

臺灣海陸客語單字調調值之聲學研究

黃雯君*

國立中央大學客家語文暨社會科學學系助理教授

余秀敏

中華大學人文社會學院進修學士班助理教授

本文利用 2 位女性和 2 位男性母語人士的單字調聲學數據，為海陸客語單字調提出客觀描述，訂定其調值，並與前人的研究結果進行比較。我們控制目標調例字的元音、出現情境及次數，以 Wavesurfer 和 Matlab 取其基頻及調長數值，並加以正規化。研究結果顯示，海陸客語的調值分別為：陰平 /52/，上聲 /35/，陰去 /31/，陰入 /55/，陽平 /55/，陽去 /33/，和陽入 /42/。相較於前人的研究，本研究的三個降調 /52/、/31/、/42/ 有較大的頻寬和降幅，尤其 /31/ 在大部分研究定為低平調。上升調方面，/35/ 比多數記為 /13/ 或 /24/ 的調值更高。平調 /55/、/33/、/55/ 則和多數研究一致。調長方面，陽去 /33/ 最長，除與上聲 /35/ 無顯著差異外，比其餘五調長許多。最後，陽去 /33/ 的最長調長及調形軌跡透露其產出對母語人士來說，也是費力的。

關鍵字：臺灣海陸客語、單字調、調值、聲學語音學

* E-mail: wjune@gmail.com

投稿日期：2021 年 12 月 06 日

接受刊登日期：2022 年 5 月 09 日

Acoustic Study of Taiwanese Hailu Hakka Tone Values in Isolation

Wen-jun Huang^{**}

*Assistant Professor, Department of Hakka Language and Social Sciences,
National Central University*

Hsiu-min Yu

*Assistant Professor, Continuing Education Program in Humanities and Social
Sciences, Chung Hua University*

This study describes the contour shapes and tone values of Taiwanese Hailu Hakka (THH) tones in isolation using acoustic data on the tones of monosyllabic words spoken by two female and two male native speakers. Our results show that THH has (1) three falling tones, /52/, /31/, and /42/, indicating wider pitch ranges and sharper falling slopes compared with the results of previous studies; (2) one mid-rising /35/ tone, with higher on- and offset pitch heights than /13/ and /24/, respectively, values that were reported in previous studies; and (3) three level tones, /33/, /55/, and /55/, similar to the values suggested in previous studies. The /33/ tone lasts much longer than the other tones. This increased duration along with a slightly dipping contour suggests that effort is required even by native speakers to maintain the mid-level pitch contour of the /33/ tone.

Keywords: Taiwan Hailu Hakka, Tones in Isolation, Tone Values, Acoustic

Phonetics

^{**} Date of Submission: December 6, 2021

Accepted Date: May 9, 2022

一、引言

字調 (lexical tones) 或稱詞彙聲調，是指聲調語言的語者透過聲帶振動產生的相關聲學特性，如基頻 (Pike 1948; Hyman 2010; Yip 2002) 與調長的變化，用以區辨單音節詞彙語意的詞彙韻律模式 (patterns of prosodic features of lexical words)。字調隨著音節 (syllable，如漢語，參考 Xu 1998, 1999; Yip 2002) 或音拍 (mora，如泰語，參考 Morén and Zsiga 2006) 的產出表達不同的詞彙語意，而單字調 (tones in isolation) 則是指單獨由單音節詞素在單音節情境中產出的字調 (Rose 2010: 54)，其調形輪廓「明確且相當穩定」(well defined and quite stable) (Xu 1997: 61)，不像在連讀情境時，字調可能有來自前、後情境字調在語音上或音韻上的影響而導致在調高、調形或調長上的顯著改變。因此，單字調的調形被視為是「標準」(standard) 和「理想」(ideal) 的表現形式 (Abramson 1979)。研究單字調是「決定表層字調對比」(to determine the surface tonal contrast) 的第一步 (Hyman 2010: 179)。依此研究脈絡，單字調在以聲調語言為主的漢語語系的語言或方言，一直是受到廣泛注意和研究的重要議題。傳統漢語方言學調查已注意到描述和對比字調的重要要素是調高、調形和調長，描述方法往往採用趙元任 (Chao 1968) 的五度制，以耳聽手記 1 位發音人產出語料的方式，利用數值 1 至 5 標示字調聽起來的高、低、升、降或平直。其中數值 1 表示調高範圍中聽起來最低的調值，依此類推，數值越大調高越高，此外，亦利用數值的差異呈現調形的升、降，例如：字調

T/15/ (T 表示字調 Tone) 代表調高從最低到最高的升調，反之 T/51/ 標示了調高從最高到最低的降調，而 T/33/ 則代表中平調，因此數值 1 至 5 又稱為調值 (tone values, Chao 1968 : 26 ; 石鋒 1986 , 1990a) 。

傳統耳聽手記字調的研究方法，雖能捕捉字調在聽覺感知上相對的高、低、起、伏，但仍有其研究上的侷限。首先，以耳聽手記的方式記下字調的調值，記音者在調值的判斷上很有可能流於主觀，而導致不同記音者聽同一字調卻得出不同調值的結果。以客語次方言的調值記錄為例，苗栗四縣客語的陰入調，以耳聽記音的方式所得的調值有 T/22/、T/21/、T/32/ (Yu 2018 : 17) ; 東勢大埔客語的去聲調有 T/53/、T/52/、陰入調有 T/31/、T/32/、T/3/、T/2/ 等不同調值 (鄭明中 2014 : 3) 。其次，由於單字調調值描述的是字調的調高、調形和調長，因而也就關係著造成音韻變調及協同發音的解釋。例如，在變調方面，Zhang (2014 : 450) 舉例，天津話的變調規律為 Tone 4 → Tone 2 / __ Tone 1，石鋒 (1990b) 將 Tone 1、Tone 2、Tone 4 分別標示為 T/11/、T/55/、T/53/，因此以調值表示變調規律是 T/53/ → T[55] / __ T/11/，據此，變調的產生在音韻層次上，歸之於禁止連續兩個低調的產生；然而，楊自翔等 (1999) 和李行健及劉思訓 (1985) 則分別將以上調類的調值定為 T/21/、T/45/、T/53/，以調值表示變調規律是 T/53/ → T[45] / __ T/21/，此時，該變調規律的音韻解釋則是禁止兩個連續降調的產生。再如，在協同發音 (coarticulation) 方面，Yu (2018) 利用聲學方法訂定四縣客語調值，並探討北四縣客語二字詞連讀的協同發音現象，該研究發現：對促發在音高上順向同化發音的前字 T/35/ 而言，後字去聲 T/51/、陽平

T/31/、陰入 T/52/¹ 是較佳的目標調；因此決定較佳目標調的主因是這些後字調的降調調形；但若將陰入調標示為如上述的低平調 T/22/，則無法統一說明為何上述三個調類是前字 T/35/ 的較佳目標調。最後，從單字調的產出結果來看，不同發音人的年齡、性別，以及發音生理上的個別差異均影響著每個發音人基頻的頻寬、音高的高、低及基頻變化幅度的產出（Traunmüller and Eriksson 1995; Simpson 2009 等）。因此，需將原始的基頻值透過正規化的方式盡可能的降低不同性別、年齡和語者在基頻聲學特質上懸殊的差異，以建立跨語者之間趨同的聲調系統（Rose 1987；石鋒 1986，1990a，2009；石鋒、王萍 2006；Chu 1999；Zhang 2014；Yu 2018）。

根據以上研究脈絡，利用聲學語音學的研究方法訂定單字調之調值，有助於建立聲調語言的詞彙聲調系統，有利於探討聲調語言如何利用字調的聲學語音特性對比詞彙語意，並為進一步研究連續語音中的字調變化提供有用的比較基線（Ambrason 1979；Xu 1997; Zhang and Liu 2011; Sun and Huang 2015; Li and Chen 2016）。本研究之目的，是為鮮少以聲學語音學的研究方法探討單字調調值的臺灣海陸客語，進行單字調的聲學實驗，為其 7 個單字調訂定調值。以下是前人對於臺灣海陸客語單字調研究的文獻回顧。

二、前人研究

自楊時逢（1957）以降，多位學者依循趙元任先生的五度制方法描

¹ 這些調值是 Yu（2018）所訂出的單字調調值。

繪臺灣海陸客語的聲調，使得臺灣海陸客語的語音特徵得以展現，同時亦有學者採用聲學的方法探知海陸客語的聲調格局。以下即依照時間順序簡要回顧臺灣海陸客語單字調的研究及各研究所記錄的調值：

楊時逢（1957）是以 1953 年在桃園楊梅的調查結果描述，總共有七個聲調。陰平為高降調，記為 /53/，上聲為低升調，記為 /13/，陰去為低降調，記為 /21/，為求符號簡單化，所以作為 /31/，陰入為高平短調，記為 /55/；陽平為高平調 /55/，「嚴格的說他的調值是半高而略升的調 /45/」，陽去則是半低平調 /22/，有時讀得更低，近乎低平；陽入是中降短調，記為 /32/。此後有多個關於臺灣海陸客語的研究均以此調值為準。包括呂嵩雁（1994）、鍾榮富（2004）、邱湘雲（2006）等。羅肇錦（1990）有兩處記錄海陸客家話聲調²，分別為用 1985 年在竹東的調查結果所撰寫的第六章，記錄為陰平 /53/、上聲 /13/、陰去 /11/、陰入 /55/、陽平 /55/、陽去 /33/、陽入 /21/，以及第八章的所記錄的調值為陰平 /53/、上聲 /13/、陰去 /31/、陰入 /55/、陽平 /55/、陽去 /33/、陽入 /32/。范文芳（1996）為續修新竹縣志語言篇，調查記錄新竹縣竹東約 20 餘人海陸客家話聲調，並且「為求整齊條例，凸顯對應關係…高低、上下、長短遂有極為整齊、明顯之對應關係，而且更方便於與苗栗腔四縣話做對應比較。」將竹東腔海陸客家話依序記為：陰平 /42/、上聲 /24/、陰去 /11/、陰入 /04/、陽平 /55/、陽去 /33/、陽入 /02/。盧彥杰（1999）則以新竹海陸客家話詞彙研究為題，從文化特色的角度出發，討論新竹海陸客家話的詞彙，並以新竹新埔一位 71 歲男性發音人做海陸客家話音韻的描述，而在聲調上則採用范文芳（1996）的調值。

2 羅肇錦（1990）原載陽去調為 /11/，經與作者羅肇錦先生確認為排版之誤，在此改為 /33/。

鄧盛有（2000）探討臺灣桃竹苗地區四海話的不同類型，分別以新竹竹東鎮、苗栗苗栗市為海陸、四縣客家話的代表點進行語言調查，以為四海話的對照。其中海陸客家話發音人為 70 歲的男性和女性各一位，將海陸客家話的七個聲調記為：陰平 /42/、上聲 /24/、陰去 /11/、陰入 /04/、陽平 /55/、陽去 /33/、陽入 /02/。陳子祺（2000）亦以一位新竹縣竹東鎮發音人為主，另以五位居於橫山、芎林、竹中、湖口和竹東的發音人做差異處的補證，調查新竹海陸腔客家話，而聲調的部分則依照教育部審定的「臺灣語言音標」方案（陳子祺 2000：153），調值為陰平 /53/、上聲 /24/、陰去 /31/、陰入 /5/、陽去 /22/、陽平 /55/、陽入 /2/。鍾榮富（2004：78）於第四章討論客語的語音，在海陸部分採用楊時逢（1957）的調值。此外，另於第五章以聲譜儀器做語音分析，得出陰平 /53/、上聲 /13/、陰去 /31/、陰入 /55/、陽平 /55/、陽入 /32/（鍾榮富 2004：119-120），此結果與楊時逢（1957）極為相似，然而可惜未收錄陽去調，故僅有六個聲調的調值。Jiang（2004）是少數利用聲學的方法訂定海陸客語的單字調值的研究。該研究透過兩個聲調例字表（共 14 個例字），以每字唸 3 次的方式，收錄一位新竹新埔 64 歲女性的語音，並且於每個目標字選取音節起首、轉折及結尾 2 至 3 個測量點數據，配合趙元任（Chao 1930）聲調系統訂定海陸客語七個聲調的調值為陰平 /51/、上聲 /323/、陰去 /31/、陰入 /55/、陽平 /55/、陽去 /33/、陽入 /32/。

黃雯君（2005）為比較臺灣四縣和海陸兩種客家話次方言，調查新竹縣芎林鄉 80 歲男性發音人，將海陸客家話的七個聲調記為：陰平 /53/、上聲 /13/、陰去 /11/、陰入 /5/、陽平 /55/、陽去 /33/、陽入 /2/。

邱湘雲（2006）亦調查新竹芎林的海陸客語，並與閩南語進行構詞對比。發音人是 65 歲女性及 66 歲男性共兩人，聲調部分則採用楊時逢（1957）的調值。徐建芳（2009）以教育部「臺灣客家語拼音方案」的海陸腔調值標調，標為陰平 /53/、上聲 /24/、陰去 /11/、陰入 /5/、陽平 /55/、陽去 /33/、陽入 /2/。除了耳聽紀錄以外，亦使用聲學方法，但僅針對小稱詞尾音段樣本進行分析。

呂紹任（2014）以口語產生探討海陸客語聲調改變現象，討論分屬兩個年齡層的語者在三個平調及兩種變調的聲調融合現象。單字調的部分採用教育部客語拼音方案的調值³。魏嘉玟（2015）探討海陸腔使用者對四縣、海陸兩種方言的方言差的感知情況，其中海陸聲調採用「教育部臺灣客家語拼音方案」的調值。遠藤雅裕（2016）為一本記錄臺灣海陸客家話的詞彙集，內含臺灣海陸客家話的音韻系統介紹。詞彙集的調查地點在新竹縣新埔鎮，聲調記為陰平 /53/、上聲 /35/、陰去 /21/、陰入 /5/、陽平 /55/、陽去 /33/、陽入 /32/，並且附有七個聲調的例字：刀、桃、島、到、盜、託、鐸的聲學分析圖（遠藤雅裕 2016：4、12-13）。彭盛星（2018）比較廣東陸河東坑客話與臺灣海陸客家話在語音及詞彙上的差異。文中列出臺灣海陸客家話的調值，雖未說明來源，但可看出與「教育部臺灣客家語拼音方案」的海陸腔調值相同。羅程詠（2020）在 2016 到 2019 年間於新竹縣芎林鄉王爺坑採錄當地的海陸客語，受訪者年齡為 17 至 92 歲，共四代，透過耳聽認為各年齡層的聲調格局一致，

3 呂紹任（2014）採用的調值係依據古國順等（2004）《客語發音學》、行政院客家委員會（2010）《客語能力認證基本詞彙中級、中高級暨語料選粹·海陸腔》、教育部（2012）《客家語拼音方案使用手冊》及教育部客家語常用詞辭典，但呂紹任（2014）在陽入調的部分寫為 /3/，與客語拼音方案的 /2/ 不同。另外，呂紹任（2014）將《客家語拼音方案使用手冊》的出版年寫為（2002），可能是誤植，本文改為（2012）。

而與其他學者所記錄的海陸客語不同，並利用 Praat 語音學軟體確認陰去與入聲。所得調值為陰平 /53/、上聲 /24/、陰去 /21/、陰入 /45/、陽平 /55/、陽去 /33/、陽入 /54/。范里（2020）亦以新竹芎林為代表點，描寫新竹海陸客家話，主要發音人為 58 歲男性，國中以前居住在芎林。范里（2020：21）將海陸客家話的七個聲調記為：陰平 /53/、上聲 /24/、陰去 /11/、陰入 /5/、陽平 /55/、陽去 /33/、陽入 /2/，並在文中說明陽入往往是 /21/。茲將上述調值整理如下表，以供對照：

表 1 臺灣海陸客語研究論文單字調表

研究者／調類	陰平	上聲	陰去	陰入	陽平	陽去	陽入
楊時逢（1957）							
鍾榮富（2004）	53	13	21/31	<u>55</u>	45/55	22	<u>32</u>
邱湘雲（2006）							
羅肇錦（1990）	53	13	31/11	<u>55</u>	55	33	<u>21/32</u>
范文芳（1996） 盧彥杰（1999）	42	24	11	<u>04</u>	55	33	<u>02</u>
鄧盛有（2000）	42	24	11	<u>04</u>	55	33	<u>02</u>
Jiang(2004)	51	(3)23	31	<u>55</u>	55	33	<u>32</u>
黃雯君（2005）	53	13	11	5	55	33	2
教育部臺灣語言音標方案 陳子祺（2000）	53	24	31	5	55	22	2
教育部臺灣客家語拼音方案 徐建芳（2009）							
彭盛星（2018）	53	24	11	5	55	33	2/3
呂紹任（2014）							
魏嘉玟（2015）							
遠藤雅裕（2016）	53	35	21	5	55	33	<u>32</u>
范里（2020）	53	24	11	5	55	33	<u>2/21</u>
羅程詠（2020）	53	24	21	<u>45</u>	55	33	<u>54</u>

資料來源：作者製表。

綜觀上述多位學者的研究，可知目前對於臺灣海陸客語單字調的研究多採傳統語音學的方法，在單一方言點利用聽感審音記音。在調值上

有幾種現象：首先，單一調類標法多樣。以表 1 的數值來看，除了陽平調幾乎一致為 /55/ 以外，其餘各有兩種到六種不等的數值來描述海陸客語的聲調。例如陰去調即有 /31/、/21/、/11/ 等三種記錄。其次，同一調查點調值有差異。例如黃雯君（2005）、邱湘雲（2006）、范里（2020）、羅程詠（2020）皆在新竹芎林，然而調值卻有不同。以陽入調為例，黃雯君（2005）、邱湘雲（2006）、范里（2020）為低短調，羅程詠（2020）則為高短調，其間差異頗大。除此之外，另有些研究成果的聲調數值是為了某些原因與其他客語對比而有的調整，並非單就審音結果的記錄，可以想見，調整後的調值與海陸客語的聲調實況可能有差距。

除了前述以聽感收集的方法外，還有些研究者採用聲學的方法分析海陸客語的單字調。然而可惜的是，目前的研究成果多屬單人單次的聲波分析，例如鍾榮富（2004）、遠藤雅裕（2016）、羅程詠（2020）等，或是用較少的參考數據訂定調值，例如 Jiang（2004），對於客觀聲學數據的選取仍有不足。另外，檢視 Jiang（2004）採用的例字，可以發現列為上聲的「馬」字在客語應讀為陰平調，反映客語「次濁上歸陰平」的音韻特點，因此在例字有誤的情況下，其聲調數值實有必要再行採錄。

除了上述研究以外，黃有富（2001）採用聲學的方法，收集三男三女的聲學數據，從音高、頻差及調長等聲學特質比較海陸客語陰去與陽去單字調的異同，但因黃有富（2001）未討論海陸客語兩個去聲的調值，故無列入表格。

傳統語音學方法與現代語音學方法的關係在於「人耳對語音是定性分析，實驗方法一般是定量的分析。... 實際上，語音的實驗分析就是

把定性的分析結果轉換為量化的生理 — 物理的表現。」（石鋒 1992）兩種方法可以互為補充。只是以目前所見，臺灣海陸客語單字調的聲學研究尚未有具系統性、可和傳統調查方法參照的成果，因此本研究在前輩學者的多年研究記錄之後，依據前述研究選取的調查地點 — 新竹、桃園，邀請在客語腔調上只會說海陸且流利使用的母語人士參與語音實驗，收集各單字聲調的基頻、調長數據，在前輩的研究基礎上補充、證實海陸客語單字調的面貌。

三、研究方法

（一）發音人

為收集具有代表性的語料，本研究邀請的發音人條件為：長期居住在使用臺灣海陸客語為主的地區，且能流利以臺灣海陸客語進行日常生活溝通。由於，有不少客語人士能同時流利使用海陸腔與四縣腔，為避免可能有來自其他腔聲調的影響，本研究的發音人均為純海陸母語人士。

發音人共四位，兩位男性，兩位女性，年齡介於 40 至 75 歲之間。男性發音人 1（代號 M1）為桃園新屋海陸母語人士，女性發音人 1（代號 F1）為新竹湖口海陸母語人士，而男性發音人 2（代號 M2），女性發音人 2（代號 F2）則是新竹芎林海陸母語人士。

（二）語料收集

在實驗語料方面，我們將每個海陸字調的音節控制為以下因素：

(1) 每個單字聲調均為 $C_1V(C_2)$ 音節，以控制每個例字的音長；其中元音 V 為 /a、e、i、o、u/，以均化元音高低對字調基頻的影響； C_1 均為不送氣之清塞音、擦音或塞擦音； C_2 為入聲音節所有，由 /p、t、k/ 組成。(2) 每個目標字設置在載字句「佢唸 ___ 盡正」，其中目標字出現在句中位置，可免除句調調尾音高下降和調長拉長的自然語音現象；而目標字前、後的情境字調「唸」及「盡」均為中平調，可避免因前、後情境字調過高或過低對目標字調音高的影響，目標字的清單請見表 2⁴。(3) 實驗所設計的讀字稿中，載字句出現的順序是：先出現陰平調的所有載字句，而載字句則依照目標字元音 /a、e、i、o、u/ 的順序安排，每個代表字的載字句出現 5 次；接下來則是其他調類以同樣的元音順序，每個元音目標字出現 5 次的方式安排載字句的出現；在所有陰平調載字句之後，出現的依序是陰上、陰去、陰入、陽平、陽上、陽入等調類⁵的載字句。由此，每位發音人可產出 175 個載字句（7 個字調 x 5 個元音 x 5 次重複），4 位發音人共產出 700 個載字句（7 個字調 x 5 個元音 x 5 次重複 x 4 位發音人）。

表 2 海陸客語單字調代表字及例詞表

元音類型 調類	/a/ 目標字：例詞	/e/ 目標字：例詞	/i/ 目標字：例詞	/o/ 目標字：例詞	/u/ 目標字：例詞
陰平	沙：泥沙	舐：舐一下	西：東西	梳：梳仔	書：看書
上聲	撒：撒鹽	洗：洗米	死：熱死	所：便所	祖：來臺祖
陰去	續：順續	細：老嫩大細	四：一兩三四	掃：拚掃	數：分數

4 此表並非給發音人看的字表及例詞清單。發音人看到的是只有目標字以及例詞的詞單，其中無調類及元音的標示。

5 為便於標註調類，本研究以先陰後陽，依序以 T1 代表陰平調，T2 代表上聲調，T3 代表陰去調，T4 代表陰入調，T5 代表陽平調，T6 代表陽去調，T7 代表陽入調。

陰入	圾：垃圾	色：紅色	濕：風濕	索：麻索	卒：兵卒
陽平	儕：一儕	姊：阿姊	時：臨時	疏：烏疏疏	薯：蕃薯
陽去	社：神社	事：做事	市：夜市	號：十號	樹：一叢樹
陽入	爌：爌肉	擲：擲球仔	集：收集	杓：瓠杓	術：奇術

資料來源：作者製表。

(三) 實驗場地與設備

錄音地點位於國立中央大學教學發展中心錄音室（綜教館 O-301），該錄音室牆面皆鋪設吸音棉，減少聲音反射；錄音設備方面，使用的麥克風為教學發展中心提供的 SONY ECM-CG50 及 audio-technica AT2020 兩款單指向麥克風，另有兩臺筆記型電腦，一臺操作收音，一臺則利用螢幕顯示讀字卡，讓發音人能看著讀字卡產出載字句。錄音軟體使用的是國立交通大學電機系語音實驗室所開發的錄音軟體，該軟體設定錄音時，所有聲音的採樣頻率為 16,000 Hz，每個樣點的位元數為 16。

(四) 錄音程序

錄音前，實驗者出示目標字及例詞清單給發音人練習發音。清單內例詞均為海陸客語日常使用的詞彙，以誘發發音人讀出目標字之發音。待確認發音人都能正確產出目標字後，我們利用電腦螢幕呈現內含目標字的載字句給發音人試讀，讓發音人練習並熟悉產出載字句的過程，練習時間長短由發音人自行決定，直到發音人能掌握載字句的產出。

錄音過程分成兩段，第一段錄 90 個載字句，第二段則是 85 個載字句；兩段錄音之間，發音人可充分休息，以避免疲勞；錄音期間發音人若有需要，亦可隨時暫停錄音。錄音時發音人根據電腦螢幕所呈現的載

字句產出句子，實驗者則利用另一臺電腦在旁操作錄音軟體，指導發音人逐句產出目標句。

(五) 字調聲學資料提取與正規化 (normalization) 處理

我們利用 Wavesurfer 將所採集的音檔進行聲音檢查及目標字元音起始點和終點的標記工作，並利用 Matlab 提取所有元音音段內從頭至尾平均 21 個取樣點的基頻資料，以及元音音段的調長，並以 Excel 格式輸出這些相關資料。利用上述方法，我們可從每一位發音人字調的產出，獲取 3,675 (21 個基頻點 x 175 個目標字) 個基頻點。每個基頻點各有一個基頻數值，若無不良聲音被淘汰，理論上本研究總共可獲得 14,700 點的基頻數值。接著，在剔除不良聲音之後，所得數據資料共 13,713 筆，進行正規化處理。藉此我們可以將發音人之間的調域、調高與調形差異最小化，取得跨所有語者之間在這三方面的最大共性 (石鋒 1986, 1990a; 石鋒、時秀娟 2007)。

在挑選字調基頻數值正規化公式方面，不同文獻基於不同研究目的的考量，利用評估正規化效能的方式，選用適合該研究的最佳基頻正規化公式 (Rose 1987, 2016; 石鋒 1990b, 1991; 石鋒、王萍 2006; 石鋒、時秀娟 2007; Chu 1999; Xu and Sun 2002; Zhang 2014; Zhang 2018; Yu 2018)。然而，不論選取哪一種正規化公式，其共同目標都是要降低語者之間，在字調頻寬、高、低、起、伏的差異性，取得跨語者之間字調音高與調形的普遍共性。本研究採用的是石鋒 (1986, 1990b)、石鋒及王萍 (2006) 的 T 值正規化公式：

$$T_i = 5 \times \frac{(\log x - \log b)}{(\log a - \log b)}$$

a 代表調域上限，即各點基頻平均值中的最大值；b 代表發音人調域下限，即各點基頻平均值中的最小值；x 則代表測量點的頻率。乘以五是為與傳統五度制相對應。我們計算海陸客語調值時，即以上述公式為每位發音人計算 T 值，並據以畫出每位發音人七個聲調的空間分布圖。

採用 T 值正規化公式主要是因為（1）該公式轉換的結果可對應趙元任先生的五度制調值，因此可將結果與傳統耳聽的調值進行比較，而這也是本研究的目的。（2）有不少漢語語系的聲調語言以此公式制訂方言的字調調值。以客語次方言為例，苗栗四縣客語有張月琴（1995）、翁杰（2017）、余秀敏（2018）；南四縣客語有 Huang（2003）；東勢大埔客語有鄭明中（2014）等，本研究透過 T 值轉換所得的調值，未來也可進行跨次方言比較，甚至和其他方言比較。根據石鋒（1991）、石鋒及時秀娟（2007）的說法：「採用 T 值的優點在於它的程序簡便，具有普遍的可比性。通過 T 值，可以把不同發音人的測量數據、不同語言或方言的實驗結果，以及不同作者，甚至不同時期所做的研究放在一起來對照比較，進行分析。」

四、研究結果與討論

（一）四位發音人單字調的產出結果

本研究為每位發音人（M1、M2、F1、F2）的產出結果，利用 Mat-

lab 分別繪製了七個單字調在字調空間上的分布圖，包括以原始基頻值（圖 1 (a) 至 (d)）和經過 T 值轉換的值（圖 1 (e) 至 (h)）所繪製的圖以供對照。如圖 1 所示，左欄 (a) 至 (d) 四個圖的縱軸為基頻尺規，呈現的是：各發音人七個調類樣本字在同一取樣點（共 21 點）的基頻總平均值軌跡（數據如附錄一）。圖形的橫軸為時間訊息，呈現的是：各發音人七個調類樣本字調長的總平均值（數據如附錄一）。由圖 1 左欄 (a) 至 (d) 四個圖可以知道，儘管發音人在頻寬、音高上有所差異，但七個字調各自的調形和在字調空間中的相對位置卻十分一致。然而，每位發音人仍保有其個人的發音特質。根據附錄一，發音人 M1 基頻平均值分布在 93.30 – 181.48 赫茲之間；發音人 M2 則有較寬的頻寬，最低和最高的基頻平均數為 77.04 – 183.61 赫茲。在女性發音人方面，基於性別所產生的不同聲帶生理特質，女性發音人使用到較高的頻率且更寬的頻寬，如發音人 F1 的使用頻率分布在 117.94 – 281.99 赫茲；發音人 F2 則使用更寬的頻寬來產出海陸的 7 個字調，所使用的頻寬範圍是 107.99 – 311.84 赫茲。

圖 1 右欄 (e) 至 (h) 四個圖的縱軸為 T 值尺規，呈現的是：各發音人七個調類樣本字在同一取樣點（共 21 點）的基頻總平均 T 值（數據如附錄二）。橫軸則是調長的正規化：本研究以四位發音人的所有字調樣本調長總平均值為正規化標準，為每位發音人之字調樣本正規化 (= 1)（數據如附錄二）。相對於左欄 (a) 至 (d) 的圖形來說，每位語者產出海陸 7 個字調的頻寬都落在 0 至 5 的 T 值之間，而每位語者的各調類音高也都調整在比較趨同的 T 值位置，且在調形上也十分一致。右欄 (e) 至 (h) 圖形讓男性發音人原本較窄的頻寬被放大，且較清楚呈

現個人個別調類之間的產出特質。

觀察圖 1 右欄 (e) 至 (h) 各圖及附錄二的數據可以發現，在舒聲調方面，每位發音人的 T1 陰平調都呈現降調的調形，起始點都在接近 5 的高度的位置，因此可以說 T1 是個典型的高降調。茲將其餘各調類調高與調形分別描述於下：

T2 上聲調具有清楚上揚的調形，除了 F2 的起始點有特別高的 T 值 (3.56，請見附錄二) 之外，其餘三位發音人的起始點 (M1: 2.15、M2: 2.95、F1: 2.74) 均位於中間的區段，因此 T2 上聲調可視為中升調。

T3 陰去調的調形是降調，起始點和 T2 上聲調的一樣，除了 F2 的 T 值 (3.71，請見附錄二) 偏高之外，其餘 3 位發音人的起始點都分布在中間區段的位置 (M1: 2.43、M2: 2.89、F1: 2.86)。因此，T3 陰去調可說是一個中降調。

T5 陽平調的調形上，雖然 M2 的調形有微微的 S 形幅度，但基本上是個平調；在調高上，每位發音人在整個字調空間均呈現相對高的位置，然而仍有男、女之間的些略差異。若將四位發音人之基頻 T 值平均值進行比較，則可發現男性 M1、M2 分別為 3.74、3.12，女性 F1、F2 分別為 4.52、4.08。換言之，在實現高平調時，女性比起男性使用更高的頻段：男性產出 T5 高平調時使用的區間落在平均 4 的位置；女性則落在 5 的位置。在這點上，是否確有男女的差異，還需要更多語者的產出結果來檢驗。

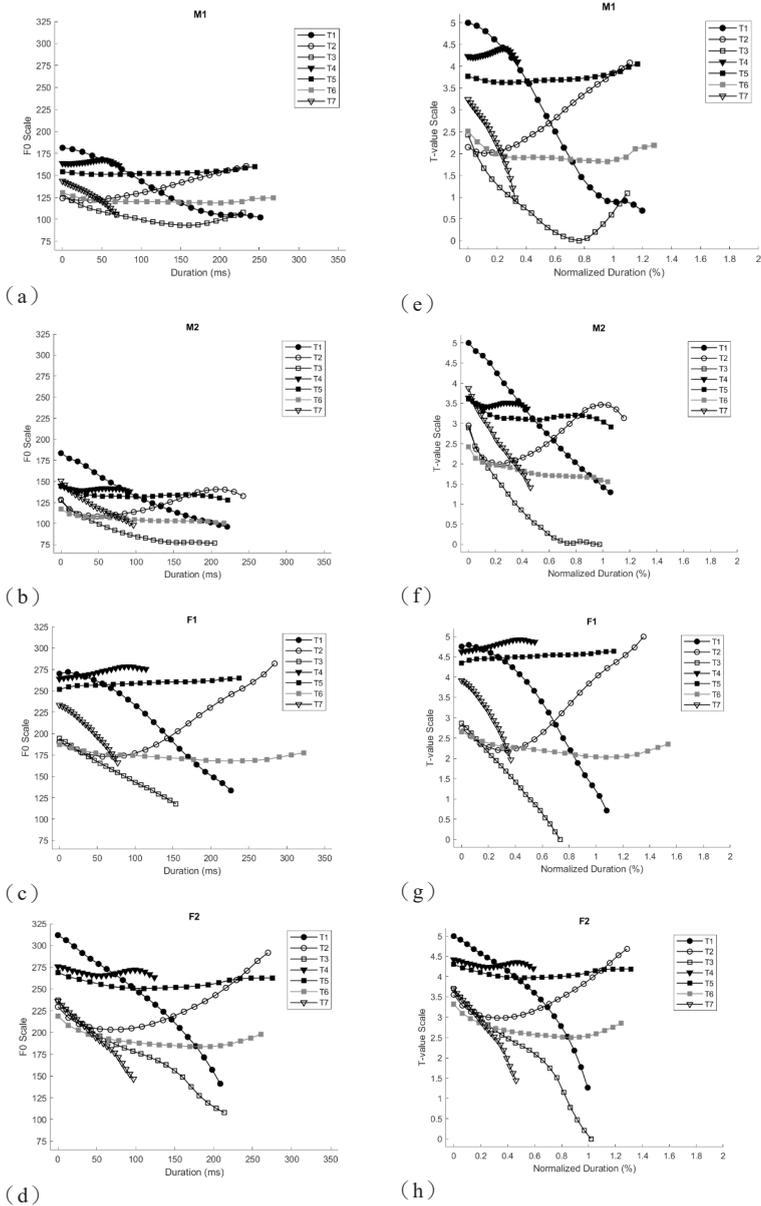


圖 1 各發音人七個單字調分布圖

資料來源：作者製圖。

最後一個舒聲調是 T6 陽去調。若參考附錄二的數值，將發現每位發音人的音高均呈現從調首開始即一路微幅下降的方式產出，例如 M2 從調首一路緩降至調尾，M1 則是降至第 18 個取樣點然後緩升；F1 和 F2 也是從調首開始緩降，分別一直降至第 15 及 14 個取樣點，才又緩升，因此之前文獻上常以 33 標記。然而，從本研究所得的 21 點數據可以觀察到，四位發音人的 T6 字調軌跡呈現的是微幅下降的趨勢。此外，T6 和 T5 一樣，男性發音人產出 T6 調的 T 值平均值比女性低（M1 和 M2 的 T 值平均值為分別 1.98、1.82；F1 及 F2 分別為 2.20、2.71）。同樣的，我們需要更多發音人的數值來檢驗海陸字調在這點上是否真的男女有別。

至於兩個入聲調，T4 陰入調，每位發音人的產出趨勢都是短而略平的調形，調高方面，除了 M2 均落在 4 的區段裡，其餘 3 位發音人都是落在 5 的區段，是個高平的入聲調。最後，在 T7 陽入調，每位發音人都呈現：調首落在聲調空間中間略高的區段往下降至 2 的調形，因此可以確定 T7 的調形是個中降的入聲調。

綜合上述的觀察，在調高和調形上，臺灣海陸客語的七個單字調中有三個平調：高平的 T4 陰入調、T5 陽平調以及中平的 T6 陽去調，三個降調：高降的 T1 陰平調、中降的 T3 陰去調以及中降的 T7 陽入調，及一個上升的 T2 上聲調。

關於各調類調長的訊息，我們為所有字調樣本原始的調長數值進行單因子獨立變異數分析，探討不同調類與調長之間的關係。表 3 為跨語者在各個調類的調長總平均值，在調長上，各調類由長至短的調長排序為：T6 陽去中平調（280 毫秒）> T2 上聲上升調（269 毫秒）> T5 陽平

高平調 (257 毫秒) > T1 陰平高降調 (238 毫秒) > T3 陰去中降調 (213 毫秒) > T4 陰入高平調 (105 毫秒) > T7 陽入中降調 (90 毫秒)。

表 3 跨語者各個調類調長的總平均值

調類	T1 陰平	T2 上聲	T3 陰去	T4 陰入
調長	238	269	213	105
調類	T5 陽平		T6 陽去	T7 陽入
調長	257		280	90

資料來源：作者製表。

本研究利用 SPSS 進行調長的統計分析，檢驗海陸客語各調長。以我們的樣本來看，T6 陽去中平調是最長的字調 (280 毫秒)，除了和 T2 上聲上升調 (269 毫秒) 無顯著差異外 ($p = .308$)，T6 顯著的比其他 5 個調更長 ($p = .000$)。位居第二的 T2 上聲上升調的調長和平調 T6 以及 T5 (257 毫秒; $p = .623$) 無顯著差異外，T2 顯著的比其他 4 個調更長。位居第三的 T5 比 T6 顯著的短，和 T2 在調長上無顯著差異 ($p = .327$)，但也比其他 4 個調顯著的長許多 ($p = .00$)。位居第四的 T1 顯著的比 T6、T2、T5 更短 ($p = .00$)，但卻比其他 3 個調顯著的長 ($p = .00$)，是個在調長上位居中間位置的字調。最後，調長最短的兩個入聲調 T4 與 T7，在調長上無顯著差異 ($p = .086$)，而兩個入聲調的調長均顯著的比其他舒聲調短許多 ($p = .000$)。

綜上所述，海陸客語五個舒聲調在調長上，顯著的比兩個入聲調長，而高平調（T6、T5）以及上升調（T2）又比降調（T1、T3）顯著的長許多。

（二）海陸客語七個單字調之 T 值及繪圖

在產出四位發音人各調類的基頻總平均 T 值及正規化調長後，我們以調類為準，將四位發音人在同一調類、同一取樣點的原始基頻總平均 T 值加以平均，搭配四位發音人同一調類的正規化調長平均（相關數值請見附錄三），利用 Matlab 將結果繪製成海陸客語的單字調空間分布圖（如圖 2）。圖 2 的縱軸為 T 值尺規，為四位發音人各個調類在同一取樣點（共 21 點）T 值平均值。橫軸則是四位發音人各調類調長的正規化平均值。

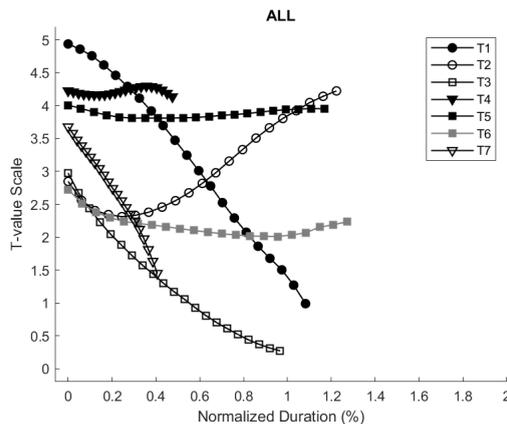


圖 2 四位發音人 T 值總平均和調長正規化之單字調分布圖

資料來源：作者製圖。

根據石鋒（2004）T 值數值與五度值換算的方法，可將落在 0.00 - 1.00 之間標為 1；1.00 - 2.00 之間標為 2；2.00 - 3.00 之間標為 3；3.00 - 4.00 之間標為 4；4.00 - 5.00 之間標為 5。除了這個原則外，我們也兼顧大部分發音人的產出傾向，協助訂定調值。因此當調首或調尾的總平均值在刻度的邊緣時，則以大部分人原始資料的傾向為判定的參考。以下為本研究訂定的臺灣海陸客語七個單字調的調值：

T1 陰平調為高降調，調首和調尾 T 值平均值分別為 4.94 和 0.99；調首訂為 5 是發音人一致性的表現，但調尾平均值為 0.99 略略低於 1，也是刻度 2 的起始位置，我們觀察所有發音人個別 T 值的圖形（圖 1 右欄（e）至（h）各圖）與數值（請見附錄二），發現 T1 高降調絕大部分分布在 5 至 1 的位置，只有 M1 及 F1 在接近調尾處有降至 1 以下現象，因此，我們為 T1 的調值訂為 /52/。

T2 上聲調為上升調，調首和調尾 T 值平均值為 2.85 和 4.22。調首平均值為 2.85。根據上節有關 T2 的討論，調首 2.85 的總平均 T 值是受到 F2 特別高的調首 T 值（3.56）影響而有較高的總平均值，其餘發音人的調首均落在 2 與 3 的區間。考量大部分人原始資料的傾向，本研究將 T2 的調值訂為 /35/。

T3 陰去調為中降調，調首和調尾的 T 值平均值為 2.97 與 0.27。2.97 接近刻度 3 的位置。根據上一節的討論，除了 F2 有較高的調首 T 值（3.71）之外，其餘三位發音人的調首均落在 2-3 的區間，因此我們訂 T3 的調首為 3。至於調尾，有三位發音人均為 0，屬 1 的起點，因此 T3 的調值為 /31/。

T4 陰入調高平短調，調首與調尾 T 值平均值分別是 4.23 和 4.14，

是個處於區間 5 且偏中下區段的位置。根據上一節的討論，除了 M2 產出的 T4 特別低，落於 4 的區段裡以外，其餘三位發音人的產出都是落在 5 的區段，因此，我們將 T4 的調值訂為 /55/。

T5 陽平調為高平調，調首和調尾 T 值平均值分別為 4.01 和 3.95，是個處於刻度 4.00 邊界的位置。附錄三的數據亦顯示，T5 整段取樣點 T 值大部分緊貼著刻度 4.00 的下緣。但根據上節的討論，以及附錄二的平均基頻數值顯示，在 T5 高平調的產出上，男性發音人比女性發音人低，尤其 M2 的取樣點 T 值大部分貼近刻度 3.00，M1 的取樣點 T 值分布在 3.63 至 4.06 之間，女性（F1、F2）則分布在 3.99-4.64 之間。為綜合考量大部分語者的音高產出以及和接下來將討論的 T6 陽去調的調值有最大的對比性，因此，我們將 T5 的調值訂為 /55/。

T6 陽去調為中平調，調首和調尾 T 值平均值分別為 2.73 和 2.24，儘管 T6 的調形有微幅的下降，但整個字調軌跡均分布在 3 的區段，因此我們將 T6 的調值訂為 /33/。

T7 陽入調為中降短調，調首和調尾 T 值平均值分別為 3.68 和 1.45，屬於 4 和 2 的穩定區段，據此，我們將 T7 的調值訂為 /42/。

茲將上述臺灣海陸客語單字調的研究結果製成下表：

表 4 海陸客語七個單字調調值

調類	T1 陰平	T2 上聲	T3 陰去	T4 陰入
調值	52	35	31	55
調類	T5 陽平		T6 陽去	T7 陽入
調值	55		33	42

資料來源：作者製表。

五、結論

本研究以聲學語音學的研究方法，為臺灣海陸客語七個單字調收集實驗語料，進行聲學分析，並以 T 值正規化的公式，獲取多位發音人字調產出的共性，藉以訂定海陸單字調的調值。和前人以聽感審音的調值相比，差異大多出現在斜調。在降調方面，高降調 T1/52/ 有更寬的頻寬；中降調 T3/31/ 與一些研究者有一致的描述，但比另一些記為 21 或 11 者，則有更大的降幅；中降入聲調 T7/42/ 和前人擬定的調值相比，則有更高的調首與更寬的降幅。在上升調方面，T2/35/ 比多數記為 /13/ 或 /24/ 的調值更高。至於平調方面，高平調 T5/55/、中平調 T6/33/ 以及高平短調 T4/55/ 和多數前人的研究結果一致。

在調長方面，本研究的結果顯示，中平調 T6/33/ 有最長的平均調長。除了和位居第二的 T2/35/ 在調長上無顯著差異之外，T6/33/ 顯著的比其他五個字調長許多。若徵諸 T6/33/ 的調形，其調形軌跡從調首開始即一直微幅的緩緩下降，直至接近調尾的取樣點才又緩升一些。這個產出方式，和大部分基頻軌跡十分平直的高平調 T5/55/ 相比，十分不同。實現 T6/33/ 所需的最長調長與微幅下降至調尾又略微上升的調形似乎透露，中平調的產出對母語人士來說，也無法在一開始就能精準掌握整個聲調空間中，屬於中間、平而直的調高，因而在產出的過程中，也需要一直穩住聲帶振動的頻率，以盡量維持中平的調形。簡言之，T6/33/ 的產出對母語人士來說，也是項挑戰。

最後，我們在兩個舒聲平調上觀察到，比起女性，男性在實現

T5/55/ 和 T6/33/ 時，使用了較低的頻段。在這點上，需要更多以性別分組的發音人字調語料數據，以驗證不同性別發音人在頻段使用上是否有顯著的差異。

本研究是科學實證研究，提出臺灣海陸客語七個字調的調高、調形、調長與調值的系統性描述，日後可做為海陸客語連讀語音產出實驗的重要基準線，例如海陸變調產出、海陸雙字詞協同發音等研究，並提供海陸客語感知研究重要的參考依據。

謝誌：本文之寫作獲得國立中央大學「新進／年輕教師學術研究補助」經費之支持，謹此銘謝。此外，承蒙四位發音人協助錄製實驗材料，以及林秉宏博士協助撰寫程式，抓取及計算本研究所需的龐大數據，使本文的實驗結果得以完整呈現，在此致上謝意。最後，感謝兩位匿名審查委員提出的指正與修改建議，使本文的疏漏得以減低。然本文如有錯誤，概為作者之責。

參考文獻

- 古國順等，2004，《客語發音學》。臺北市：五南。
- 石鋒，1986，〈天津方言雙字組聲調分析〉。《語言研究》1：77-90。
- _____，1990a，《語音學探微》。北京：北京大學出版社。
- _____，1990b，《漢語和侗臺語的聲調格局》。天津：南開大學博士論文。
- _____，1991，〈北京話的聲調格局〉。《語言研究》增刊：17-24。

- _____，1992，〈語音研究中的三個關係〉。頁 195-203，收錄於劉堅、侯精一編，《中國語文研究四十年紀念文集》。北京：北京語言學院出版社。
- _____，2004，〈語音格局的分析方法〉。頁 123-136，收錄於中國人民大學中文系編，《語言研究的務實與創新》。北京：外語教學與研究出版社。
- _____，2009，《實驗音系學探索》。北京：北京大學出版社。
- 石鋒、王萍，2006，〈北京話單字音聲調的統計分析〉。《中國語文》1：33-40。
- 石鋒、時秀娟，2007，〈語音樣品的選取和實驗數據的分析〉。《語音科學》6（2）：23-33。
- 行政院客家委員會，2010，《客語能力認證基本詞彙中級、中高級暨語料選粹·海陸腔》。臺北市：行政院客家委員會。
- 余秀敏，2018，《北四縣客語單字調與連讀調聲學研究》。國立清華大學臺灣語言研究與教學研究所博士論文。
- 呂紹任，2014，《海陸客語中的聲調融合現象：口語產生研究》。國立交通大學外國語文學系暨外國文學與語言學碩士班碩士論文。
- 呂嵩雁，1994，〈臺灣客家次方言語音探究〉。頁 40-57，收錄於行政院文化建設委員會編，《客家文化研討會論文集》。臺北市：客家雜誌社。
- 李行健、劉思訓，1985，〈天津方言的連讀變調〉。《中國語文》1：76-80。
- 邱湘雲，2006，《海陸客家話和閩南語構詞對比研究》。國立高雄師範

大學國文學系博士論文。

范文芳，1996，〈竹東腔海陸客語之語音現象〉。論文發表於「第五屆國際暨第十四屆全國聲韻學學術研討會」。新竹市：國立新竹師範學院主辦，6月8-9日。

范里，2020，《新竹海陸客語音韻研究》。國立臺灣大學中國文學系碩士論文。

徐建芳，2009，《新屋海陸客家話詞彙研究》。國立新竹師範學院臺灣語言與語文教育研究所碩士論文。

翁杰，2017，《苗栗四縣客家話單字調之聲學探究》。國立聯合大學客家語言與傳播研究所碩士論文。

張月琴，1995，〈從聲學角度來描寫臺灣苗栗四縣客家話的聲調系統〉。頁95-112，收錄於曹逢甫、蔡美慧編，《臺灣客家話論文集》。臺北：文鶴出版有限公司。

教育部，2012，《客家語拼音方案使用手冊》。臺北市：教育部。

陳子祺，2000，《新竹海陸腔客家話音韻研究》。國立新竹師範學院臺灣語言與語文教育研究所碩士論文。

彭盛星，2018，〈廣東陸河東坑客話到臺灣海陸客話的語音變化〉。頁168-179，收錄於庄初升、溫昌衍主編，《客家方言調查研究——第十二屆客家方言學術研討會論文集》。廣州：中山大學。

黃有富，2001，《海陸客家話去聲調研究》。國立新竹師範學院臺灣語言與語文教育研究所碩士論文。

黃雯君，2005，《臺灣四縣海陸客家話比較研究》。國立新竹師範學院臺灣語言與語文教育研究所碩士論文。

- 楊自翔等，1999《天津話音檔》。上海：上海教育出版社。
- 楊時逢，1957，《臺灣桃園客家方言》。臺北市：中央研究院歷史語言研究所。
- 遠藤雅裕，2016，《臺灣海陸客家語語彙集》。日本東京都：中央大學出版部。
- 鄧盛有，2000，《臺灣四海話的研究》。國立新竹師範學院臺灣語言與語文教育研究所碩士論文。
- 鄭明中，2014，〈東勢客家話單字調的實驗研究〉。《臺中教育大學學報：人文藝術類》28（2）：1-25。
- 盧彥杰，1999，《新竹海陸客家話詞彙研究》。國立新竹師範學院臺灣語言與語文教育研究所碩士論文。
- 鍾榮富，2004，《臺灣客家語音導論》。臺北市：五南圖書出版。
- 魏嘉玟，2015，《聲調與音段差別對感知的影響：以客語四縣腔與海陸腔為例》。國立交通大學外國語文學系暨外國文學與語言學碩士班碩士論文。
- 羅程詠，2020，《海陸客家話音韻特色的接觸比較研究：以臺灣、中國潮惠地區、西婆羅洲為例》。國立中央大學客家語文暨社會科學系客語碩士班。
- 羅肇錦，1990，《臺灣的客家話》。臺北市：臺原出版社。
- Abramson, A. S., 1979, "The Coarticulation of Tones: an Acoustic Study of Thai." Pp.1-9 in *Studies in Tai and Mon-Khmer Phonetics and Phonology in Honor of Eugenie JA Henderson*, edited by V. Panupong et al. Bangkok: Chulalongkorn University Press.

- Chao, Y. R.(趙元任), 1930, “A System of Tone Letters.” *Le Maitre Phonétique* 45: 24-47.
- _____, 1968, *Language and Symbolic Systems*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chu, Hsiao-nung, 1999, *Shanghai Tonetics*. Munchen : Lincom europa.
- Huang, Yao-huang, 2003, *An Acoustic Study on the Hakka Tones*. Master’s thesis, Kaohsiung: National Kaohsiung Normal University MA thesis.
- Hyman, Larry M., 2010, “How to Study a Tone Language, with Exemplification from Oku (Grassfields Bantu, Cameroon).” *UC Berkeley Phonology Lab Annual Report* :179-209. <https://escholarship.org/uc/item/2tr4s97h> (Date Visited: April 10, 2021).
- Jiang, Haowen, 2004, “An Acoustic Account of Tones in Isolation and Contextual Tonal Variations: A Case Study of Hailu Hakka.” In *Semantic Scholar*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:198164752> (Date visited: November 10, 2021).
- Li, Qian and Yiya Chen, 2016, “An Acoustic Study of Contextual Tonal Variation in Tianjin Mandarin.” *Journal of Phonetics* 54: 123-150.
- Morén, B. and E. Zsiga, 2006, “The Lexical and Post-lexical Phonology of Thai tones.” *Natural Language & Linguistic Theory* 24(1): 113-178.
- Pike, K. L., 1948, *Tone language*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Rose, Phil, 1987, “Considerations in the Normalization of the Fundamental Frequency of Linguistic Tone.” *Speech Communication* 6(4): 343-

352.

_____, 2010, “The Long and the Short of Wencheng Tones – Acoustic and Auditory Description of Tonologically Challenging Phenomena in an Oujiang Wu Dialect of Chinese.” Pp. 54-57 in Proceeding of the 13th Australasian International Conference on Speech Science & Technology, edited by Marija Tabain et al. Canberra City : ASS-TA. https://philjohnrose.net/pubs/Tone_pubs/Rose%20papers_on_TONE/Rose_2010_SST_Wencheng_longshort.pdf (Date Visited: April 10, 2021).

_____, 2016, “A Comparison of Normalization Strategies for Citation Tone F0 in four Chinese Dialects.” In Proceeding of the 16th Australasian International Conference on Speech Science and Technology, 221-224.

Simpson, A. P., 2009, “Phonetic Differences between Male and Female Speech.” *Language and Linguistics Compass* 3(2): 621-640.

Sun, Xiaoli and Tsan Huang, 2015, “Gradience in Contextual Tonal Realization Process: an Instrumental Study of Nanjin Chinese.” Paper presented at the 18th International Congress on Phonetic Science, Glasgow, U.K.: Sponsored by the University of Glasgow. August 10-14.

Traunmüller, H., A.Eriksson, 1995, “The Frequency Range of the Voice Fundamental in the Speech of Male and Female adults.” Stockholm: Institutionen för lingvistik, Stockholms universitet.

Xu, Yi, 1997, “Contextual Tonal Variations in Mandarin.” *Journal of Phonet-*

- ics 25(1): 61-83.
- _____, 1998, "Consistency of Tone-syllable Alignment across Different Syllable Structures and Speaking Rates." *Phonetica* 55(4): 179-203.
- _____, 1999, "Effects of Tone and Tocus on the Tormation and Alignment of F0 Contours." *Journal of Phonetics* 27(1): 55-105.
- Xu, Yi and Xuejing Sun, 2002, "Maximum Speed of Pitch Change and how it may Relate to Speech." *The Journal of the Acoustical Society of America* 111(3): 1399-1413.
- Yip, Moira, 2002, *Tone*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Yu, Hsiu-Min, 2018, An Acoustic Study on Northern Sixian Hakka Lexical Tones in Isolation and in Context. Ph.D. diss., Inst. of Taiwan Languages and Language Teaching, National Tsing Hua University.
- Zhang, Jie, 2014, "Tones, Tonal Phonology, and Tone Sandhi." Pp.443-464 in *The Handbook of Chinese Linguistics*, edited by C. J. Huang et al. Malden, MA : Wiley-Blackwell.
- Zhang, Jie and Jiang Liu, 2011, "Tone Sandhi and Tonal Coarticulation in Tianjin Chinese." *Phonetica* 68(3): 161-191.
- Zhang, Jingwei, 2014, *A Sociophonetic Study on Tonal Variation of the Wúxī and Shànghǎi Dialects*. Utrecht: Utrecht University dissertation.
- _____, 2018, "A Comparison of Tone Normalization Methods for Language Variation Research. " Paper presented at the 32nd Pacific Asia Conference on Language, Information and Computation Hong Kong, December 1-3.

附錄一：各語者與所有人調長及 21 個基頻取樣點平均值（取小數點後二位）

（一）發音人 M1 調長及基頻取樣點平均值

調類	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
調長	263.90	244.99	240.95	75.13	256.38	281.39	71.21
基頻第 1 點	181.48	124.16	128.91	163.75	154.02	130.25	143.62
基頻第 2 點	179.85	122.38	121.54	163.56	153.11	126.24	142.18
基頻第 3 點	176.89	121.77	116.35	163.37	152.14	123.42	140.73
基頻第 4 點	172.56	122.10	112.63	163.46	151.46	121.60	139.38
基頻第 5 點	168.19	122.74	109.67	163.77	151.19	120.62	138.12
基頻第 6 點	163.14	123.85	107.32	164.07	151.24	120.15	136.79
基頻第 7 點	157.02	125.07	105.20	164.34	151.45	120.19	135.50
基頻第 8 點	150.71	127.17	103.29	164.62	151.79	120.36	134.22
基頻第 9 點	143.42	129.11	101.48	164.97	152.12	120.25	132.83
基頻第 10 點	136.52	131.15	99.09	165.42	152.21	120.21	131.22
基頻第 11 點	130.21	133.47	97.15	165.91	152.38	119.84	129.45
基頻第 12 點	123.94	136.04	95.64	166.48	152.42	119.57	127.71
基頻第 13 點	118.68	139.22	94.50	167.06	152.66	119.31	125.92
基頻第 14 點	113.30	142.15	93.65	167.53	152.96	119.13	124.11
基頻第 15 點	109.78	145.15	93.30	167.77	153.31	118.90	122.31
基頻第 16 點	107.10	147.72	93.96	167.88	153.99	118.73	120.35
基頻第 17 點	105.31	150.44	95.78	167.10	154.55	119.55	118.07
基頻第 18 點	105.00	152.79	98.10	166.18	155.38	120.39	115.71
基頻第 19 點	105.39	155.71	100.89	164.61	156.42	123.41	112.81
基頻第 20 點	104.14	157.94	104.45	162.88	158.45	124.19	109.56
基頻第 21 點	102.27	160.61	107.77	161.14	160.11	124.77	106.31

（二）發音人 M2 調長及基頻取樣點平均值

調類	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
調長	232.30	254.45	214.82	96.12	232.93	227.89	101.33
基頻第 1 點	183.61	128.53	127.23	144.79	144.23	117.13	150.89
基頻第 2 點	177.26	115.90	117.59	143.21	140.99	111.55	145.91
基頻第 3 點	173.77	110.96	112.05	141.65	137.28	109.52	140.96
基頻第 4 點	168.36	109.52	107.00	140.83	134.65	108.60	137.52
基頻第 5 點	161.01	108.68	102.96	140.05	133.20	108.17	134.36
基頻第 6 點	154.20	109.36	99.38	139.50	132.50	107.88	131.62
基頻第 7 點	148.75	110.55	95.52	139.35	132.76	107.12	129.24

基頻第 8 點	142.89	111.90	91.92	139.42	132.30	106.24	126.74
基頻第 9 點	137.57	113.72	89.16	139.78	131.98	105.38	123.81
基頻第 10 點	132.56	115.85	86.58	140.26	131.76	104.49	120.76
基頻第 11 點	128.18	118.52	84.32	140.72	131.66	103.97	118.46
基頻第 12 點	124.24	121.82	82.68	141.29	132.35	103.60	116.78
基頻第 13 點	120.35	125.56	80.55	141.65	133.29	103.38	114.95
基頻第 14 點	116.27	129.38	78.97	141.72	133.79	103.32	112.86
基頻第 15 點	112.80	133.77	78.01	141.64	134.00	103.31	110.82
基頻第 16 點	109.63	137.36	77.20	141.54	134.36	103.03	109.13
基頻第 17 點	106.41	139.57	77.25	141.42	134.05	103.02	107.36
基頻第 18 點	103.70	140.59	77.74	141.18	133.49	102.74	105.42
基頻第 19 點	101.28	140.36	77.45	140.67	132.19	102.62	103.57
基頻第 20 點	98.30	137.78	77.04	139.42	130.36	101.44	100.99
基頻第 21 點	96.24	132.64	76.88	138.17	127.77	100.68	98.29

(三) 發音人 F1 調長及基頻取樣點平均值

調類	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
調長	237.63	298.17	161.35	119.88	249.07	338.42	80.80
基頻第 1 點	270.20	190.02	194.34	264.07	251.76	187.36	233.44
基頻第 2 點	272.21	184.04	190.55	265.02	254.59	183.42	232.01
基頻第 3 點	269.69	178.52	186.26	265.67	256.10	179.80	230.25
基頻第 4 點	266.49	175.26	181.74	266.25	256.61	177.39	228.13
基頻第 5 點	263.06	173.11	177.27	267.15	256.71	175.74	225.74
基頻第 6 點	258.67	172.92	173.00	267.82	257.19	175.15	223.16
基頻第 7 點	253.26	174.31	169.00	268.52	257.77	174.61	220.16
基頻第 8 點	247.28	177.07	165.57	269.43	258.19	173.73	217.03
基頻第 9 點	239.86	181.24	161.93	270.43	258.55	172.67	213.75
基頻第 10 點	232.18	187.21	158.12	271.78	259.03	171.66	210.61
基頻第 11 點	223.38	194.47	154.65	273.16	259.46	170.94	207.73
基頻第 12 點	213.48	202.86	150.87	274.13	260.19	169.79	204.53
基頻第 13 點	203.49	211.95	147.13	275.36	260.45	168.69	200.51
基頻第 14 點	193.05	221.57	143.15	276.56	260.56	168.12	196.72
基頻第 15 點	182.30	230.41	139.91	277.70	260.73	167.92	193.43
基頻第 16 點	173.07	238.75	136.82	278.28	260.97	168.18	190.02
基頻第 17 點	163.83	246.31	133.57	278.55	261.37	168.64	185.91
基頻第 18 點	155.43	252.75	129.50	278.19	261.91	169.89	181.68
基頻第 19 點	148.84	260.52	126.09	277.11	263.39	172.51	176.55
基頻第 20 點	142.21	269.26	121.87	276.26	264.14	175.00	171.27
基頻第 21 點	133.51	281.99	117.94	275.56	264.76	177.73	166.16

(四) 發音人 F2 調長及基頻取樣點平均值

調類 調長	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
基頻第 1 點	311.84	229.57	237.16	275.76	269.03	218.61	235.97
基頻第 2 點	306.09	217.00	226.64	274.73	263.94	208.34	231.34
基頻第 3 點	298.99	209.80	217.56	273.14	261.03	202.60	226.83
基頻第 4 點	291.33	206.08	209.66	271.14	257.97	198.10	223.02
基頻第 5 點	284.75	203.91	202.03	269.80	255.40	194.69	219.25
基頻第 6 點	278.79	203.22	195.97	268.61	252.85	192.38	215.11
基頻第 7 點	272.92	203.50	190.65	267.21	251.59	190.68	210.96
基頻第 8 點	267.11	204.74	186.01	265.99	250.80	189.28	207.29
基頻第 9 點	260.19	206.80	182.19	265.36	250.58	187.76	203.09
基頻第 10 點	253.37	209.94	178.56	265.24	250.96	186.92	198.70
基頻第 11 點	246.11	214.10	175.43	265.64	251.40	185.96	194.36
基頻第 12 點	239.26	218.70	171.87	266.64	251.89	185.32	191.02
基頻第 13 點	231.98	223.97	167.57	267.68	252.54	184.60	187.66
基頻第 14 點	223.86	229.61	162.69	268.94	253.33	183.92	184.09
基頻第 15 點	214.94	235.92	156.31	270.38	254.65	183.61	180.80
基頻第 16 點	205.18	242.89	148.80	271.56	256.99	183.98	176.78
基頻第 17 點	194.83	251.31	137.78	271.95	259.95	184.92	171.63
基頻第 18 點	184.27	260.19	127.38	271.32	261.97	186.88	164.72
基頻第 19 點	171.42	270.97	119.29	269.63	262.36	190.21	157.91
基頻第 20 點	157.18	282.17	112.90	266.76	262.64	193.61	152.24
基頻第 21 點	141.18	291.66	107.99	263.28	262.65	197.92	146.63

資料來源：作者製表。

附錄二：各語者正規化調長及 21 個基頻取樣點平均值

(一) 發音人 M1 正規化調長及基頻取樣點平均值

調類	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
調長	1.26	1.17	1.15	0.36	1.22	1.34	0.34
基頻第 1 點	5.00	2.15	2.43	4.23	3.77	2.51	3.24
基頻第 2 點	4.93	2.04	1.99	4.22	3.72	2.27	3.17
基頻第 3 點	4.81	2.00	1.66	4.21	3.67	2.10	3.09
基頻第 4 點	4.62	2.02	1.41	4.21	3.64	1.99	3.02
基頻第 5 點	4.43	2.06	1.21	4.23	3.63	1.93	2.95
基頻第 6 點	4.20	2.13	1.05	4.24	3.63	1.90	2.88
基頻第 7 點	3.91	2.20	0.90	4.25	3.64	1.90	2.80
基頻第 8 點	3.60	2.33	0.76	4.27	3.66	1.91	2.73
基頻第 9 點	3.23	2.44	0.63	4.28	3.67	1.91	2.65
基頻第 10 點	2.86	2.56	0.45	4.30	3.68	1.90	2.56
基頻第 11 點	2.50	2.69	0.30	4.33	3.69	1.88	2.46
基頻第 12 點	2.13	2.83	0.19	4.35	3.69	1.86	2.36
基頻第 13 點	1.81	3.01	0.10	4.38	3.70	1.85	2.25
基頻第 14 點	1.46	3.16	0.03	4.40	3.71	1.84	2.14
基頻第 15 點	1.22	3.32	0.00	4.41	3.73	1.82	2.03
基頻第 16 點	1.04	3.45	0.05	4.41	3.77	1.81	1.91
基頻第 17 點	0.91	3.59	0.20	4.38	3.79	1.86	1.77
基頻第 18 點	0.89	3.71	0.38	4.34	3.83	1.92	1.62
基頻第 19 點	0.92	3.85	0.59	4.27	3.88	2.10	1.43
基頻第 20 點	0.83	3.96	0.85	4.19	3.98	2.15	1.21
基頻第 21 點	0.69	4.08	1.08	4.11	4.06	2.18	0.98

(二) 發音人 M2 正規化調長及基頻取樣點平均值

調類	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
調長	1.11	1.21	1.02	0.46	1.11	1.09	0.48
基頻第 1 點	5.00	2.95	2.89	3.64	3.61	2.42	3.87
基頻第 2 點	4.80	2.36	2.44	3.57	3.48	2.14	3.68
基頻第 3 點	4.68	2.11	2.16	3.51	3.33	2.03	3.48
基頻第 4 點	4.50	2.03	1.90	3.48	3.22	1.98	3.34
基頻第 5 點	4.25	1.99	1.68	3.44	3.16	1.96	3.21
基頻第 6 點	4.00	2.02	1.47	3.42	3.13	1.95	3.09
基頻第 7 點	3.79	2.09	1.25	3.42	3.14	1.90	2.98

基頻第 8 點	3.56	2.16	1.03	3.42	3.12	1.86	2.87
基頻第 9 點	3.34	2.25	0.85	3.43	3.10	1.81	2.74
基頻第 10 點	3.13	2.35	0.68	3.45	3.09	1.76	2.59
基頻第 11 點	2.94	2.49	0.53	3.47	3.09	1.73	2.48
基頻第 12 點	2.76	2.64	0.42	3.50	3.12	1.71	2.40
基頻第 13 點	2.57	2.82	0.27	3.51	3.16	1.70	2.31
基頻第 14 點	2.38	2.99	0.15	3.51	3.18	1.70	2.20
基頻第 15 點	2.20	3.18	0.08	3.51	3.19	1.70	2.10
基頻第 16 點	2.04	3.33	0.02	3.51	3.21	1.68	2.01
基頻第 17 點	1.87	3.42	0.03	3.50	3.19	1.68	1.92
基頻第 18 點	1.72	3.47	0.06	3.49	3.17	1.67	1.81
基頻第 19 點	1.58	3.46	0.04	3.47	3.11	1.66	1.71
基頻第 20 點	1.41	3.35	0.01	3.42	3.03	1.59	1.57
基頻第 21 點	1.29	3.13	0.00	3.37	2.92	1.55	1.41

(三) 發音人 F1 正規化調長及基頻取樣點平均值

調類	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
調長	1.13	1.42	0.77	0.57	1.19	1.61	0.39
基頻第 1 點	4.75	2.74	2.86	4.62	4.35	2.65	3.92
基頻第 2 點	4.80	2.55	2.75	4.64	4.41	2.53	3.88
基頻第 3 點	4.74	2.38	2.62	4.66	4.45	2.42	3.84
基頻第 4 點	4.68	2.27	2.48	4.67	4.46	2.34	3.78
基頻第 5 點	4.60	2.20	2.34	4.69	4.46	2.29	3.72
基頻第 6 點	4.50	2.19	2.20	4.70	4.47	2.27	3.66
基頻第 7 點	4.38	2.24	2.06	4.72	4.48	2.25	3.58
基頻第 8 點	4.25	2.33	1.95	4.74	4.49	2.22	3.50
基頻第 9 點	4.07	2.46	1.82	4.76	4.50	2.19	3.41
基頻第 10 點	3.89	2.65	1.68	4.79	4.51	2.15	3.33
基頻第 11 點	3.66	2.87	1.55	4.82	4.52	2.13	3.25
基頻第 12 點	3.40	3.11	1.41	4.84	4.54	2.09	3.16
基頻第 13 點	3.13	3.36	1.27	4.86	4.54	2.05	3.04
基頻第 14 點	2.83	3.62	1.11	4.89	4.55	2.03	2.93
基頻第 15 點	2.50	3.84	0.98	4.91	4.55	2.03	2.84
基頻第 16 點	2.20	4.05	0.85	4.92	4.56	2.04	2.74
基頻第 17 點	1.89	4.22	0.71	4.93	4.56	2.05	2.61
基頻第 18 點	1.58	4.37	0.54	4.92	4.58	2.09	2.48
基頻第 19 點	1.33	4.55	0.38	4.90	4.61	2.18	2.31
基頻第 20 點	1.07	4.73	0.19	4.88	4.63	2.26	2.14
基頻第 21 點	0.71	5.00	0.00	4.87	4.64	2.35	1.97

(四) 發音人 F2 正規化調長及基頻取樣點平均值

調類	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
調長	1.04	1.35	1.07	0.62	1.38	1.31	0.49
基頻第 1 點	5.00	3.56	3.71	4.42	4.30	3.33	3.69
基頻第 2 點	4.91	3.29	3.50	4.40	4.21	3.10	3.59
基頻第 3 點	4.80	3.13	3.30	4.38	4.16	2.97	3.50
基頻第 4 點	4.68	3.05	3.13	4.34	4.11	2.86	3.42
基頻第 5 點	4.57	3.00	2.95	4.32	4.06	2.78	3.34
基頻第 6 點	4.47	2.98	2.81	4.30	4.01	2.72	3.25
基頻第 7 點	4.37	2.99	2.68	4.27	3.99	2.68	3.16
基頻第 8 點	4.27	3.02	2.56	4.25	3.97	2.65	3.07
基頻第 9 點	4.15	3.06	2.47	4.24	3.97	2.61	2.98
基頻第 10 點	4.02	3.13	2.37	4.24	3.98	2.59	2.88
基頻第 11 點	3.88	3.23	2.29	4.24	3.98	2.56	2.77
基頻第 12 點	3.75	3.33	2.19	4.26	3.99	2.55	2.69
基頻第 13 點	3.61	3.44	2.07	4.28	4.01	2.53	2.61
基頻第 14 點	3.44	3.56	1.93	4.30	4.02	2.51	2.51
基頻第 15 點	3.25	3.68	1.74	4.33	4.04	2.50	2.43
基頻第 16 點	3.03	3.82	1.51	4.35	4.09	2.51	2.32
基頻第 17 點	2.78	3.98	1.15	4.35	4.14	2.54	2.18
基頻第 18 點	2.52	4.15	0.78	4.34	4.18	2.59	1.99
基頻第 19 點	2.18	4.34	0.47	4.31	4.19	2.67	1.79
基頻第 20 點	1.77	4.53	0.21	4.26	4.19	2.75	1.62
基頻第 21 點	1.26	4.68	0.00	4.20	4.19	2.86	1.44

資料來源：作者製表。

附錄三：所有發音人正規化調長及基頻取樣點平均值

調類	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
調長	1.14	1.28	1.02	0.50	1.23	1.34	0.43
基頻第 1 點	4.94	2.85	2.97	4.23	4.01	2.73	3.68
基頻第 2 點	4.86	2.56	2.67	4.21	3.96	2.51	3.58
基頻第 3 點	4.76	2.40	2.44	4.19	3.90	2.38	3.48
基頻第 4 點	4.62	2.34	2.23	4.18	3.86	2.29	3.39
基頻第 5 點	4.46	2.31	2.05	4.17	3.83	2.24	3.30
基頻第 6 點	4.29	2.33	1.88	4.17	3.81	2.21	3.22
基頻第 7 點	4.11	2.38	1.72	4.17	3.81	2.18	3.13
基頻第 8 點	3.92	2.46	1.57	4.17	3.81	2.16	3.04
基頻第 9 點	3.70	2.55	1.44	4.18	3.81	2.13	2.95
基頻第 10 點	3.47	2.67	1.30	4.20	3.82	2.10	2.84
基頻第 11 點	3.25	2.82	1.17	4.21	3.82	2.08	2.74
基頻第 12 點	3.01	2.98	1.05	4.24	3.84	2.05	2.65
基頻第 13 點	2.78	3.16	0.93	4.26	3.85	2.03	2.55
基頻第 14 點	2.52	3.33	0.81	4.28	3.87	2.02	2.45
基頻第 15 點	2.29	3.51	0.70	4.29	3.88	2.01	2.35
基頻第 16 點	2.08	3.66	0.61	4.30	3.90	2.01	2.25
基頻第 17 點	1.86	3.81	0.52	4.29	3.92	2.03	2.12
基頻第 18 點	1.68	3.92	0.44	4.27	3.94	2.06	1.98
基頻第 19 點	1.50	4.05	0.37	4.24	3.95	2.15	1.81
基頻第 20 點	1.27	4.14	0.31	4.19	3.96	2.19	1.63
基頻第 21 點	0.99	4.22	0.27	4.14	3.95	2.24	1.45

資料來源：作者製表。