國語雙字詞之基本頻率（*F0*）型態與共構特性

鄭靜宜[1]　**張友馨**

[1] 國立台南師範學院 特殊教育系 助理教授

台南市 700 樹林街二段 33 號
TEL: 06-2139624, 06-2133111-737 or 640
Email: jjeng@ipx.ntntc.edu.tw

摘要

本研究的主要目的在於調查國語十六種聲調組合之雙字詞的基本頻率的共構（協同構音）特性。分析比較四種聲調在第一音節與第二音節的起始基頻與末尾基頻的差異與變化，結果顯示雙音節詞中第二音節始段受到共構的影響較大，因此共構的前向性效果較強，但不完全為前向性的影響，也有部份的預期性改變發生在第一音節的末尾。就雙音節詞十六種聲調的組合而言，就基頻的變異程度將分為兩類－和諧型與衝突型，和諧型的前後音節間基頻的差距較衝突型的為小。

關鍵詞：聲調、基頻（*F0*）、共構發音、協同構音

壹、前言

聲調為國語音節的特性之一，聲調在連續發語的情況下（如多音節詞）通常會受到共構或協同構音（coarticulation）的影響而有些微的改變。因協同構音之故，國語雙音節詞的第一音節與第二音節的聲調會相互影響而使得其各自的基本頻率（*F0*）產生改變，而一個聲調型變異的程度要看聲調所在的語境（context）（Xu, 1994）。Xu (1994)指出在「相容」的聲調語境下，變異的程度小，而在「衝突」的聲調語境下，變異的程度大，有時甚至改變基頻走向。Xu (1997)使用 /ma ma/ 音節研究國語雙音節詞的聲調協同構音效果，發現基頻同時具有預期式（回逆性）與連帶式（前向性）的雙向性協同構因效果，然而此研究由於使用的材料過少，使得在結果的推論方面有其限制，其使用的音節只有一種/ma/，且除了「媽媽」外皆為無意義雙音節。本研究使用有意義雙音節詞彙，特別在語音材料部分加入多樣的聲母與韻母，亦遵循聲調平衡為原則。本研究的目的在探討國語雙音節詞聲調共構作用的方向以及兩音節聲調相互間影響的程度。

貳、正文

參與者

共有四位參與者，包括二位男性、兩位女性參與語音錄音的工作，為以國語為母語，聽力正常、無神經性疾症的正常說話者，年齡範圍在二十至二十二歲。

刺激材料

共有十六種音調連結型式（四聲×四聲）的雙音節詞，每一種音調連結型各有三個雙音節詞，全部刺激材料共有四十八個雙音節詞。刺激材料選取把握語音平衡原則並盡量選取出現頻率高的詞語。

語音取樣

語音採樣錄音於防音室內進行，語音收錄採用 Marantz PMD201 錄音機與 SHURE BG 2.1 型麥克風。提供給受試者的刺激詞提示卡上印有國字以及注音符號，而刺激字的順序以隨機方式出現，請受試者看提示卡並依造主試者的指示唸出詞音，並重複三次。

聲調基頻的分析

語音聲學的分析主要用 32 位元 Creative 語音卡與 Cspeech 語音聲學分析處理軟體 (Milenkovic，1996)，將語音訊號數位化，聲音取樣頻率為 22.05 kHz 。語音數位化之後以 Cspeech 提供的音調追蹤（pitch tracking）功能進行基頻分析，計算出每個發語詞母音的基頻值，基頻值的計算輸出以每 10 毫秒為單位。計算每個發語詞的第一音節始段、末段與第二音節始段、末段的三十毫秒基頻的平均值。

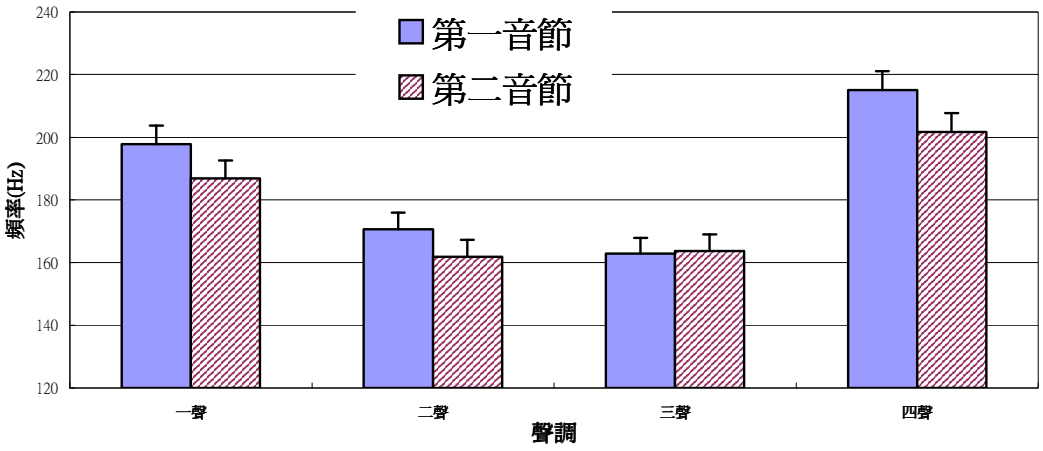
結果與討論

表一列出各種雙音節聲調連結型態的第一音節始段、末段與第二音節始段、末段的基頻值（Hz）。1「」表示第一音節為一聲，第二音節為一聲的詞語。觀察表一可發現四種聲調的第一音節的始段基頻在各自其四種的連結型中差異並不大（標準差平均數為 4Hz），而音節末段段的基頻變化稍大（標準差平均數為 6Hz，「二聲＋三聲」不計入，由於國語變調規則的關係使得「三聲＋三聲」＝＞「二聲＋三聲」）比起第一音節的變化，四種聲調在第二音節的始段中各自四種的連結型間的基頻差異更大（標準差平均數為 16Hz），而音節末尾的變化則較小（標準差平均數為 7Hz）。例如觀察第二音節同是二聲的連結型，「三聲＋二聲」和「四聲＋二聲」的第二音節的始段基頻就較「一聲＋二聲」和「二聲＋二聲」為低。比較雙音節四個位置的基頻變異性可發現在第二音節首的位置各鄰聲調間的標準差平均數達最大，表示受到的影響最大，也就是第一音節的調型對其後第二音節的基頻起始值的影響較大，此即為聲調順勢效果的影響。

表一 各種雙音節聲調連結情況下，第一音節首、末與第二音節首、末的基頻值（Hz）

聲調連結型	第一音節首	SD	第一音節尾	SD	聲調連結型	第二音節首	SD	第二音節尾	SD
11	201	66	197	68	11	194	61	200	63
12	195	72	197	72	21	199	73	198	69
13	195	72	201	73	31	181	64	194	67
14	201	69	197	70	41	179	61	182	60
21	178	62	185	63	12	179	74	169	57
22	168	59	198	70	22	176	71	171	55
23	170	63	209	75	32	152	57	174	59
24	170	60	181	61	42	140	47	165	51
31	167	60	124	46	13	183	75	144	53
32	157	59	126	45	23	165	58	141	53
33	166	58	195	71	33	171	65	135	52
34	161	61	132	48	43	135	50	151	52
41	215	73	146	53	14	207	74	143	59
42	218	79	140	47	24	220	76	146	54
43	216	75	138	48	34	186	71	133	54
44	211	68	142	50	44	194	65	128	50

音節起始基頻是否受到雙音節詞中音節位置的影響，第一音節的起始基頻值與第二音節的起始基頻值是否有所差異？由圖一看來，當第二音節為四聲時，第二音節啟始頻率下降較多。相依樣本的 t 考驗顯示兩音節的基頻值具有顯著差異[$t(1, 556)=5.19, p<0.0001$]，而以第二音節的平均起始基頻較低（平均差距 9Hz）。



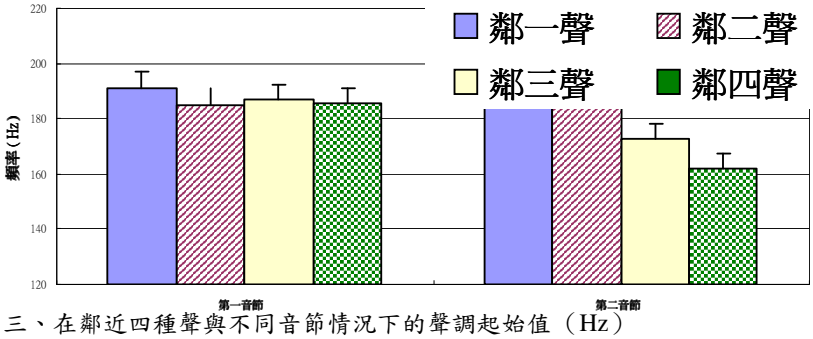
圖一 四種聲調在四聲與不同音節順序情況下的聲調起始值（Hz）

3

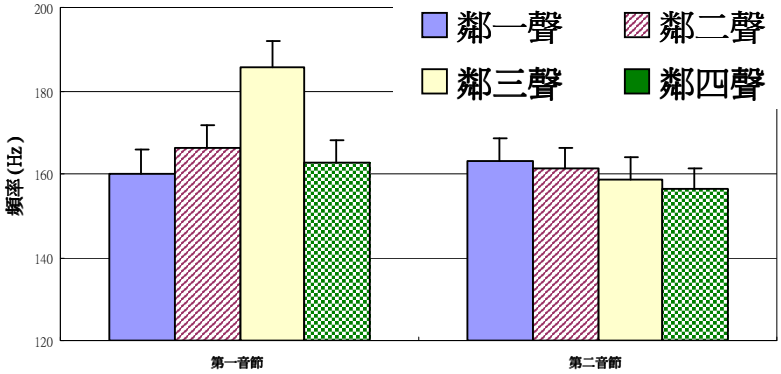
鄰聲調效果

是否在不同鄰近聲調下，前後兩音節起始基頻受到不同的影響？由圖三看來，當第二音節為四聲時，第二音節啟始頻率下降較多。以前後兩音節的起始基頻差距值為依變數，聲調、音節順序為自變數，受試者內變異數分析分析結果顯示，音節順序、聲調的效果皆達顯著 [鄰聲調的效果：$F(3, 1103)=22.94$, $p<0.0001$；音節順序：$F(1, 1103)=30.59$, $p<0.0001$；鄰聲調與音節的交互作用：$F(3, 1103)=11.78$, $p<0.0001$]，可見音節順序與鄰音節聲調型顯著影響音節的起始基頻值，Scheffe 事後考驗顯示除了鄰聲調一聲與二聲間以及三聲與四聲間外，四種鄰聲調間起始基頻值皆達顯著差異，其中鄰近一聲、二聲的音節基頻較高，鄰近三聲與四聲的音節基頻較低。因為鄰聲調與音節的交互作用達顯著，進一步考驗在第一與第二音節的鄰基頻效果，對於第一音節的起始基頻做鄰聲調的效果考驗發現未顯著[鄰聲調的效果：$F(3, 550)=.585$, $p=.625$]，然而對於第二音節的起始基頻做鄰聲調的效果考驗發現達顯著差異 [鄰聲調的效果：$F(3, 550)=36.98$, $p<.0001$]，可見鄰近聲調效果主要在於第二音節的位置，亦即第一音節的調型對其後第二音節的基頻起始值的影響較大，此即為順勢效果。

是否在不同鄰近聲調下，前後兩音節末尾基頻受到不同的影響？由圖四看來，當第二音節為四聲時，第二音節啟始頻率下降較多。以前後兩音節的末尾基頻差距值為依變數，聲調、音節順序為自變數，受試者內變異數分析分析結果顯示，音節順序、聲調的效果皆達顯著 [鄰聲調的效果：$F(3, 1103)=9.27$, $p<0.0001$；音節順序：$F(1, 1103)=18.56$, $p<0.0001$；鄰聲調與音節的交互作用：$F(3, 1103)=9.56$, $p<0.0001$]，可見音節順序與鄰音節聲調型顯著影響音節的起始基頻值，Scheffe 事後考驗顯示除了鄰聲調三聲外，其餘鄰聲調間起始基頻值皆未達顯著差異，鄰近三聲的音節基頻末尾較高，鄰其餘聲調末尾基頻值較低。因為鄰聲調與音節的交互作用達顯著，進一步考驗在第一與第二音節的鄰基頻效果，對於第一音節的末尾基頻做鄰聲調的效果考驗發現達顯著[鄰聲調的效果：$F(3, 550)=17.08$, $p<.0001$]，然而對於第二音節的末尾基頻做鄰聲調的效果考驗發現未達顯著差異 [鄰聲調的效果：$F(3, 550)=0.854$, $p=.465$]，可見鄰近聲調效果主要在於第一音節末位置，亦即第二音節的調型對其前第一音節的末尾基頻值有影響，此即為逆勢效果。綜合鄰聲調對音節起始與末尾位置的比較可以發現在第一音節末與第二音節初位置出現鄰聲調效果，以第二音節初位置效果較強，即協同構音的順勢效果大於逆勢效果。



圖三、在鄰近四種聲與不同音節情況下的聲調起始值（Hz）



圖四、在鄰近四種聲與不同音節情況下的音節末尾值（Hz）

衝突或和諧？

將雙音節詞基頻的和諧度定義為第一音節末尾基頻與第二音節末尾基頻的差距值多寡，若基頻差異值小表示聲帶振動頻率在兩音節之間的變動性小，因此和諧度大，反之，基頻差異值大者表示聲帶振動頻率在兩音節之間的所需調整的差距值大，因此和諧度小，衝突性大。計算四位說話者四十六個雙音節詞語的平均基頻值，並求取第一音節末尾的基頻與第二音節起始基頻的差異值，分析結果列於表二。並將其基頻的差異絕對值，列於表三。可以發現三聲的第一音節末尾基頻與後接一聲的起始基頻的差異值最大，達 57 Hz 之多，其次為第一音節三聲後接四聲的雙音節的詞語，基頻的差異值達 54 Hz 之多，其餘達 50Hz 以上的差異值，尚有四聲接四聲的情況。前後音節最無差異值的當屬前音節四聲接後音節二聲的情況。其次是前音節四聲接後音節三聲，以及前音節一聲接後音節一聲的情況。

表二 第一音節末尾與第二音節起始基頻的差異值（Hz）

基頻差距(Hz)		第一音節音節尾 聲調				
	聲調	一聲	二聲	三聲	四聲	平均
第二音節首	一聲	3	-14	-57	-33	-25
	二聲	18	22	-26	0	4
	三聲	18	44	24	3	22
	四聲	-10	-39	-54	-52	-39
	平均	7	3	-28	-20	-10

表三 第一音節末尾與第二音節起始基頻的差異絕對值（Hz）

基頻差距(Hz)		第一音節音節尾 聲調				
	聲調	一聲	二聲	三聲	四聲	平均
第二	一聲	7	16	57	33	28
	二聲	18	22	26	4	18
	三聲	18	47	32	8	26
	四聲	12	39	54	52	39
	平均	14	31	42	24	28

若以差異平均值 28Hz 為分界點可將這些聲調共構連接的型態分為兩類：和諧型與衝突型，經分析共有九種和諧型與七種衝突型，列出於表四。十六種聲調的連結型態以和諧型居多，七種衝突型除了「二聲＋三聲」的型態外，皆為第二音節首基頻上升的情況（請對照表二與表四）即衝突型的第二音節首基頻值較高 [$F(1, 552)=27.53$, $p<0.0001$]。四種聲調中第

一音節為一聲的皆為和諧型態，第一音節聲調為三聲的衝突型態最多，而第二音節聲調為二聲的皆為和諧型態，第二音節聲調為四聲的衝突型態最多。若以前後兩音節的基頻差距值為依變數，兩音節的聲調共構型（和諧 / 衝突型）為自變數，受試者內變異數分析分析結果顯示，聲調共構類型的效果達顯著 [F(1, 552)=276.35, p<0.0001]，和諧型的前後兩音節的基頻差距值較小。

表四 第一音節聲調與第二音節聲調間的合諧度

		第一音節聲調			
	聲調	一聲	二聲	三聲	四聲
第二音節聲調	一聲	和諧型	和諧型	**衝突型**	**衝突型**
	二聲	和諧型	和諧型	和諧型	和諧型
	三聲	和諧型	**衝突型**	**衝突型**	和諧型
	四聲	和諧型	**衝突型**	**衝突型**	**衝突型**

參、結論

本研究比較四十八個十六種聲調結合的雙音節詞，在前後音節的四個位置的基頻，可發現在第二音節首的位置受到的影響最大，也就是第一音節的調型對其後第二音節的基頻起始值的影響最大，即協同構音的順勢效果強，而聲調語境屬和諧型的前後音節間基頻的差距較衝突型的為小。

肆、誌謝

感謝國科會專題計劃補助，計畫編號(NSC 90 -2413-H-024 -020) 語音基本頻率在中文語音清晰度評量中的角色。

伍、參考文獻

Chao, Y. R., Mandarin Primer, Harvard University Press, Cambridge(1948).

Milenkovic, P., Cspeech Version 4 [computer Program]. Madison, WI: University of Wisconsin Madison, Department of Electrical Engineering (1996).

Xu, Y., Contextual tonal variations in Mandarin, Journal of Phonetics-25, pp61-83(1997).

Xu, Y.. Production and perception of coarticulated tones, Journal of Acoustical Society of America-94-4, pp2240-2252 (1994).