

國立交通大學
外國語文學系
外國文學與語言學碩士班
碩士論文

臺灣地區國語句法歧義句之聲學線索
Acoustic Cues to Syntactic Ambiguity
in Taiwan Mandarin



指導教授：潘荷仙 博士

研究生：潘鈺楨

中華民國一百年六月

臺灣地區國語句法歧義句之聲學線索
**Acoustic Cues to Syntactic Ambiguity
in Taiwan Mandarin**

研究生： 潘鈺楨

Student: Yuh-Jen PAN

指導教授：潘荷仙 博士

Advisor: Dr. Ho-Hsien PAN

國 立 交 通 大 學

外國語文學系外國文學與語言學碩士班

碩士論文

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

June 2011

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一百年六月

Abstract

Syntactic ambiguity arises when an utterance can be represented by more than one syntactic structure. Syntactic ambiguity may cause difficulty processing sentences, due to the lack of speech cues. In this study, we are interested in how speakers differentiate the competing meanings. There have been few studies on syntactic ambiguity in tone language. This study seeks to explore how native Taiwan Mandarin speakers use pause or acoustic features, such as intensity, f_0 , and duration, to disambiguate syntactically ambiguous sentences.

Eight types of syntactically ambiguous sentence pairs with contrasting structures were elicited by asking subjects to answer question in different scenarios. Results showed that pauses can be observed across boundary with higher syntactic hierarchy (stronger boundary). The intensity of the post-boundary syllable was not effective in documenting syntactic boundaries. Greater of f_0 reset ranges were observed across stronger boundary. Duration is the most consistent cue. The stronger the boundary, the longer the lengthening in pre-boundary syllable.

摘要

歧義現象是指語言文字的不明確，而造成句子有兩種或多種可能的解釋。然而，歧義句的歧義現象較常出現於書面語中，在口語表達時，我們聽者很少會因為句子潛在的歧義性而誤判句子的意思；這是因為句子所在的上下文，以及說話者說話的方式幫助聽者判別句意。在這份研究中，我們有興趣的是後者——「說話者說話的方式」，也就是句子由說話者的口中說出時，究竟多了什麼線索是書面語缺乏的。雖然探討歧義句界限的相關研究不少，但大多數都是以非聲調語言為主，有關聲調語言中的歧義句界限現象研究，相較之下就顯的匱乏許多，探討臺灣地區語言歧義句界限現象的研究更可以說是寥寥無幾。因此此研究以誘發性語料，針對臺灣地區國語歧義句，探討界限週圍音節的聲學現象。

在產生 (production) 實驗中設計了八種類型歧義句，每一類型歧義句皆含兩種句意。實驗進行過程為：施測者敘述情境後並詢問一個與情境相關的問題(前導問句)，發音人聽完情境和問題後必須依據電腦螢幕上所提示之無標點符號句子，自然地回答施測者的情境問題。實驗結果顯示，停頓現象容易出現在較強界限之後，在感知實驗中答對率較高的句子會有較長停頓時長。音節強度受界限強度影響甚弱，在感知實驗中錯誤的音節強度會混淆受試者。跨較強界限的基頻重設範圍會有較大數值，且答對率較高的句子較強界限與較弱界限的數值會有較大差距。句尾延長現象普遍出現在較強界限的界限前音節，而答對率高與低的句子其較強界限與較弱界限的時長差距皆很大。

Acknowledge

三年，真的是一段不短的時間，雖然辛苦，卻讓我成長許多。能夠完成這份論文，要感謝潘荷仙教授的指導，讓我一次又一次地成長進步。感謝馮怡蓁教授在擔任資考口試委員和論文口試委員時給了我許多方向和意見，讓我能及時補足不足部分。感謝口試委員陳信宏教授的建議讓這份論文更趨臻善。感謝林若望教授在設計語料以及分析語料時給予的協助。另外要感謝張奕華教授在生活以及人生規劃上的關心和幫助。

能夠完成碩士學業，陪伴在身邊的親友是最大的精神支柱。感謝爸爸媽媽，永遠以包容的心鼓勵我、支持我。感謝清大統計所的銘傳同學，百忙中抽空給予統計方面的建議。感謝廣淳同學，總是第一時間與我分享所有喜怒哀樂。感謝藍尹同學，因為她的陪伴使我在新竹的第一年並不孤單。感謝博任同學和筑婷學姊，一路上不吝給予鼓勵、支持與協助。最後感謝哥哥、妹妹、小黑、胖胖、和哈利，給我大量的熱情，讓我忘記所有疲累與氣餒。

Contents	
Abstract -----	i
Acknowledgements -----	iii
Contents -----	iv
List of Tables -----	vi
List of Figures -----	vii

Acoustic Cues to Syntactic Ambiguity in Taiwan Mandarin

第一章 緒論 -----	1
1.1 前言 -----	1
1.1.1 基頻 -----	2
1.1.2 時長 -----	4
1.2 研究動機 -----	7
1.3 研究目的 -----	8
1.4 論文架構 -----	8
第二章 文獻回顧 -----	10
2.1 簡介 -----	10
2.2 停頓、基頻、時長與歧義句 -----	10
第三章 前測 (Pre-test) -----	16
3.1 簡介 -----	16
3.2 句子偏好測試 -----	16
3.2.1 受試者 -----	16
3.2.2 語料 -----	16
3.2.3 測試過程 -----	20
3.2.4 資料分析 -----	20
3.2.5 結果 -----	21
3.3 語境適合測試 -----	23
3.3.1 受試者 -----	23
3.3.2 語料 -----	23
3.3.3 使用器材 -----	24

3.3.4 測試過程	-----	24
3.3.5 資料分析	-----	25
3.3.6 結果	-----	25
第四章 產生實驗 (Production Experiment)	-----	29
4.1 簡介	-----	29
4.2 產生實驗方法	-----	29
4.2.1 發音人	-----	29
4.2.2 語料	-----	29
4.2.3 使用器材與軟體	-----	30
4.2.4 錄音過程	-----	30
4.2.5 資料分析	-----	32
4.3 產生實驗結果	-----	41
4.3.1 停頓現象	-----	41
4.3.2 界限後音節強度	-----	43
4.3.3 跨界限基頻重設範圍	-----	48
4.3.4 時長	-----	54
第五章 感知實驗 (Perception Experiment)	-----	59
5.1 簡介	-----	59
5.2 感知實驗方法	-----	59
5.2.1 受試者	-----	59
5.2.2 語料	-----	59
5.2.3 實驗過程	-----	59
5.2.4 資料分析	-----	60
5.3 感知實驗結果	-----	60
第六章 討論與總結	-----	67
6.1 簡介	-----	67
6.2 研究發現	-----	67
6.2.1 停頓現象	-----	67

6.2.2 強度	68
6.2.3 基頻	68
6.2.4 時長	68
6.2.5 答對率與聲學線索	69
6.2.6 小結	70
6.3 討論	71
6.4 結論與展望	74
Reference	76
Appendixes	78

List of Tables

表 3.1	8類型歧義句解讀正確率統計表	26
表 4.1	8種類型歧義句在圖表中的句法結構表示名稱	41
表 4.2	各句子類型標的界限後具停頓現象的百分比和平均時長	42
表 4.3	發音人、句子類型、與界限強度對界限後音節強度之三因子混和變異數分析摘要表	43
表 4.4	6位發音人其8種句子類型之界限後音節強度一因子變異數分析摘要表	45
表 4.5	不同界限強度之界限後音節平均強度比較表	46
表 4.6	發音人、句子類型、與界限對跨界限基頻重設範圍之三因子混和變異數分析摘要表	49
表 4.7	6位發音人其8種句子類型之跨界限基頻重設範圍一因子變異數分析摘要表	50
表 4.8	不同界限強度之跨界限基頻重設範圍平均數值比較表	51
表 4.9	發音人、句子類型、與界限強度對界限前音節時長之三因子混和變異數分析摘要表	54
表 4.10	6位發音人之界限前音節時長一因子變異數分析摘要表	55
表 4.11	6位發音人之不同界限強度界限前音節平均時長比較表	55
表 5.1	答對率100%和答對率65%以下具停頓現象的句子百分比和平均時長	62

表 5.2	不同界限強度與答對率的歧義句其聲學線索統計分析表	62
-------	--------------------------	----

List of Figures

圖 1.1	歧義句「看到總統的小孩」兩種句法結構	1
圖 1.2	界限大小與時長關係圖 (Price, 1991)	5
圖 1.3	界限前音節時長與界限強度關係 (Wightman, 1992)	6
圖 2.1	句子(1a)的跨界限基頻曲線 (Nagel, Shapiro, Tuller, & Nawy, 1996)	12
圖 2.2	句子(1b)的跨界限基頻曲線 (Nagel, Shapiro, Tuller, & Nawy, 1996)	12
圖 3.1	8種類型句法歧義句樹狀結構圖與音調替換設計	18
圖 3.2	句子偏好測試填答單範例	20
圖 3.3	8種類型歧義句的解讀偏好比較	22
圖 3.4	語境適合測試填答單範例	25
圖 4.1	句子提示範例	31
圖 4.2	Praat軟體所呈現之聲譜圖、音節界限，以及基頻曲線之範例	33
圖 4.3	「bian」和「cheng」之間的界限無停頓之句子	34
圖 4.4	「bian」和「cheng」之間的界限有停頓之句子	35
圖 4.5	6位發音人在8種類型歧義句中界限前後音節強度關係	47
圖 4.6	6位發音人在8種類型歧義句中跨界限基頻重設範圍大小關係	52
圖 4.7	6位發音人在8種類型歧義句中界限前後音節時長關係	56
圖 5.1	不同界限強度與答對率其界限後音節強度比較	63
圖 5.2	不同界限強度與答對率其跨界限基頻重設範圍比較	64
圖 5.3	不同界限強度與答對率其界限前音節時長比較	65

第一章 緒論

1.1 前言

歧義現象是指語言文字的不明確，而造成句子有兩種或多種解釋。舉例來說，在「看到總統的小孩」這句話中，若將「看到」視為動詞，將「總統的小孩」視為受詞，此時這句子就可解讀為「某人看到總統的孩子」；然而，若將「看到總統的」視為句子形容詞化並修飾名詞片語「小孩」，則此時句子就可解讀為「有一個小孩，他看到了總統」圖1.1標示本句法歧異句之兩種不同樹狀結構。在左邊解讀為「某人看到總統的孩子」的句子中位於「看到」與「總統的小孩」間句法界限較右邊句型中位於「看到」與「總統」間的界線更為高階，換言之左邊界限強度亦強過右邊句型之相對應界限強度。

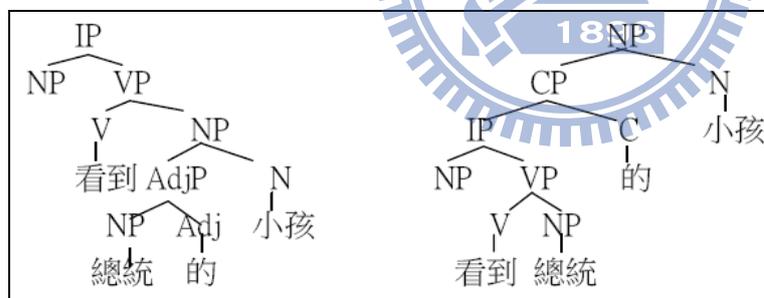


圖1.1 歧義句「看到總統的小孩」兩種句法結構

然而，歧義句的歧義現象比較常出現在書面語中，在口語表達時，我們很少會因為句子潛在的歧義性而誤判句子的意思；這是因為句子所在的上下文，以及說話者說話的方式能夠幫助聽者判別句意。在這份研究中，我們有興趣的是後者——「說話者說話的方式」，也就是句子由說話者口中說出時，究竟多了什麼線索

是書面語所缺乏的。為了證實聲學線索可以反映界限，Swerts(1997)設計了一個實驗(詳細的實驗說明請見1.1.2)，他讓一組人員聽到對話後在文字上標記界限，另一組只依閱讀到的對話文字標記界限，藉此了解有語境與聲學線索輔助時所標記的界限與無語境與聲學線索而僅依照句法知識標記的界限有無差異。結果發現，在較強界限之處這兩組人員比較容易達到共識，因為即使只有閱讀文字，受試者仍可以找出句子結束或段落(paragraph)交接處之界限。至於字詞與字詞間較弱的界限，在閱讀對話文字的那一組中，不同的受試者會有不同的判斷，尤其是在句法結構不同之處會有判斷分歧現象，但這些現象在輔以語境及聲學線索的那一組則無。相較之下，可以聽到對話的組別不僅能夠判斷較強界限，也比較能夠判斷較弱界限的存在，因為他們可以從聲學線索中得知句子的斷句方式。這代表母語受試者雖然對句法有一定認知，但要判斷句子確切的界限和結構，還是必須仰賴聲學線索。

以往探討界限的研究大多從韻律界限(prosodic boundary)的角度出發，與句法界限相關的研究相較之下就少的許多，因此以下先介紹與韻律界限相關的聲學線索。而此研究會比照研究韻律界限的方式，觀察這些可以反映句法界限強度的聲學線索。

1.1.1 基頻

基頻的改變與界限有關。由於句子具有基頻下降現象(declination)，所以位於

句首的詞組會有較高的基頻，基頻值逐漸降低，在下一個句首開始處重新設定(reset)新的基頻值，使基頻上升。因此界限前基頻之最低點與界限後基頻知最高點間差距亦可作為界限之線索之一。Swerts(1997)使用德語的自發性話語，希望能夠藉由實驗找出決定自然語流界限的方法，並了解在自發性話語中的界限與韻律界限的關連度為何，以及是否能使用韻律結構來標示對話結構層級(hierarchical discourse structure)。Swerts使用自發性話語，內容是二位發音人敘述圖畫，而這兩段自發性話語各有12句。他將這些話語讓兩組人員(各19位)進行界限強度標記。第一組標記者依聽到的對話在文字上具界限處畫線作記號，第二組標記者只依閱讀到的對話文字進行界限標記。另外，Swerts將其中一位發音人的敘述段落切成獨立的12句，另外找了20位標記者，同樣分為兩組，在界限處給予適當的數字作為界限強度判斷(強度為0到10)。最後將標記結果與語料的聲學分析進行對照，Swerts發現句子的聲調曲線會逐漸下降，在連接處(junctures)，也就是新訊息起始處重新設定基頻。界限強度和基頻重設值大小達顯著水準，代表重設值會隨界限大小而呈現系統性地不同，如片語的重設值就會小於句子的重設值。Swerts認為，說話者可以藉由逐漸下降的界限聲調(boundary tone)來標記不同的資訊結構(information structure)。也就是說，低界限聲調傾向出現在對話結束前的音節中，而高界限聲調通常只會在句中出現。

以上研究針對非聲調語言，但在聲調語言中，由於每一個音節都帶有聲調，因此音節的頻率實際上會因所處環境的不同而有些微的不同，也就是音節的聲調

會與前後音節聲調產生共同發音作用，使聲調變化更為複雜。Peng(1997)想知道台灣地區台語的聲調在不同聲調環境和韻律環境時會有甚麼變化。她找了 4 位發音人參與產生實驗。語料為變換雙音節短語的聲調：第一個音節有5種聲調([kau 5 5], [kau 3 3], [k a u 2 1], [k a u 5 1], 和[k a u 2 4])，第二個音節有3種聲調(55, 33, 和21)，並將雙音節短語放在4種不同的韻律位置中(Phrase-initial, Phrase-medial, Phrase-final, 和Utterance-final)，形成44個句子。觀察音節的基頻與時長可發現，短語所處的韻律位置會決定句尾基頻下降(final-lowering)和句尾時長延長(final-lengthening)的程度。在時長上，音節在句尾的長度會比在句首和句中來的長。而在基頻方面，大致上字調型狀不會受到韻律位置的影響，但基頻會受韻律位置而影響，也就是說音節在句尾(utterance-final)的基頻下降現象會比在短語尾(phrase-final)還明顯。由此可知，不同的基頻值與音節延長程度的確可以作為依據來判斷短語位於句中的位置。

1.1.2 時長

句尾延長(Final lengthening)是標記界限強度的重要線索。Price(1991)利用句法歧義句，比較從句法結構角度和從韻律結構角度探討歧義句時會有何異同。他找了4位專業的新聞播報人員做為發音人，設計了35組英文句法歧義句，每一組句子皆含相同字詞，只有句法結構不同，避免音段不同而影響研究結果。每一句歧義句(斜體字)前面皆有引導句意的語境，例子如(1a)和(1b)：

(1a) Mary leaves on Tuesda. She will have no problem in Europe. *Mary knows many languages, you know.*

(1b) Mary and you have similar backgrounds and have both learned many languages. *Mary knows many languages you know.*

發音人產生的句子會先讓受試者進行數字標記，判斷界限強度，接著才進行聲學分析，測量音節時長和基頻。結果發現，聲學線索系統性地反映句法結構：句法結構位置較高的界限其界限前音節有較長時長。圖2.1為界限大小與時長的關係圖。

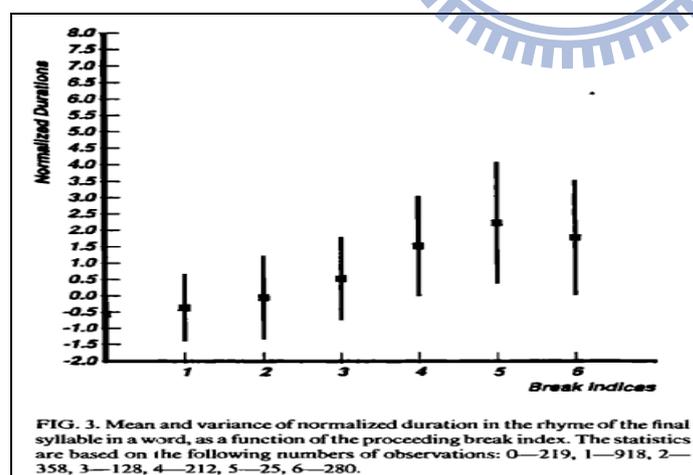


圖1.2. 界限大小與時長關係圖 (Price, 1991)

在基頻方面，雖然在界限前會有下降現象，但其與界限強度的相關性不如時長來的大。

進一步地，Wightman(1992)想知道界限對音節聲學的影響是否僅侷限在界限週圍音節？他沿用Price(1991)的35組英文句法歧義句，找了4位廣播新聞播報人員作為發音人。發音人產生的句子會先讓受過訓練的受試者進行數字標記，標記的數字範圍為0到6，以判斷界限強度，接著才進行音節時長測量。綜合聲學分析及界限強度判斷兩者結果，發現界限前音節延長現象可以將0到6(0: no break, 1: word boundary, 2: accentual phrase boundary, 3: intermediate boundary, 4: intonational phrase boundary, 5: superior major tone group boundary, 6: sentence boundary)7種不同強度的界限再細分為四組，這四組分別是：0和1一組、2一組、3一組、以及4到6一組，如圖2.2所示。也就是說，界限前音節延長是有階層性的：在較強界限週圍的音節會有較長的音節時長。

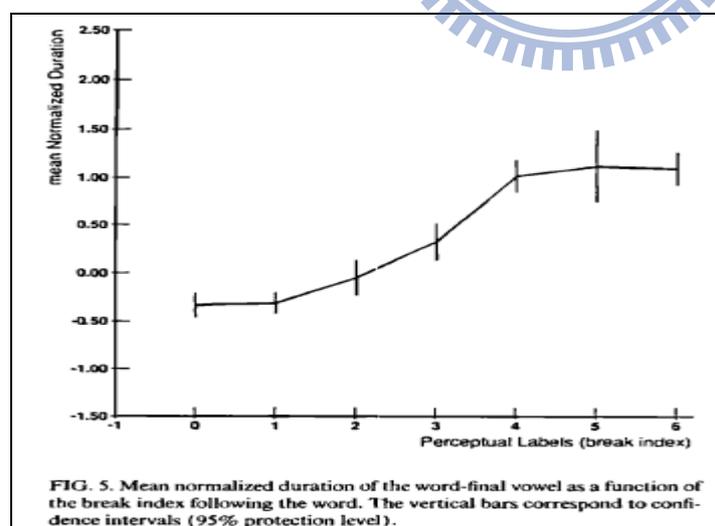


圖1.3 界限前音節時長與界限強度關係 (Wightman, 1992)

四組中無法藉由時長進行區分的界限可能需仰賴停頓(pausing)和句調(intonation)

線索加以區分，因為不同的聲學線索在不同強度界限上扮演著不同的重要性。

Tabain(2003 a.)使用EMA(electromagnetic articulography)，想知道法文中的子音在不同韻律界限後時發音動作是否會有所不同。他找了3位發音人，使用6種子音/b, d, g, f, s, ʃ /，觀察當子音前的韻律界限是句子、聲調短語、句調短語、和詞界限時，發音動作會有甚麼不同。結果證實，當韻律界限越強，界限前母音其舌體和下顎移動的程度會越大，也就是位置會越低，且強度會越強。而母音與子音在韻律結構越強的地方發音動作會越典型化，同時也增加所需的發音時間，而加長音節時長。這代表界限強度的確影響發音動作，界限強度較強的地方會使發音動作越典型化，且間接影響音節強度與音節時長。Tabain(2003 b.)進一步地將前述探討發音動作的研究加以分析，以了解因韻律界限強度不同而造成不同的發音動作，在聲學上會有甚麼特徵。他發現母音和子音的長度會反映韻律界限的強度：母音在較強界限前時長會較長，在較弱界限前時長會縮減；擦音在較弱界限前，如詞彙界限，時長會較短。

1.2 研究動機

總結上述與韻律界限有關的產生實驗可以發現，基頻與時長是能夠反映韻律界限的線索。在基頻方面，由於界限前音節基頻數值會較低，因此跨較強界限時基頻重設範圍(句首或短語首的基頻最大值與句末或短語末的基頻最小值之差)較大。至於時長，由於界限前音節易有句尾延長(final lengthening)現象，所以界限

前音節時長通常會大於句首音節和句中音節。

以上敘述均為韻律界限與音段之間的關係。句法界限和韻律界限一樣有階層(hierarchy)性，可區分強弱程度，因此在這份研究中我們想知道：句法界限是否如韻律界限般，能夠透過相關聲學線索體現在界限週圍音節上？

1.3 研究目的

雖然探討界限的相關研究不少，但大多數都是以非聲調語言為主，以聲調語言為主的研究相較之下就匱乏許多，以臺灣地區語言為主的研究更可以說是寥寥無幾。因此此研究使用台灣地區國語句法歧義句作為語料，探討臺灣地區國語中句法界限與相關聲學線索之間的關係；亦即界限強度的不同是否會體現在聲學線索上。除了上述的基頻與時長，停頓(pause)與強度(intensity)也可能反映界限強度，因此此研究也將這兩項聲學線索納入觀察的項目中。基於上述理由，此實驗主要探討的問題是：相同字詞排列但具不同句法結構的歧義句，標的界限(target boundary)的界限後停頓現象、界限後音節強度、跨界限基頻重設範圍、和界限前音節時長，在句法界限較強(階層高)或較弱(階層低)時有甚麼差別？

1.4 論文架構

此研究一共有五個章節：第一章為「緒論」，主要敘述此研究的理論背景、研究動機、實驗目的、與論文架構。第二章為「文獻回顧」，介紹與句法結構、

界限強度、以及聲學線索相關且具代表性的實驗。第三章為前測實驗，分為「句子偏好測試」和「語境適合測試」兩部份，分別介紹實驗設計與結果。第四章為產生實驗，對實驗設計和結果有詳細的說明。第五章為感知實驗，介紹感知實驗設計及觀察到的現象。最後，第六章為總結，針對整個研究做簡單的統整，並提出總結以及未來可以繼續探討的研究方向。



第二章 文獻回顧

2.1 簡介

由於此研究重點是探討句法結構界限與聲學線索之間的關係，因此以下介紹與句法結構界限與聲學線索的相關文獻。

2.2 停頓、基頻、時長與歧義句

歧義句不同的句法結構會使字詞(word)或短語(phrase)間有不同的詞組性(constituency)，而不同的詞組性會造成界限強度的不同。許多研究都證實，聽者可以利用音節時長和基頻範圍來決定較強界限位置。Beach(1991)想探討聽者是如何使用線索來辨認句法結構。他使用花園路徑句型(garden-path)，操控句中標的界限後的字詞時長和基頻。結果顯示，如果標的界限後字詞具有較短時長以及較小的跨界限基頻範圍，則聽者會將該字詞判斷為動詞後的受詞。舉例來說，若受試者聽到的「Jay believed the gossip…」在動詞「believed」和名詞「the gossip」間的基頻範圍值較小且動詞的時長較短，則受試者會認為「the gossip」是受詞而在其後接「right away」。相對的，如果「the gossip」具有較長時長以及較大的跨界限基頻範圍，聽者就會將其判斷為句中子句的主詞，將「wasn't true」接在「the gossip」之後。這代表聽者會運用時長和基頻變化來判斷界限強度，也就是句法結構。

Nagel, Shapiro, Tuller, & Naway(1996)認為即使知道聲學線索對判斷句意有幫

助，但聲學線索在真實對話中到底扮演什麼角色卻不是很明確，他們找了一位發音人唸出12組歧義句，例句如下：

(1a) The company owner promised # the wage increase to the workers.

(1b) The company owner promised # the wage increase would be substantial.

分析產生句子的聲學線索，結果發現動詞後接子句時，如(1b)，動詞「promised」的時長會比較長，且動詞與後面名詞「the wage」的基頻曲線會有比較明顯的下降與再上升。這兩種不同的基頻曲線如圖2.1和2.2所示。

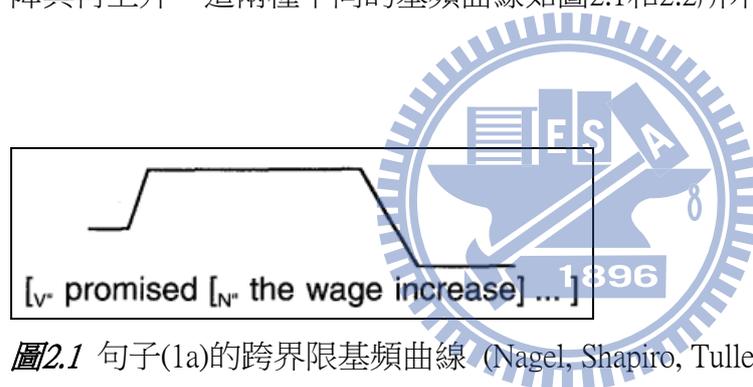


圖2.1 句子(1a)的跨界限基頻曲線 (Nagel, Shapiro, Tuller, & Nawy, 1996)

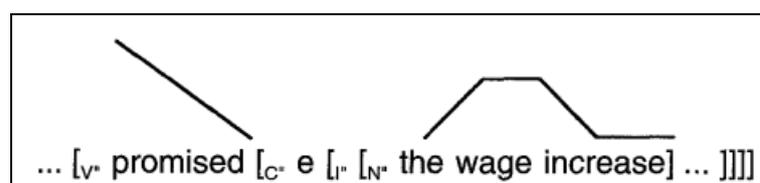


圖2.2 句子(1b)的跨界限基頻曲線 (Nagel, Shapiro, Tuller, & Nawy, 1996)

確認了不同結構的句子具有不同聲學特徵，Nagel等人使用產生實驗中的12組歧義句中的10組作為語料，將句子從動詞(如「promised」)與名詞(如「the wage」)間切成兩部分，進行感知實驗，以探討時長和停頓是否會影響聽者理解句子的過

程。以句子(1)為例，他們將(1a)的前半段「The company owner promised」與(1b)的後半段「the wage increase would be substantial」配合在一起，或是將(1b)的前半段「The company owner promised」與(1a)的後半段「the wage increase to the workers」配合在一起，讓聽者只聽到「The company owner promised the wage increase」，想知道聽者聽到這樣的句子，是否會增加句子解讀的錯誤率。28位受試者參與此實驗，得到的結果證實，這些合成的句子如「(1a)+(1b)」或「(1b)+(1a)」，的確會增加解讀錯誤率以及解讀所需的時間。這代表聲學線索與句法結構之間有固定關係，聲學線索是聽者辨別界限的有利工具。當此聲學線索與句法結構間的固定關係被破壞，便會混淆聽者，而增加聽者解讀句子的難度。

Carlson, Clifton, Jr., & Frazier(2001)在其探討韻律界限位置、強度是否影響句子解讀的文章中，找了一位受過語音訓練的發音人來唸16句歧義句與38句普通句子，這16句歧義句是因介詞或副詞片語的修飾範圍不同而形成歧義。例子如(2)，「#」為標的界限所在位置：

(2a) Susie learned that Bill telephoned # after John visited. (high attachment)

(2b) Susie learned that Bill telephoned # after John visited. (low attachment)

在(2a)中「after John visited」修飾第一個動詞「learned」，所以介詞片語「after John visited」是「high attachment」，與前面動詞「telephoned」間的界限較強。在(2b)中「after John visited」修飾第二個動詞「telephoned」，所以介詞片語「after John

visited」是「low attachment」，與前面動詞「telephoned」間的界限較弱。分析發音人所產生的句子發現，(2a)中的動詞「telephoned」平均時長為530毫秒，停頓時長為402毫秒；(2b)中的動詞「telephoned」平均時長為512毫秒，停頓時長為373毫秒。(2a)中的動詞「telephoned」最低基頻為176Hz，後面名詞「John」的最高基頻為243Hz；(2b)中的動詞「telephoned」最低基頻為196Hz，後面名詞「John」的最高基頻為233Hz。這表示句法結構的不同會造成界限強度的不同，而界限強度的不同會反映在界限前音節時長、停頓現象的有無、以及界限週圍音節的基頻上。

Snedekera和Trueswell(2002)想找出說話者如何使用韻律線索來區分句法歧義句的不同句意。他們找了32組受試者參與此實驗，一位說話者與一位聽者為一組，使用16句因介詞修飾範圍不同而產生歧義的歧義句。實驗引導人會給說話者看一句歧義句，並使用玩具做出示意動作，讓說話者了解該歧義句在此的句意。說話者的任務是要對聽者說出這句歧義句，使聽者理解句意並能夠運用手邊的玩具作出相同動作，而聽者的任務是要在聽到歧義句後使用玩具作出能夠詮釋句意的動作。舉例來說，實驗引導者提供的歧義句為「Tap the frog with the flower」，若實驗引導者用花輕拍青蛙，代表這句話的意思是「Tap the frog by using the flower」，「with the flower」在此修飾的是動詞片語(VP-attachment)；若實驗引導者將一隻手拿花朵的青蛙貼在自己手上，代表這句話的意思是「Tap the frog that has the flower」，「with the flower」在此修飾的是名詞片語(NP-attachment)。在句法結構上，「frog」和「with」之間的界限是修飾動詞片語時會比修飾名詞片語

強。將說話者說出的歧義句進行聲學分析，發現當介詞片語修飾動詞片語時，有68%的句子其第一個名詞(例子的「frog」)的時長會延長，且第一個名詞與「with」之間的停頓時長會增加。這個現象證明聲學線索可以反映句法結構：當介詞片語修飾動詞片語時較強界限會落在第一個名詞與介詞之間(「frog」和「with」)，當介詞片語修飾名詞片語時則第一個名詞與介詞之間的界限較弱，而不會有音節時長延長與停頓現象。

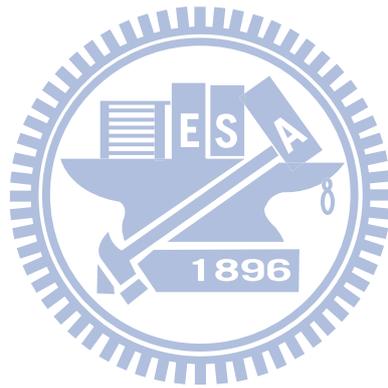
另一個相關實驗是Anderson & Carlson(2010)所設計的實驗。Anderson等人想知道發音人是否會運用聲學線索來區分句法結構不同的歧義句，因此找了找了24位發音人唸出20組類似(3)的歧義句，「#」為標的界限所在位置：

(3a) The jury believed # the defendant without any hesitation. (Object)

(3b) The jury believed # the defendant had committed the crime. (Clause)

(3a)中「the defendant」屬於前面動詞「believed」的受詞，但在(3b)中，「the defendant」屬於後面動詞「had」的主詞，因此(3a)的標的界限強度會比(3b)的標的界線強度還弱。Anderson & Carlson 想證實由於句法結構的不同，造成標的界限強度不同，而使兩句中的「believed」和「the defendant」會有不同的聲學線索。結果發現在時長上，(3b)的標的界限前動詞「believed」會比(3a)的動詞「believed」還長，(3b)的標的界限後名詞「the defendant」會比(3a)的名詞「the defendant」還短。在基頻

上，(3b)的標的界限前動詞「believed」會比(3a)的動詞「believed」還低，(3b)的標的界限後名詞「the defendant」會比(3a)的名詞「the defendant」還高。這代表時長和基頻可以反映不同程度的界限強度：界限強度較強，界限前音節時長會較長，界限後音節時長會較短，且界限前音節基頻會降低，界限後音節基頻會提高。



第三章 前測 (Pre-test)

3.1 簡介

此實驗之前測分為兩部分：句子偏好測試(preference test)和語境適合測試。句子偏好測試是為了了解設計出的歧義句，在受試者解讀時是否會偏好某一句意。語境適合測試是為了了解設計出的語境和前導問句，是否提供足夠的資訊以誘發發音人唸出句子。此章節分別介紹這兩個測試中的受試者、語料、器材、測試過程、資料分析、和結果。



3.2 句子偏好測試

3.2.1 受試者

48 位國立交通大學外國語文學系大學部大二學生參與此測驗。受試者皆無任何閱讀或口語障礙。參與測試的測試者皆獲得課堂回饋或酬勞。

3.2.2 語料

此實驗設計了8種中文句法歧義句，每一種歧義句皆有兩個句意，「*」標示出此實驗欲觀察的標的界限。在圖3.1的(1)中，標的界限位於「心」和「中」之間。(1s)(strong boundary)的「關心」為動詞，「中國的學生」是作為受詞的名詞片語；(1w)(weak boundary)的「關心」和「中國」位於動詞關係子句「關心中國的」

裡面。拿(1w)與(1s)做對照就可發現：(1w)的標的界限分枝層級為第5層，(1s)的標的界限分枝層級為第3層，(1w)比(1s)還低階，且(1w)中的「關心」和「中國」兩者之間的詞組性(constituency)比較強。因此，(1w)之間的界限強度比(1s)之間的界限強度還弱。

1. (1s) V*(Adj+N)

(1w) (V*Adj)+N

2. (2s) (V+NP)*V

(2w) V+(NP*V)

關心(一聲)	中國(一聲+二聲)	的學生	相信	律師(四聲+一聲)	是(四聲)錯的
影響(三聲)	韓國(二聲+二聲)	的醫生		議員(四聲+二聲)	
愛(四聲)	美國(三聲+二聲)	的女孩		校長(四聲+三聲)	
	泰國(四聲+二聲)			教練(四聲+四聲)	

3. (3s) (AdjP+N)*ConjP

(3w) AdjP+(N*ConjP)

4. (4s) N*(NegP)

(4w) (N*NegP)

緊張的	律師(四聲+一聲)	和(四聲)	張先生	小男生(一聲)	沒(二聲)有	小女生	會哭
	議員(四聲+二聲)			小男孩(二聲)		爸爸	會吵
	校長(四聲+三聲)			小狗(三聲)		主人	會偷吃
	教練(四聲+四聲)			百姓(四聲)		領導者	會作亂

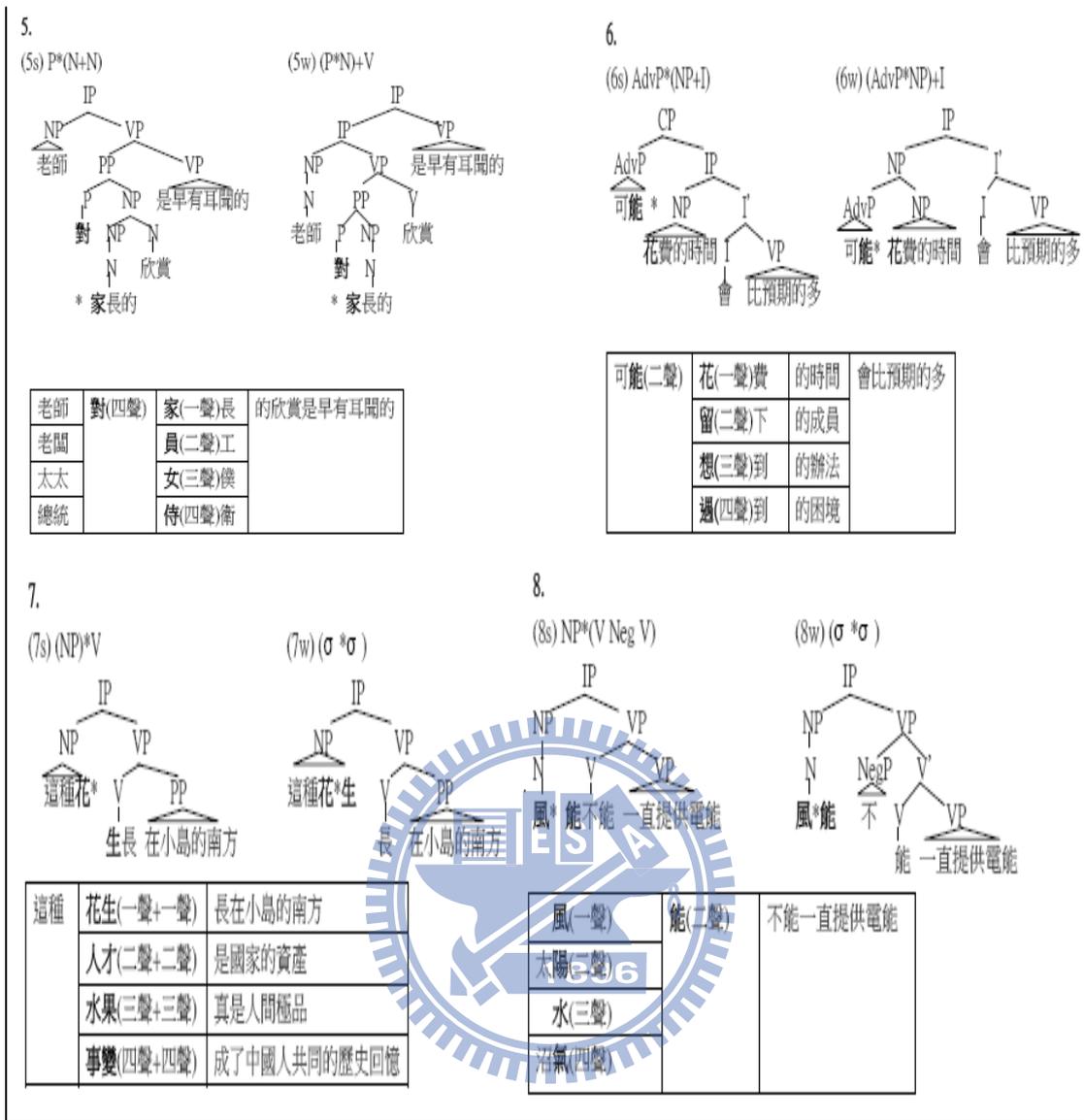


圖3.1 8種類型句法歧義句樹狀結構圖與音調替換設計

在(2)中，標的界限位於「師」和「是」之間。(2s)的「相信律師」是句子作為主詞，「是錯的」則是動詞片語；(2w)的「律師」是名詞，「是錯的」則是動詞片語。拿(2w)與(2s)做對照就可發現：(2w)的標的界限分枝層級為第4層，(2s)的標的界限分枝層級為第2層，因此(2w)比(2s)還低階，(2w)之間的界限強度比(2s)之間的界限強度還弱。在(3)中，標的界限位於「師」和「和」之間。(3s)的「緊張的律師」是名詞片語，「和」是連接詞；(3w)的「緊張的」是形容詞，「律師和張先

生」則是名詞片語。拿(3w)與(3s)做對照就可發現：(3w)的標的界限分枝層級為第3層，(3s)的標的界限分枝層級為第2層，因此(3w)比(3s)還低階。在(4)中，標的界限位於「生」和「沒」之間。(4s)的「小男生」是名詞片語，「沒有小女生會哭」是動詞片語；(4w)的「小男生」與「沒有小女生」同在一個作為主詞的名詞片語內。拿(4w)與(4s)做對照就可發現：(4w)的標的界限分枝層級為第3層，(4s)的標的界限分枝層級為第2層，因此(4w)比(4s)還低階。在(5)中，標的界限位於「對」和「家」之間。(5s)的「老師」是名詞片語，「對」是介詞；(5w)的「老師對家長的欣賞」是一個作為主詞的句子。拿(5w)與(5s)做對照就可發現：(5w)的標的界限分枝層級為第5層，(5s)的標的界限分枝層級為第4層，因此(5w)比(5s)還低階。在(6)中，標的界限位於「能」和「花」之間。(6s)的「可能」是副詞片語，修飾後面句子「花費的時間會比預期的多」；(6w)的「可能」雖然也是副詞片語但只修飾名詞片語「花費的時間」。拿(6w)與(6s)做對照就可發現：(6w)的標的界限分枝層級為第3層，(6s)的標的界限分枝層級為第2層，因此(6w)比(6s)還低階。

在圖3.1的類型(7)與(8)，其歧義性是因結構層次的不同而使詞性改變所造成的。(7)的標的界限位於「花」和「生」之間。在(7s)中，「生」屬於動詞的一部分，而使名詞片語「這種花」(NP)和後面的動詞「生長」(VP)之間的詞組性比較低；在(7w)中，「生」則是隸屬於名詞之下，因此「這種花生」裡的「花」和「生」之間的組成詞組性比較高。在這組歧義句中，「花」和「生」之間的界限在(7w)是層級3，在(7s)是層級2，因此強度是(7s)比(7w)強。類型8和類型7類似，其歧義

性也是由於結構層次影響詞性所致。(8)的標的界限位於「風」和「能」之間。(8s)的「風」是名詞，「能」屬於動詞的一部分，但在(8w)中「風」和「能」共同組成一個名詞，同在名詞片語的分支之下。在這組歧義句中，標的界限在(8w)是層級4，在(8s)是層級3，因此強度是(8s)比(8w)強。

由於每一種類型歧義句皆有4種聲調替換設計，所以一共有32句歧義句。測試的歧義句經隨機排列設計。

3.2.3 測試過程

此測試在國立交通大學外國語文學系教室 110 進行。每位受試者會拿到一張雙面填答單，每面填答單上印有 16 小格，每小格裡各有一句不具標點符號的歧義句。受試者在看到歧義句後，必須根據直覺，按想到的先後順序分別寫下歧義句的句義。整個測試過程約持續 40 分鐘左右。圖 3.2 為填答單範例。

1. 關心中國的學生	2. 相信律師是錯的
3. 緊張的律師和張先生	4. 這種花生長在小島的南方

圖 3.2 句子偏好測試填答單範例

3.2.4 資料分析

回收填答單後，統計每句歧義句的第一個解讀句意為何。以句子類型一的一

聲—「關心中國的學生」為例，若受試者第一個解讀出的句意是「有一個人關心著中國的學生」，符合句型結構「V*[AdjP+N]」，則記錄為具較強界限，若解讀出的句意為「有一個學生他很關心中國」，符合句型結構「[V*NP]+N」，則記錄為具較弱界限，若解讀出的句意在兩種句型結構之外，則記錄為「wrong」。

得到統計次數後，將每一句子分別進行卡方檢定(χ^2 -test) 統計分析，以觀察解讀為「具較強界限時的句意」與「具較弱界限時的句意」的次數有無差異。

3.2.5 結果

以解讀次數為觀察值，進行卡方考驗。圖 3.3 呈現受試者對 8 種類型歧義句的解讀偏好以及卡方檢定結果。



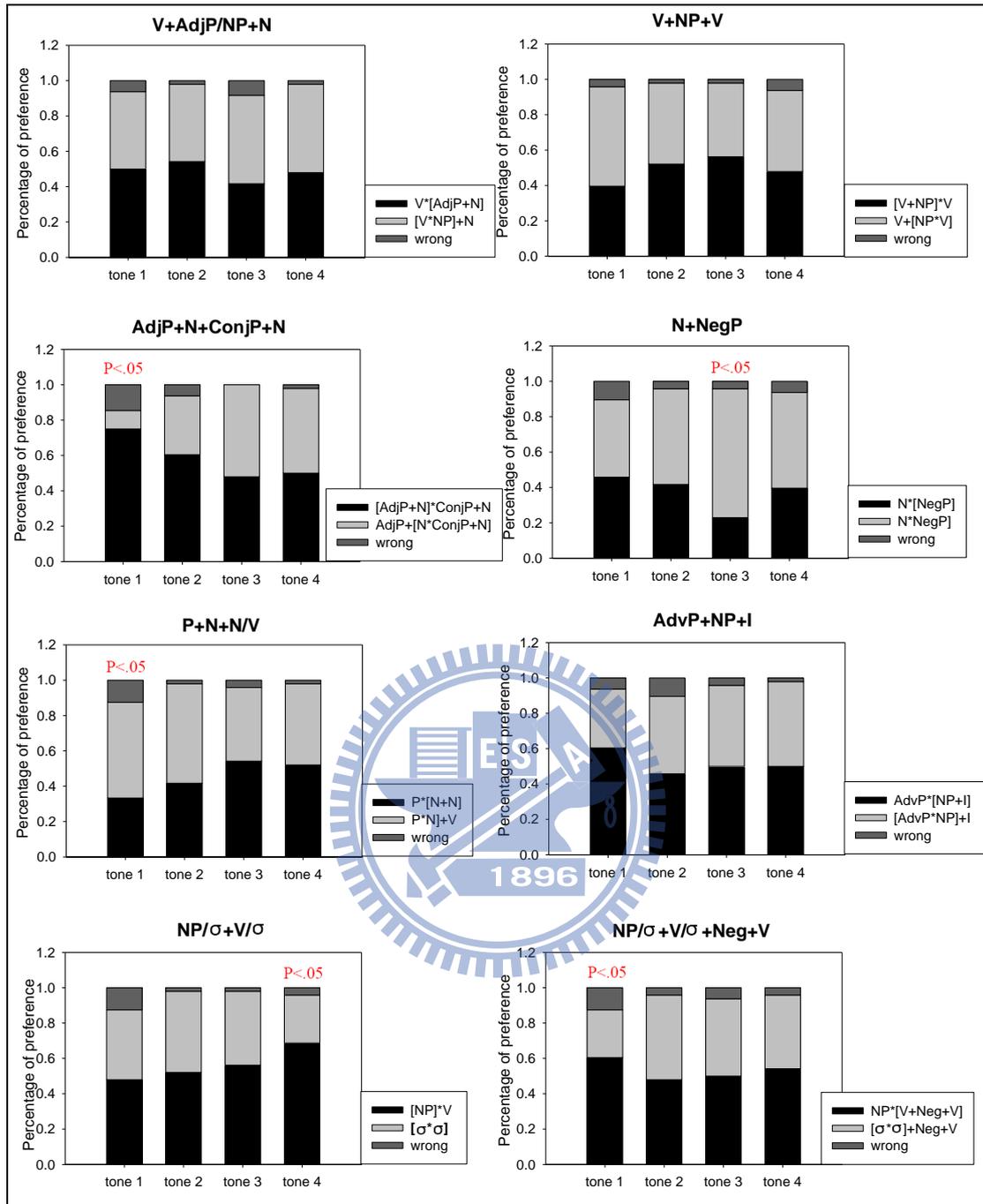


圖 3.3 8 種類型歧義句的解讀偏好比較

在圖 3.3 中，橫座標的 4 種聲調是歧義句的聲調替換設計；縱座標是句子偏好百分比。直條裡的黑色代表「具較強界限時的句意」，灰色代表「具較弱界限時的句意」，深灰色的「wrong」代表句子被解讀為具較強界限或具較弱界限兩

者以外的意思。「具較強界限時的句意」、「具較弱界限時的句意」、和「wrong」的次數百分比是從受試者第一個解讀出的句意而得。經由卡方檢定進行統計分析，發現類型三的 tone 1 偏好解釋為具較強界限的句意、類型四的 tone 3 偏好解釋為具較弱界限的句意、類型五的 tone 1 偏好解釋為具較弱界限的句意、類型七的 tone 4 偏好解釋為具較強界限的句意、以及類型八的 tone 1 偏好解釋為具較強界限的句意。這五句句意其兩種句意的解讀次數皆達.05 顯著水準，代表在這五句句意中，將句子解讀為具較強界限句意或將句子解讀為具較弱界限句意，這兩種情形是有顯著差異的。在這邊我們認為，造成差異的原因與聲調無關，應是受到詞彙之詞頻所影響。雖然受試者在這些句子上有解讀偏好，但若這些句子在語境的支持下能夠被辨識句意，那這些句子在此實驗中依舊可以繼續使用。



3.3 語境適合測試

3.3.1 受試者

48 位參與句子偏好測試的受試者中，15 位受試者自願繼續參加語境適合測試。他們皆是國立交通大學外國語文學系大學部大二學生，皆無任何閱讀或口語障礙。語境適合測試在句子偏好測試結束兩星期後才進行，參與測試的測試者皆獲得酬勞。

3.3.2 語料

在此要測試的目標是誘發歧義句的64個語境和前導問句(8種類型歧義句 x 4種聲調替換設計 x 2種界限強度 = 64個句子)是否有效引導發音人產生不同句意之歧義句。每一句歧義句皆包含兩種語境，以誘導發音人說出歧義句的兩種句意。舉例來說，引出圖3.1中(1s)的一聲句子，語境為：「老校長雖然退休了，但一直關心著教育相關新聞。自從聽到中國偏遠地區的孩子沒有足夠的師資和教育資源後，老校長開始固定捐款，希望能夠盡一己之力來幫助他們。」，前導問句為：「請問老校長關心著哪裡的學生？」。若目標句是圖3.1中(1w)的一聲句子，則語境為：「小明是中國人，雖然後來移民到加拿大，但仍然天天收看中國新聞，了解與中國相關的事。」，前導問句是：「小明是一位怎樣的學生？」。8種類型歧義句的語境和前導問句均列於附錄中，當目標句替換不同音調的詞彙時，語境和前導問句會隨目標句的改變而稍做變化。



3.3.3 使用器材

語境和前導問句由實驗引導人擔任發音人事先預錄好，在實驗時統一對受試者進行撥放，撥放的音檔使用 Korg MR1000 1-bit Professional mobile recorder 和麥克風 Shure Professional SM48 LC 進行錄製。測試的語境經過隨機排列設計。

3.3.4 測試過程

此測試是在國立交通大學外國語文學系語音實驗室進行。每位受試者會拿到

兩張雙面填答單，每面填答單上印有 16 小格，每小格裡各有一句不具標點符號的歧義句，如圖 3.4。受試者在聆聽完事先錄好的語境敘述以及前導問句後，必須將該題號後所列的歧義句以換句話說方式寫下該句在此語境下所代表的意思。以填答單的第 5 題為例，實驗引導人會先讓受試者聆聽情境敘述和前導問句：「自然老師正在介紹風，老師告訴學生們風有很大的用途，可以進行風力發電，供應人類所需的能量。學生們聽了之後都很想知道：風是不是源源不絕的？請問，學生們好奇的是什麼？」，受試者聽完後必須在題號 5 的格子中，根據提供的句子「風能不能一直提供電能」，寫出該句子在此語境下的句意為何，例如「風可不可以不斷提供電能」。相同的句子「風能不能一直提供電能」在第 37 題，針對同文字之歧義句，語境和前導問句就變為：「受到自然氣候的影響，風不會一直吹，所以我們不可能持續地使用風來發電。請問，哪種能量不能一直提供電能？」。受試人寫下如「風能這種能量無法不斷提供電能」之句意。整個測試過程約持續 60 分鐘左右。

5. 風能不能一直提供電能	6. 小男生沒有小女生會哭
7. 老師對家長的欣賞是早有耳聞的	8. 可能花費的時間會比預期的多

圖 3.4 語境適合測試填答單範例

3.3.5 資料分析

回收填答單後，統計每句歧義句被解讀的句意是否與搭配的語境相符。得到相符的統計次數後，計算每一歧義句的解讀正確率，以觀察語境對歧義句的適合程度。

3.3.6 結果

表3.1統計了8種類型歧義句的解讀正確率。由表可知，歧義句的解讀正確率最低為80%，最高為100%，表示受試者聆聽語境後大都能夠正確地解讀歧義句。這代表此實驗所設計的語境足以為歧義句提供充分的資訊，讓受試者能夠抉擇歧義句在該語境之下代表何種意思。

而在句子偏好測試中有解讀偏好情形的句子：類型三 tone 1、類型四 tone 3、類型五 tone 1、類型七 tone 4、和類型八 tone 1，在這邊解較強界限句意與較弱界限句意的解讀正確率分別是「100%，93%」、「100%，100%」、「100%，100%」、「100%，100%」和「93%，93%」，解讀正確率都算高，代表有適當語境時，受試者可以清楚判斷歧義句在此的句意。因此這些句子在後續實驗中繼續保留使用。

表3.1 8類型歧義句解讀正確率統計表

類型	替換詞	語境引導句型	解答句意次數			解讀正確率
			強	弱	其他	
1. 關心中/韓/美/泰國的學生	1. 中國	強	15	0	0	100%
		弱	0	14	1	93%
	2. 韓國	強	15	0	0	100%

		弱	0	14	1	93%
	3. 美國	強	14	0	1	93%
		弱	0	14	1	93%
	4. 泰國	強	15	0	0	100%
		弱	0	13	2	87%
2. 相信律師/議員/校長/教練是錯的	1. 律師	強	15	0	0	100%
		弱	0	14	1	93%
	2. 議員	強	14	0	1	93%
		弱	0	13	2	87%
	3. 校長	強	15	0	0	100%
		弱	0	14	1	93%
	4. 教練	強	15	0	0	100%
		弱	0	14	1	93%
3. 緊張的律師/議員/校長/教練和張先生	1. 律師	強	15	0	0	100%
		弱	0	14	1	93%
	2. 議員	強	15	0	0	100%
		弱	0	14	1	93%
	3. 校長	強	14	0	1	93%
		弱	0	12	3	80%
	4. 教練	強	14	0	1	93%
		弱	0	14	1	93%
4. 小男生/小男孩/小狗/百姓沒有小女生會哭	1. 小男生	強	15	0	0	100%
		弱	0	15	0	100%
	2. 小男孩	強	15	0	0	100%
		弱	0	15	0	100%
	3. 小狗	強	15	0	0	100%
		弱	0	15	0	100%
	4. 百姓	強	15	0	0	100%
		弱	0	15	0	100%
5. 老師對家長/員工/女僕/侍衛的欣賞是早有耳聞的	1. 家長	強	15	0	0	100%
		弱	0	15	0	100%
	2. 員工	強	15	0	0	100%
		弱	0	15	0	100%
	3. 女僕	強	15	0	0	100%
		弱	0	15	0	100%
	4. 侍衛	強	15	0	0	100%

		弱	0	15	0	100%
6. 可能花費/留下/想到/遇到	1. 花費	強	15	0	0	100%
		弱	0	14	1	93%
	2. 留下	強	13	0	2	87%
		弱	0	14	1	93%
	3. 想到	強	14	0	1	93%
		弱	0	15	0	100%
	4. 遇到	強	15	0	0	100%
		弱	0	15	0	100%
7. 這種花生長/人才是/水果真/事變成	1. 花生	強	15	0	0	100%
		弱	0	15	0	100%
	2. 人才	強	15	0	0	100%
		弱	0	15	0	100%
	3. 水果	強	15	0	0	100%
		弱	0	14	1	93%
	4. 事變	強	15	0	0	100%
		弱	0	15	0	100%
8. 風/太陽/水/沼氣能不能一直提供電能	1. 風	強	14	0	1	93%
		弱	0	14	1	93%
	2. 太陽	強	15	0	0	100%
		弱	0	15	0	100%
	3. 水	強	15	0	0	100%
		弱	0	15	0	100%
	4. 沼氣	強	15	0	0	100%
		弱	0	15	0	100%

第四章 產生實驗 (Production Experiment)

4.1 簡介

此章節先介紹產生實驗中的發音人、語料、器材、實驗進行流程、資料分析、以及歧義句的界限後音節強度、停頓現象、跨界限基頻重設範圍、和界限前音節時長所呈現的聲學現象。

4.2 產生實驗方法

4.2.1 發音人



此實驗的 6 位發音人皆為女性，分別居住在台北縣、彰化縣、台南市、高雄縣、和高雄市。6 位發音人的母語皆為國語，聽得懂閩南語但僅能以閩南語進行簡單對話。6 位發音人在參與實驗時皆就讀於國立交通大學，其中一位發音人是大學部學生，其餘 5 位則是研究所學生，年齡範圍在 22 至 24 歲之間。6 位發音人皆無發音或其他生理障礙。這 6 位發音人的代號分別為：CLY、LPL、LPT、LYJ、WDH、和 LCH。

4.2.2 語料

產生實驗中使用的語境和前導問句可參考3.3.2的介紹或查閱附錄，8種歧義句類型在3.2.2已有介紹，在此不多加贅述。語料採誘發性(elicited)方式取得，每一位受試者皆產生192個句子 (8種句子類型 x 4種聲調 x 2種界限強度 x 重複3遍)。

4.2.3 使用器材與軟體

由於錄音期間實驗室的器材進行更新，所以此實驗使用了兩台不同的錄音儀器和兩支不同的麥克風。使用的錄音儀器為 SONY compact disc recorder CDR-W66 或 Korg MR1000 1-bit Professional mobile recorder，使用的麥克風是 AKG HSD 200 或 Shure Professional SM48 LC。錄好的音檔先用 CDEx 軟體轉成 wav 格式，再以 Adobe Audition 1.0 軟體切割檔案。用 Praat(Boersma & Weenink, 2008) 標出每句 ortho 之後以 EasyAlign(Goldman, 2010) 切出句子中的每一個音節，以 Praat 進行微調後，再以 VoiceSauce (SPAPL, 2010) 軟體 query 出所需聲學數值。

4.2.4 錄音過程

此實驗的錄音工作在國立交通大學外國語文學系暨研究所的語音實驗室裡的錄音間進行，發音人和實驗引導者同時在錄音間內進行錄音工作。在實驗正式開始之前，實驗引導人會與發音人先進行練習範例，讓發音人熟悉實驗流程。在正式實驗中，實驗引導者會先唸一小段情境，接著唸出前導問句。舉例來說，若要引出圖3.1中(1s)的一聲句子，實驗引導者會先唸出以下情境：「老校長

雖然退休了，但一直關心著教育相關新聞。自從聽到中國偏遠地區的孩子沒有足夠的師資和教育資源後，老校長開始固定捐款，希望能夠盡一己之力來幫助他們。」，接著念出前導問句：「請問老校長關心著哪裡的學生？」。實驗所需要的目標句就是前導問句的答句，此答句會在實驗引導者唸完前導問句後出現在電腦螢幕上，如圖4.1。發音人看到電腦螢幕上無標點的「關心中國的學生」後，必須依照之前語境自然地回答：「關心中國的學生」。若目標句是圖3.1中(1w)的一聲句子，則情境為：「小明是中國人，雖然後來移民到加拿大，但仍然天天收看中國新聞，了解與中國相關的事。」，前導問句是：「小明是一位怎樣的學生？」。發音人要回答的句子雖然字面上仍為「關心中國的學生」，但意義卻有所不同。圖4.1為提供給受試者的句子提示。

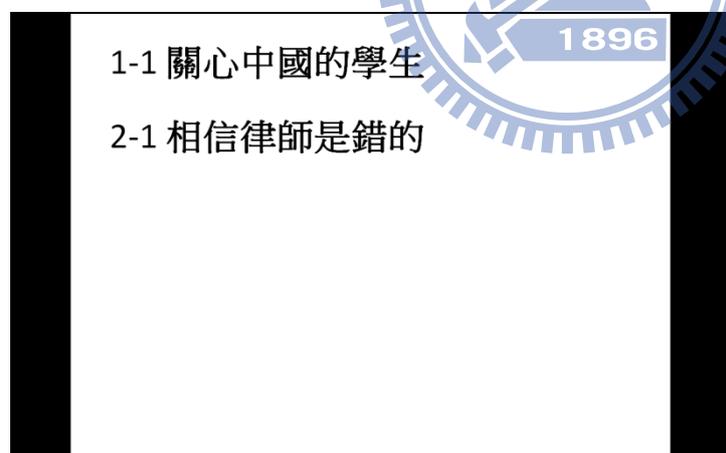


圖 4.1 句子提示範例

每一次錄音過程持續 90 分鐘左右，每 30 至 40 分鐘休息 5 分鐘。發音人在錄音工作完成後皆領取報酬。

在錄音過程中，實驗引導者會判斷發音人的回答是否符合實驗需求。若發音人唸出的目標句有唸錯字、不順暢、發音不標準、咳嗽、中斷、或其他足以影響句子分析的狀況時，實驗引導者會根據情況來判斷該句的錄製過程是否需重新來過，若是則要求發音人重新回答該目標句。

4.2.5 資料分析

由於「受試者解讀句子的偏好」以及「語境的合適與否」都有可能影響發音人在產生實驗中所產生的句子，為了了解這兩個因素是否對實驗造成影響，特別設計了兩個前測以觀察受試者對不同句子是否有不同的解讀偏好，以及欲引導歧義句的語境對受試者來說是否提供足夠的資訊。

在分析方面，我們知道界限的存在會反映在界限後的停頓、周圍音節的強度、基頻、和時長上，因此在這裡要測量的聲學特徵為停頓時長、界限前後音節的平均強度、界限前音節的最小基頻、界限後音節的最大基頻、以及界限前後音節的時長。

由於停頓會對時長測量造成影響，若是忽略停頓的存在或是將停頓統一歸入界限前音節時長會影響時長數據。因此在音檔製作textgrid檔之前，每位發音人所產出的每一句子都必須經過 3 位標記者(coder)的判斷，標記者的母語皆為國語。3 位標記者分開進行標記工作，每次標記兩位發音人，每次標記時間約為 30 分鐘，共進行 3 次。在聽過句子後，標記者根據他們的直覺判斷有無停頓存在於句

子中，若是有，標記者會在句子清單上進行標記。根據標記者的意見，停頓的時段會在textgrid中以「_」標示之，不納入任何一個音節的時長。3 位標記者並非對每一句的停頓現象都持相同看法，若遇意見不同時，則採多數決方式決定該句有無停頓。圖 4.2 和 4.3 分別呈現無停頓現象和有停頓現象的音檔範例。

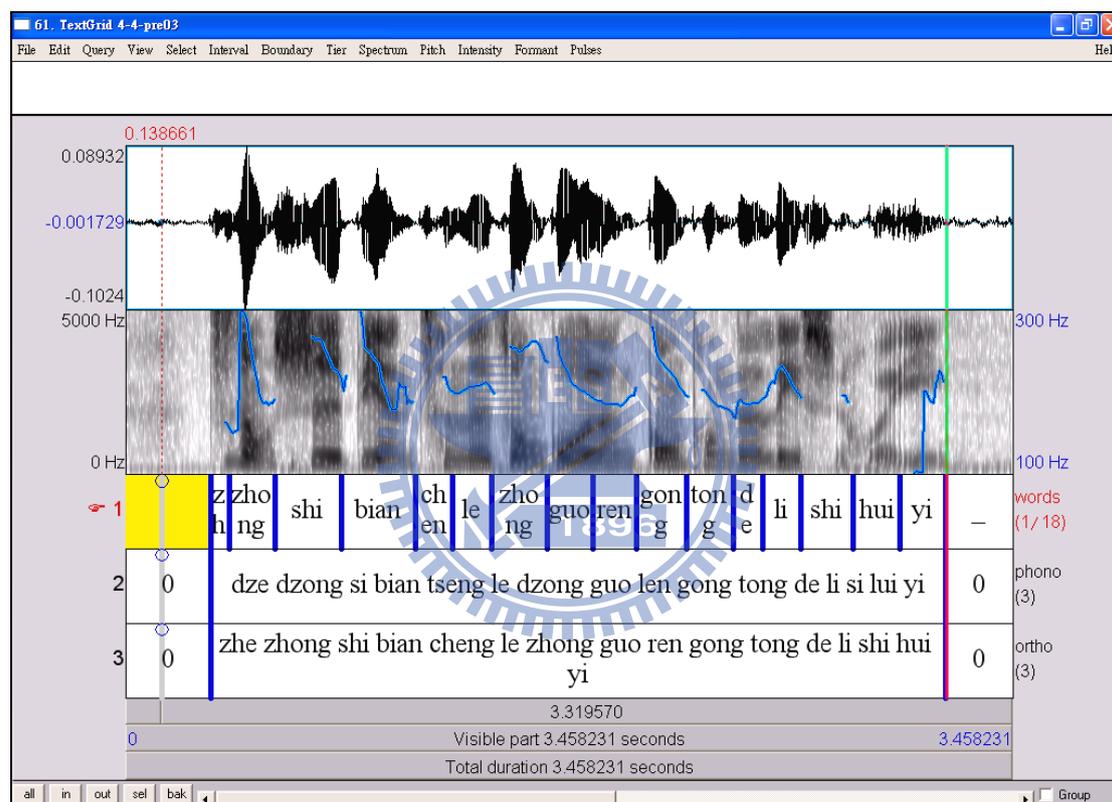


圖 4.2 「bian」和「cheng」之間的界限無停頓之句子

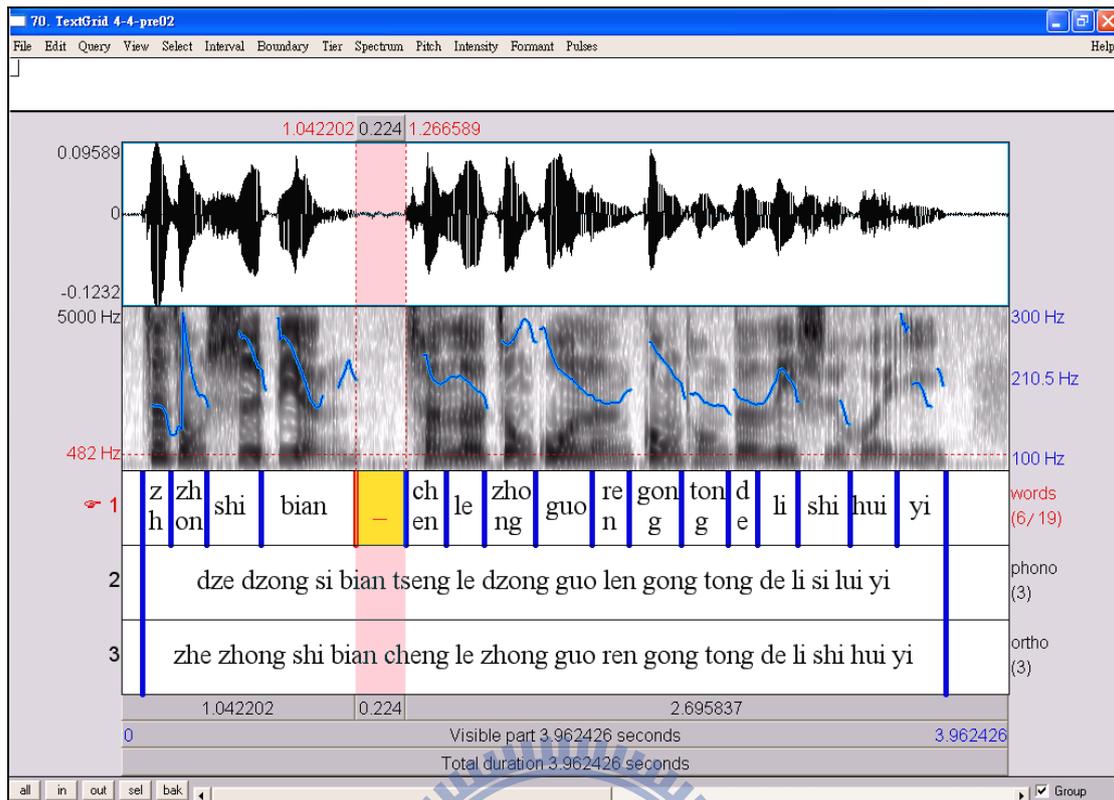


圖 4.3 「bian」和「cheng」之間的界限有停頓之句子

經過標記者判定有無停頓後，使用 Voicesauce 軟體 query 出數據，詳細的處理

步驟如下：

步驟一：切出每一個句子，存成獨立音檔。

步驟二：使用Praat軟體替每一音檔製作textgrid檔。

步驟三：使用EasyAlign軟體，配合本實驗室電腦工程師所寫之程式，自動切出句中的每一音節(syllable)。

步驟四：以人工方式檢查句子中每一音節的界限，進行界限調整。

步驟五：使用VoiceSauce軟體量出每一音節的強度、基頻數值(9 個觀察點)、和界限所在時間點。

圖 4.4 為句子經上述步驟處理後的完成型式。

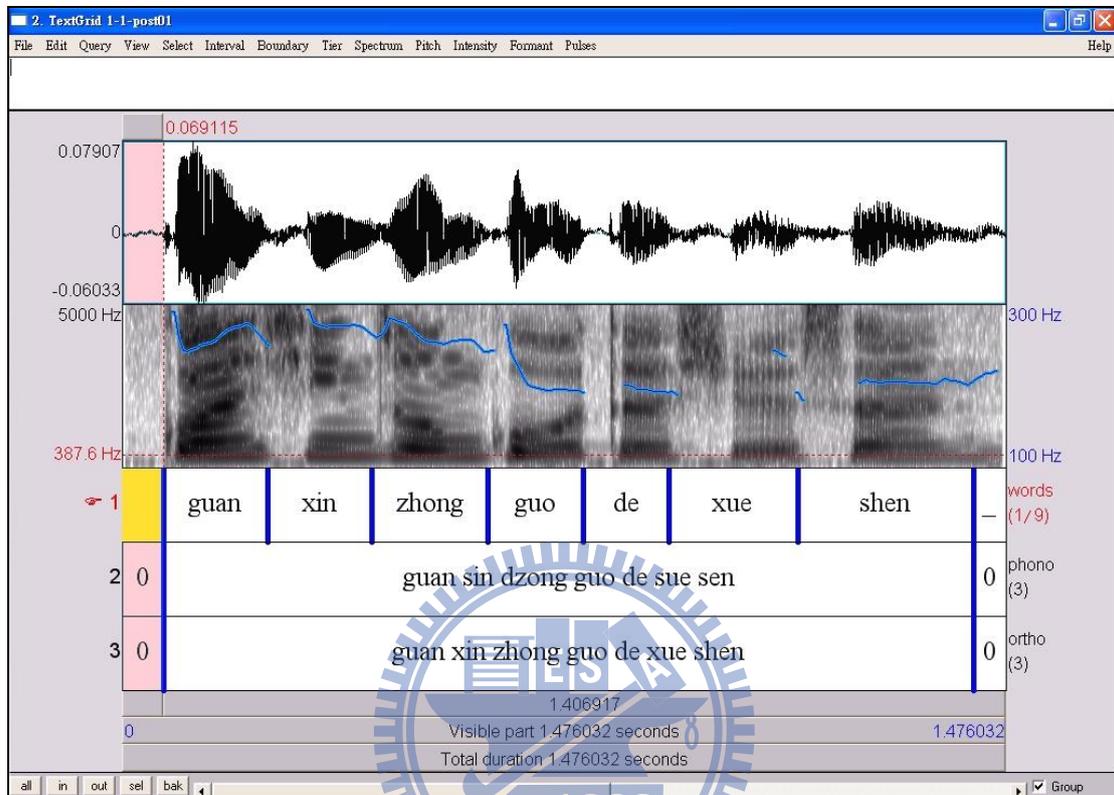


圖 4.4 Praat軟體所呈現之聲譜圖、音節界限，以及基頻曲線之範例

在此音節強度是指該音節的平均強度，跨界限基頻重設範圍則是指界限後音節的最大基頻減去界限前音節最小基頻，而音節時長由音節結束時間減去起始時間而得。

由於界限的存在會反映在停頓現象、周圍音節的強度、基頻、和時長上，因此在這份研究中要測量的聲學特徵是停頓時長、界限前後音節強度、跨界限基頻重設範圍、和界限前後音節時長。這些聲學特徵的算法如下：停頓時長是停頓的起始時間與下一音節(停頓結束)的起始時間之差；界限前後音節強度是音節的均

方根(root mean square)強度；跨界限基頻重設範圍是界限前音節的最小基頻與界限後音節的最大基頻之差；界限前後音節時長是音節的起始時間與下一音節(停頓)的起始時間之差。

取得原始的聲學數據後，因為考量到每一位發音人的生理構造不同，表現出的聲學特徵也不同，所以在進行統計分析之前，必須先行調整(adjust)每位發音人的原始數據。在這裡使用公式(1)分別求出每位發音人在發同一字時該字在強度範圍(range)中的百分段值(percentile)。其中「Adjust intensity_X'」的「X'」指不同音節，下標「speaker x」的「x」指不同發音人。

(1)

$$Adjust\ intensity_X'_{speaker\ x} = \frac{intensity_X_{speaker\ x} - MIN\ intensity_X_{speaker\ x}}{MAX\ intensity_X_{speaker\ x} - MIN\ intensity_X_{speaker\ x}}$$

作法是分別將每位發音人同一句中同一字的每個原始音節強度減去相同音節中的最小強度(intensity_X_{speakerX} - MIN intensity_X_{speakerX})，求出原始音節強度與最小強度之差，再將原始音節強度距最小強度之差除以強度範圍(range)(MAX intensity_X_{speakerX} - MIN intensity_X_{speakerX})，所得到的數值就是該音節強度的百分段值。也就是說，經過公式(1)換算後所得到的值，是原始音節強度在相同音節中強度所佔的百分比位置，因此調整過的數值會介於 0 到 1 之間。以發音人 CLY 所唸的「關心中國的學生」一句為例，在所有的「心」字中最大值為 0.336(RMS)，

最小值為 0.017，因此強度範圍為 0.319(0.336-0.017=0.319)。發音人 CLY 所唸的其中一個「心」字強度為 0.021，將該「心」字強度減去「心」字群中的最小強度，得到的差為 0.004(0.021-0.017=0.004)。最後將「心」字的原始強度與最小強度之差除以「心」字的強度範圍便得到 0.013(0.004/0.319=0.013)，也就是此「心」字的百分段值。

由於在欲觀察的界限附近有聲調替換的設計，為了避免因聲調不同而造成基頻重設範圍(f0 reset range)數值的不同，我們使用公式(2)求出每位發音人的基頻重設範圍數值在所有相同位置的基頻重設範圍數值中的百分段值(percentile)。其中

「Adjust f0 reset range_X'」的「X」指不同音節，下標「speaker x」的「x」指不同發音人。



(2)

$$Adjust\ f0\ reset\ range_X'_{speaker\ x} = \frac{f0\ reset\ range_X_{speaker\ x} - MIN\ f0\ reset\ range_X_{speaker\ x}}{MAX\ f0\ reset\ range_X_{speaker\ x} - MIN\ f0\ reset\ range_X_{speaker\ x}}$$

作法是分別將每位發音人的同一句中同一字每個原始基頻重設範圍值減去相同位置的最小基頻重設範圍值(f0 reset range_X_{speakerX} - MIN f0 reset range_X_{speakerX})，求出原始基頻重設範圍值與最小基頻重設範圍值之差，再將原始基頻重設範圍值與最小基頻重設範圍值之差除以所有基頻重設範圍值所組成的範圍(range)(MAX f0 reset range_X_{speakerX} - MIN f0 reset range_X_{speakerX})，所得到的數值就是該位置基頻重設範圍值的百分段值。調整過的數值會介於 0 到 1 之間。以發音人

CLY 所唸的「關心中國的學生」中的「心」和「中」字為例，在此基頻範圍值為「中」的最大基頻與「心」的最小基頻之差。在這個位置上最大值的基頻範圍值為 34.44Hz，最小值為 19.83 Hz，因此所組成的範圍為 14.61 Hz (34.44-19.83=14.61)。在發音人 CLY 所唸其中一句裡，「心」與「中」的基頻範圍值為 28.06 Hz，將該基頻範圍值減去範圍中的最小基頻範圍值，得到的差為 13.45 (28.06-19.83=8.23)。最後將原始基頻範圍值與最小基頻範圍值之差除以該處基頻範圍值所組成的範圍便得到 0.56(8.23/14.61=0.56)，也就是此處基頻範圍值的百分段值。

公式(3)是用來算出每位發音人發同一句中同一字時該字在時長範圍中的百分段值(percentile)。其中「Adjust Duration_X」的「X」指不同音節，下標「speaker x」的「x」指不同發音人。



(3)

$$Adjust\ duration_X'_{speaker\ X} = \frac{duration_X_{speaker\ X} - MIN\ duration_X_{speaker\ X}}{MAX\ duration_X_{speaker\ X} - MIN\ duration_X_{speaker\ X}}$$

作法是分別將每位發音人的同一句中同一字每個原始音節時長減去相同音節中的最小時長(duration_X_{speakerX} - MIN duration_X_{speakerX})，求出原始音節時長與最小時長之差，再將原始音節時長與最小時長之差除以時長範圍(range)(MAX duration_X_{speakerX} - MIN duration_X_{speakerX})，所得到的數值就是該音節時長的百分段值。調整

過的數值會介於 0 到 1 之間。以發音人 CLY 所唸的「關心中國的學生」中的「心」字為例，在所有的「心」字中最大值為 230 毫秒，最小值為 168.18 毫秒，因此時長範圍為 61.82 毫秒(230-168.18=61.82)。發音人 CLY 所唸的其中一個「心」字時長為 196.54 毫秒，將該「心」字時長減去「心」字群中的最小時長，得到的差為 28.36(196.54-168.18=28.36)。最後將「心」字的原始時長與最小時長之差除以「心」字的時長範圍便得到 0.46(28.36/61.82=0.46)，也就是此「心」字的百分段值。

為控制語速對時長數值所造成影響，所以要求出每位發音人同一句中每一個音節在該句中所佔的比例。公式(4)將時長數值標準化(normalize)，目的是算出音節在所處句子中所佔的比例。其中「Normalized duration_X''」的「X''」指不同音節的調整時長，下標「speaker x」的「x」指不同發音人。

(4)

$$Normalized\ duration_X''_{speaker\ X} = \frac{Adjust\ duration_X'_{speaker\ X}}{\sum_{k=1}^n (Adjust\ duration_X'_{speaker\ X})_k}$$

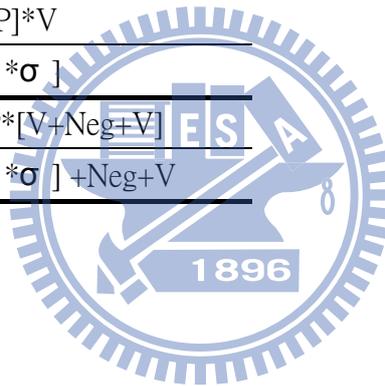
作法是每一發音人，同一句中經過公式(3)調整過的音節時長百分值段相加(方程式中以 $\sum_{k=1}^n (Adjust\ duration_X'_{speaker\ X})_k$ 表示)，再把欲觀察的音節之時長百分值段相加(公式中以 $Adjust\ duration_X'_{speaker\ X}$ 表示)除以調整過的句子時長。以發音人 CLY 所唸的「關心中國的學生」其中一句為例，調整過的「關」時長百分

值段為 0.59，調整過的「心」時長百分值段為 0.46，調整過的「中」時長百分值段為 0.26，調整過的「國」時長百分值段為 0.44，調整過的「的」時長百分值段為 0.20，調整過的「學」時長百分值段為 0.38，調整過的「生」時長百分值段為 0.19，所以此句子的總百分值段為 $2.52(0.59+0.46+0.26+0.44+0.20+0.38+0.19=2.52)$ 。若要求出「心」字的標準化時長百分值段，則將「心」字的調整時長百分值段 0.46 除以句子總百分值段 2.52，就可以得到標準化時長百分值段 $0.18(0.46/2.52=0.18)$ 。由於基頻和強度沒有語速的問題，所以不用進行標準化動作。所有音節數據都是按發音人分開進行調整/標準化動作，再做進一步的統計與分析比較，因此後面章節所提到的強度、基頻重設範圍、與時長均是指強度百分值段、基頻重設範圍百分值段、和標準化時長百分值段。

為了可以更清楚地觀察歧義句的句法結構與實驗數據之間的關係，在後面圖表中，每一句歧義句都只以詞性、界限、和結點(node)關係重新命名。舉例來說，在「關心中國的學生」一句中，以「V」代表「關心」，「Adj」代表「中國的」，「N」代表「學生」，此外我們使用「*」標示欲觀察的界限位置(標的界限)，並且以括弧「[]」將隸屬於同詞組(constituent)的詞彙放在括弧內，「+」區隔不同片語。因此，當界限位於「關心」與「中國」之間時句子就可以寫成 $V*[Adj+N]$ ，而當界限位於「中國的」與「學生」之間時我們就以 $[V*NP]+N$ 表示之。表 4.1 為所有句型代號。

表 4.1 8 種類型歧義句在圖表中的句法結構表示名稱

類型	界限強度	句子代號
1	較強	V*[AdjP+N]
	較弱	[V*NP]+N
2	較強	[V+NP]*V
	較弱	V+[NP*V]
3	較強	[AdjP+N]*ConjP+N
	較弱	AdjP+[N*ConjP+N]
4	較強	NP*[NegP]
	較弱	[NP*NegP]
5	較強	P*[N+N]
	較弱	[P*N]+V
6	較強	AdvP*[NP+I]
	較弱	[AdvP*NP]+I
7	較強	[NP]*V
	較弱	[σ * σ]
8	較強	NP*[V+Neg+V]
	較弱	[σ * σ]+Neg+V



4.3 產生實驗結果

在這份實驗中，雖然每一個句子都請受試者重複唸三遍，但句子重複三遍所造成的差異性並非這裡所要了解的重點，因此在進行統計分析之前，會先將重複三遍所得到的數據(強度、基頻、時長)進行平均，以平均過的數據進行後續的統計分析。另外，接下來所提及的界限後音節強度、跨界限基頻重設範圍、與界限前音節時長，「界限」都是指句子代號中「*」所標示的標的界限。

4.3.1 停頓現象

在此實驗中，經標記者判斷，停頓現象只存在於較強界限之後。在產生實驗所得到的 1152 個句子(192 句 x 6 位發音人)，有 576 個句子(二分之一)屬界限較強的句子，其中有 266 個句子在標的界限後具停頓現象，佔界限較強句子的 46.1%。表 4.2 分別列出 8 種句子類型其標的界限後具停頓現象的句子百分比以及其停頓時長。

表 4.2 各句子類型標的界限後具停頓現象的百分比和平均時長

句子類型	界限強度	百分比(句數)	平均時長(ms)
類型 1	強	22.2%(16)	50.98
	弱	0%(0)	0
類型 2	強	33.3%(24)	84.27
	弱	0%(0)	0
類型 3	強	38.8%(28)	126.09
	弱	0%(0)	0
類型 4	強	55.5%(40)	105.20
	弱	0%(0)	0
類型 5	強	41.6%(30)	109.97
	弱	0%(0)	0
類型 6	強	44.4%(32)	128.78
	弱	0%(0)	0
類型 7	強	72.2%(52)	116.32
	弱	0%(0)	0
類型 8	強	61.1%(44)	101.11
	弱	0%(0)	0

由表 4.2 可以發現，界限強度較弱的句子在標的界限處不具停頓現象。以下就 8 種歧義句之標的界限之界限後音節強度、跨界限基頻重設範圍、及界限前音節時長加以分析。

4.3.2 界限後音節強度

在這邊所測量的音節強度是指整個音節的平均強度。雖然在此實驗中主要關心的議題是界限強度對聲學線索的影響，但由於不同受試者和不同句子類型也是造成實驗數據不同的潛在因素，所以執行三因子混和變異數分析(Three-way mixed factor ANOVA)(發音人 × (句子類型 × 界限強度))來判定 6 位受試者(CLY、LPL、LPT、WDH、LYJ、LCH)其 8 種句子類型和強、弱界限對界限後音節強度的影響。表 4.3 說明發音人、句子類型、與界限對界限後音節強度進行統計分析後所得到的結果。

表 4.3 發音人、句子類型、與界限強度對界限後音節強度之三因子混和變異數分析摘要表(*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$)

變異來源	SS	DF	MS	F 值
發音人	.26	5	.05	1.96
句子類型	.92	7	.13	3.53**
界限強度	1.08	1	1.08	21.52***
句子類型 × 發音人	1.41	35	.04	1.51*
界限強度 × 發音人	.29	5	.05	2.20
句子類型 × 界限強度	.38	7	.05	1.09
發音人 × 句子類型 × 界限強度	1.07	35	.03	1.15
誤差	6.39	240	.02	

分析結果顯示，發音人、句子類型、與界限強度之間無顯著交互作用。由於句子類型與發音人具顯著交互作用，因此接下來將界限後強度資料根據 6 位發音人和 8 種句子類型切割為 48 組資料，並對每組資料進行一因子界限強度變異數

分析。表 4.4 為一因子變異數分析檢定之結果，而表 4.5 則是列出表 4.4 中達顯著差異的界限後音節平均強度。

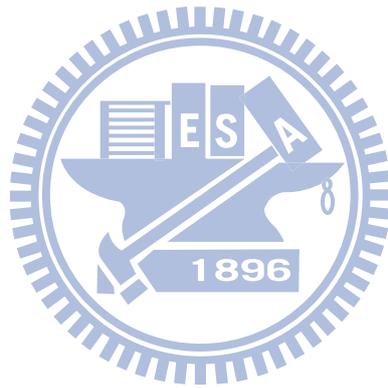


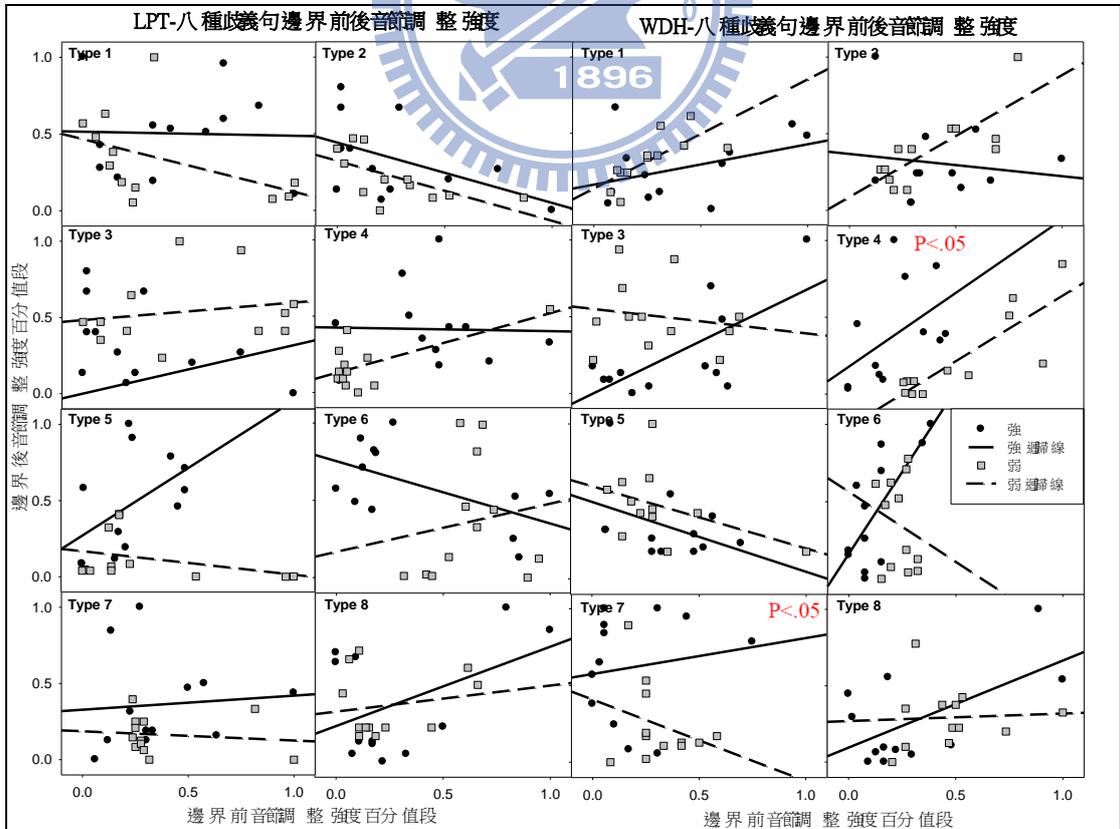
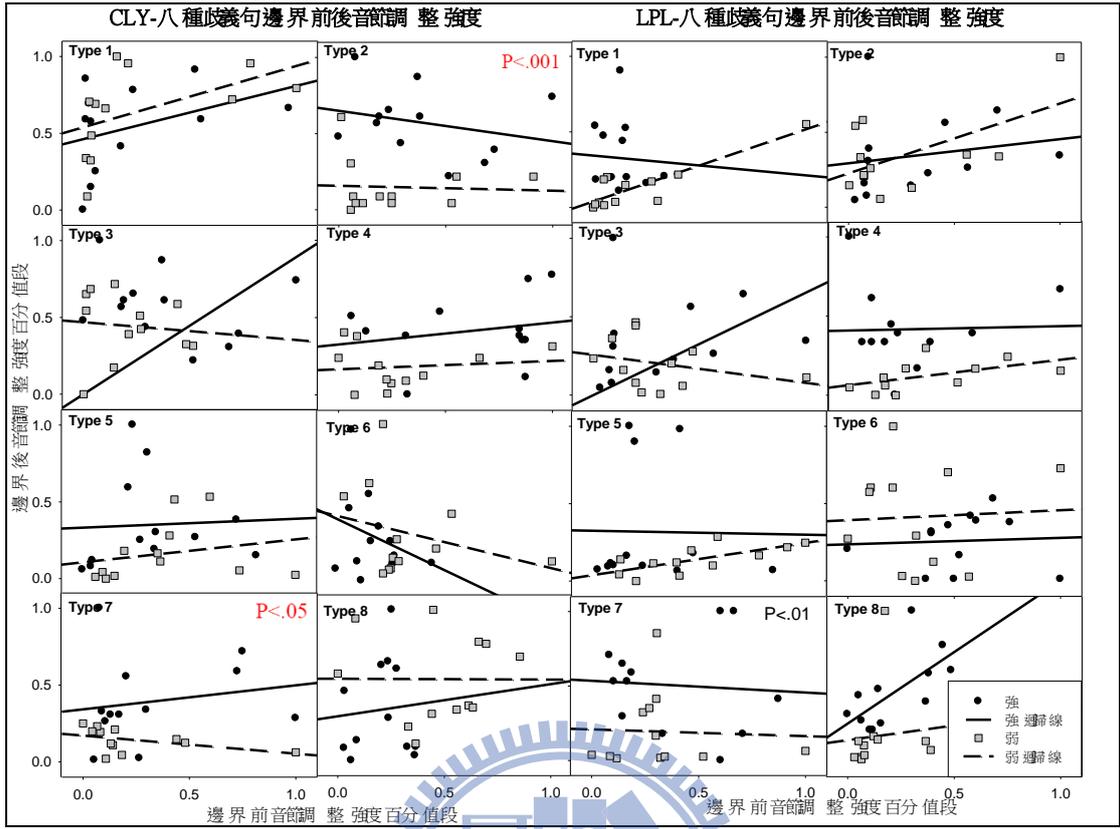
表 4.4 6 位發音人其 8 種句子類型之界限後音節強度一因子變異數分析摘要表(* : p < 0.05 , ** : p < 0.01 , *** : p < 0.001)

發音人	CLY	LPL	LPT	WDH	LYJ	LCH
變異來源						
界限強度						
1. 關心中/韓/美/泰國的學生	F(1, 6)=.33	F(1, 6)= 2.20	F(1, 6)= 1.13	F(1, 6)= .11	F(1, 6)= 3.57	F(1, 6)= .17
2. 相信律師/議員/校長/教練是錯的	F(1, 6)= 46.72***	F(1, 6)= 5.17	F(1, 6)= .012	F(1, 6)= 5.48	F(1, 6)= 2.87	F(1, 6)= .07
3. 緊張的律師/議員/校長/教練和張先生	F(1, 6)=.16	F(1, 6)= .00	F(1, 6)= .07	F(1, 6)= 4.29	F(1, 6)= .02	F(1, 6)= 2.84
4. 小男生/小男孩/小狗/百姓沒有小女生會哭	F(1, 6)= 5.45	F(1, 6)= 4.60	F(1, 6)= .84	F(1, 6)= 6.00*	F(1, 6)= .63	F(1, 6)= 2.47
5. 老師對家長/員工/女僕/侍衛的欣賞是早有耳聞的	F(1, 6)= 1.08	F(1, 6)= .26	F(1, 6)= 2.97	F(1, 6)= 1.66	F(1, 6)= .47	F(1, 6)= 2.14
6. 可能花費/留下/想到/遇到	F(1, 6)= .03	F(1, 6)= .08	F(1, 6)= 1.32	F(1, 6)=.05	F(1, 6)= .21	F(1, 6)= .64
7. 這種花生長/人才是/水果真/事變成	F(1, 6)= 7.44*	F(1, 6)= 10.50**	F(1, 6)= .29	F(1, 6)= 10.52*	F(1, 6)= 8.04	F(1, 6)= .01
8. 風/太陽/水/沼氣能不能一直提供電能	F(1, 6)= .39	F(1, 6)= .18	F(1, 6)= .99	F(1, 6)= 3.28	F(1, 6)= .09	F(1, 6)= .18

表 4.5 不同界限強度之界限後音節平均強度比較表

句子類型	界限強度	發音人		
		CLY	LPL	WDH
2. 相信律師/ 議員/校長/教 練是錯的	較強	.57		
	較弱	.14		
4. 小男生/小 男孩/小狗/百 姓沒有小女生 會哭	較強			.45
	較弱			.22
7. 這種花生長 /人才是/水果 真/事變成	較強	.46	.46	.49
	較弱	.16	.18	.29

由表 4.4 可以發現，在句子類型方面，8 種句子類型中僅 CLY、LPL、和 WDH 3 位發音人之句型 2、4、和 7，其中 5 組強度資料 F 值達顯著水準。從圖 4.3 可以看出，達顯著水準的組別其強界限之迴歸線會在弱界限之迴歸線上方。具顯著界限強度之資料組之音節平均強度可從表 4.5 得知：界限強度較強的句子其界限後音節強度會顯著地大於界限強度較弱的句子。圖 4.5 呈現 6 位發音人在 8 種不同類型的歧義句中，界限前音節與後音節的音節強度關係。



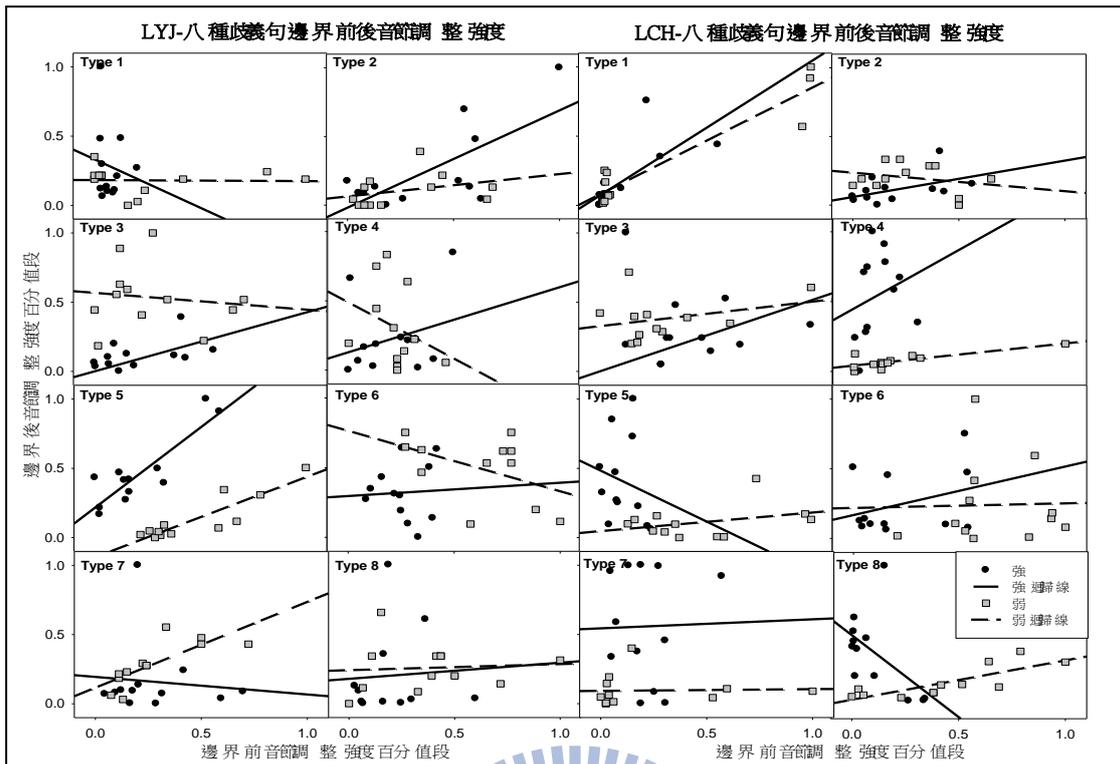


圖 4.5 6 位發音人在 8 種類型歧義句中界限前後音節強度關係

圖 4.5 的橫座標是界限前音節強度，縱座標是界限後音節強度；黑點代表的是界限強度較強句子的資料，灰點代表的是界限強度較弱句子的資料。在圖 4.5 中，黑點與灰點的分佈沒有明顯的趨勢。

4.3.3 跨界限基頻重設範圍

在這裡跨界限基頻重設範圍是指界限後音節的基頻最大值與界限前音節的基頻最小值之差。如同界限後音節強度的分析方法，先執行三因子混和變異數分析(Three-way mixed factor ANOVA)(發音人 \times (句子類型 \times 界限強度))來判定 6 位發音人其 8 種句子類型和強、弱界限對跨界限基頻重設範圍的影響。表 4.6 說明發音人、句子類型、與界限強度對跨界限基頻重設範圍進行統計分析後所得到的

結果。

表 4.6 發音人、句子類型、與界限對跨界限基頻重設範圍之三因子混和變異數分析摘要表(*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$)

變異來源	SS	DF	MS	F 值
發音人	.17	5	.03	1.32
句子類型	.46	7	.06	.88
界限強度	3.0	1	3.01	40.39***
句子類型 × 發音人	2.8	35	.08	3.11***
界限強度 × 發音人	.33	5	.06	2.54*
句子類型 × 界限強度	.23	7	.03	.44
發音人 × 句子類型 × 界限強度	.53	35	.01	.58
誤差	6.32	240	.02	

分析結果顯示，發音人、句子類型、與界限強度之間無顯著交互作用。由於句子類型與發音人具顯著交互作用，因此接下來將基頻重設範圍值根據 6 位發音人和 8 種句子類型，切割成 48 組資料，並對每組資料進行一因子界限強度變異數分析。表 4.7 為一因子變異數分析檢定之結果，而表 4.8 則是達顯著水準之跨界限基頻重設範圍的平均數值。

表 4.7 6 位發音人其 8 種句子類型之跨界限基頻重設範圍一因子變異數分析摘要表(* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$)

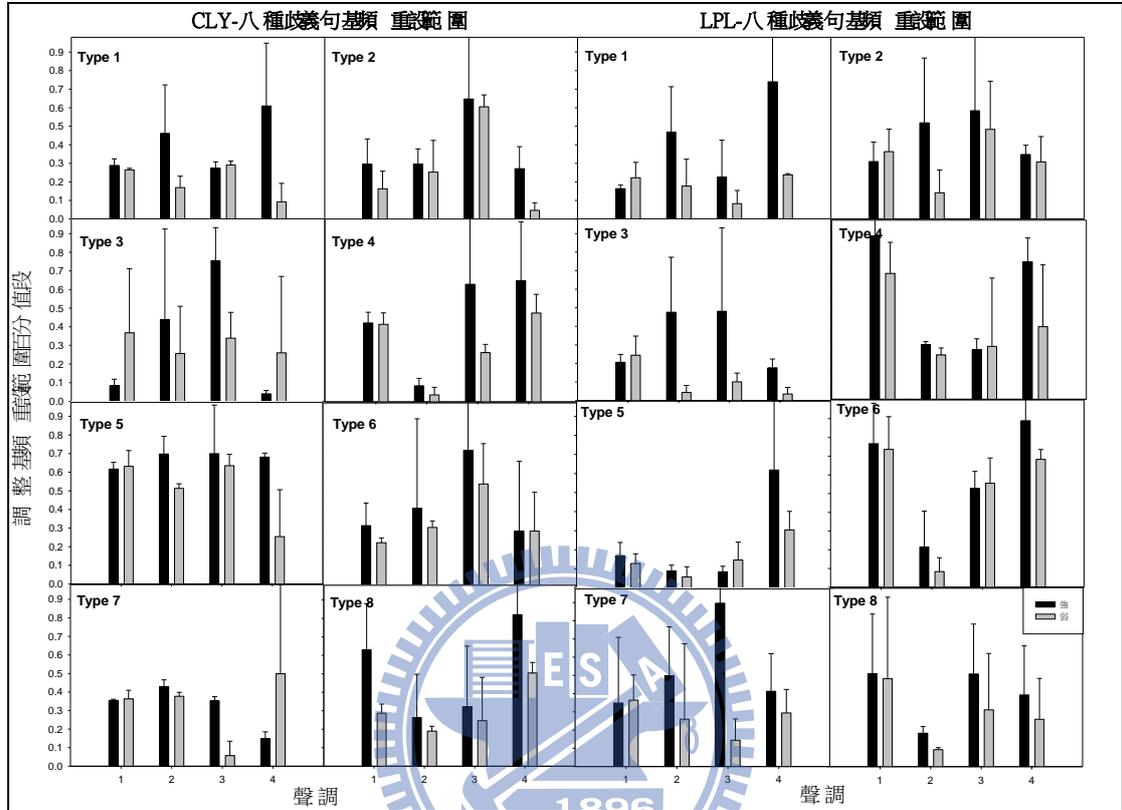
發音人	CLY	LPL	LPT	WDH	LYJ	LCH
變異來源						
界限強度						
1. 關心中/韓/美/泰國的學生	F(1, 6)= 4.95	F(1, 6)= 2.61	F(1, 6)= 8.94*	F(1, 6)= 6.56*	F(1, 6)= 9.51*	F(1, 6)= 5.51
2. 相信律師/議員/校長/教練是錯的	F(1, 6)= .54	F(1, 6)= 1.43	F(1, 6)= .30	F(1, 6)= 7.78*	F(1, 6)= 6.67*	F(1, 6)= 2.61
3. 緊張的律師/議員/校長/教練和張先生	F(1, 6)= .02	F(1, 6)= 5.65	F(1, 6)= 8.51*	F(1, 6)= 3.82	F(1, 6)= 8.45*	F(1, 6)= 10.31*
4. 小男生/小男孩/小狗/百姓沒有小女生會哭	F(1, 6)= .00	F(1, 6)= .63	F(1, 6)= .06	F(1, 6)= 1.91	F(1, 6)= .12	F(1, 6)= 1.30
5. 老師對家長/員工/女僕/侍衛的欣賞是早有耳聞的	F(1, 6)= 1.848	F(1, 6)= .344	F(1, 6)= .278	F(1, 6)= 5.500	F(1, 6)= 6.397*	F(1, 6)= 3.842
6. 可能花費/留下/想到/遇到	F(1, 6)= .831	F(1, 6)= .165	F(1, 6)= 6.360*	F(1, 6)= .896	F(1, 6)= 19.904**	F(1, 6)= .133
7. 這種花生長/人才是/水果真/事變成	F(1, 6)= 3.26	F(1, 6)= 4.34	F(1, 6)= .36	F(1, 6)= 1.39	F(1, 6)= 12.02*	F(1, 6)= .82
8. 風/太陽/水/沼氣能不能一直提供電能	F(1, 6)= .60	F(1, 6)= 1.01	F(1, 6)= .66	F(1, 6)= 5.80	F(1, 6)= 1.12	F(1, 6)= 3.48

表 4.8 不同界限強度之跨界限基頻重設範圍平均數值比較表

句子類型	界限強度	發音人			
		LPT	WDH	LYJ	LCH
1. 關心中/韓/美/ 泰國的學生	較強	.44	.45	.56	
	較弱	.19	.20	.18	
2. 相信律師/議員 /校長/教練是錯的	較強		.43	.52	
	較弱		.15	.23	
3. 緊張的律師/議 員/校長/教練和張 先生	較強	.59		.39	.76
	較弱	.35		.15	.43
5. 老師對家長/員 工/女僕/侍衛的欣 賞是早有耳聞的	較強			.56	
	較弱			.23	
6. 可能花費/留下 /想到/遇到	較強	.37		.43	
	較弱	.13		.16	
7. 這種花生長/人 才是/水果真/事變 成	較強			.57	
	較弱			.15	

由表 4.7 可以發現，句子類型 1、2、3、5、6 和 7 在發音人 LPT、WDH、LYJ、和 LCH 上 F 值達顯著水準，當中又以類型 1「關心中/韓/美/泰國的學生」和 3「緊張的律師/議員/校長/教練和張先生」達顯著水準的發音人最多。發音人中又以 LYJ 達顯著水準的句子類型最多。具達顯著水準的 F 值就表示跨界限基頻重設範圍的確依界限強度不同而有顯著地不同。圖 4.6 也傳達了相同訊息，從圖 4.6 可以看出，達顯著水準的組別其較強界限之跨界限基頻重設範圍均會大於較弱界限之跨界限基頻重設範圍。至於數值大小可從表 4.8 的跨界限基頻重設範圍平均值得知：界限強度較強的句子跨界限基頻重設範圍會顯著大於界限強度較弱的句子。圖 4.6 呈現 6 位發音人在 8 種不同類型歧義句中跨界限基頻重設範圍

的值。



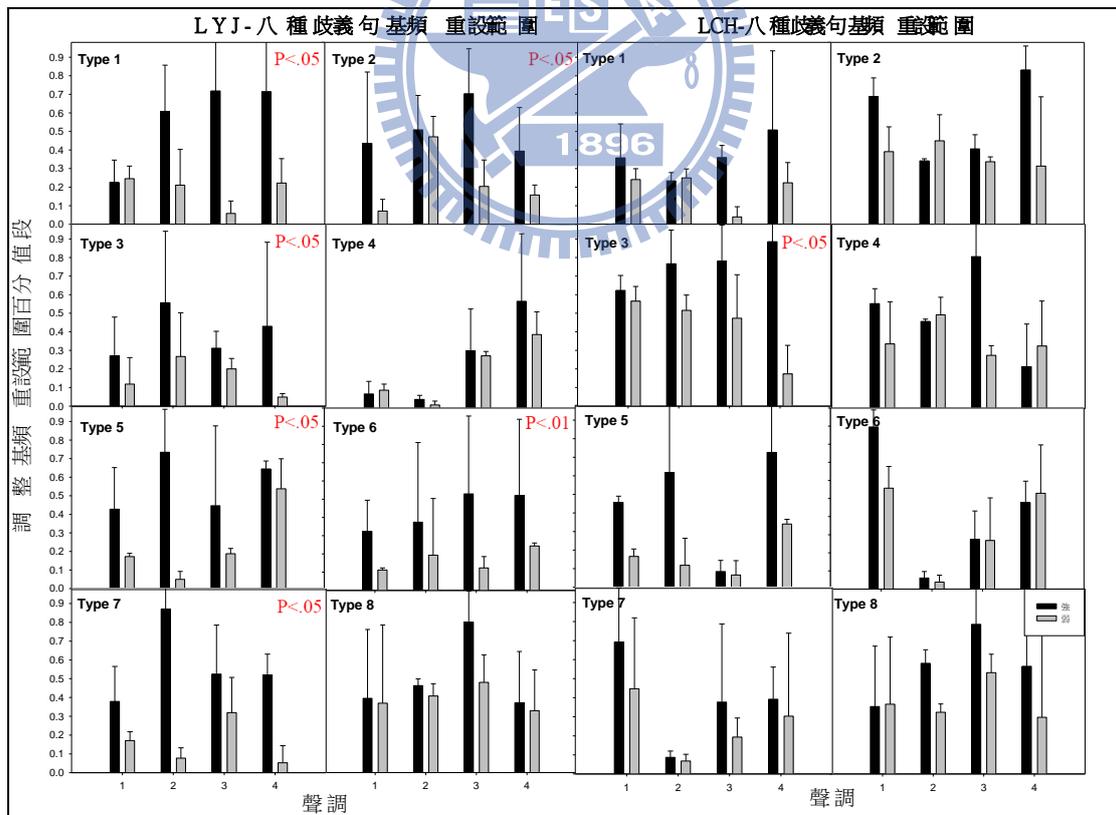
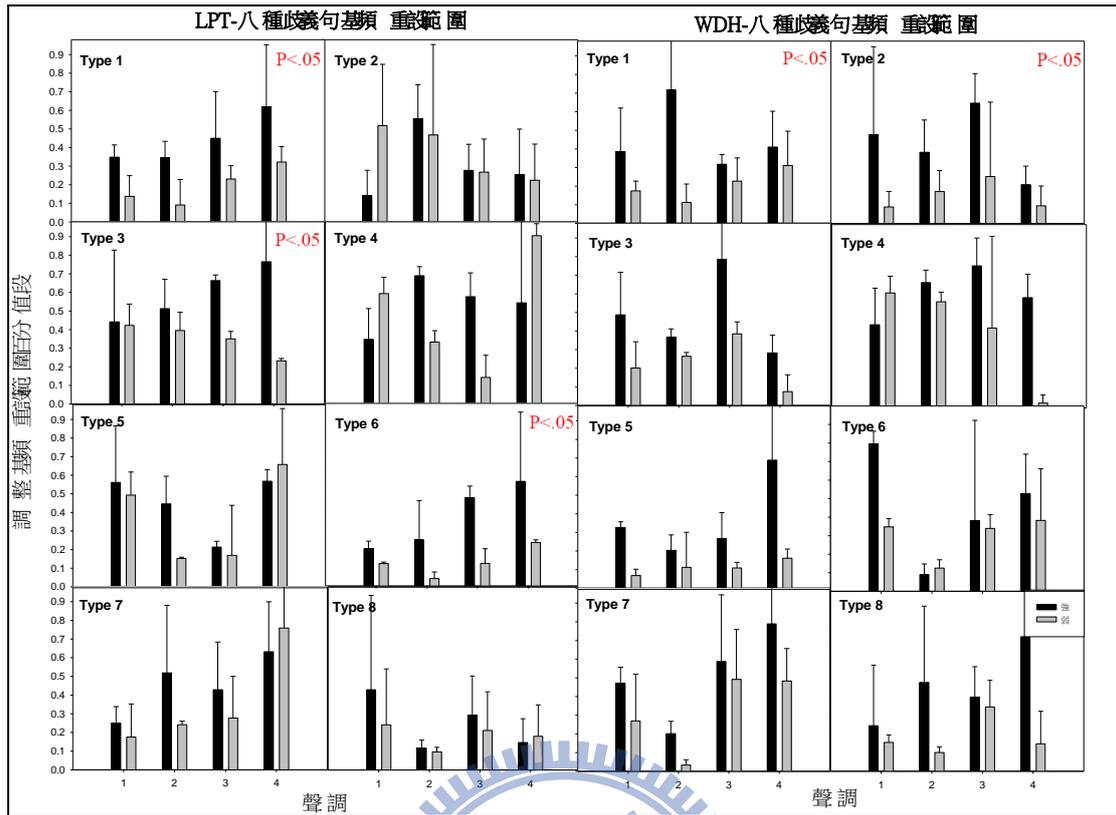


圖 4.6 6 位發音人在 8 種類型歧義句中跨界限基頻重設範圍大小關係

在圖 4.6 中，左邊的黑色直條代表界限強度較強句子的跨界限基頻重設範圍，右邊的灰色直條代表界限強度較弱句子的跨界限基頻重設範圍，橫座標的四組直條表示不同的聲調。由圖可以得知，較強界限的句子與較弱界限的句子相比，會有比較大的跨界限基頻重設範圍。

4.3.4 時長

由於測量時測的是界限較強之句子的界限前音節，和界限較弱之句子的同一音節，因此若界限較強之句子具停頓現象，則此停頓時長不納入界限前音節時長。如同界限前音節強度的分析方法，雖然在此實驗中主要關心的議題是界限強度對聲學線索的影響，但由於不同受試者和不同句子類型也是造成實驗數據不同的潛在因素，所以先執行三因子混和變異數分析(Three-way mixed factor ANOVA)(發音人 × (句子類型 × 界限強度))來判定 6 位發音人其 8 種句子類型和強、弱界限對界限前標準化音節時長百分值段的影響。表 4.9 說明發音人、句子類型、與界限對界限前音節時長進行統計分析後所得到的結果。

表 4.9 發音人、句子類型、與界限強度對界限前音節時長之三因子混和變異數分析摘要表(*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$)

變異來源	SS	DF	MS	F 值
發音人	.02	5	.00	5.37***
句子類型	.35	7	.05	13.40***
界限強度	.75	1	.75	200.61***
句子類型 × 發音人	.03	35	.00	1.15
界限強度 × 發音人	.03	5	.00	7.37***

句子類型 × 界限強度	.03	7	.00	1.16
發音人 × 句子類型 × 界限強度	.03	35	.00	1.22
誤差	.19	240	.00	

分析結果顯示，發音人、句子類型、與界限強度之間無顯著交互作用，但發音人顯著地影響時長，因此將資料依發音人分為 6 組，合併 8 種句子類型，進行 6 次一因子界限強度變異數分析。表 4.10 為發音人的一因子變異數分析檢定之結果，表 4.11 為不同發音人的界限前音節平均時長比較表。

表 4.10 6 位發音人之界限前音節時長一因子變異數分析摘要表(*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$)

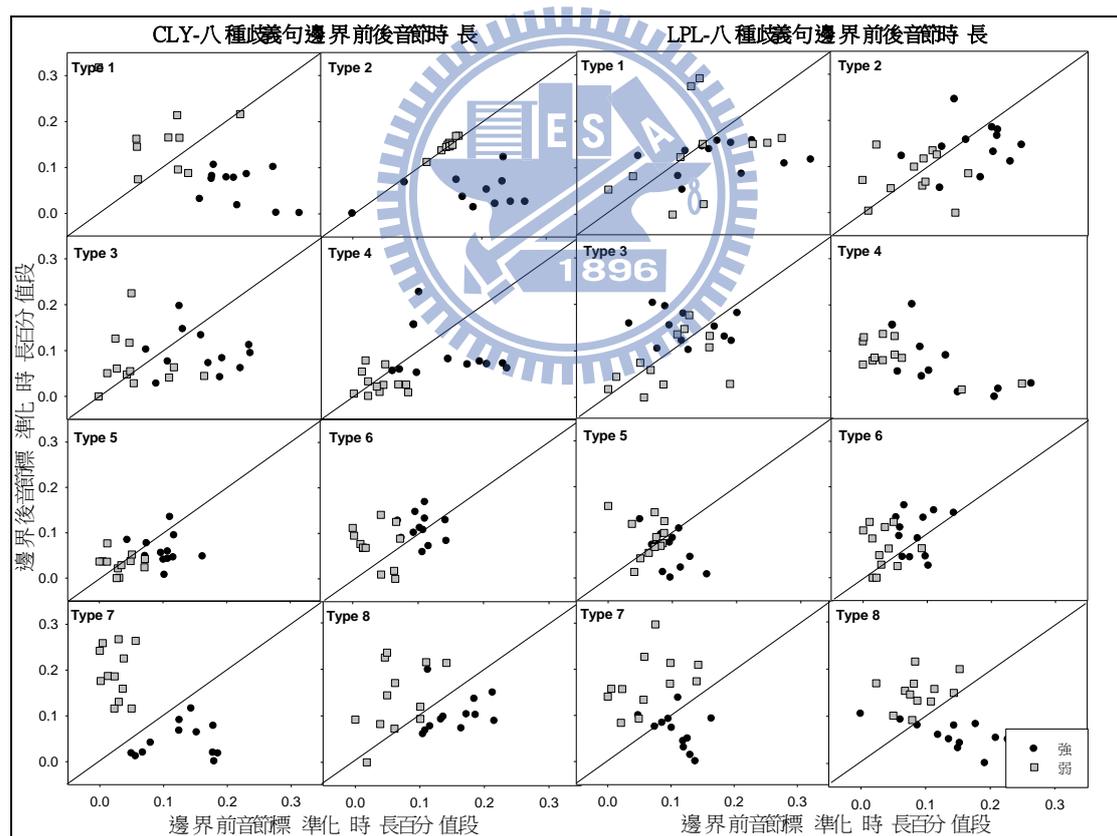
變異來源	
界限強度	
CLY	F (1, 62) = 38.97***
LPL	F (1, 62) = 17.15***
LPT	F (1, 62) = 55.58***
WDH	F (1, 62) = 127.90***
LYJ	F (1, 62) = 102.01***
LCH	F (1, 62) = 62.76***

表 4.11 6 位發音人之不同界限強度界限前音節平均時長比較表

發音人	界限強度	平均值
CLY	較強	0.15
	較弱	0.06
LPL	較強	0.12
	較弱	0.07
LPT	較強	0.14
	較弱	0.04
WDH	較強	0.13
	較弱	0.03
LYJ	較強	0.14

	較弱	0.04
LCH	較強	0.14
	較弱	0.05

由表 4.10 可以發現，6 位發音人 F 值皆達顯著水準，表示標的界限前音節時長百分值段的確依界限強度不同而有顯著地不同，時長大小可從表 4.11 的界限前音節時長平均數得知：標的界限強度較強的句子其界限前音節時長百分值段會大於界限強度較弱的句子。圖 4.7 呈現 6 位發音人在 8 種不同類型的歧義句中，界限前音節與後音節的時長關係。



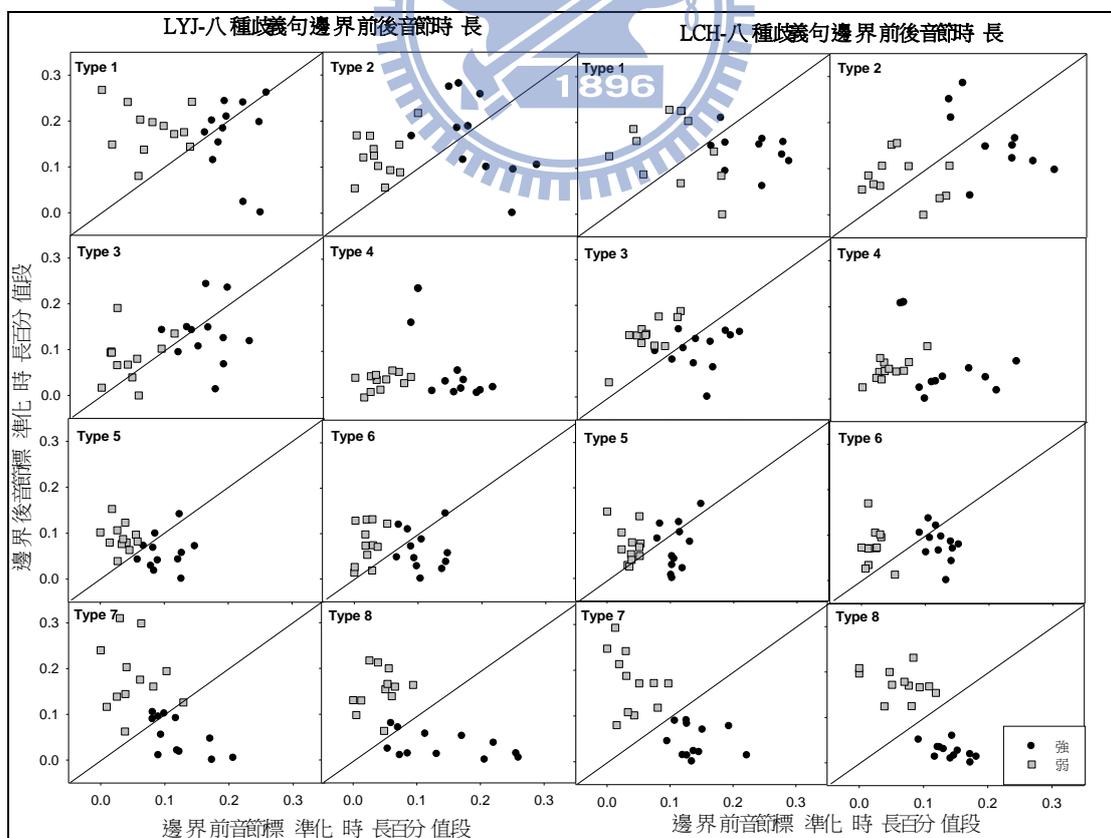
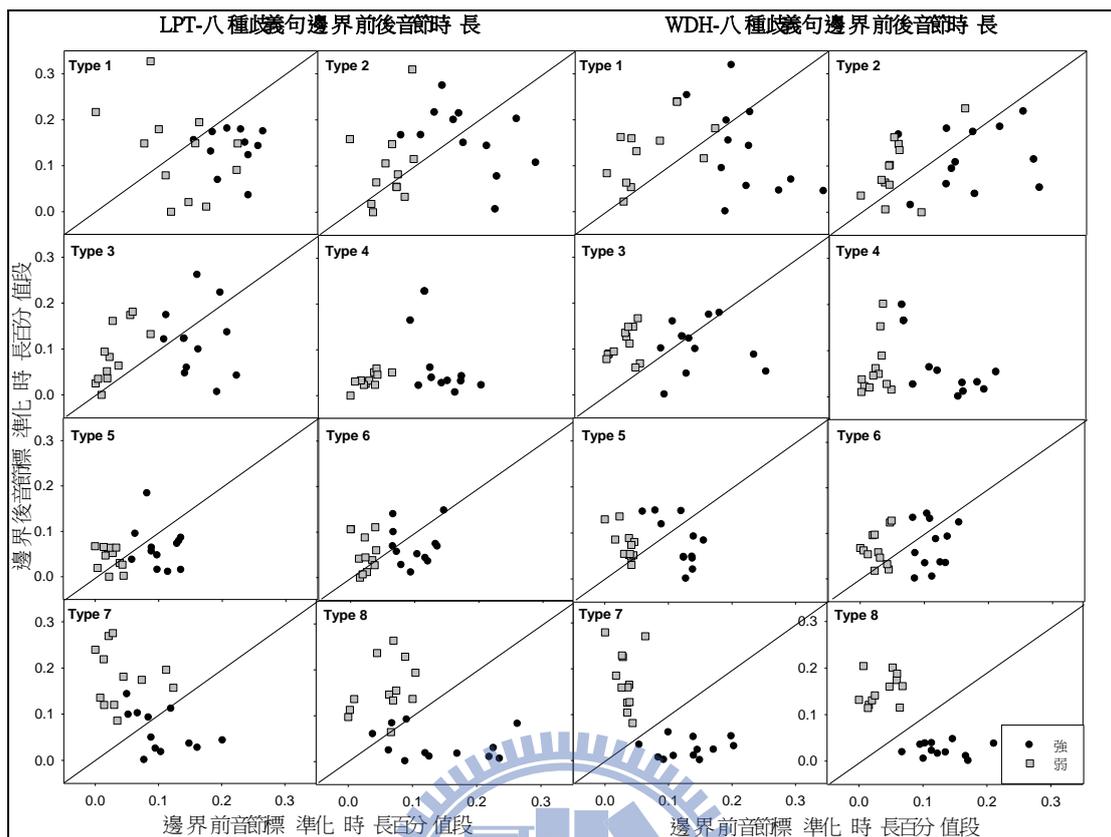
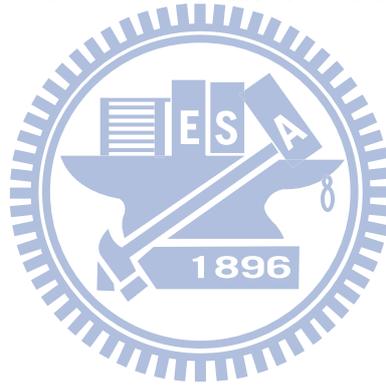


圖 4.7 6 位發音人在 8 種類型歧義句中界限前後音節時長關係

在圖 4.7 中，橫座標是界限前音節時長，縱座標是界限後音節時長；黑點代表的是標的界限較強句子的資料，灰點代表的是標的界限較弱句子的資料。從圖 4.7 可以看出，黑點大致分佈在分隔線的右下方，代表在標的界限強度較強句子中，標的界限前音節時長大於界限後音節時長，因此具界限前音節句尾延長現象。而灰點在某些句子類型中會在黑點的左上方，如類型 1、類型 7、和類型 8，表示灰點的標的界限後音節時長數值大於黑點，也就是說在這些句子類型中，界限後音節時長在界限強度較弱的句子中會大於在界限強度較強的句子中。



第五章 感知實驗 (Perception Experiment)

5.1 簡介

此章節先介紹感知實驗中的受試者、語料、實驗進行過程、和資料分析方法。最後探討感知實驗中答對率不同的句子其聲學特徵異同之處。

5.2 感知實驗方法

5.2.1 受試者

30 位國立交通大學外國語文學系「語音學與音韻學」的課堂學生以自願方式參加此感知實驗。受試者皆無任何聽語障礙，且在實驗後皆領取報酬。



5.2.2 語料

此感知實驗使用產生實驗中誘發歧義句的 64 個語境和前導問句(8 種句子類型 x 4 種聲調替換 x 2 種界限強度)，以及 6 位發音人所產出的句子，每位發音人各產出 192 句(8 種句子類型 x 4 種聲調替換 x 2 種界限強度 x 重複 3 遍)。

5.2.3 實驗過程

此感知實驗的進行地點在國立交通大學外國語文學系暨研究所的研究生電腦室，使用 Paradigm 1.0 軟體設計實驗流程。一開始，電腦螢幕上會有文字說明

實驗進行方式，受試者在看完後若有問題可以詢問在旁的實驗引導者，若無問題則可以進入練習範例。此實驗提供了 4 題練習範例，讓受試者熟悉實驗題型。在正式實驗中，受試者必須先閱讀電腦螢幕上的情境和接續在情境之後的相關問題(前導問句)，此部分無時間上的限制。閱讀完畢後，受試者點擊滑鼠左鍵，則從耳機中連續撥放兩句文字相同的歧義句。受試者的任務就是要判斷左右哪一個句子是回答情境問題(前導問句)的答句；若覺得是第一個聽到的句子則點擊電腦銀幕上左邊標示「1」的句子，若覺得是第二個聽到的句子則點擊電腦銀幕上右邊標示「2」的句子。受試者有 15 秒的考慮時間，若超過時間未作答，則系統會自動進入下一題。每位受試者皆完成 192 道測試，此 192 道測試的順序為隨機排列，且每道測試中歧義句出現順序也為隨機排列。測試過程持續 90 分鐘左右，進行 91 題後會有 5 分鐘左右的休息時間。受試者在實驗完成後皆領取報酬。

5.2.4 資料分析

在這裡我們採用 Andruski(2005)的方法來分析感知實驗所得到的結果。Andruski 在其感知聲調的研究中，將感知結果分為「受試者可清楚辨識聲調的音節(答對率為 100%)」與「受試者辨識聲調有困難的音節(答對率為 65%以下)」，探討這兩組的聲學線索有何不同。因此我們將「受試者可清楚辨識句意的句子(答對率為 100%)」和「受試者無法清楚辨識句意的句子(答對率為 65%以下)」挑出，分別檢視停頓現象和三項聲學特徵，以了解可清楚辨識句意的句子和無法清楚辨

識句意的句子其停頓現象和聲學特徵(界限後音節強度、跨界限基頻重設範圍、和界限前音節時長)的差異。在此觀察的停頓時長是原始資料，但聲學線索則是調整過的強度百分值段和基頻百分值段，以及標準化時長百分值段。

5.3 感知實驗結果

經過計算，可清楚辨識句意的句子共有 252 句，其中具較強標的界限的句子有 108 句，具較強標的界限又具停頓現象的句子有 78 句。無法清楚辨識句意的句子共有 144 句，其中具較強標的界限的句子有 90 句，具較強標的界限又具停頓現象的句子有 41 句。表 5.1 分別列出可清楚辨識句意的句子和無法清楚辨識句意的句子，標的界限後具停頓現象的句子數目、百分比、以及其停頓時長。由表 5.1 可以看出，可清楚辨識句意的組別，在標的界限強度較強的句子中，具停頓現象的句子會多於無停頓現象的句子，代表較強界限後有停頓現象可以幫助聽者辨識該標的界限為較強界限，而提高答對率。標的界限強度較弱的句子則如同產生實驗中所發現，皆無停頓現象。無法清楚辨識句意的組別，在標的界限強度較強的句子中，具停頓現象的句子少於無停頓現象的句子，其百分比差不多，代表較強界限後無停頓現象會使答對率下降。標的界限強度較弱的句子與前述組別一樣無停頓現象。由上述分析可知，在產生實驗中停頓現象只會出現在較強標的界限之後，而較強標的界限處具停頓現象的句子在感知實驗中會有比較好的辨識率。在產生實驗中較弱標的界限之後均無停頓現象，此現象在產生實驗中雖然很

一致，但在感知實驗中，較弱界限後的不具停頓現象無法幫助受試者提高答對率，也就是說在具較弱標的界限的句子中，答對率的高低與有無停頓現象無關。

表 5.1 答對率 100%和答對率 65%以下具停頓現象的句子百分比和平均時長

答對率	界限強度	停頓現象	句子數目	百分比	平均停頓時長(ms)
100% (252 句)	強 (108 句)	有	78	72.2%	126.09
		無	30	27.8%	無
	弱 (144 句)	有	0	0%	0
		無	144	100%	無
65% 以 下 (144 句)	強 (90 句)	有	41	45.6%	108.71
		無	49	54.4%	無
	弱 (54 句)	有	0	0%	0
		無	54	100%	無

在這邊以界限強度為變異來源，三種聲學線索為依變項， α 水準為.05，根據兩種不同答對率分別進行一因子變異數分析。表 5.2 為答對率 100%的句子和答對率 65%以下的句子其界限前音節強度、跨界限基頻重設範圍、與界限後音節時長的統計結果。

表 5.2 不同界限強度與答對率的歧義句其聲學線索統計分析表(*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$)

答對率	聲學線索		
	界限前音節強度	跨界限基頻重設範圍	界限後音節時長
100%	F(1, 250)= 5.841*	F(1, 250)= 57.362***	F(1, 250)= 57.287***
65%以下	F(1, 142)= 8.681**	F(1, 142)= 5.868*	F(1, 142)= 101.333***

圖 5.1 至 5.3 分別為標的界限後音節強度、跨界限基頻重設範圍、和標的界

限前音節時長的比較圖，橫座標為歧義句不同的界限強度(不同句意)，縱座標為欲觀察的聲學線索數值，黑色直條代表答對率 100%的句子資料，灰色直條代表答對率 65%的句子資料。

由圖 5.1 我們可以發現，界限後音節強度會因界限強度不同而有明顯不同。在可清楚辨識句意的組別中，界限較強的句子其標的界限後音節強度顯著大於界限較弱的句子，然而在無法清楚辨識句意的組別中，界限較強的句子其標的界限後音節強度顯著小於界限較弱的句子，「界限較弱的句子數值大於界限較強的句子」，這個現象與我們的假設並不相符，因此在感知實驗中降低聽者的句子辨識率。雖然在產生實驗中界限後音節強度無法有效區分界限強度，但若較強界限後音節強度小於較弱界限後音節強度，則會混淆受試者，而降低受試者判斷句子的答對率。

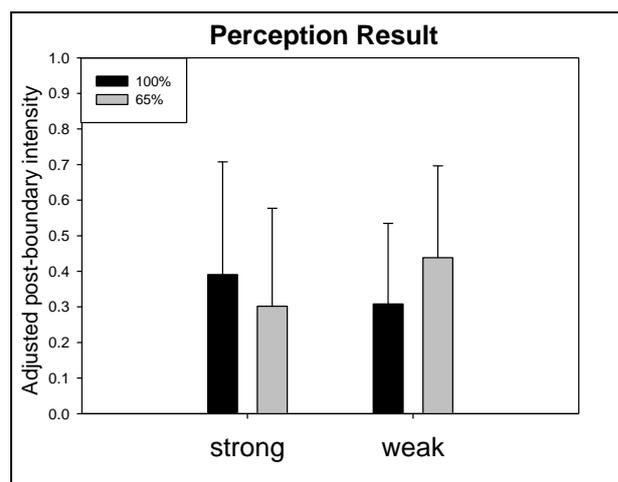


圖 5.1 不同界限強度與答對率其界限後音節強度比較

由圖 5.2 我們可以看出，跨界限基頻重設範圍會因界限強度不同而有所不

同，也就是標的界限較強的句子其跨界限基頻重設範圍會顯著大於界限較弱的句子，在可清楚辨識句意的組別及無法清楚辨識句意的組別中均有此現象。可清楚辨識句意的組別其跨界限基頻重設範圍值在界限強度較強時與界限強度較弱時差距較大，無法清楚辨識句意的組別差距較小。這代表聽者會使用基頻重設範圍值來區辨句意：可清楚辨識句意的組別其較強界限與較弱界限在基頻重設範圍值上差異範圍較大，基頻重設範圍值差異大時，能夠幫助受試者判斷界限強度，相對的，當基頻重設範圍值差異小時，容易使受試者產生混淆。

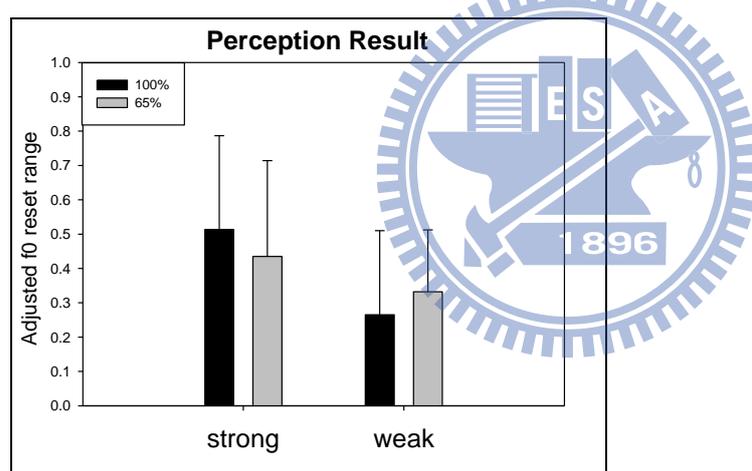


圖 5.2 不同界限強度與答對率其跨界限基頻重設範圍比較

由圖 5.3 可以得知，在可清楚辨識句意的組別和無法清楚辨識句意的組別中，界限前音節時長在標的界限較強的句子均會大於標的界限較弱的句子，其界限後音節時長在界限強度較強時與界限強度較弱時皆有顯著差異。

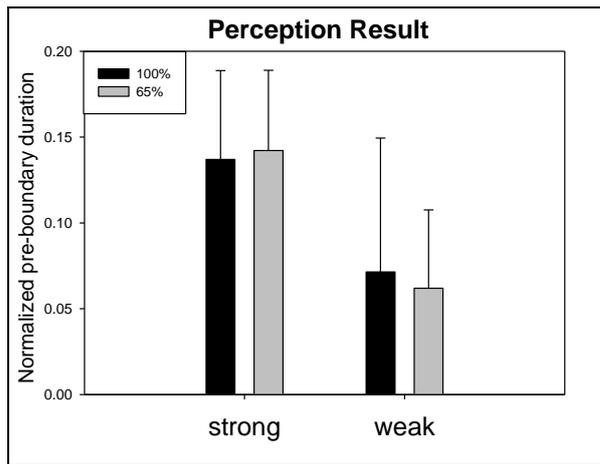
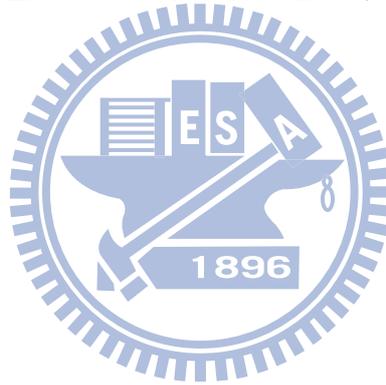


圖 5.3 不同界限強度與答對率其界限前音節時長比較

由上述現象可知，較強界限後的停頓現象可以提高聽者的句子辨識率，若句子在較強界限處無停頓現象則會增加句子辨識的難度。界限後音節強度雖然在區別界限強度上不是最有力的線索，但當較強界限的界限後音節強度小於較弱界限的界限後音節強度時，會使聽者的句子辨識率下降。較強界限的跨界限基頻重設範圍值越大以及較弱界限的跨界限基頻重設範圍值越小，則句子辨識率會越高。由於較強界限的界限前音節延長現象在產生實驗非常普遍，所以在此無論辨識率高低，較強界限與較弱界限的界限前音節時長均有很大差異。

為了確切了解這三項聲學特徵與句子辨識率之間的關係，以下進行迴歸分析 (linear regression)。在此將句子分為較強界限與較弱界限兩組，以三項聲學特徵為自變項，答對率為依變項，分別進行迴歸分析。在具較強界限的組別中， $R^2 = .051$ ， $F = 3.484^*$ ；在具較弱界限的組別中， $R^2 = .084$ ， $F = 5.949^*$ 。代表在具較強界限的組別中，此三項聲學特徵可以解釋答對率總變異項的 5.1%，在具較弱界限的組別中可以解釋答對率總變異項的 8.4%。而兩組的 F 值均達 .05 顯著

水準，代表此三項聲學特徵中至少有一項與答對率相關。分析三項自變項，發現時長之 $t = .788$ ，未達顯著水準，代表時長在此與答對率無相關性。進一步，使用階層迴歸分析(hierarchical regression model)，發現具較強界限的組別中，強度之標準化迴歸係數(Beta)為 $.153$ ，基頻之標準化迴歸係數為 $.171$ ；具較弱界限的組別中，強度之標準化迴歸係數(Beta)為 $-.257$ ，基頻之標準化迴歸係數為 $.15$ 。標準化迴歸係數越大，代表自變項在解釋依變項的變異量時相對重要性越高。在這邊我們可以認為，在具較強界限的組別中，基頻與答對率的高低相關性較大；在具較弱界限的組別中，則是強度與答對率的高低相關性較大。



第六章 討論與總結

6.1 簡介

此章節針對第四章產生實驗和第五章感知實驗發現的現象進行實驗結果歸納，並進一步將這些結果與先前提出之研究問題進行呼應，以探討實驗結果是否符合實驗假設。此外，這份研究不足且需改進之處在此章節也會提出建議，作為後續相關研究的參考。

6.2 研究發現



在產生實驗中，針對8種不同類型歧義句，測量當歧義句具不同句意，也就是句法結構不同時，停頓現象與相同音節的3種聲學線索(強度、基頻、與時長)數值是否會有差異。在感知實驗中，挑出答對率100%和65%以下的句子，觀察此兩組句子的停頓現象與3種聲學線索差異程度是否有所不同。

6.2.1 停頓現象

根據實驗結果，我們發現雖然不是每一句子皆具停頓現象，但停頓現象皆在較強界限之後，因此我們認為停頓現象是發音人會用來標示界限的線索之一。根據此實驗得到的結果，我們認為停頓現象在這邊雖然沒有預期的多，但停頓的確只出現在較強界限之後。

6.2.2 強度

根據實驗結果，我們發現界限後音節強度在中文歧義句中不會明顯地依界限強度不同而有所不同。在8種句子類型裡，只有3種句子類型其界限強度較強時界限後音節強度會比較大，界限強度較弱時界限後音節強度會比較小。若回歸實驗問題：標的界限的界限後音節強度在句法界限較強或較弱時有甚麼差別？根據此實驗得到的結果，我們認為強度不是一項穩定的聲學線索；它是標記界限的可能聲學特徵，但界限後音節強度增強現象不一定出現在每一種句子類型中。至於何種句子類型比較有可能使用強度來標記界限，就有待進一步的研究與探討。



6.2.3 基頻

根據實驗結果，我們發現跨界限基頻重設範圍在中文歧義句中會隨界限強度不同而有所不同，但此現象仍不算非常穩定。若回歸實驗問題：標的界限的跨界限基頻重設範圍在句法界限較強或較弱時有甚麼差別？根據此實驗得到的結果，我們認為基本上，跨界限基頻重設範圍在界限較強的句子會大於在界限較弱的句子，只不過可能還有其他因素導致此聲學線索在這邊不如預期顯著，例如此實驗的界限是指句法界限而非韻律界限等，以至於基頻重設範圍增大現象不一定出現在每一種句子類型與每一位發音人身上。

6.2.4 時長

根據實驗結果，我們發現界限前音節時長在中文歧義句中會明顯地依界限強度不同而有所不同。在8種句子類型中，當界限強度較強時界限前音節時長會顯著地比較長，界限強度較弱時界限前音節時長會顯著地比較短。這代表無論句法結構為何，句尾延長現象都能夠穩定地標示較強界限的存在。此現象非常明顯且一致。

若從發音人來看，6位發音人在運用時長線索上是沒有區別的，因為他們皆會使用時長線索來標記較強界限所在位置。從圖4.7可以看出，每一位發音人皆穩定地在8種句子類型中使用時長線索標記界限，所以黑點與白點會有明顯的區隔。

因此，若回歸實驗問題：標的界限的界限前音節時長在句法界限較強或較弱時有甚麼差別？根據此實驗得到的結果，我們認為時長是一項穩定的聲學線索，在此實驗中，它可以有效地標記句法界限所在位置。也就是說，句尾延長現象在中文歧義句中不但存在且是最穩定的一項聲學特徵。

6.2.5 答對率與聲學線索

在感知實驗所得到的結果中，我們發現答對率為100%和答對率為65%以下的句子在停頓現象與聲學線索上皆有不同的表現。在感知實驗中，答對率為100%的句子其中含停頓現象的句子明顯比答對率為65%以下的句子還多。因此相較之下，具停頓現象的句子的確能夠幫助聽者辨別句意。在強度上，答對率為100%的句子中，界限強度較強的句子其界限後音節強度大於界限強度較弱的句子。但

在答對率為65%以下的句子中無此現象，甚至界限較弱的句子其界限後音節強度還大於界限較強的句子。從這樣的結果告訴我們：較強界限的界限後音節強度若小於較弱界限的界限後音節強度，則會使答對率下降。

跨界限基頻重設範圍則會因界限強度不同而有所不同，也就是說無論答對率為何，界限強度較強句子其跨界限基頻重設範圍值會大於界限強度較弱句子。這點和產生實驗中所觀察到的現象一致。在答對率為100%的句子中，界限強度較強的句子其跨界限基頻重設範圍值大於界限強度較弱的句子。在答對率為65%的句子中此現象也存在。因此在這裡認為，聽者會使用基頻作為區辨句意的線索，因為在答對率100%的句子中不同界限強度句子的跨界限基頻重設範圍值差異性比較大，在答對率65%以下的句子中跨界限基頻重設範圍值差異比較小。

在時長方面，界限前音節時長會因界限強度不同而有所不同，也就是說無論答對率為何，界限較強的句子其界限前音節時長會大於界限較弱的句子。這點和產生實驗中所觀察到的現象相符。其實，在產生實驗中發音人使用音節時長來辨別句意和標示界限的傾向已非常明顯，因此在感知實驗中，無論答對率為何，具較強界限的句子其界限前音節時長會理所當然地大於具較弱界限的句子。

6.2.6 小結

總結上述結論，在這份以臺灣地區國語句法歧義句為語料的研究中，我們發現停頓現象會伴隨著較強標的界限，且停頓現象可以幫助聽者區辨句意。強度幾

乎無法反應句法界限強度的差異，不同界限強度主要是透過時長呈現出來，其次是基頻重設範圍值。強度在答對率為100%的句子中，數值大小可以反映標的界限強度，但在答對率為65%以下的句子中，數值大小與標的界限強度相反，因此導致答對率下降。在基頻重設範圍方面，在標的界限越強處前音節基頻會越低，重設範圍亦隨之增大。至於時長，在標的界限越強處前句尾延長現象越明顯，因此能夠反映界限強度。

6.3 討論

這份研究以臺灣地區國語的句法歧義句作為語料，探討臺灣地區國語中句法界限與相關聲學線索之間的關係。

在一開始的前測實驗，我們發現即使是同一類型歧義句，詞彙的不同會有不同的解讀偏好。雖然替換詞彙是為了平均使用國語中的四種聲調，但在這邊「解讀為較強界限」或「解讀為較弱界限」並沒有偏好哪一種聲調。真正影響解讀偏好的因素，應該是詞頻以及該詞彙與歧義句的整體搭配。舉例來說，類型七的tone 4 偏好解釋為「這種事*變成了中國人共同的歷史回憶」而非「這種事變*成了中國人共同的歷史回憶」，因為「這種事」會比「這種事變」在日常生活中更常使用。然而仍然有一些句子其解釋偏好是我們無法解釋的，例如類型三的tone 1 偏好解釋為「緊張的律師*和張先生」而非「緊張的*律師和張先生」；「張先生」並不是一個罕見的詞彙，「緊張的律師」也非固定用法。因此受試者解讀句子的

偏好並非僅受單一因素決定，應該還有其他因素，值得後續探討。

在聲學分析方面，由於此研究以聲調語言為語料，因此關心不同聲調是否在聲學線索上會有差異。初步分析停頓與三項聲學線索時，每個聲調都經過獨立分析，但無論在停頓或三項聲學線索上，皆未發現其於特定聲調有不同的體現方式，例如 tone 3 有較長的句尾延長現象、tone 4 的跨界限基頻重設範圍較大等，因此後續分析才將4種聲調合併畫圖以及進行統計。就此實驗來說，當界限強度相同時(皆是較強界限或較弱界限)，並未發現不同聲調會有不同的聲學特徵，這個現象與Peng(1997)的實驗結果類似，在她的實驗中，字調型狀不會受界限強度所影響；決定音節基頻的只有韻律界限強度，也就是音節所在位置。

由於國語的4個聲調在此實驗中無特殊現象，因此我們將此實驗所得到的結果與非聲調語言進行比較。我們發現停頓現象在國語和非聲調語言中皆存在，也就是說發音人都會使用停頓來標示較強界限。音節強度在國語歧義句中並非穩定區辨句法結構的聲學線索，但較強界限後的音節強化現象，也就是範疇起始強化現象，在非聲調語言卻是常見的，如Tabain(2003 a.)的研究即證實發音動作與界限強度有關。基頻重設範圍，在這裡和強度相比，是較穩定的聲學線索。即使如此，其穩定度似乎不如非聲調語言。雖然國語中的較強界限基頻重設範圍值都會比較大，但並非全部組別皆顯著大於較弱界限。關於這一現象，Swerts(1997)的實驗提供了解釋。他認為非聲調語言的說話者會使用不同的界限聲調來標記句子的資訊結構：當句子或短語結束時，就會使用下降聲調進行標記。由於國語不是非聲調

語言，聲調已存在於每一個音節當中，因此界限聲調的基頻幅度，相較之下就顯得有限許多。至於時長，無論在國語或在非聲調語言，都是最穩定的一項聲學線索。此實驗使用的國語歧義句，每一類型句子其較強界限前音節皆有顯著的句尾延長現象，而這一現象在非聲調語言中也是最穩定的，探討界限強度的文章中幾乎都證實句尾延長伴隨著較強界限存在。另一方面，句尾延長現象也有可能是因其他音節的長度縮減而被突顯。Tabain(2003 b.)的研究即發現母音在較強界限前時長延長，在較弱界限前時長縮減；擦音在較弱界限前時長也會較短。

在感知實驗上，我們可以發現較強界限處有停頓現象與較弱界限處無停頓現象可以幫助聽者判斷句子，且較強界限處無停頓現象會使受試者答對率下降，這與先前探討的文獻以及我們的假設均相符。但較弱界限處無停頓現象，在這裡似乎無法提升答對率。事實上，在產生實驗中較弱界限後均無停頓現象，此現象在產生實驗中很一致，但在感知實驗中卻無法解釋為何有些不具停頓現象的較弱界限句子答對率仍然不好。其實，較弱界限的句子若有停頓現象，其停頓現象不會出現在此實驗所設定的標的界限處，而是出現在該句的其他界限，因此具較弱界限的句子其答對率高低會受該句是否有其他停頓現象所影響。而三項聲學線索與答對率的關係，根據此實驗呈現的結果是音節強度與答對率較低的句子有關，基頻重設範圍與答對率較高的句子有關，時長則是在答對率高與答對率低的組別中差異不大。由於此感知實驗使用的句子是產生實驗中發音人產出的句子，這些句子都不是以人工方式精準合成的，因此發音人唸句子的方式會影響感知實驗結

果。較強界限後的音節強度在產生實驗中並無明顯的增強現象，有許多句子甚至較強界限後音節強度還小於音節前強度，代表發音人不傾向使用音節強度來區分界限強度。因此在感知實驗中雖然看到「答對率較差的句子其較弱界限後音節強度較大」這一現象，但不代表音節強度是決定答對率最重要的線索，因為產生實驗中有「較弱界限後音節強度較大」這一現象的句子本來就比較多。在此我們只能說，「較弱界限後音節強度較大」這一現象的確會影響聽者區辨句意，有此現象的句子較容易混淆聽者。基頻重設範圍在產生實驗中即有「較強界限之值大於較弱界限之值」一現象，但在感知實驗中我們可以發現基頻重設範圍值的大小與答對率有關：較強界限之值越大與較弱界限之值越小答對率會較好，答對率較差的句子則是基頻重設範圍值比較接近中數。此現象與先前探討的感知實驗結果相符。至於時長，由於產生實驗中「較強界限前音節延長現象」很一致，因此在感知實驗中無論答對率高低，較強界限前音節的延長現象差異不大，較弱界限前音節的時長也一樣。同樣地，在此不能就認為聽者不會使用時長來感知句子；造成此現象的原因，同樣的，是產生實驗中發音人的線索使用習慣所致。

6.4 結論與展望

以句法歧義句為語料的此實驗，根據得到的結果我們可以做出以下結論：停頓現象和聲學特徵，像是跨界限基頻範圍以及時長，在臺灣地區國語句子中的確可以呈現界限強度的不同。說話者會運用這三項線索區別歧義句不同的句法結構

和界限強度，以表達不同句意。至於未來與界限強度相關的研究，可以參考下列幾點建議：

在實驗設計方面：

1. 可增加歧義句類型，使語料的句法結構和界限類型更加多元。或是使用一句多義的句子，這樣就可以在相同環境(相同字詞順序)下比較聲學線索在多種界限時的異同之處。
2. 在句型設計上，避免欲觀察的標的界限位於單字詞之後。因單字詞之後的界限會與雙字詞或句子比較不同，而使產生結果與其他句子類型差異較大。
3. 在詞組的使用上，若要有聲調替換設計，盡量選擇音段(segment)數相同之詞，以增加語料一致性，避免詞組因時長不同而對結果造成影響。若聲調替換非研究重點，則盡量在標的界限周圍使用相同字詞，同樣避免詞組因時長不同而對結果造成影響。
4. 可增加發音人人數，取得更多實驗數據，增加結論可信度。

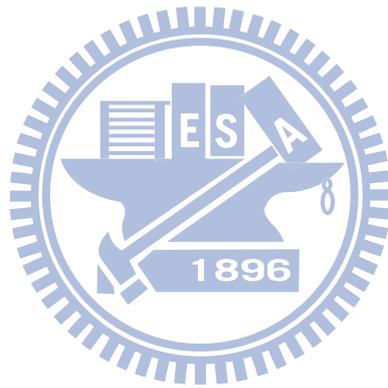
在資料分析方面：

5. 除了句法界限，也可從韻律界限的角度來比較聲學特徵。在此實驗中，由於是從句法界限著眼，因此只能將界限在互相比較的情形下區分為「較強」或「較弱」；若使用韻律界限的觀點來分類界限，則可細分界限，在分析聲學特徵時也

可將聲學特徵呈現的程度與界限等級進行比較與對照。

其他：

6. 可將產生實驗所取得的句子進一步設計成更詳盡的感知實驗，例如以合成方式操控停頓現象和聲學線索，探討究竟聽者使用那些線索判斷句意，以及聽者所使用的線索與發音人區別句意時所運用的線索是否相同。



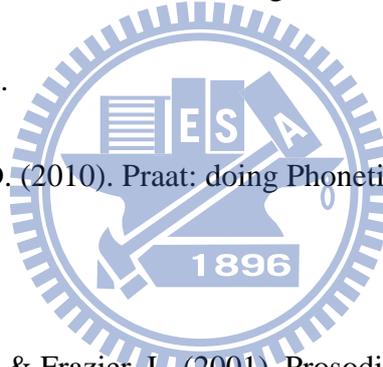
Reference

Anderson, C. & Carlson K. (2010). Syntactic structure guides prosody in temporarily ambiguous sentences. *Language and Speech*, 53, 472-493.

Andruski, J. E. (2005). Tone clarity in mixed pitch/phonation-type tones. *Journal of Phonetics*, 34, 388-404.

Beach, C. (1992). The interpretation of prosodic patterns at points of syntactic structure ambiguity: Evidence for cue trading relations. *Journal of Memory and Language*, 30, 644-663.

Boersma, P., & Weenink, D. (2010). Praat: doing Phonetics by computer (Version 5.0.22). Amsterdam.



Carlson, K., Clifton, C., Jr., & Frazier, L. (2001). Prosodic boundaries in adjunct attachment. *Journal of Memory and Language*, 45, 58-81.

Goldman, J. P. (2010). EasyAlign: a friendly automatic phonetic alignment tool under Praat. Unpublished.

Nagel, H. N., Shapiro, L. P., Tuller, B. & Nawy R. (1996). Prosodic Influences on the Resolution of Temporary Ambiguity During On-Line Sentence Processing. *Journal of Psycholinguistic Research*, 25, 319-344.

Peng, S. H. (1997). Production and perception of Taiwanese tones in different tonal

and prosodic contexts. *Journal of Phonetics*, 25, 371-400.

Price, P. J., Ostendorf, M., Shattuck-hufnager, S. & Fong, C. (1991). The Use of Prosody in Syntactic Disambiguation. *Journal of Acoustical Society of America*, 90, 2956-2970.

Snedekera, J. & Trueswell, J. (2002). Using prosody to avoid ambiguity: Effects of speaker awareness and referential context. *Journal of Memory and Language*, 48, 103-130.

Speech Processing and Auditory Perception Laboratory. (2010). VoiceSauce - A program for voice analysis (v1.10). Los Angeles.

Swerts, M. (1997). Prosodic features at discourse boundaries of different strength. *Journal of Acoustical Society of America*, 101, 514-521.

Tabain, M. (2003 a.). Effects of prosodic boundary on /aC/ sequences: articulatory results. *Journal of Acoustical Society of America*, 113, 2834-2849.

Tabain, M. (2003 b.). Effects of prosodic boundary on /aC/ sequences: acoustic results. *Journal of Acoustical Society of America*, 113, 516-531.

Wightman, C. W., Shattuck-Hufnager, S., Ostendorf, M. & Price, P. J. (1992). Segmental Durations in the Vicinity of Prosodic Phrase Boundaries. *Journal of Acoustical Society of America*, 91, 1707-1717.

Appendixes

8 種類型歧義句的語境和前導問句 (*標示文中研究之標的界限所在位置, []內文字表示隸屬於同一詞組, +區隔不同類型片語)

句子類型	聲調	語境	前導問句	目標句
關心中/ 韓/美/泰 國的學生	一聲	(1.1.s) 老校長雖然退休了, 但一直關心著教育相關新聞。自從聽到中國偏遠地區的孩子沒有足夠的師資和教育資源後, 老校長開始固定捐款, 希望能夠盡一己之力來幫助他們。	老校長關心著哪裡的學生?	關心*[中國的]+學生]
	一聲	(1.1.w) 小明是中國人, 雖然後來移民到加拿大, 但仍然天天收看中國新聞, 了解與中國相關的事。	小明是一位怎樣的學生?	[關心*中國的]+學生
	二聲	(1.2.s) 老校長雖然退休了, 但一直關心著教育相關新聞。自從聽到韓國偏遠地區的孩子沒有足夠的師資和教育資源後, 老校長開始固定捐款, 希望能夠盡一己之力來幫助他們。	老校長關心著哪裡的學生?	關心*[韓國的]+學生]
	二聲	(1.2.w) 小明是韓國人, 雖然後來移民到加拿大, 但仍然天天收看韓國新聞, 了解與韓國相關的事。	小明是一位怎樣的學生?	[關心*韓國的]+學生
	三聲	(1.3.s) 老校長雖然退休了, 但一直關心著教育相關新聞。自從聽到美國偏遠地區的孩子沒有足夠的師資和教育資源後, 老校長開始固定捐款, 希望能夠盡一己之力來幫助他們。	老校長關心著哪裡的學生?	關心*[美國的]+學生]
	三聲	(1.3.w) 小明是美國人, 雖然後來移民到加拿大, 但仍然天天收看美國新聞, 了解與美國相關的事。	小明是一位怎樣的學生?	[關心*美國的]+學生
	四聲	(1.4.s) 老校長雖然退休了, 但一直關心著教育相關新聞。自從聽到泰國偏遠地區的孩子沒有足夠的師資和教育資源	老校長關心著哪裡的	關心*[泰國的]+學生]

		後，老校長開始固定捐款，希望能夠盡一己之力來幫助他們。	學生？	
	四聲	(1.4.w) 小明是泰國人，雖然後來移民到加拿大，但仍然天天收看泰國新聞，了解與泰國相關的事。	小明是一位怎樣的學生？	[關心*泰國的]+學生
相信律師/議員/校長/教練是錯的	一聲	(2.1.s) 為了打贏這場官司，王先生花錢請了一位律師。王先生相信這位律師會為他取得勝利，沒想到這位律師根本就認為王先生沒有勝算，只是想賺他的錢。	什麼事是錯的？	[相信+律師]*是錯的
	一聲	(2.1.w) 律師在法庭上跟法官發生爭執。法官質疑律師多處不合理的論點，認為律師的資料來源有誤。	法官相信什麼事？	相信+[律師]*是錯的]
	二聲	(2.2.s) 很多人都認為議員是雙面人，可能今天效忠這個黨，明天效忠另一個黨。所以對於議員所提供的資訊，還是再三過濾比較好，不要輕易相信。	什麼事是錯的？	[相信+議員]*是錯的
	二聲	(2.2.w) 政府官員所發現的事實跟會議員蒐集到的資訊不一樣，經過查證後，政府官員認為應該是議員的資訊有誤。	政府官員相信什麼事？	相信+[議員]*是錯的]
	三聲	(2.3.s) 校長是從教育局派來的，不是本來就在學校裡面擔任老師或主任，所以很多決策的規劃和執行還是要仰賴各處室主任，太相信校長反而會把事情搞砸。	什麼事是錯的？	[相信+校長]*是錯的
	三聲	(2.3.w) 校長跟教務主任有了爭執。老師們都支持教務主任的觀點，因為校長才剛到學校不久，對學校其實還不是很熟悉。	老師們相信什麼事？	相信+[校長]*是錯的]
	四聲	(2.4.s) 這位教練憑假執照執業，交給學生假的知識和技能，欺騙了許多支持和信賴他的學生。	什麼事是錯的？	[相信+教練]*是錯的
	四聲	(2.4.w) 雖然駕訓班的教練已經很資深了，但畢竟他們只熟悉台灣的考(駕)照制度，對國外的制度並不了解，所以對於教練剛剛的回答爸爸覺得好像不太正確。	爸爸相信什麼事？	相信+[教練]*是錯的]

緊張的律師/議員/校長/教練和張先生	一聲	(3.1.s) 這位年輕律師是第一次幫人辯護，儘管情勢對他們是有利的，年輕律師還是很緊張，正與張姓被告站在前面討論著等一下開庭的說詞。	哪兩個人站在一起？	[緊張的+律師]*和張先生
	一聲	(3.1.w) 目前的狀況對張姓被告很不利，即使幫他辯護的律師經驗豐富，仍然對目前的局勢感到很沒信心，所以兩個人現在很緊張的站在前面，討論等一下開庭的說詞。	哪兩個人站在一起？	緊張的+[律師*和張先生]
	二聲	(3.2.s) 這位年輕的議員是第一次幫受委屈的百姓招開記者會，儘管情勢對他們是有利的，年輕議員還是很緊張，正與受委屈的張先生站在門口討論著等一下記者會上的說詞。	哪兩個人站在一起？	[緊張的+議員]*和張先生
	二聲	(3.2.w) 陳議員打算招開記者會，為這位受委屈的張先生發聲，但有消息傳出，將有高層阻止這次的記者會，打算把這件事壓下去，所以目前陳議員和張先生很緊張的站在門外，討論等一下記者會上的說詞。	哪兩個人站在一起？	緊張的+[議員*和張先生]
	三聲	(3.3.s) 由於督學的突然來訪，讓剛上任的年輕校長感到非常緊張。所以校長正在請教資深的張老師，兩人站在校長室前討論著今天的活動行程。	哪兩個人站在一起？	[緊張的+校長]*和張老師
	三聲	(3.3.w) 由於督學的突然來訪，讓全校師生都感到很緊張，尤其是校長和資深的張老師，正站在校長室前討論著今天的活動行程。	哪兩個人站在一起？	緊張的+[校長*和張老師]
	四聲	(3.4.s) 今天是考駕照的日子，這位剛任職的教練很緊張，擔心學生考不過，自己的績效就會不好，因此正和張同學站在門口複習駕駛技巧。	哪兩個人站在一起？	[緊張的+教練]*和張同學
	四聲	(3.4.w) 今天是考駕照的日子，教練和學生都很緊張，學生擔心考不過，教練擔心績效不好。張同學是最緊張的一位，因此他和教練兩人正站在門口複習駕駛技巧。	哪兩個人站在一起？	緊張的+[教練*和張同學]

小男生 / 小男孩 / 小狗 / 百姓沒有小女生會哭	一聲	(4.1.s) 小男生通常都比小女生勇敢，無論是跌倒、難過、或是疼痛時，通常都是小女生比較容易哭泣。	小男生跟小女生比誰比較會哭？	[小男生]*沒有小女生+會哭
	一聲	(4.1.w) 這個小女生是小男生唯一的好朋友，他們走到哪都要在一起，如果小男生看不到小女生，小男生就會緊張的哭出來。	小男生旁邊沒有誰小男生就會哭？	[小男生*沒有小女生]+會哭
	二聲	(4.2.s) 這位小男孩的爸爸常與其他家長發生爭執，但他的兒子卻與他相反，不太喜歡和別人有所爭執。	小男孩沒有誰那麼會吵？	[小男孩]*沒有爸爸+會吵
	二聲	(4.2.w) 這個調皮的小男孩，只要一離開爸爸的視線就會開始搗蛋、吵鬧。	小男孩旁邊沒有誰小男孩就會吵？	[小男孩*沒有爸爸]+會吵
	三聲	(4.3.s) 小明家養的小狗和小明自己都很喜歡偷吃東西。但小狗因為能力有限，所以偷吃到的東西比較少，不像小明，可以找到的食物比較多。	小狗沒有誰那麼會偷吃？	[小狗]*沒有主人+會偷吃
	三聲	(4.3.w) 哥哥養的小狗很愛吃，只要哥哥不在家，就會趁機偷偷找食物來吃。	誰不在小狗旁邊小狗就會偷吃東西？	[小男生*沒有主人]+會偷吃
	四聲	(4.4.s) 歷史上的暴君常常以「鎮壓暴民」為藉口，對百姓施以暴政。其實真正在作亂的反而是上層的領導者。	百姓沒有誰那麼會作亂？	[百姓]*沒有領導者+會作亂
	四聲	(4.4.w) 每個人都想當領導者，都想成為一國之君，所以一個國家如果沒有一位領導人，百姓就會不安分，整個國家就會大亂。	如果沒有誰百姓就會作亂？	[百姓*沒有領導者]+會作亂

老師對家長/員工/女僕/侍衛的欣賞是早有耳聞的	一聲	(5.1.s) 這位新老師作風前衛，總是與學生打成一片，很受到學生和家長喜愛。尤其是家長對老師的欣賞，聽在老師耳裡，更是支持她維持這種教學風格的最大動力。	老師早就耳聞了什麼？	老師對*[家長的+欣賞]是早有耳聞的
	一聲	(5.1.w) 小明的爸媽在地方上有錢有勢，即使如此，他們不曾到學校要求老師要特別關照小明。這種做人態度讓小明的老師很讚賞，全班同學都知道，老師很對小明的爸媽讚譽有加。	大家早就耳聞了什麼？	[老師對*家長的]+欣賞是早有耳聞的
	二聲	(5.2.s) 這間公司的老闆非常大方，常常與將紅利與員工分享，因此員工都很喜歡他。而員工對老闆的讚賞，聽在老闆耳裡，也是維持老闆這麼做的最大動力。	老闆早就耳聞了什麼？	老闆對*[員工的+欣賞]是早有耳聞的
	二聲	(5.2.w) 這間公司的陳姓員工是個積極、勤奮的人，因此老闆很欣賞他，對他感到非常滿意，常常發為他加薪。整條街的人都知道，這家公司的老闆和陳姓員工處得特別好。	大家早就耳聞了什麼？	[老闆對*員工的]+欣賞是早有耳聞的
	三聲	(5.3.s) 這戶有錢人家的太太非常大方，常常讓女僕們休假，因此女僕們都很喜歡她。而女僕們對太太的喜愛，聽在太太耳裡，也是支持她這麼作的最大動力。	太太早就耳聞了什麼？	太太對*[女僕的+欣賞]是早有耳聞的
	三聲	(5.3.w) 這戶有錢人家的陳姓女僕是個積極、勤奮的人，因此太太很欣賞她，對她感到非常滿意，常常發為她加薪。整條街的人都知道，這戶人家的太太和陳姓女僕處得特別好。	大家早就耳聞了什麼？	[太太對*女僕的]+欣賞是早有耳聞的
	四聲	(5.4.s) 總統非常大方，常常讓侍衛們輪流休假，因此侍衛們都很喜歡他。而侍衛們對總統的喜愛，聽在總統耳裡，也是支持他這麼作的最大動力。	總統早就耳聞了什麼？	總統對*[侍衛的+欣賞]是早有耳聞的
	四聲	(5.4.w) 總統官邸的陳姓侍衛是個積極、勤奮的人，因此總統很欣賞他，對他感到非常滿意，常常發為他加薪。整條街	大家早就耳聞了什麼？	[總統對*侍衛的]+欣賞是

		的人都知道，總統和陳姓侍衛處得特別好。	麼？	早有耳聞的
可能花費/留下/想到/遇到	一聲	(6.1.s) 當初在寫計畫時，因為忘記把假日也算進去，所以實際花費的時間可能會比計畫書上寫的還多。	什麼事情可能會發生？	可能*[花費的時間+會比預期的多]
	一聲	(6.1.w) 這項計畫因為經費不足、材料耗盡，所以花費的時間可能會由原本預計一個月延長到兩個月左右。	什麼會比預期的多？	[可能*花費的時間]+會比預期的多
	二聲	(6.2.s) 為了留住人才，公司高層決定自這個月起實施加薪。這個消息一發布，原本估計會留下的成員只有二分之一，現在可能會增加到三分之二。	什麼事情會發生？	可能*[留下的成員+會比預期的多]
	二聲	(6.2.w) 因為資金困難，公司高層決定要進行裁員。原本預定只留下三分之一的成員，經過多次開會協商，決定將人數增加到二分之一。	什麼會比預期的多？	[可能*留下的成員]+會比預期的多
	三聲	(6.3.s) 他是一個很有創意的人，他的加入一定能夠為我們帶來許多寶貴的意見，讓問題能有更多解決的辦法。	什麼事情會發生？	可能*[想到的辦法+會比預期的多]
	三聲	(6.3.w) 不要因為問題看起來好像很困難就想放棄，其實許多問題沒有想像中麻煩。當你願意勇敢地面對問題時，會發現自己其實潛力無窮，辦法便開始一個個地湧現。	什麼會比預期的多？	[可能*想到的辦法]+會比預期的多
	四聲	(6.4.s) 創業不是一件簡單的事，常常計畫趕不上變化，一定會遇到許多意料之外的困境。	什麼事情會發生？	可能*[遇到的困境+會比預期的多]

	四聲	(6.4.w) 創業不是一件簡單的事，不可預測的變項太多，所以一定會面臨許多意想不到的困境。	什麼會比預期的多？	[可能*遇到的困境]+會比預期的多
這種花生長/人才是/水果真/事變成	一聲	(7.1.s)這種數量稀少的花，因為溫度和氣後的條件，所以只有在小島的南方才有辦法進行繁殖。	這種花的產地在哪裡？	[這種花]*生長在小島的南方
	一聲	(7.1.w)這種口感不一樣的花生，因為溫度和氣後的條件，所以只有在小島的南方才有辦法進行栽種。	這種花生在哪裡？	[這種花*生]+長在小島的南方
	二聲	(7.2.s) 與那些附和強勢國家的年輕人相比，像爺爺這樣積極維護國家聲譽，不重洋媚外的人，才能算是國家的資產啊！	和那些年輕人相比，爺爺這種人是什麼？	[這種人]*才是國家的資產
	二聲	(7.2.w) 學問淵博、具有研究精神、以及享有國際知名度，如果有這種人，那麼他不但是個人才，更可以算是國家的資產！	什麼是國家的資產？	[這種人*才]+是國家的資產
	三聲	(7.3.s) 這座山幾乎沒有受到任何汙染，所以產出的山泉水非常甘甜，喝過的人都讚不絕口，稱之為人間極品。	喝過這種山泉水的人都會說什麼？	[這種水]*果真是人間極品
	三聲	(7.3.w) 這座山幾乎沒有受到任何汙染，所以種出的水果又大又甜，吃過的人都讚不絕口，稱之為人間極品。	吃過這種水果的人都會說什麼？	[這種水*果]+真是人間極品
	四聲	(7.4.s) 唐朝是中國歷史上的盛世，當時鄰近國家紛紛派遣使者來朝，學習廣大精深的中國文化。這種「多國來朝」的榮景對中國人來說是無人不知、無人不知、且引以為傲的歷史。	「多國來朝」的榮景對中國人來說是	[這種事]*變成了中國人共同的歷

			什麼？	史回憶
四聲	(7.4.w) 七七事變開啟了中日戰爭。經過了八年的抗戰，犧牲了許多同胞，中國終於獲得最後的勝利。	七七事變對中國人來說具有什麼意義？	學生們好奇的是什麼？	[這種事*變]+成了中國人共同的歷史回憶
風/太陽/水/沼氣 能不能一直提供電能	一聲 (8.1.s)自然老師正在介紹風，老師告訴學生們風有很大的用途，可以進行風力發電，供應人類所需的能量。學生們聽了之後都很想知道：風是不是源源不絕的？	哪種能量不能一直提供電能？	學生們好奇的是什麼？	風*[能不能]一直提供電能
	一聲 (8.1.w)受到自然氣候的影響，風不會一直吹，所以我們不可能持續地使用風來發電。	哪種能量不能一直提供電能？	學生們好奇的是什麼？	[風*能]+不能一直提供電能
	二聲 (8.2.s) 自然老師正在介紹太陽，老師告訴學生們太陽已經存在了好幾億光年，是地球上所有的能量供應來源，並且可以進行太陽能發電。學生們聽了之後都很想知道：太陽的熱能是不是源源不絕的？	哪種能量不能一直提供電能？	學生們好奇的是什麼？	太陽*[能不能]一直提供電能
	二聲 (8.2.w) 受到地球自轉和公轉的影響，大部分的地區都有白天和黑夜，所以我們不可能整天都使用太陽能。	哪種能量不能一直提供電能？	學生們好奇的是什麼？	[太陽*能]+不能一直提供電能
	三聲 (8.3.s) 自然老師正在介紹水，老師告訴學生們水已經存在了好幾千億年，而且是維持生命所必須的元素，並且可以進行水力發電，產生能量。學生們聽了之後都很想知道：水資源是不是源源不絕的？	哪種能量不能一直提供電能？	學生們好奇的是什麼？	水*[能不能]一直提供電能
	三聲 (8.3.w) 由於地球上能使用的水資源有限，所以我們不可能仰賴水持續進行水力發電，或者供應人類所有需要的能量。	哪種能量不能一直提供電能？	學生們好奇的是什麼？	[水*能]+不能一直提供電能

		能?
四聲	(8.4.s) 自然老師正在介紹沼氣，老師告訴學生們沼氣的成分，並且介紹沼氣的作用，可以進行發電而產生能量。學生們聽了之後都很想知道：沼氣是不是源源不絕的？	學生們沼氣*[能好奇的不能]一直是什麼？直提供電能
四聲	(8.4.w) 由於數量稀少，能使用的沼氣有限，所以絕大部分的電力還是仰賴核能發電，沼氣能發電最多只能提供人類所需電能的百分之五。	哪種能[沼氣*量不能能]+不能一直提供電能？

