

論美濃客家孩童的母音發展現象

鍾榮富*

南臺科技大學應用英語系教授

孩童母音發展的兩個議題：(a) 孩童的年齡增長，是否會帶來母音基頻 (F0) 與共振峰 (F1, F2, F3) 的下降？(b) 男女孩童的母音區分始於哪個年齡層？本研究為此延請了 140 位 6 歲到 12 歲的美濃客家孩童，請他們讀包含 6 個母音 [i、e、a、u、o、i] 的字表，再透過 Praat 的分析。結果顯示：(a) 並非所有的年齡層都呈現母音共振峰会因年齡的增長而降低。在 10-11 歲之前，共振峰的頻率值高低各有區別。(b) 男孩在 11 歲，女孩在 10 歲之後，母音呈現年齡增長共振峰降低的趨勢。(c) 女孩子要等到 11 歲後，母音共振峰才穩定地比男孩母音的共振峰還要高。

關鍵詞：母音共振峰、母音面積、孩童母音、客家語言、聲學分析

* E-mail: rfchung@stust.edu.tw
投稿日期：2018 年 1 月 12 日
接受刊登日期：2018 年 6 月 12 日

On Meinong Hakka Children's Vowel Developments

Raung-fu Chung*

Professor, Department of Applied English,

Southern Taiwan University of Science and Technology

In the literature of child development remain two issues: (a) Is it true that when children get older, the vowel formants (F0, F1, F2, F3) are on the decline? (b) At what age female subjects begin to have higher vowel formants than male? We invited 140 children for a list of six Hakka vowels, formants extracted. The final results are: (a) Not all vowel formants fall when age increases, in particular, before 10 or 11, much rise and fall being observed. (b) The theory of formants falling with age increasing is on the right track, at least, after 11. (c) Gender difference begins to show up at 7 or 8. However, it is not until 11 that the movement begins to be stable.

Keywords: Vowel Formant, Vowel Areas, Children Vowels, Hakka, Acoustic Analysis

* Date of Submission: January 12, 2018
Accepted Date: June 12, 2018

一、引言

本文探討的主題為「美濃客家孩童的母音發展現象」，其中，「美濃」泛指高雄市美濃區內的中壇、柚子林、龍肚與廣興（竹頭背）等地區；「客家孩童」指 6 歲（幼稚園小班）到 12 歲（國小五或六年級）共七個年齡層，以及 15 歲（國中二年級）與 17 歲（高中一年級），總共九個年齡層所組成的客家孩童與年輕人。而且受試者要能講客家話，在家裡大都以客家話為溝通語言¹。截至目前為止，針對客家語言的研究尚未有此一主題的觀察或探討，但是，兒童語音的演變不但能反映發音器官的發展，更能彰顯男女性別差異的起始點，還可以探討男女之別是起於社會性還是生理性（physiological）的因素（Lee and Iverson 2008；Vorperian and Kent 2007）。因此，本文期許能在這方面補足相關文獻的罅漏，並透過 6 至 17 歲孩童的客家語音的蒐集、紀錄、分析與理論檢驗，引起學術界的注意，未來能有更多研究者投入客家話的語音發展方面的研究²。

語言學的基礎研究，長遠的目標固然在於探索語言與心理認知之間的互動，確認語言能力的內在結構，但比較可以掌握的還必須透過基礎的田野調查，蒐集紮實而精確的語料，用以檢測目前盛行的語音理論。不論語料分析的結果是支持或反對語言學理論的論點，這樣的研究自有

1 這些條件下的客家學童並不多，故必須跨區蒐集語料。筆者在 2003 年執行教育部的研究計畫時，竹頭背廣興國小的學童幾乎有九成能講流利的客家話，但是 15 年後執行本計畫時，卻發現僅不到十分之二的學童能講客家話，可見客語流失非常的嚴重。

2 根據鍾榮富（2017），客家話 16 歲之後的語音已經穩定，與 30 至 50 歲的成人相近。同樣的研究，也可見於 Vorperian and Kent（2007）。

其貢獻，因為語言學家關心的焦點是語言的共通性。從這個角度而言，本文不僅在蒐集與分析客家孩童的語音、驗證理論的可行性，還將提供堅實的經驗語料，作為未來深入探討語言發展中的基石。

母音發展的檢視以母音的基頻（Fundamental Frequency, F0）與共振峰（包括第一、第二、第三共振峰（分別 F1、F2、F3 稱之））為指標。基頻在語言研究上的功能頗多，故 Wang（1972）稱之為「基頻能展現語音分析的多重面貌」（F0 has many things）。至於母音的共振峰，反映的是孩童各個階段不同的口腔長度，透過研究足以進一步了解客家孩童的語音有何特性，各年齡層之間的變異有多大，客家孩童的語音與青少年（國中到高中）乃至於成人之間有何變異現象，這些變異是否為客家的特性還是語言之間的普遍共通點等相關議題。

簡而言之，本文的目標在於：（1）蒐集與分析美濃客家話學齡前到國小、國中、高中各階段之語音變化。（2）檢視語言發展理論，並比較現有文獻相關年齡的語音發展。本文除本小節外，還包括其他五個部分。第二部分回顧相關研究的文獻，第三部分提出研究問題，第四部分詳述研究方法與步驟，第五部分是研究結果，第六部分將做總結並討論本研究的貢獻或意義，同時提出未來研究的建議。

二、文獻回顧³

關於兒童語音的研究文獻，Vorperian and Kent（2007）已經做了非常詳盡且頗具啟示的整理。該文主要從兩個面向來檢視文獻：（1）與

3 對於兒童語音發展的相關文獻，另一種整理與評述的方式，請參閱 Chung（2017）與鍾榮富（2017），這裡僅做概略性的評述與討論，以免重複。

口腔長度有關的聲學相關指標；（2）器官解析與聲學的關係。口腔的長度會隨著年齡增加而變長，相對地，母音的共振峰自然會遞減。根據過去相關的研究，嬰兒時期的口腔長度約為六至七釐米（cm），成年之後，女性約為十五釐米，而男性可長到十八釐米⁴。Vorperian 等（2009）指出，2 歲前嬰兒的口腔長度每年增長約為二釐米，但在 25 至 36 歲之間，卻每年僅增加了一釐米。Fitch and Giedd（1999）採用磁共振造影（Magnetic Resonance Imaging, MRI）的研究方法，來量測 2 至 25 歲美國人口腔長度的發展，特別著重在青春期到成熟期之間的發展，結論與 Vorperian 等很相近。至於器官解析與母音共振峰的關係，純粹可以從 Fant（1970）提供的公式得知：⁵

$$\text{喉腔長度} = 35300/2 \times F2$$

$$\text{口腔長度} = 35300/2 \times F3$$

換言之，Fant 認為喉腔與 F2（第二共振峰）的關係密切，而口腔長度則可從 F3 換算出來。這個理論或看法已獲得後續相關研究的廣泛支持，可參見 Vorperian and Kent（2007）一文內的相關討論。

截至目前為止，母音的聲學頻率研究多從共振峰頻率的類型看母音的發展，因為語音研究文獻已經共同接受了「F1 與舌位發音的高低成反比，F2 則與前後成正比」的聲學與發音的關係（acoustics-to-articulatory）（Vorperian and Kent 2007: 1513）。⁶ 此外，基頻（F0）也是辨別母音發展的另一個重要指標。理論上，聲帶愈長，基頻就愈低。反之，若聲帶

4 一般的文獻把成人的口腔長度訂為約 17.5cm（如：Lass 1996: 190; Pickett 1998: 37）作為母音共振峰計算的基礎。

5 雖然如此，文獻中大都以英語的弱母音 [ə] 的共振峰來檢測口腔的大約長度，例如：Borden 等（1994）、Pickett（1998）、Hayward（2000）。

6 更早的奠基之作還可遠追到 Fant（1970）。

愈短，則基頻愈高。隨著年齡的增加，孩童的器官也逐漸發展，使聲帶愈來愈長，反映在語音上則基頻會愈低⁷。

回顧過去的相關文獻，對於母音共振峰的高低與年齡之間的關係眾說紛紜⁸。Eguchi and Hirsh (1969) 的結果發現，3 歲時基頻約為 300Hz，隨著年齡增長而基頻逐漸降低。同時，F1 會隨著年齡增長而降低，但是 F2 卻相對的穩定。共振峰遞減最明顯的情況是出現在 3 至 5 歲之間。作為早期的研究，Eguchi and Hirsh 認為，低母音 /a/ 的 F1 似乎與年齡無關，總是保持相對的穩定，雖然 /a/ 的 F2 也會隨著年齡增長而逐漸降低。這個觀點，讓後繼的研究認為僅要觀察低母音即可以獲得母音發展的全貌。例如：Hasek 等 (1980) 的受試者雖然有 180 位孩童 (分為 5、6、7、8、9、10 組，每組男、女各 15 人)，但研究目標卻僅侷限於美語的 /a/ 母音。最後的結果顯示，男、女從 7 歲開始出現基頻上的差異，可是「隨著年齡增加而導致基頻遞減」的現象，卻僅出現在男童才有，女童並沒有這種現象。可見基頻的發展，在性別上各有不同的表現。

至於孩童時代男、女的基頻或共振峰是否與成人一樣，都是女性比男性高呢？針對這個議題，Bennett (1981, 1983) 兩個研究採取的語音樣本不同，研究方式也稍有差異，前者請各年齡層的男、女唸 dVd (如：did、deed、Dad 等) 等含有各個美語母音的字表，但後者卻是持續三年都請同一組學生唸一個句子 *There is a sheet of paper in my coat pocket*。

7 更明確地說，聲帶更寬或更長，基頻會更低。但更多的研究卻顯示，基頻或母音共振峰的高低並不單純取決於口腔的長度或聲帶的長短厚薄，還與其他社會因素或語言特性，或者是與說話者的口腔使用情形 (如口腔的前後比例) 有關。顯然，口腔長度並非是單一決定語音變化的因素。

8 比較詳細的文獻評述，請參見鍾榮富 (2017)。由於文獻方面，本文與該文差別不大，在此僅點出文獻中比較有差別的結果或看法。

取得不同母音的共振峰，藉以觀察分析過去三年每位參與者的母音變化。結論有二：（1）8至10歲的孩童，不論男、女，基頻都逐年下降，但仔細觀察，差距並不大。（2）孩童在母音上的表現與成人相同，都是女性的基頻或母音頻率比男性受試者高。

Lee等（1999）關心的議題是：哪個年齡層比較能看出女性或男性在共振峰上的差別？為了找尋這個問題的答案，該研究延請了436位五到18歲的美語發音孩童與56位成人參與研究，唸的是bVd的單詞，例如：bead、bed、bad、bid等。結果發現，母音的共振峰頻率值會隨著年齡增長而降低，但是性別差異要到11歲開始才比較明顯。另外，女性發音人的母音共振峰雖然會隨著年齡增長而下降，但其下降幅度相對溫和，而男性則有比較尖銳的陡升或陡降現象。這與Bennett（1981, 1983）的研究結果明顯不同。最重要的差別在於美籍孩童是否要到11歲才有男、女的母音區別，Lee等認為是如此，但Bennett則不這麼認為。

後續的研究，例如：Whiteside and Hodgson（2000）、Perry等（2001），研究結果與過去的文獻相差無幾，都以hVd（如：heed、head、had等）的單詞為本。Perry等邀請了四組，分別為4、5、12、16，各組有10位發音人，結果發現從五到10歲的母音中，並沒有「年齡增長而基頻降低」的現象。唯一有此現象者，僅侷限於16歲組的發音人中。這個研究結果推翻了過去許多研究的發現，例如：Eguchi and Hirsh（1969）、Bennett（1981, 1983）、Lee等（1999），於是把整個議題帶入更為混沌不明的階段。

對於孩童母音發展的研究，直到Lee and Iverson（2009）才轉向結合語言學理論與語音的發展。Lee and Iverson試圖建構一個能解釋孩

童在不同語言發展中的趨同性或共通性，把基頻與 VTL (Vocal Track Length, 音腔長度) 視為「非語言因素」(non-linguistic factors)，把 F1、F2 視為「語言因素」(linguistic factors)，藉此辯稱青春期的男女母音共振峰的差異，並非源於非語言因素(人體的器官發展)，而比較傾向受制於語言因素(F1、F2)。換言之，語音隨年齡發展而產生的變化，主要是由於各個語言內部的共振峰值不同，而有母音發展上的區別。這些變異與孩童的器官發展(如口腔長度的增長)並沒有多大的關係。該研究找了 80 位五至 10 歲的受試者(韓語有 40 位、美語有 40 位)，請他們唸同一組字表，內含兩個語言(美語與韓語)共有的七個母音(/i、e、ε、si、u、o、a/)。⁹經過各種相關的統計分析之後，做了兩個結論：(1) 11 歲前的孩童母音，無論美語或韓語，其基頻與 VLT 都沒有顯著差異。(2) 要到 5 歲之後，男、女才會有母音共振峰上的差別，並且這種共振峰在性別上的差異與母音高低有關，先有高母音的變化，然後才有後母音的區分。第一個結論其實與過去的研究(Bennett 1983; Bushy and Plant 1995; Lee et al. 1999) 差異並不大，因為基頻與人種或語言(韓語、美語)、年齡發展沒有太大的關係。比較有關係的，還是在建構母音內在的 F1 與 F2。第二個結論卻很有趣，一方面支持了 Bennett (1981, 1983) 的結果，並且把男女母音的區別提前到 5 歲，而非 11 歲。

9 這裡「共同擁有」就非常的曖昧，因為根據 Flege (1987) 及後續之研究，兩個語言之間的語音，可能在標示(phonetic alphabet)上採用相同的音標，但母音的音值並不全然相同。換言之，identical sounds (相同語音)是非常稀有的，因此韓語與美語在此的語音或許僅僅只是 similar sounds (相似音)。這種語音區別是否會在研究上扮演某種角色，應該是未來更需留意的潛在因素(potential factor)。筆者有幸在 2017 年 3 月在韓國首爾大學舉辦的 SICSS 2017 研討會上與 Flege 當面討論這個議題，他直接了當地認為，這應該是另一個影響跨語言母音發展比較的議題(issue)。

臺灣對於華語兒童母音發展的研究中¹⁰，4歲前的研究並不少¹¹。4歲後的研究，則始於張民賢（2007）。張民賢找了36位發音人，分為6、7與8，三個年齡組，每組男女各六位，採用的字表為雙音節語詞。結果發現，基頻、共振峰均與年齡、性別無關。然而，劉新貴（2009）卻發現，男、女在母音基頻上的表現並不完全一致。在5、7與9，三個年齡組中，男、女童的基頻沒有顯著差異，但9歲男童的基頻比成人男性還高，9歲女童則與成人沒有區別。至於共振峰方面，女性都比男性高，各年齡群組之表現有別：5歲組男童的F1高過9歲組，5歲組女童的F1也高過7歲組與9歲組。在F2方面，兒童組平均高過成人組，但在年齡方面，男、女表現不一致，男童沒有年齡上的顯著差異，女童在5歲組的F2高過7歲組與9歲組。可見，基頻與共振峰在年齡、性別上的關聯性並沒有絕對的相關性。

張民賢（2007）與劉新貴（2009）的字表都是以雙音節詞為基本，但是每個母音都出現在不同的環境之中，有別於美國語言研究，多採用相同環境下的母音，例如：h__d（如：heed、head、hade、had、hood……）或bVd（如bead、bid、beat……）。母音共振峰的走勢（movement）難免受到聲母（onset）與韻尾（coda）的影響，故母音的前後環境最好要一致。更明顯的問題在於取用音節的訂定，例如：劉文之 /ɛ/ 取「誕」音，/u/ 取「喔」音，這兩個音節都有問題。「誕」唸[tan]，母音應為低母音。「喔」在現有的微軟電腦文書處理中，可出現

10 「華語」在此指國語，因劉文取用華語，故隨其用之。至於「華語」與「國語」的基本差別，請參酌鍾榮富（2011a）。

11 但作者卻不多，多為同一作者，有興趣者可參閱Chen and Chang（2010）與Chen（2016），尤其後者更是集大成之作。

在 [ㄉ] 音節中，但比較大的辭典（如中華書局出版的三冊版《辭海》）卻沒有這個唸法。再則，這兩個研究採用的字表固然都為雙音節，但是取樣時，有些語料取用前一音節，有些語料卻採用第二音節，難免會受到重音的影響¹²。要避免超音段的影響，研究取樣的音節最好同為第一音節或同為第二音節。最後，聲調也或多或少地影響基頻。

總結現有文獻的相關發現，母音共振峰與孩童年齡發展之間的關係，有兩種截然不同的看法：（1）母音的基頻會隨著年齡增長而逐漸遞減，例如：Hasek 等（1980）、Bennett（1981）、Busby and Plant（1995）、Whiteside and Hodgson（2000）。（2）母音的基頻與年齡之增長無關，例如：Eguchi and Hirsh（1969）、Lee 等（1999）、Lee and Iverson（2008）。過去文獻中對於母音的共振峰與性別、年齡的關係，看法也未盡相同，例如：Eguchi and Hirsh（1969）與張民賢（2008）認為，這些變項之間並無顯著差異，但大部分文獻卻認為母音的共振峰與年齡、性別有關，例如：Busby and Plant（1995）、Whitesides and Hodgson（2000）、Perry 等（2001）、Lee and Iverson（2009）、劉新貴（2009）。因此，本文將從客家孩童的語音發展中驗證這些文獻，並從理論與語料經驗中討論本研究的意義與啟示。

三、研究問題

根據前述的文獻回顧與評述之後，本文將探索四個問題：

12 當然，這也涉及華語是否有重音的說法。過去的文獻，例如：Cheng（1973）、Duanmu（2002）都認為華語有重音，但 Zhang（2017）卻認為華語基本上並沒有重音、韻腳、韻步等結構。

- (1) 美濃客家話母音的基頻是否會隨著年齡的增加而出現基頻遞減的現象？
- (2) 美濃客家話母音發展中，哪個年齡呈現母音基頻與性別有密切的相關性？
- (3) 美濃客家話母音發展中，共振峰是否會隨著年齡的增加而出現顯著性的變化？
- (4) 美濃客家話母音共振峰的發展或變異是否與男、女性別有關？

四、研究方法

本文的研究方法有三種：(1) 田野調查，以錄音方式取得所需要的語料。(2) 理論分析的應用，因為蒐集語料並非最後的目標，而是要透過理論與實際語料之間的關聯性，做一比較完整的研究，方能成為值得參考的語言學論文。本文試圖驗證美濃客家話的母音發展與文獻上關於共振峰與年齡、性別之相關性論述。(3) 聲學分析，每個母音都出現在相同的語言環境中，而且都取雙音節中的第一個音節為分析標的，例如：出現在 p__t 音節中的有後面五個母音 [i, e, a, u, o]，外加僅出現在 [ts, ts^h, s] 後面的 [i]，共六個母音。

(一) 字表

本研究取用 16 個雙音節語詞為度，均為 TV T (T = 塞音，V = 母音)，例舉如表 1¹³。

13 美濃地區的客家話，[ke] 有時讀成 [e]，並且有韻尾展延的現象，例如：「北港 ke」會唸成「北港 nge」，不過，這種語音變化並不會影響我們這裡的研究。原來蒐集語料用的字表共有 55 組語詞，本研究僅抽其中 16 組做分析。又本文所有的表與圖均為本研究所得，故不逐一註明資料來源。

表 1 雙音節語詞舉例

	音節	拼音	詞句	語詞
1.	北	pet	這字是北港 ke 北。	北港
2.	筆	pit	這字是筆筒 ke 筆。	筆筒
3.	伯	pat	這字是伯勞 ke 伯。	伯勞 ¹⁴
4.	不	put	這字是不良 ke 不。	不良 ¹⁵
5.	發	pot	這字是發板 ke 發。	發板 ¹⁶

資料來源：作者製表。

標的母音前後都取塞音有三個意義：（1）與過去的文獻相同，過去許多英語研究的文獻，取用 b__d（如：bead、bid、bed、bad）的母音環境。每個目標音節均置放在承載句（carrier sentence）中，例如：「這字是筆筒 ke 筆」（ke = 客家話的「的」），如此安排會讓目標母音在同一個句子中出現兩次。（2）塞音的聲學特徵極其明顯，裁剪出來的標的語音會比較一致。同時，「字」讀 [si]，也成為舌根母音的取樣根據。（3）取 16 個音節的主因是客家話的 [-k] 韻尾僅能接 [a, o, u] 三個母音之後，而 [-p] 韻尾則只能接 [a, i, e] 三個母音。因此， $16 = 5 [-t] + 3 [-k] + 3 [-p] + 5$ （開音節）。所有語詞詳如附錄一。

（二）發音人

本研究共找了 180 位客家孩童（男、女各 90 位），數目、年齡、分布如表 2¹⁷。

14 「伯」一般讀 [pak]，但客家話「伯勞」卻讀為 [pat lo]。

15 有些老師認為「不良」不常用，改用「不用」。

16 「發板」客語也有人會念 [fat pan]，但由於我們的目標是 [o]，因此，若有發音人念成 [fat pan] 時，會請發音人再念一次 [pot pan]。

17 所有參與的學生都經過人文科學倫理要求的家長、學生本人的同意書。

表 2 發音人資料

年齡性別	5-6	7	8	9	10	11	12	15	17	合計
男	10	10	10	10	10	10	10	10	10	90
女	10	10	10	10	10	10	10	10	10	90

資料來源：作者製表。

(三) 錄音

錄音工作以華碩型號 UX31E 筆記型電腦作為錄音工具，PRAAT VERSION5.3.51 為錄音程式，羅技耳機麥克風為硬體收音設備，型號 PN 981-000017。錄音者頭戴耳機式麥克風，發音部位距離麥克風右下方 45 度角約 9-12 公分，並以自製隔音罩框繞錄音者，降低環境噪音影響。錄音者依字表順序，以正常講話之速度，每個字詞各讀兩次，兩次都是從頭唸到尾，而不是一個句子連續唸兩次。¹⁸

(四) 語料分析

本研究的每個發音人都被要求從頭到尾唸兩次字表，故蒐集到的研究標的共有 5,760 個 (= 180 x 16 x 2) 音節。由於主要的標的集中於每個母音的 F0、F1、F2、F3 等各指標的平均值，表 3 至表 5 即分別為各年齡層 10 位發音人每個母音 F0、F1/F2、F1/F3 等的平均頻率值。

18 有些文獻認為每個標的語音 (target sounds) 應該至少唸三次，但根據我們的田野調查經驗，請受試者一再重複的結果都會出現急促、焦慮、或者不耐的現象，尤其是對於年紀較小的學童，更沒有耐心。一再重複的結果，所蒐集的語音反而不能使用。有鑑於此，我們在此只請受試者唸兩次音。分析的標的語音以第一次的讀音為本。

表 3 各年齡層各母音基頻的平均頻率值

性別	母音 年齡	a	e	i	o	u	ɿ
男	6	272	258	229	255	256	233
	7	239	252	248	232	256	253
	8	235	243	247	231	244	239
	9	214	214	218	210	220	217
	10	212	218	215	212	215	207
	11	215	215	219	210	217	214
	12	190	187	188	182	189	183
	15	101	100	111	110	116	176
	17	97	127	110	111	113	175
女	6	234	234	229	237	232	212
	7	254	256	256	246	256	257
	8	221	230	230	220	234	225
	9	225	227	230	219	230	227
	10	240	243	244	234	242	245
	11	220	229	233	223	228	223
	12	214	217	219	213	223	216
	15	179	193	199	195	208	207
	17	173	178	208	195	205	204

資料來源：作者製表。

表 4 各年齡層各母音第一與第二共振峰的平均頻率值

母音 年齡 性別		a		e		i		o		u		ɿ	
		F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2
男	6	981	2043	720	2680	515	3439	741	1393	538	1253	671	2072
	7	1018	1840	706	2132	458	2611	718	1350	538	1211	498	2076
	8	1046	1772	651	2232	459	2678	670	1179	535	1175	483	1971
	9	908	1596	618	2160	427	2579	650	1212	500	1199	450	1899
	10	955	1695	603	2241	435	2632	631	1185	491	1149	453	1954
	11	898	1608	606	2131	396	2607	615	1133	448	1104	445	1804
	12	875	1541	574	2091	399	2454	621	1114	463	1147	420	1777
	15	883	1605	570	2060	319	2428	589	1045	409	987	480	1685
	17	840	1451	564	1959	345	2352	552	976	375	940	472	1586
女	6	1111	2157	721	2674	482	3517	771	1448	534	1265	789	2132
	7	981	1837	722	2094	480	2535	754	1396	581	1284	519	2074
	8	1078	1856	737	2160	489	2605	783	1370	570	1201	506	2082
	9	1023	1803	718	2186	462	2623	763	1342	553	1231	508	2024
	10	1114	1923	736	2261	486	2709	764	1311	532	1163	509	2071
	11	993	1740	653	2212	446	2655	707	1210	488	1122	473	1890
	12	902	1650	621	2161	432	2535	655	1163	484	1118	445	1840
	15	891	1616	646	2185	379	2776	654	1074	456	1079	488	1880
	17	950	1638	664	2259	399	2814	642	1056	453	991	480	1820

資料來源：作者製表。

表 5 各年齡層各母音第一與第三共振峰的平均頻率值

母音 年齡 性別	a		e		i		o		u		ɪ		
	F1	F3	F1	F3	F1	F3	F1	F3	F1	F3	F1	F3	
男	6	981	3273	720	3785	515	4314	741	3238	538	3187	671	3758
	7	1018	3090	706	3275	458	3630	718	3324	538	3272	498	3513
	8	1046	3082	651	3307	459	3571	670	3341	535	3134	483	3544
	9	908	3011	618	3197	427	3388	650	3212	500	3158	450	3374
	10	955	2968	603	3302	435	3536	631	3127	491	3076	453	3351
	11	898	2844	606	3073	396	3327	615	3046	448	2967	445	3257
	12	875	2690	574	2983	399	3201	621	2900	463	2866	420	3100
	15	883	2729	570	2773	319	3137	589	2756	409	2793	480	3002
	17	840	2552	564	2725	345	3086	552	2536	375	2709	472	2928
女	6	1111	3634	721	4042	482	4430	771	3457	534	3151	789	3986
	7	981	3137	722	3365	480	3688	754	3211	581	3084	519	3506
	8	1078	2956	737	3250	489	3641	783	3194	570	3129	506	3404
	9	1023	2933	718	3272	462	3496	763	3319	553	3356	508	3330
	10	1114	2963	736	3232	486	3559	764	3308	532	3317	509	3301
	11	993	2883	653	3151	446	3483	707	3117	488	3112	473	3263
	12	902	2899	621	3118	432	3316	655	2982	484	2964	445	3218
	15	891	2808	646	3110	379	3410	654	2915	456	2958	488	3220
	17	950	2670	664	3097	399	3517	642	2968	453	3136	480	3150

資料來源：作者製表。

五、研究結果

Vorperian and Kent (2007) 指出，考察孩童的語音變化通常透過三種指標：(1) 基頻變化。(2) 第一與第二共振峰，又可再區分為兩者之間的年齡走勢，以及兩者所形成的母分布圖及發音口腔的面積。(3)

第一與第三共振峰所組織而成的口腔面積。本小節會將前述幾種結果進一步從文獻與理論的角度討論客家孩童的母音發展現象。

(一) 基頻變化

基頻 (F0) 在語音學研究中，大都用來標示聲調或語調，但文獻中也顯示母音的基頻本身就具有區隔母音高低的徵性，雖然這方面的研究因側重的目標而略有不同。簡而言之，母音愈高，則基頻愈高，特別是在前母音方面，這種現象更為明顯（參見 Ohala and Eukel (1987)、Whalen and Levitt (1995) 等相關文獻的進一步討論）。以母音的發展而言，最早的研究 (Eguchi and Hirsh 1969) 認為母音的基頻會隨著年齡增加而遞減，但是低母音則相對平穩。於是，Hasek 等 (1980) 針對低母音做研究，發現僅有男性的低母音基頻會隨年齡增加而遞減，女性並沒有這種現象。試看圖 1 的客家孩童低母音基頻的走勢。

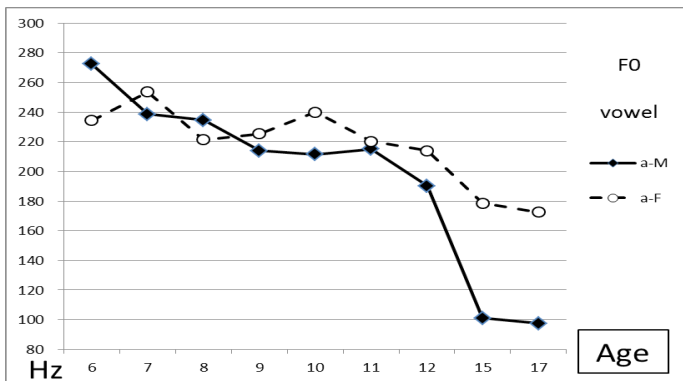


圖 1 客家孩童 6-17 歲的低母音基頻走勢

說明：M: 男性，F: 女性。
資料來源：作者製圖。

觀察前面圖 1 的走勢，我們發現女性在 6 至 8 歲之間，低母音基頻隨著年齡增加而各有不同起伏變異。8 歲之後，基頻隨年齡增加而一直上升到 10 歲。從 10 歲後，低母音的走勢才因為年齡增加而降低。換言之，10 歲是女性在低母音發展上的穩定期。男性則在 11 歲之後才穩定。10 歲以前的低母音基頻也粗分為兩段，6 至 9 歲下降，但 9 到 11 歲卻微幅往上升。最重要的是：（1）男性在 6 歲時期的母音基頻比較高（270Hz），而女性卻相對較低（240Hz）。（2）在 9 歲之前，男性的 F0 並不一定比女性還要低，至少在 6 歲與 8 歲兩個時期，男性的 F0 比女性高。

其實，低母音的基頻走勢也同樣反映在其他母音之中，且觀察後面其他母音的基頻發展走勢（如圖 2），最值得留意的是後中母音 [o]。在各男性年齡中，[o] 的基頻都是最低的，但是從 15 歲之後，卻突然往上升（125Hz）。然而，女性的 [o] 雖在 15 歲之前保持為所有母音中最低者，但在 15 歲後，卻比 [e] 的基頻還要高。可見，15 歲是另外一個轉折點，至少從 15 至 17 歲之間的基頻，頻率值反而增高了。

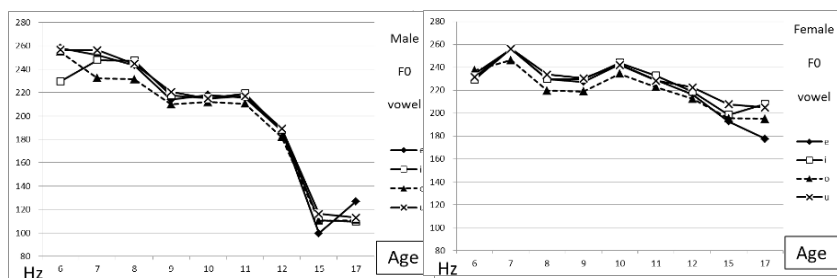


圖 2 其他母音的基頻在各年齡層的發展走勢

註：左，男性；右，女性。

資料來源：作者製圖。

接著，我們觀察客家話唯一的舌尖母音。這個母音必須特別檢視，因為它是客家母音中非常獨特的，主因是它僅出現在 [ts, ts^h, s] 之後，因此這個母音的出現環境與其他母音不同，至少聲母絕非塞音。我們的取樣來自於「字」[si] 的讀音（由於 Excel 無法插入 IPA 的 [i]，故用 [ii] 代替）。據觀察，9 歲是男、女在各年齡的走勢上舌，尖母音最重要的分水嶺。6 至 9 歲，無論男、女，都是由低往上升再降回來。但 9 歲之後，則維持年齡增加、基頻遞減的趨勢。男性的基頻也是在 9 歲之後，才穩定地低於女性。易言之，一般研究語音者認為女性的基頻一定高過男性，並非完全正確的看法，而是與年齡發展大有關係。

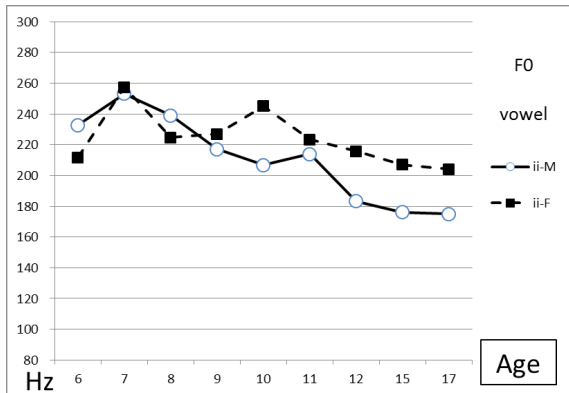


圖 3 男、女在 6 至 17 歲的 [ii] 基頻走勢變化

說明：M: 男性，F: 女性。

資料來源：作者製圖。

綜觀圖 1 到圖 3 的母音基頻在各年齡層的變化，應可肯定 10 歲（女性）或 11 歲（男性）是客家孩童的分界點。在分界點之前，男性的母音基頻有時還比女性高，可是卻有起伏現象。7 歲是分界點之前的高峰

期。分界年齡之後，女性的母音基頻很穩定地高於男性。這個年齡分界點可能就是客家孩童邁向成熟的重要階段。此外，我們發現，母音愈高，基頻也愈高的現象，僅出現在前母音，而後母音的基頻則各有不同的變化。這又與過去的文獻結果不同，因為過去的文獻，從 Fant (1970)、Kent (1992) 以還，都沒有區分母音前後與基頻之間的發展有關。

(二) 第一與第二共振峰

探究母音的本質，最具指標意義的還是母音的共振峰。現有的語音學文獻，共同的想法是，母音的第一個共振峰 (F1) 反映母音的高低，母音愈高，第一共振峰愈低。第二個共振峰為母音前後的指標，母音愈前面，則第二共振峰愈高。第一、第二共振峰的函數足以表示母音在高低前後二維的分布。圖 4 就是客家孩童從 6 歲到 17 歲各年齡層的各個母音的第一與第二個共振峰的頻率值走勢。

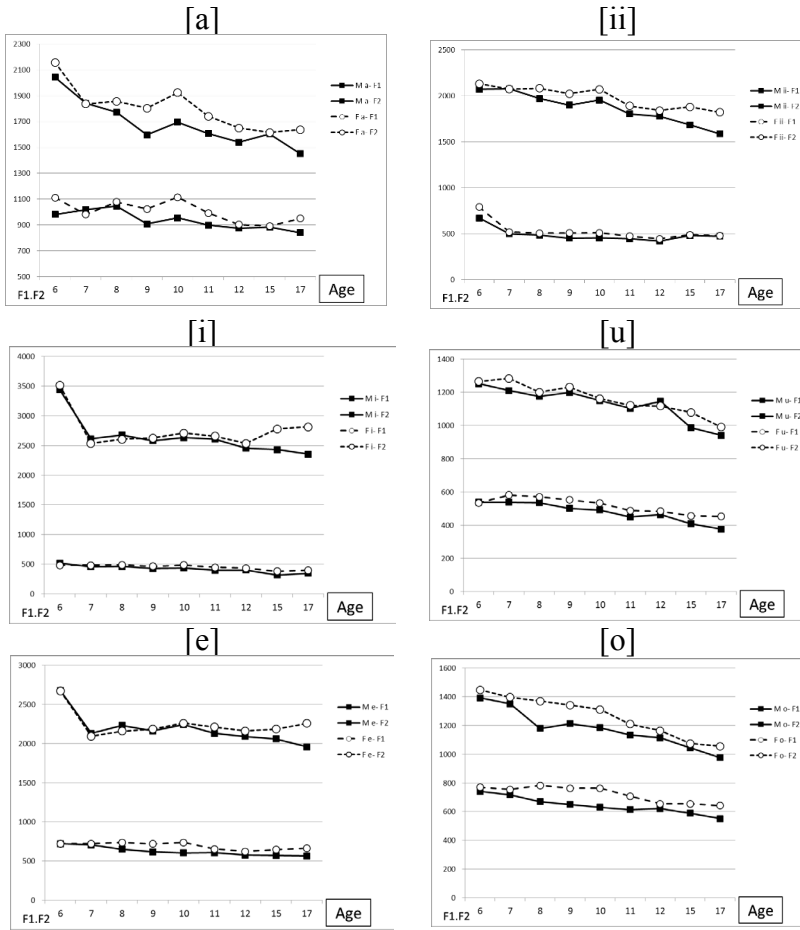


圖 4 客家各年齡的男女各母音的第一與第二共振峰走勢

說明：M: 男性，F: 女性。

資料來源：作者製圖。

仔細觀察圖 4 的各個母音，我們發現比較共通的現象有四：（1）與第二共振峰的走勢相比，第一共振峰相對比較平穩，雖然彼此還是有些許差別，但起伏的幅度都不是很大。（2）就前母音 [i, e] 與低母音

[a] 而論，6 到 7 歲的共振峰都由高而低。7 歲之後，不論是第一或第二共振峰都呈現年齡增加則共振峰降低的趨勢。雖然各母音在各年齡之間還是有不同的表現，但這種年齡與共振峰的反向關係，卻非常的明顯。

(3) 另一個頗值得留意的是 10 歲與 12 歲，前者在 [a, i, e] 中形成共振峰的高點，而其他母音則在 12 歲呈現高點。假若我們認同 Chung (1989) 的看法，認為低母音的後音值是無標的 (underspecified)，則這裡的發現支持了把 [a, ö, i, e] 劃為「非後音值的母音」([-back]) 的觀點，而「非後音值的母音」的共振峰高點出現在 12 歲。(4) 除了前母音 [i, e] 之外，其他母音的共振峰都是女性比男性還要高。而 [i] 與 [e] 卻是在 10 歲之前，男性還比女性高的現象。可見，女性共振峰高於男性的現象，並非沒有年齡或母音前後的限制，更非語言共同的現象。

第一與第二共振峰的比較與觀察，還可以提升到三維的空間來觀察。假若我們把 [i]、[u]、[a] 看成母音在分布上最前（高）、最後及最低的三個據點，則三個母音所形成的三角形面積 (vowel space area, VSA)，可提供母音在各年齡層的另一種變化走勢的觀察，如圖 5。

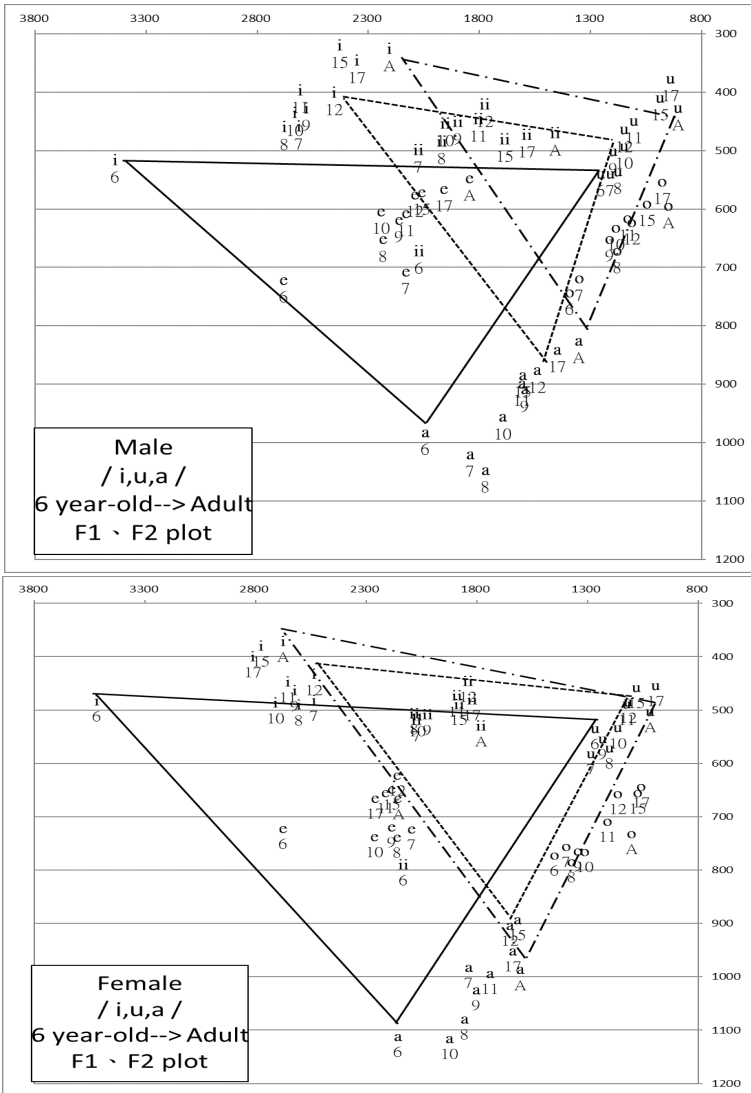


圖 5 客家男 (上)、女 (下) 孩童的母音面積變化走勢

資料來源：作者製圖。

圖 5 中的三張三角形大小，分別代表 6 歲、17 歲及成人的口腔面積¹⁹。由圖可以看出年齡愈小，其口腔應用於母音的發音空間愈大，自由度愈高。這也顯示，為何小孩可能學會各種不同的語言，因為他的發音面積大，舌頭的伸縮性也較大，若有良好的環境，每位孩童都可以學會各種不同的語言。年齡愈大，例如：到了 17 歲（圖 5 介於中間的就是 17 歲的口腔面積圖），舌頭能運用的口腔面積相對減少，因而排除了其他語言習得或學習的機會，增加語言學習的困難度，這種現象在第二語言習得研究的文獻中屢見不鮮²⁰。等到成人時刻，面積更為縮減。這種年齡愈大、母音面積愈小的關係，也見於女性發音人（圖 5 下）。

然而，口腔面積的大小發展與年齡的關係，恰如基頻與年齡的發展，絕非是完全直線的，而會在不同年齡分別有所起伏。且觀察圖 6 的面積大小與各年齡發展的關係比較。

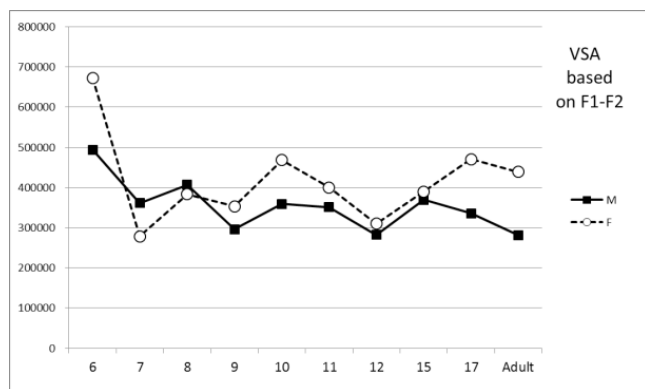


圖 6 母音面積與年齡發展關係走勢

說明：M: 男性，F: 女性。

資料來源：作者製圖。

19 成人的語料與分析也取自美濃地區，是鍾榮富（2014）接受客家委員會委託的計畫之一，其成果還在整理發表中。

20 關於母音在第二語言習得的文獻，可參考 Davidson（2011）或鍾榮富（2011b）。

從圖 6 可以看出，6 到 7 歲的 [i]、[u]、[a] 的 F1/F2 所形成的三角形面積還不穩定，母音面積圖在 6 歲時期都特別大，男女都是如此。但是到了 7 歲之後，分別出現了三個由低而升的三個週期，7 至 9 歲是第一個週期（7 歲低，8 歲高，9 歲又低），九至 12 歲又是另一個週期（9 歲低，11、12 歲升高，12 歲再降低），12 歲到成人又形成另一個週期（12 歲低，13、14 歲升高，15 歲至成人又稍微降低）。可見，從 F1/F2 形成的三角形面積來檢視孩童母音的發展，明確看出各年齡各有不同的起伏，與文獻所稱並不完全相同。

（三）第一與第三共振峰

正如 Vorperian and Kent (2007) 所述，喉腔的長度與第二共振峰高低的關係頗為密切，但要觀察或量測口腔的長度卻必須仰賴 F3 的頻率值。誠如 Perry 等 (2001) 所述，在 4 歲時期，男孩的 F3 比女孩低。由此可見，第三共振峰在語音的發展上，有其不可忽視的重要性。

觀察圖 7 的共振峰走勢，會發現兩點：（1）F3 反映了母音的高低與前後，母音愈高（如：[i]、[ø]），則 F3 愈高。可是另一方面，F3 愈高也表示母音愈前面，因此，[u] 的走勢反而比 [e] 與 [i] 還要低。（2）在各年齡層的走勢中，前高母音 [i] 與低母音 [a] 與 F1/F2 的面積在發展上呈現相同的走勢：6 歲最高，7 至 9 歲、9 至 12 歲、12 歲至成人各有三個循環的起伏。但是 [u] 與 [o] 由於為後母音的關係，八至 12 歲呈現從低到高再回到低的起伏。12 歲之後，F3 的頻率值則一路升高。這是與過去文獻最大的差別之處。

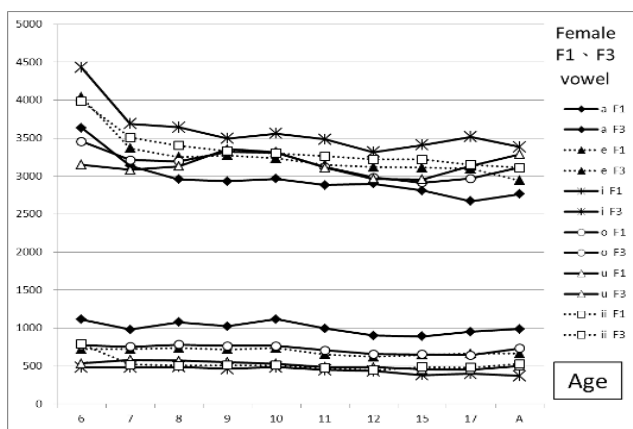


圖 7 F1/F3 在各年齡的發展走勢

資料來源：作者製圖。

由於客家孩童在 F3 的表現非常特殊，這是否代表了 F1/F3 所形成的母音面積也會有所差異呢？這是很值得探討的議題。且讓我們觀察圖 8 的 F1/F3 所形成的母音面積走勢現象。

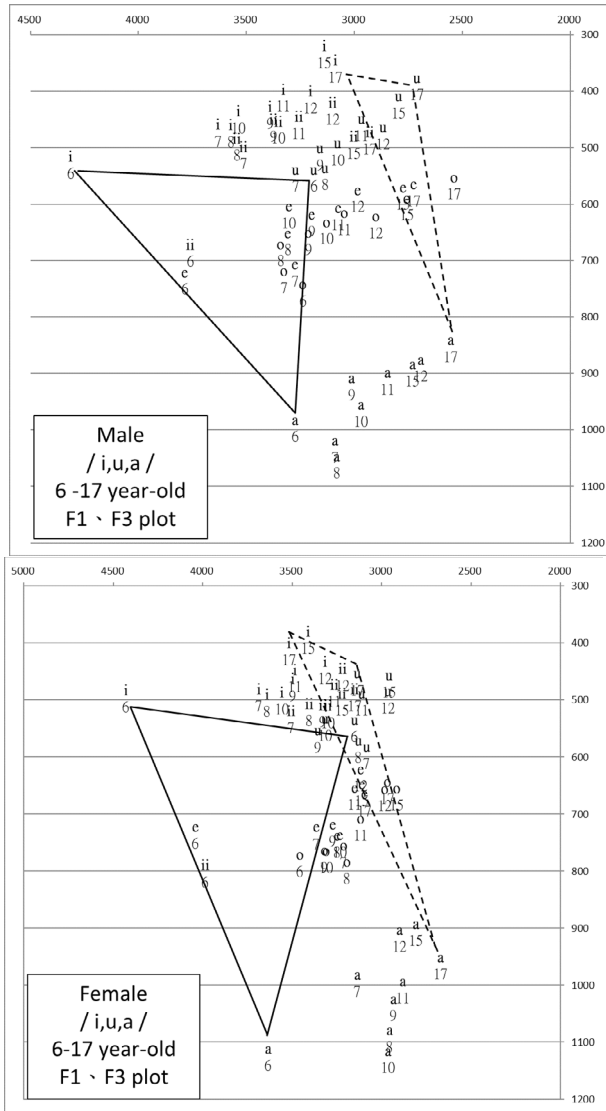


圖 8 客家男(上)、女(下)孩童

根據 F3/F1 所形成的母音面積變化走勢

資料來源：作者製圖

首先，男性的母音面積有兩點值得討論：（1）6 歲的 F1/F3 面積比較大，而且呈現近乎垂直三角形的結果，而 17 歲時的母音面積，一則面積變小，再則三角形呈銳角三角形的外觀，使 [a] 到 [u] 的距離很短，而兩者與 [a] 的距離卻很大，讓 [a]、[i] 與 [u] 的角度變得極為尖銳。（2）7 到 15 歲之間的各個母音 F1/F3 的頻率值形成微小的差別，聚集成為一群。然而，6 歲顯然是另一個母音發展群²¹。此外，男孩母音 F1/F3 形成的母音三角形面積的發展也同樣見諸於女性（圖 8 下），只是女性 6 歲時的三角形面積比男性還要大，但到了 17 歲之時，若純由 [i]、[u]、[a] 三個母音所形成的三角形面積來看，男、女非常的接近。

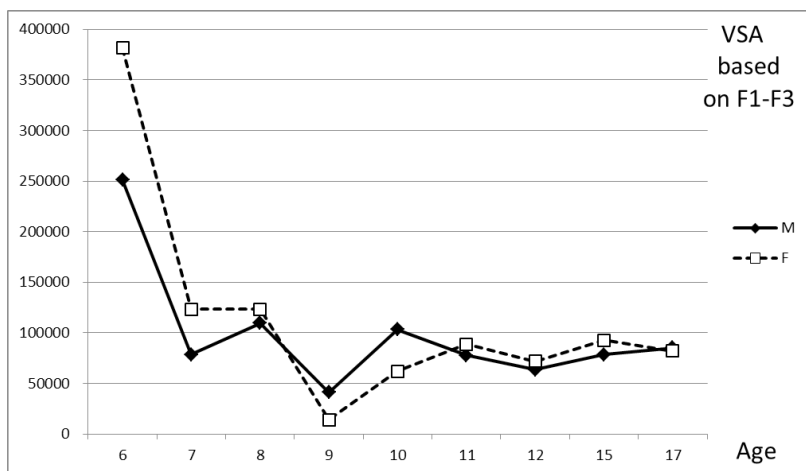


圖 9 由 F1/F3 在各年齡的 [i]、[u]、[a] 形成的三角形面積大小發展走勢

資料來源：作者製圖。

21 本研究本有意調查三至五歲的孩童，可是遍訪了六堆各地的幼稚園，即使是在號稱沉浸式教學的幼稚園所，也很難發現五歲前以客語第一語言的孩童。在我們蒐集的有限的資料中，三至五歲間各年齡共得 11 位受試者，但是口音偏國語，故無法作為比較的語料，這非常值得客家語言研究者注意。

另一方面，就整體面積的大小來審視，則 6 至 7 歲仍然是個極大的變化指數，因為男、女在這個年齡層的 F1/F3 三角形面積都從高降低。7 至 9 歲與 F1/F2 的三角形面積相同，是由低轉高後再降低，有了起伏變化。重要的是，不論男女，都呈現上升的趨勢，直到 17 歲。可見，就 F1/F3 的母音三角形面積的大小而言，其與 F1/F2 的面積大小之最大的差別在於，F1/F3 的面積並非年齡愈高、面積愈低的走勢。在 9 歲之後，客家的男、女孩童的 F1/F3 面積都呈現年齡愈大、面積愈大的趨勢。

六、啟示與意義

本研究顯示，母音的共振峰（包括基頻、第一共振峰、第二共振峰、第三共振峰）都不完全支持「年齡愈大，共振峰愈小」的理論。仔細檢閱各年齡層在各個母音之間的發展，結果是各有不同的起伏。簡而言之，可以把各年齡分為三個起伏循環，分別為 7 歲、7 至 9 歲、9 至 12 歲以及 12 至 17 歲，每個循環的起伏差別不大，都是由低升高，而後再降低。這些循環性在過去的文獻都沒有相關的紀錄，本研究在這方面的結果，至少有兩個啟示：（1）客家孩童的母音發展現象，並沒有完全支持過去文獻的理論或觀點，這或許與研究方法有關。可是文獻中除了 Bennett（1981, 1983）使用句子之外，其他都以單詞鑲嵌在承載句中的字表為本，而單詞的音節也限於 bVd、hVd 中，且不論是美語或澳洲英語（Busby and Plant 1995），結果或有不同，但是研究方法在本質上並沒有太大的區別。我們這裡的研究，以 TVT 為結構編成的字表，也與文獻同大於異。其他如母音共振峰的攫取、程式應用也雷同。可見，研

究方法並非是各種結果不同的主因。(2) 孩童的母音發展，還需要更多的經驗研究作為支持，尤其是客家孩童是否具有內在的相似性，仍需更多的研究或語料分析，才能進一步確認。

根據新近的研究 (Pettinato et al. 2015)，現階段的研究者仍然試著透過不同的面向或研究方法，例如：EGG (Electroglottograph, 電子喉肌記錄儀)、MRI、舌位前後的空間對比，或從聲學的量測，例如：體型、高矮與口腔長短之間的關係等，想要釐清母音共振峰與口腔相關的空間關係。然而，各種研究方法所呈現的結果似乎各有異同。相同者，例如：年齡增長與母音各共振峰成反比的現象僅出現在某個年齡之後 (9 至 11 歲)，這個年齡之後的語音發展趨於穩定，故而支持了「年齡愈大，共振峰愈小」的理論。但相同之處也僅止於此，其他的變數，無論是男女、地區、體型、語言、人種等，卻又隱隱然扮演某種角色，只是哪種確切的角色卻又無法肯定地列出來。

七、研究總結與討論

進行總結與討論之前，先把研究結果稍作整理。本研究發現：(1) 對於基頻而言，7 歲是很突出的年齡，從 7 歲到 8 歲的基頻，無論男女，都呈現陡降現象。其他年齡則分別可看成三個起伏的循環，7 至 9 遂由低而高再降低，9 至 12 歲也如此，12 至 17 歲乃至於成人階段，還是構成起、降的循環。且母音愈高、基頻也愈高的現象，僅出現在前母音，而後母音的基頻則各有不同的變化。(2) 女性的基頻一定高過男性，並非完全正確的看法，而是與年齡發展大有關係。至少在 17 歲之前，

男、女性別在基頻上的表現還不全然一致。(3) 第一共振峰的起伏似乎呼應了基頻的走勢，但相較之下比較平穩，起伏不像基頻那樣的尖銳。另外，前母音與低母音在 6 至 7 歲之間的變化大，但 7 歲之後，呈現了年齡愈大、共振峰愈低的趨勢。在 10 歲與 12 歲之間，母音在 [a, i, i, e] 中形成共振峰的高點，而其他母音則在 12 歲呈現高點。(4) 由 F1/F2 所形成的母音三角形 ([i]、[u]、[a])，顯見年齡愈小，面積愈大。而且 8 歲之前男、女的面積各有大小的更迭，但 8 歲之後女性的面積都大於男性。(5) 母音的第三共振峰具有區別年齡階層變化的意義，且同時顯示年齡愈小，F1/F3 所形成的母音三角形面積愈小。(6) 男性 F1/F3 母音三角形面積僅在八至 10 歲之間，有比女性的面積大，其餘的年齡層則都是女性的母音三角形面積大過男性。(7) 由整體面積的大小來審視，6 至 7 歲仍然是個極大的變化指數，男、女都從高降低。7 至 9 歲與 F1/F2 的三角形面積相同，係由低轉高再降低，而有了起伏變化。

以上的研究發現，有些支持了過去的文獻研究，例如年齡愈小、共振峰愈降低 (Fant 1970; Kent 1976)。可是，我們的發現卻並非完全如此，而是有年齡層的高低起伏變化，這是過去的文獻沒有指出的現象。同時，我們的研究另以母音的三角形面積的變化，來檢視年齡與母音共振峰之間的關係，補足了過去相關文獻的不足。此外，過去的研究鮮少觀察母音的基頻與母音高低的關係，我們的研究則發現，母音愈高，基頻也相對走高，這種現象，有些文獻 (Ohala and Eukel 1987; Whalen and Levitt 1995) 稱之為「母音內部的共通性」(vowel intrinsic universal)。然而客家孩童的語料顯示這種母音的共通性實與母音的前

後有關。

此外，本研究至少還有兩點值得討論。理論上，孩童的母音變化不僅與年齡有關，其他的因素，如性別、地區、人種、語言乃至於母音音值的相似（similar）或相同（identical）都有密切的關係。然而，這方面的研究還必須從各種能區分的因素中做更進一步的比較。例如：語言之區別是否足以說明各年齡變化的共同性？Lee and Iverson（2008）以韓語與美語的相似母音作為研究對象，結果指出語言差異在語言發展上似乎並沒有足以影響的角色，並指出孩童母音的共振峰變異純為非語言因素，例如：文化、語言內在差異等社會因素，而與語言因素（linguistic factors）沒有太大的關係。而男女的差別是否與文化有關，更成為另一個討論點。Whiteside（2001）將 Lee 等（1999）的語料以 kn-factors²² 的方法重新分析，最後指出男、女在母音的發展上，其實並沒有太過明顯的差別。

本研究固然無法充分否認語音發展全起於非語言的因素，但卻帶來了另一種可能的觀點，那就是語言因素至少扮演了某種角色。因為客語的孩童母音的發展走勢，頗有與文獻不同之處，這些差異應該就是由於客家話本身的語言因素異於其他的語言之故。不過，這樣的結論目前還是很基礎的看法，因為接著衍生的問題是，就母音的發展而言，客家語言是否具有某些共同的特點？客家次方言有多種，在臺灣的語料至少就包括海陸、苗栗、南四縣、大埔、東勢、饒平等，必須將各種語料蒐集

22 Kn-factors 是把每種母音共振峰數字化，並從核心到各個母音間的距離進行比較，比較的公式有很多種，分別根據年齡、性別、母音類別進行另一種標準化的量尺。由於標準化的關係，使得男、女的變數影響趨近最低，而提出了與原文（Lee et al. 1999）不一樣的結論。本文的所有語料，也將採用此分析方法重新檢視，另外書寫專文討論兩種分析方式的異同。

齊全後，進一步分析，方能找出客家的共通點。

至於經驗上，本研究提供了美濃客家語言的孩童發展相當完整的語音素材與研究分析，這是過去的客語研究中尚未有人做過的創新領域。希望本研究的結果、方法、語料等能引來更多的研究，進一步將客家語言發展的內在與外在條件研究整理就緒，藉以提供未來語言學研究或漢語方言研究的指南。相關文獻中，Vorperian 等（2009）與 Barbier 等（2015）都提出一些語言母音發展方面的檢討，因為從各種的研究資料中，發現口腔長度與母音共振峰變異之間的關係，迄今雖已有語音聲學、MRI 等研究的投入，但實際上，各種研究的結果並不全然相同，甚至有些研究結果還非常不一致，因為孩童母音共振峰的變異與「口腔長度」的認定有關。長度是指純粹從聲門（glottis）到嘴唇（嘴唇的前凸或圓唇是否也要明確計算在內？這也是另一個考量點）的長度？還是需要考慮口腔內部中前後腔室（anterior-cavity-length）的變化比例，同時也需要考慮喉嚨寬度（oropharyngeal-width）與年齡層的關係？最後，還要納入比例（proportion of anterior and back in VT, VT-oral）的因素。正如所有與理論相關的基礎研究一樣，客語孩童的母音發展尚有許多其他的研究議題或值得考慮的因素，這些嚴格來說尚無法在本文中得到圓滿的解答，但這些研究限制正好指明了未來可以深入研究的空間。

作為基礎科學的學術研究，本文對於客家孩童的母音發展變異之研究不但在語言理論內部，而且也在孩童發展與經驗語料蒐集等領域內，達到了具體的結果。希望未來還有更多的研究投入，讓語音發展與年齡變異之間的關係更為明朗，也更為透明。本研究帶給未來客家語言之研究者一個新的視野、新的研究方向、新的研究理念，因為聲學分析與母

音研究目前在客家語言研究領域內仍屬少數。而客家話類別良多，聲學之研究潛力無窮。特別值得重視的是，客家兒童語言發展的研究非常罕見，為了要讓客家語言的研究邁向成熟的境界，兒童語言的語料、分析、研究、理論印證等更不可或缺。

其次，本研究擺脫客家語音必須與中古音做類比或討論其前後演變之可能性，改以共時的語言為直接觀察的對象，先掌握語音的發音與聲學特性，進而能提供堅實的語料，作為歷時語音演變的推論基礎。兒童語音的變異，尤其值得古音變異研究的參酌，目前的客語研究顯然尚缺這一個區塊。

最後，本研究建立了語言比較的新機制，透過語音物理之聲學特性，藉以比較兩種或多種語音內在的實質差異或共通性，以期能得到更為真實的語言現象。

謝誌：本文為科技部兩個專案研究（MOST104-2410-H-218-010 與 MOST105-2410-H-218-015）的部分成果，其他成果來自於客家委員會 2016 至 2017 年的學術研究補助。感謝美濃鄉親與小朋友的支持與參與。本文初稿發表於 2017 年 12 月 23 日在國立交通大學客家學院舉辦的「客家的形成與發展」學術研討會中，感謝與談人賴慧玲教授所給予的許多寶貴建議，同時感謝與會的專家學者提出的建言，改善了本文的內容與組織。更感謝兩位匿名評審的細膩建議與修正意見。

參考文獻

張民賢，2007，《台灣六至八歲兒童低年級學齡兒童單母音之量化分

- 析》。國立成功大學醫學工程研究所碩士論文。
- 楊時逢，1971，〈美濃地區的客家話〉。《中央研究院歷史語言集刊》42(3)：405-456。
- 劉新貴，2009，〈不同年齡及性別兒童在華語母音的共振峰與基頻差異〉。高雄師範大學聽力學與語言治療研究所碩士論文。
- 鍾榮富，1997，美濃客家語言。收於《高雄縣客家社會與文化》。高雄縣政府出版。頁 293-444。
- _____，2004，〈台灣客家話語音導論〉。台北：五南書局。
- _____，2011b，〈對比分析與華語教學〉。臺北：正中書局。
- _____，2011a，〈華語的語音與教學〉。臺北：正中書局。
- _____，2014，〈六堆客家話的語音聲學研究〉客委會學術研究報告。
- _____，2017，〈台灣客家孩童的母音發展〉。頁 397-326，收錄於鍾榮富與陳純音編，〈點亮語言世界〉。臺北：臺灣師大出版社。
- Barbier, Guillaume et al., 2015, “Human Vocal Tract Growth: A Longitudinal Study of the Development of Various Anatomical Structures.” Paper presented at the 16th Annual Conference of the International Speech Communication Association (Interspeech 2015), Dresden, Germany, September 17.
- Bennett, Suzanne, 1981, “Vowel Formant Frequency Characteristics of Preadolescent Males and Females,” *Journal of the Acoustical Society of America* 69: 231-238.
- _____, 1983, “A 3-year Longitudinal Study of School-aged Children’s Fundamental Frequencies,” *Journal of Speech and Hearing Research*

26: 137-142.

- Borden, Gloria J. et al., 1994, *Speech Science Primer : Physiology, Acoustics, and Perception of Speech* (3rd ed.). Baltimore: A Waverly Company.
- Burnham, Evamarie B. et al., 2015, “Phonetic Modification of Vowel Space in Storybook Speech to Infants up to 2 Years of Age.” *Journal of Speech and Hearing Research* 58:241-253.
- Bushy, P. A. and G. L. Plant, 1995, “Formant Frequency Values of Vowels Produced by Preadolescent Boys and Girls.” *Journal of the Acoustical Society of America* 97: 2603- 2606.
- Chen, Li-Mei and M. H. Chang, 2010, “New Growth Charts for Taiwanese Children and Adolescents Based on World Health Organization Standards and Health-related Physical Fitness.” *Pediatrics Neonatology* 51(2): 69-79.
- Chen, Li-Mei, 2016, *Vowel Development from Birth to 3 Years Old: A Longitudinal Study with Mandarin-learning Children*. Taipei: The Crane Publishing Co. Ltd.
- Cheng, C.-C., 1973, *A Synchronic Phonology of Mandarin Chinese*. The Hague: Moutan.
- Chung, H. et al., 2012, “Cross-linguistic Studies of Children’s and Adults’ Vowel Spaces.” *Journal of the Acoustic Society of America* 13(1): 442-454.
- Chung, R. F., 1989, *Aspects of Hakka phonology*. Ph. D. dissertation University of Illinois at Urbana-Champaign.

- Chung, R. F., 2017, "Vowel Developments in Hakka Children." *Linguistica Lettica* 25: 22-47.
- Davidson, Lisa, 2011, "Phonetic and Phonological Factors in the Second Language Production of Phonemes and Phonotactics." *Language and Linguistics Science* 5(2): 126-139.
- Duanmu, San, 2002, *The Phonology of Standard Chinese*. Oxford: The Oxford University Press.
- Eguchi, S., and I. J. Hirsh, 1969, "Development of Speech Sounds Children." *Acta OtoLaryngol, Supplement* 257: 1-51.
- Fant, G., 1970, *Acoustic Theory of Speech Production*. The Hague: Mouton.
- Fitch, W. T. and J. Giedd, 1999, "Morphology and Development of the Human Vocal Tract: A Study Using Magnetic Resonance Imaging." *Journal of the Acoustical Society of America* 106: 1511-1522.
- Flege, James E., 1987, "The Production of 'New' and 'Similar' Phones in a Foreign Language: Evidence for the Effect of Equivalence Classification." *Journal of Phonetics* 15: 47-65.
- Hasek, C. S. et al., 1980, "Acoustical Attributes of Pre-adolescent Voices." *Journal of the Acoustical Society of America* 68: 1262-1265.
- Hayward, Katrina, 2000, *Experimental Phonetics*. London: Longman.
- Kaplan, H. M., 1981, *Anatomy and Physiology of Speech* (2nd). New York: Graceway.
- Kent, Ray D. and Voperian, Hourii K., 2007, "Vowel Scoustic Space Development in Children: A Synthesis of Acoustic and Anatomic Data."

- Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 50: 1510-1545.
- Kent, Ray D., 1976, "Anatomical and Neuromuscular Maturation of the Speech Mechanism: Evidence from Acoustic Studies." *Journal of Speech and Hearing Research* 19: 421-447.
- _____, 1992, "The Biology of Phonological Development." Pp. 65-90 in *Phonological Development*, edoted by Charles A. Ferguson et al. Maryland: York Press.
- Lass, Norman L., 1996, *Principles of Experimental Phonetics*. New York: Mosby Year Book.
- Lee, S. and G. K. Iverson, 2008, "The Development of Monophthongal Vowels in Korean: Age and Sex Differences." *Clinical Linguistics & Phonetics* 22(7): 523-536.
- Lee, S., 1999, *The Development of Monophthongal Vowels in Korean: Age and Sex Differences*. Ph.D. dissertation, University of Wisconsin-Milwaukee.
- Lee, S., A. Potanianos and S. Narayanan, 1999, "Acoustics of Children's Speech: Developmental Changes of Temporal and Spectral Parameters." *Journal of the Acoustical Society of America* 105: 1455-1468.
- Ohala, J. J. and B. W. Eukel, 1987, "Explaining the Intrinsic Pitch of Vowels." in *Honor of I. Lehiste*, edited by R. Channon and L. Shokey. Dordrecht: Foris.
- Perry, T. L. et al., 2001, "The Acoustic Bases for Gender Identification from Children's Voices." *Journal of the Acoustical Society of America* 109:

2988-2998.

Pettinato, Michèle et al., 2016, “Vowel Space Area in Later Childhood and Adolescence: Effects of Age, Sex and Ease of Communication.” *Journal of Phonetics* 54: 1-14.

Pickett, J. M., 1998, *The Acoustics of Speech Communication*. Boston: Allyn and Bacon.

Vorperian, H. K. and R. D. Kent, 2007, “Vowel Acoustic Space Development in Children: A Synthesis of Acoustic and Anatomic data.” *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 50: 1510-1545.

Vorperian, H. K. et al. 2009, “Anatomic Development of the Oral and Pharyngeal Portions of the Vocal Tract: An Imaging Study.” *Journal of Acoustic Society of America* 125(3): 1666-1678.

Wang, S. Y. William, 1972, “The Many Uses of F0.” Pp. 487-503 in *Papers in Linguistics and Phonetics to the Memory of Perre*, edited by A. Valdma. Moudan: The Hague..

Weisstein, E. 2014. “Triangle Area.” <http://mathworld.wolfram.com/TriangleArea.html>.

Whalen, D. H. and A. G. Levitt, 1995, “The Universality of Intrinsic F0 of Vowels.” *Journal of Phonetics* 23: 349-366.

Whiteside, S. P., 2001, “Sex-specific Fundamental and Formant Frequency Patterns in a Cross-sectional Study.” *Journal of the Acoustic Society of America* 110(1): 464-478.

Whiteside, S.P. and C. Hodgson, 2000, “Some Acoustic Characteristics in the

Voices of 6- to 10-year-old Children and Adults: A Comparative Sex and Developmental Perspective.” *Logopedics Phoniatrics Vocology* 25: 122-132.

Zhang, Hongming, 2017, *Syntax-phonology Interface: Argumentation from Tone Sandhi in Chinese Dialects*. New York: Rutledge.

附錄一字表

同情境之客語音節（共 16 個音節）

1.(-d)

	音節	拼音	詞句	圖片
1.	北	pet	這字是北港的北。	北港
2.	筆	pit	這字是筆筒的筆。	筆筒
3.	伯	pat	這字是伯勞的伯。	伯勞
4.	不	put	這字是不通的不。	不通
5.	發	pot	這字是發板的發。	發板

2.(-p)

	音節	拼音	詞句	圖片
1.	級	kip	這字是一級品的級。	一級品
2.	圾	sep	這字是垃圾的圾。	垃圾
3.	甲	gap	這字是甲等的甲。	甲等

3.(-k)

	音節	拼音	語句	圖片
1.	殼	kuk	這字是殼包的殼。	殼包
2.	角	kok	這字是角度的角。	角度
3.	剝	kak	這字是剝開的剝。	剝開

4.open

	音節	拼音	語句	圖片
1.	家	ka	這字是家兔的家。	家兔
2.	機	ki	這字是機場的機。	機場
3.	姑	ku	這字是姑婆的姑。	姑婆
4.	芥	ke	這字是芥菜的芥。	芥菜
5.	高	ko	這字是高鐵的高。	高鐵

圖片舉例

