

國立政治大學 心理學系研究所

碩士論文

指導教授：李佳穎 博士

以事件相關電位探討中文語音辨識中的字形一致性效應

Event-Related Potentials studies for the Orthographic Consistency effects on Chinese spoken word
recognition

研究生：陳薇帆

中華民國一〇一年六月

摘要

本研究以事件相關電位方法，探討中文字在進行聽覺詞彙辨識的作業中，分別受字形表徵的同音字密度多寡、以及字音－字形對應一致性的影響。首先進行中文字的字音－字形一致性語料庫的建立，量化中文字的音形對應一致性程度。透過明確的定義並操弄中文字的音形對應一致性，以及中文字同音字密度的特性，探討在進行中文字聽覺詞彙辨識歷程中，字形表徵屬性如何對語音辨識作業產生影響的認知歷程。實驗分為三種情境（1）同音密度低（low HD）、（2）同音密度高/音形對應一致性高（high HD/high P-O）、（3）同音密度高/音形對應一致性低（high HD/low P-O）。前兩項的比較為高同音字密度下的音形對應一致性效果，而後兩項的比較則為在高音形對應一致性下的同音字密度的效果。實驗一採語意判斷作業，研究結果顯示，在制高同音字密度時，高音形對應一致性的字引發較大的 N400；而在高音形對應一致性時，同音字密度效果在 LPC 得到顯著的差異。反應中文字在聽覺詞彙判斷作業上，字形可自動被激活，進而影響語音的辨識。實驗二採押韻判斷作業，研究結果同樣發現高音形對應一致字引發較大的 N400，實但同音字密度效果性效果在判斷押韻作業上並未達顯著效果。另外，在高音形對應一致性情形下所得到的押韻效果最大，尤以同音字密度高且音形對應一致性高的情況下，押韻效果出現的時間較早。本研究結果支持雙向交互激發模型（BIAM）的假設：中文口語詞彙辨識的歷程中，也會自動激發字形訊息，而語音、字形、語意之間的對應一致性越好，口語詞彙辨識及其整體處理的效能也越高。

目錄

前言.....	5
字詞辨識歷程－雙路徑模型.....	6
平行分佈處理模型.....	8
雙向交互激發模型 Bimodal interaction activation model (BIAM)	9
字形到字音的對應一致性 (O-P 一致性)	10
字音到字形的對應一致性 (P-O 一致性)	11
事件相關電位的介紹與優勢.....	13
事件相關電位.....	13
與詞彙辨識相關的事件相關電位－腦波成分.....	14
N320.....	14
N400.....	14
LPC	15
字音-字形對應一致性研究-事件相關電位的回顧.....	16
中文文字系統的特性.....	23
中文字字形到字音的對應一致性 (O-P 一致性)	23
中文字字音到對應字形的個數 (同音字密度).....	25
中文字字音到對應字形的一致性 (P-O 一致性)	26
建立中文字音-字形對應一致性資料庫.....	28
實驗一：字形一致性效果事件相關電位研究－語意判斷作業.....	32
研究目的.....	32
受試者.....	32
實驗設計與刺激材料.....	32
實驗程序.....	34
研究預期.....	35
測量工具.....	36
實驗結果.....	36
事件相關電位資料的前處理.....	36
事件相關電位－統計分析.....	37
統計分析結果.....	39
實驗結果討論.....	42
N400.....	42

LPC	43
實驗二：字形一致性效果事件相關電位研究－聲韻判斷作業.....	44
研究目的.....	44
受試者.....	44
實驗設計與材料.....	44
實驗程序.....	45
研究預期.....	46
測量工具.....	47
實驗結果.....	47
行為結果.....	47
事件相關電位資料的前處理.....	48
事件相關電位－統計分析.....	48
事件相關電位－促發項（prime）統計分析.....	49
事件相關電位－促發項統計分析結果.....	51
事件相關電位－目標項（target）統計分析－音形對應性效果與 Rhyming effect 分析.....	54
事件相關電位－目標項音形對應性與 Rhyming effect 分析結果.....	54
實驗結果討論.....	55
N320.....	55
N400.....	56
~700-900.....	56
押韻效果.....	56
綜合討論.....	57
未來展望.....	61
參考文獻.....	62

前言

語音、字形、語意三者被視為閱讀歷程中缺一不可的三個要素，然而閱讀並非是天生的，人類的語言發展始於口語，嬰幼兒口語心理詞彙表徵的建立，亦即在建立口語語音表徵與語意表徵的連結。而閱讀這項後天習得的能力，則是將文字的視覺表徵與既有的口語語音表徵建立關連，進而與語意表徵產生連結。因此，在學習語言的歷程中，語音表徵與語意表徵間的連結建立，早於視覺文字表徵與語音及語意表徵的連結。然而文獻指出，閱讀習得的視覺文字表徵，會對既有的口語辨識歷程造成影響。例如 Seidenberg & Tanenhaus (1979) 在判斷兩個語音是否押韻的作業中發現，韻尾發音相同且拼法也相同的配對（如：pie-tie）所需的反應時間比韻尾相同但拼法不同的組別（如：rye-tie）來得快。此結果顯示，視覺上的差異（拼法是否相同）仍會對口語詞彙的辨識造成影響。

過去有關中文字的語音表徵與字型表徵之間的對應一致性，主要是探討中文字從字形對應到語音的一致性研究為主，稱為表音一致性。表音一致性是指共有一個聲旁的字群裡有多少種讀音，因此可將形聲字分作高表音一致性字或低表音一致性字，例如「搖、瑤、遙、謠、...」等字具有相同的聲旁並且發音皆為 /yao2/，便屬於高表音一致性字。過去這類研究主要是以視覺的詞彙判斷作業為主 (Lee, Tsai, Chan, Hsu, & Hung, 2007)。至於從語音表徵對應到字形表徵方向的一致性效應，連育吟 (2010) 以中文字的同音字密度特性的行為研究發現，受作業要求所採取的認知策略不同，在字彙判斷作業中同音字密度有促進效果，而在語意判斷作業則是抑制效果，進一步以事件相關電位的分析紀錄，因為缺乏對音形對應一致性特性的控制，並沒有得到顯著的結果。因此，本研究針對中文音形對應一致性的特性，計算音形對應的一致性程度，亦即在相同的語音表徵之下，所對應的字型表徵是否具有共同的部件或字形狀，例如字音「ㄇㄚˇ」對應的字型「碼、媽、瑪、嗎、馬」皆包含「馬」的偏旁，量化音形表徵之間對應的一致性高低，探討音形對應一致性的高低對於口語辨識歷程是否也會造成影響，其效應與同音字密度的影響是否可等同而論？假如答案是肯定的，那麼文字表徵的特性影響口語詞彙辨識的認知歷程又是如何？為回答這些問題，本研究將檢驗這兩類的音形對應特性，亦即同音字密度的大小以及音形對應一致性，在不同作業屬性下對口語辨識的影響。

字詞辨識歷程－雙路徑模型

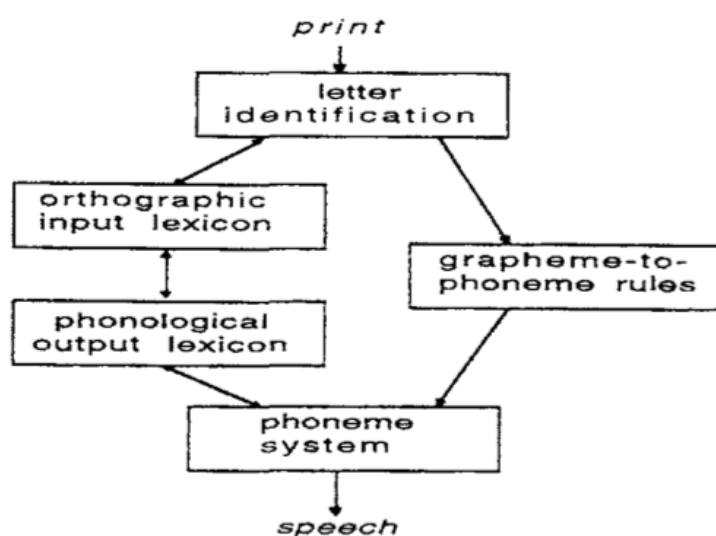


圖 1 字詞辨識的雙路徑模型 (Dual-Route model)
(摘錄自 Coltheart & Rastle, 1994)

以拼音文字系統中的英文為例，音素 (phoneme) 是最小的語音單位，對應的最小書寫單位則被稱為形素 (grapheme)。形素可以是一個字母、或幾個字母組成的字串，例如：「m」、「ph」。語言學家整理出的「形素音素的轉換規則 (grapheme-to-phoneme conversion rules, 以下簡稱 GPC 規則)」，可用以描述字母組合和發音之間的關係。研究上經常將能依循 GPC 規則獲得該字正確發音的字，稱為規則字 (例如：「mint」/mɪnt/)；反之則稱為不規則字 (例如「pint」/paɪnt/)。

Coltheart 1978 年提出字詞辨識的雙路徑模型 (Dual-Route model)，主張文字詞彙辨識的歷程可透過兩條平行運作的「直接路徑」 (lexical procedure) 與「間接路徑 (nonlexical procedure)」來達成 (如圖 1)。「直接路徑」是經由字形表徵，在心理辭典中尋找相對應的語音表徵，直接提取讀音 (lexical procedure)。因為不規則字若依循 GPC 規則，所獲得的發音並不正確，因此必須採取直接路徑由心理詞彙庫提取其字音與字意。「間接路徑」則是認為讀者看到一個詞，可透過 GPC 規則，獲得該字的發音。Coltheart & Rastle (1994) 的研究中，比較規則與不規則低頻字在唸名作業上的表現，並依據對應不規則的字母出現在單字中的位置，依序分成五組。實驗結果發現，不論不規則字母出現的位置為何，不規則字在唸名作業的反應時間皆比規則字來得長，錯誤率也相對較高 (如表 1 所示)，此現象稱為規則性效果。但當不規則的形音對應出現在單字較前面的音節位置上 (如第一音節時)，規則性效果對唸名作業的影響會比出現在最後一個音節來得大。Seidenberg (1985) 分別進行唸名中文

及英文的高、低頻規則字與不規則字的作業中也發現，規則性效果主要存在於低頻詞中，要高頻詞的唸名反應較不顯著。這些結果支持所謂的雙路徑歷程，在提取高頻詞的發音時，能經由直接路徑迅速提取在心理詞彙庫的發音，規則字與不規則字在唸名作業的表現並無差異；但在低頻詞的情況下，不規則字依循 GPC 原則所提取的發音是錯誤的，因此將與經由直接路徑的心理詞彙庫所提取的正確發音發生衝突，導致反應時間與錯誤率都相對提高了。

表 1 Coltheart& Rastle (1994) 唸名作業平均反應時間及錯誤率
摘錄自 Coltheart& Rastle(1994)

<i>Mean Correct Naming Latencies as a Function of Regularity, Filler Condition, and Position of Irregularity</i>						<i>Mean Naming Error Percentages as a Function of Regularity, Filler Condition, and Position of Irregularity</i>					
Filler	Position of irregularity					Filler	Position of irregularity				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Nonword						Nonword					
Irregular	554	542	530	529	537	Irregular	13.8	11.8	12.9	8.5	3.9
Regular	502	516	518	523	525	Regular	1.7	1.2	0.3	0.9	1.1
Exception						Exception					
Irregular	545	524	528	526	528	Irregular	12.7	10.4	13.8	7.9	2.8
Regular	500	503	503	515	524	Regular	1.1	0.6	1.0	1.5	0.0

進一步討論關於語音表徵對該字形表徵的影響性，Coltheart, Besner, Jonasson, & Davelaar (1979) 以視覺的詞彙判斷作業，發現受試者的表現會受到目標字本身的語音訊息所影響。實驗材料中包含 規則字、例外字、以及同音假字（發音相同於某真字且遵循 GPC 原則的假字，例如 BRANE (BRAIN)）。結果發現，規則字或例外字，反應時間上並沒有顯著差異，但在拒絕同音假字為真字的否定嘗試次 (NO trail) 當中，受試者所需的反應時間較非同音假字長，顯示即使是在非唸名作業中，判斷一個假詞是否為有意義的詞彙，仍會受到語音表徵的訊息以及所指稱的語意表徵的影響，顯示當進行文字訊息的視覺辨識時，語音訊息的編碼同時在進行。

為釐清在視覺詞彙辨識作業所發現的同音字效果，是來源自於相同語音表徵的效果，還是字形上相似而造成處理時間變長，Van Orden (1987) 的語意判斷作業研究中，實驗一透過操弄目標字包含同音字的形似高低 (homophony) 如 Rows:Rose、Meat:Meet，以及不同音形似字 (orthographical similarity, ON) 如 Robs、Melt，兩個變項，實驗結果發現，受試者對同音目標字的誤判率顯著的比形似字來得高，因而支持語音編碼是在文字辨識的的必經歷程。

表 2 Van Orden (1987) 作業平均反應時間
 摘錄自 Van Orden (1987)

	Similarly Spelled Foils		Less Similarly Spelled Foils		Mean
	Mean	SE	Mean	SE	
Homophones	29	6.9	8	2.9	18.5
Spelling Controls	5	3.1	1	1.0	3

綜觀 Coltheart 所提出字詞辨識的雙路徑模型 (Dual-Route model)，主要著重在文字辨識的歷程中，視覺訊息如何編碼進而獲得字音與語意的歷程，也可觀察到即使在進行視覺的閱讀、文字的辨識，語音表徵的編碼和連結語意的歷程同時在進行，是與文字表徵的訊息處理一同在發生。但該模型並未強調語音表徵在閱讀歷程的處理歷程中所扮演的角色、如何對字形表徵的影響歷程。

平行分佈處理模型

Seidenberg (Seidenberg & McClelland, 1989) 以統計學習的觀點，提出平行分佈處理模型 (Parallel Distributed Processing model, PDP)，強調字形表徵的與語音表徵之間的連結網絡，主要是透過經驗學習的累積而逐步建立。影響詞彙辨識的關鍵因素包括對一個字的接觸頻率以及形音對應的一致性 (the mapping consistency between orthography and phonology)。Coltheart 根據單字是否符合 GPC 原則所定義的形音對應規則性，是一種二分法的概念。在 PDP 模型中所界定的形音對應一致性，指的是有相同字形特徵之字群下發音一致的程度，例如：bean、lean、dean 皆有「ean」的字根且發音皆為 /n/，這些字即稱為字形一致字。字形不一致字如 have、save 皆有「ave」的字根，但有 /_æv/ 或 /_eiv/ 兩種不同的發音，不一致字的反應時間會比一致字來得慢。因此一致性的概念並不是有或無的二分法，而是一種統計機率的特性。研究證據顯示，一致性越好的字，建立表徵之間的連結越穩固，反應時間也會比較快。例如 Glushko (1979) 的研究將實驗材料分作規則一致字、規則但不一致字、以及例外字，採用唸名作業的結果發現，規則不一致字在唸名作業上所花的時間會比規則一致性組合的時間長且錯誤率高，此一致性效果的發現，非 Coltheart 所提出的雙路徑假說可解釋。

字形表徵的與語音表徵之間的連結網絡，另一個決定因素為字的接觸頻率：接觸的頻率越高，辨識該字的反應時間也越快。同時操弄字頻與一致性兩項因素對字詞辨識的影響，Jared (1997) 實驗一以頻率的方式定義一致字的程度，同時控制在高、低頻字中的不一致字

具有低的朋友（friends）頻率總和，以及高的敵人（enemies）的頻率總和。實驗結果發現，字頻效果的部份，高頻字的唸名時間顯著比低頻字來的快，其中不論高、低頻字，不一致字的唸名時間都顯著比一致字來得長。Lacruz & Folk（2004）的行為研究中則發現，當進行詞彙判斷作業時，高低頻字皆有一致性效果的產生；但在唸名作業的結果分析發現，當唸名高頻字時，一致字與不一致字的時間和正確率並無差異；但在唸名低頻字時，就會有一致性的效果產生。

綜合以上證據，平行分佈處理模型為，不一致字在唸名作業上所花的時間會比一致性組合的時間長且錯誤率高，這樣的形音對應的一致性效果（orthography-phonology consistency effect）是因為當字群屬發音一致字時，激發的語音表徵都相同，並沒有產生衝突，但當遇到唸名一個字形拼法有不同種發音的不一致字時，所激發的語音表徵不只一個，彼此之間產生衝突、干擾，因此反應時間較慢且錯誤率也比一致字來得高。

雙向交互激發模型 Bimodal interaction activation model (BIAM)

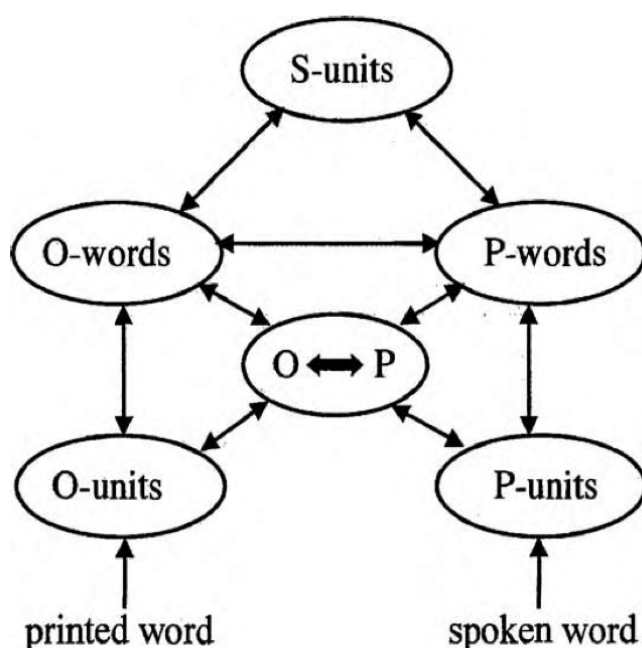


圖 2 雙向交互激發模型

Bimodal interaction activation model (BIAM)

摘錄自 Grainger & Ziegler(2007)

Grainger & Ziegler（2008）的雙向交互激發模型（Bimodal interaction activation model，BIAM）（如圖 2），提出語言辨識完整的基本架構—語音、字形、語意三個要素，延伸平行分佈處理模型的概念，認為語言辨識是仰賴語音、字形、語意三者的相互激發以及兩兩間的對應一致性（cross-code consistency）是詞彙辨識（含視覺與聽覺管道）的核心動力。

雙向交互激發模型認為，不論是視覺管道的文字表徵，或是聽覺管道的語音表徵，都可以再解構成更小的次字彙對應單位（sub-lexical units）。字形與字音之間的雙向對應，因著學習的經驗以及語言的特殊性，可建立在較大的語音單位，例如字根（orthographic body）與韻（rime），也可以建立在較小的形素與音素對應上。字形，字音，與字意三者兩兩之間的對應一致性程度，決定了彼此之間訊息交換的型態和反應。對應的一致性越好，詞彙就越容易被辨識，從行為上可觀察到較快的反應時間、錯誤率較低等。更精確的來說，單位間對應的一致性來自於兩單位間物件對應的條件機率，並且任兩個表徵單位彼此之間的互動是雙向性（bi-directional）的交互影響。兩兩對應間可分別計算從 A 到 B 及從 B 到 A 的對應一致性，以字音（Phonological units, P）及字形（Orthographic units, O）為例，字音與字形之間互相影響可分為兩個對應的方向，一是從字形到字音的對應一致性（以下簡稱 O-P 一致性），另一個是從字音到字形的對應一致性（P-O 一致性）。

字形到字音的對應一致性（O-P 一致性）

文獻中探討較多的是 O-P 一致性指的是由字形表徵對應到語音表徵的部分，亦即描述相同的字形組合（orthographic pattern）對應到發音上的變化。O-P 一致字即指擁有相同字形組合、並且發音相同只有一種的字，例如 cheap、leap、heap 同時共有「_eap」的字根，三者的發音皆一致為 /ip/，這樣的字群便稱為形音對應一致字（O-P 一致字）。O-P 不一致字的字群，即指一個字形表徵對應兩種不同的語音表徵，以圖 3 為例，擁有相同韻身的 have、save，字根「_ave」分別唸做 /_æv/ 或 /_eɪv/ 兩種不同的發音，這樣的字群便稱為形音對應不一致字（O-P 不一致字）。同樣對應不一致字的例子還有 pint、mint，字根「_int」的字可唸 /_ɪnt/ 或 /_aɪnt/。

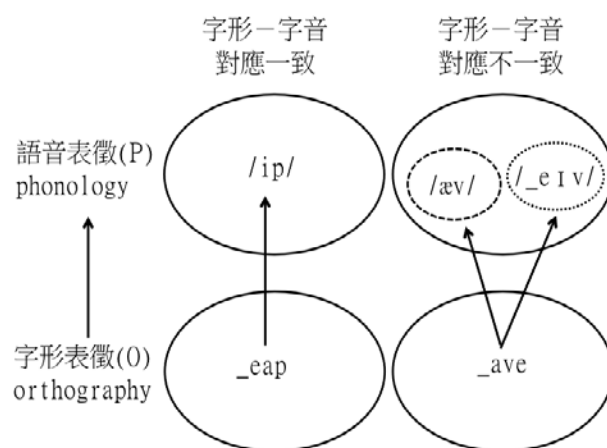


圖 3 字形-字音對應一致性示意圖

過去探討 O-P 對應一致性的研究，主要以視覺的文字辨識作業為主，探討視覺的文字辨識如何受到來自所對應的語音表徵特性方向的影響。在不同的文字系統以及作業方式中已經累積了相當多的證據。最早 Glushko (1979) 的唸名作業發現規則不一致字的唸名速度比規則一致字來得慢，亦即 O-P 一致性效果；Andrews (1982) 和 Lacruz & Folk (2004) 實驗材料區分高低頻字，在唸名作業中，高、低頻字皆得到了 O-P 一致性效果，在字彙判斷作業在低頻字看到 O-P 一致性效果。這類證據用以支持視覺管道中，字形與字音的連結與對應一致性影響文字辨識歷程。

字音到字形的對應一致性 (P-O 一致性)

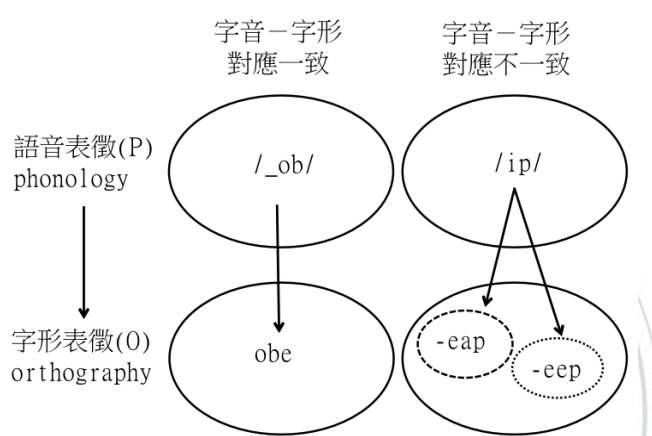


圖 4 字音-字形對應一致性示意圖

此外，亦可計算從字音到字形的對應一致性 (P-O 一致性)。以圖 4 為例，發音為 /_ob/ 的韻母，在字形層次上也只有一種「_obe」的拼法，因此被定義為音形對應一致字 (P-O 一致字)；而發音唸為 /ip/ 的韻母，在字形層次上可對應到兩種組合方式：「_eep」或「_eap」，因此對定義為音形對應不一致字。過去研究若是探討文字辨識中的 P-O 一致性效果，又被稱為 feedback consistency，意指視覺文字辨識辨識中，從字音對應的字形表徵特性，如何回過頭來影響字形訊息處理。因此，P-O 一致性主要是用來描述語音表徵對應到字形表徵的變異情況。操作型定義上，一般用來指稱相同的發音對應到字形層次上是否有不同的拼字組合。

從語言習得的時序性來看，語音表徵的建立遠早於字形表徵的存在，因此，對語音表徵的處理，理應不受對應字形表徵的變異性所影響。但近期的研究發現文字的習得同樣會對原有的語音表徵產生影響。最早 Seidenberg and Tanenhaus (1979) 的研究發現，以聽覺方式呈現刺激材料，請受試者對連續播放的兩個單音節字做是否押韻的判斷 (rhyme judgments

task），結果發現當促發項（prime）與目標項（target）押同韻但字根拼法不同時（如：pie-rye），會比押同韻且字根拼法相同的配對（如：pie-tie）的反應時間來得長。顯示即使受試者在做韻母判斷的聽覺作業時，仍會受到對應字形的變化與否，影響語音訊息處理的判斷。

此研究結果引發探討 P-O 一致性的一系列研究，Stone, Vanhoy & Van orden（1997）以英文的視覺字彙判斷作業（visual lexical decision task），透過控制 P-O 對應的一致性，在實驗一得到在判斷 P-O 對應不一致的字時，反應時間的時間較 P-O 對應一致字（如讀音/ʌk/只有「uck」）來得長的 P-O 一致性效果。實驗二回應過去有關 O-P 的視覺詞彙判斷作業發現，在控制所有刺激材料的 O-P、P-O 的雙向的對應一致性後，得到更穩定的 O-P 一致性效果，顯示控制 P-O 一致性的重要性。Ziegler and Ferrand（1998）欲探討在聽覺的詞彙辨識中是否也可以獲得相同的結果，因此以法文單音節字為刺激材料，請受試者進行聽覺詞彙判斷作業（auditory lexical decision task），結果發現當發音相同的韻母有不同拼法時，反應時間及錯誤率皆比拼法相同的配對來得高，得到穩定的音形對應一致性效果。證實在聽覺的作業方式同樣可發現字形表徵的特性影響對語音訊息的判斷的影響。

Ziegler 等人（2003）進一步透過操弄字形鄰旁（Orthographic neighborhood, ON）的多寡，以及字音鄰旁（Phonological neighborhood, PN）的多寡，來看字形表徵與語音表徵的處理歷程在語音判斷作業上造成的效果是否有差異，研究結果發現，當字音的鄰旁（PN）越多時，受試者在進行聽覺詞彙判斷作業需要花的時間較長，顯示在語音訊息相似的密度越高，對應字形表徵之間的競爭現象，字音鄰旁密度有抑制的效果；相反地，字形鄰旁（ON）密度在聽覺詞彙判斷的作業表現是有促進的效果，意即當字形的鄰旁（ON）越多時，受試者在進行聽覺詞彙判斷作業時間越快，推論當該聽覺詞彙對應相似的字形組合越多時，對該語音的處理效率會比有較少共同字形表徵的聽覺詞彙來得快。

上述的研究主要是在具備成熟閱讀能力的成人身上觀察到，根據統計學習的原則，可推測在閱讀習得的發展上，當讀者對字形結構與語音表徵的掌握程度越成熟時、聽覺的詞彙辨識就越容易受到對應的字形表徵特性所影響，所觀察到的一致性效果就會越穩定。Ziegler 和 Muneaux（2007）進一步在閱讀發展中的學童身上檢驗此假設，與過去的研究相同，透過操弄字形、字音鄰旁密度，以 18 位具備純熟閱讀能力的學童（平均年齡 11.4 歲）以及 18 位低年級學童（平均年齡 7.1 歲）為受試者，藉此檢驗識字量的多寡在字形屬性對字音處理的影響變化。另外，藉由 18 位相同生理年齡（平均年齡 11.1 歲）的配對閱讀困難孩童，檢驗一致性效果是否只會出現在個體已具備文字表徵的影響。實驗預期低年級的初閱讀者和有閱

讀困難的對象，應與精熟的閱讀者受字形屬性所影響的程度會有不同。研究結果發現，在字音鄰旁（PN）多寡的變項操弄，三組受試者皆在字音鄰旁（PN）密度高的字群所需的反應時間及正確率都比鄰旁少的字群來的長且高；在字形鄰旁（ON）數多寡的操弄結果，只有具備純熟的閱讀能力的孩童會受到字形鄰旁數的增加，反應時間增加及正確率下降的效果。在剛開始接觸文字之前的低年級孩童、或有閱讀困難的孩子並不會受字形屬性所影響。

個體學習語言從口語開始發展，孩童在接觸文字之前建立足夠的口語心理詞彙，隨著年齡的增長、對文字的累積學習、識字量的增加，逐漸建立字形結構的概念與和語音表徵的連結，累積的研究發現使我們能進一步推論，P-O 一致性效果在已具備閱讀能力、具有一定的字形的表徵知識之後，才會在語音辨識作業上看到字形表徵特性的一致性效果。研究結果也發現，閱讀困難的孩子在作業中的表現如低年級孩童，可能在對於語音表徵對應到字形表徵的連結較無法掌控，因此 P-O 一致性效果幫助我們了解閱讀困難可能的原因，同時也可用以預測孩童的閱讀發展狀況。

綜合上述的研究發現，P-O 一致性效果穩定的在行為研究中得到驗證，在處理語音訊息的同時，會受到個體本身具備的字形表徵的屬性所影響。但這樣的字形表徵的資訊如何影響對語音處理的歷程，透過行為測量的紀錄方式，得到的結果僅能得到行為記錄上的整體差異，但對於字形表徵的特性是在語音訊息處理的哪個階段產生作用，則無法進一步得知。因此，借助時間、空間解析度較高的認知神經科學研究技術，例如使用時間解析度高的腦電波記錄，透過實驗的操弄及控制，根據對既定的 ERPs 成分的知識，判讀個體進行訊息處理的不同認知歷程發生的時間順序，如一致性效果是在完整呈現的字彙（lexical）層次作用、抑或是在次字彙（sub-lexical）層次即已發生，幫助研究者進一步了解口語的詞彙辨識中，音形對應一致性如何發生作用。

事件相關電位的介紹與優勢

事件相關電位

腦電波的紀錄是非侵入性且時間解析度高的測量技術，人的大腦中有許多神經細胞，當細胞活動時會產生微弱的電位變化，當受試者參與實驗，作業要求受試者做反應、或實驗刺激呈現的時，透過腦電波儀器的記錄大腦的電位變化，依據受試者做反應的時間或刺激呈現的時間區段（epoch）做分析，例如刺激出現前 100 毫秒到刺激出現後 1000 毫秒作為分析

的區段，這段時間的腦電位變化可反應與事件相關的認知運作，稱為事件相關電位 (Event Related Potentials, ERPs)。

事件相關電位的優點在於它的即時性，是傳統行為研究測量反應時間的歷程總和變化是不同的。腦波的測量可以在從刺激出現開始即時的以毫秒為單位紀錄腦波的變化，我們可以分析呈現語音字彙之後，訊息處理的過程以及字形表徵可能的作用歷程。根據記錄的波形出現的時間 (latency) 以及比較訊號分布的電極位置 (distribution)，定義各種腦波成分的特性。透過不同的腦波成分做為不同階段認知歷程的指標，可反映從早期知覺處理到晚期的語意處理歷程，因此我們進一步的了解在實驗操弄下，語音訊息的處理以及字形表徵的作用階段及歷程。

與詞彙辨識相關的事件相關電位—腦波成分

N320

Perre & Ziegler (2008) 以及 Pattamadilok, Perre, & Dufau (2009) 操弄 P-O 對應不一致出現在單字內的前後音節位置，藉此觀察在事件相關電位的紀錄中，P-O 一致性效果發生的起始位置以及持續的時間，結果發現，早期不一致字 (early inconsistent words) 在 300 毫秒至 350 毫秒即有 P-O 一致性效果發生，不一致組誘發較負向的振幅，早於 N400 的詞彙觸接 (lexical access) 階段，N320 反映了在進行詞彙辨識時，觸發字形表徵與語音表徵之間次詞彙 (sublexical) 層次的指標。Jacquier, Rouibah, & Hoen (2005) 的 Masked Priming Tasks 中，操弄促發字與目標字之間的語音相關、語意相關、語音及語意相關、無意義四種對應的關係，發現在聽覺呈現的作業中，當促發字與目標字押同韻時 (phonological related)，誘發較負向的 N320，同樣呈顯了 N320 反映語音表徵與字形表徵、語意表徵之間次詞彙的對應關係。另外，字形表徵與語音表徵對應較好，即表音透明度較高的語言，在進行字詞閱讀的歷程中所誘發的 N320 也較大 (Simon et al., 2006)。N320 反映了字形表徵與語音表徵在次詞彙 (sublexical) 層次之間的對應，顯示字形與語音表徵之間的影响是雙向、動態的。

N400

N400 是最常見用以反映語意處理的 ERPs 成分，Kutas 和 Hillyard (1980) 請受試者默念一些句子，句子以一次一個字的方式呈現，實驗者操弄在呈現句子最後一個最後一個詞是否符合整個句子脈絡語意的預期。結果發現相較於符合脈絡語意的情況下，不符合預期的最後一個字出現後 250 毫秒產生一個負波，並且在 400 毫秒左右達到高峰，這樣的波之後

被稱為 N400。但假如最後一個詞符合脈絡語意，但僅為字形大小的改變，則會得到一個正向的 P560 波。此研究認為語意的一致性效果會反映 N400 振幅上的變化（如圖 5）。

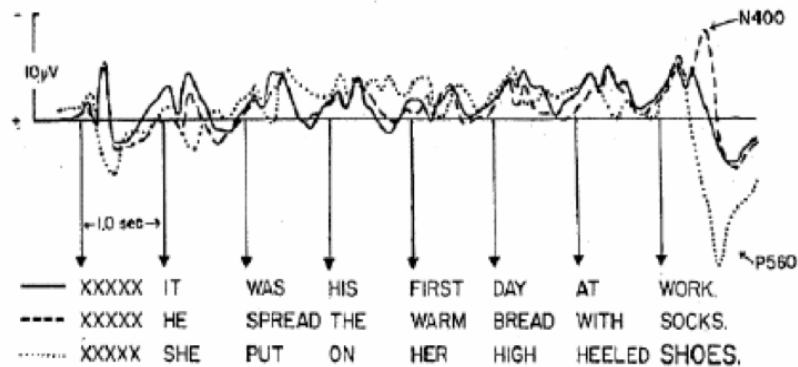


圖 5 N400 反映句子閱讀中語意一致性的效果
(摘錄自 Kutas&Hillyard, 1980)

不僅在視覺呈現管道下，N400 在聽覺呈現的實驗中也經常可觀察得到。Holcomb (1993) 利用語意促發典範 (semantic priming paradigm)，操弄促發詞與目標詞之間是否具有語意關聯性，請受試者進行目標字的詞彙判斷作業，結果發現，當促發詞與目標詞語意無關時，會引發較負向 N400 的振幅，認為是因為當語意無關時，較難對目標詞的語意做整合，而 N400 便反映了語意整合的歷程。Holcomb & Neville (1990) 進一步比較以視覺、或聽覺兩種呈現的方式下進行詞彙判斷作業的語意促發效果 (Semantic Priming in Lexical Decision Task)。結果發現，兩種呈現管道下皆可在 N400 的成分上觀察到語意促發效果。然而當刺激以聽覺呈現的方式時，語意整合歷程所誘發 N400 效果發生得時間點較早、誘發的振幅較大且持續的時間較長。這樣 N400 波形上的差異，推測是由於聽覺刺激處理是有時序性的，但對於視覺刺激的呈現則是較立即性的。視覺呈現的同時，讀者即可完整的接收到詞彙的訊息，然而以聽覺呈現刺激的方式，詞彙的完整辨識隨呈現的方式時間被拉長，造成兩種不同的刺激呈現管道下 N400 不同的變化。

LPC

LPC (late positive component) 為晚期的腦波成分，主要出現在呈現刺激後的 400 毫秒致 800 毫秒之間，latency 時間長、分布在中央偏後側的腦區 (Friedman & Johnson, 2000)。LPC 與晚期的反應決策或記憶再認的歷程有關，主要是在記憶提取的實驗典範 (study-test design) 中被觀察及探討，受試者在背誦 (study) 的階段進行刺激項目的閱讀和背誦，在測驗 (test) 的階段則針對呈現的刺激進行記憶再認作業，研究發現舊項目 (old item) 會比新的項目

(new item) 引發較正的 LPC (Paller, Kutas, & McIsaac, 1995; Smith & Guster, 1993)。Rugg et al. (1998) 操弄作業要求為外顯式記憶 (explicit) 的提取或內隱式記憶 (implicit) 的提取，同樣以記憶相關判斷的作業 (memory-related judgment)，分別請受試者在測驗階段中判斷呈現項目是否為剛剛看過的單字，或是進行是否為生物的判斷。實驗結果發現，當受試者進行具體、外顯式記憶的提取作業時，所誘發的 LPC 較大，而要求受試者進行生物、非生物的判斷，這樣屬於內隱式記憶的提取時，則不會看到 LPC 振幅上的差異。

字音-字形對應一致性研究-事件相關電位的回顧

近年來對於音形對應一致性效果的研究，透過 ERPs 的紀錄、分析方式，對於語音辨識歷程如何受字形屬性所影響主要有兩種不同解釋方式，一是語音表徵重組論 (Phonological restructuring)，二是即時激發論 (On-line activation) (Perre, L., Pattamadilok, C., Montant, M., & Ziegler, J. C., 2009)。

語音表徵重組論 (Phonological restructuring) 的觀點源自於 Ziegler & Goswami (2005) 提出的心理語言的紋理理論 (Psycholinguistic grain size theory)，這個理論認為，在習得文字系統之前，語音表徵的系統就已經存在了。語音的結構由大到小可分為五個層次，分別是 Syllables、Onset-Rime、Nucleus-coda、Phoneme、Phone，孩童在學習閱讀文字之前，可能已經具備覺知較大的語音單位，例如 syllables、onset-rime。隨著文字系統的進入，對於更小的語音單位的覺知才會慢慢的被發展出來。因此，孩童開始學習文字之後，習得字音所對應的字形表徵屬性，會對已經存在的語音表徵產生解構並重組。以拼音文字為例，當孩童學習到文字「dog」(狗)時，在習得字形表徵之後，連結過去已具備的語音表徵/dɔg/，了解原語音表徵可以拆解成更小的單位：三個音素 /d/、/ɔ/、/g/，因此對於 /dɔg/的這個發音有新的認識，原有的語音表徵本身產生質變，有助於之後整合相類似的語音表徵以及字形的認識，例如「log」/lɔg/。根據語音表徵重組論 (Phonological restructuring) 的觀點，語音辨識過程中所得到的音形對應一致性效果，來自於音形對應一致字與不一致字之語音表徵間的質性差異 (qualitative differences)，而非因同步激發對應之字形表徵所產生的差異。以重組論的假設來看在進行口語詞彙辨識的時可能的腦區活動分佈，主要激發活動的腦區會以處理語音訊息為主、如處理語音訊息的左下前腦回 (left inferior frontal gyrus, IFG)、腦島 (Insula)、左上顳葉 (left superior temporal gyrus, STG)、左緣上回 (left supra-marginal gyrus, SMG)，並未涉及到視覺字形處理的部份 (如圖 6-2) (Perre et al., 2009)。

即時激發論 (On-line activation) 則認為，個體在閱讀習得過程中所建立的字音與字形的連結，會使得個體在口語訊息辨識的過程中，同時激發該語音所連結的字形表徵。因此在語音辨識的作業中，音形對應的一致性效果是來自於語音表徵對應的字型表徵的一致與否所造成的，如前述回顧音形對應一致性的聽覺詞彙判斷作業的行為研究，當相同的韻尾發音對應的字型組合一致或不一致時，對應不一致的配對所花的反應時間較長、且錯誤率較高 (Seidenberg and Tanenhaus,1979 ; Ziegler and Ferrand,1998 ; Ziegler et al.,2008) 。根據即時激發論的觀點，當聽到語音刺激時，除了激活處理語音訊息的腦區之外，也會在主要處理字形表徵的視覺腦區看到較大的活化。因此激發的腦區包含主要處理語音訊息的左下額葉(left inferior frontal gyrus,IFG)、腦島(Insula)、左上顳葉(left superior temporal gyrus,STG)、左緣上回(left supra-marginal gyrus,SMG)，以及處理視覺字形的左枕顳葉區 (left occipito-temporal region) 其中的左梭狀回 (left fusiform gyrus) (如圖 6-1) (Perre et al., 2009) 。

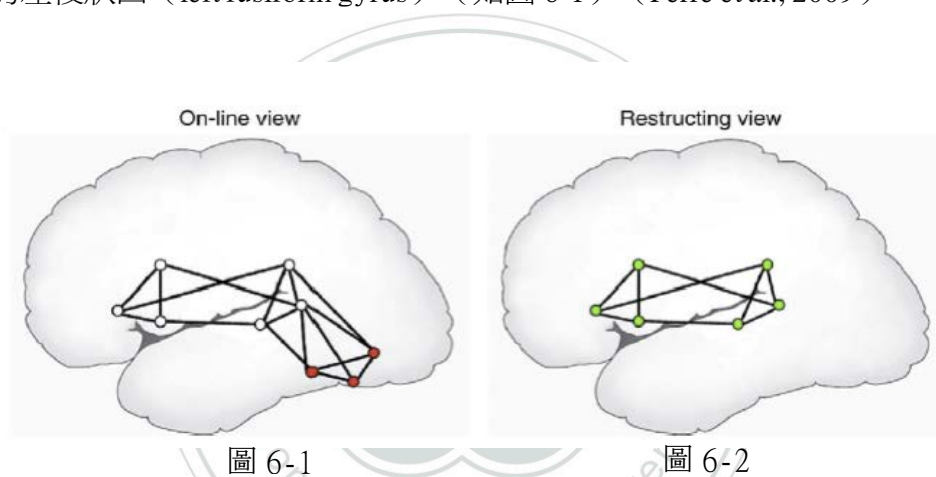


圖 6-1 即時激發論－音形對應不一致效果連帶激發處理視覺文字形式的左枕顳葉區 (紅色網路)
 圖 6-2 語音表徵重組論－音形對應一致性效果主要激發運作聽覺訊息處理的腦區 (綠色網路)
 (摘錄自 Perre, Pattamadilok, Montant, & Ziegler (2009))

近期有一系列的研究以事件相關電位方法驗證過去行為研究的發現，試圖透過在不同腦波成分上呈顯的差異，來探討語音訊息時，其對應字形表徵的一致與否所造成的效果以其背後的認知與神經機制。例如：Perre & Ziegler (2008) 操弄刺激材料在音形對應一致發生在單字中的前後位置，來探討一致性效果是否會因位置的不同而有時序上的變化。實驗以法文單音節字為材料，請受試者根據聽到的目標字做詞彙判斷。操弄目標字音形對應一致在字首或韻尾，當目標字的音形對應不一致是字首或第一個音節的部份，例如單字「rhyme」的發音/rym/，在字首的部份「ry」有兩個以上的拼法，即屬於早期的 P-O 不一致字 (early inconsistency)；當單字的音形對應不一致是韻尾或第二個音節的部份時，例如字形「noce」發音做/nos/，字尾/os/有兩種以上的拼法，即為晚期的 P-O 對應不一致字 (late inconsistency)。

行為測量的結果，受試者在判斷 P-O 不一致字時所花的時間比一致字來得長、錯誤率也較高，與過去的行為研究發現一致，顯示即使在不同的語言，個體進行語音辨識時，的確會受到該字形的屬性所影響。ERPs 的結果分析也發現隨著音形對應一致性在單字內發生的位置不同，腦波上觀察到的字形一致性效果出現的時間也跟著改變。在對應一致性操弄字首時，字首操弄點出現後的 200 毫秒左右，不一致字引發較大的往負向的波 N320，隨著音形對應不一致的位置出現在韻尾時，引發的不一致效果則伴隨在韻尾操弄點之後的 200 毫秒左右出現。顯示不一致效果隨著不一致出現的前後位置有時序上對應的關係。

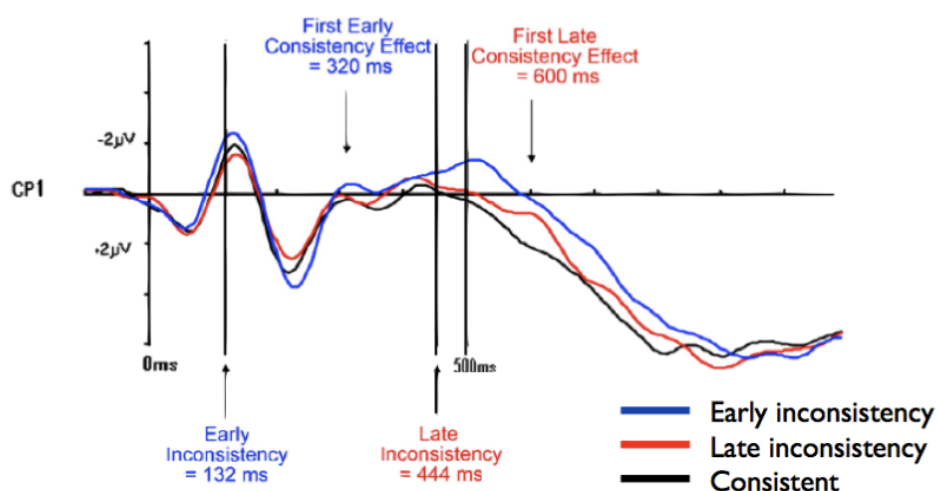


圖 7 Perre & Ziegler (2008) 聽覺詞彙判斷作業 事件相關電位示意圖
(摘錄自 Perre & Ziegler, 2008)

Perre & Ziegler (2008) 的研究結果顯示字形的訊息隨著語音刺激被辨識的歷程，也同時被處理，並且發生在完整的語音訊息呈現之前，顯示音形對應一致性的效果，是在次詞彙的層次就發生。此外，P-O 不一致效果因對應一致性發生的位置不同，在腦波上觀察到的效果也跟著變動，表示個體在進行聽覺字彙辨識的同時一併激發了字形的訊息，支持即時激發論的觀點，認為個體在閱讀習得過程中所建立的字音與字形的連結，會使得個體在語音訊息辨識的過程中，同時會激發該語音所連結的字形表徵。

Pattamadilok, Perre, & Dufau (2009) 以法文的雙音節字為材料，探討 P-O 一致性效果。實驗採語意判斷作業 (semantic judgment task)，受試者必須判斷聽到的單字是否為身體的一部分 (body part)，並採用 Go/No-go 的實驗典範，受試者只有在判斷為「是」的刺激才需要做按鍵反應。主要操弄的實驗材料皆放在不需受試者做反應的嘗試次中。實驗設計操弄 P-O 對應一致出現的位置在目標字的前、後音節 (第一音節或第二音節)，並且增加了字頻 (frequency) 高低的變項，以字頻效果做為標定詞彙觸接 (lexical access) 的時間點，藉此了

解 P-O 不一致的效果出現在獲得詞彙訊息之前或之後。此外，該研究以處理語意層次為作業要求，取代過去如判斷是否押韻的 metaphonological 作業方式，透過語意判斷的作業方式，避免讓受試者有意識的直接運作音素結構或形素層次的分析。並且以不同的作業方法，驗證是否同樣有穩定的 P-O 一致性效果。ERPs 分析結果發現，隨著音形對應一致性在單字內發生的音節位置不同，腦波上所觀察到的 P-O 一致性效果也隨之有時序關係上的差異，與 Perre & Ziegler (2008) 以單音節字為材料的結果發現效果方向一致，對應不一致的組別有顯著往負向的波，在早期 P-O 對應不一致組引發的一致性效果出現在 300-350 毫秒左右的負向波；而後期 P-O 不一致效果組引發的一致性效果則出現在 400-425、525-575 毫秒兩個短暫的時間區段中。由於該實驗發現字頻的效果出現在 500 毫秒之後的負波，因此推論字形表徵的訊息，隨著語音刺激被辨識的同時也被處理，在較早期尚未取得完整文字資訊的次詞彙層次就已經發生。

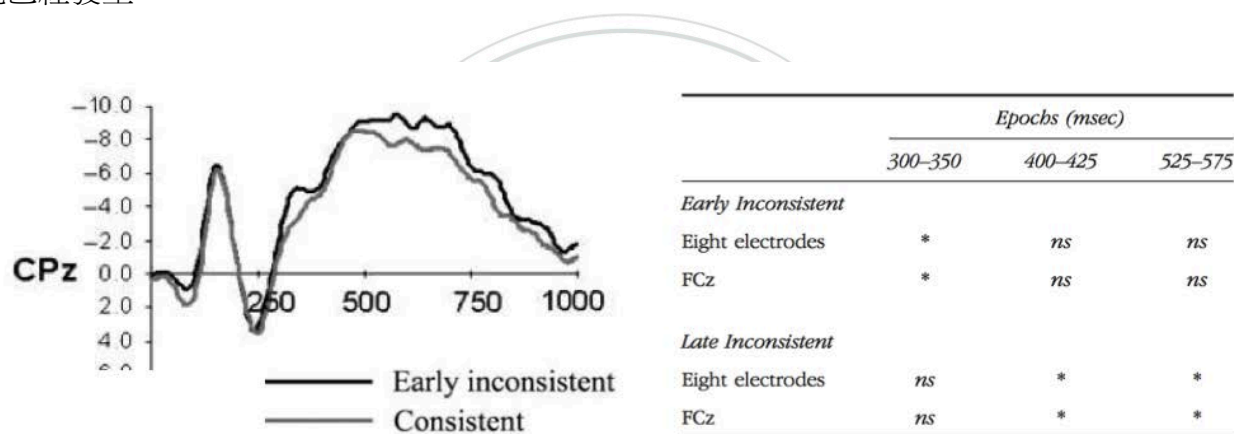


圖 8 Pattamadilok, Perre, & Dufau (2009) 事件相關電位及顯著時間區段示意圖
(摘錄自 Pattamadilok, Perre, & Dufau, 2009)

由於這些研究操弄對應不一致在單字內出現的位置，與腦波記錄觀察到的不一致效果有時序上鎖定 (time-locked) 的現象，也支持了即時激發論的處理歷程觀點，此外，語意判斷作業成功重複了一致性的效果，即使在不同作業下，都有看到 P-O 一致性的效果，並且在未涉及音素、形素的運作下，仍然有看到 P-O 一致性效果的存在。但一致性效果達顯著差異的時間並不長，顯著的時間區段約 25 或 50 毫秒左右，不一致效果的振幅差異不大。

Perre, Pattamadilok, Montant, & Ziegler (2009) 同樣以法文的雙音節字為刺激材料，採聽覺的詞彙判斷作業，共有 120 個真字及 120 個符合法文構音規則假字，並操弄雙字詞中的第一音節與第二音節分別對應的一致性。真字當中一半的材料為兩個音節皆音形對應一致字，當雙字詞第一音節的音素對應有一個以上的拼法時，即屬於 P-O 不一致字，例如「champagne」第一音節「cham」有一種以上的字形拼法。此研究僅操弄第一音節的 P-O 不

一致字與雙音節皆一致字的差異。行為測量的結果與過去的研究發現一致，受試者在判斷 P-O 不一致字時所花的時間較長、錯誤率較高。ERPs 分析的部份，P-O 對應一致性效果隨著音形對應不一致的位置有時序上的變化，在波形上看到一致性效果出現在聲音出現後的 300-380 毫秒與 410-550 毫秒，對應不一致字組比對應一致字組產生較大的負波。

為進一步對音形對應一致性效果激發的腦區位置為何，Perre 等人（2009）針對第一個時間視窗 300-380 毫秒做進一步的腦源定位分析（Low resolution electromagnetic tomography, LORETA）。分析結果在 350 毫秒左右，主要運作語音處理歷程的腦區位置：左顳頂區（left temporo-parietal area），其中左緣上回（left supra-marginal gyrus, SMG）、後顳上回（posterior superior temporal gyrus, STG）、頂下葉（inferior parietal lobule）有顯著的激發（differential activation），因此推論個體在處理語音訊息時，主要激發活動的腦區是處理語音訊息的左下前腦回（left inferior frontal gyrus, IFG），並未涉及到視覺字形處理的部份，此研究支持語音表徵重組論的觀點。

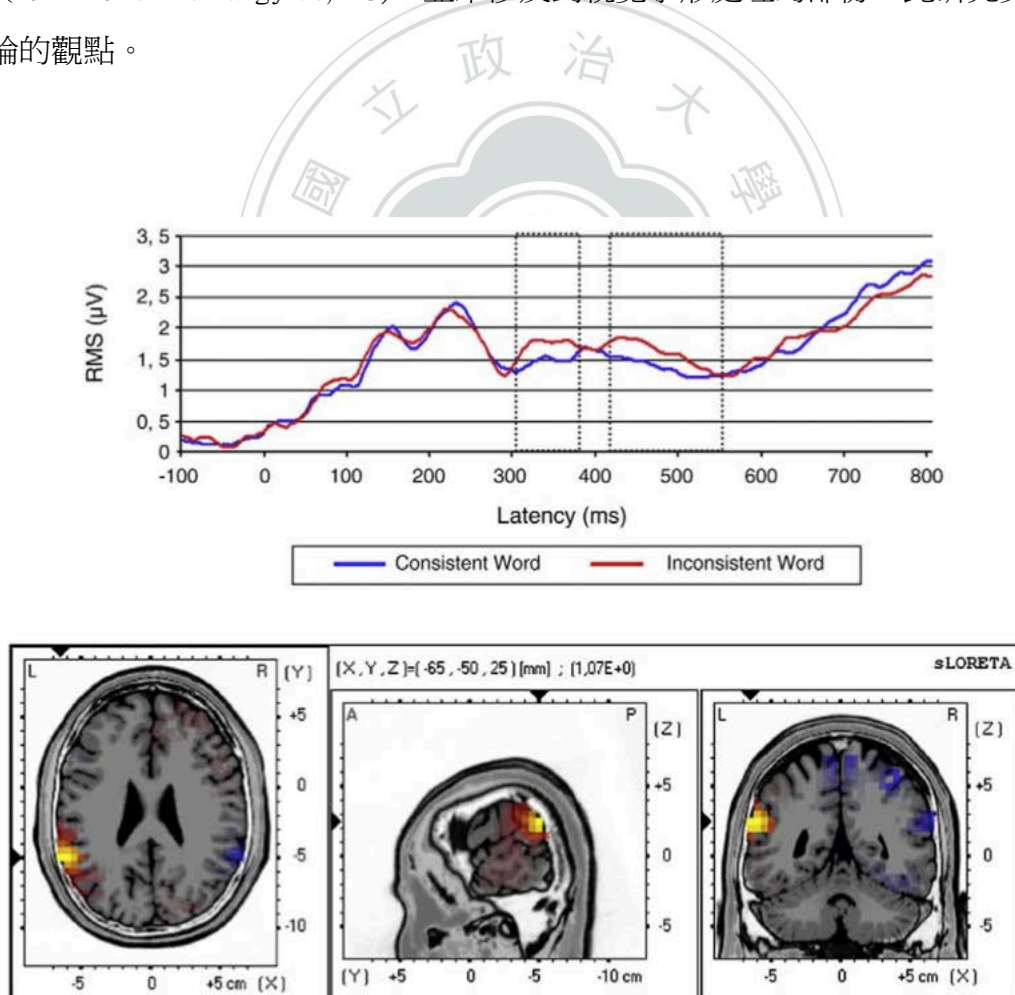


圖 9 Perre, Pattamadilok, Montant, & Ziegler(2009) 事件相關電位及腦源定位分析示意圖
(摘錄自 Perre, Pattamadilok, Montant, & Ziegler(2009))

Pattamadilok, Perre, & Ziegler (2011) 延續 Pattamadilok 等人 (2009) 以法文的雙音節字的研究，使用相同的刺激材料，改以押韻判斷作業 (auditory rhyme judgment) 檢驗音形對應一致性效果在不同作業的表現。此研究在 ERPs 結果分析的部份，為釐清音形對應一致性效果出現的時間區段，以每 25 毫秒的平均電位做為依變項，從聲音出現後的 100 毫秒至 750 毫秒，共計 26 個時間範圍 (time window) 做統計分析。統計結果顯示，音形對應一致性效果出現在 175–250 毫秒以及 375–750 毫秒，並且所觀察到的一致性效果的方向與過去的研究發現相反，即音形對應一致字比不一致字群在 375–750 毫秒的激發較負向的波。對照 Pattamadilok et al. (2009) 語意判斷作業的一致性效果，如圖 10 所示，前後實驗所觀察到的一致性效果出現時間視窗不同 (300–350 毫秒)，並且 Pattamadilok 等人 (2011) 的押韻判斷作業所得到的一致性效果，P-O 一致字所引發的波較不一致字來得負。

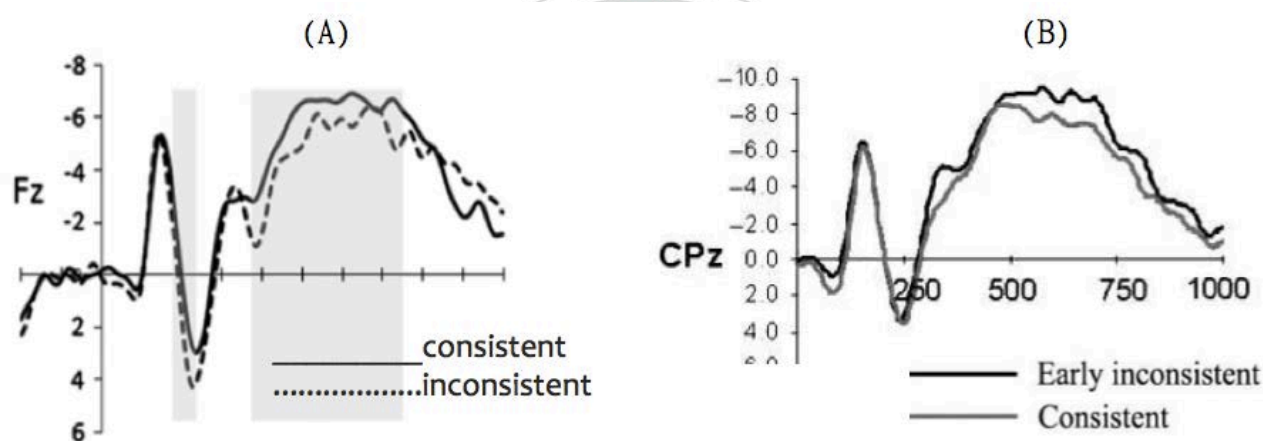


圖 10 事件相關電位波形圖的對照圖

(A) Pattamadilok 等人(2011) (B) Pattamadilok 等人(2009)

(摘錄自 Pattamadilok, Perre, & Ziegler(2011)& Pattamadilok 等人(2009))

綜合 Pattamadilok, Perre, & Ziegler (2011) 與 Pattamadilok 等人 (2009) 的比較，發現即使在不同的作業方式，同樣可觀察到 P-O 不一致效果，以及在進行語音訊息辨識的同時會激發字形表徵，因此支持即時激發論的觀點。但在兩個研究使用的材料相同之下，所引發的對應一致性效果的方向卻不同，Pattamadilok 等人 (2011) 推論可能因作業方式的改變，觀察到的 P-O 一致性效果也不同。

無論是在法文或英文系統，以及在不同的作業方式中 (包括，聽覺的詞彙判斷作業，押韻判斷作業、或者語意類別判斷作業)，在上述的研究發現中都可以看到語音表徵對應文字結構上的一致性效果。早先由 Perrea and Ziegler (2008) 的實驗針對音形對應一致性效果，

進行聽覺詞彙判斷作業，並操弄不一致出現的位置。實驗結果顯示在對應不一致出現後約 200 毫秒，不一致組有較負的 N320。Pattamadilok 等人（2009）的 Go/No-go 語意判斷作業，同樣得到對應不一致的位置與產生的一致性效果有時序上 time-locked 的現象，並且對應不一致的字群在 N400 有較負的表現，分別在 300~350、400~425、525~575 毫秒三段時間視窗觀察一致性效果。但相同的材料做聽覺詞彙判斷作業時，Pattamadilok 等人（2011）研究結果卻發現音形對應性效果在 375~750 毫秒的時間區段，一致組引發較負的 N400。在一致性效果的方向上，並沒有獲得一致的結論。

根據即時激發論的觀點，個體進行語音訊息辨識的過程同時激發字形表徵，上述的三個研究在不同的作業方式、實驗材料，操弄音形對應不一致的位置，皆看到一致性效果隨著音形對應一致性在單字內發生的位置不同，腦波上觀察到的字形一致性效果也跟著變動，支持即時激發論的觀點，但一致性效果在 N400 上的表現卻沒有一定的方向。例如：在 Perre and Ziegler（2008）以及 Perre 等人（2009）的聽覺詞彙判斷作業，Pattamadilok 等人（2009）的語意判斷作業皆發現音形對應不一致字比一致字在 N400 上引發較大的負波。Perre 等人（2009）藉由溯源分析發現，音形對應一致性效果主要源自於處理語音訊息的額葉腦區，但並未發生於與處理字形表徵有關的枕葉視覺處理腦區，此研究結果支持語音表徵重組論的看法。但因該實驗進行溯源分析的時間區段僅限於 300—380 毫秒，並未涵蓋語音辨識的所有歷程，例如其他研究者在音形對應一致效果出現在較晚的 400 毫秒至 600 毫秒之間，因此不能排除在其他時間區段是否涉及字形表徵處理對應腦區的激發。

此外，現有的 ERPs 研究對於音形對應一致性效果所發生的時間區段，也尚未有一致的結論。由於聽覺管道所引發的 N400 的時間範圍，通常比視覺的 N400 來得早且維持得較為長久，回顧過去 Perrea and Ziegler（2008）、Pattamadilok 等人（2009）Pattamadilok 等人（2011）在分析 P-O 對應一致性效果分析上的作法，以 25 毫秒或 50 毫秒為一個較小的分析單位，在 N400 所發生的時間範圍（大多從 300-800 毫秒不等，參考表 3）內進行多個連續時間視窗（Moving time window）的一致性效果統計檢驗，以確認 P-O 對一致性效果的發生時間點，並報告效果顯著的時間範圍。Pattamadilok 等人（2009）則進一步根據連續時間視窗的分析結果，界定單一時間區段，進行平均振幅（mean amplitude）統計分析。Perre 等人（2009）則採取 Root mean square (RMS) 的分析方式，直接找出不同的實驗操弄中，有顯著變異差異的時間區段，再以該時間區段做 P-O 一致性效果的統計分析檢驗。

另一個各研究未獲得共識的部分是所選取的電極位置也不各相同，Perre and Ziegler (2008) 僅在後側的腦區位置發現一致性效果，而 Pattamadilok 等人 (2009) 主要以在前額區發現一致性效果，使得一致性效果在各研究中並沒有穩定時間區段、或位置的發現。

表 3 P-O 一致性效果之研究發現整理

	Task demand	Mean Amplitude	Selected Electrode sites	
Perre & Ziegler (2008)	Auditory LDT	300 ~ 350 ms 475 ~ 675 ms 575 ~ 625 ms	Central-Posterior sites	InCon > Con
Pattamadilok, Perre, Dufau & Ziegler (2009)	Semantic judgment	300 ~ 350 ms 400 ~ 425 ms 525 ~ 575 ms	Fz, FC1, FCz, FC2, C1, Cz, C2, CPz	InCon > Con
Pattamadilok, Perre & Ziegler (2011)	Rhyme judgment	375 ~ 750 ms	F1, Fz, F2, C1, Cz, C2, P1, Pz, P2.	Con > InCon
Perre, Pattamadilok, Montant & Ziegler (2009)	Auditory LDT	300 ~ 380 ms 410 ~ 550 ms	AFz, Fz, FCz, Cz, CPz, Pz, POz AF7, F7, FC7, C7, CP7, P7, PO7 AF8, F8, FC8, C8, CP8, P8, PO8	InCon > Con

中文文字系統的特性

中文字與英文或其他拼音文字系統最大的不同，在於沒有以字母表徵音素的書寫單位，也無法透過字元的組成拼出讀音。但中文字的結構中，字與筆劃之間尚有一個層次，稱之為部件 (radical)。不能再拆解成更小部件的字，稱為獨體字，例如「我」；大部分的中文文字都是有兩個或兩個以上的部件所組成，百分之八十左右的中文文字是形聲字。形聲字通常由意旁與聲旁組成，讀者經常可以透過意旁獲得有關該字的意義，而透過聲旁可以獲得字的語音線索，例如「螞」是由「虫」以及「馬」組成，部首的「虫」提供「螞」的動物線索，聲旁的「馬」則提供「螞」的語音訊息。

中文字字形到字音的對應一致性 (O-P 一致性)

過去許多探討有關中文字聲旁如何表音的問題，多數文獻採用規則性 (regularity) 或一致性 (consistency) 這兩種指標來探討聲旁表音的有效性。中文字的規則性，即指字形的聲旁與讀音的是否相同，也就是所謂的聲旁表音規則性。例如「楓」的發音與聲旁「風」的發音相同，聲旁的部件與該字的發音一樣，因此被定義為規則字 (regular character)。當聲旁

與整字發音不一樣的時候，例如「讀」的發音為/du2/，提供語音訊息的聲旁「賣」的發音卻為/mai4/，則屬於不規則字（irregular character），中文字的規則性效果在過去的研究反覆的被證實，主要在唸低頻字的情況下，唸規則字的速度比唸不規則字來得快，正確率也較高（Hue, 1992; Lee et al., 2005）。

中文字的字形-字音對應一致性（O-P 一致性），即是指稱「聲旁—發音」的對應關係。形音對應一致的字群代表擁有相同聲旁，並且只有一種讀法的字群。根據具有同一個聲旁的字群分別有幾種發音，可將中文字分為高 O-P 一致性及低 O-P 一致性，例如「搖」、「遙」、「瑤」、「謠」等字共有同一個聲旁，其發音皆為/yao2/，稱為 O-P 一致性高的字群（如圖 11-1）；相對的以「巛」這個部件當做聲旁的字：「流琉疏」、「毓」、「疏梳」，分別有三種讀音：/liu2/、/yu4/、/shu/，這樣的字群則為 O-P 一致性低的字（如圖 11-2）。

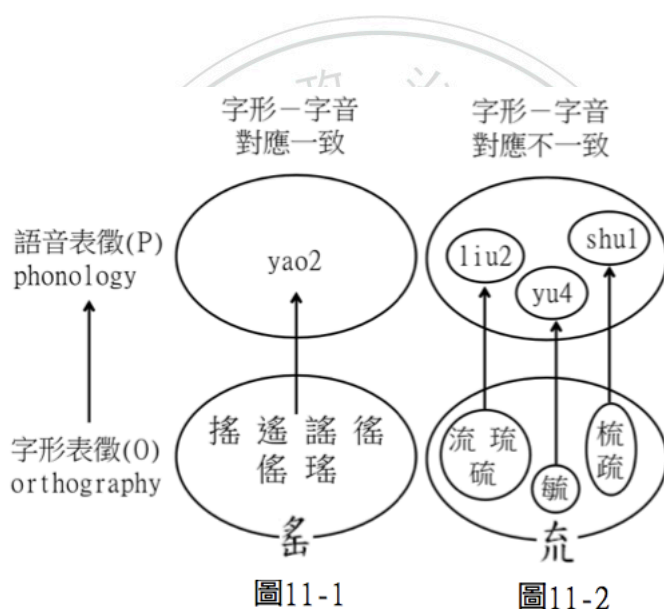


圖 11 中文字的字形-字音對應一致性

中文形聲字的一致性效果，在唸名作業的表現也有類似拼音文字研究中的發現。亦即，音旁表音不一致的形聲字的唸名速度比音旁表音一致的字來得慢，正確率也比較低（Lee et al., 2004; Lee et al., 2005; Lee et al., 2006）。Lee et al. (2005) 操弄中文字的頻率、一致性與規則性，進行唸名作業，實驗結果發現，在唸低頻字時，有一致性與規則性的交互作用存在。進一步分析發現在規則字、不規則字及聲旁非字等三種刺激字類型下皆有一致性效果。

中文字字音到對應字形的個數（同音字密度）

中文音節結構相對簡單，大致包括 CVC、V、CV、VC 等四種可能性。現在漢語中大約有 5,000 個字共用 420 個不同的音節，共有 1252 個音。同音字密度，是將每個音節所對應的字形數目多寡做定義，平均的同音密度約為每個音節可以對應到 11 個不同的字。舉例來說：「依」、「壹」、「一」、「醫」這些外形上不相似的字都唸/yi1/。同音字的問題，使得在進行中文的口語詞彙辨識時，對於確認字形的訊息為何相對重要，才能進一步連結所指稱的語意為何，尤以單字詞的語音訊息辨認來說更為重要，因此在聽覺詞彙當中，多以雙字詞的方式呈現。

同音字密度的高低如何影響中文口語詞彙的辨識，連育吟（2010）的研究，分別以不同作業方式探討同音字密度對聽覺詞彙辨識的影響。實驗一以聽覺字彙判斷作業，發現當判斷高同音字密度的音時，相較於低同音字密度的表現，反應時間快且正確率高，顯示同音字密度的促進效果。實驗二則以語意判斷的作業方式，發現在判斷高同音字密度的音時，反應時間及正確率都比低同音字密度來得差，為抑制效果。作者推測，由於作業的方式不同，在認知策略上的差異使得同音字密度有促進或抑制的效果。實驗一的字彙判斷作業，受試者需要進行僅需要對聽到的聲音做真假音的判斷，只要針對刺激聯想到任一代表的字形表徵即可做判斷，而高同音字密度做對應的字形表徵數量比低同音字密度來得多，因此在這樣的作業類型，同音字密度有促進的效果；反之，實驗二以語意判斷作業，受試者必需針對聽到的語音訊息，進行所有對應的字形表徵做一一確認，搜尋是否有能指稱該語意的字，因此當同音字密度較高時，需要搜尋篩選的數量變多，同音字密度即有抑制的效果。在實驗三，作者試圖以事件相關電位的紀錄方式，了解同音字密度大小對聽覺詞彙處理的認知歷程，結果發現，同音字密度效果在僅在早期的聽覺注意力腦波成分 N1、P200 上有顯著效果，而在之後字彙處理、語意複雜度的腦波成分 N320、N400 上皆沒有看到顯著效果。晚期的腦波成分 LPC 的部份，在刺激呈現後的 650 毫秒到 770 毫秒時間區段，分別有兩個電極 CP3、P3 有同音字密度效果的差異，低同音字密度誘發較往正向的 LPC 振幅。整體在同音字密度效果均沒有穩定的顯著差異發現，推測與缺乏對中文字的 P-O 一致性特性的控制有關。

Wang, Li, Ning, & Zhang (2012) 以事件相關電位的紀錄方式，檢驗同音字密度效果在聽覺詞彙判斷作業的表現，統計分析的結果指出，在刺激呈現後的 600 毫秒至 700 毫秒、700 毫秒至 800 毫秒兩個時間區段，均得到同音字密度的主要效果顯著，高同音字密度的字群比低同音字密度的刺激誘發較大的負向振幅，與連育吟（2010）實驗三的研究發現方向一致，

但主要看到的同音字密度的抑制效果來自於前額區的腦區位置，與連育吟（2010）的位置並不相同，作者認為這段晚期的腦波成分，應是聽覺呈現的實驗中晚期 N400 的特性，而由於同音字密度高的字形表徵之間在進行記憶的提取時較為競爭，因此在語意複雜度特性的晚期 N400 上得到顯著同音字密度的抑制效果。

中文字字音到對應字形的一致性（P-O 一致性）

中文字裡的字音-字形對應的情形，根據同音字中字形表徵是否具有共同的字形特徵，或字群中大致的字形表徵的類型，可將具備相同語音表徵的同音字區分為對應一致與不一致的字群。同音字所對應之字群共有共同的部件（如聲旁），便定義為音形對應一致字（P-O 一致字）。例如在圖 12 的範例中，讀音/ma3/的字形分別有「馬、碼、螞、瑪、嗎」，其中每個字的都有相同的表音部件「馬」，對應的字形相當一致，即屬於 P-O 對應一致字。其中音形對應一致性最好的，便屬同音字數只有一個字的，例如讀音/da3/只有對應到單一個字形「打」。相反的，假如同音字所對應之字群在共有部件或字形的相似性上可以分出不同的集合，那麼則稱之為音形對應不一致字（P-O 不一致字）。例如讀音/pu4/的字形，可區分為以「暴」為共同字形特徵的「曝、瀑、暴」，與以「甫」為共同字形特徵的「鋪、舖」。所以當聽見讀音/pu4/時，可能指稱的字形包含兩種不同字形類型的/pu4/，這樣的字群便稱為 P-O 不一致字。但若以二分法的方式區分音形對應一致或不一致，其實並不夠完善。例如唸作/gung/的字分別有「供公工攻功宮弓恭躬蚣鯢...」等十四個同音字，這些同音字，在字音到字形的對應上，相較於/pu4/的同音字群，顯得更為不一致。因此不論對應的字形只有兩種、抑或是對應有五種字形的同音字，倘若都被稱為音形對應不一致字，則無法呈顯不一致的類別中程度上的差異。為能更清楚定義及操弄中文字的字音到字形對應一致性，本研究也針對每個音所對應所有同音字的字形特徵屬性進行分類，計算音形對應一致性程度的高低，以取代簡單的二分法計算來音形對應一致性。

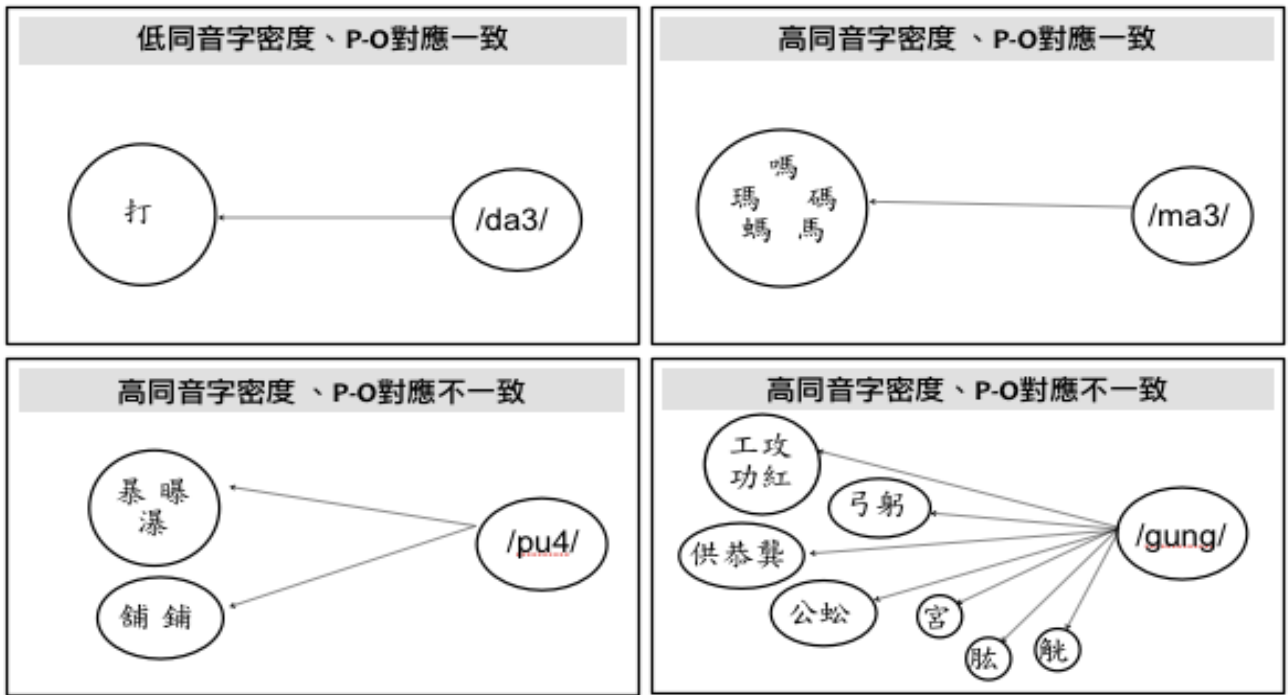


圖 12 中文字同音字密度與音形對應一致性範例圖

比照過去研究計算字形-字音統計對應一致性的方法，音形對應一致性亦可採用兩種不同計算方式：一種是以同音字個數為依據，稱為類頻（type frequency）；一種是不僅考慮類別個數，亦將各別同音字之出現頻率納入加權，稱為符頻（token frequency）。計算一組同音字之類頻的音形對應一致性計算方式為，統計與目標字屬於相同字形（friends）的個數，以及其他相同讀音而不同字形、定義為敵人（enemies）的個數，將朋友數除以朋友數和敵人數的加總（目標字的總同音字數）即為以類頻為依據的音形對應一致性數值。

以表 4 為例，字音「ㄅㄨㄣˊ」的同音字數共有十個字，根據字形相似程度可分成三類：「八叭」、「巴吧芭疤笆粑」、「捌」，類頻的計算方式即是加總同類型字字數除以總字數，例如「八叭」的類頻為 0.22（2/9=0.22 同類型字數/總字數）。而依據符頻的音形對應一致性計算方式需將個別字頻納入計算，加總同類型字（朋友）的頻率後與該同音字群之總頻率相除，以「八叭」為例，「八」的字頻為 29652，「叭」的字頻為 67，「ㄅㄨㄣˊ」的總頻率為 33204，「八叭」的符頻為兩者字頻相加除以總字頻得到 0.9（（29652+67）/33204）。

表 4 中文字符頻、類頻計算方式—以「ㄅ」為例

ㄅ	同音 ㄩ	字頻	字形 分類	Friend 同類型字數/頻率	Enemy 競爭字數/頻率	總字數/頻率	P-O consistency by type(類頻)	P-O consistency by token(符頻)
八	10	29652	1	2/29719	7/3485	9/33204	2/9=0.22	29719/33024=0.9
巴	10	3239	2	6/3475	3/29729	9/33204	6/9=0.67	3475/33024=0.1
吧	10	603	2	6/3475	3/29730	9/33204	6/9=0.67	3475/33024=0.1
芭	10	149	2	6/3475	3/29731	9/33204	6/9=0.67	3475/33024=0.1
叭	10	67	1	2/29719	7/3485	9/33204	2/9=0.22	29719/33024=0.9
疤	10	44	2	6/3475	3/29729	9/33204	6/9=0.67	3475/33024=0.1
笆	10	13	2	6/3475	3/29730	9/33204	6/9=0.67	3475/33024=0.1
捌	10	10	3	1/10	8/33194	9/33204	1/9=0.11	10/33024=0
粑	10	9	2	6/3475	3/29729	9/33204	6/9=0.67	3475/33024=0.1
狍	10	1

藉由計算類頻和符頻，中文字的音形對應一致性轉變成連續向度的計算，每個中文字可做一致性的高低程度比較，對音形對應一致性概念能更明確的操弄及控制，幫助往後探討中文字的音形對應一致性的研究。

目前有關中文音形對應一致性的研究並不多，且皆以行為研究為主。汪舒韻（2009）的研究企圖控制中文字 P-O 對應一致性的情況下，檢驗中文字的 O-P 對應一致性效果，以及同音字密度和 P-O 一致性效果的關係。前後共進行四個行為實驗，分別檢驗在控制 P-O 一致性之下，O-P 一致性的效果在詞彙判斷作業及唸名作業上的表現，以及操弄同音密度和 P-O 一致性程度高低在詞彙判斷作業和唸名作業上的表現。但由於並未控制同音字中鄰群的屬性，尚未對 P-O 一致性的程度做明確的定義及操弄，因此在詞彙判斷作業以及唸名作業都未能達成顯著的操弄效果，但都能看到在 O-P 一致性、P-O 一致性以及同音字密度三個指標的交互作用，顯示三者的在中文字上的概念需要更清楚的釐清，做有效的控制才能檢視不同的狀況下一致性效果的表現和影響為何。

建立中文字音-字形對應一致性資料庫

現存的資料庫並無有關計算中文字的音形對應一致性（P-O 一致性）的資料，因此進行本論文的第一步即為建立一個計算中文字音形對應一致性的資料庫，以供接下來選定實驗材料以及控制其他中文字特性的基礎。

本資料庫以中央研究院 Academia Sinica balanced corpus（1998）平衡語料庫為主、結合中文字口語頻率的相關語料庫，包含中研院書面/非書面語料庫、87 年教育部建立的口語資

料庫，豐富中文字口語頻率的參考資訊。中文字的口語頻率的計算多從新聞稿、報章雜誌、廣播等做統計，口語出現的總字彙量相較於書面語的出現字數少，將中文字的口語頻率及書面頻率做相關計算，相關的程度高達八成以上，為完整控制實驗材料的變項，本研究將以中文字的字頻做頻率高低的依據，取代口語字彙上資訊的不足。

計算中文字的音形對應一致性的首要步驟，是將每個音所包含的字形做分類，如表 4 字音「ㄅㄩ」為例，所有同音字可區分為「八叭」、「捌」、「巴吧芭疤笆粑」三類，以利之後計算每個中文字的口語對應一致性。分類的方式參考字形的音旁與意旁部件。第二步進行低頻字的篩選，考量罕見字的使用頻率過低，該字形對該語音表徵的影響微乎其微，但若單計算音形對應一致性的類頻，很容易受個數多寡有很大的變動，因此不將低頻罕見字列入計算。在符頻的部分，由於罕見字的頻率過低，其增減對計算該音的符頻也幾乎不會造成影響。舉例而言，如表 4 所示，「𪗇」的字頻極低，屬於極罕見字，因此不納入音形對應性的計算。最末階段則分別針對個數及頻率的加總進行音形對應一致性的類頻、符頻的計算，每一個字皆獲得各自的音形對應一致性程度。

建立音形對應一致性資料庫的同時，也依據教育部重編國語辭典修訂本網站提供的資訊，確認每個字的發音正確性。

中文字音形對應一致性語料庫共計有 7203 個字，其中 751 個字為破音字，共有 1252 個音。根據此字音-字形對應一致性資料庫，建立下列兩項指標：

(1) 同音字密度 (Homophone Density) — 指相同發音的字群數目。例如讀音為/gung/的字形分別為「供、公、工、攻、功、宮、弓、恭、躬、蚣、鮡、紅、龔、肱」共十四個字形，所以/gung/的同音字密度為 14。

整體資料庫統計顯示，同音字個數的分佈從 1 到 69 個字，一個音的字形分類可從 1 到 26 種之多。同音字數為 1 的音約佔所有字形的百分之二十，同音字數在 5 個字以下的音約佔百分之六十（如圖 13）。同音字密度最高的音為/yi4/，共有 69 個同音字，並可根據字形分成 26 的子字群。

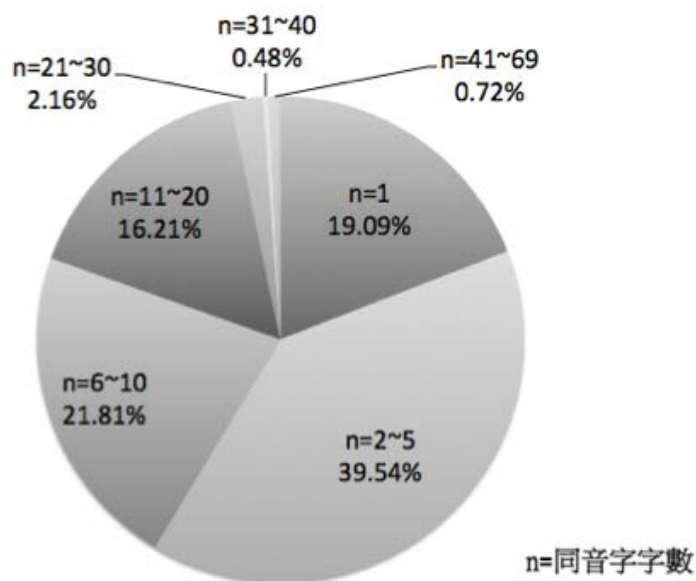


圖 13 中文同音字數百分比示意圖

(2) 音形對應一致性 (Phonology-to-Orthography consistency)

字音－字形對應一致性分別做兩種計算方式。第一是以個數為依據，稱為類頻 (type frequency)；一種是以頻率 (frequency) 為依據，稱為符頻 (token frequency)。

類頻 (type frequency) = 具有相同聲旁的字群個數加總 / 同音字密度 (同音字字數)

符頻 (token frequency) = 具有相同聲旁字群的頻率加總 / 所有同音字總字頻

根據資料庫所做的統計，在中文字音形對應一致性特性的部份，以符頻的計算方式，對應一致性小於 0.5 的音約佔百分之十二，一致性等於 1 的音約佔百分之四十 (如圖 14)。透過百分比分布圖可觀察到，在所有中文字當中，過半的字群在音形對應一致性上都相當高，顯示由於同音字密度在 5 個字以下的音占百分之六十，字音所對應的字形數目不多、並且字形之間的具備相同特徵，中文字音形對應一致性高的字群占一定的比例。

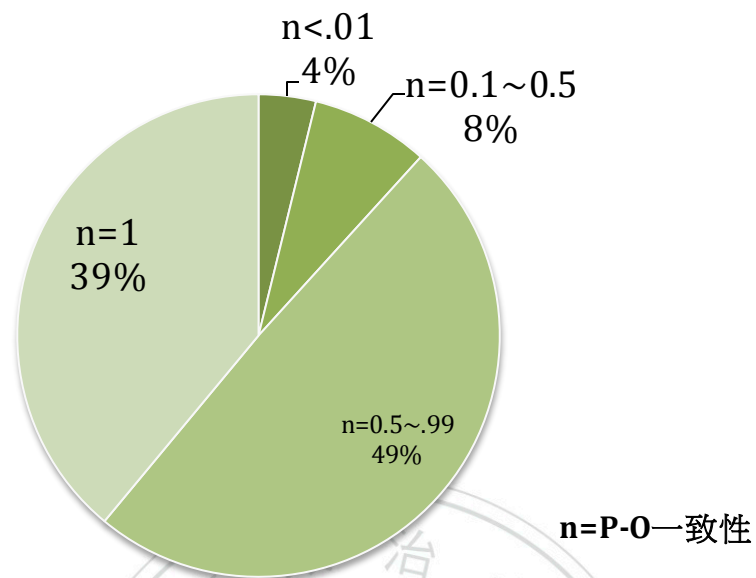


圖 14 中文字音-字形對應一致性百分比分布圖

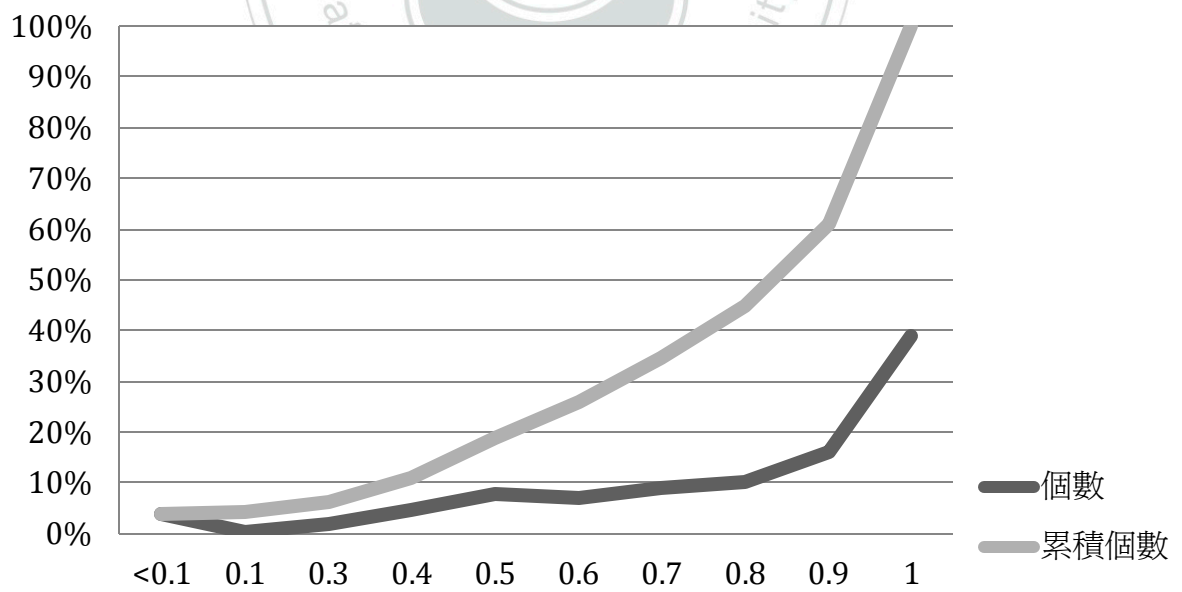


圖 15 中文字音-字形對應一致性累積百分比

實驗一：字形一致性效果事件相關電位研究－語意判斷作業

研究目的

本實驗進行中文的聽覺語意判斷作業，探討中文字中的同音字密度以及 P-O 一致性效果兩種不同的音形對應關係，如何對聽覺詞彙的處理造成影響，以及了解兩者背後的認知處理的機制是否相同。中文字當中特有的同音字特性，使得個體在進行口語詞彙辨識時，字形的訊息更加的重要，而以往在拼音文字的研究發現在 P-O 一致性效果出現的時間區段及方向並不一致，中文字的 P-O 一致性特性，透過語料庫的計算同時加成頻率高低的影響程度，能被更仔細的劃分及操弄；加上中文字的另一種音形對應關係－同音字密度的操弄，以事件相關電位的紀錄分析，希望能釐清這兩種音形對應效果如何對聽覺詞彙處理歷程造成影響。

受試者

十九位成年大學生、研究生參與實驗，平均年齡二十五歲。視聽力及語言能力皆正常、母語為國語、慣用手為右手、讀寫能力正常並無神經或知覺病史。每位受試者皆於實驗前同意接受實驗，在實驗完成後領取 300 元車馬費。

實驗設計與刺激材料

本實驗採取受試者內設計，根據中文字音-字形對應一致性資料庫，將音形對應關係分為三種情況。（1）低同音字密度（low HD）、（2）高同音字密度/高 P-O 對應一致性（high HD/high P-O）、（3）高同音字密度/低 P-O 對應一致性（high HD/low P-O），藉由比較 low HD 與 high HD/high P-O，探討同音字密度效果；比較 high HD/high P-O 與 high HD/low P-O 探討 P-O 對應一致性效果（如表 5 所示）。同音字密度高低的篩選標準為，標定為「低同音字密度」（low HD）組中的實驗材料同音字密度皆等於 1，換言之，一個音節只能對應一個字形，因此所有材料也屬於高 P-O 對應一致性。「高同音字密度（HD）」的篩選標準則為，同音字密度介於在 11~15 之間的音節。其中由於許多高同音字密度的讀音中，包含的字形常有屬於低頻的罕見字，例如：屬高同音字密度的讀音/tiau2/，字形包含高頻的「條、調」，以及低頻的「嫻、迢、髻、苕、佻」所組成，因此，為凸顯同音字字形間競爭的效果，篩選作為高同音字密度的實驗材料中，皆必須含有兩個以上的高頻字，即每千萬詞出現次數為 500 次以上的字。P-O 對應一致性的篩選標準，則根據中文字音-字形對應一致性資料庫中，

以符頻做同音鄰群加總的計算方式來界定，「高 P-O 對應一致性」之 P-O 對應一致性需高於.90；而「低 P-O 對應一致性」之 P-O 對應一致性低於.50。

因此，本實驗材料的三組情況：低同音密度組（low HD）的平均同音字密度為 1 個字、高同音密度組（high HD/high P-O, high HD/low P-O）的平均同音字密度為 6.9 個字及 8.3 個字；高 P-O 對應一致性組（low HD, high HD/high P-O）的平均對應一致性為 1 及 0.97；低 P-O 對應一致性組（high HD/low P-O）的平均對應一致性為 0.43。所有的實驗材料，皆屬於中文字音—字形對應一致性語料庫的高頻字，平均總音頻取 log 值為 3.53（如表 6）。

表 5 中文字的字音-字形對應一致性

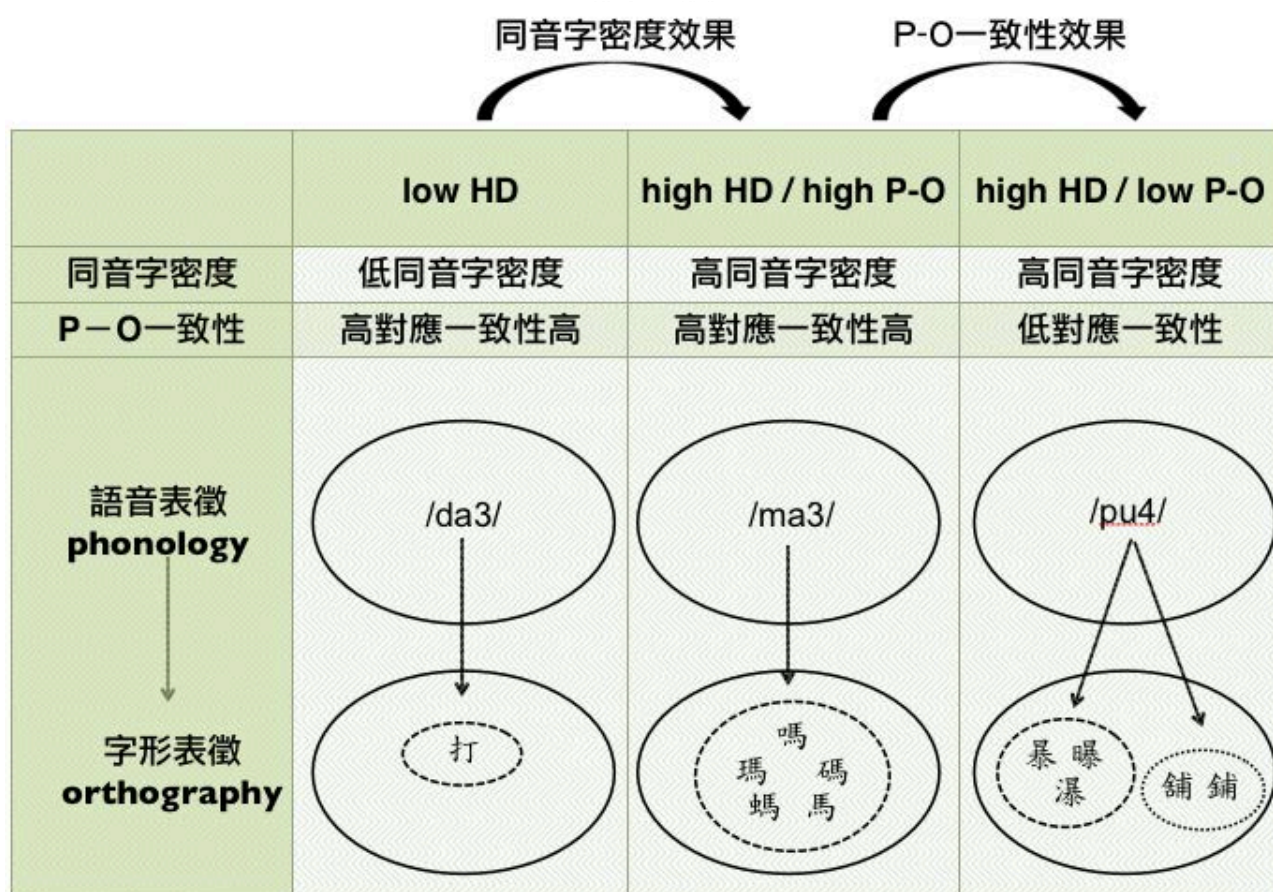


表 6 實驗一刺激材料特性

	Homophone density 同音字密度	Phonological frequency (log) 頻率 (log)	P-O consistency 字音-字形對應一致性
low HD 同音字個數=1	1	3.26	1
high HD/high P-O 同音字數≥5 且 P-O 一致性≥.9	6.9	3.63	0.97
high HD/low P-O 同音字數≥5 且 P-O 一致性<.5	8.3	3.7	0.43

本實驗的每種情境下皆有三十個語音刺激，總計 90 個音。另外，在嘗試次的部份，則有 60 個動植物單字詞隨機重複呈現，例如「niau3、mao1」。實驗設計中的九十個實驗材料排除破音字、以及與動植物同音的部份。正式實驗前有 15 題的練習題。實驗材料音檔的素材，取自於行政院主計處電子處理資料中心所建置的「CNS11643 中文標準交換碼全字庫」（簡稱全字庫）之清晰女聲，所有聲音材料均以軟體 Adobe Audition 處理，音量大小皆控制在 70 分貝左右、時間長度 650 毫秒。

實驗程序

實驗一為語意判斷作業，受試者必須在聽到聽覺材料後，判斷該字音是否為「生物」，是的話用右手食指按反應盒上的右鍵，否的話則是用左手食指按反應盒上的左鍵。實驗在 Windows XP 作業系統中進行，藉由實驗軟體 Matlab7.1 控制刺激材料的呈現流程、記錄各嘗試次的反應情形以及 EEG-刺激事件同步。

實驗在隔音的房間中個別進行，受試者坐在電腦螢幕前，眼睛到螢幕中央的距離約 75 公分，配合受試者身高調整椅子及桌子的高度，讓受試者的視線能平視螢幕中間。兩個喇叭分別放置在螢幕兩側，距離受試者約 95 公分，聽覺材料的播放音量為 70 分貝。實驗開始之前先為受試者帶上電極帽並放置導電膠，接著向受試者說明指導語，先進行 15 題練習題，練習階段程序與正式實驗階段程序相同，熟悉程序後便開始正式實驗。

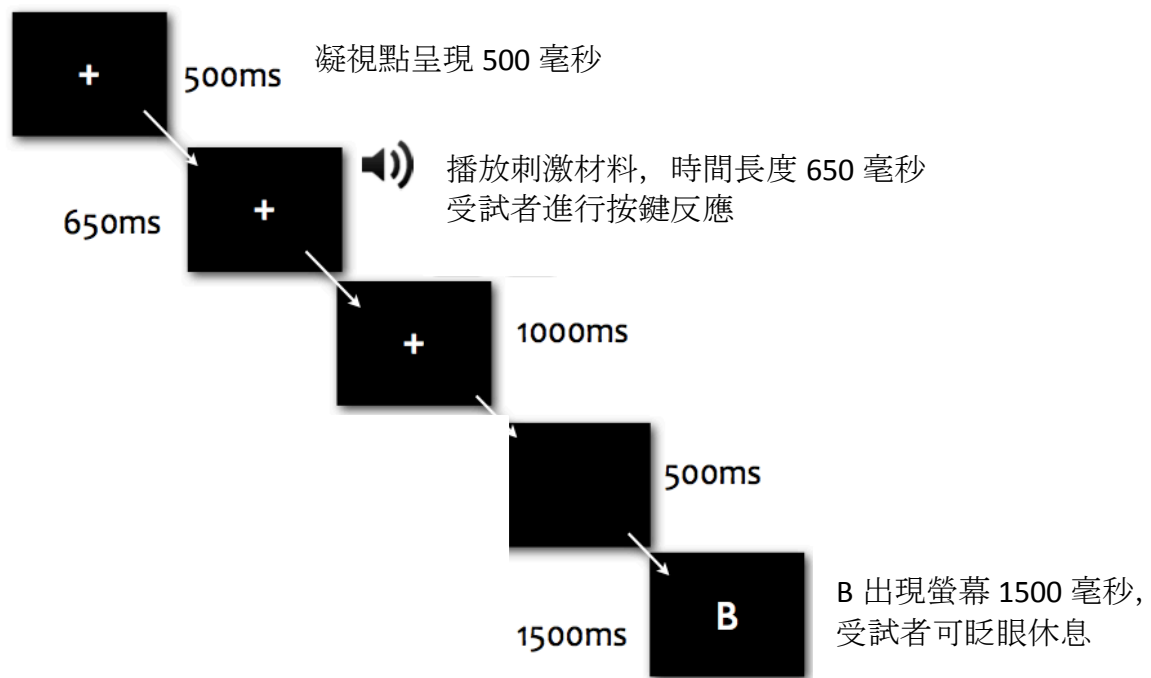


圖 16 實驗一：實驗程序

實驗程序如圖 16 所示，請受試者凝視螢幕黑色背景中間的中央凝視點白色十字「+」，500 毫秒後播放聽覺材料，材料平均長度為 650 毫秒，受試者在聽到聲音刺激之後即可做判斷，螢幕中間的凝視點「+」共持續出現 1650 毫秒，接著十字消失 500 毫秒後，螢幕上「B」，顯示受試者可眨眼休息的時間，間隔 1500 毫秒之後即進入下一題。主正式實驗前有十五題的練習題。受試者如有錯誤按鍵反應或在凝視時段中做眨眼，將給予矯正回饋，在確定受試者完全了解實驗程序後，即進入正式實驗。正式實驗共有五段，中間四次休息，休息時間長度依受試者感受為主，避免受試者過於疲勞。整個實驗持續約 30 分鐘。

研究預期

本實驗材料以聽覺的方式呈現，因此可預期在早期腦電波成分中能看到 N100 的出現，大約出現在聽覺刺激呈現之後的約 60 毫秒至 160 毫秒左右往負向的波，主要分布於中間偏前額的腦區位置。另外，P200 在文字辨識的研究中，被認為與早期的字形處理的有關，出現的在刺激呈現後的 160 毫秒開始，在 200 毫秒左右達到高峰。本研究請受試者針對聽到的語音訊息做字形表徵的語意判斷，必須提取、激發語音表徵的字形訊息，所以本研究預期可以在腦電波資料結果中看到腦電波成分 P200。本實驗為語意判斷作業，N400 反映語意整合的歷程，在過去的不同的語言體系中的研究結果皆觀察到 N400 看到 P-O 對應一致性的效果，而 N400 在聽覺作業中的 latency 較長，出現的時間較視覺方式呈現刺激所誘發的 N400 來得

晚，因此可推測在 400 毫秒之後會有一段維持 200 毫秒至 300 毫秒的負波。有關 P-O 一致性效果的部份，過去拼音文字為主的研究發現顯示，P-O 一致性效果皆主要分布的時間區段皆在 400 毫秒至 700 毫秒之間，但一致性效果的方向並不一致，何者誘發的較負則有爭議，本研究將透過中文字同音字多的特性，來解決目前發現不一致的問題。

測量工具

本研究使用的電極帽紀錄頭皮上 64 個不同位置的電位變化，頭皮電極位置依據 10-20 系統配置。所有電極分佈在頭皮表面、眼睛周圍與左、右耳後乳突（mastoid）。參考點（Reference）位於 CZ、CPZ 之間，Ground 於 FPZ、FZ 之間。另有兩對電極（HEOG、VEOG）紀錄眼動訊號。得到的 EEG 連續訊號後，主要的分析部分為在刺激出現前 100 毫秒至刺激播放完後約 1000 毫秒。腦電波記錄參數如下：

- 1.放大倍數(Gain): 1000。
- 2.電阻阻抗(Impedence): 所有電極的電阻都低於 5k Ω 。
- 3.取樣頻率(A/D rate): 1000Hz。

實驗結果

事件相關電位資料的前處理

從收集到的原始腦電波，截取聲音刺激出現的區段進行分析，進行分析之前必須先經過一連串的处理，將原始資料存成可使用的數據。資料處理的軟體為 NeuroScan4.4，處理程序如下：

1. 更換參考點（re-reference）：將兩側 M1、M2 的平均作為頭皮上電極的參考點。
2. 分段（epoch）：切割以每個聲音刺激出現的區段，以聲音刺激出現的時間為零點，每個 epoch 切取零點前 100 毫秒至零點後的 1000 毫秒。
3. 基準線校正（baseline correction）：根據每個 epoch 零點前 100 毫秒平均進行基準線校正。

4. 濾波 (filter) : 去除高低頻雜訊, 使用帶通濾波器 (band-pass filter), 高通濾波設為 0.1 Hz, 低通濾波設為 30 Hz。
5. 基準線校正 (Baseline correction) : 根據聲音刺激出現前 100 毫秒的平均電位, 再進行一次基準線校正。
6. 去除干擾訊號 (artifact rejection) : 去除 HEOG、VEOG 在分段中振幅超過 $\pm 70 \mu V$ 的分段資料, 再檢驗頭皮表面上其他電極非眼動所造成干擾的作業, 拒絕超過振幅超過 $\pm 100 \mu V$ 的分段資料。經過兩次刪除受干擾的作業資料後, 每個情況的資料數必須仍保留 20 個以上才會進行後續的分析。
7. 平均 (average) : 分別平均三個實驗操弄的分段資料, 每一個受試者在每一種情境會有一個平均波型。
8. 總平均 (Group average) : 將每一個受試者內同樣的實驗操弄做相加, 形成每一個情境的平均波型。

事件相關電位－統計分析

圖 17 為各情況下所有受試者的平均波形, 分別有低同音密度 (low HD)、高同音密度/高 P-O 對應一致性高 (high HD/ high P-O)、高同音密度/低 P-O 對應一致性 (high HD/ low P-O) 共三種情況。各情況下的腦波均有看到由聽覺刺激引發的典型腦波成分 N1、P200, 之後可觀察到兩個負向的波峰, 第一個大約發生於 300-400 毫秒左右, 接近文獻中指稱的 N320, 分布在中央偏後側的電極位置 (central-posterior site), 約於 300 毫秒至 400 毫秒左右出現的負向 ERP 波峰 (peak)。第二的比較大的負向波發生於 400 毫秒持續至 600 毫秒左右, 在個電極上皆可觀察得到, 但以中央偏前額的電極位置 (central-frontal site) 尤為明顯, 為一典型的聽覺 N400 成分。在 N400 之後, 可觀察到晚期的正向波 (late positive component, LPC), 主要分布在中央偏後面的電極位置, 出現時間約於 700 毫秒持續至 900 毫秒左右。

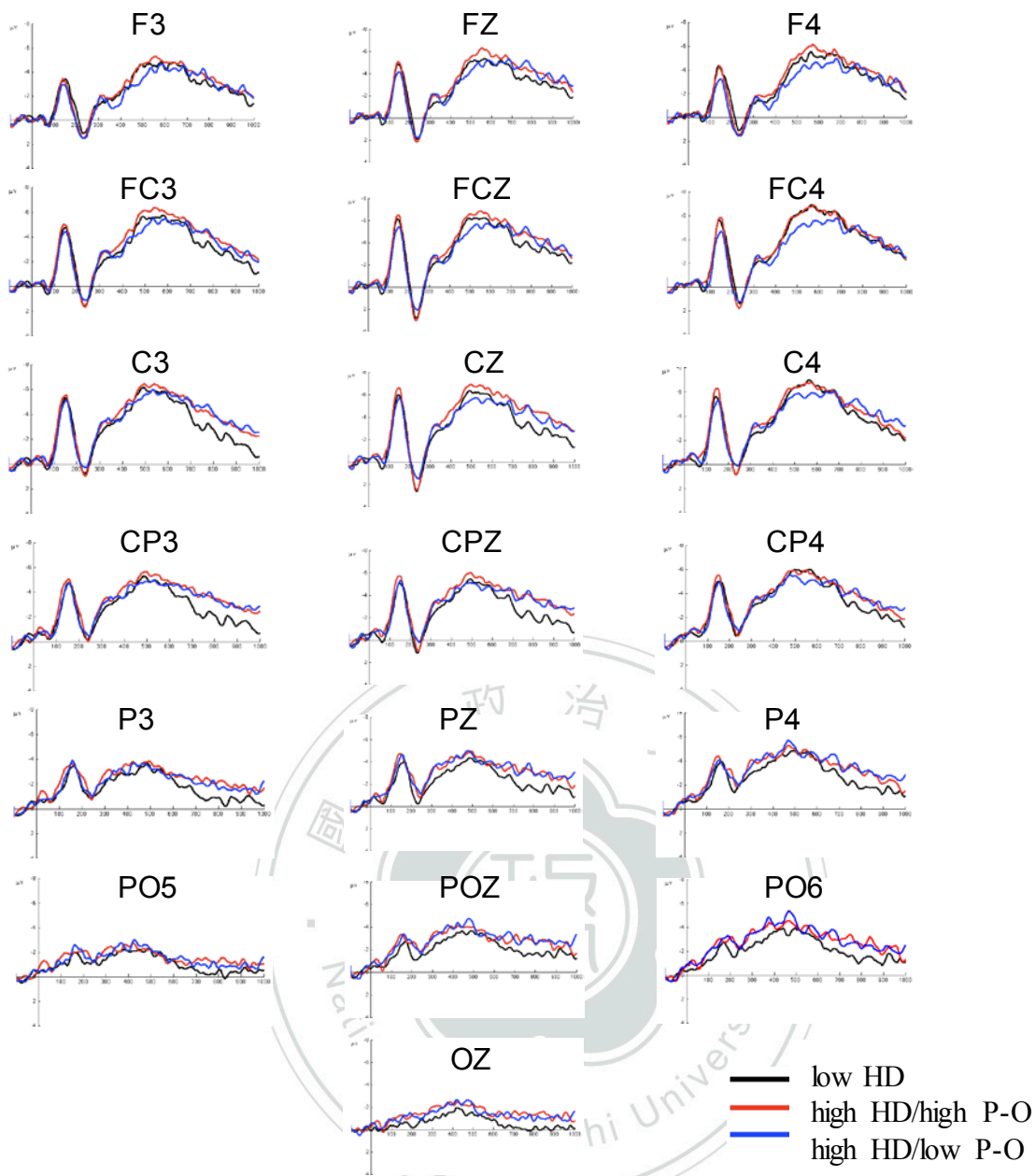


圖 17 實驗一 受試者平均波形

根據過去 Perre 和 Ziegler (2008)、Pattamadilok 等人 (2009) 以及 Pattamadilok 等人 (2011) 的分析作法，本實驗將主要將針對 N320 與 N400 進行兩階段的統計分析。第一階段的分析仿效先前文獻，先進行以每 25 毫秒為單位之連續時間視窗的分析，用以確定分析的時間區段，並根據腦波成份分布之特性選取所需分析之電極，各成分進行分析之時間範圍與電極位置如下：(1) N320 (300–400 msec)，選取中央偏後的九顆電極 (C3, CZ, C4, CP3, CPZ, CP4, P3, PZ, P4) 進行分析。(2) N400 (400–600 msec) 選取前額區九顆電極進行分析 (F3, FC3, C3, FZ, FCZ, CZ, F4, FC4, C4)。第二階段的分析乃跟據連續時間視窗之分析結果，選取效果發生的時間點，再對各成分進行單一時間視窗之平均振幅分析。另外由於 LPC 的

分析較為確定，因此將以 700~900msec 的時間視窗為目標，選取中央偏後的九顆電極（C3, CZ, C4, CP3, CPZ, CP4, P3, PZ, P4）進行分析。各時間視窗之統計分析，皆以音形對應性（low HD, high HD/high P-O, high HD/ low P-O）以及該 ERP 成分主要分布之電極位置為獨變項，進行重複量數變異數分析（repeated measures ANOVA）。另外，本研究所操弄之音形對應性的三個類別中，只有 P-O 對應一致性效果（high HD/high P-O— high HD/low P-O）與同音字密度效果（high HD/high P-O—low HD）兩組比較具有理論上的實質意義，無論音形對應性的主效果及此操弄與電極的交互作用是否達到顯著，都將進行此兩組事前比較（planned comparisons）以檢驗此兩項音形對應效果的存在與否。各個腦波成分的變異數分析皆經過 Greenhouse-Geisser 法校正自由度。

統計分析結果

1.N320

圖 18 顯示同音字密度效果與 P-O 對應一致性效果兩種音形對應效果，從 300 毫秒至 400 毫秒、每 25 毫秒及每 50 毫秒為單位所繪製的腦譜圖。經每 25 毫秒、50 毫秒所進行的統計分析結果（如表 7），在各視窗在音形對應的主要效果皆未達顯著水準（ $F_s < 1$ ），音形對應與電極位置的交互作用檢驗也皆未達顯著水準（ $F_s < 1$ ）。事前比較的部份，同音字密度效果與 P-O 對應一致性效果皆未達顯著差異。

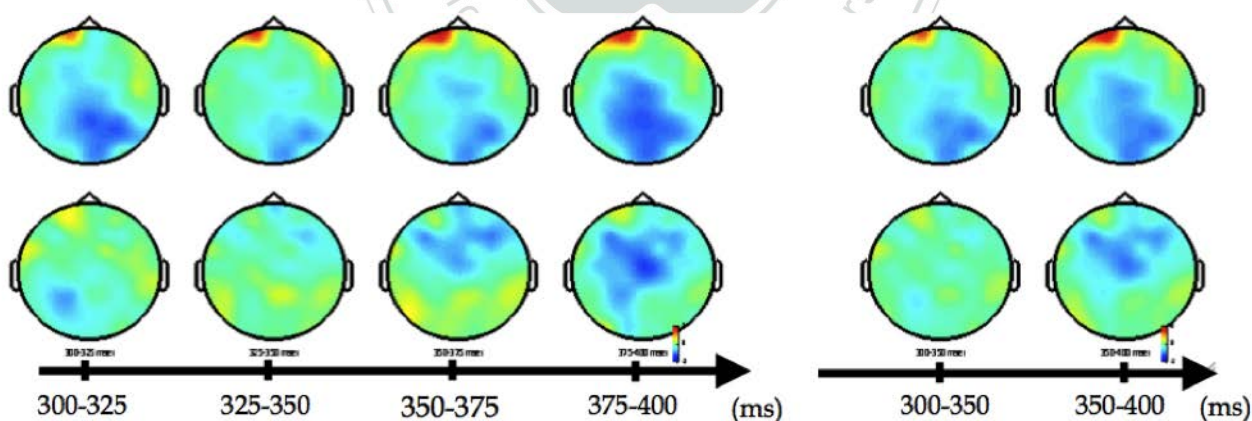


圖 18 實驗一 N320 300-400 毫秒腦圖譜分布
 上排：同音字密度效果(low HD vs high HD/high P-O)
 下排：P-O 對應一致性效果(high HD/high P-O vs high HD/low P-O)

表 7 實驗一 N320 連續時間視窗統計分析

Epoch(ms)	4 epochs of 25 ms each								2 epochs of 50 ms each			
	300-325		325-350		350-375		375-400		300-350		350-400	
	F	sig	F	sig	F	sig	F	sig	F	Sig	F	Sig
P-O effect	0.36	0.66	0.28	0.74	0.69	0.50	0.81	0.43	0.32	0.70	0.78	0.46
P-O*site	0.51	0.78	0.47	0.82	0.87	0.51	0.77	0.59	0.47	0.82	0.78	0.57
事前比較												
	F	sig	F	sig	F	sig	F	sig	F	Sig	F	Sig
HD effect	0.72	0.40	0.38	0.54	0.46	0.50	0.49	0.49	0.59	0.45	0.49	0.49
Consistency effect	0.14	0.71	0.47	0.50	1.37	0.25	1.62	0.21	0.31	0.58	1.56	0.22
Electrode sites: C3, CZ, C4, CP3, CPZ, CP4, P3, PZ, P4												

2.N400

圖 19 顯示同音字密度效果與 P-O 對應一致性效果兩種音形對應效果，由 400 毫秒至 600 毫秒、每 25 毫秒為單位所繪製的腦譜圖。大致可觀察在 450 毫秒至 600 毫秒的時間區段有比較明顯的 P-O 對應一致性效果。同音字密度之效果則較不明顯，但兩個的分布都是在中間偏前額的電極位置。

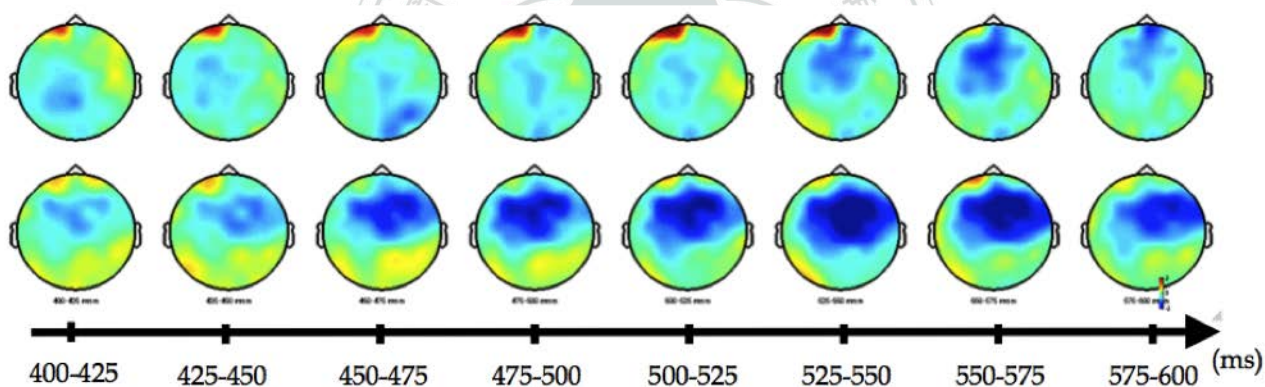


圖 19 實驗一 N400 400-600 毫秒腦圖譜分布
 上排：同音字密度效果(low HD vs high HD/high P-O)
 下排：P-O 對應一致性效果(high HD/high P-O vs high HD/low P-O)

表 8 實驗一 N400 連續時間視窗統計分析

Epoch(ms)	N400													
	425-450		450-475		475-500		500-525		525-550		550-575		575-600	
	F	sig	F	sig	F	sig	F	sig	F	Sig	F	sig	F	sig
P-O effect	1.15	0.33	2.22	0.13	2.46	0.11	3.53	0.05	4.09	0.03	3.33	0.05	1.67	0.21
P-O*site	0.64	0.68	0.70	0.63	0.85	0.52	0.87	0.51	1.30	0.27	1.81	0.10	1.34	0.24
事前比較														
	F	sig	F	sig	F	sig	F	sig	F	Sig	F	sig	F	sig
HD effect	0.84	0.37	0.47	0.50	0.32	0.58	0.50	0.48	1.72	0.20	1.87	0.18	0.78	0.38
Consistency effect	2.27	0.14	4.27	0.05	4.58	0.04	6.62	0.01	8.16	0.01	6.65	0.01	3.34	0.08
Electrode sites: F3, FC3, C3, FZ, FCZ, CZ, F4, FC4, C4														

經每 25 毫秒所進行的統計分析結果（如表 8），在音形對應性的主要效果在 500 毫秒至 550 毫秒皆達顯著水準（ $F(2,36)=3.53, p=.005$; $F(2,36)=4.09, p=.003$ ），在 550-570 毫秒為邊緣顯著。而音形對應與電極位置的交互作用檢驗在各時間視窗則未達顯著水準；事前比較的部分，P-O 對應一致性效果在 450 毫秒至 575 毫秒皆達顯著水準，而同音字密度效果皆未達顯著水準，因此在進行單一視窗之平均振幅的重複量數變異數分析部分，將以 450 毫秒至 575 毫秒計算平均振幅，進行以音形對應性與中央偏前額的九顆電極位置進行 3x9 的二因子重複量數變異數分析。主要效果上，音形對應效果（ $F(2,36)=3.55, p=.043$ ）達顯著水準，但音形對應一致性效果與電極位置交互作用未達顯著水準（ $F(16,288)=1.05, p=.398$ ）。事前比較結果顯示，P-O 對應一致性效果（high HD/ high P-O vs high HD/ low P-O）達顯著差異（ $F(1,18)=6.28, p=.0121$ ），高 P-O 對應一致性比低 P-O 對應一致性引發較負向的 N400 振幅。在同音字密度效果的部分則未達顯著（ $F(1,18)=1.06, p=.31$ ）。

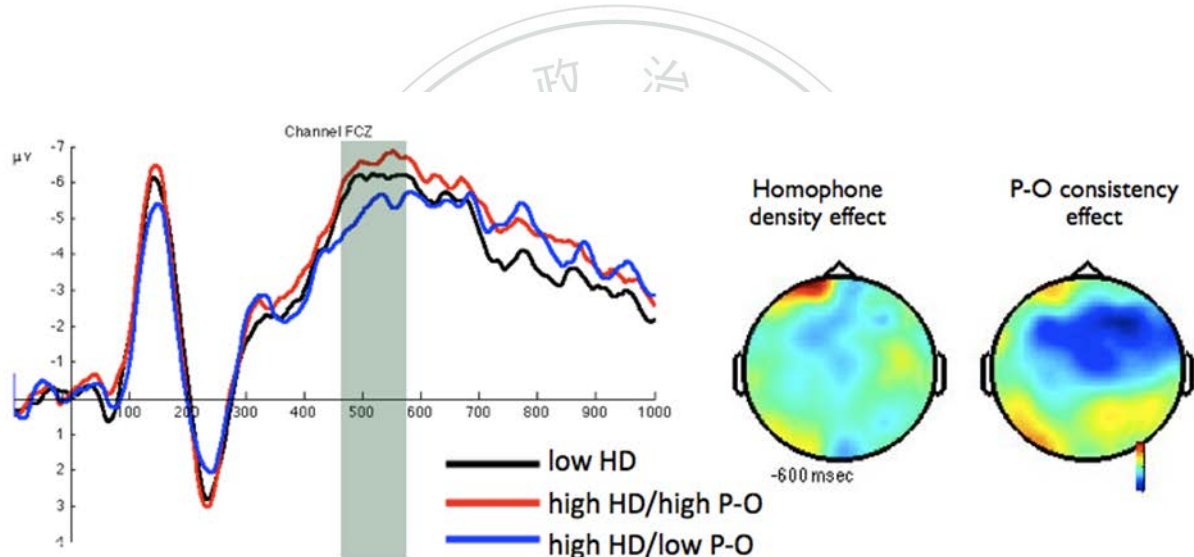


圖 20 實驗一 N400 (475-575 毫秒)
事件相關電位波形圖及 P-O 一致性效果、同音字密度效果腦譜圖

3.LPC (700-900 毫秒)

以音形對應性與電極位置進行 3x9 的二因子重複量數變異數分析。音形對應之主要效果達顯著水準（ $F(2,36)=4.54, p=.029$ ），事前比較的統計結果顯示，同音字密度效果達顯著差異（ $F(1,18)=8.85, p=.005$ ），低同音字密度組在此時間區段引發較正向的 LPC 振幅。P-O 對應一致性效果則未達主要效果顯著（ $F(1,18)=1.15, p=.291$ ）。音形對應性效果與電極位置交互作用達顯著水準（ $F(16,288)=3.87, p=.0135$ ）。事後比較發現，同音字密度效果在九顆電極位置皆達顯著（ $p_s<.01$ ），而 P-O 對應一致性效果在 CZ、CP3、CPZ、P3 中央偏左側的四顆電極位置達顯著（ $p_s<.05$ ）。

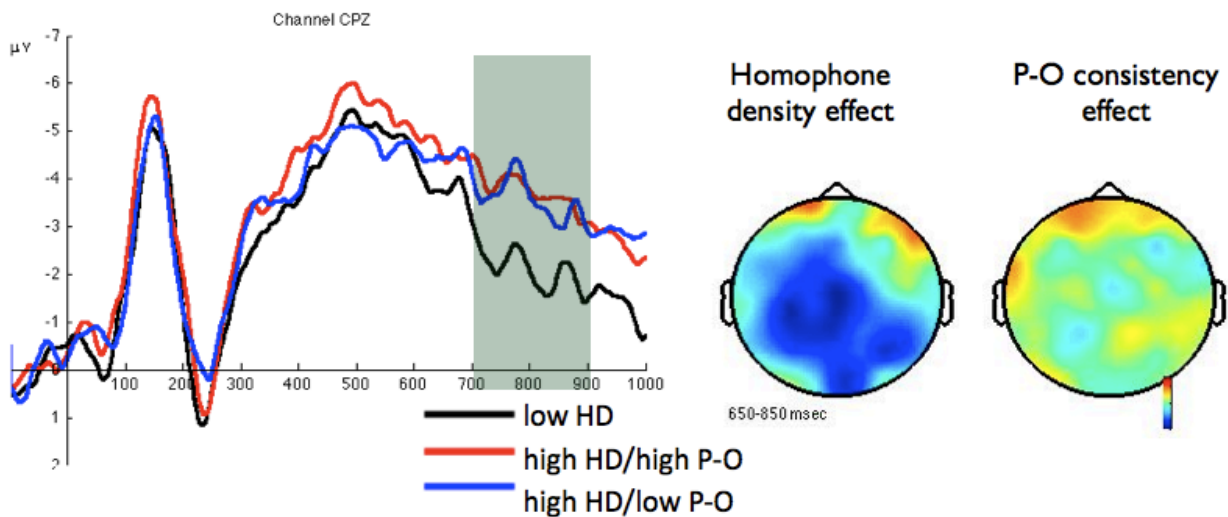


圖 21 實驗一 LPC (700-900 ms)

事件相關電位波形圖及 P-O 一致性效果、同音字密度效果腦譜圖

實驗結果討論

綜合上述的分析結果發現，在部分拼音文字研究中發現在 N320 發現的 P-O 一致性效果，在本研究中並沒有看到。中文的 P-O 對應一致性效果主要出現在 450 毫秒之後的 N400 成分波上，分布在中間偏前額的腦區，高 P-O 對應一致性組誘發較負向的 N400，同音字的效果接續 P-O 對應一致性效果之後出現，於 700 毫秒之後在中間偏後的腦區有明顯穩定的同音字密度效果，同音字密度低的組別引發較正向的振幅。這些結果顯示，中文聽覺詞彙辨識歷程中的音形對應效果，除了過去已偶有發現的同音字密度效果之外，還會受到 P-O 對應一致性效果的影響。然而同音字密度效果、以及 P-O 對應一致性效果分別作用的位置與時間點不同，P-O 對應一致性效果主要在 N400 上出現，高 P-O 對應一致的字群誘發較大的 N400 振幅；同音字密度效果則是在晚期的 ERPs 腦波成分 LPC 上看到差異，低同音字密度誘發較大的 LPC 振幅。顯示以下將針對每個 ERP 成分上的發現進行討論。

N400

本實驗在 N400 的部分發現顯著的音形對應一致性效果，時間大約在播放聲音刺激後的 475 毫秒至 575 毫秒左右，高 P-O 對應一致性字較低 P-O 對應一致性字誘發較大的 N400。過去在拼音文字所發現的 P-O 對應一致性效果，在 N400 的時間區段長短不一致，顯著效果約出現 25 毫秒至 1~200 毫秒不等（如表 3 所示）。本研究與 Pattamadilok 等人（2009）的分析方法相同，先進行連續時間視窗（Moving time window）的一致性效果統計檢驗之後，再進一步界定效果的時間區段做平均振幅的統計分析，於 475~575 毫秒得到顯著 P-O 對應一致

性效果。相較於 Pattamadilok 等人（2009）發現時間區段各為 25、50 毫秒（400-425 和 525-575 毫秒），本研究得到時間範圍較長的平均振幅效果顯著，可能反映了由於中文字同音字特性，使得中文字的字形表徵在辨識聽覺詞彙歷程中更顯得重要。

N400 一直是用來觀察語意複雜度的指標（Kutas & Hillyard, 1984），Perre 等人（2009）、Perre 和 Ziegler（2008）以及 Pattamadilok 等人（2009）在探討 P-O 對應一致性效果在 N400 上的差異，P-O 對應不一致的字群所誘發的 N400 比對應一致字來得大，推論因 P-O 對應不一致，導致詞彙辨識與語意提取較為困難，因此誘發較大的 N400。本實驗在 N400 上所發現的 P-O 對應一致性效果與 Pattamadilok 等人（2011）所發現的一致性效果相同，高 P-O 對應一致性字較低 P-O 對應一致性字誘發較大的 N400。Pattamadilok 等人（2011）認為，在他們的押韻作業中採取了 Go/No-Go 作業。P-O 一致字可能有比較強的記憶表徵或比較穩定的活化，因此在 NoGO 嘗試次中，假如不押韻（no-decision）在此作業中反應的是一種不符合預期（unexpected or mismatch）的程度，那麼一致字會比不一致字有更強的反應，以致於引發較大的 N400。

然而本研究所採用的作業並非押韻判斷作業，而是 Pattamadilok 等人（2009）所採用的語意判斷作業。因此無法支持因作業要求可能導致 P-O 一致性效果在 N400 的振幅上有反轉效果的解釋。此外，Pattamadilok 等人（2009）的語意判斷作業也是以 Go/NoGo 的作業方式來進行，因此所有的一致與不一致字也都在否定的反應類別中，那麼應該也要看到一致字引發較大的 N400 才對。然而 Pattamadilok 等人（2009）的語意判斷作業所觀察到的相反的一致性效果，其實發生相當零碎的時間區段上（400-425 and 525-575 毫秒），其效果是否穩定，仍有待進一步釐清。

LPC

本研究也探討了同樣在高 P-O 對應一致的情形下的中文字的同音字密度效果，研究結果發現，同音字密度的效果並不如預期發生在 N400 的階段，而是出現在 LPC 的成分上，低同音字密度字群相較於高同音字密度字群有顯著較往正向的波，誘發較大的 LPC。此結果與連育吟（2010）實驗三所進行的中文同音字密度的聽覺語意判斷作業的結果一致，同音字密度效果主要發生在 660 毫秒至 770 毫秒之間的正向 LPC 上看到顯著差異，同音字密度較低的字群引發較大的 LPC 振幅。過去研究認為，LPC 與晚期的反應決策或記憶再認的歷程有關（Paller, Kutas, & McIsaac, 1995; Smith & Guster, 1993）。過去研究發現，在進行再認記憶作業時，舊項目（old item）會比新的項目（new item）引發較正的正向 LPC。受試者表示清楚記得的

項目也會比只是感覺熟悉的項目有較大的 LPC。因此 LPC 的大小，似乎反應了比較明確的記憶再認或提取以及可進行決策的明確性。本研究發現低同音字密度且高 P-O 一致性組，有最大的 LPC，可能反應其提取與決策上的優勢。亦即在對語音表徵進行辨識並做語意判斷時，一個語音表徵所對應的字形表徵越少，就越能夠明確做出判斷與反應，因此引發最大的 LPC。

實驗二：字形一致性效果事件相關電位研究－聲韻判斷作業

研究目的

實驗一的分析結果發現，中文的音形對應性的 P-O 一致性效果以及同音字密度效果，分別在腦波成分 N400 上、晚期腦波成分 LPC 有顯著效果，中文字在進行聽覺詞彙辨識的過程中，的確會受到同音字密度與 P-O 對應一致性兩種不同的字形一致性特性所影響。實驗一以中文字為材料所發現的 P-O 對應一致性效果，對照過去在拼音文字的音形對應一致性效果研究相對穩定，但所誘發的 N400 方向卻沒有一致的發現。實驗二的作業內容將以相同的刺激材料進行押韻判斷作業，驗證是否在做單純的聲音韻母判斷作業也能看到 P-O 對應一致性效果以及同音字密度高低效果的影響。

受試者

二十四名成年大學生或研究生參與實驗，視聽力及語言能力皆正常、母語為國語、慣用手為右手、讀寫能力正常並無神經方面疾患。每位受試者皆於實驗前簽署同意書，並在實驗完成後領取 300 元車馬費。

實驗設計與材料

實驗二與實驗一採取相同的實驗材料進行押韻判斷作業（rhyme judgment task），作業方式先播放促發項（prime）後接續播放目標項（target），受試者於聽到目標項之後需進行進行押韻與否的判斷。促發項之實驗材料即為實驗一之實驗材料，依音形對應特性可分為三組，分別為（1）低同音字密度（low HD）、（2）高同音字密度/高 P-O 對應一致性（high HD/ high P-O）、（3）高同音字密度/低 P-O 對應一致性（high HD/ low P-O），每組各有 30 個材料。單就促發項所引發的事件誘發電位，我們將進行 low HD 與 high HD/ high P-O 的比較，以探討同音字密度效果；此外，藉由 high HD/ high P-O 與 high HD/ low P-O 的比較，則可檢驗 P-O 對應一致性效果。

每個促發項各可配對押韻 (R+) 及不押韻 (R-) 兩種目標項，因此共計有九十個押韻及九十個不押韻之目標項嘗試次。在目標項所引發的腦波反應部分，主要目標為檢驗押韻效果 (R+ vs R-) 是否會受到三個不同音形對應特性的影響，而有差異。選取作為押韻與不押韻的實驗材料，皆與配對的促發項同聲調 (如 /tai2/，R+:/bai2/，R-:/shen2/)，押韻與不押韻之目標項的頻率與同音字密度特性也受到控制，皆為低同音字密度的高頻字，P-O 一致性平均為 0.99。

表 9 實驗二 實驗材料特性

促發項 (prime)	low HD		high HD/high P-O		high HD/low P-O	
同音字密度	1		6.9		8.3	
頻率 (log 值)	3.26		3.63		3.7	
P-O 對應一致性	1		0.97		0.43	
目標項 (target)	R+	R-	R+	R-	R+	R-
同音字密度	2.03	1.96	1.67	2.07	2.03	1.87
頻率 (log 值)	3.03	3.2	2.97	2.86	2.87	3.23
P-O 對應一致性	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99

為避免促發項因配對押韻音即不押韻音而在同一實驗中出現兩次所造成的重複效果 (repetition effect)，促發項與配對之押韻或不押韻目標項將進行受試者間的共軛控制，亦即對每個受試者來說，促發項在實驗中只會出現一次，促發項在奇數次受試者若分派與押韻目標項進行配對時，該促發項在偶數次的受試者的實驗中則將與不押韻的目標項進行配對，因此，每兩位受試者的實驗嘗試次可形成一組完整的實驗，亦即在每兩位受試者的實驗資料中，促發項可分別與押韻音及不押韻音形成完全配對。

正式實驗前有 10 題的練習題，正式實驗分成三個段落，受試者在實驗中有兩次休息，所有的實驗材料接由咬字清晰的女聲錄音完成，經由 Adobe Audition 軟體編輯，控制播放的聲音大小約為 70 分貝，促發項與目標項的聲音長度皆為 650 毫秒。

實驗程序

實驗二為押韻判斷作業，受試者在聽到連續出現的兩個聽覺材料後，判斷兩個音是否押韻，是的話用右手食指按反應盒上的右鍵，否的話則是用左手食指按反應盒上的左鍵。

實驗在隔音的房間中個別進行，受試者坐在電腦螢幕前，眼睛到螢幕中央的距離約 75 公分，配合受試者身高調整椅子及桌子的高度，讓受試者的視線能平視螢幕中間。兩個喇叭分別放置在螢幕兩側，距離受試者約 95 公分，聽覺材料的播放音量為 70 分貝。實驗開始之前先為受試者帶上電極帽並放置導電膠，接著向受試者說明指導語，先進行 10 題練習題，練習題皆與正式實驗相同，熟悉程序後便開始正式實驗。實驗開始請受試者凝視螢幕黑色背景中間的中央凝視點白色十字「+」，500 毫秒後播放聽覺材料，材料平均長度為 650 毫秒，間隔 600 毫秒之後播放下一個音，同樣平均長度為 650 毫秒。受試者在聽到聲音刺激之後即可做判斷，螢幕中間的凝視點「+」共持續出現 1500 毫秒，受試者被要求盡量在螢幕出現「+」時避免眨眼，接著空白 100 毫秒之後在螢幕中央出現大寫的 B，停留 2000 毫秒，「提醒受試者在這段時間可以眨眼休息，B 消失後間隔 1500 毫秒之後即進入下一題，正式實驗分三段，中間有兩次休息，休息長度依受試者感受為主，避免受試者過於疲勞，實驗總長約為二十分鐘。



圖 22 實驗二 實驗程序

研究預期

本實驗預期在促發項的腦電波的波形上，同實驗一可看到早期的聽覺腦波成分的 N100、P200 之腦波成分。實驗一在 N400 上觀察到音形對應一致性效果，高 P-O 對應一致性組誘發較大的 N400，故實驗二也預期 N400 上可以得到音形對應一致性效果，在高同音字密度之下，音形對應一致性高，會激發較負的 N400 的振幅。在目標項的 ERPs 分析部分，預期在三個

實驗操弄組別上都可以看到典型的押韻效果 (rhyming effect)，亦即配對不押韻的目標項會比押韻目標項引發較負向的 N400，其分布應該在中間偏後的腦區位置。此外，本實驗亦預期押韻效果會受到音形對應一致性程度的調節，其中，音形對應較一致的情況，例如低同音密度或高音形對應一致性的情況，應該可以獲得較穩定的押韻效果。

測量工具

儀器設備與電極帽配置同實驗一。腦電波記錄設定參數同與實驗一相同。

實驗結果

行為結果

本實驗分析受試者進行押韻判斷的按鍵反應時間，以及正確率做為依變項，以押韻與否（押韻、不押韻）、音形對應性（low HD、high HD/high P-O、high HD/low P-O）進行二因子重複量數變異數分析。在主要效果上，反應時間的押韻效果達顯著水準（ $F(1,17)=5.67$, $p=0.0292$ ）；正確率的押韻主要效果則未達顯著水準（ $F(1,17)=0.8$, $p=0.38$ ），判斷為押韻字的反應時間比判斷不押韻字來得快。音形對應性效果部分，反應時間及正確率的主要效果皆達顯著水準（ $F(2,34)=3.62$, $p=0.0414$ ； $F(2,34)=8.46$, $p=0.0029$ ）。交互作用分析上，押韻與音形對應性在反應時間與正確率皆未達顯著水準（ $F_s < 1$ ）。

進行各個音形對應性之押韻效果的事後比較分析，低同音字密度組（low HD）和高同音字密度/高 P-O 一致字組（high HD/ high P-O）在反應時間上有顯著的押韻效果（ $F(1,17)=4.7$, $p=0.0039$ ； $F(1,17)=4.41$, $p=0.0432$ ），判斷高 P-O 一致性的押韻字之反應時間顯著比判斷不押韻字的反應時間來得快。

表 10 實驗二 反應時間及正確率統計分析

	反應時間		正確率	
	F	sig	F	sig
Rhyming effect	5.67	0.0292	0.8	0.38
P-O effect	3.62	0.0414	8.46	0.0029
Rhyming x P-O	0.13	0.8669	2.00	0.1603
	Rhyme x Condition by Con			
	F	sig	F	sig
low HD	4.7	0.0372	0.01	0.9216
high HD/high P-O	4.41	0.0432	0.72	0.4033
high HD/low P-O	2.28	0.1399	3.74	0.0615

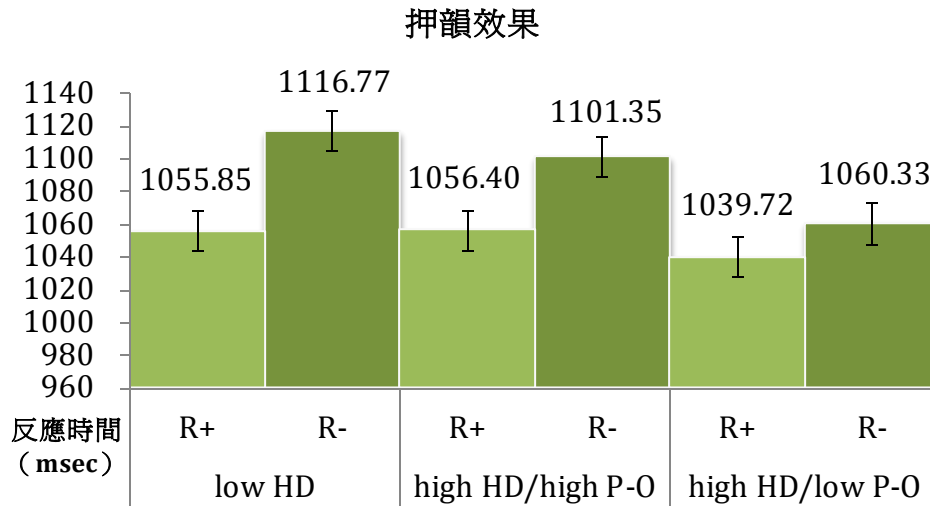


圖 23 實驗二行為結果-反應時間

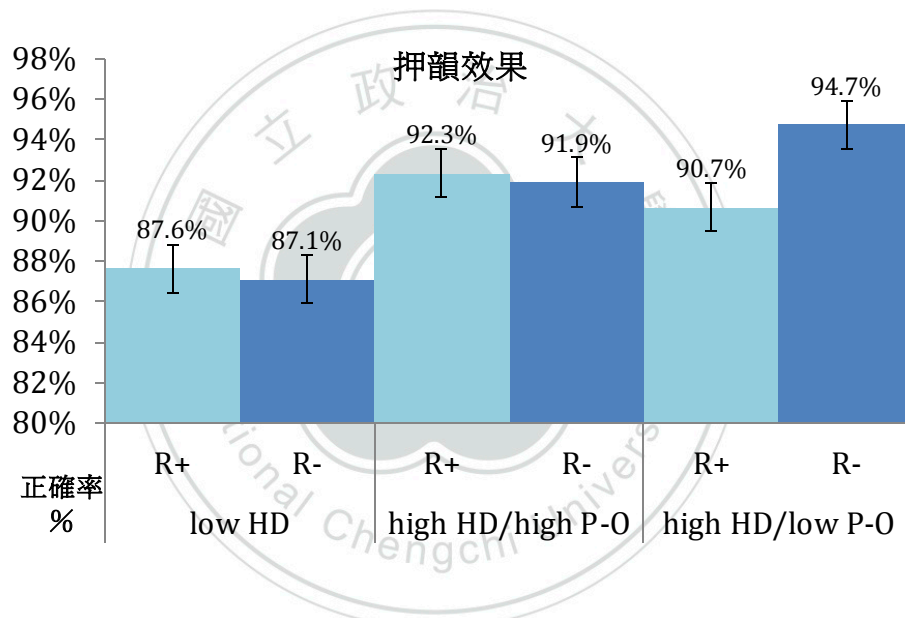


圖 24 實驗二行為結果-正確率

事件相關電位資料的前處理

同實驗一

事件相關電位—統計分析

六位受試者在 EEG 前處理程序中，因為眼動干擾、身體狀況不佳，造成題數不足並未納入統計分析，最後共計十八位受試者的 ERPs 數據納入統計分析。

事件相關電位－促發項（prime）統計分析

圖 25 為三種不同音形對應性情況之下所有受試者的平均波形，分別有低同音密度（low HD）、高同音密度/高 P-O 對應一致性（high HD/ high P-O）、高同音密度/低 P-O 對應一致性（high HD/ low P-O）共三種情況。各情況下的腦波均有看到由聽覺刺激引發的典型腦波成分 N1、P200，之後可觀察到兩個負向的波峰，第一個大約發生於 300-400 毫秒左右，接近文獻中指稱的 N320，分布在中央偏前額區的電極位置（central-frontal site），約於 300 毫秒至 400 毫秒左右出現的負向 ERP 波峰（peak）。第二的比較大的負向波發生於 400 毫秒持續至 600 毫秒左右，在各個電極上皆可觀察得到，以中央偏前額的電極位置（central-frontal site）尤為明顯，唯一典型的聽覺 N400 成分。在 N400 之後，為可觀察到一晚期、接續在 N400 之後的波，出現時間約於 700 毫秒持續至 900 毫秒左右時間點上接近實驗一的 LPC，但不同於實驗一，主要分布在前額區的電極位置差異較明顯。實驗二將針對上述三種 ERPs 腦波成份進行統計分析：N320（300~400 msec）、N400（400~600 msec）與 LPC（700~900msec），電極將根據腦波成份分布之特性做選取。



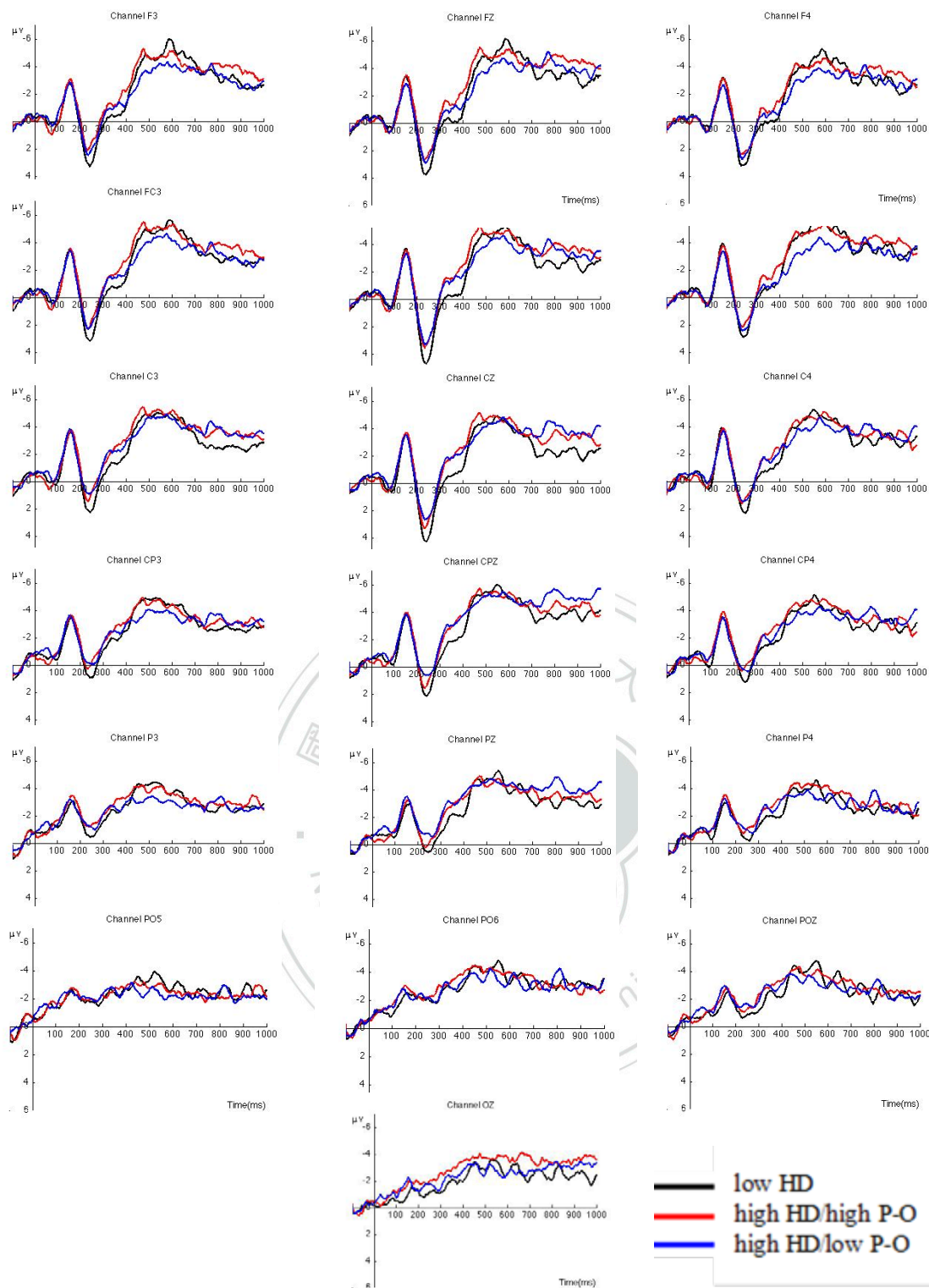


圖 25 實驗二 受試者平均波形圖

N320 與 N400 的統計分析與實驗一的作法相同，主要將針對 N320 與 N400 進行兩階段的統計分析。第一階段先進行連續時間視窗的分析，用以確定分析的時間區段，並根據腦波成份分布之特性選取所需分析之電極，各成分進行分析之時間範圍與電極位置如下：（1）N320（300–400 毫秒/ 每 25 毫秒）選取前額區的九顆電極（F3, FC3, C3, FZ, FCZ, CZ, F4, FC4, C4）進行分析。（2）N400（400–600 毫秒/ 每 50 毫秒）選取前額區九顆電極進行分

析 (F3, FC3, C3, FZ, FCZ, CZ, F4, FC4, C4)。第二階段的分析乃根據連續時間視窗之分析結果，選取效果發生的時間點，再對各成分進行單一時間視窗之平均振幅分析。另外由於 LPC 的分析較為確定，因此將以 700—900 毫秒的時間視窗為目標，選取前額區九顆電極進行分析 (F3, FC3, C3, FZ, FCZ, CZ, F4, FC4, C4)。各時間視窗之統計分析，皆以音形對應性 (low HD/ high PO, high HD/ high P-O, high HD/ low P-O) 以及該 ERP 成分主要分布之電極位置為獨變項，進行重複量數變異數分析 (repeated measures ANOVA)。另外，本研究所操弄之音形對應性的三個類別中，只有 P-O 對應一致性效果 (high HD/ high P-O—high HD/ low P-O) 與同音字密度效果 (high HD/ high P-O—low HD) 兩組對比具有理論上的實質意義，無論音形對應性的主效果及此操弄與電極的交互作用是否達到顯著，都將進行此兩組事前比較 (planned comparisons) 以檢驗此兩項音形對應效果的存在與否。各個腦波成分的變異數分析皆經過 Greenhouse-Geisser 法校正自由度。

事件相關電位—促發項統計分析結果

1.N320

圖 26 顯示同音字密度效果與 P-O 對應一致性效果兩種音形對應效果，從 300 毫秒至 400 毫秒、每 25 毫秒及每 50 毫秒為單位所繪製的腦譜圖。經每 25 毫秒、50 毫秒所進行的統計分析結果 (如表 10)，在各視窗在音形對應的主要效果皆未達顯著水準 ($F_s < 1$)，音形對應與電極位置的交互作用檢驗也皆未達顯著水準 ($F_s < 1$)。事前比較的部份，同音字密度效果在 375 毫秒至 400 毫秒有顯著差異 ($F(1,17)=5.06, p=.031$)，以及 350 毫秒至 400 毫秒有接近顯著水準 ($F(1,17)=4.1, p=.051$)。P-O 對應一致性效果則皆未達顯著差異。

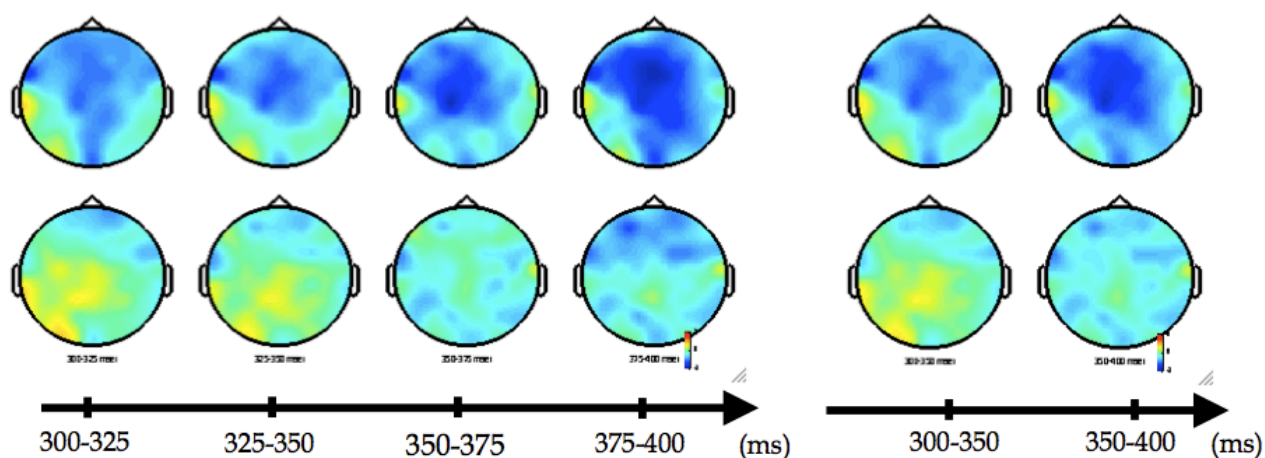


圖 26 實驗二 N320 300-400 毫秒腦譜圖分布
 上排：同音字密度效果 (low HD vs high HD/ high P-O)
 下排：P-O 對應一致性效果 (high HD/ high P-O vs high HD/ low P-O)

表 11 實驗二 N320 連續時間視窗統計分析

Epoch(ms)	4 epochs of 25 ms each						2 epochs of 50 ms each					
	300-325		325-350		350-375		375-400		300-350		350-400	
	F	sig	F	Sig	F	Sig	F	sig	F	sig	F	sig
P-O effect	1.22	0.31	1.49	0.24	1.58	0.23	2.59	0.10	1.52	0.23	2.07	0.16
P-O*site	0.92	0.48	0.92	0.48	1.08	0.38	1.30	0.27	1.00	0.46	1.15	0.31
事前比較												
	F	sig	F	Sig	F	Sig	F	sig	F	sig	F	sig
HD effect	1.97	0.17	2.37	0.13	2.68	0.11	5.06	0.03	2.45	0.13	4.10	0.05
Consistency effect	0.01	0.92	0.01	0.92	0.05	0.83	2.03	0.16	0.01	0.91	0.75	0.39

Electrode sites: F3, FC3, C3, FZ, FCZ, CZ, F4, FC4, C4

2.N400

圖 27 顯示同音字密度效果與 P-O 對應一致性效果兩種音形對應效果，由 400 毫秒至 600 毫秒、每 25 毫秒為單位所繪製的腦譜圖。大致可觀察在 425 毫秒至 500 毫秒的時間區段有比較明顯的 P-O 對應一致性效果。同音字密度之效果則較不明顯，分布在中間偏前額的電極位置。

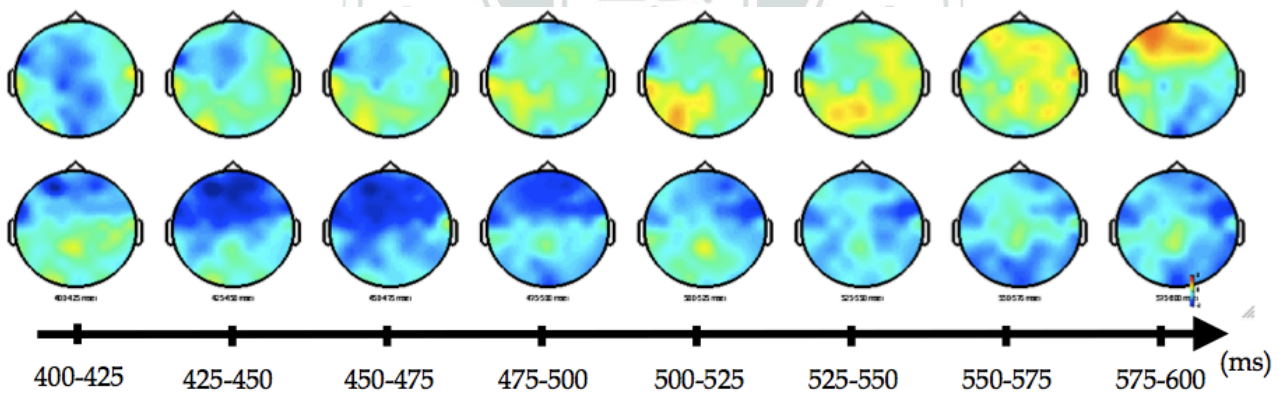


圖 27 實驗二 N400 400-600 毫秒腦譜圖分布
 上排：同音字密度效果(low HD vs high HD/ high P-O)
 下排：P-O 對應一致性效果(high HD/ high P-O vs high HD/ low P-O)

表 12 實驗二 N400 連續時間視窗統計分析

Epoch(ms)	N400															
	400-425		425-450		450-475		475-500		500-525		525-550		550-575		575-600	
	F	sig	F	sig	F	sig	F	Sig	F	sig	F	Sig	F	sig	F	sig
P-O effect	1.09	0.34	2.90	0.08	2.81	0.09	2.97	0.08	2.02	0.16	1.49	0.24	0.99	0.38	1.18	0.32
P-O*site	1.70	0.13	1.55	0.17	0.67	0.69	1.16	0.33	0.85	0.54	0.98	0.45	1.14	0.34	2.09	0.06
事前比較																
	F	sig	F	sig	F	sig	F	Sig	F	sig	F	Sig	F	sig	F	sig
HD effect	1.64	0.21	1.74	0.20	1.27	0.27	0.03	0.86	0.07	0.79	0.00	0.95	0.14	0.71	0.24	0.63
Consistency effect	1.63	0.21	5.77	0.02	5.61	0.02	4.83	0.04	3.45	0.07	2.14	0.15	0.96	0.33	1.02	0.32
Electrode sites: F3, FC3, C3, FZ, FCZ, CZ, F4, FC4, C4																

經每 25 毫秒所進行的統計分析結果（如表 11），在音形對應一致性的主要效果在 425 毫秒至 500 毫秒皆達邊緣顯著水準（ $F(2,34)=2.9, p=.008$; $F(2,34)=2.81, p=.009$; $F(2,34)=2.97, p=.008$ ），音形對應與電極位置的交互作用檢驗則在 575 毫秒至 600 毫秒皆達邊緣顯著水準；事前比較的部份，P-O 對應一致性效果在 425 毫秒至 500 毫秒皆達顯著水準，在 500 毫秒至 525 毫秒皆達邊緣顯著水準（ $F(1,18)=3.45, p=.007$ ）。而同音字密度效果皆未達顯著水準，因此在進行單一視窗之平均振幅的重複量數變異數分析部分，將以 425 毫秒至 500 毫秒計算平均振幅，進行以音形對應性與中央偏前額的九顆電極位置進行 $3*9$ 的二因子重複量數變異數分析。主要效果上，音形對應效果（ $F(2,34)=3.28, p=.0675$ ）達邊緣顯著水準，但音形對應一致性效果與電極位置交互作用未達顯著水準（ $F(16,272)=1.63, p=.179$ ）。事前比較結果顯示，P-O 對應一致性效果達顯著差異（ $F(1,17)=6.45, p=.0158$ ），高 P-O 對應一致性比低 P-O 對應一致性引發較負向的 N400 振幅。同音字密度效果部分則未達顯著水準（ $F(1,17)=0.98, p=.328$ ）。

3. ~700-900 毫秒

以音形對應性與電極位置（F3, FC3, C3, FZ, FCZ, CZ, F4, FC4, C4）進行的二因子重複量數變異數分析。音形對應之主要效果未達顯著水準（ $F(2,34)=0.59, p=.549$ ），音形對應性效果與電極位置交互作用也未達顯著水準（ $F(16,272)=0.6, p=.646$ ）。事前比較的統計結果顯示，同音字密度效果與 P-O 對應一致性效果皆未達主要效果顯著（ $F_s < 1$ ）。

綜合上述的分析結果，P-O 對應一致性效果出在 425 毫秒至 500 毫秒之間，高 P-O 對應一致組誘發較大的 N400，主要的活動分布在中間偏前額的腦區，與實驗一的 P-O 一致性效果整體時間區段一致，主要的效果方向及位置也相同。實驗一在晚期 ERPs 腦波成分 LPC 上得到同音字密度效果，實驗二則無同樣的發現。

事件相關電位—目標項 (target) 統計分析—音形對應性效果與 Rhyming effect 分析

實驗二為聲韻判斷作業，檢驗音形對應性效果的操弄，是否會調節目標項的押韻效果大小或差異。下圖顯示低同音字密度 (low HD)、高同音字密度/高 P-O 一致性 (high HD/high P-O) 與高同音字密度/低 P-O 一致性 (high HD/low P-O) 三種音形對應性組的押韻效果，由 400 毫秒至 800 毫秒、每 100 毫秒為單位所繪製的腦譜圖、以及三組音形對應性的平均波形圖。大致可觀察押韻效果主要出現在中央偏後側的腦區，不押韻組誘發較負向的振幅。三組不同音形對應一致性的押韻效果有出現時序上、以及效果大小的差別。

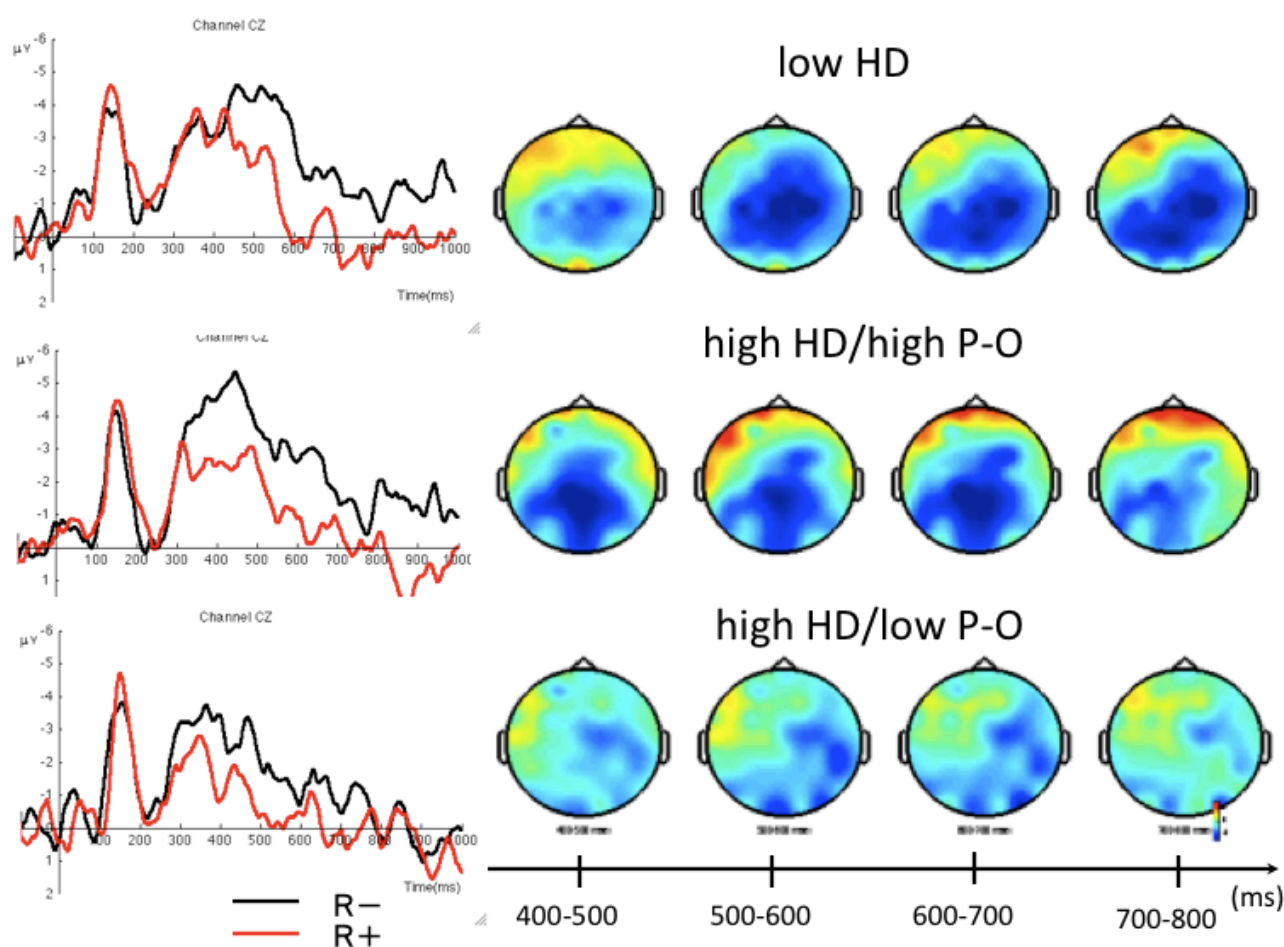


圖 28 實驗二 押韻效果波形圖及 400-800 毫秒腦譜圖分布

事件相關電位—目標項音形對應性與 Rhyming effect 分析結果

進行以押韻、音形對應性、電極位置 (2x3x9) 之三因子重複量數變異數分析。電極位置共選定 9 顆電極：C3、CZ、C4、CP3、CPZ、CP4、P3、PZ、P4。時間視窗從 300 毫秒至 800 毫秒，每 100 毫秒為一個時間區段，共五個時間視窗進行統計分析。

表 13 實驗二 目標項押韻效果統計分析

Epoch(ms)	300-400		400-500		500-600		600-700		700-800	
	F	sig	F	sig	F	sig	F	sig	F	Sig
Rhyming effect	2.71	0.118	11.92	0.003	11.09	0.004	6.16	0.024	3.02	0.100
P-O effect	0.13	0.823	1.56	0.228	2.54	0.096	0.37	0.675	0.09	0.886
Rhyming x P-O	0.11	0.892	0.36	0.692	1.08	0.351	0.68	0.485	1.34	0.273
Rhyming x site	3.18	0.020	3.63	0.013	4.03	0.005	3.74	0.007	1.81	0.134
P-O x site	1.56	0.168	1.60	0.160	1.52	0.182	0.87	0.516	0.90	0.491
Rhyming x P-Ox site	1.24	0.239	1.70	0.116	1.33	0.251	1.11	0.364	0.95	0.467
單純押韻效果分析										
	F	sig	F	sig	F	sig	F	sig	F	Sig
high HD/high P-O	1.89	0.179	5.47	0.025	4.67	0.038	5.92	0.020	1.93	0.174
low HD	0.51	0.479	2.69	0.110	10.48	0.003	6.69	0.014	8.01	0.008
high HD/low P-O	1.38	0.247	1.29	0.264	1.35	0.254	1.19	0.283	0.29	0.594

主要效果上，押韻效果在 400 毫秒至 700 毫秒皆達顯著水準，在交互作用的分析上，押韻與電極位置在 300 毫秒至 700 毫秒皆達交互作用顯著。在三種音形對應情境下的單純押韻效果分析顯示，高同音字密度/高 P-O 一致性 (high HD/ high P-O) 在 400 毫秒至 700 毫秒的押韻效果皆達顯著水準 ($F(1,17)=5.47, p=0.025$; $F=4.67, p=0.038$; $F=5.92, p=0.02$)。低同音字密度 (low HD) 於 500 毫秒至 800 毫秒的時間區段皆達顯著水準 ($F(1,17)=10.48, p=0.003$; $F(1,17)=6.69, p=0.014$; $F(1,17)=8.01, p=0.008$)。高同音字密度/低 P-O 對應一致性字 (high HD/ low P-O) 在所有時間區段皆未達顯著水準 ($F_s < 1$)。

實驗結果討論

根據 Seidenberg & Tanenhaus (1979) 的行為研究，在判斷即使兩組同樣是押韻的刺激材料時，同韻但對應不同拼字的配對會比對應相同拼字的反應時間來得長，顯示在進行聽覺的詞彙辨識時，仍會激發字形訊息，以致同韻但對應不同拼字的配對組會受到字形訊息的干擾。實驗二採押韻判斷作業，由於採用 ERP 的測量，可同時分析促發項與目標項所引發的腦波反應，因此可同時檢驗促發項的音形對應性在腦波反應上的所產生的效果，並可檢驗促發項之音形對應性是否會調節目標項的押韻效果在腦波成分上的表現差異。

N320

在促發項的分析部分，如同實驗一，我們並未觀察到在 N320 上有任何的音形對應一致性或同音字密度效應。此結果與 Pattamadilok 等人 (2011) 進行押韻判斷作業的結果一致。

N400

實驗二在 N400 上並未觀察到同音字密度效果，只觀察到 P-O 一致性效果的出現。此效果在押韻作業中顯著的時間區段為 425-500 毫秒之間，其型態與實驗一的在 N400 所觀察到的 P-O 一致效果雷同，高一一致字引發較負的 N400，並且皆主布在中央偏前額的位置，為典型聽覺作業 N400 的分佈。相較於過去拼音文字的 P-O 對應一致性效果的研究，Perre 等人（2009）、Perre 和 Ziegler（2008）以及 Pattamadilok 等人（2009）的 P-O 一致性效果出現的時間區段與腦區分布不一致的情況，本研究在兩種不同的作業方式獲得一致的 P-O 一致性效果。由於拼音文字的同音字並不普遍，鮮少有完全同發音但字形組合拼法不同的配對，實驗上所操弄的相同語音表徵，通常只是相同的音首或第一個音節（onset, or early consistency），或是同韻尾或第二個音節（rime, late consistency），是否有不同的拼字法。然而中文本身音節結構簡單、同音字多的特性，使得我們的實驗得以操弄整個音節相同（亦即同音字）的情況下，對應字形的變異程度。實驗結果也顯示，在進行聽覺詞彙辨識時，對於所指稱的字形表徵訊息對於確認其所對應之語意顯得相當重要，因此我們在中文的兩種作業方式皆看到穩定而時間區段長的 P-O 一致性效果，皆印證了中文在聽覺詞彙處理時字形訊息的重要及影響性。

~700-900

實驗二在 700 毫秒之後的 LPC 上，並未觀察到任何音形對應的效果。從波形圖及腦譜圖觀察，同音字密度效果似乎主要分布在左側中間偏前額區，雖然經統計分析並無達顯著差異，但此與實驗一 LPC 主要發現的腦區位置在中間偏後側的位置，並不相同。一個可能的原因是，在此押韻作業中，受試者並不需要對促發項做任何反應，而 LPC 主要與反應決策或記憶的提取有關，因此在本實驗中促發項並不會引發明顯的 LPC，以致於在這段時間中並未觀察到任何效果。

押韻效果

在目標項所引發之腦波，押韻效果的大小，在不同的音形對應情境下，似乎有不同的展現。當目標詞為高同音字密度/高 P-O 對應一致性字（high HD/ high P-O）時所誘發的押韻效果最大、發生的時間約從 400 毫秒延續到 800 毫秒左右。低同音字密度/高 P-O 對應一致性的情況下也有明顯的押韻效果，但時間上略晚於高同音字密度且高 PO 對應一致性的情況。至於高同音字密度/低 P-O 對應一致性字群的部份，在 300—800 毫秒間的連續時間區段的統

計分析皆未達顯著差異。這些結果顯示押韻效果的確受到配對的語音材料本身對應字形一致性所干擾，這些結果符合雙向交互激發模型（BIAM）的預測。根據此模型，詞彙辨識建立在形音義三者間的對應一致性，對於口語的詞彙辨識而言，音形對應一致性越高，系統越能夠快速趨近於穩定已達成詞彙辨識的激發狀態。相反的，若對應一致性越低，則系統需要化較久的時間來得到平衡狀態。換言之，高音形對應一致性的情況下，系統應可以較快且穩定的提取其語音表徵並獲得顯著的押韻效果。此外，Ziegler 等人（2003）的研究探討字形鄰項密度對於聽覺的詞彙辨識的影響即發現，當控制音形對應一致性的情況下，字形鄰項的個數越多，對於詞彙辨識的反應速度具有促進性的效應（facilitative effect）。因此在同樣高音形對應一致性的情況下，高同音字密度的情況可能獲得比較大的促發效果。

換言之，在進行語音辨識時，字音所對應的字形表徵也會受到一併激發。高同音字密度/高 P-O 對應一致性字群，由於多個字形都對應到同一個字音表徵上，可促進語音提取，因此可以最快獲致穩定的押韻效果。低同音字密度的字音，由於對應的字形表徵較固定、雖然數量不多，雖然其力量可能比高同音字密度且音形對應一致的情況來得小同樣可以有穩定的語音，因此在從波形上可觀察到，所誘發的押韻效果時序上比高同音字密度的字音來得慢。反觀在高同音字密度/低 P-O 對應一致性字群在押韻效果的表現，由於促發項的字音所對應多個特性不同的字形表徵，這些字形表徵（例如各種音旁）可能又可連結多種語音或語意表徵，對於特定語音表徵的提取可能造成干擾，甚或不同特徵的字形表徵彼此之間也有競爭效果，以致於在高同音字密度/低 P-O 對應一致性組並沒有看到顯著的押韻效果。本實驗結果驗證了行為研究中發現的音形對應的一致性的確會影響受試者在進行押韻判斷作業的歷程。

綜合討論

本研究建立中文字音到字形的對應資料庫，並分別藉由語意判斷與押韻判斷等兩種作業，探討兩種中文的語音對應到字形表徵的特性，分別為同音字密度大小以及 P-O 對應一致性高低，在中文的聽覺詞彙辨識歷程中，字形訊息是否會被自動激發。最重要的是，在本研究中，同音字密度反映的在同屬高 P-O 對應一致性的情況下，語音表徵對應字形表徵的數量多寡的影響，而 P-O 一致性則是控制在相同的同音密度下，語音表徵對應的字形表徵的一致程度，以探討此兩種層次的對應方式對中文的語音辨識的影響是否相同。在實驗一的語意判斷作業，受試者必須確認字音的意義，而實驗二的押韻判斷作業，受試者僅需對語音表徵上結構的相似與否進行判斷，而我們的研究結果發現在兩種作業上，皆可在 N400 上看到了穩定的 P-O 一致性效果，顯示 P-O 一致性效果不受作業屬性的處理層次的程度而有所差異，在進行詞彙表徵處理的階段看到不一致的效果，支持在中文的聽覺詞彙辨識歷程中，字音會自

動激發對應的字形訊息，並且，其中這樣的語音表徵與字形表徵對應不一致產生的效果，來自於在相同同音字密度之下，語音表徵對應的字形表徵的一致程度－P-O 一致性。

實驗一與實驗二在不同的作業方式，皆在 N400 上得到高 P-O 對應一致性組比低 P-O 對應一致性組誘發較負向的 N400 振幅，此結果與 Pattamadilok 等人（2011）發現 P-O 對應一致性較高的字群所誘發較大 N400 的發現相同，但與 Perre 等人（2009）、Perre 和 Ziegler（2008）以及 Pattamadilok 等人（2009）的 P-O 對應一致性效果相反（不一致組的 N400 較大）。本實驗結果並不支持 Pattamadilok 等人（2011）認為 P-O 一致性效果方向會受到作業要求影響的說法。Pattamadilok 等人（2011）認為押韻判斷作業的認知歷程主要涉及對音節的解構（segmentation）與對音素或次音節單位的辨識與判斷。由於 P-O 對應一致的字有比較強而穩定的記憶痕跡（memory trace）的激發，因此當 P-O 對應一致字放在不同韻（No-trial）的嘗試次時，產生的不匹配（mismatch）效果會比較強，因此誘發的 N400 也越大。然而 Pattamadilok 等人（2009）的 Go/No-go 語意判斷作業中，所有的目標字也都在 No-Go 的嘗試次中，根據上述的假設，P-O 對應一致字也應該比不一致字產生較大的 N400，然而該研究卻獲得相反的一致性效果。究竟作業要求是否會造成相反的 P-O 一致性效果，仍有待進一步的研究來釐清。

本研究在語意判斷作業及押韻判斷作業上，皆得到 P-O 對應一致組誘發較大的 N400 的結果，N400 是有關處理語意複雜度的指標，本研究推論，當進行聽覺詞彙辨識時，高 P-O 一致性的字同時激發相同類型的字形表徵較多，相較於低 P-O 一致字所激發同類型的字形表徵較少，在高 P-O 一致字的情形下，字形表徵之間所產生的語意競爭較大，因此誘發較大的 N400。此結果與 Lee, Tsai, Chan, Hsu, & Hung（2007）在探討中文字表音一致性，即 O-P 對應一致性效果的研究中，也發現形音對應一致性較好的高表音一致性字群引發的 N400 振幅比不一致字群來得大的發現雷同。本研究認為，中文的音節結構較簡單且同音字多的特性，使得在具有相同同音字密度時，語音所對應到字形的變異程度，即 P-O 對應一致性的高低，成爲是影響中文字語音辨識的關鍵。此結果支持 BIAM 的看法，亦即形音義表徵兩兩之間的對應一致性（cross-code consistency）越好，表徵間的連結就越強，系統在達成詞彙觸接的過程中就越容易達到穩定的狀態。實驗二檢驗不同的音形對應情形下的押韻效果大小差異也發現，高 P-O 對應一致性的情況下，不論其同音字密度的大小，皆可在 N400 發現的押韻效果。此結果也進一步支持 BIAM 的看法，亦即在語音與字形表徵對應的一致程度越好的情況下，語音表徵提取較快也較穩定，因此可穩定獲得押韻效果。

本研究探討的另一個中文音形對應特性在口語辨識歷程中所扮演的角色是同音字密度效果，主要反映語音表徵對應的字形個數多寡。在本研究所進行的兩個作業中，只有在實驗一語意判斷作業中，在晚期腦波成分 LPC 上觀察到同音字密度效果，低同音密度組引發比較正的 LPC。此發現顯示中文字的兩種音形對應性：同音字密度效果與 P-O 對應一致性，分別作用在口語詞彙辨識的不同的階段和歷程上，其中，同音字密度效果受到作業的方式不同而有差異。過去探討中文字的同音字密度效果對口語辨識歷程的影響有連育吟（2010）與 Wang（2012）兩篇以事件相關電位的研究，其結果皆發現同音字密度效果顯著的時間點並非在預期的 N400 上，而是只有在晚期在 600-700 毫秒之後的腦波成分上看到差異。雖然兩者都發現高同音字密度的字群有顯著往負向的振幅，低同音字密度則是較正向的振幅，與本研究的同音字密度效果雷同。但連育吟（2010）發現此效果的位置在 CP3、P3 這兩個枕葉的電極位置上，稱之為 LPC，而 Wang（2012）發現此效果在中間偏前額的位置上，而稱此效果為晚期的 N400（如表 13）。

表 14 中文同音字密度效果研究整理

	作業要求	時間區段	效果方向	效果分布	腦波成分
本實驗一	語意判斷	700-900	high HD 較負 low HD 較正	中央偏後側	LPC
本實驗二	押韻判斷	~700-900	high HD 較負 low HD 較正	前額區	—
連育吟 (2010)	語意判斷	650-770	high HD 較負 low HD 較正	中央偏後側： CP3、P3	LPC
Wang, Li, Ning, & Zhang (2012)	字彙判斷	600-800	high HD 較負 low HD 較正	前額區	late N400

回顧過去有關 LPC 的研究，在記憶的提取的作業中，發現舊項目（old item）會比新的項目（new item）引發較正的 LPC（Paller, Kutas, & McIsaac, 1995; Smith & Guster, 1993）。但在閱讀理解或語意促發的研究中，也經常在 N400 之後觀察到一個晚期的正向波，過去常被稱為 late positive complex，而近期 Van Patten 與 Luka（2012）取名為 post N400 positivity（PNP），則主要觀察到語意不一致或非預期的詞會引發較大的晚期正向波。兩者對於比較容易提取，再認或進行判斷的項目是否會引發較正向的晚期正向波，似乎有相反的預期。無論如何，這個晚期的正向波主要是受晚期判斷、決策所影響的腦波成分，由於本研究實驗一的語意判斷作業，受試者必須在聽覺刺激呈現之後對聽到的語音表徵做語意的判斷，低同

音字密度相較於其他兩組傾向有較往正向的振幅，似乎反映了低同音字組沒有其他同音字造成的競爭，使其容易進行決策或再認（recognition）的 LPC 反應。假如是 PNP 的解釋，那麼應該觀察到同音字密度越高的字群，字形表徵之間的競爭越強，應誘發較大往正向的振幅，但此解釋顯然不適用於實驗一的結果。

對照 Wang 等人（2012）中文語音字彙判斷作業中，發現在 600 毫秒至 800 毫秒的前額區有顯著的同音字密度效果，作者認為在這邊觀察到的效果應屬於晚期的 N400（late N400），並解釋為高同音字密度的字群，由於對應的字形表徵數量較多，彼此之間的競爭效果增加了語意處理的複雜度，在晚期的 N400 誘發較大往負向的振幅。此研究發現的同音字密度的抑制效果及主要激發的腦區位置都與本研究在實驗二的押韻判斷作業上的發現相似，亦即在 700 至 900 毫秒的時間區段間，高同音字密度的字有較往負向的振幅的趨勢，只是本研究在統計結果並沒有得到顯著上的差異，可能原因在於受試者對於促發項並不需要做決策，而且在押韻作業中，受試者不需要確認字音的意義。綜合上述的研究發現，我們推論在中文的語音辨識歷程中，同音字密度的影響，主要發生在晚期對於字形表徵的對語意表徵之間的連結、競爭有關。在聽到一個中文字時，會自動化的激發字形表徵的訊息、除了在詞彙觸接的階段會受到音形對應一致性的影響之外，在最後進行決策判斷、或者是記憶提取的階段，則會受到同音字密度的大小影響，當同音字字數較多時，字形表徵之間也就越競爭，在晚期進行語意的連結的歷程上可以看到同音字密度效果的差異。但現階段本研究結果並無法肯定此同音字密度效果反應在是 LPC 或是 late N400 上，未來可能需要仰賴改變作業的方式，例如檢驗晚期 LPC 的同音字密度效果是否影響來自於記憶新舊項目的差異，或是透過 go/nogo 的作業方式，探討受試者是否需要進行判斷的情況下如何影響該效果，來檢驗晚期的同音字密度效果的本質。

總結來說，本研究結果支持 Grainger & Ziegler（2008）的雙向交互激發模型（BIAM），認為語言辨識完整的基本架構—語音、字形、語意三個要素，三者的相互激發以及兩兩間的對應一致性（cross-code consistency）決定了彼此之間訊息交換的型態和反應。對應的一致性越好，詞彙就越容易被辨識，從行為上可觀察到較快的反應時間、錯誤率較低等。本研究在實驗二的押韻作業中也證實，音形對應一致性好的情境下，可以得到穩定的押韻效果，而以高同音密度的情況下，所誘發的押韻效果最大，而音形對應一致性不好的情境則沒有看到押韻效果的顯著，顯示在探討中文的口語辨識歷程，音形對應一致性越好的，字形、字音和語意之間的對應(mapping)越穩固，在詞彙辨識的作業表現上就會越好。

回應近年來對於音形對應一致性效果的研究，對於語音辨識歷程如何受字形屬性所影響的兩種不同解釋方式：即時激發論（On-line activation）和語音表徵重組論（Phonological restructuring），本研究以中文字來探討在口語辨識的歷程中字形表徵特性的影響，從事件相關電位的結果，得到穩定的 P-O 一致性效果在反應詞彙觸接的 N400 上看到顯著差異。但因為缺乏進一步溯源的分析方式，無法確認 P-O 效果激發的腦區位置，另外，根據語音表徵重組論，在習得字音所對應的字形表徵屬性，進一步對已經存在的語音表徵產生解構並重組的概念，造成在語音辨識歷程上看到 P-O 一致性的效果，可能需要透過發展性的研究，來了解中文字口語詞彙受字形訊息而逐漸整合的歷程。

未來展望

本研究建立了中文字的音形對應性在口語辨識歷程當中，同音字密度效果及 P-O 一致性效果分別在不同階段對於聽覺詞彙辨識處理的有不同的影響，在語意判斷作業以及押韻判斷作業中皆穩定得到 P-O 一致性效果在 N400 上的差異。然而在同音字密度效果在晚期腦波的作用，可能因作業要求的關係，語意判斷作業迫使受試者必須進行決策、提取的認知歷程，使得同音字密度大小對口語辨識歷程的影響相互干擾，而實驗二的押韻判斷作業在晚期的腦波成分上也並沒有得到顯著的效果，同音字密度的特性如何對口語詞彙的辨識尚無明確的結論，可能需要透過改變作業方式或其他的測量方法，來確認同音字密度效果在晚期腦波成份看到的差異來自於記憶的提取容易程度、或是進行判斷決策的競爭效果。以聽覺呈現刺激的方式，在事件相關電位的研究方法上，不同於視覺呈現的方式，在 N400 之後的表現型並沒有一致的時間區段或方向上的共識，未來的研究可配合如空間解析度較高的記錄分析方式，幫助釐清中文音形對應性的對口語詞彙判斷的處理歷程。

另外，本研究的實驗材料皆選用高頻字，以接觸頻率較高的字群來觀察中文字在口語辨識歷程中字形表徵的影響和重要性，貼近一般人在日常進行口語詞彙運用、辨識的歷程。因此未來可發展在學齡期兒童在結合口語詞彙與文字表徵連結語意的階段，字形一致性效果在發展時程上的影響，是否有時序上的發展變化。

參考文獻

教育部（民 87）。87 年教育部口語資料庫。取自

http://www.edu.tw/files/site_content/M0001/86news/ch5-3.html?open

汪舒韻（民 98）。中低頻漢字在唸名與辨識作業中的順向與逆向一致性效果（碩士論文）。

取自 <http://ccur.lib.ccu.edu.tw/handle/309310000Q/9282>

連育吟（民 99）。中文同音字密度對口語詞彙辨識歷程的影響（碩士論文）。取自

<http://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gsweb.cgi?o=dnclcdr&s=id=%22098NTPTC790001%22.&searchmode=basic>

Andrews, S. (1982). Phonological recoding: Is the regularity effect consistent? *Memory & cognition*, 10(6), 565 – 575.

Barber, H., Vergara, M., & Carreiras, M. (2004). Syllable-frequency effects in visual word recognition: evidence from ERPs. *Neuroreport*, 15(3), 545-548

Bentin, S., Mouchetant-Rostaing, Y., Giard, M., Echallier, J., & Pernier, J. (1999). ERP manifestations of processing printed words at different psycholinguistic levels: time course and scalp distribution. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(3), 235 – 260. MIT Press.

Danielle van den Brink, Colin M. Brown, and Peter Hagoort (2001). Electrophysiological evidence for early contextual influences during spoken-word recognition: N200 versus N400 effects. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(7), 967 – 985. doi:10.1162/089892901753165872

Chen, Y., Lee, J. R., Kuo, W.-J., Hung, D. L., & Cheng, S.-K. (2010). An ERP study of Chinese speakers' rhyme judgments to Chinese and English words. *Neuroreport*, 21(9), 636 – 640. doi:10.1097/WNR.0b013e32833a5d2c

Coltheart, M., Besner, D., Jonasson, J. T., & Davelaar, E. (1979). Phonological encoding in the lexical decision task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 31(3), 489 – 507.

Coltheart, M., Curtis, B., & Atkins, P. (1993). Models of reading aloud: Dual-route and parallel-distributed-processing approaches *Psychological Review*.

Coltheart, M. (1994). Serial processing in reading aloud: Evidence for dual-route models of reading *Journal of Experimental Psychology*: ...

Coltheart, V., Patterson, K., & Leahy, J. (1994). When a ROWS is a ROSE: Phonological effects in written word comprehension. *The Quarterly journal of experimental psychology A, Human experimental psychology*, 47(4), 917 – 955.

Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Ziegler, J. C., Langdon, R. (2001).DRC: A Dual Route Cascaded Model of Visual Word Recognition and ReadingAloud., *Psychological Review*, Vol. 108, No. I, 204-256

- Friedman, D. D., & Johnson, R. R. (2000). Event-related potential (ERP) studies of memory encoding and retrieval: a selective review. *Microscopy Research and Technique*, 51(1), 6 – 28.
doi:10.1002/1097-0029(20001001)51:1<::AID-JEMT2>3.0.CO;2-R
- Friedrich, M., Friederici, A.D.(2006).Early N400 development and later language acquisition., *Psychophysiology*, 43.
- Grainger, Jonathan.(1994) Phonology and orthography in visual word recognition: Effects of masked homophone primes , *Journal of Memory and Language*, 33:2 p.218
- Grainger, J., & Ziegler, J. (2008). Cross-code consistency in a functional architecture for word recognition. *Single-word reading: Behavioral and biological perspectives*, 129 – 158.
- Glushko, R. (1979). The organization and activation of orthographic knowledge in reading aloud, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 5, 674-691
- Holcomb, P. J., & Neville, H. J. (1990). Auditory and visual semantic priming in lexical decision: A comparison using event-related brain potentials. *LANGUAGE AND COGNITIVE PROCESSES*, 5(4), 281 – 312. doi:10.1080/01690969008407065
- Holcomb, P. J., & Neville, H. J. (1991). Natural speech processing: An analysis using event-related brain potentials.
- Holcomb, P. J. (1993). Semantic priming and stimulus degradation: implications for the role of the N400 in language processing. *Psychophysiology*, 30(1), 47-61.
- Hillyard, S. A., Hink, R. F., Schwent, V. L., & Picton, T. W. (1973). Electrical Signs of Selective Attention in the Human Brain. *Science*, 182(4108), 177-180.
- Hue, C.-W., (1992). Recognition processes in character naming. In *Language processing in Chinese. Advances in psychology*. Vol. 90, H.-C.E. Chen, Tzeng, Ovid J L., eds. Amsterdam, Netherlands: North-Holland. xii, 394, pp. 93-107.
- Jacquier, C., Rouibah, A., & Hoen, M. (2005). ERP Evidence for an Interaction between Phonological and Semantic Processes in Masked Priming Tasks. *Proceedings of the XXVIIth annual meeting of the cognitive science society (Cog.Sci 2005)*, 1030 – 1035.
- Kutas, M. and Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207, 203-208.
- Kutas, M. and Hillyard, S. A. An electrophysiological probe of incidental semantic association, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1989, 1(1): 38-49.
- Lee, C.Y., Tsai, J.L., Kuo, W.J., Yeh, T.C., Wu, Y.T., Ho, L.T., Hung, D.L., Tzeng, O.J.&Hsieh, J.C., (2004). Neuronal correlates of consistency and frequency effects on Chinese character naming: an event-related fMRI study. *NeuroImage*. 23, 1235-45.
- Lee, C.Y., Tsai, J.L., Su, E.C.I., Tzeng, O.J.L.&Hung, D.L., (2005). Consistency, Regularity, and Frequency Effects in Naming Chinese Characters. *Language and Linguistics*. 6, 75-107.

- Lee, C.Y., Tsai, J.L., Huang, H.W., Hung, D.L. & Tzeng, O.J.L., (2006). The temporal signatures of semantic and phonological activations for Chinese sublexical processing: An event-related potential study. *Brain Research*. 1121, 150-159.
- Lee, C., Tsai, J., Chan, W., Hsu, C., & Hung, D. (2007). Temporal dynamics of the consistency effect in reading Chinese: an event-related potentials study. *Neuroreport*.
- Lee, C., Huang, H., Kuo, W., & Tsai, J. (2010). Cognitive and neural basis of the consistency and lexicality effects in reading Chinese. *Journal of Neurolinguistics*.
- Liu, Y., Perfetti, C. A., & Hart, L. (2003). ERP evidence for the time course of graphic, phonological, and semantic information in Chinese meaning and pronunciation decisions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(6), 1231-1247.
- Nagi, K. (2008). The effect of feedback consistency and feedforward consistency (number of homophones and consistency) on reading and writing of Chinese in school-aged children, 84.
- Paller, K. A., Kutas, M., & McIsaac, H. K. (1995). Monitoring conscious recollection via the electrical activity of the brain. *Psychological science : a journal of the American Psychological Society / APS*, 6(2), 107.
- Pattamadilok, C., Perre, L., Dufau, S., Ziegler, J.C. (2009). On-line orthographic influences on spoken language in a semantic task. *J Cogn Neurosci*. 21, 169-79.
- Pattamadilok, C., Perre, L., & Ziegler, J. C. (2011). Beyond rhyme or reason: ERPs reveal task-specific activation of orthography on spoken language. *BRAIN AND LANGUAGE*, 116(3), 116 – 124. doi:10.1016/j.bandl.2010.12.002
- Perre, L., & Ziegler, J. C. (2008). On-line activation of orthography in spoken word recognition. *Brain Research*, 1188, 132 – 138. doi:10.1016/j.brainres.2007.10.084
- Perre, L., Pattamadilok, C., Montant, M., Ziegler, J.C., 2009b. Orthographic effects in spoken language: on-line activation or phonological restructuring? *Brain Research*. 1275, 73-80.
- Pattamadilok, C., Perre, L., & Ziegler, J. C. (2011). Beyond rhyme or reason: ERPs reveal task-specific activation of orthography on spoken language. *BRAIN AND LANGUAGE*, 116(3), 116 – 124. doi:10.1016/j.bandl.2010.12.002
- Rugg MD. (1984). Event-related potentials in phonological matching tasks. *Brain Lang*, 23, 225 – 240.
- Rugg, M. D., Mark, R. E., Walla, P., Schloerscheidt, A. M., Birch, C. S., & Allan, K. (1998). Dissociation of the neural correlates of implicit and explicit memory. *Nature*, 392(6676), 595 – 598. doi:10.1038/33396
- Seidenberg, M. S. (1985). The time course of phonological code activation in two writing systems. *Cognition*, 19(1), 1 – 30.
- Seidenberg, M. (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming *Psychological Review*, 97.

- Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). A Distributed, Developmental Model of Word Recognition and Naming: Defense Technical Information Center.
- Smith, M. E., & Guster, K. (1993). Decomposition of recognition memory event-related potentials yields target, repetition, and retrieval effects. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 86(5), 335 – 343.
- Van Orden, G. C., Johnston, J. C., & Hale, B. L. (1988). Word identification in reading proceeds from spelling to sound to meaning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14(3), 371 – 386.
- Van Orden, G. C. (1987). A ROWS is a ROSE: spelling, sound, and reading. *Memory & cognition*, 15(3), 181 – 198.
- Ventura, P., Morais, J., Pattamadilok, C., Kolinsky, R., 2004. The locus of the orthographic consistency effect in auditory word recognition. *Lang. Cogn. Processes* 19, 57 – 95.
- Van Petten, C., Coulson, S., Rubin, S., Plante, E., & Parks, M. (1999). Time course of word identification and semantic integration in spoken language *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25(2), 394 – 417.
- Vitevitch, M. S., & Luce, P. A. (1999). Probabilistic Phonotactics and Neighborhood Activation in Spoken Word Recognition. *Journal of Memory and Language*, 40(3), 374 – 408.
doi:10.1006/jmla.1998.2618
- Wang, W., Li, X., Ning, N., & Zhang, J. X. (2012). The nature of the homophone density effect: an ERP study with Chinese spoken monosyllable homophones. *Neuroscience letters*, 516(1), 67 – 71.
doi:10.1016/j.neulet.2012.03.059
- Yoncheva, Y. N., Zevin, J. D., Maurer, U., & McCandliss, B. D. (2010). Auditory selective attention to speech modulates activity in the visual word form area *Cerebral Cortex*, 20(3), 622 – 632.
doi:10.1093/cercor/bhp129
- Ziegler, J. C, Muneaux, M. & Grainger, J. (2003). Neighborhood effects in auditory word recognition: Phonological competition and orthographic facilitation. *Journal of Memory & Language*, 48, 779-793.
- Ziegler, J. C., & Ferrand, L. (1998). Orthography shapes the perception of speech: The consistency effect in auditory recognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5, 683 – 689.
- Ziegler, J. C., Ferrand, L., & Montant, M. (2004). Visual phonology: The effects of orthographic consistency on different auditory word recognition tasks. *Memory & Cognition*, 32, 732 – 741.
- Ziegler, J. C., & Muneaux, M. (2007). Orthographic facilitation and phonological inhibition in spoken word recognition: A developmental study. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14, 75 – 80.
- Ziegler, J. C., Muneaux, M., & Grainger, J. (2003). Neighborhood effect in auditory word recognition: Phonological competition and orthographic facilitation. *Journal of Memory and Language*, 48, 779 – 793.

表附錄

表 1 Coltheart& Rastle (1994) 唸名作業平均反應時間及錯誤率.....	7
表 2 Van Orden (1987) 作業平均反應時間.....	8
表 3 P-O 一致性效果之研究發現整理.....	23
表 4 中文字符頻、類頻計算方式—以「ㄅㄩ」為例.....	28
表 5 中文字的字音-字形對應一致性.....	33
表 6 實驗一刺激材料特性.....	34
表 7 實驗一 N320 連續時間視窗統計分析.....	40
表 8 實驗一 N400 連續時間視窗統計分析.....	40
表 9 實驗二 實驗材料特性.....	45
表 10 實驗二 反應時間及正確率統計分析.....	47
表 11 實驗二 N320 連續時間視窗統計分析.....	52
表 12 實驗二 N400 連續時間視窗統計分析.....	53
表 13 實驗二 目標項押韻效果統計分析.....	55
表 14 中文同音字密度效果研究整理.....	59

圖目錄

圖 1 字詞辨識的雙路徑模型 (Dual-Route model)	6
圖 2 雙向交互激發模型.....	9
圖 3 字形-字音對應一致性示意圖	10
圖 4 字音-字形對應一致性示意圖	11
圖 5 N400 反映句子閱讀中語意一致性的效果	15
圖 6-1 即時激發論－音形對應不一致效果連帶激發處理視覺文字形式的左枕顳葉區 (紅色網路)	17
圖 6-2 語音表徵重組論－音形對應一致性效果主要激發運作聽覺訊息處理的腦區 (綠色網路)	17
圖 7 Perre & Ziegler (2008) 聽覺詞彙判斷作業 事件相關電位示意圖.....	18
圖 8 Pattamadilok, Perre, & Dufau (2009) 事件相關電位及顯著時間區段示意圖.....	19
圖 9 Perre, Pattamadilok, Montant, & Ziegler(2009) 事件相關電位及腦源定位分析示意圖	20
圖 10 事件相關電位波形圖的對照圖.....	21
圖 11 中文字的字形-字音對應一致性.....	24
圖 12 中文字同音字密度與音形對應一致性範例圖.....	27
圖 13 中文同音字數百分比示意圖.....	30
圖 14 中文字音-字形對應一致性百分比分布圖.....	31
圖 15 中文字音-字形對應一致性累積百分比.....	31
圖 16 實驗一：實驗程序.....	35
圖 17 實驗一 受試者平均波形.....	38
圖 18 實驗一 N320 300-400 毫秒腦圖譜分布.....	39
圖 19 實驗一 N400 400-600 毫秒腦圖譜分布.....	40
圖 20 實驗一 N400 (475－575 毫秒).....	41
圖 21 實驗一 LPC (700-900 ms).....	42
圖 22 實驗二 實驗程序.....	46
圖 23 實驗二行為結果-反應時間.....	48
圖 24 實驗二行為結果-正確率.....	48
圖 25 實驗二 受試者平均波形圖.....	50
圖 26 實驗二 N320 300-400 毫秒腦圖譜分布.....	51
圖 27 實驗二 N400 400-600 毫秒腦圖譜分布.....	52
圖 28 實驗二 押韻效果波形圖及 400-800 毫秒腦圖譜分布	54

附錄

附錄一、實驗一材料列表

低同音字密度/高P-O對應一致性組

low HD	實驗材料	字形字頻>500	同音字密度	音頻(log)	P-O 一致性
p031	夕一又	丟	1	2	1
p032	夕メへ	堆	1	2	1
p033	夕一弓∨	臉	1	2	1
p034	虫メY	抓	1	2	1
p035	弓厶ノ	能	1	4	1
p036	彳又	抽	1	3	1
p037	メ彳へ	外	1	4	1
p038	夕へ∨	北	1	4	1
p039	夕厶∨	等	1	4	1
p040	去メ厶	通	1	4	1
p041	《メ彳へ	過	1	4	1
p042	丁口せノ	學	1	4	1
p043	匕弓∨	粉	1	2	1
p044	尸メへ∨	水	1	4	1
p045	尸へノ	誰	1	3	1
p046	匕尢へ	放	1	4	1
p047	去メへ	推	1	4	1
p048	弓口∨	女	1	4	1
p049	《彳∨	改	1	4	1
p050	去又	偷	1	3	1
p051	尸メ	租	1	3	1
p052	尸又	收	1	4	1
p053	口彳∨	買	1	3	1
p054	口一厶へ	命	1	3	1
p055	夕メ弓∨	短	1	3	1
p056	尸又∨	走	1	3	1
p057	彳メ弓	村	1	3	1
p058	夕彳	拍	1	3	1
p059	夕厶∨	冷	1	3	1
p060	弓Yノ	拿	1	3	1

高同音字密度/高 P-O 對應一致性組

high HD/ high P-O	實驗材料	字形字頻>500	同音字密度	音頻(log)	P-O 一致性
p001	去ㄎ	台抬	7	4	0.99
p002	去一	提題堤	8	4	1
p003	ㄉㄨㄥ	輪倫崙	8	3	1
p004	ㄉㄨㄥ	分紛芬氛	7	4	1
p005	ㄉㄨㄥ	訪紡仿	7	3	1
p006	ㄉㄨㄥ	爐廬	8	3	1
p007	ㄉㄨㄥ	消銷	16	4	0.97
p008	ㄉㄨㄥ	彩採	6	4	1
p009	ㄉㄨㄥ	忙氓	5	3	1
p010	ㄉㄨㄥ	番翻	5	3	1
p011	ㄉㄨㄥ	房防妨	5	4	1
p012	ㄉㄨㄥ	濃農	5	4	1
p013	ㄉㄨㄥ	求球	12	4	0.99
p014	ㄉㄨㄥ	包胞	5	4	0.99
p015	ㄉㄨㄥ	搞稿	5	3	0.99
p016	ㄉㄨㄥ	徹撤	5	3	0.99
p017	ㄉㄨㄥ	裝莊	5	4	0.93
p018	ㄉㄨㄥ	完玩	6	4	0.98
p019	ㄉㄨㄥ	補捕埔	5	4	0.98
p020	ㄉㄨㄥ	才財材	5	4	0.9
p021	ㄉㄨㄥ	列烈裂	9	4	0.95
p022	ㄉㄨㄥ	他她	7	4	0.95
p023	ㄉㄨㄥ	奧澳	6	3	0.95
p024	ㄉㄨㄥ	招昭召	6	3	0.92
p025	ㄉㄨㄥ	資姿諮	13	4	0.94
p026	ㄉㄨㄥ	橋僑	8	3	0.94
p027	ㄉㄨㄥ	度渡	7	4	0.94
p028	ㄉㄨㄥ	中忠	7	5	0.93
p029	ㄉㄨㄥ	陪培賠	5	3	0.94
p030	ㄉㄨㄥ	賭堵	5	3	0.94

高同音字密度/低 P-O 對應一致性組

high HD/ low P-O	實驗材料	字形字頻>500	同音字密度	音頻(log)	P-O 一致性
p061	ㄊ一ㄋˊ	縣線現限憲獻陷	12	5	0.37
p062	ㄉㄨㄛˊ	獲或貨禍	12	4	0.39
p063	ㄉㄨㄛˊ	障漲帳丈	12	3	0.45
p064	ㄉㄨㄛˊ	率律慮綠	6	4	0.37
p065	ㄉㄨㄛˊ	勝盛聖剩	6	4	0.4
p066	ㄉㄨㄛˊ	顧故固雇雇	8	4	0.5
p067	ㄉㄨㄛˊ	凡繁煩	10	3	0.39
p068	ㄉㄨㄛˊ	身深申伸	10	4	0.44
p069	ㄉㄨㄛˊ	戰站佔暫占	10	4	0.46
p070	ㄉㄨㄛˊ	護戶互	9	4	0.44
p071	ㄉㄨㄛˊ	干乾甘	9	3	0.45
p072	ㄉㄨㄛˊ	十時實石	9	5	0.45
p073	ㄉㄨㄛˊ	淑熟贖	7	3	0.48
p074	ㄉㄨㄛˊ	兄兇	6	3	0.45
p075	ㄉㄨㄛˊ	充衝沖	6	3	0.45
p076	ㄉㄨㄛˊ	假甲	8	3	0.49
p077	ㄉㄨㄛˊ	班般頒搬	6	4	0.47
p078	ㄉㄨㄛˊ	轄峽	13	3	0.36
p079	ㄉㄨㄛˊ	韓函含寒涵	7	3	0.38
p080	ㄉㄨㄛˊ	獨毒讀	7	4	0.41
p081	ㄉㄨㄛˊ	詢尋巡循旬	7	4	0.42
p082	ㄉㄨㄛˊ	良量梁樑	7	4	0.43
p083	ㄉㄨㄛˊ	己幾給擠	7	4	0.47
p084	ㄉㄨㄛˊ	調條	7	4	0.5
p085	ㄉㄨㄛˊ	客克刻課	8	4	0.37
p086	ㄉㄨㄛˊ	冠慣貫灌	8	3	0.4
p087	ㄉㄨㄛˊ	屋污烏	8	4	0.4
p088	ㄉㄨㄛˊ	鄉相香箱	8	4	0.43
p089	ㄉㄨㄛˊ	詞辭慈	8	3	0.44
p090	ㄉㄨㄛˊ	設社涉攝射舍	8	4	0.46

