同的音位。

在鼻音韻尾與元音韻尾及塞音韻尾的相似性比較方面，實驗一的結果顯示鼻音韻尾與塞音韻尾較為相似，然而實驗中二的結果卻是鼻音韻尾與元音韻尾較為

相似，導致這項差異的原因可能是音節時長。爲了更接近語言事實，腦事件相關電位實驗中的鼻音韻尾與元音韻尾的音節時長相同，而與塞音韻尾的音節時長不同。然而以現有的研究結果搭配 Hsu & Lin (2006)的語誤發現，鼻音韻尾與元音韻尾較爲相似顯然較接近語言事實。

在塞音韻尾的感知顯著性方面，本研究的實驗結果爲雙唇塞音的顯著性高於舌尖塞音，舌尖塞音的顯著性高於舌根塞音，與前人的研究略有出入，我們將前人的研究整理如表十五。

表 十五 塞音韻尾顯著性相關研究

研究者	研究方法	研究 / 實驗材料	研究 / 實驗結果
Jun (1995)	語料研究	跨語言同化現象語料	舌根音>> ²⁰ 唇音>>舌尖音
Hsu & Lin (2006)	語料研究	台閩語語誤語料	唇音>>舌根音>>舌尖音
Hume et al. (1999)	感知實驗	pa, pi, pu; ta, ti, tu; ka, ki, ku (英語)	舌根音、唇音>>舌尖音
Winters (2001)	感知實驗	aC ₁ C ₂ a，其中 C ₁ 爲濁塞音，C ₂ 爲鼻音和濁塞音(英語)	唇音>>舌尖音>>舌根音
Wright (2001)	感知實驗	ba, da, ga, ab, ad, ag (英語)	唇音>>舌尖音、舌根音
Kochetov & So (2007)	感知實驗	taC ₁ #C ₂ ap，其中 C ₁ 和 C ₂ 爲不同發音部位的清塞音(俄語)	唇音>>舌尖音>>舌根音
本研究	感知實驗	paw, paj, pam, pan, pa, pap, pat, pak (台閩語)	唇音>>舌尖音>>舌根音

²⁰ >> 較不顯著

從表十五中可看出前人對於塞音的顯著性研究可依研究方法粗分為二類，第一類為自然語料研究，包含 Jun (1995)和 Hsu & Lin (2006)的研究；第二類以感知實驗為研究方法，包含 Hume et al. (1999)、Winters (2001)、Wright (2001)和 Kochetov & So (2007)的研究。Jun (1995)從跨語言的同化現象探討塞音的顯著性，他的研究發現：在同化現象中，舌尖塞音易受其後的塞音影響，同化成爲唇塞音或舌根塞音，唇塞音僅受其後的舌根塞音影響、同化，舌根塞音則不受同化影響，因此 Jun (1995)推論舌根塞音具有較高的顯著性，其次爲雙唇塞音，舌尖塞音的顯著性最低。Hsu & Lin (2006)根據台灣閩南語的韻尾轉換現象發現，唇音韻尾的轉換次數最低，其次爲舌根音韻尾，舌尖韻尾的轉換次數最多。Hsu & Lin (2006)因此推論唇音的顯著性高於舌根音，舌尖音的顯著性最低。由於本文以感知實驗為研究方法，探討塞音韻尾的感知顯著性，在研究方法不同的情形下，無法和 Jun (1995)和 Hsu & Lin (2006)的研究進行比較，因此僅將本研究與前人的感知實驗研究進行比較。

在以感知實驗為研究方法探討塞音之感知顯著性的研究中，Winters (2001)、Kochetov & So (2007)和本研究的實驗結果都是唇塞音的顯著性最高，舌尖塞音次之，舌根塞音的顯著性最低。然而 Wright (2001)和 Hume et al. (1999)的實驗結果卻與本研究不大相同，Wright (2001)的研究針對塞音的感知進行探討，以 *ba, da, ga, ab, ad, ag* 爲其實驗語料，並在實驗刺激上覆以不同程度的噪音，藉以探討噪音程度及音節位置是否會影響塞音的感知，研究結果顯示唇音的感知顯著性最高，舌根音和舌尖音的顯著性無明顯差別。Wright (2001)的實驗是以發音部位、音節位置及噪音程度進行三因子變異數分析，對實驗結果的論述並未細分音節位置和噪音程度。然而，從 Wright (2001)文中所附的統計數據及圖片，我們發現對於韻尾、無噪音的塞音感知，實驗結果爲唇音的顯著性高於舌尖音，舌根音的顯著性最低，與本研究相同。

Hume et al. (1999)的研究以聲母位置的清塞音為研究材料，並操弄塞音的突

發(burst)和過渡(transition)，其研究結果為舌根音、唇音的顯著性高於舌尖音，由於本研究所採用的實驗材料為韻尾塞音，在台灣閩南語的韻尾中，塞音韻尾並未除阻(release)，因此，未有突發。此外，在本研究中塞音和母音間的過渡亦未經過調整，所以塞音的突發以及塞音與母音間的過渡不同可能是造成本研究結果與 Hume et al. (1999)不同的原因之一。

5.2 研究限制與未來展望

在本研究中，實驗二的腦事件相關電位實驗所進行的實驗部分較多，每位受試者需花二天時間完成全部實驗。礙於時間因素，參與實驗的受試者僅有八位，導致在分析鼻音韻尾及塞音韻尾的相似性方面，受試者具有相同腦波趨勢的人數未超過半數。未來若時間允許，希望能蒐集足夠量的數據，讓實驗結果更臻完善。

在實驗材料方面，實驗一的設計為無意義的音節，實驗二的設計為有意義的真實音節。考量台灣閩南語的語音組合制約，本研究選擇元音[a]搭配閩南語的八個韻尾作為實驗材料。然而 Hume et al. (1999)的研究顯示當實驗材料的元音不同時，實驗結果亦會有所不同。因此，未來可針對不同的元音進行閩南語韻尾的感知研究，藉以了解元音對韻尾感知的影響。

在受試者方面，本研究的受試者多為台華雙語人或台華英三語人，而非台灣閩南語單語人。由於實驗中所播放的語料皆為單音節詞或非詞，受試者無法從實驗的語境判斷是否為閩南語音節，因此，在實驗的過程中，受試者對於閩南語韻尾的感知判斷是否受其他語言的影響，目前不得而知。日後可進一步找尋台灣閩南語單語人成為實驗的受試者，藉以了解韻尾的感知是否具有個別語言差異。

對於台灣閩南語的塞音感知，本研究所進行的實驗以韻尾塞音為實驗對象，回顧前人對於塞音感知顯著性的實驗研究，探討對象包含對聲母和韻尾濁塞音(Winters, 2001; Wright, 2001)、聲母清塞音(Hume et al., 1999)和韻尾清塞音(Kochetov & So, 2007)，研究結果不盡相同。由於台灣閩南語尚有聲母濁塞音及

聲母(除阻)清塞音，本研究僅對韻尾塞音(未除阻清塞音)進行探討，研究結果顯然無法對塞音發音部位的感知顯著性進行全面性論述，因此，台灣閩南語的塞音感知仍有待進一步的探討。

此外，未來的研究也可檢視漢語跨方言的塞音顯著性。在漢語方言的家族中，台灣閩南語、客家話等方言都還保留著塞音韻尾，然而漢語方言塞音韻尾的感知顯著性相關研究卻微乎其微。因此，未來可進一步針對漢語方言的塞音韻尾及鼻音韻尾感知進行跨方言研究，藉以了解塞音韻尾的感知是否具有方言的普遍性，以及塞音韻尾與鼻音韻尾的感知是否具有發音部位的一致性。



參考書目

- Bonte, M. L., Mitterer, H., Zellagui, N., Poelmans, H., Blomert, L., 2005. Auditory cortical tuning to statistical regularities in phonology. *Clinical Neurophysiology*, 116, 2765-2774
- Byrd, D. 1994. Articulatory Timing in English Consonant Sequences. PhD dissertation, University of California, Los Angeles.
- Chen, Matthew Y. 1973. Cross-Dialectal Comparison: A Case Study and Some Theoretical Considerations, *Journal of Chinese Linguistics*, 1.1, 38-63.
- Chung, R. F. 1996. The Segmental Phonology of Southern Min in Taiwan, Taipei: The Crane Publishing Co.
- Clements, George N. and Hume, Elizabeth V. 1995. The internal organization of speech sounds. In John A. Goldsmith (ed.), *The Handbook of Phonological Theory*, Oxford: Blackwell, pp. 245-306.
- Flemming, E. 1995. Auditory representations in phonology. PhD dissertation, University of California, Los Angeles.
- Frisch, S. 1996. Similarity and Frequency in Phonology. PhD Dissertation, Northwestern University.
- Frisch, S., Pierrehumbert, J., & Broe, M. 2004. Similarity avoidance and the OCP. *Natural Language and Linguistic Theory*, 22, 179–228.
- Gordon, M. 1999. Syllable weight: Phonetics, phonology and typology. PhD dissertation, University of California, Los Angeles.
- Hayes, Bruce, Kirchner, Robert, and Steriade, Donca eds. 2004. *Phonetically-based*

Phonology. Cambridge: Cambridge University Press.

Hsu, H. C. & Lin, Y. H. 2006. Coda Exchange in Chinese, paper presented at the Chicago Workshop on Chinese Linguistics, December 1-2, University of Chicago, USA.

Hume, E., Johnson, K., Seo, M. & Tserdanelis, G. 1999. A cross-linguistic study of stop place perception. *Proceedings of the International Congress of Phonetic Sciences*. pp. 2069-72.

Johnson, Keith. 2003. *Acoustic and Auditory Phonetics*, Oxford: Blackwell.

Jun, J. 1995. Perceptual and articulatory factors in place assimilation: An optimality theoretic approach. PhD dissertation, University of California, Los Angeles.

Kirchner, R. 1997. Contrastiveness and faithfulness. *Phonology*, 14, 83-111.

Kirchner, R. 2000. Geminate inalterability and lenition. *Language*, 76, 509-45.

Kochetov, A. & So, C. K. 2007. Place assimilation and phonetic grounding: a cross-linguistic perceptual study. *Phonology*, 24, 397-432.

Kuehn, D. P., & M. L. Moll 1976. A cineradiographic study of VC and CV articulatory velocities. *JPh* 4. 303-320.

Miller, G. A. & Nicely, P. E. 1955. An analysis of perceptual confusions among some English consonants, *Journal of the Acoustical Society of America*, 27, 338-352

Näätänen, R., Gaillard, A.W.K., & Mäntysalo, S. 1978. Early selective-attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychologica*, 42, 313-329.

Näätänen, R., Lehtokoski, A., Lennes, M., Cheour, M., Huottilainen, M., Livonen, A., Vainio, M., Alku, P., Ilmoniemi, R. J., Luuk, A., Allik, J., Sinkkonen, J. and Alho, K. 1997. Language-specific phoneme representations revealed by electric

and magnetic brain responses. *Nature* 385, 432-434.

Näätänen, R. 2001. The perception of speech sounds by the human brain as reflected by the mismatch negativity (MMN) and its magnetic equivalent (MMNm). *Psychophysiology*, 38, 1-21.

Ohala, J. J. 1979. The contribution of acoustic phonetics to phonology. In: B. Lindblom et al. (eds.), *Frontiers of Speech Communication Research*, London: Academic Press, pp. 355-363.

Ohala, John and M. Ohala 1993. The phonetics of nasal phonology: theorems and data. In M. K. Huffman & R. A. Krakow (eds.), *Nasals, Nasalization, and the Velum*, [Phonetics and Phonology Series, Vol. 5] San Diego, CA: Academic Press, pp. 225-249.

Öhman, S. E. G. 1967. Numerical model of coarticulation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 41, 310-320.

Picton, T. W., Alain, C., Otten, L., Ritter, W. and Achim, A. 2000. Mismatch negativity: different water in the same river. *Audiology Neuro Otology*, 5, 111-139.

Roberts, T. H. & Li, Y. C. 1963. Problems in the phonology of the southern Min dialect of Taiwan. *Tunghai Journal*, 5(1), 95-108.

Shattuck-Hufnagel, S., & Klatt, D. 1979. The limited use of distinctive features and markedness in speech production: Evidence from speech error data. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 41-55.

Shepard, R. N. 1972. Psychological Representation of Speech Sounds. In David E. E., Jr., Denes P. B. (Eds.), *Human communication: A Unified view*, pp. 67-113

Silverman, D. 1997. *Phrasing and recoverability*. New York: Garland.

- Stemberger, J. 1990. Wordshape errors in language production. *Cognition*, 35, 123–157.
- Stemberger, J. 1991. Radical underspecification in language production. *Phonology*, 8, 73–112.
- Wicklegren, W. A. 1965. Distinctive features and errors in short-term memory for English vowels. *Journal of the Acoustical Society of America*, 38, 583-588.
- Wicklegren, W. A. 1966. Distinctive features and errors in short-term memory for English consonants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 39, 388-398.
- Winitz, H., M. E. Scheib, & J. A. Reeds 1972. Identification of stops and vowels for the burst portion of /p,t,k/ isolated from conversational speech. *Journal of the Acoustical Society of America*, 51, 1309-1317.
- Winters, S. 2001. VCCV Perception: Putting Place in its Place. *Ohio Working Papers in Linguistics*, Keith Johnson and Elizabeth Hume (eds.), 55, 70-81.
- Wright, R. 2001. Perceptual cues in contrast maintenance. In E. Hume & K. Johnson (eds.), *The role of speech perception in phonology*. San Diego CA: Academic Press. 251-277
- Zhang, J. 2000. Non-contrastive features and categorical patterning in Chinese diminutive suffixation: $M_{AX}[F]$ or $I_{DENT}[F]$?. *Phonology*, 17, 427-428.
- 鍾榮富 2002 《台語的語音基礎》，台北：文鶴出版有限公司。
- 趙侖 2004 《ERP 實驗教程》，天津社會科學院出版社。
- 游丞儀 2006 《台灣閩南語聲調與調域感知之腦電波研究》，碩士論文，新竹教育大學台灣語言與語文教育研究所。
- 魏景漢、羅躍嘉 2002 《認知事件相關腦電位教程》，北京：經濟日報出版社。

附錄一

語言背景問卷

姓名：_____ 填寫該問卷日期：_____

出生年月日：_____ 年齡：_____ 編號：_____

慣用手： 左 右 家中是否有人慣用左手？ 有 _____ 無 _____

1. 你目前最常使用的語言是什麼？_____（若多於一種，請註明）

2. 請列舉你會使用的所有語言，從最擅長的到最不擅長的，而且敘述你幾歲開始接觸該語言（如台語、國語、客家語、英語、日語）



語言	接觸年齡	使用（接觸）情形
1. 台語		
2. 國語		
3. 英語		
4. 日語		
5. 客語		
6. 其他_____		

3.當你和以下的人說話，你偏好用哪一種語言？

祖父母_____ 配偶／男女朋友_____

父母 _____ 兒女 _____

兄弟姊妹_____ 堂表兄弟姊妹_____

同事 _____ 向陌生的人問路 _____

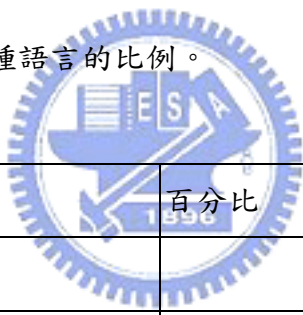
4.在下列情況下，你通常使用那一種語言？

跟朋友說話 _____ 跟家人說話 _____

閱讀 _____ 工作 _____

看電視_____ 寫作_____

5 請估計在你生活中使用各種語言的比例。



語言	百分比
國語	
台語	
客語	
英語	
總計	100%

6. 請替你所使用的語言程度，依下列標準打分數

語言	說	聽	讀	寫
國語				
台語				
客語				
英語				
日語				

1=初學程度（幾乎無程度可言）

2=

3=

4=中等，為「堪用」之程度

5=

6=

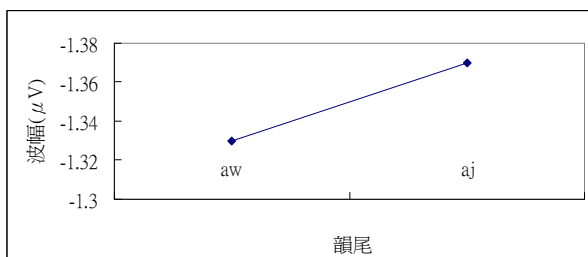
7=非常非常流利



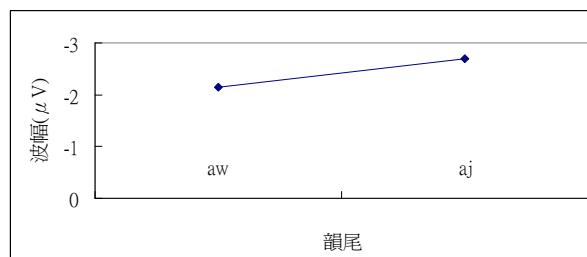
附錄二

1. aw-am 與 aj-am 的 MMN 差異

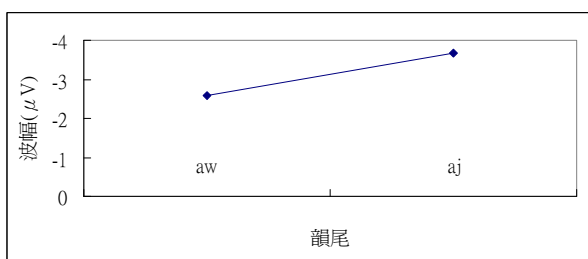
受試者一



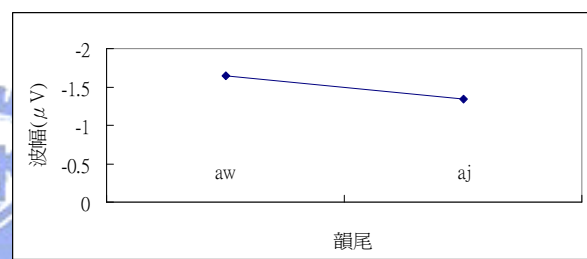
受試者二



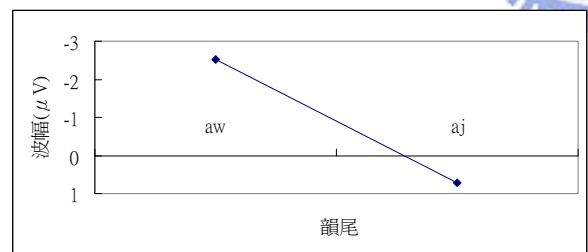
受試者三



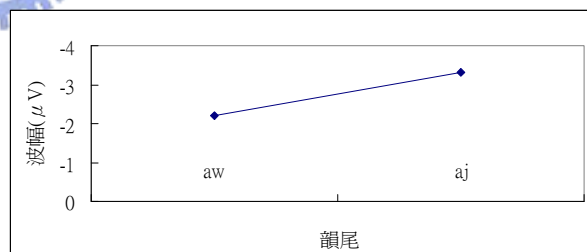
受試者四



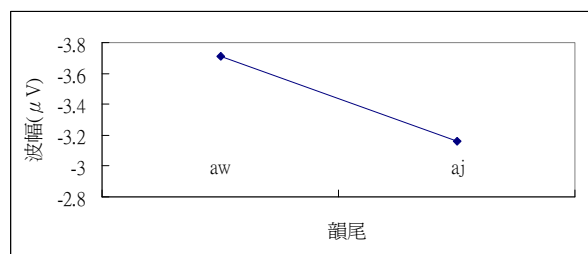
受試者五



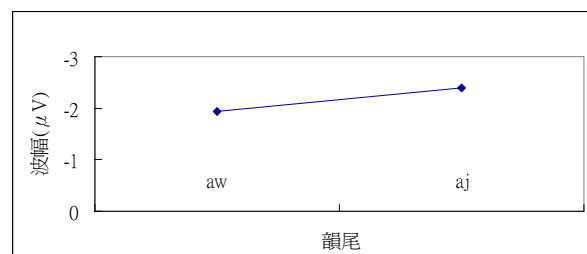
受試者六



受試者七

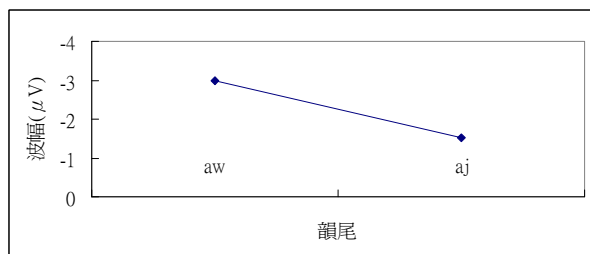


受試者八

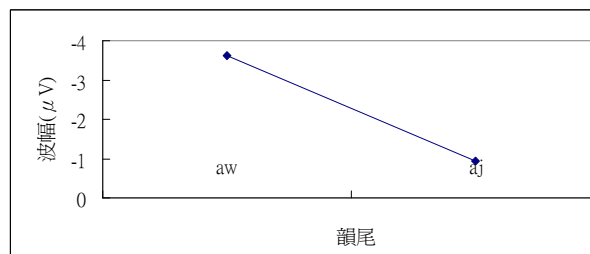


2. aw-an 與 aj-an 的 MMN 差異

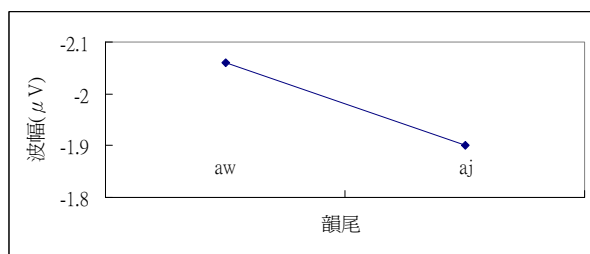
受試者一



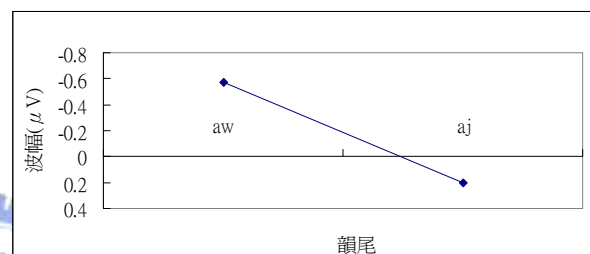
受試者二



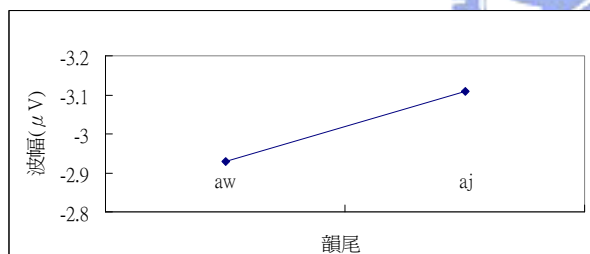
受試者三



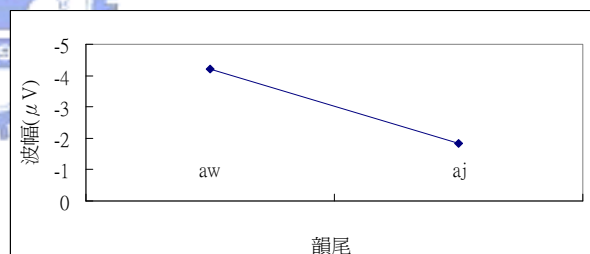
受試者四



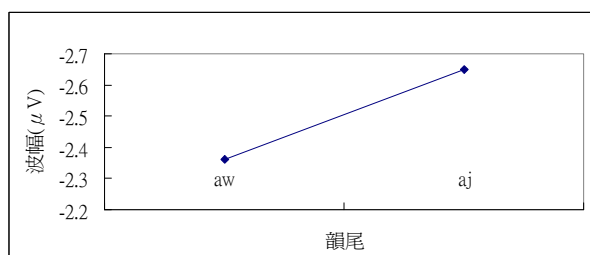
受試者五



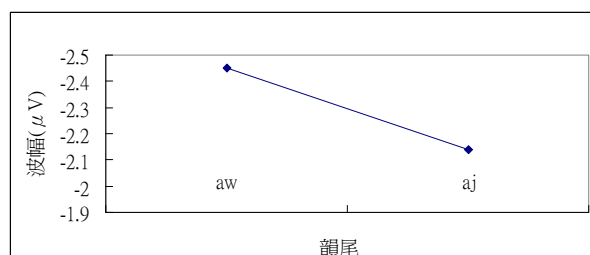
受試者六



受試者七

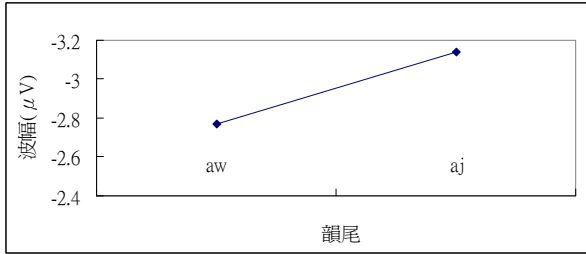


受試者八

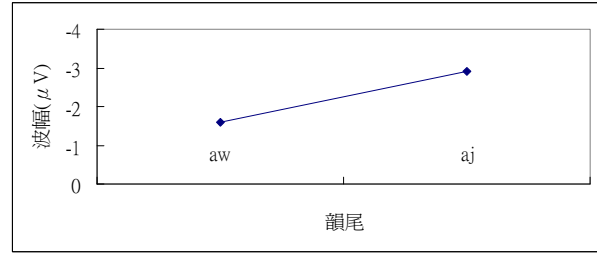


3. aw-aj 與 aj-aj 的 MMN 差異

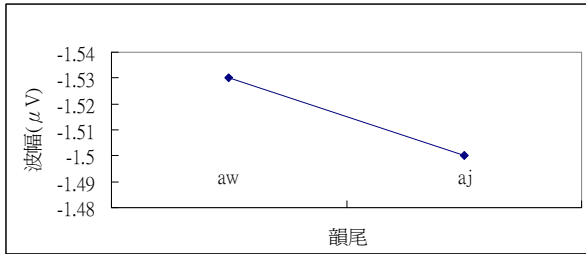
受試者一



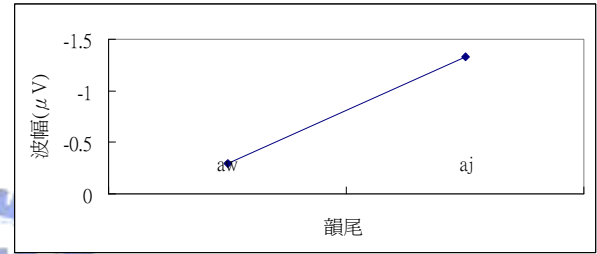
受試者二



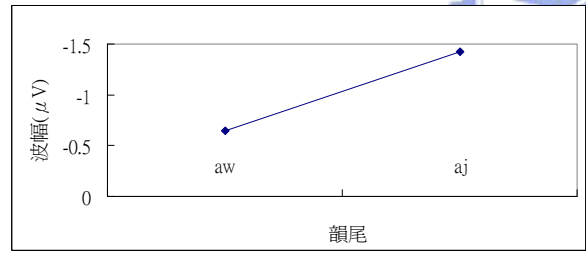
受試者三



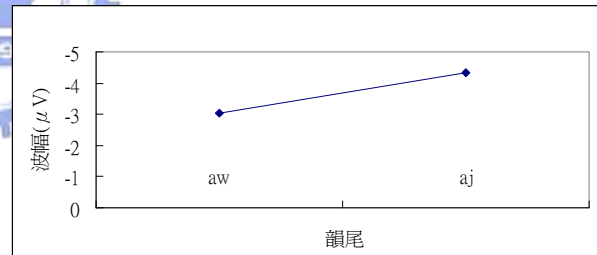
受試者四



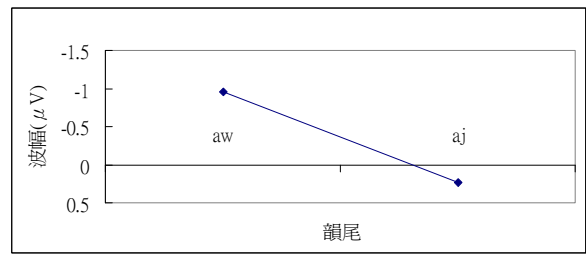
受試者五



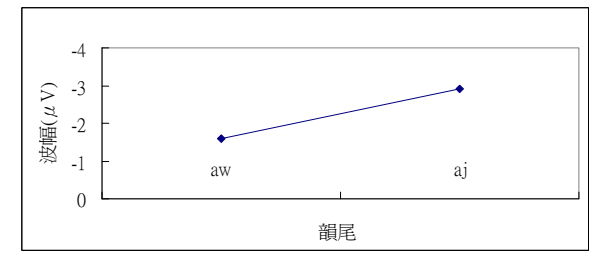
受試者六



受試者七

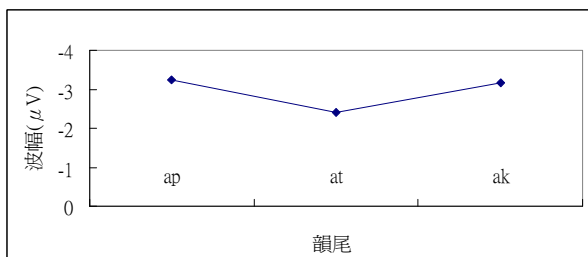


受試者八

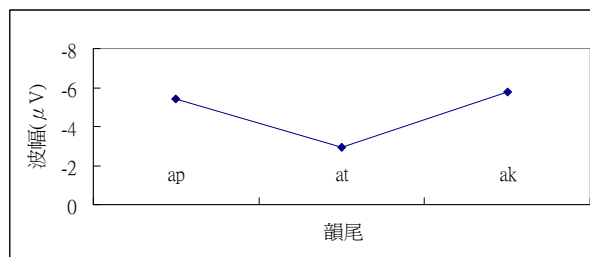


4. ap-am、at-am 與 ak-am 的 MMN 差異

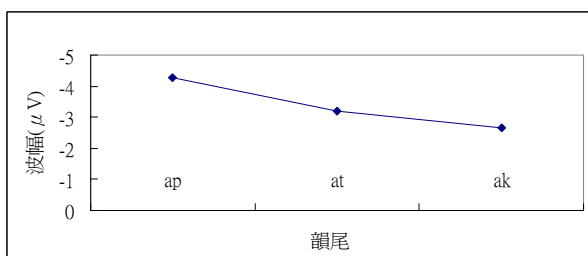
受試者一



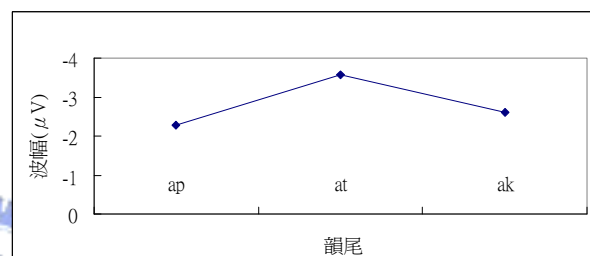
受試者二



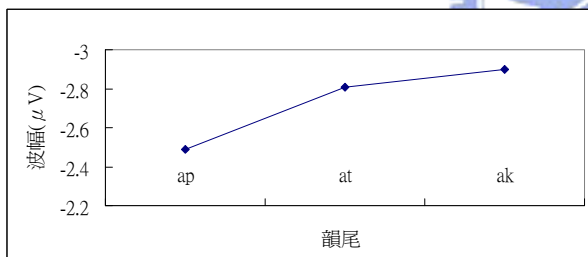
受試者三



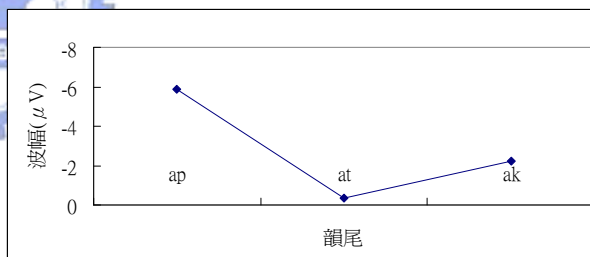
受試者四



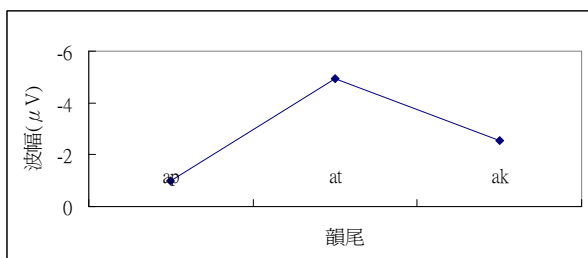
受試者五



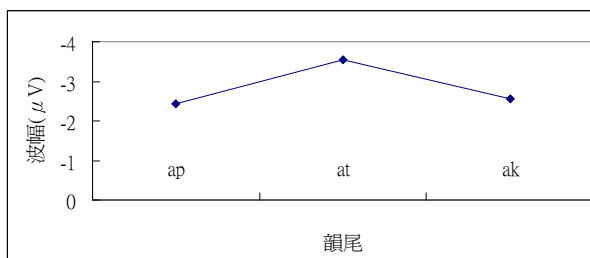
受試者六



受試者七

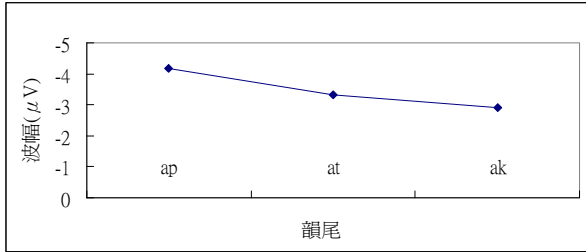


受試者八

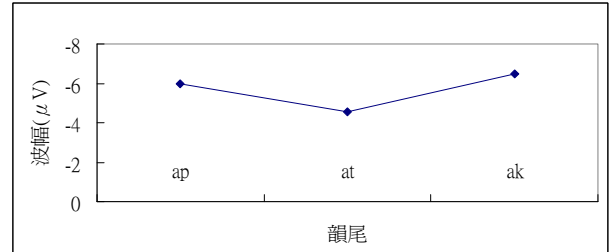


5. ap-an、at-an 與 ak-an 的 MMN 差異

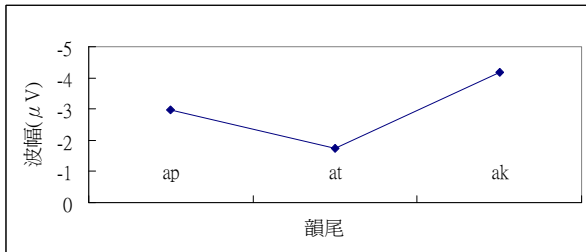
受試者一



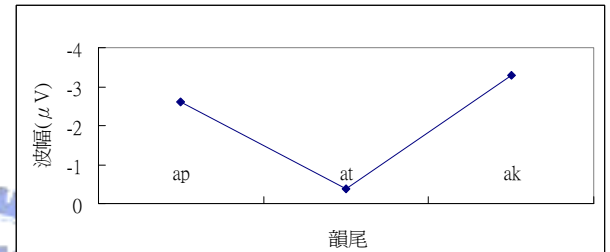
受試者二



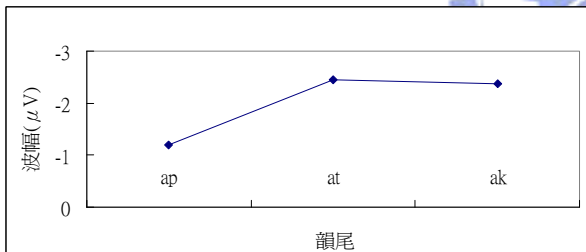
受試者三



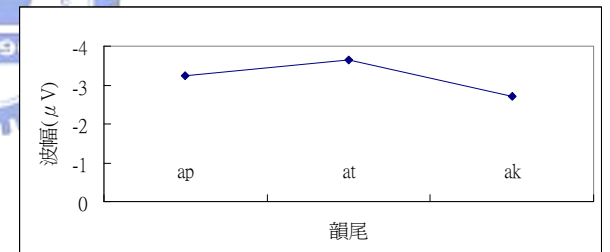
受試者四



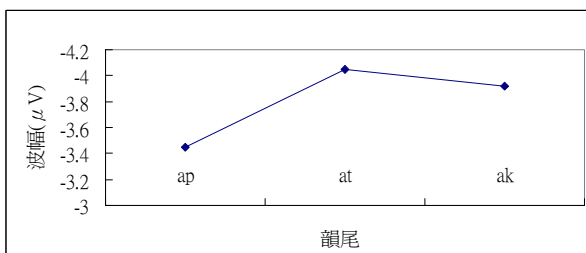
受試者五



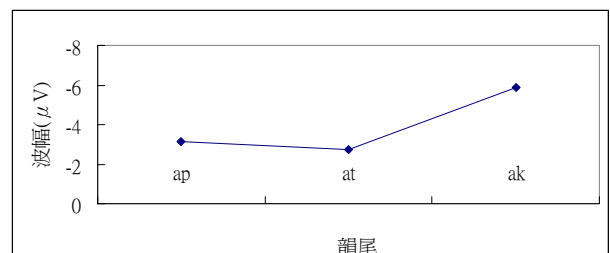
受試者六



受試者七

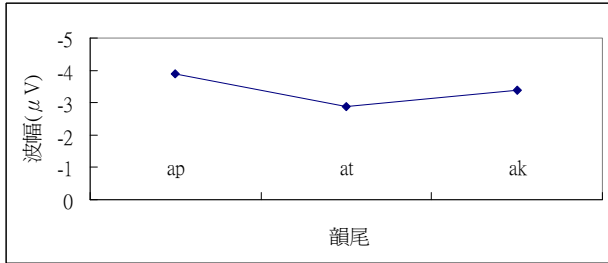


受試者八

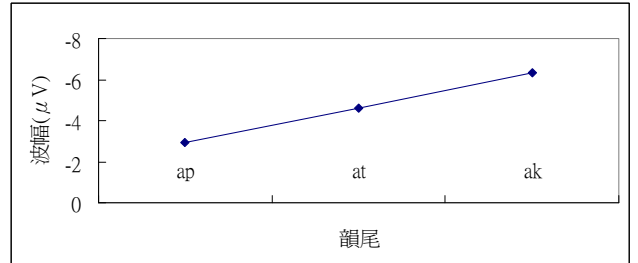


6. ap-aj、at-aj 與 ak-aj 的 MMN 差異

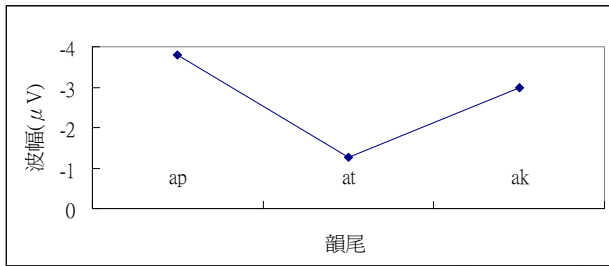
受試者一



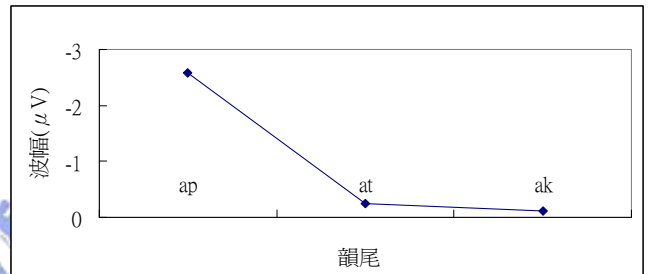
受試者二



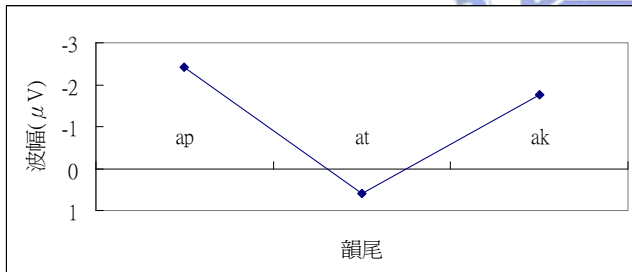
受試者三



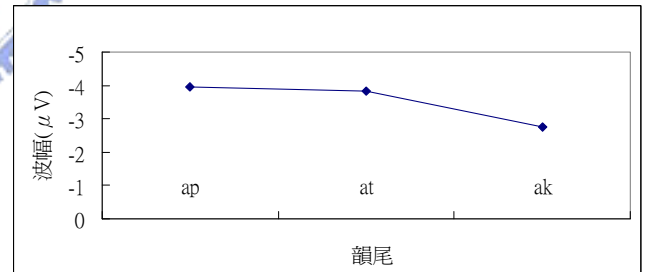
受試者四



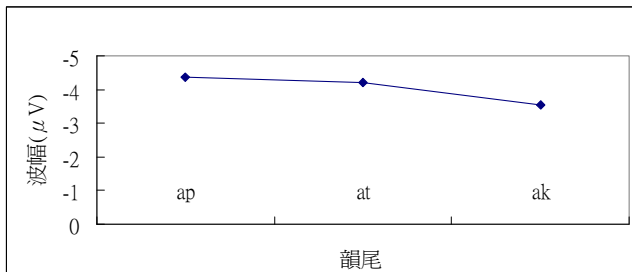
受試者五



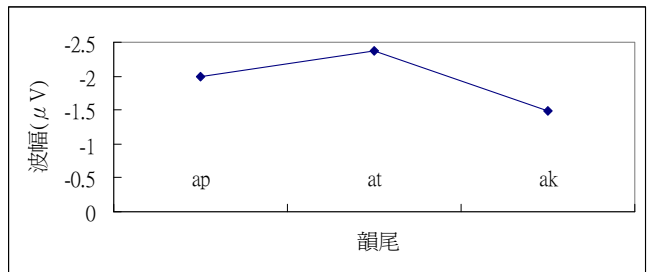
受試者六



受試者七

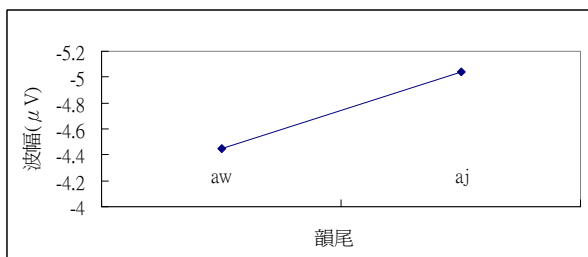


受試者八

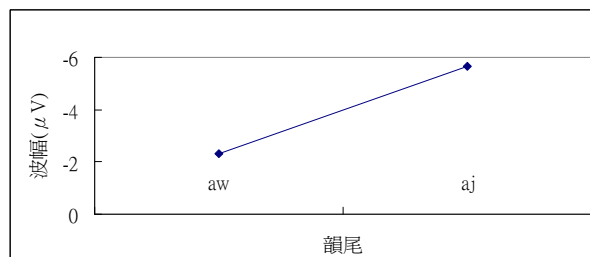


7. aw-ap 與 aj-ap 的 MMN 差異

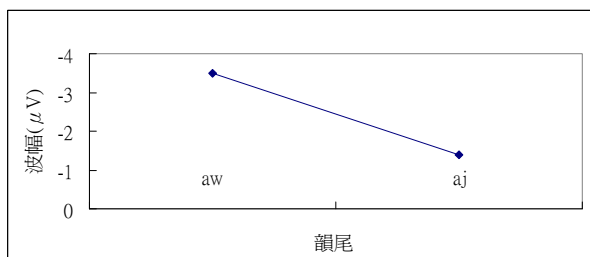
受試者一



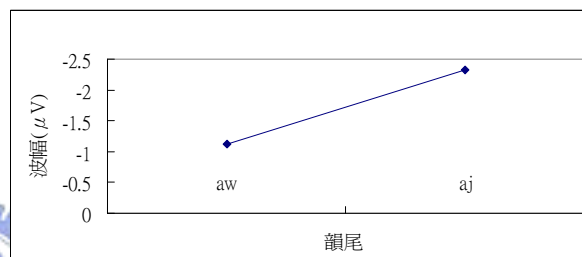
受試者二



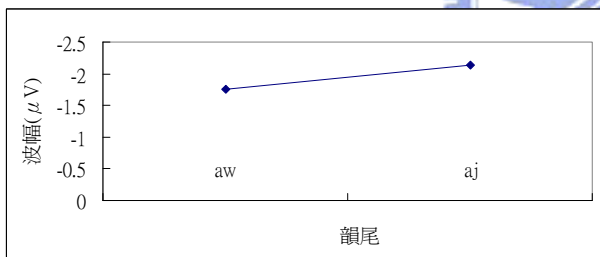
受試者三



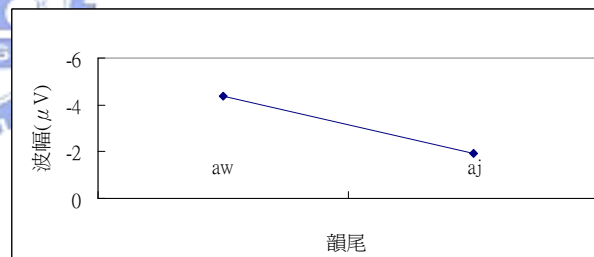
受試者四



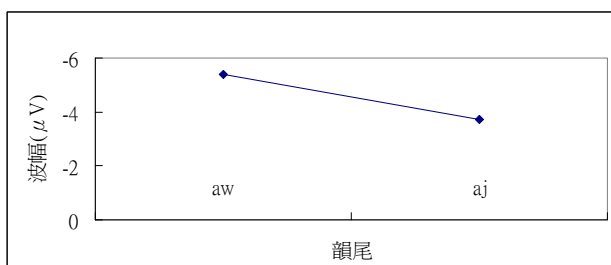
受試者五



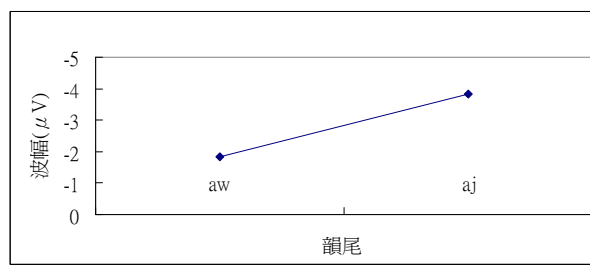
受試者六



受試者七

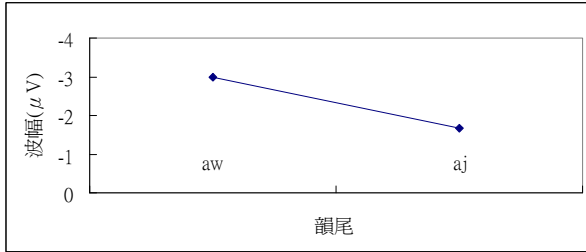


受試者八

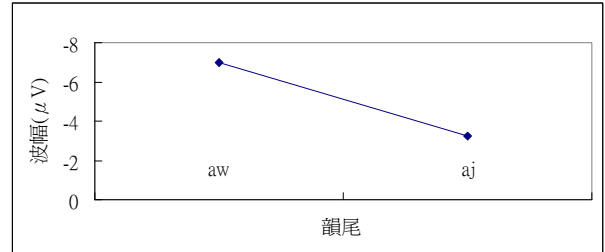


8. aw-at 與 aj-at 的 MMN 差異

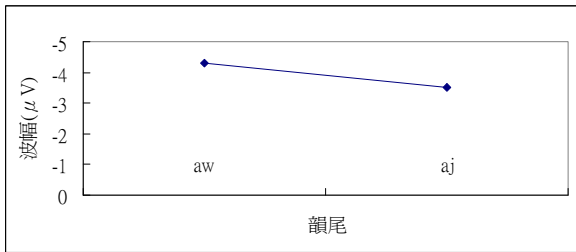
受試者一



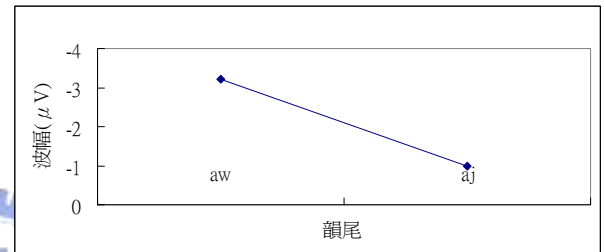
受試者二



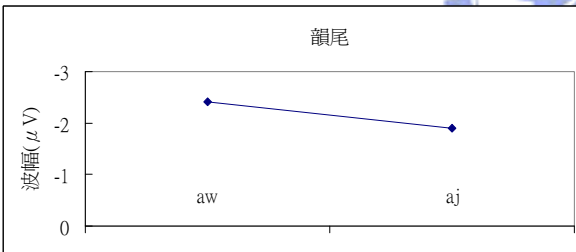
受試者三



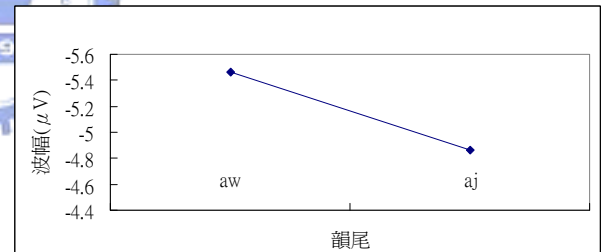
受試者四



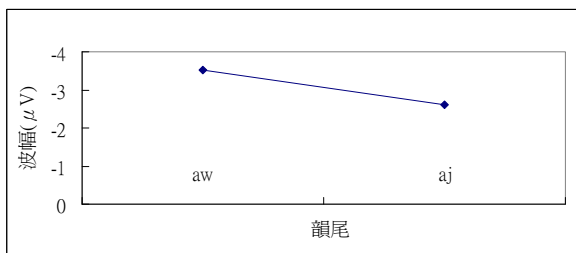
受試者五



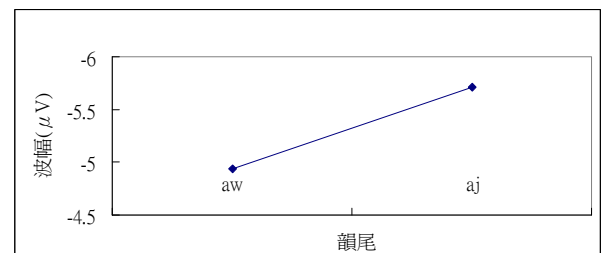
受試者六



受試者七

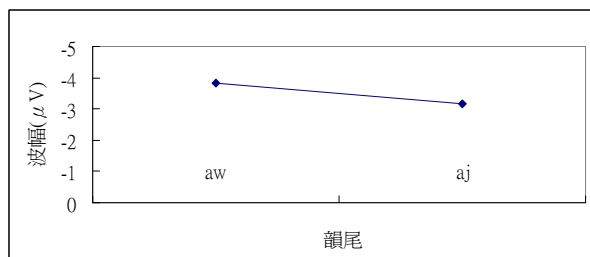


受試者八

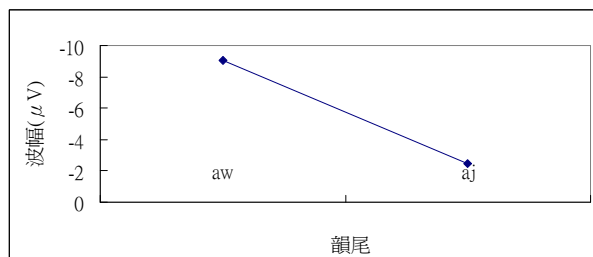


9. aw-ak 與 aj-ak 的 MMN 差異

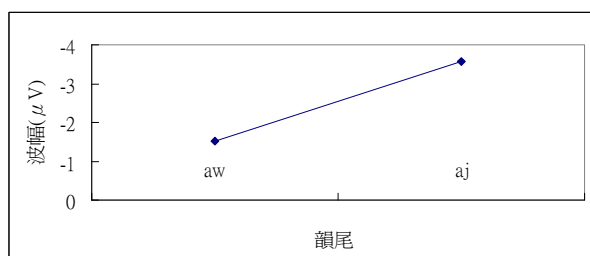
受試者一



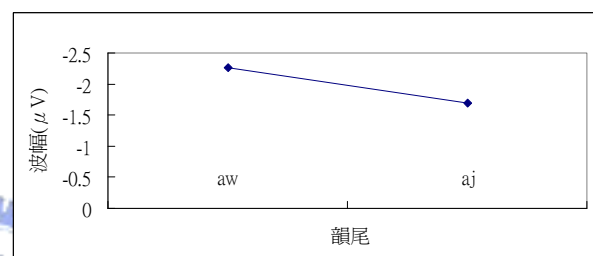
受試者二



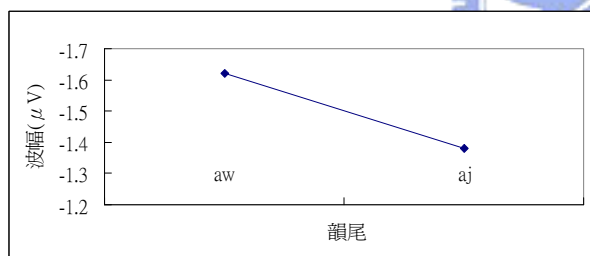
受試者三



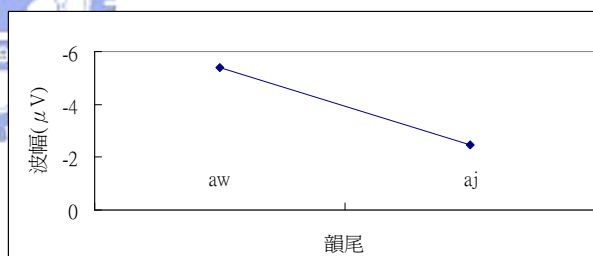
受試者四



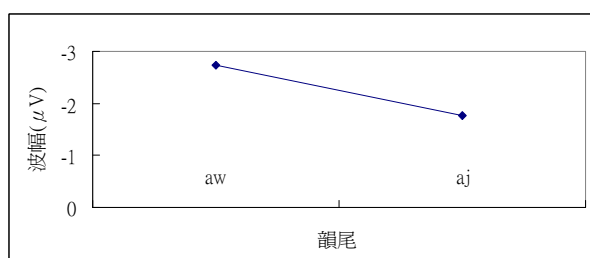
受試者五



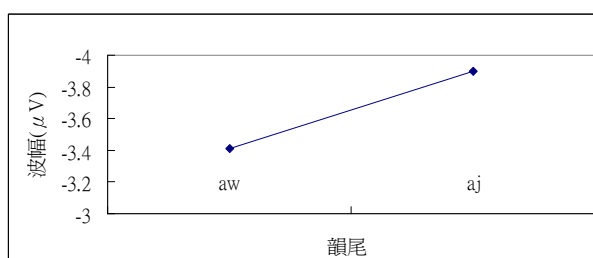
受試者六



受試者七

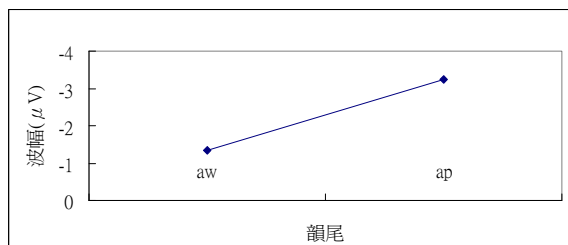


受試者八

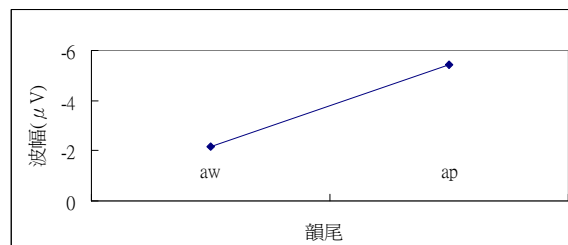


10. aw-am 與 ap-am 的 MMN 差異

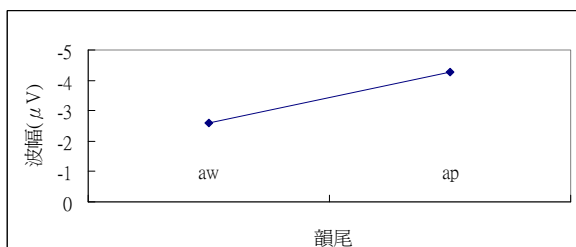
受試者一



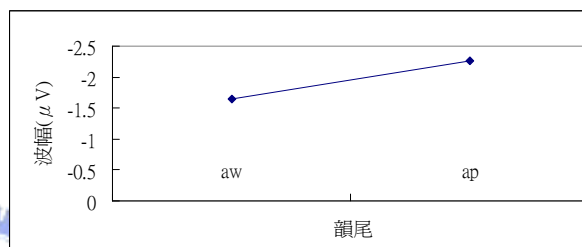
受試者二



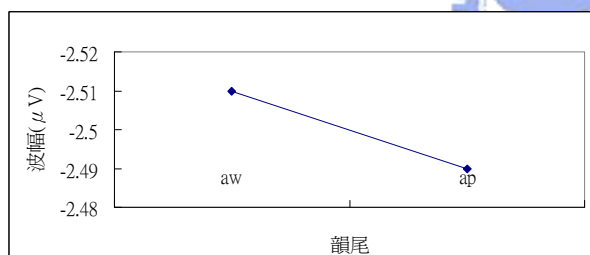
受試者三



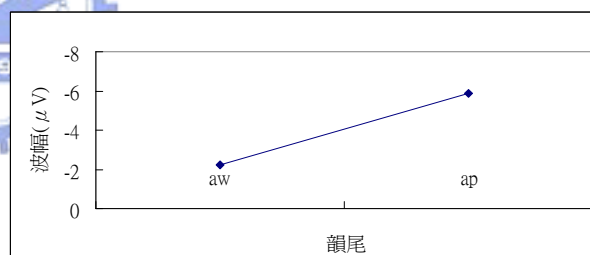
受試者四



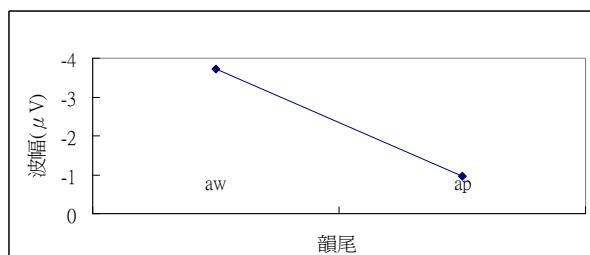
受試者五



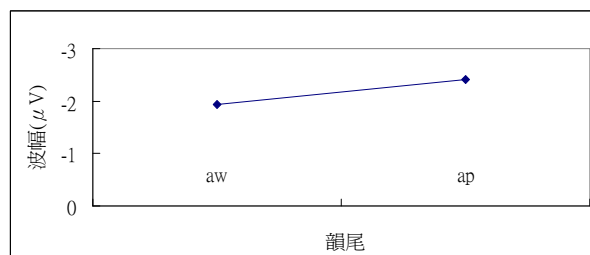
受試者六



受試者七

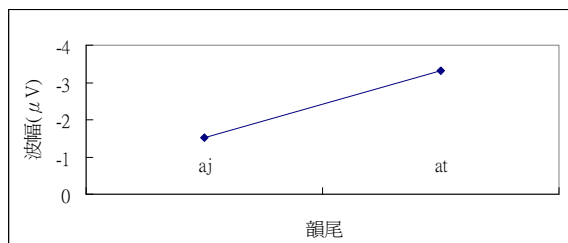


受試者八

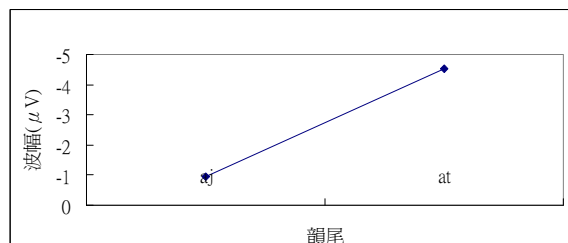


11. aj-an 與 at-an 的 MMN 差異

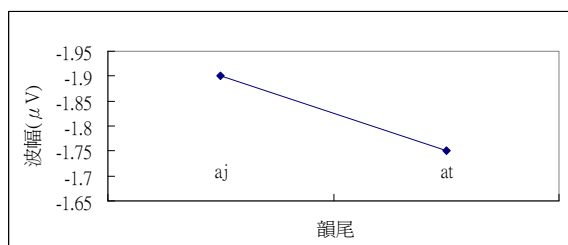
受試者一



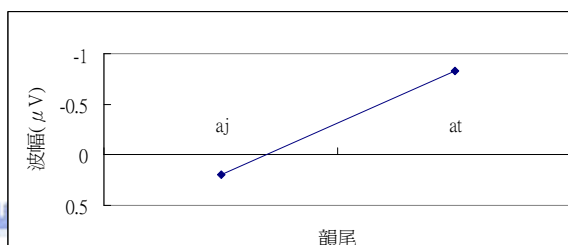
受試者二



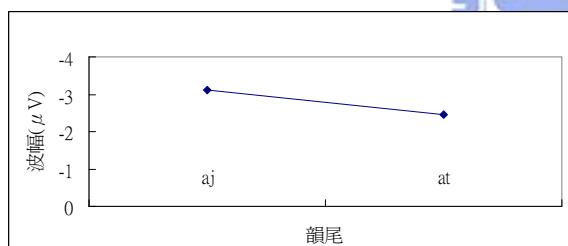
受試者三



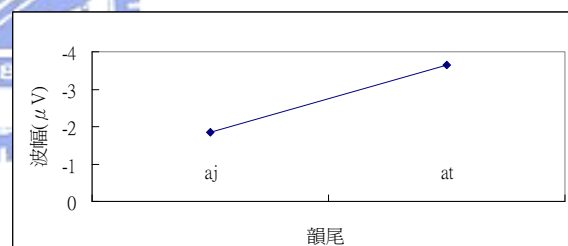
受試者四



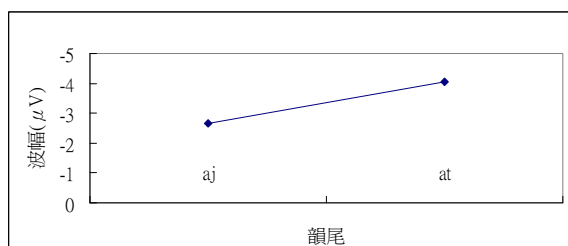
受試者五



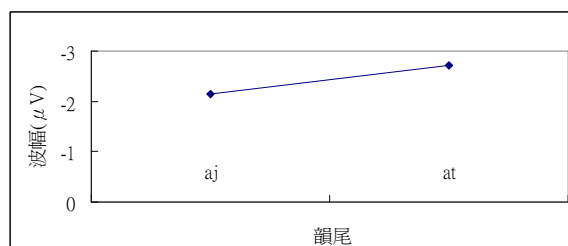
受試者六



受試者七

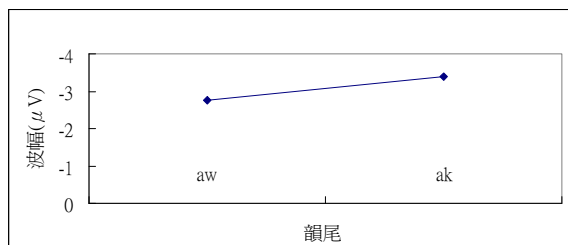


受試者八

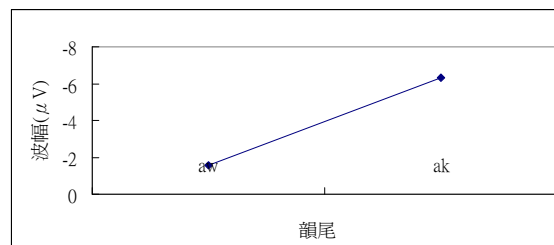


12. aw- an 與 ak- an 的 MMN 差異

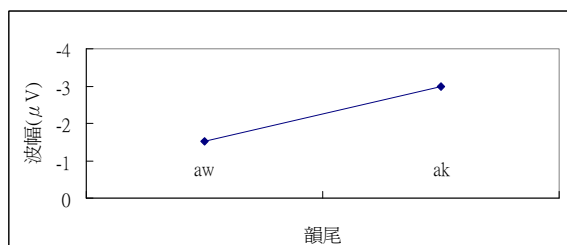
受試者一



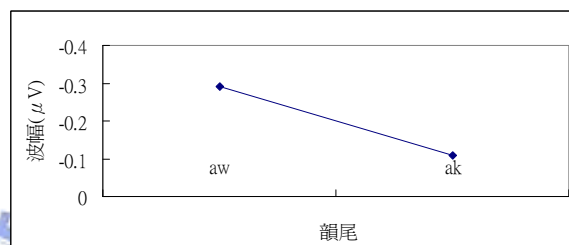
受試者二



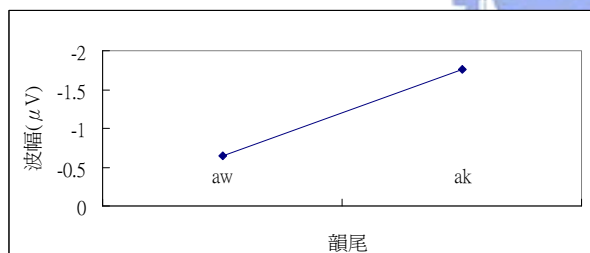
受試者三



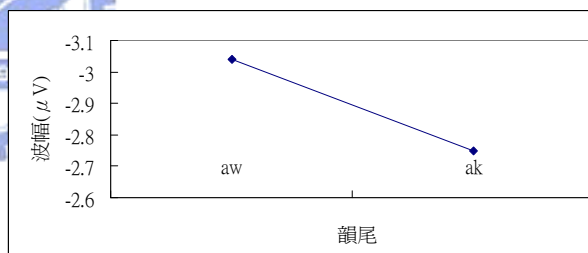
受試者四



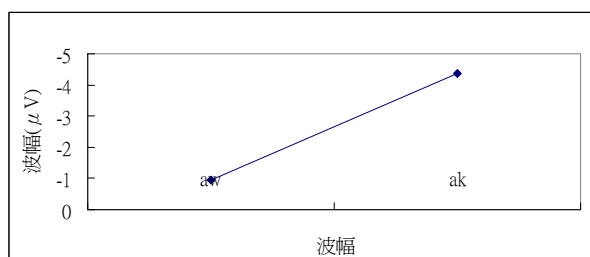
受試者五



受試者六



受試者七



受試者八

