



語音聲學及其應用

鍾榮富*

一、引言

語音的產生，主要是由於儲存在我們肺部的氣流經過壓縮之後，再把積存於其中的氣流往口腔或鼻腔送出的緣故。被壓縮出來的氣流，撞擊到空氣中的微粒子，空氣本來就包含了無數的微粒，因此氣流撞到微粒子之後，進而使這些微粒子互相撞擊，形成聲波，最後聲波傳到我們的耳膜，經過神經系統的傳遞及解碼 (decode)，結果就是我們所聽到的語音。因此，要瞭解語音的「聽」或理解，先要弄懂一些語音聲學 (acoustic phonetics) 的基本概念，而「語音聲學」研究的是語音的物理性，對象主要是聲波及聲譜的解讀。¹

由於語音聲學的研究與語音學 (如何發音)、聲韻學 (語音的系統或分布)、物理 (聲波、頻率、密度)、數學 (頻率與波長的關係，取樣帶來的密度濃淡) 及統計 (發音人內在的差異性) 多少有關連，而國內的學生受到分科教育的影響，對其數理基礎信心不夠，碰到語音聲學分析的數字與物理背景，多少有點害怕。此外，語音聲學的研究與設備有關。昔日的設備費用昂貴，無法普及，現在則因為電腦分享程式如 Praat, Phonetic Station 等等語音分析程式，均可以從網路上免費下載，語音分析或工具的取得相對容易。

目前在臺灣能看到的相關書籍如王士元 (1988)、王士元與彭剛 (2007)、朱曉農 (2010) 等文獻大都著重語音理論。王士元與彭剛 (2007) 固然論及語音分析的技術如 Praat 的內建延伸程式，但沒有講到把聲學研究應用到其他學科領域的可能性。中文寫作的語音聲學專門書籍如吳宗濟與林茂燦 (1989) 有很深入的華語語音的聲學分析，可惜由於年代久遠，市面上並不容易取得。英文方面的著作如 Joos (1948)、Catford (1977)、Borden et. al. (1980)、

* 南台科技大學應用英語系講座教授，rfchung@mail.nsysu.edu.tw。

¹ 英文的 acoustic phonetics 一般都翻譯成「聲學語音學」，但是這樣的翻譯含有兩個「學」，有點奇怪。個人認為還是譯成「語音聲學」較為簡單明瞭。

Lieberman & Blumstein (1988)、Pickett (1996)、Lass (1995)、Hayward (2000) 則引介了聲學分析的基本概念，是初入門者的重要燈塔，頗具指引功能，然而限於專業的觀念，無法導引其他相關領域的學者應用聲學概念。更專門的理論則以 Fant (1970) 及 Stevens (2000) 為典範，從工程及數學的角度為語音聲學之研究奠定物理分析的理論基礎。

本文以國科會人文學研究中心補助執行的「語音聲學及其應用讀書會」的理想與執行情形為本，再把語音聲學之研究或分析方法，在相關領域應用的可行性，做概括性介紹，希望未來能有更多領域的學者，能利用語音聲學的概念來做更深一層的研究。

二、語音聲學相關的應用領域

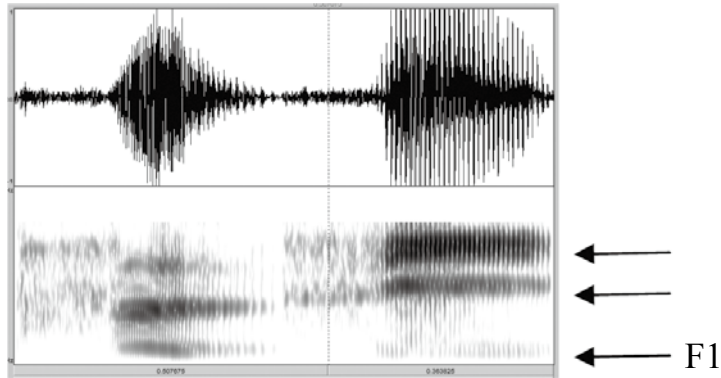
與語音有關的研究領域不少，因此能應用語音聲學的研究方法或成果的研究主題很廣泛，本節簡略地介紹語音聲學最能應用的主題，如方言的採集或分析、第一或第二語言習得之研究、溝通障礙或聽障診療判斷。最後將更簡略的討論其他相關領域。然而，篇幅所限，即使是前面幾個主題，也只能根據一兩個聲譜圖示為範例，提供相關之討論。

漢語方言一向是語言學或語音學研究的重點，臺灣的漢語方言在語料的採集、分析、比較、源流、接觸等等已經有了堅實的成果，但是與語音相關的研究，多半集中在語音的演變或與中古語音的對應，部分則採用音韻理論探討語音系統。比較之下，透過儀器分析探討語音本質或聲學的研究，相對地缺乏。

以元音為例。在語音聲學的研究中，元音的區分，主要根據共振峰 (formants)。所謂共振峰是指：氣流在口腔的共鳴頻率，這種共鳴頻率在音圖上所呈現出來的是黑條形狀，從下而上分別稱為第一共振峰 (First Formant, 簡稱 F1)、第二共振峰 (Second Formant, 簡稱 F2)。第一共振峰與舌位的高低成反比：舌位越高，F1 越低。第二共振峰則與舌位的前後成正比：舌位越往前，F2 越高。因此，取得共振峰的數字即能測知元音的前後分布。以臺灣東勢客家話的「私」[sö] 與「西」[si] 的元音為例，(1b) 的元音 [i] 個前高元音，因此 F1 較低 (約在 340Hz) 而 F2 較高 (約為 2315Hz)，顯示 [i] 是個前元音，所以 F2 比較高。[i] 也是高元音，所以 F1 較低。相較之下，(1a) 是個舌尖元音 [ö]，F1 較高 (383Hz)，F2 較低 (1385Hz)：



(1) a. 「私」 [sö] b. 「西」 [si]



一般漢語方言學的研究，元音都以「標準元音」(cardinal vowels) 為參較基準。而「標準元音」是 Jones (1948) 提出的觀念，分布如(2)：

(2)

	前	央	後
高	i		u
中	e		o
低		a	

這五個標準元音的分布是前後對稱的，位於中央位置的低元音正好被放在 /i/ 與 /u/ 的正中間。五個標準元音的高低也絕對地對稱。不過，這個「標準元音」的圖示或分布，事實上只存在於理想中，因為實際語言中的 [i] 與 [u] 不會是如此地平衡，如此地左右對稱。大部分語言中的前高元音 [i] 不是比標準元音稍前，就是比它稍後一些。或者說，大部分語言的高元音 /i/ 和 /u/ 並不都一樣高，/e/ 和 /o/ 也不見得平衡對稱。以華語的元音來看，[u] 比 [i] 還要低些，[e] 比 [i] 還要往後一些，而且 [o] 比 [u] 稍前一些，進一步分析如下：

(3) 北京與臺灣華語的元音分布圖比較

下圖(3)是一張兩種華語的元音分布圖，北京華語只採用一個男性發音人的口音，發音人具有華語八級證書(可以當播音員)。臺灣華語的元音分布圖，發音人共有十位，都是大學生，我們取平均值。比較(3)中的北京與臺灣華語之元音分布圖，我們發現：臺灣所說的華語，舌位之前後距離較大，

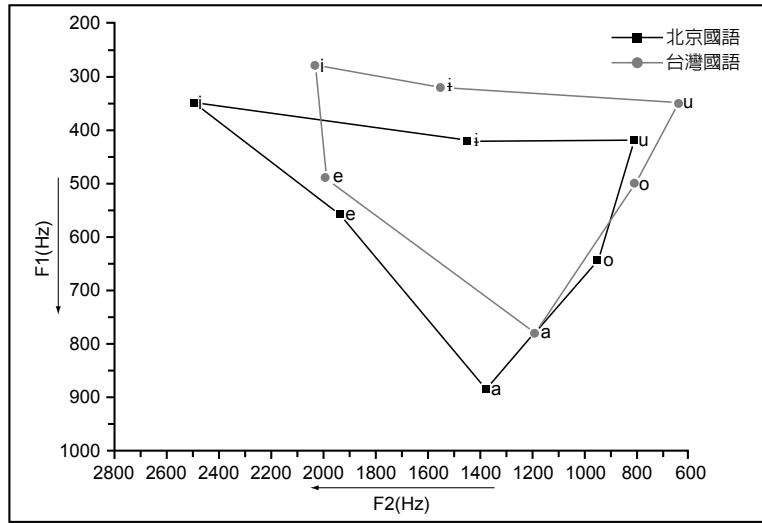


圖 (3)

高低之間距離也較大。換言之，臺灣人說華語時開口較大，舌位的滑動空間也比較大。(3) 中的元音分布圖，是透過聲學分析程式 Praat，取得每一個元音的共振峰平均數值，然後以 F1 為縱軸，F2 為橫軸，所繪出來的元音分布圖示。北京、臺灣華語的共振峰數值分別如下：

(4) 北華(北京華語)與台華(臺灣華語)的共振峰數值

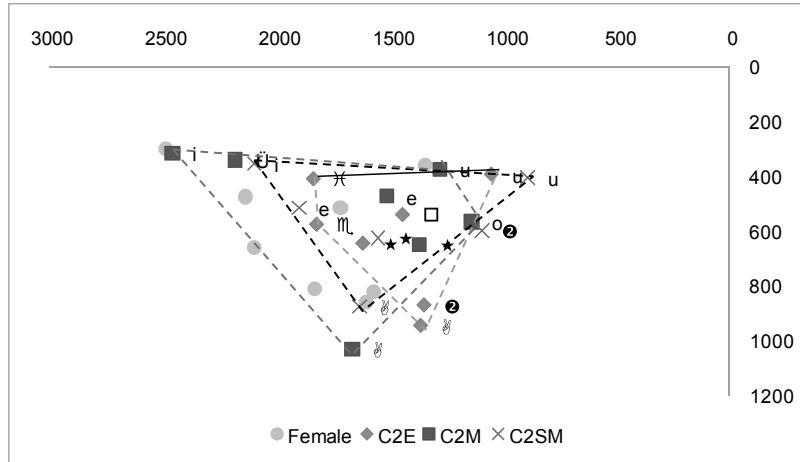
		/i/	/u/	/e/	/o/	/a/	/ɔ/
北華	F1	349	419	558	644	885	420
	F2	2498	810	1938	950	1379	1450
台華	F1	265	215	490	510	870	310
	F2	2000	620	1900	820	1200	1580

(3)與(4)的語料和圖示，在學術研究上可以提供多方面的應用。第一，各方言的元音基本上是不同的，可是由於現有的田野調查報告或記錄都只用文字敘述，對於實際語音的音值比較模糊，如能採用(3)的元音分布圖示，應該會讓讀者有更清晰的印象。第二，像(3)的比較，兩種語音的差別更容易掌握。第三，對於語言習得而言，如能比較不同階段的嬰兒或孩童的元音與成人的元音，則每個階段的語音發展會有明確的數字或圖示，足以瞭解語音發展的現象。第四，對於第二語言習得研究而言，圖(3)就是最好的研究縮影。臺灣的華語(國語)事實上是大部分臺灣人的第二語言，從(3)的元音區別，很能討論臺灣華語受到閩南語影響的程度。伸而言之，臺灣學生的英語，必然也會受到閩南語的影響。試比較美籍女性(Female)，以及台籍學生



的英語 (C2E)、國語 (C2M)、閩南語 (S2SM) 之元音：

(5)



從 (5) 的比較，很顯然台籍學生的英語受到閩南語的影響大於受到國語的影響。這在英語教學或第二語言習得上的啓示很有意義。過去臺灣的英語教學研究中，都把英語當成第二語言來研究，這並非絕對正確，因為英語其實是大多數臺灣學生的第三語言：他們開始學習英語之前，大多至少已經會講兩種語言，母語（閩南語、客家語、或原住民語）及國語。因此，很值得探究的是：英語受到國語的影響較深呢？還是受到母語（閩南語）的影響較深？這樣的議題，透過語音聲學的分析與比較，方能有足夠的背景作為論證的基礎。

此外，語音認知或心理的研究，也與語音聲學頗有關係，但是限於篇幅，無法在此詳談。

三、感想與結論

聲學研究的研究工具如 Praat 分析系統，目前可以直接在網路上下載，取得非常方便。該研究可以應用在方言學、語言習得、第二語言習得、溝通障礙、聲學認知與心理歷程等等領域的研究，然而臺灣的語音聲學研究顯然還沒有受到應有的重視。

英語教學或第二語言習得中，已經很多理論建立在語音聲學的基礎之上。其中 Fledge (1981, 1987, 1988, 1992, &1995; Fledge et al. 1996) 從聲學現象創用的 SLM (speech learning model) 理論，與 Best (1992) 等開關的 PAM

(perception assimilation Model) 理論，均已經被學術界廣為應用與討論。例如，王韻佳與鄧丹（2009）應用對外華語教學的語料來論證 SLM 的強弱點，Lai（2010）以臺灣學生的英語習得語料提出對於 SLM 的修正及補強，而其他語言之外語習得之支持或反對 SLM 者，可以參見 Weinert（2009）。

除了第二與研習得之外，語音聲學應用的層面相當廣泛，諸如英語教學、對閩南語、客家語的研究、華語教學之研究、兒童語言習得，以及語言治療、發音矯正、構音異常、社會語言研究等領域。但是目前國內的語音聲學研究或 Praat 的應用，還在比較微觀的範疇，這是我們的讀書會試著突破的觀念。

我們原來的構想是：透過對於聲學理論的研讀，介紹語音分析系統的操作應用，然後研讀相關應用之文獻，藉以提供或拓展研究生未來的研究方向、主題、或領域。另一個目的是透過不同領域學者之聲學應用的討論，交換彼此的研究心得，克服跨領域的困難，整合研究資源，把聲學之研究應用到特殊教育（聽障者之語言得困難（如「清晰度」的分析，參見劉惠美（1996））、構音異常者在發音上的矯正（如吳咸蘭 2007））。實際運作後，發現要跨過不同領域的視野與訓練，並非容易之事，雖然參與的教授或研究生都深受感動，也為自己能開闢另一扇窗而興奮，但是踏入語音聲學的新領域，還是頗有恐懼之心。還好，有了第一次的接觸之後，未來如有機會，大家都願意盡自己的本分，貢獻自己的發現，並且期盼共聚圓桌，發表心得，帶動討論。

參考文獻

- Best, C. 1995. 'A direct realist perspective on cross-language speech perception.' In W. Strange (ed.), *Speech perception and linguistic experience: theoretical and methodological issues* (pp. 171-204). York: Timonium, MD.
- Best, C. 1999. 'Development of language-specific influences on speech perception and production in pre-verbal infancy.' In J. J. Ohala, Y. Hasegawa, M. Ohala, D. Granville, and A. Bailey (eds.), *Proceedings of the 14th international congress of phonetic sciences* (pp. 1261-1263) .
- Best, C. T., McRoberts, G. W. and Goodell, E. 2001. 'Discrimination of non-native consonant contrasts varying in perceptual assimilation to the listener's native phonological system.' *Journal of the Acoustical Society of America* 109/2: 775-794.
- Borden, J. G, K. S. Harris, and L. J. Raphael. 1994. *Speech science primer* (3rd edition). Baltimore: Williams & Wilkins.
- Flege, J. 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.
- Flege, J. E. 1988. 'The production and perception of speech sounds in a foreign language.' In H. Winitz (ed.), *Intelligibility in speech disorders: theory, measurement, and management* (pp. 224-240). Amsterdam: John Benjamins.
- Flege, J. E. 1995. 'Second language speech learning: theory, findings, and problems.' In W. Strange (ed.), *Speech perception and linguistic experience: issues incross-language research* (pp. 233-277). Baltimore: York Press.
- Flege, J. E., Bohn, O. S. and Jang, S. 1997. 'Effects of experience on non-nativespeaker's production and perception of English vowels.' *Journal of phonetics* 25:437-470.
- Hayward, Katrina. 2001. *Experimental phonetics*. London: Longman.
- Labov, W. 1972. *Sociolinguistic Patterns*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- Labov, W. 1984[2001]. 'The interpretation of zeros.' In *Studies in sociolinguistics: Selected papers by William Labov*, pp.250-277. Beijing: Beijing Language and Culture Press.
- Lai, Yi-hsiu. 2001. 'English vowels discrimination and assimilation by Chinese speaking learners of English.' *Language and cognitive processes*. 2:1-25.
- Liang, Chiu-wen. 2004. *An acoustic study on Hakka*. MA. Thesis at National Kaohisung Normal University.
- Lisker, Leigh. and Arthur S. Abramson. 1964. 'A cross-language study of voicing in initial stops: Acoustical measurements.' *Word* 20:384-422.
- Strange, W., Akahane-Yamada, R., Kubo, R., Nishi, S. A. and Jenkins, J. J. 1998. 'Perceptual assimilation of American English vowels by Japanese listeners.' *Journal of phonetics* 26: 311-244.
- Traunmler, H. 1990. 'Analytical expressions for the tonotopic sensory scale.' *Journal of the Acoustical Society of America* 88: 97-100.
- 王士元 . 1988. 《語言與語音》臺北：文鶴出版有限公司。
- 王士元與彭剛 . 2007. 《語言、語音與技術》香港：香港城市大學出版社。
- 王韞佳、鄧丹 . 2009. 日本學習者對漢語普通話「相似母音」和「陌生母音」的習得，《世界漢語教學》2：262-279。
- 朱曉農 . 2010. 《語音學》北京：商務印書館。
- 謝味珍 . 2005. 《台灣閩南語的語音聲學研究》. 高雄師範大學臺灣語言研究所碩士論文。
- 吳咸蘭 . 2007. 《構音異常與音韻理論》. 高雄師範大學特殊教育研究所博士論文。