

不同言語速度、發語單位和發語位置對國語音段時長的影響

鄭靜宜

國立臺南大學特殊教育學系

摘要

本研究目的在了解言語速度和發語單位對國語子音和母音時長的影響，探討幾個重要影響語音音段時長的因素。本研究使用時間性聲學分析的方法，將語音以寬頻頻譜圖呈現，測量各類音段的長度，分析的音段包括噪音起始時間（VOT）、摩擦音與擦塞音的噪音時長、鼻音、邊音、母音、鼻韻鼻音、塞音前靜默以及停頓時長。比較五種不同的語速（最快、稍快、中速、稍慢、最慢）及發語單位（單音節、雙音節、三音節、四音節與句子）對音段長度的影響。結果發現：（1）正常說話者的子音和母音皆受語速和發語單位的影響，其中語速的影響較發語單位明顯，語速對於母音影響較子音為強，發語單位對母音的影響也較大，（2）比較相同的語速下不同的發語單位，在單音節中出現的語音音段長度最長，在其餘發語單位中語音的音段時長則較相近，（3）子音的音段時長受語音類別的限制較大，而母音則受語速、聲調以及音節環境（結構、相鄰子音）的影響較大，（4）在發語詞尾出現音節拖長效果，此效果與語速間有交互作用，在快語速和長發語詞單位時音節拖長較多。

關鍵詞：言語速度，音節時長，發語尾拖長效果，聲調，國語

緒論

語音是時間性的信號，每個語音資料皆於時間軸上佔有相當的長度。語音的多變性即在於不同的時間點上呈現不同的頻譜型態（如共振峰、高頻噪音等），讓我們能區分或辨認出不同的語音類別來。長久以來的語音的研究，不管是語音知覺與語音產生，皆發現有一個變項常需要加以考慮與控制，那個變項就是言語速度（speaking rate）。言語速度是描述言語動作產生的速度，而音段時長則是由言語動作產生的語音聲學信號的時間長短。音段時長與言語速度息息相關，當言語速度慢時，音段時長較長；當言語速度快時，音段時長變短（Stack, 1993）。

音段時長或言語速度屬於語音超音段（suprasegmental）的性質之一，與言語的節律性（rhythm）有關。言語速度為個人說話行為中可意識性控制的部份，可視個體內在與外在環境需要而調整。說話速度的快慢涉及語音信號傳輸的有效性與清晰度。對正常的說話者而言，當語速較慢時，通常清晰度較佳，但語音信號傳輸量較少；反之當語速較快時，語音信號傳輸量

*本研究感謝國科會專題計畫補助，計畫編號 NSC 92-2413-H-024-019

較多。在快速語速下可以在較短時間內完成較多語音的輸出，在慢速語速下，在一定的時間內完成的語音輸出較少。對於言語速度計算，一般常用的單位為每分鐘產生的詞數（word/min）或每秒鐘中產生的音節數目（sps, syllable/second）。Klatt（1976）指出英語說話者一般說話的速度變化範圍可由最慢每分鐘產生 150 個詞至最快每分鐘產生 250 個詞，此相當於每秒鐘 4~7 個音節。而說國語的速度和其他語言相較則稍較慢，一般正常語速下約每秒三個音節（Pellegrino, Farinas, & Rouas, 2004）。我們的說話通常可快可慢，常可視需要與習慣自由調整。Crystal & House（1988）發現當音節的時長增加時（如增加 50ms~100ms），音段長度的變異也愈大，顯示語速慢時計時的變異性愈大。令人好奇的是，當言語速度的加快或是減慢對於整體言語中個別的語音音段是否具有同質性的影響？各類音段的擴張或縮減是否表現一致？例如當整體語速增加時，子音、母音音段長度的變化是否有一致性呢？使用聲學分析的方法藉由測量發語詞（utterance）中各音段的時長，可了解在不同的語速下各語音音段的伸縮變化。

語音的內在音段時長

語音內在音段時長又稱為固有音段時長（intrinsic duration）。子音、母音中的各類語音依據其獨特的構音方式和位置各有其各自內在音段長度特性。在各種語言中，各類語音在語音的知覺與產生方面也因為構音方式和位置等構成的語音對比的的存在而有其音長的獨特性，例如送氣音塞音因為多了送氣的動作，噪音起始時間（VOT）就會比不送氣的塞音來的長。這些語音的內在音段時長不是絕對的，而是相對的，它們皆會隨著語速的調整而有相應的變化。

子音的音段特性

子音的內在音段長度主要受構音方式和構音位置的影響，各構音方式中以摩擦音的音段最長，不送氣塞音或無聲塞音的音段最短，構音位置中雙唇音通常長於齒槽音與軟顎音（Kent & Read, 1992），推論可能是由於雙唇的運動速度不若舌頭動作快。陳達德、蔡素娟與洪振耀（民 87）研究國語雙音節詞中聲母的音段長度，發現聲母的音長根據聲母的構音方式、構音部位與相鄰韻母而有不同的音長特徵，不送氣音最短，其次是送氣音，以連續音（如擦音、鼻音、流音）最長，此外，他們也指出聲母長短並不受聲調影響。

噪音起始時間（VOT）是指發塞音（stops）時，口部氣流釋放與喉部聲帶振動時間的差距。VOT 在語音知覺上是區辨有聲塞音與無聲塞音非常有效的參數，而 VOT 作為國語送氣與否的區辨亦為十分有效的參數。一般送氣音的噪音起始時間遠大於不送氣音。不像塞音，摩擦音較可被延長，因此摩擦音時長較長。摩擦音在音韻學上具有延續性（continuant）特徵。在聲譜圖上通常可見明顯的在高頻區持續一段時間的黑色紋區，黑色紋區為典型的噪音聲學特徵，為高頻率噪音，可持續一段時間，因此摩擦音時長通常較塞音為長。擦塞音為塞音與摩擦音的結合，因此也會有一段高頻率噪音出現在母音之前，但一般比摩擦音的噪音時長要短，噪音持續的時間長短可作為摩擦音與擦塞音的聲學區別線索。Jeng（2000）發現十位正常國語說話者正常語速下的摩擦音（ㄌ、ㄥ、ㄩ）的平均噪音時長約 165ms，而擦塞音（ㄑ、ㄒ、ㄓ、ㄔ、ㄕ）的平均噪音時長約 100ms，兩者差距約為 65ms。然而，要注意的是摩擦音與擦塞音的噪音時長的界線所在多少會受到說話速度的影響，而此界線的存在是絕對性的或是相對性的呢？此外 Jeng（2000）也發現國語送氣塞擦音的平均噪音時長約 130ms，而不送氣塞擦音塞擦音的平均噪音時長約 70ms，兩者在時長上也有相當的差距。

母音的音段時長

各種母音本身是否有其獨特的時長特性呢？最為人熟知的例子是英語母音的鬆緊 (lax - tense) 特性會影響母音的時長，緊元音 (如 /i, u/) 構音動作較大，肌肉緊張度相對較大，舌根較往前 (tongue root advance)，緊的元音通常較鬆元音長。此鬆-緊為英語語言本身所具有的語音區辨特徵，音段長度在此扮有一定的角色。母音時長因素本身並不足以達母音辨識的目的，但對母音辨識可能具有一些輔助的功能，可以對於相似的母音可提供額外有助辨識的線索，例如 /æ/ vs. /e/ 的辨別。世界上的確有些語言會將母音的時長當作一種母音類別區辨特徵，因此母音時長的重要性隨各種語言不同而定，如韓語母音分長母音與短母音，母音長度是韓語語音對比的特徵。

Peterson 與 Lehiste (1960) 調查英語單音節中各母音的內在音段長度，發現雙母音比單母音長，緊元音 (長母音) 長於鬆元音 (短母音)，而低元音比高元音長。研究者認為構音動作的生理因素對母音的時長有些影響，例如發 /a/ 時必須要花比較多的時間去完全打開嘴巴，發 /a/ 所花的時間就比發 /i/ 時來的多，因此 /a/ 比 /i/ 長。長母音通常具有較極端的構音位置，需要時間讓構音器官到達目標位置，因此長度也較長。此外，母音音段長度可能受子音環境 (consonant environment) 的影響，如 House 與 Fairbank (1953) 發現有聲子音後的母音時長較無聲子音的為長，認為構音動作需顧及不同的韻母環境，因此導致時長的差異性。Peterson 與 Lehiste (1960) 認為一音節中各相鄰音素構音的位置相距愈遠，移動需費時間，則音段愈長，反之則否。總之，除了維持語言性對比的因素外，其他影響母音的時長的因素有母音的構音高度 (vowel height)、子音的環境、說話的速度、重音 (stress)、音節結構等。

中文為一種聲調語言 (tone language)，聲調或詞調 (lexical tone) 乃是音節的屬性之一，屬於超音段 (suprasegmental) 性質，雖然在聲調的辨別上，音節時長並非主要聲調的區分因素 (Tseng, 1990)，但是在語音產生方面，聲調的確會影響詞語的語音時長，尤其是韻母的受聲調的影響比聲母為大。Tseng (1990) 的研究資料顯示三聲韻母的時長最長，而二聲、一聲次之，四聲最短。翁秀民、楊正宏 (民 86) 的研究以詩句的語音為材料，結果顯示國語的四個聲調中的字音長度，以第二聲最長，其次為第一聲，再次為第四聲，而第三聲大約與第四聲類似。這些研究顯示聲調時長的不一致性主要是在三聲時長的差異。其實，三聲若唸成 214 之抑揚調時時長將會最長，若將三聲唸成低平前半上，而非 214 之抑揚調時，時長則可能較短。

連續性言語層次的音段變化

在較大的發語單位或是連續性言語時，影響音段時長的因素除了上述音節的內在本有長度外，還有說話速度、重音、強調、語氣、位於語句中的位置、語句上語法、語意等因素。例如在語意方面，句中虛詞的時長通常比實詞短。Lehiste (1972) 發現發語詞 (utterance) 音節數目效果，一個音節的時長會受語句中的音節數目影響，若語句中音節的數目愈多，則音節時長愈短。許多英語研究 (Lehiste, 1972; Oller, 1973; Bell-Berti, Regan, & Boyle, 1991) 曾發現位於發語句終點位置音節長度會較長，位於片語、詞語或是子句終點位置的音節皆被拉長，音節或詞語的組合與句型有關，認為發語末尾音段時長拉長可以提示句子或片語的界線，此稱為界線前拉長效果 (pre-boundary lengthening) 的現象或是語尾拉長效果 (utterance final lengthening effect)，片語或句末的最後一個重音節會被拉長，以暗示一個語言單位區段 (詞語、片語或

句子)的結束。曾進興(民 82)發現正常說話者在三種說話速度下的台語音節時長出現明顯的音節數目效果與尾語詞拉長效果。令人好奇的是,在國語多音節詞或句子中音節的時長是否將隨發語詞的長度而縮短呢?是否會隨著詞語的音節數目增加,縮短程度也加大呢?國語語句的語尾拉長效果為何?是否會受言語速度的影響?

研究目的

本研究目的在於探討五種言語速度和發語單位國語音節、子音與母音的時長性質。研究的重點在於短發語詞中的各語音音段的時長聲學分析,主要的研究目的有下列幾點:

- 1.分析正常說話者的語音音段時長,分析並比較在五種不同的語速下,對語音音段長度的影響。
- 2.比較不同發語詞單位下,如單音節詞、雙音節詞、三音節詞/片語、四音節片語、句子中的子音、母音音段長度的變化情形。
- 3.分析音節單位中音段之間的相對時長型態。
- 4.了解國語中各類子音和母音的內在音段時長特性及影響時長的因素。
- 5.了解位於發語詞(句)尾音段的拖長或縮短變化的情形。
- 6.了解各音段時長影響因素間的交互作用。

方 法

參與者

三十位正常成年人(男 15 名,女 15 名)參與語音錄音的工作。這些參與者皆為台南大學大學部的學生,年齡範圍由 19 至 24 歲,皆以國語為母語,且其視力與聽力皆在正常範圍內,無已知的神經性疾患。

語音材料

語音材料包括有三十三組的發語材料,每組中各有一個單音節詞、雙音節詞、三音節詞/片語、四音節片語與句子(詳見附錄一),即每組詞語包括五種發語單位:單音節、雙音節、三音節、四音節與短句。每一組詞語的建構採用逐一增加音節長度的方式,由單音節開始,漸次增加一個音節,每個詞語皆為有意義的詞彙、片語或短句,每組詞中皆有共同的部分音節,如同組三音節詞保留著二音節的音,例如單音節詞-「低」、雙音節詞-「低頭」、三音節詞-「低頭看」、四音節片語-「低頭看地」、句子-「低頭看地上螞蟻」。三十三個句子的長度約在 5~8 個音節之間,平均每句有 6.8 個音節。除了句子外,第一音節在每種發語單位皆是相同。這些詞音的編選是依照聲母、聲調平衡為原則,並顧及不同的韻母環境。在第一音節詞中含有所有國語的聲母,而短句刺激的最後一音節也包含了所有國語的聲母。將這些詞彙刺激印製在 A4 的紙上,護貝為提示卡,提示卡上除國字呈現外,並於每個字旁標有注音符號。

錄音程序

所有的語音採樣錄音皆於隔音室中進行，採用數位 MD 錄音機與 SONY EMC 麥克風錄音。錄音時麥克風離說話者的嘴約 7~10cm。主試者先示範五種不同的說話速度，包括中速、最快、稍快、稍慢和最慢，並使用音樂節拍器提示參與者的說話速度。節拍器共有五種設定的速度：中速（120 次/分）、稍快（150 次/分）、最快（180 次/分）、稍慢（90 次/分）、最慢（60 次/分）。讓受試者聽節拍器的節奏聲，然後練習跟著節拍器的速度練習將該組詞語（包括單音節詞、雙音節詞、三音節詞/片語、四音節片語、句子）唸一遍，符合節拍器敲一次說一個音為原則，唸完之後停止節拍器，請受試者以類似的速度說出該組刺激詞語。三十三組詞語以隨機排序出現，每組詞語包括國語單音節詞、雙音節詞、三音節詞、四音節片語與短句五種發語，保持每次發語時間間隔一秒。為避免混淆，速度的次序以中速、稍快、最快、稍慢和最慢的次序進行。為避免產生機器人式腔調，向說者強調以自然說話方式說出。使用節拍器的目的主要在於提示參與者的說話速度，減少參與者間可能對於各種語速的認知不同產生的變異性。語音的聲學分析是採用在非使用節拍器時所產生的語音。

聲學分析

語音處理主要用 32 位元電腦語音卡與 TF32 (Milenkovic, 2003) 語音分析軟體，先將語音訊號數位化（聲音取樣頻率為 22.05Hz）後，再以 TF32 中提供的頻譜分析功能，測量各音段的長度，包括各子音音段、母音音段、聲隨韻母鼻音、停頓或空白（gap）。以寬頻頻譜圖呈現於電腦螢幕，然後測量欲測量音段的長度，如噪音起始時間（VOT）或母音時長等。頻寬一般設為 300 Hz，分析女性時，如果其基頻過高（如超過 300Hz），頻寬可加至 350Hz 或 400 Hz，以其得到較佳的時間解析度。逐一分析語音中的各音段時長並紀錄之。所有的詞語（utterance）項目數量有 24750 個 $[30（受試者）\times 33（詞組）\times 5（發語單位）\times 5（速度等級）= 24750]$ 。分析的語音音段包括噪音起始時間（VOT）、摩擦音與擦塞音的噪音、鼻音、邊音、母音、鼻韻鼻音、塞音前靜默、停頓等。子音時長，即聲母時長，在塞音部分的子音音段為 VOT 音段，在頻譜圖上時長的測量由爆破（burst）開始至母音的第一個喉脈衝（glottal pulse）開始為止。在擦音部分子音音段為高頻噪音音段。在塞擦音部分為由爆破（burst）開始至母音的第一個喉脈衝（glottal pulse）開始為止，包括了一段送氣和高頻噪音音段。鼻音為低頻鼻音喃喃（nasal murmur）音段。母音時長的界定是在頻譜圖上由母音的第一個喉脈衝（glottal pulse）開始到明顯母音聲學能量降低至接近零為止。鼻韻母音後接一小段低頻鼻音喃喃，可由頻譜圖上界定出母音和鼻音的分界，典型的分界位於母音較高頻的共振峰能量的大量衰減至只剩低頻鼻音能量。

聲學測量的信度

在每位說者的語音庫中隨機取樣四個音節重新量測子音、母音和鼻韻鼻音的音段時長（共計 120 個），計算第一次時長量測和第二次量測的 Pearson 相關係數， $r=0.99$ （ $n=215$ ， $p<.0001$ ）即重測信度，平均差異絕對值為 3.60ms，標準差為 7.8。可見本研究聲學測量的重測信度相當地高。

結果與討論

言語速度與發語單位對音節時長的影響

由於每組材料中各發語詞皆具有相同的第一音節，可比較相同的音節（詞）在不同的語速和發語單位的變化。表一列出五種速度和發語單位下各發語詞的第一音節的平均時長。五種發語單位的發語詞第一音節的平均音節時長很整齊地隨著語速的加快而減少。在最快速情況下，音節時長最短。在最慢速的情況下，音節的時長最長，並且在各種發語單位情況下，此趨勢皆類似。在最快速時音節的時長為 270 多毫秒，隨著語速變慢漸次增加，至最慢速時增至 570 多毫秒。發語單位為單音節時較其他發語單位時的為長，其餘的發語單位的音節時長較為類似。在最慢速時，單音節的音節時長和其他發語單位的時長較近似。在最快速時，單音節的音節時長較其他發語單位的時長為長。若以中速語速下的音節時長為標準，在最快速情況下，音節時長平均約為在中速情況下的 72%；在稍快速情況下，音節時長平均約為在中速情況下的 84%；在稍慢下，音節時長平均約為在中速情況下的 121%；在最慢速情況下，音節時長平均約為在中速情況下的 153%。

考驗言語速度和發語單位對各發語詞第一音節時長的影響，言語速度效果是比較五種速度的長度差異，而發語單位效果是比較單音節語、雙音節語、三音節語、四音節和句子中音段長短的變化。受試者內二因子變異數分析變異數分析結果顯示言語速度、發語單位的效果皆達顯著 [言語速度效果： $F(4, 2516) = 1891.96, p < 0.001, \eta^2 = .75$ ；發語單位： $F(4, 2516) = 318.18, p < 0.001, \eta^2 = .33$]，言語速度與發語單位的交互作用亦達顯著 [$F(16, 11064) = 55.14, p = 0.08$]，可見言語速度與發語單位顯著地影響音節的時長。LSD 事後考驗結果顯示，五種言語速度間音節的時長值皆達顯著差異。LSD 事後考驗顯示五種發語單位間，兩兩間比較皆達顯著差異 ($p < .05$)。隨著發語單位的增加，音節時長有稍減的趨勢。在最快速時，發語單位間時長的差距最大，在最慢速時，發語單位時長間的差距最少。

表一 五種速度和發語單位下發語詞第一音節的音節時長 (ms)

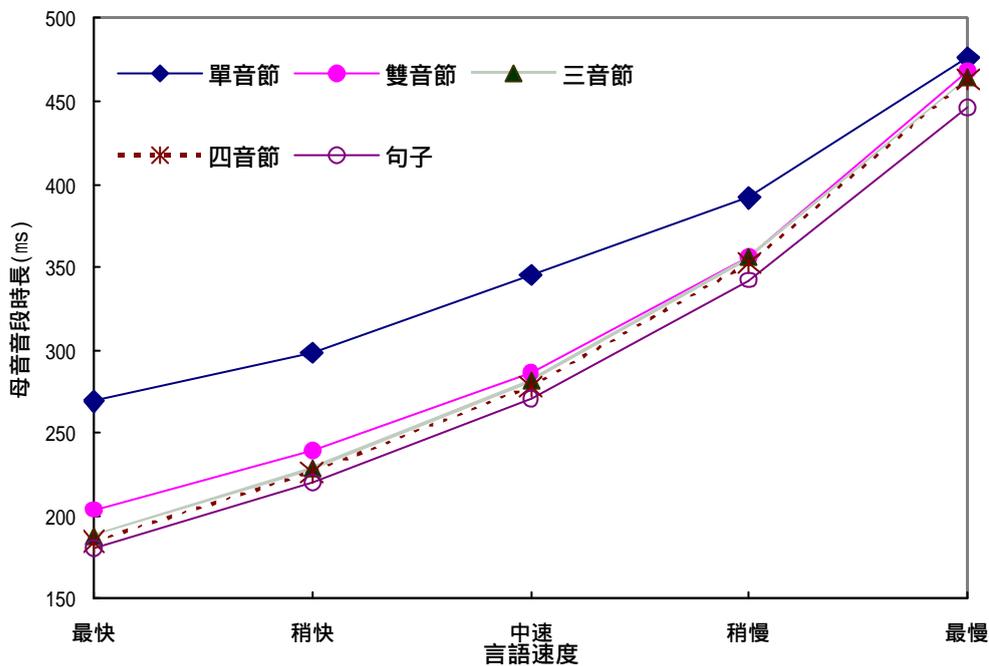
語速	單音節		雙音節		三音節		四音節		句子		平均	
	Mean	SD										
最快	340	84	273	53	254	52	249	51	247	54	272	70
稍快	376	89	316	62	301	61	298	61	294	57	317	73
中速	433	107	372	72	365	70	360	69	357	75	377	85
稍慢	490	135	454	97	452	103	446	101	439	100	456	109
最慢	591	198	586	171	578	183	576	183	556	181	577	184
平均	446	157	400	149	390	156	386	156	379	151	400	156

母音時長的語速和發語單位效果

分析所有受試者的發語詞中的第一音節母音的音段時長受言語速度和發語單位的影響。由於各受試者的各發語詞的第一音節皆相同，比較在不同的發語單位中母音時長的變化，而平均的母音音段時長包括所有不同音節結構的母音，包括有十二種單母音和雙母音。圖一顯示母音時長也和音節時長一樣隨著語速的變慢而增加，並且在各種發語單位情況下，皆有相似的趨

勢。除了在單音節的發語單位下，在各發語單位下，母音時長隨著語速增加而減少的趨勢極為類似，亦即語速由最快到最慢，母音時長由最短到最長，其中由較慢到最慢時長的增加值最多，即較慢速時時長增加的比率較多。在以單音節的發語單位的母音時長隨著語速變慢而增加的趨勢較緩，除了在最慢速以外，以單音節的發語單位的母音時長皆比在其他發語單位下的為長，隨著發語單位的增加而母音時長減短，其中由單音節至雙音節間的縮減最多。

表二中可見五種速度下母音音段的平均值與中速語速時的音段時長稍多。若以中速語速下的母音時長為標準，在最快速情況下，母音時長平均約為在中速情況下的 70%；在稍快語速下，母音時長平均約為在中速情況下的 83%；在稍慢語速下，母音時長平均約為在中速情況下的 123%；在最慢速情況下，母音時長平均約為在中速情況下的 159%。可見語速由最快到最慢，母音時長由最短到最長，其中由較慢到最慢母音時長的增加值最多。



圖一 五種速度和發語單位下發語詞第一音節的母音時長 (ms)

考驗言語速度和發語單位對發語詞第一音節的母音時長的影響，以每個發語詞首的母音時長為依變數，言語速度和發語單位為自變數，受試者內二因子變異數分析變異數分析結果顯示言語速度、發語單位的效果皆達顯著 [言語速度效果： $F(4, 3956) = 2424.4, p < 0.001, \eta^2 = 0.71$ ；發語單位： $F(4, 3956) = 580.79, p < 0.001, \eta^2 = 0.37$]，而言語速度與發語單位的交互作用也達顯著 [$F(16, 144829) = 94.34, p < 0.001, \eta^2 = 0.087$]，可見言語速度與發語單位顯著地影響子音的音段時長，其中言語速度效果較發語單位效果為強。LSD 事後考驗結果顯示，五種言語速度間母音的音段時長值皆達顯著差異 ($p < 0.001$)，而五種發語單位間的兩兩間比較也皆達顯著差異 ($p < 0.001$)。在各個速度下，時長在發語單位間的不同差距可能是顯著交互作用效果的來源。

表二 五種速度和五種發語單位下發語詞第一音節的母音時長 (ms)

發語單位	單音節		雙音節		三音節		四音節		句子		全部	
	Mean	SD										
語速												
最快	269	77	204	53	188	51	185	50	181	54	205	66
稍快	299	82	240	61	229	61	226	61	220	61	243	72
中速	346	97	286	72	282	72	278	73	271	73	292	83
稍慢	392	124	357	95	356	102	353	102	342	101	360	107
最慢	476	184	468	166	465	173	463	174	446	174	464	175
全部	356	140	311	136	304	142	301	142	292	139	313	141

子音時長的語速和發語詞長度效果

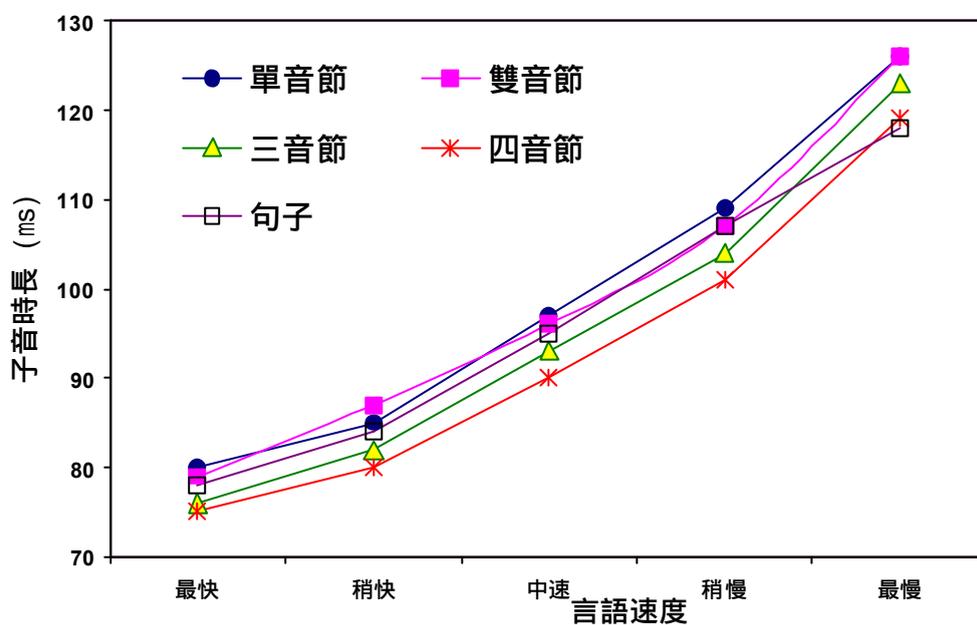
將所有受試者的各發語詞的第一音節子音的音段時長資料綜合起來計算，所有子音音段包括塞音的 VOT、擦音與塞擦音的噪音、鼻音、邊音時長等。圖二顯示發語詞第一音節的平均子音時長隨著語速的加快而減少。在最快速情況下，子音的時長最短。在最慢速的情況下，子音的時長最長，並且在各種發語單位情況下，此趨勢皆類似，即在各種發語單位下，子音的時長皆隨著語速的加快而減少，各發語單位的趨勢線大致呈現平行狀態。五種發語單位下，在四音節的子音長度最短，其他發語單位間的差異不大。

在表三中可見五種速度下音段的平均值與中速語速時的音段時長近似或稍多。若以中速語速下的子音時長為標準，在最快速情況下，子音時長平均約為在中速情況下的 82%；在稍快速情況下，子音時長平均約為在中速情況下的 89%；在稍慢下，子音時長平均約為在中速情況下的 113%；在最慢速情況下，子音時長平均約為在中速情況下的 130%。可見語速由最快到最慢，子音時長由最短到最長，其中由較慢到最慢子音時長的增加值最多。子音和母音比較，子音時長隨著語速的變化的相對縮短或延伸比值（或幅度）較小，趨勢線的坡度較緩，因此子音的時長受語速的影響相對較小。

考驗言語速度和發語單位對發語詞第一音節的子音時長的影響，受試者內二因子變異數分析變異數分析結果顯示言語速度、發語單位的效果皆達顯著 [言語速度效果： $F(4, 2516) = 540.24, p < 0.001, \eta^2 = .46$ ；發語單位： $F(4, 2516) = 34.42, p < 0.001, \eta^2 = .05$]，言語速度與發語單位的交互作用未達顯著 [$F(16, 11064) = 2.95, p = 0.086$]，可見言語速度與發語單位顯著地影響子音的音段時長，其中言語速度效果較發語單位效果為強，發語單位的效果雖有顯著，但由於 η^2 數值很小，顯示解釋力薄弱。LSD 事後考驗結果顯示，五種言語速度間子音的音段時長值皆達顯著差異。LSD 事後考驗顯示五種發語單位間，除了單音節與雙音節間以及三音節和句子間未達顯著外，其餘的兩兩間比較達顯著差異 ($p < .05$)，但其實在各語速下，發語單位間子音時長的差異變異性較大，（見圖二），不若在母音中的整齊，且發語單位間的差異比母音的為小。

表三 五種速度和五種發語單位下發語詞第一音節的子音時長 (ms) 和標準差

語速	單音節		雙音節		三音節		四音節		句子		全部	
	Mean	SD										
最快	80	54	79	53	76	50	75	49	78	46	77	50
稍快	85	56	87	60	82	54	80	53	84	51	84	55
中速	97	66	96	63	93	61	90	58	95	58	94	61
稍慢	109	75	107	71	104	70	101	68	107	68	106	70
最慢	126	88	126	87	123	87	119	82	118	79	122	85
全部	99	71	99	70	95	68	93	65	96	63	97	67

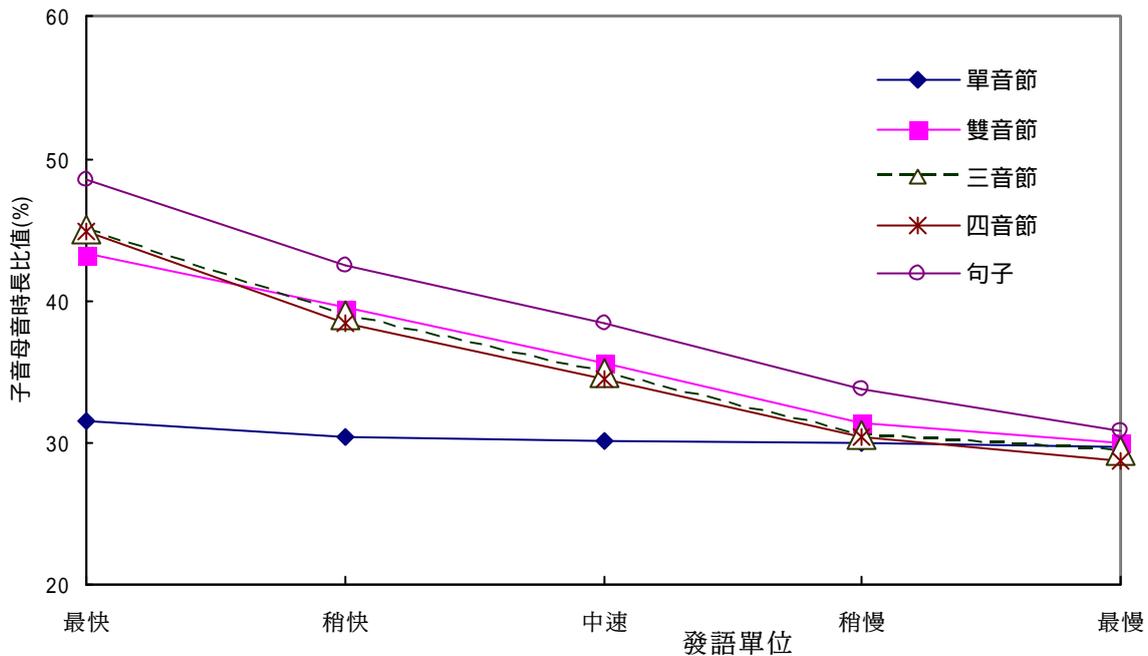


圖二 五種速度和五種發語單位下的子音時長

子音對母音的時長比值

子音對母音的時長比值即是位於同一音節中的聲母與其後接母音時長的比值。子音對母音的時長比值在各種語速下是否穩定？為顧及音節的一致性，在此子音、母音的時長比值分析以位於第一音節的語音為主。比較五種語速和不同發語單位間子音、母音的時長比值的變化，由圖三可見除了發語單位為單音節的詞以外，子音、母音的時長比值隨著語速的變慢而下降。在最快語速下子音、母音的時長比值最大，而在在最慢語速下子音、母音的時長比值最小。發語單位為單音節時子音對母音時長比值在各種說話速度下均維持類似值。其他發語單位的情況則是音節中子音對母音的比率隨著語速的下降而變少。在慢速情況下，子音時長增加相對於母音增加較少，由前一部分的子音和母音的分析中，也可知道語速對於母音的影響較大，而對於子音相對地較小，因此語速對於子音對母音的時長比值的影響可歸因於母音時長的變化，例如在慢速時母音時長增加較多，子音時長相對較穩定，子音對母音的時長比值因此較小。

比較不同的發語單位，除了單音詞以外，其他發語單位的子音對母音的比率在各種語速下呈現平行狀態（見圖三）。發語單位為句子時子音、母音的時長比值大於其他的發語單位的比值。而發語單位為雙音節、三音節和四音節的子音、母音的時長比值在各種速度下類似，也就是除了單音節外，其餘發語單位在各語速子音母音的時長比值的趨勢線保持平行，趨勢線斜率相近，可見除了單音節外，音節中子音、母音音段相對間長度關係有準線性相依性的變化。

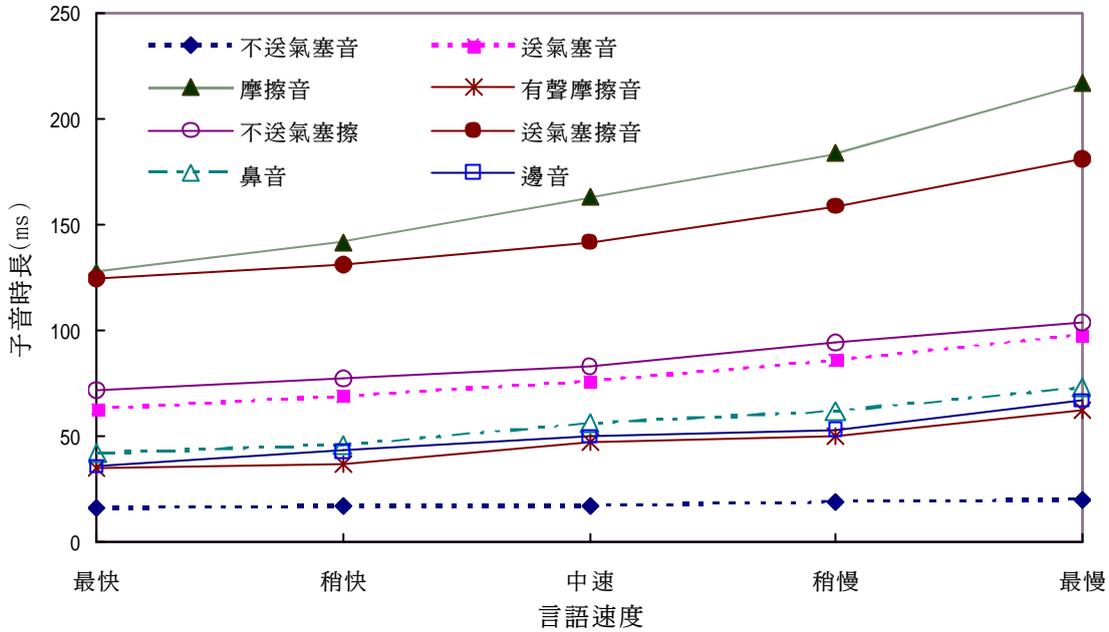


圖三 五種速度和發語單位下發語詞第一音節的子音、母音的時長比值變化

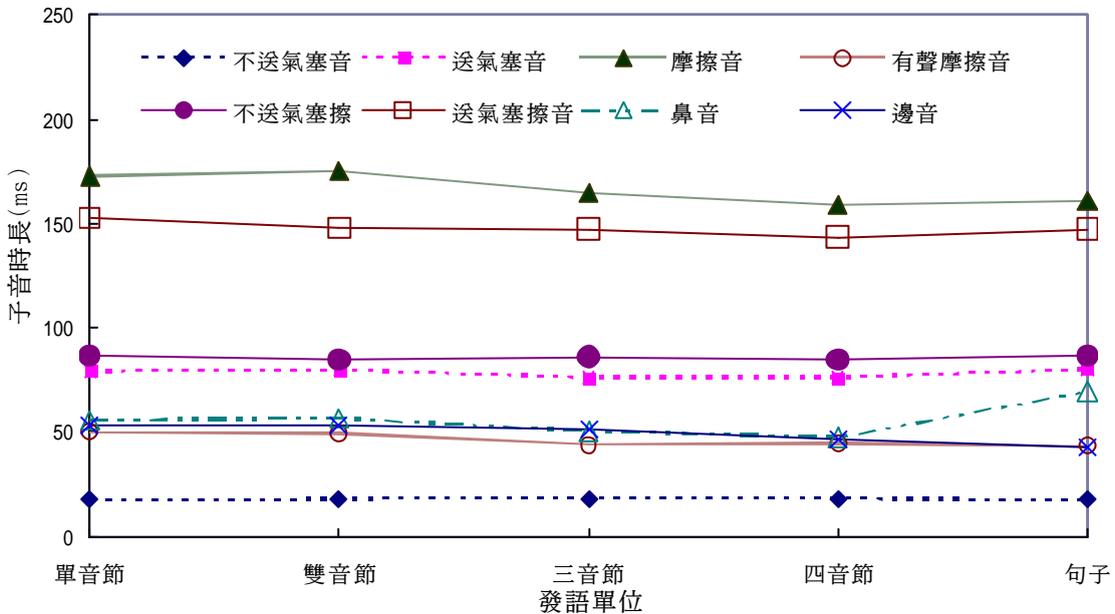
各類子音的音段時長

各類子音的音段長度是否有不同？言語速度效果對於各類子音音段時長的影響是否不同呢？由圖四可見在五種語速下摩擦音（ㄌ、ㄍ、ㄆ、ㄊ、ㄑ）的平均時長最長，其次是送氣塞擦音（ㄑ、ㄒ、ㄓ）和不送氣塞擦音（ㄒ、ㄓ、ㄔ），再來是送氣塞音，再次之為鼻音、邊音及有聲摩擦音（ㄋ），而不送氣塞音的時長最短，而且不送氣塞音時長受語速的影響最小。各類子音中摩擦音最長受語速的影響最大，隨語速的變化時長的增減量最多，其次為送氣塞擦音。摩擦音（ㄌ、ㄍ、ㄆ、ㄊ、ㄑ）比送氣塞擦音（ㄑ、ㄒ、ㄓ）的平均時長為長，在最快語速時兩者相近，但隨著語速的下降，摩擦音時長的增加量較送氣塞擦音的為大，尤其在最慢速的狀況下，兩者差距最大。因此，子音中摩擦音時長的延展性最大，且其時長的變異性（標準差）亦較大。檢視表四的資料可發現嘶擦性摩擦音（ㄌ、ㄍ、ㄆ、ㄊ、ㄑ，平均時長 196ms）大於非嘶擦性摩擦音（ㄌ、ㄍ，平均時長 123ms），可見於摩擦音中各語音的時長也並非均質，嘶擦性摩擦音較非嘶擦性的為長。相較於無聲摩擦音，有聲摩擦音（ㄋ）的性質迥異，其音長較短，延展比值亦較小，和邊音（ㄌ）、鼻音的性質較類似。不送氣塞音的時長最短暫，最不受語速的影響，平均值維持在 20ms 之內，其音長的變化有限。若比較三種不同構音部位的塞音，構音位置中雙唇音的 VOT 音段卻沒有如預期的（Kent & Read, 1992）比齒槽音與軟顎音的 VOT 為長，反而是軟顎音的 VOT 較長（見表四）。

圖五顯示各類子音在五種發語單位的子音時長，除了在句子中的鼻音外，在各類別的母音中音長的變化不大，可見子音的音長受五種發語單位的影響不大，不像母音受發語單位的影響較大。



圖四 各種類別子音在五種語速下的時長 (ms)



圖五 各種類別子音在五種發語單位下的子音時長 (ms)

表四 發語第一音節子音於五種語速下的時長 (ms)

音素	最快	稍快	中速	稍慢	最慢	平均
ㄅ	11	11	11	12	12	11
ㄆ	17	18	18	21	22	19
ㄇ	21	21	23	23	27	23
ㄏ	62	70	77	89	103	80
ㄏ	56	60	66	74	85	68
ㄏ	71	76	85	94	107	87
ㄏ	68	74	82	93	104	84
ㄏ	116	123	135	151	177	140
ㄏ	76	82	86	97	109	90
ㄏ	129	134	144	162	181	150
ㄏ	72	74	82	91	97	83
ㄏ	131	136	149	165	184	153
ㄏ	96	108	133	148	191	135
ㄏ	84	96	110	120	143	111
ㄏ	149	166	191	212	246	193
ㄏ	154	169	189	220	248	196
ㄏ	158	171	190	218	256	199
ㄏ	35	37	47	50	62	46
ㄏ	38	38	50	54	72	50
ㄏ	46	53	62	71	74	61
ㄏ	36	43	50	53	67	50

鼻韻中的鼻音時長

鼻韻中的鼻音屬於韻母的一部分，屬於有聲子音，國語中只有鼻音能出現於母音之後，通常帶有鼻韻的音節較不帶有鼻韻的音節時長為長，詳見後幾節中的音節結構效果的分析。表五列出研究材料中帶有鼻韻詞的鼻音時長，音標中母音後的數字為聲調，由於研究材料中帶三聲/n/的鼻韻詞缺乏，相關的表與圖中暫不列/n/三聲的資料。聲隨韻母中的鼻音較聲母鼻音為長。最快速時，在 CVN 中鼻音和母音時長的相當，在稍快和中速時，有些甚至比 CVN 中的母音時長為長，但是在慢速語速時，卻比母音短，可見在慢速時鼻音的延展性並不如母音那麼大。鼻韻中的鼻音時長和聲母類別中擁有最長音段的摩擦音的音長相當接近。

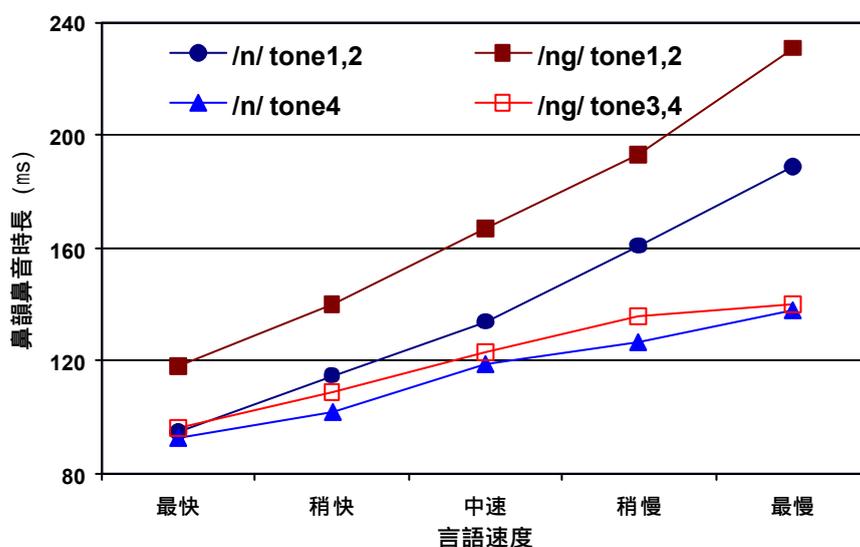
在表五中可發現鼻韻的鼻音時長和其他語音音段一樣也會受語速的影響，由最快到最慢，隨語速的降低鼻音時長也漸增。鼻韻中的鼻音音段時長較聲母鼻音的音段來得長，其中/? /音段明顯比/n/音段為長，五種語速下/?/音段平均時長比/n/音段較長約 22ms。由於聲隨韻母中的鼻音屬於有聲音，聲調對於聲隨韻母中的鼻音是否有影響呢？觀察個別音節的鼻音資料發現四種聲調中第四聲的鼻音時長較短。雖然各音節聲調的影響並不十分一致，但是大致而言，第三、四聲鼻韻中的鼻音較短，而一、二聲的鼻韻中的鼻音較長（見圖六）。聲調的影響在慢速語速

時較大，在快速和中速情況下則較小。在慢語速的情況，聲調間時長的差異最大，可見聲調對於聲隨韻母中的鼻音可能有一些影響的。此外，音節結構對鼻韻鼻音時長略有影響，位於無聲母音節（如 VN）的鼻韻鼻音較有聲母音節（如 CVN）的稍長（見表五）。

聲隨韻母中的鼻音的時長性質到底較接近子音還是母音呢？計算聲隨韻母的平均鼻音時長相對於中速時的比值（見表五），在最慢速的情況下，鼻音時長平均增加了百分之三十六，在稍慢速的情況下，鼻音時長平均增加百分之十七。在稍快語速下，平均鼻音時長為中速的百分之八十六，平均縮短了百分之十四。在最快語速下，平均鼻音時長為中速的百分之七十二，平均縮短了百分之二十八。在稍快語速下，平均鼻音時長為中速的百分之八十六，平均縮短了百分之十四。與子音和母音的相關資料比較，這些比值和平均時長聲隨韻母中的鼻音時長性質與非嘶擦摩擦音相近似，尤其是在五種語速下/n/和/ ? /的平均時長相對於中速語速聲隨韻母中鼻音的比值（延展係數）和非嘶擦性摩擦音的十分相近。有趣的是，在五種語速下鼻音的平均時長與它們在中速語速的時長相近，此性質和聲母時長所發現的現象一致。

表五 聲隨韻母的平均鼻音時長（ms）及相對於中速時的比值

	最快速	比值	稍快速	比值	中速	稍慢速	比值	最慢速	比值	平均
/n/一二聲	95	0.71	115	0.86	134	161	1.21	189	1.42	139
/ng/一二聲	118	0.71	140	0.84	167	193	1.16	231	1.39	170
/n/四聲	93	0.78	102	0.86	119	127	1.07	138	1.16	116
/ng/三四聲	96	0.78	109	0.89	123	136	1.11	140	1.14	121
/n/平均	95	0.72	113	0.87	131	155	1.18	180	1.38	135
/ng/平均	112	0.72	132	0.85	155	179	1.15	208	1.34	157
in CVN	111	0.69	134	0.84	160	179	1.12	224	1.40	162
in VN	118	0.72	141	0.85	165	203	1.23	239	1.45	173
鼻音平均	103	0.72	123	0.86	143	167	1.17	194	1.36	146



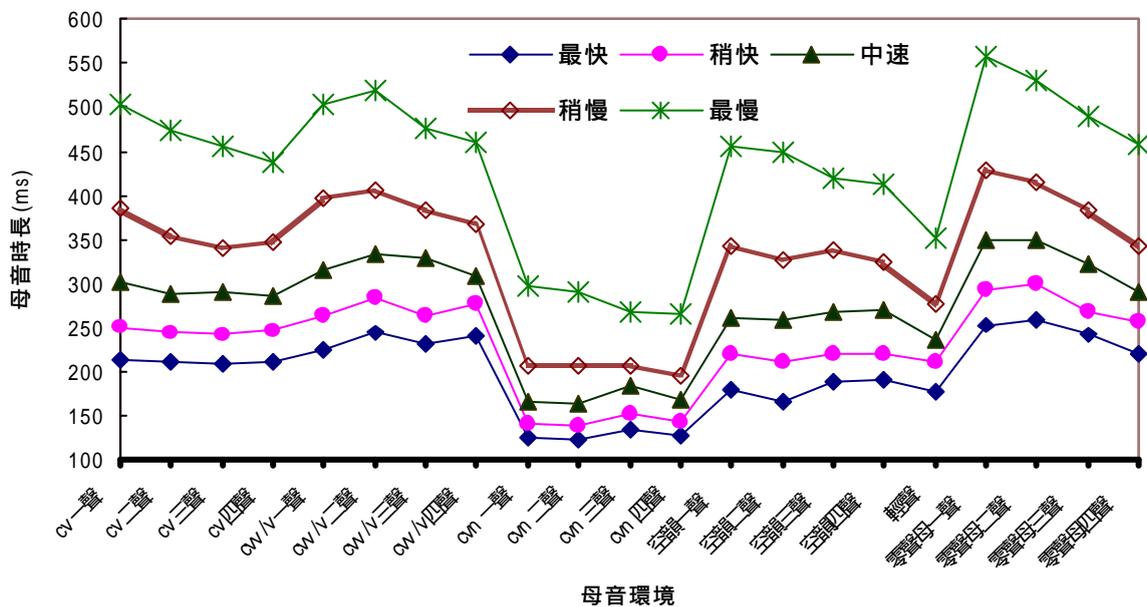
圖六 五種言語速度下的不同聲調和類別的鼻韻鼻音時長（ms），/ng/指的是/ ? /。

各類母音的音段時長

分析全部受試者各發語詞的第一、二、三音節母音在五種語速下的平均時長。由於聲調、音節結構因素會影響音段時長，因此若要比較各母音間的時長差異就要考慮這兩個因素的作用，因此各類母音音段時長的比較，需依照聲調和音節結構加以分類比較。圖七顯示各類母音在各類音節（包括聲調、音節結構）和各語速下的平均母音時長，可見各類母音音段時長受語速的影響具有同質性，即各類語音的語速趨勢線大致保持平行。此外，母音的時長也頗受音節結構和聲調的影響。

個別母音分析的結果顯示各類母音中，低母音的平均時長比高母音時長稍長，如在 CV 音節中，同為一聲，/a/比/i/和/o/長，在 V 音節中/a/比/u/長。所有母音中以在 V 音節中的/a/最長，而央母音/?/以及空韻/?/皆較短。所有母音中空韻/?/和央母音/?/的時長最短，央母音/?/主要存在具鼻韻的音節中，而鼻韻音節中的母音通常較短（見圖七）。其實在國語音節中 CVN 和 VN 的母音種類有限，就只有/a和/?/兩種母音。而空韻/?/之前必有摩擦音或塞擦音，因此主要存在在 CV 音節中。

雙母音的平均時長並沒有比單母音的為長。本研究的材料中雙母音主要在無聲母的狀態下，即音節結構為 V 的狀態下，雙母音母音音長較 CV 音節的長，因此需要同為相同的音節結構比較才合理。分析結果也發現若同為音節結構 V，而聲調為一聲的雙母音(/ai/、/au/和/ou/)的時長反而較單母音/a和/u/稍短。分析發語詞的第二、三、四音節的母音時長後（由於第一音節少結合韻母音），也發現結合韻(CVV/V)母音的時長較 CV 音節中的母音稍長（見圖七）。



圖七 各類母音在各類音節（包括聲調、音節結構）中的母音時長（ms）

在圖七也可見五種語速下的各聲調的母音時長的趨勢線，在慢速語速下聲調間時長的差距拉大。在快速和中速語速下，除了四聲較短外，其他聲調對時長的影響有限，除四聲以外的三類聲調具有相似的時長，然而在慢速語速下聲調對時長的影響加大，各類音節顯現類似的型態，在最慢速語速下，四聲最短，三聲次短、二聲和一聲較長。在中、快語速下，聲調對音段時長時長的影響並不一致，且在各類音節結構中各聲調時長也不太一致。在中、快速語速下聲

調間的差異較少，在慢語速時差異性較大，第四聲聲調對於母音時長有明顯減短的現象。輕聲在快語速下時長類似空韻，時長較短，但在慢語速下的延展性較空韻的為小，顯示其延展性有限。

由於聲調是屬於有聲語音頻率型態的變化，聲調會影響母音的時長，而母音本身也會影響聲調時長的平均值。由於本研究的重點在比較各類語音在不同的語速和發語詞單位下的差異，語音材料的設計無法保持各類母音在各種聲調的數量一致。若是各聲調類別中的母音不同，由於母音本身的因素（如母音類別、音節結構等）將造成聲調平均的偏誤，因此聲調間的比較最好採用有相同的音節結構且相同的母音，在本研究語音材料中符合此條件且四個聲調對比皆具有的母音有 /i/、/u/ 和空韻三個母音，皆位於 CV 音節中。五個語速下的四聲調平均時長列於表六，可以發現 /i/ 母音中，三聲時長最短，二聲最長。/u/ 母音中，四聲時長最短，一聲最長。空韻 /ʔ/ 中四個聲調時長平均皆相近似。雙母音 /au/ 具有二聲、三聲、四聲對比，以三聲最短，四聲最長。雙母音 /ei/ 具有一聲、三聲對比，以三聲較一聲為長。有以上的分析可知四聲不一定總是最短，而三聲也非總是最長，聲調對母音的影響似乎沒有一致性。聲調和其他因素，如母音的類別、語速、音節結構產生交互作用，增加各類聲調時長的變異性，在各個母音中聲調時長有不一致的結果。聲調對於母音時長的影響似乎不如音節結構的影響來的強。

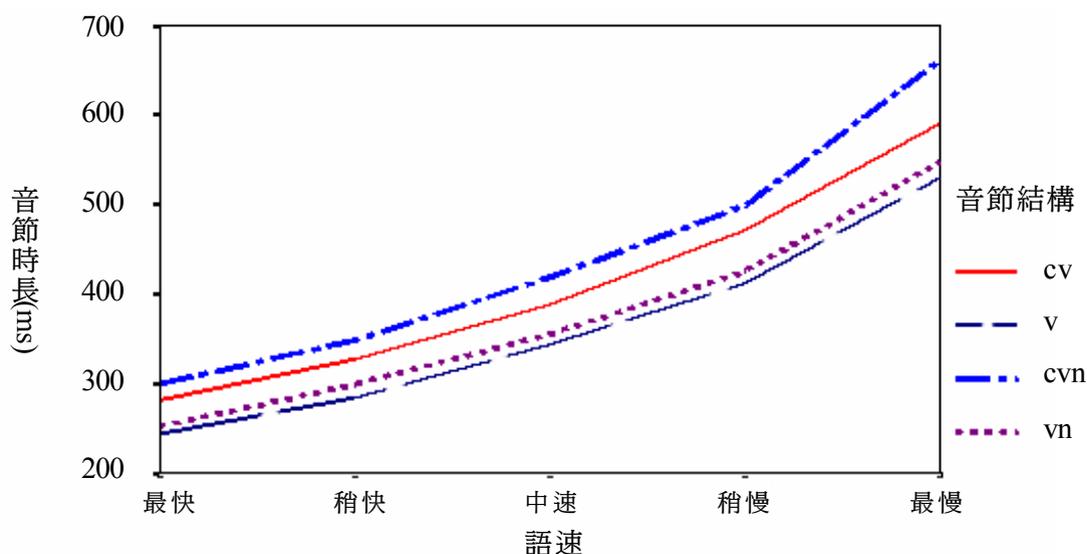
表六 CV 音節中五種語速的各聲調母音時長 (ms)

聲調	/i/ 時長	/u/ 時長	/ʔ/時長	/au/ 時長	/ei/時長
一聲	315	361	292		329
二聲	324	311	282	314	
三聲	268	327	286	247	388
四聲	273	271	283	346	

音節結構的影響

圖八顯示四類音節結構的音節時長比較，分析的資料來自發語詞第一音節時長，CVN 音節平均時長比 CV 音節的為長，而 CV 音節的又比 V 或 VN 的音節音長為長。各音節結構的音節時長受到各語速的影響具有同質性，而 CVN 音節在最慢語速下有更為拖長的趨勢。

單就母音音段的時長分析，位於 V 音節（無聲母）的母音平均時長最長，其次是 CV 中的母音時長，而 CVN 和 VN 的母音時長最短，在 CVN 和 VN 中的母音時長相近。各音節結構的母音時長受到各語速的影響也具有同質性，V 和 CV 中母音時長在各語速下皆維持著約 50ms 的差距。由於考慮各音節結構中的母音種類和母音聲調可能並非平衡而有偏誤的影響，另外分析個別單獨母音（一聲/a/）在不同的音節結構中的母音時長，發現一聲/a/ 在 CV、V、VN 三種音節結構中的時長也具有和以上所述類似的趨勢（見表七），即在五種語速下，位於 V 音節結構的母音時長最長，其次是位於 CV 音節中，而位於 VN 音節的母音時長最短。可見音節結構是影響母音音段的時長重要的因素。



圖八 四類音節結構在各種語速下的平均音節時長

表七 一聲母音/a/在三種音節結構中的平均時長比較 (ms)。

語速	最快	稍快	中速	稍慢	最慢	平均
音節結構	Mean SD					
CV	212 54	249 58	294 68	368 86	459 163	316 129
V	264 52	309 61	379 62	444 91	559 160	391 140
VN	135 40	158 46	191 53	223 68	308 124	203 95
平均	192 69	225 80	270 94	325 119	418 177	286 140

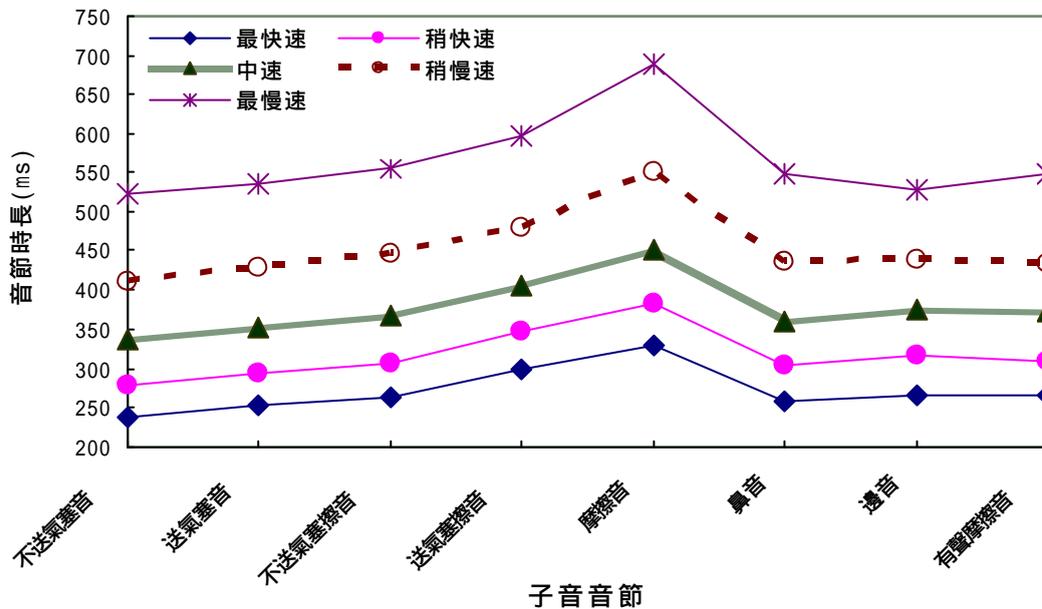
子音環境的影響

母音時長是否會受其子音環境的影響(前接子音類別)的影響?表八顯示各類別聲母環境的母音時長,前有送氣子音的母音比前有不送氣音的母音為較短,前有送氣塞擦音的母音最短(平均 278ms)。依照各語速變化,其餘各類別聲母(包括摩擦音、母音、邊音、有聲摩擦音)後母音的平均時長約在 330ms 左右。可見,母音時長會受其前接子音類別的影響,和英語研究所發現的結果類似(House & Fairbank, 1953)。子音環境對母音的影響可能源於協同構音(coarticulation),在連續構音中的語境脈絡下每個音互相間都會有不同程度地交互影響,而母音時長會受其前子音的影響而調整時長,不送氣子音時長較短,其後母音則較長。至於此源於子音環境變項的改變,是否是為了維持音節時長的一致性呢?

音節整體時長是否也受子音的影響或保持一致呢?圖九顯示各類別聲母的音節在五種語速下的平均時長,具有摩擦音的音節時長最長,其次是送氣塞擦音的音節,再其次是不送氣塞擦音的音節,其餘的聲母音節時長則相近。可見各聲母的音節間有時長的差異,並非一致。

表八 在各聲母環境中的平均母音時長比較 (ms)

語速	最快		稍快		中速		稍慢		最慢	
音節環境	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
不送氣塞音	220	52	262	59	319	71	392	100	501	177
送氣塞音	190	45	225	49	276	64	342	97	437	177
不送氣塞擦	190	55	229	59	283	70	352	88	452	168
送氣塞擦音	175	46	215	53	261	56	320	81	418	165
摩擦音	200	62	239	61	289	69	366	90	475	162
鼻音	214	54	255	59	302	67	372	90	474	165
邊音	233	37	277	46	328	64	388	95	462	168
有聲摩擦音	231	52	271	62	324	77	384	117	486	190

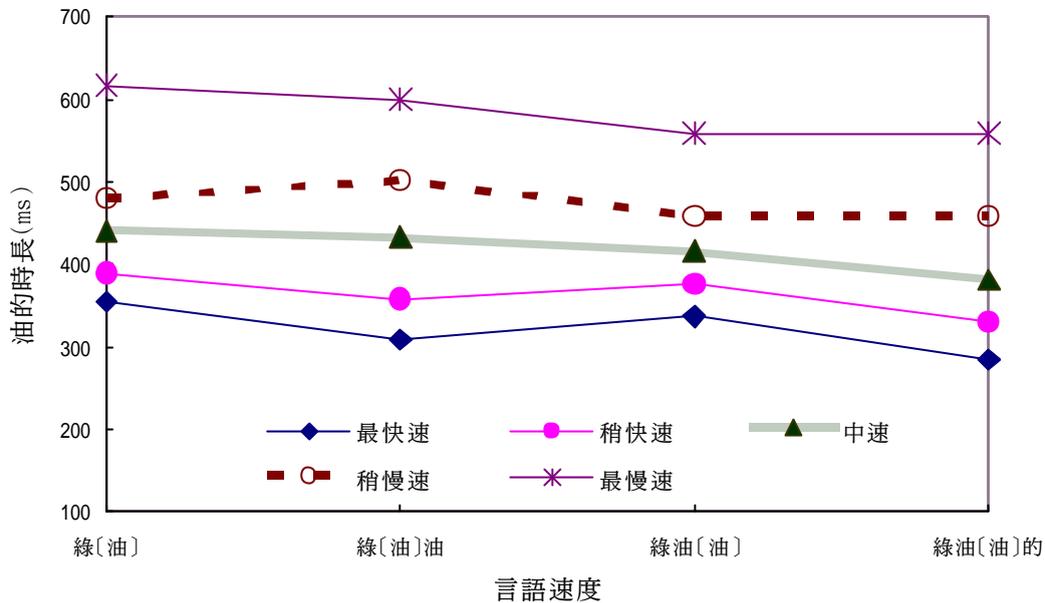


圖九 各類聲母音節在各種語速下的平均音節時長。

發語末尾音節拖長效果

相同的音節（或詞）位於發語詞不同的位置時其時長是否有差異？比較「魚肉」的「魚」與「烏魚」的「魚」以及「魚肉多」的「魚」和「烏魚子」的「魚」。在五種語速下的平均「魚肉」的「魚」平均時長為 386ms，「魚肉多」的「魚」平均時長為 367ms，「烏魚」的「魚」平均時長為 419ms，「烏魚子」的「魚」平均時長為 356ms。「烏魚」的「魚」平均時長比「魚肉」的「魚」的長，相同的音節「魚」因為在發語詞中不同的位置，時長有些差異。另一個有趣的例子是「綠油油」形容疊詞的時長（見圖十），比較二音節發語末尾（綠「油」）和三音節發語的第二音節（綠「油」油）的音節時長，以及三音節發語末尾（「綠油「油」）和四音節發語的第三音節（綠油「油」的）音節時長，可以發現相同的「油」的平均時長在發語詞末

尾時較稍長一點，這些可能是所謂的「發語末尾音節拖長效果」所致。



圖十 五種語速下在不同發語單位和發語詞位置「油」音節的平均時長比較

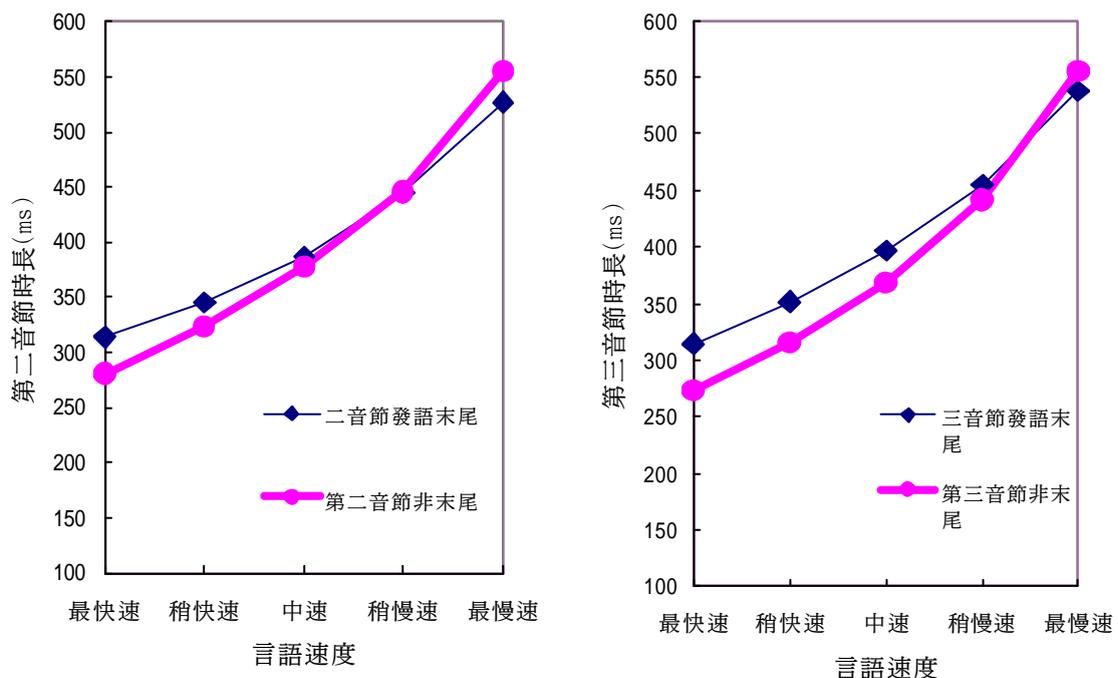
位於詞語或片語中最末尾音節的位置的音是否總是較長呢？這就需要比較在不同發語單位中的相同音節（詞）的時長。本研究材料的設計是在一組詞中逐漸增加音節數目，每組詞語中皆有共同擁有一些的音節，如此就可以比較位於發語語句中之最後音節與非最後音節的時長差異，即比較相同音節（詞），在發語詞中次序位置相同，比較居於發語末尾的位置和非末尾位置的音節時長差異。分析結果發現相同的音，位於發語末尾的音節的時長較長，而且三音節發語末尾和四音節發語的第三音節的音節時長之間的差距比起二音節發語末尾和三音節發語的第二音節的音節時長之間的差距為大，可見發語單位愈大時，末尾音節時長受到拖長愈多。然而此趨勢會受語速影響而出現不同的狀況，在語速愈快時，發語末尾和非發語末尾音節的時長差距愈大，然而在語速慢速時，卻較不受是否為末尾的影響，甚至在第三音節處有相反趨勢（見圖十一）。

為考驗言語速度和發語音節位置（末尾/非末尾）對音節的音節時長的影響，進行兩個重複量數變異數分析，一個是比較三音節發語末尾和四音節發語的第三音節的音節時長，另一個是比較二音節發語末尾和三音節發語的第二音節的音節時長。受試者內二因子變異數分析結果顯示對於三音節發語末尾和四音節發語的第三音節的音節時長，言語速度、發語音節位置的效果皆達顯著[言語速度效果： $F(4, 3904) = 1792.14, p < 0.001, \eta^2 = 0.65$ ；發語音節位置： $F(1, 976) = 90.65, p < 0.001, \eta^2 = 0.085$]，而言語速度與發語的音節位置交互作用也達顯著[$F(4, 3904) = 98.62, p < 0.001, \eta^2 = 0.092$]，LSD 事後考驗結果顯示，五種言語速度間母音的音段時長值皆達顯著差異（ $p < 0.001$ ）。對於二音節發語末尾和三音節發語第二音節的音節時長，受試者內二因子變異數分析結果顯示言語速度、發語音節位置的效果皆達顯著 [言語速度效果： $F(4, 3892) = 1802.63, p < 0.001, \eta^2 = 0.65$ ；發語音節位置： $F(1, 973) = 10.58, p = 0.001, \eta^2 = 0.011$]，而言語速度與發語的音節位置交互作用也達顯著[$F(4, 3892) = 93.67, p < 0.001, \eta^2 = 0.088$]，LSD 事後考驗結果顯示，五種言語速度間母音的音段時長值皆達顯著差異（ $p < 0.001$ ）。可見言語速度與發語詞位置顯著地影響音節時長，其中對於三音節發語末尾音節的拉長效果較二音

節發語末尾的拉長效果為強。顯著交互作用顯示出發語末尾音節的拉長在不同的語速下有不同的情況，圖十一中兩條交叉的趨勢線正可說明此交互作用，發語末尾音節的拉長出現於快速和中速的情況，在慢速時無拖長效果，在最慢速時發語末尾音節甚至略為縮短。

雖然由於本研究詞語材料的設計，使得末尾音節拖長效果可能與發語詞單位效果兩者重疊，然而由於發語詞單位效果主要是單音節和其他發語單位的大差距所造成，其他發語單位間的差距雖然達顯著，但是其實它們的平均差距值並不大，約 2~14ms 左右（見表一），尤其是發語單位為三音節和四音節間的差異甚小，而在發語末尾音節的拉長出現的快速和中速的情況下，發語末位和非發語末尾平均差距值達 9~42ms，這些差距並不能單純由發語詞單位效果來解釋，末尾音節拖長效果是個合理的解釋。

至於鼻韻鼻音的音段時長是否會如同母音一樣受發語詞位置影響？相同的鼻音，位於發語末尾的鼻音平均時長為 128ms（SD=60.88）；位於非發語末尾的鼻音平均時長為 138ms（SD=63.13）。重複量數 t 考驗結果顯示位發語詞末尾的鼻音時長和非發語詞末尾的鼻音時長之間有顯著差異存在[t(2250)=-7.64, p<.0001]，位於發語末尾顯著地稍短於非發語末尾，這和母音的發現卻正好相反，可稱之為「鼻韻鼻音的發語末尾時長縮短效果」。



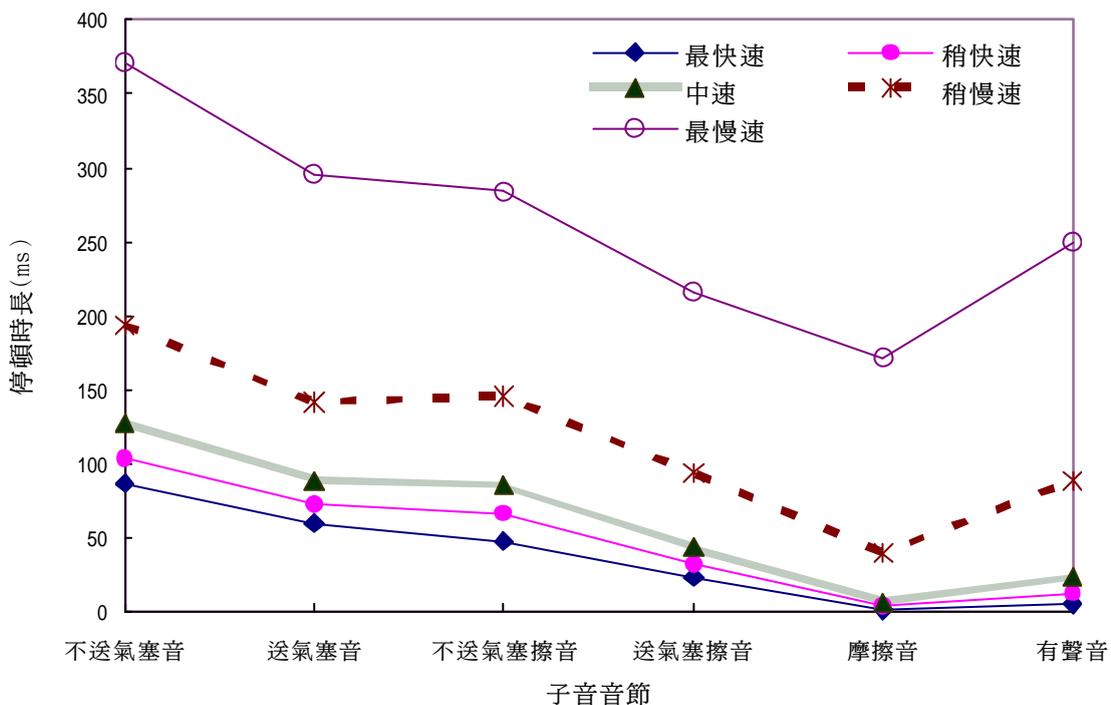
圖十一 在五種語速下在發語末尾和非發語末尾的第二和第三音節的平均時長比較

停頓或靜默時長

塞音和塞擦音之前的空白音段稱為靜默（silence）或閉鎖（closure）或空白（gap），為塞音釋放前的持阻時間，此時構音子（articulators）閉鎖累積口壓。事實上，此段持阻時間應屬於塞音音長的一部分，但由於若塞音位於發語的啓始音節位置此段靜默時間是無法量測的，因為在聲譜圖上與一般停頓或靜默一樣是沒有任何聲學信號能量的，因此位於第二音節之後的塞音和塞擦音音才可量到靜默時長。圖十二可見五種語速下各類子音音節前的靜默或停頓音段。

整體上，不送氣塞音比其他子音的靜默時間為長，可說是所有語音中擁有最長的靜默時間。塞音的靜默時長較塞擦音為長，而送氣的語音（送氣塞音和塞擦音）比不送氣的（不送氣的塞音和塞擦音）的靜默時間短。

其他語音（如摩擦音音節、鼻音音節、母音）在平常說話的速度或快速的情況下，通常停頓的時間很少，除非有刻意的強調或延宕，但在慢速語速下，停頓的時間就會增加許多，讓整體語句的時長增加。摩擦音（如/s/、/?/、/h/）等音節之前的停頓時間在最快速、稍快速、中速的語速下皆十分短暫，但在稍慢以及最慢的語速下則較長，可長到 200~300ms，可知摩擦音停頓時長受慢速語速的影響大，在快速及中速語速下則很短，甚至是可被忽略的。在快速語速下無聲母的母音、有聲子音音節（邊音、鼻音）之前的停頓時長和摩擦音相近，但在中速以及慢速語速下則較長。由以上各類聲母音節前的停頓時長分析可知在慢速語速下，停頓的拉長本身也是與速調節的機制之一，除了延長音節時長外，說者也藉由拖長停頓來降低語速，尤其是在最慢速的語速下。其實停頓時長除了受到音節聲母類別、發語單位以及語速調節本身的影響外，應該還受到語意強調以及語法邊界的影響，但是由於後者所涉及的因素太複雜在本研究中暫不討論。



圖十二 五種語速下各類子音音節前的停頓時長 (ms)

綜合討論

語音是時間的參數，聲音是在時間的軸上聲能的量與質的變化。為了傳達固有的語音資訊，各語音音段皆佔有一定的時間。由本研究得到的結果可知，不管是子音或是母音音段的長短皆會受言語速度和發語的單位影響，隨著說話速度與發語單位的改變時長有相對地的變化。言語速度的影響較發語單位的影響為大。語速愈快，音段時長愈縮減；發語單位愈小，音段時

長則愈長。就語速的影響而言，整體上音節內音段的影響性並非均質，母音時長受語速的影響較子音為大，此亦符合 Gay(1981)研究的結論，即子音受縮減或延展的比值皆較母音的為小，尤其是在較極端語速下（如最慢速或最快速）。言語速度對時長有整體性的影響。除語速外，子音時長主要受到其本身語音類別影響，時長變化較為有限，影響時長的因素相對地較少，而母音時長的變化則較有彈性，也受到較多因素的影響。影響母音時長的重要因素中，除語速外，主要有音節環境（結構、前接子音）、聲調、發語單位、發語詞句位置。

本研究的結果顯示發語單位效果主要存在於單音節的母音或音節時長，單音節的時長遠較其他發語單位為長，發語單位對母音或音節時長的影響較子音大。本研究發現的發語單位效果和 Lehiste（1972）以及曾進興（民 82）所發現的發語詞單位效果大致吻合，即發語詞的音節數目影響該發語詞中的音節或母音時長。若語句中音節的數目愈多，則其中的各音節時長會愈短。推測發語單位對母音影響的原因，可能是受呼吸支持的限制。當發語單位愈大時，如句子時，若想要一口氣說完，相對的每個音節的時長就會較短，因此發語單位愈大，母音或音節時長愈短。而單音節就只有一個發語單位時長相對就較不受呼吸支持限制的影響，而且單音節本身也是末尾音節，受發語詞末尾拖長效果影響，因此變得較長。本研究發現的發語詞末尾拖長效果也和其他相關的研究（Lehiste, 1972; Oller, 1973; Bell-Berti, Regan, & Boyle, 1991）所發現的相似，可見發語詞末尾拖長效果和發語詞單位效果似乎具有跨語言的共同性。

若就音節內時長變化來看，言語速度分別對音節中子音與母音的影響是不相同的。母音的延展性較佳，音段時長的變化幅度較大，在各語速下可以大幅度地增加或減少其音段時長，而子音時長隨語速的變化量較為有限。子音受本身語音音素身分（phonetic identity）所限，通常在語音知覺上有所謂的「關鍵界線」（critical boundary）存在，即子音類別間需維持語音對比性，而子音時長被認為是重要語音對比特徵之一，例如在國語中送氣和不送氣音的區別即在於 VOT 的差異。本研究的結果也發現不送氣塞音的 VOT 在各語速下皆十分短暫（不超過 30ms），遠小送氣塞音的 VOT，而且送氣塞音的 VOT 隨語速的變化量較大。在各種語速下，由於各子音音段時長仍需保有其相對長短的關係，因此子音時長受語速的影響有限。

子音之中較具延展性的應屬摩擦音，摩擦音具延續性（continent）的區分性特徵，然而是否摩擦音可如同母音一樣具如此大幅度的伸縮變化？本研究的結果顯示即使是擁有音段長度最長的摩擦音在慢速語速下的延展比值仍是較一般母音為小。在快速語速下摩擦音所縮短的比值與母音的相近，但仍稍小一點，在最慢速語速下，則遠不如母音的延展比值，子音延展性較小。其中原因之一有可能是子音、母音涉及的動作性質不同所致，大多數子音的構音動作較為複雜，構音動作較具動態性，構音動作速率較快，較屬於是發射性動作，而母音的構音速率較慢，較屬於是持續性動作。發射性動作較動態，構音動作速率較快，動作較固定無彈性，一旦啟動無法中途改變或停止。由於母音可以允許較大程度的伸縮比值，母音在語速調控應扮有重要角色。

Jeng（2000）研究中所發現國語送氣塞擦音的平均噪音時長（約 130ms）和不送氣塞擦音的平均噪音時長（約 70ms）的差距。本研究發現國語送氣塞擦音與不送氣塞擦音之間的噪音時長差距（60ms）也大致相符，可見噪音時長也可作為辨識送氣塞擦音與不送氣塞擦音的一個有效的指標。另外 Jeng（2000）研究中發現國語三個摩擦音（ㄌ、ㄒ、ㄝ）與塞擦音（ㄑ、ㄒ、ㄓ、ㄔ、ㄕ、ㄖ）的噪音時長的差距約為 65ms，而本研究的三個摩擦音平均噪音時長較長（平均 196ms），而六個塞擦音的平均時長為 117ms，摩擦音與塞擦音間時長差距較大（平均 80ms）。由於 Jeng（2000）所得的音段時長是單音節詞發語且在說者正常習慣的語速下所得的資料，而在本研究的子音時長是來自五種語速和五種發語單位的平均。由本研究之前幾個部分的分析中已顯示各語音（子音、母音）音段時長並非固定的，會隨著語速和發語單位改變而不同，因此較值得注意的應是各類語音間音段時長的差異或對比性，以及在各種語速下的這些差距的相

對性維持。

國語的韻律特性是以音節計時 (syllable timing) 的語言，而非以重音計時 (stress timing) 的語言，究竟國語說話者會試圖保持語句中音節與音節間音段長度的一致或是試圖保持每個音節的長度類似呢？在本研究對音節時長分析的結果中可以確定音節結構對音節時長的影響，而語尾音節拖長效果的出現可以知道音節位於發語詞的位置會影響音節時長。音節中的子音和母音各有其固有時長，也是影響音節時長的因素。可見，音節時長受到許多因素的影響，即使在一個語句之內也是有相當大的變異性。

在練習階段，我們使用節拍器調節說話者的言語語速，一個有趣的問題是說話者究竟有沒有按照節拍器的節奏調整語速呢？按照節拍器的頻率設定：最快 (180 次/分)、稍快 (150 次/分)、中速 (120 次/分)、稍慢 (90 次/分)、最慢 (60 次/分)，相當於每秒鐘的音節數最快速應為 3 次/秒 (333ms/time)、稍快速應為 2.5 次/秒 (400ms/time)、中速應為 2 次/秒 (500ms/time)、稍慢速應為 1.5 次/秒 (667ms/time)、最慢速應為 1 次/秒。檢查實際聲學分析後的平均音節時長 (見表一)，可發現除了單音節時長在最快速語時最為符合外，其餘各語速的音節時長皆短於節拍器設定的頻率，尤其是在慢速下差距最大，即使是慢速單音節的音節時長也還是短於節拍器的週期。可知，除了音節時長本身之外，其他因素如音節和音節間的停頓或塞音、塞擦音之前的靜默音段也可能扮有語速調節的角色。由停頓或靜默時長的分析結果可知停頓時長在最慢速時增加最多，觀察圖九和圖十二可發現各類聲母音節前的停頓或靜默時長型態卻正好和各類聲母音節的時長型態呈現相互補的關係。表九列出各語速下各類聲母音節的平均音節時長加上其前停頓平均時長的總合，可以發現各語速下這些總和時長很接近節拍器的週期，尤其是在快速的語速下。在各語速下，各聲母音節時長加上它們之前的停頓或空缺時長的總時長皆相近，各聲母音節皆具有符合節拍器週期的一致性。此發現可以支持國語以音節計時的節律特性，在練習階段節拍器的提示對說話者的語音串流 (speech stream) 產生了相對應的變化。語句中的音節時長受整體語速的規範，說話者考慮整體語速和發語的單位調整每個音節和停頓或靜默時長，維持每個音節時長和停頓或靜默時長總合的一致，因此音節和停頓 (或靜默) 的總和可以說是語速調整的單位。

表九 各聲母音節的平均音節時長與音節前停頓平均時長的總合

語速	最快速	稍快速	中速	稍慢速	最慢速
不送氣塞音	324	383	465	605	892
送氣塞音	313	367	441	571	832
不送氣塞擦音	311	373	453	592	840
送氣塞擦音	324	380	449	574	814
摩擦音	331	387	459	589	861
其他有聲音	270	323	393	525	790

本研究探討幾個影響音段時長因素，包括有言語速度、發語單位、子音、母音內在音段特性、聲調、音節結構或環境、發語詞位置等因素，其中言語速度的影響較為全面性。事實上還有許多可能影響語音時長的因素未涉及，如語調、語意強調 (或重音)、其他高層次語言因素 (如語法，片語界限)、個別差異因素 (如說者個人說話習慣、生理心理狀況、性別、年齡、地方口音、言語動作的熟練、呼吸支持) 等，尤其是本研究刺激語彙項間構詞與詞性並不一致，或許構詞語法因素也可能是影響音段的時長的因素之一，這些均有待日後更進一步的探討。本

研究結果可讓我們了解國語中各種音段的時長特性以及其各自於不同的五種言語速度下的變化與相對關係，可根據這些資料建立正常說話者音段時長的常模，作為提供相關研究的參考。

參考文獻

- 陳達德、蔡素娟與洪振耀 (民87) 國語聲母音長之聲學基礎研究與臨床意義。《聽語會刊》，13，頁138~149。
- 曾進興 (民81) 說話速度與語音對比對臺灣話音段長度的影響--初步的分析報告。《國立中正大學學報》，3：1.10，頁47~82。
- 翁秀民、楊正宏 (民86) 國語四聲的能量與字音長度之探討，技術學刊，12：1.03，頁125~129。
- Bell-Berti, F., Regan, S. & Boyle, M.(1991). Final lengthening: Speaking rate effects. *Journal of the Acoustical Society of America*, 90, 2311.
- Crystal, T. H., & House, A. S. (1988). Segmental durations in connected-speech signals: Current results. *Journal of the Acoustical Society of America*, 83, 1553-1573.
- Gay, T. (1981). Mechanisms in the control of speech rate. *Journal of Phonetics*, 38, 148-158.
- House & Fairbank, (1953). The influence of consonant environment upon the secondary acoustical characteristics of vowel. *Journal of the Acoustical Society of America*, 105-113.
- Jeng, Jing-Yi (2000). *The speech intelligibility and acoustic characteristics of Mandarin speakers with Cerebral Palsy*. Ph. D. Dissertation, University of Wisconsin- Madison.
- Kent, R. D. (1992). *The Acoustic Analysis of Speech*. San Diego : Singular
- Klatt, D. (1976). Linguistic uses of segmental duration in English: acoustic and perceptual evidence. *Journal of the Acoustical Society of America*, 59, 1208-1221.
- Lehiste, I. (1972). The timing of utterances and linguistic boundaries. *Journal of the Acoustical Society of America*, 51, 2018-2024.
- Milenkovic, P.(2003). *TF32* [computer program]. Madison, WI: University of Wisconsin Madison, Department of Electrical Engineering.
- Tseng, C-Y. (1990). *An Acoustic Phonetic Study on Tones in Mandarin Chinese*. Institute of History & Philology Academia Sinica, Special Publications No. 94. Taipei, Taiwan.
- Stack, J.W. (1993). Effects of speaking rate and stress on vowel durations and formant structures. *Journal of the Acoustical Society of America*, 93, 2296.
- Pellegrino, F., Farinas, J. & Rouas, J.-L.(2004) Automatic estimation of speaking rate in multilingual spontaneous speech. *International Conference on Speech Prosody, Nara, Japon*. In B Bel & I. Marlien (Eds.), ISCA Special Interest Group on Speech Prosody, p. 517-520.
- Peterson & Lehiste (1960) Duration of syllabic nuclei in English. *Journal of the Acoustical Society of America*, 32, 693-703
- Repp, B.H., Liberman, A. M., Eccardt, T. & Pesetsky, D. (1978). Perceptual integration of acoustic cues for stop, fricative, and affricate manner. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 621-637.
- Oller, D.K. (1973). The effect of position in utterance on speech segment duration in English. *Journal of the Acoustical Society of America*, 54, 1235-1247.
- Ostry, D. J., & Munhall, K. G. (1985). Control of rate and duration of speech movements. *Journal of the Acoustical Society of America*, 77, 640-648.
- Umeda, N. (1975). Vowel Duration in American English. *Journal of the Acoustical Society of America*, 58, 434-445.

投稿日期：93年10月31日

修正日期：94年 2月10日

接受日期：94年 2月20日

附錄一

三十三組實驗刺激詞語列表

編號	音素	單音節	雙音節	三音節	四音節	句子	句子音節數
1	ㄅ	背	背上	背上肩	背上肩去	把弟弟背上肩去	7
2	ㄆ	潑	潑到	潑到人	潑到人家	潑水潑到人家	6
3	ㄇ	媽	媽媽	媽媽好	媽媽好心	媽媽好辛苦	5
4	ㄉ	飛	飛的	飛的好	飛的好高	小鳥飛得好高	6
5	ㄉ	低	低頭	低頭看	低頭看地	低頭看地上螞蟻	7
6	ㄉ	特	特別	特別愛	特別愛看	特別愛看小紅花	7
7	ㄋ	泥	泥土	泥土味	泥土味道	充滿了泥土味道	7
8	ㄌ	綠	綠油	綠油油	綠油油的	綠油油的草地	6
9	ㄍ	給	給我	給我錢	給我錢買	給我錢買東西吃	7
10	ㄎ	褲	褲子	褲子濕	褲子濕濕	弟弟的褲子濕濕	7
11	ㄏ	哈	哈哈	哈哈笑	哈哈笑我	張開嘴哈哈笑我	7
12	ㄐ	雞	雞腿	雞腿肉	雞腿肉香	雞腿肉香噴噴	6
13	ㄑ	汽	汽水	汽水好	汽水好喝	汽水好喝極了	6
14	ㄒ	吸	蜥蜴	吸一吸	吸一吸奶	給他吸一吸奶嘴	7
15	ㄑ	蜘	蜘蛛	蜘蛛網	蜘蛛網多	角落裡蜘蛛網多	7
16	ㄑ	吃	吃飯	吃飯時	吃飯時間	中午吃飯時間到	7
17	ㄑ	時	時間	時間到	時間到了	回家時間到了	6
18	ㄑ	乳	乳酪	乳酪好	乳酪好香	乳酪好香也好濃	7
19	ㄑ	紫	紫色	紫色花	紫色花兒	紫色花兒開滿地	7
20	ㄑ	刺	刺到	刺到腳	刺到腳底	被圖釘刺到腳底	7
21	ㄑ	撕	撕破	撕破布	撕破簿子	不小心撕破簿子	7
22	ㄑ	魚	魚肉	魚肉多	魚肉多刺	魚肉多刺要小心	7
23	ㄑ	烏	烏魚	烏魚子	烏魚子飯	烏魚子飯也好棒	7
24	ㄑ	一	一起	一起走	一起走到	一起走到動物園	7
25	ㄑ	安	安全	安全門	安全門口	安全門口的暢通	7
26	ㄑ	哀	哀嚎	哀嚎聲	哀嚎聲起	姐姐滑倒哀嚎聲起	8
27	ㄑ	凹	凹凸	凹凸的	凹凸的地	凹凸的地面不平	7
28	ㄑ	歐	歐式	歐式花	歐式花園	歐式花園好漂亮	7
29	ㄑ	阿	阿里	阿里山	阿里山上	阿里山上看日出	7
30	ㄑ	耳	耳朵	耳朵聾	耳朵聾了	耳朵聾了聽不到	7
31	ㄑ	盆	盆子	盆子外	盆子外面	盆子外面很漂亮	7
32	ㄑ	骯	骯髒	骯髒的	骯髒的狗	骯髒的狗惹人嫌	7
33	ㄑ	蜂	蜂巢	蜂巢旁	蜂巢旁的	蜂巢旁的小蜜蜂	7

The influence of speaking rate, utterance unit and position on segmental duration of Mandarin

Jing-Yi Jeng

Department of Special Education, National University of Tainan

Abstract

The main purpose of this study is to investigate the effect of speaking rates and utterance units on segmental durations of Mandarin. Thirty normal speakers participated in the speech sampling. The speakers read the speech material at five speaking rates, including the fastest, faster, median, slower, and the slowest rate. There were five utterance units for each target syllable, including monosyllables, disyllables, tri-syllables, quadrisyllable and sentences. The segments measured include VOT of stops, noise duration of fricatives and affricates, nasal murmurs and vowel duration, as well as silence intervals, or pause intervals. Results showed that the consonant and vowel durations were all significantly influenced by speaking rate and utterance unit. At the five speaking rates, the durations of vowels changed more than those of consonants. Vowels in monosyllables had longer duration than those in the other utterance units. In addition to speaking rates and utterance units, the syllable structures and tones also greatly influenced the vowel and syllable durations of Mandarin. Among consonants, fricative duration expanded much more than the other consonants, while the duration of unaspirated stops kept constant across the five speaking rates. The final lengthening effect was also found in Mandarin. The duration of syllable at the end of an utterance was longer than those at the other position. This effect was found more salient at the fast speaking rates and in longer utterances.

Key words: speaking rate, utterance unit, duration, final lengthening effect, Mandarin