

移動噪音對會話聽取能力之干擾程度研究

A study of the moving noise annoyance for conversation intelligibility

陳炯堯*、劉鎧華**

*朝陽科技大學建築及都市設計研究所 副教授

**朝陽科技大學建築及都市設計研究所 研究生

主要聯絡方式

機構與單位名稱：朝陽科技大學建築及都市設計研究所

電話：(04)23323000 分機 4349 Fax：(04)23742339

E-mail：chychen@mail.cyut.edu.tw

摘 要

生活中存在著許多擾人的噪音，都嚴重干擾著會話聽取能力，特別是移動式噪音，這可能是因為大腦對於噪音的移動增加了對噪音的注意力，而降低交談時正確理解力，由陳炯堯¹(2003)等依音量差法研究結果得知，1/3八度音之窄頻噪音以中心頻2000Hz的移動噪音干擾比500Hz及白色噪音較為明顯($p < 0.05$)，但對於噪音之移動速度，並未深入探討。因此本研究以純音(pure tone)及白色噪音(white noise)來模擬移動音源，以恰可知覺差(just noticeable difference, JND)來探討移動速率對於會話時之語音遮蔽程度。結果發現在不同移動速率比較之下，並沒有顯著差異。

關鍵字：移動式噪音、恰可知覺差、純音、白色噪音

Abstract

There are a lot of noise disturbance in our life. Interfering the hearing abilities to community seriously. Especially, apparent moving noises, They may cause more attentions to the noise than conversation sensitivities in our brain, and reduce the understanding ability while speaking. With respective to the results arranged by Chen¹ (2003), the 1/3 octave narrow band noise centering at 2000Hz shows more interferes than 500 Hz and white noise as they were being moved. But the speed of movement to the noise, have being not detected. This research applied the sound pressure differences method between two loudspeakers to simulate source moving by using the pure tone and white noise. The psychological test employed just noticeable difference (JND) to probe into the speed of moving and masking effect to the pronunciation at the time of conversation. The results shown the different speeds were not obviously influence the single syllabic sensitivities.

Keywords: apparent moving source, just noticeable difference, pure tone, white noise

一、前言

陳¹(2001)等曾就機場鄰近居民被飛航器噪音對於交談或會話時的干擾程度分析中發現干擾程度與噪音之自函數(*autocorrelation*)有明顯的關聯性。但未將噪音移動時所產生之干擾程度變化予以分析。也曾以生活中最常存在公路的移動噪音以假人頭(*dummy head*)錄製後進行語音可聽程度量測實驗²，並假設噪音源本身為固定中心頻率(500, 2000Hz)之移動噪音可用於預測其干擾程度。這可能是因為大腦對於噪音移動增加了對噪音的注意力，而將失去對交談或會話時收聽情報的正確判斷力，其結果導致對生活干擾程度增加。

研究結果發現將語音聽判結果以錯聽率(*intelligibility error score*)統計與各模擬聲場之移動(*moved*)或固定(*fixed*)作比較，發現在聲場(*moving*)形式與聲源(*source*)形式二因子間並無明顯($p=0.95$)之內在干涉(*interaction*)，二因子本身在不同設定上也無明顯影響。其原因乃各音節之結果差異與聲場形式差異甚劇所致，且聲源形式又與音節之結果發生極劇的內在干涉所致($p < 0.0001$)，聲場(*moving*)形式在變異數分析中未能表現其有效性。因此，將各聲源結果分開，以無母數(*Nonparametric*)統計之威爾森等級符號檢定(*Wilcoxon's signed-rank*)予以討論序列型組數間差異的有效性，對於各音節之錯聽在不同聲場型式(移動與固定)下對於相同聲源之變化情形予以分析。其結果在2000Hz之聲源下有非常顯著之影響($p < 0.01$)，而汽車移動之聲源下僅得到 $p < 0.1$ 之有意差，然而在三者平均下之結果顯示移動噪音對於人的會話聽取能力確實比固定噪音來得更劇烈(*Wilcoxon's signed - rank*, $p < 0.005$)，此現象以全體平均值表示時可明顯被觀察得到。

由此可知，移動噪音對於聽取能力雖能產生影響，但是因為語音在發聲上具不同音節之發聲特性與聲場遮蔽效應上有幾個已知的問題必須分離後，才能得到良好關連性理由。包括：

- (1) 頻率重疊部分多寡
- (2) 聲源本身之方位可感程度(*source directivity Sensible*)
- (3) 語音與環境噪音之對訊噪比(*S/N ratio*)
- (4) 移動速率

對於問題(2)可依Kitamura, T.等³之報告顯示聲源之方位可感程度與IACC之關連性得知。因此本研究針對交談時產生之語音遮蔽效應及移動噪音速率對於語音之干擾，作為研究移動性噪音型態對於生活之干擾程度評估法。

二、研究方法

(一) 恰可知覺差法(*just noticeable difference, JND*)

在此研究中我們藉由恰可知覺差(*JND*)來探討不同速率之移動噪音對於語

音之聽覺閾限，該方法是以絕對閾限為起點，以恰可知覺差（JND）為測量單位構成量表。韋伯發現，只有達到某種程度的刺激變化量，才能感覺到刺激間的變化。此關係可由下列公式得知：

$$\Delta I = I_1 - I_2 \quad (1)$$

其中 ΔI ：恰可知覺差； I_1 ：恰可引起感覺的刺激變化量； I_2 ：標準刺激

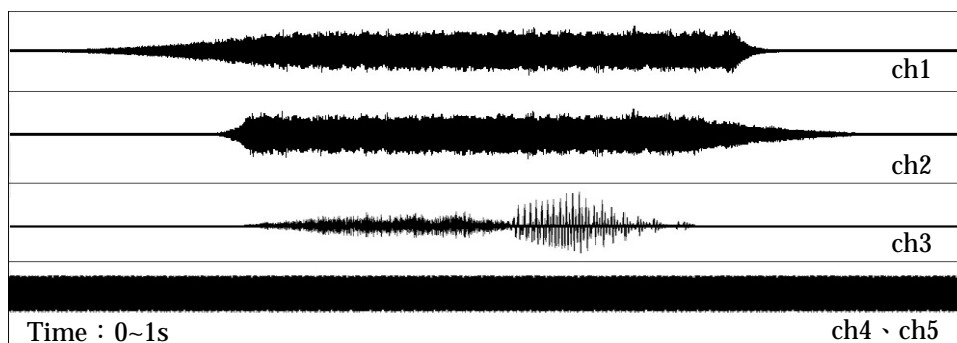
(二) 移動噪音之聲場模擬

本研究利用信號編輯軟體(Digi-Design)將語音信號與白色噪音及 1/3 八度音程頻寬(1/3 Octave)之中心頻 500Hz、2000Hz合併，以揚聲器聲量差法進行實驗。移動速度分為慢速及快速，在Perrott與Tucker⁵ (1988)等的研究中，以移動速率 8°~128°/s，且頻率為 500 Hz至 3700Hz進行研究，他們發現在速率低於 32°/s時，速率的改變是明顯的影響著移動定位的問題，在速度的設定上依照Perrott與Tucker所使用之速度，但由於 8°/s在實驗室空間配置上無法配合，因此在本研究中選定 16°/s(慢速)及 128°/s(快速)為實驗範圍。

為了使移動音源能有效的涵蓋語音信號，其總聲長期待能設計在 0.5 秒以上。過程中以揚聲器模擬移動式音源(ch1~ch2)，由受測者自行控制語音(ch3)，且為提升實際臨場感，加入固定式音源(ch4、ch5) (圖一)，以合乎一般生活中之移動感及臨場感。使用之語音信號取自陳等⁴以台灣地區中文之單音節證實過有效之音表第五組(女聲)(表一)，共 18 個音節。

表一、實驗用語音。

尸•	(口)儿
勿一•	口兀v
ㄅㄅv	口xv
口v	尸又v
勿一ㄨv	一ㄅ
ㄆxㄣ	ㄨxㄨ
ㄨ一ㄨv	ㄅxㄨ
ㄨㄩv	尸xㄨ、
ㄆㄅ、	ㄨ一ㄨv

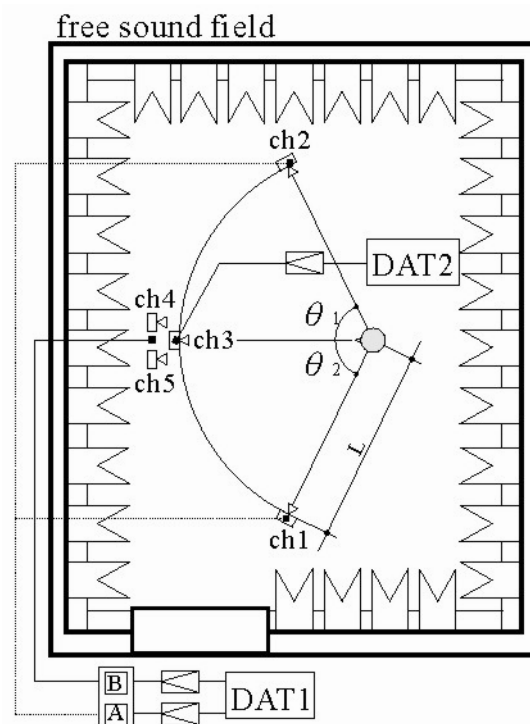


圖一、速率128°/s(快速)總聲長為1s，以移動式音源(ch1~ch2)涵蓋語音信號(ch3)，並加入固定式音源(ch4、ch5)。

(三) 心理實驗

本研究之實驗方式乃借用人耳之實際聽判能力，來瞭解空間中語音信號傳遞在移動背景噪音之遮蔽下，受測者對於語音清晰度之主觀感受。如圖二，在朝陽科技大學建築系之半無響室中，以相同之揚聲器 (Fostex A1)四個分別模擬錄製成的移動狀況。其中二個以相同訊號置於受測者正前方與移動信號以不同組別提示。受測者為聽力正常(自我申告)，平均年齡為 25.6 ± 2.1 歲之研究生5名。分別進行測聽。測聽前接受實驗程序解說，並模擬其回答要領，進而接受測試。並且，於收聽訊號期間燈光關閉，受測者一律面向正前方方向，聆判時頭部放鬆但不能轉動。並填寫聆判後之語音知覺差。

由於本研究目的在於了解移動噪音之語音遮蔽效應及移動噪音速率對於語音之干擾，因此進行心理實驗時必須由受測者坐在指定位置，於內部手動控制擴大器，求得絕對閾限並計算最小可覺差(JND)。(圖三)



圖二、模擬聲場之配置與受測者位置，揚聲器均置於離地面高度1.2m處進行測聽。ch1~ch2為移動性音源，ch3為語音，ch4~ch5為固定式音源； θ_1 、 $\theta_2=64^\circ$ ， $L=200\text{cm}$ 。

三、研究結果

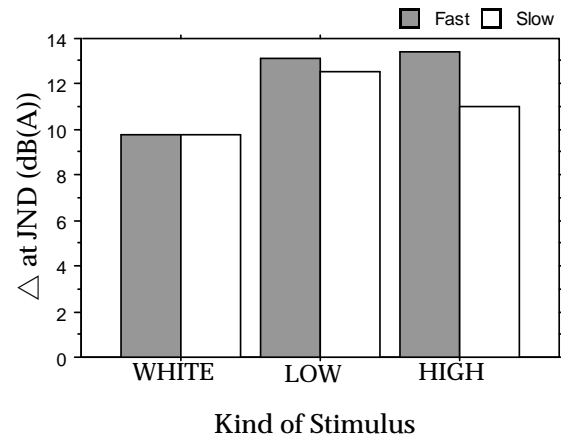
研究結果發現將語音聽判結果以恰可知覺差(just noticeable difference, JND)統計與各模擬聲場之速率作比較，發現在聲場形式(Fast、Slow)與聲源形式(source)二因子比較之下，並沒有明顯之內在干涉($p > 0.05$)。因此我們分別討論各聲場之三種聲源，白色噪音與中心頻率 500 及 2000Hz 之 1/3 八度窄頻寬噪音，聲場為快速移動時，白色噪音分別與 500、2000Hz 有顯著影響($p < 0.05$)，

當聲場為慢速移動時白色噪音與 500Hz 有明顯關係 ($p < 0.05$)。(表二)

在三種聲源(source)形式平均下之結果顯示，快速移動時 500Hz 和 2000Hz 對於人的知覺感受確實比慢速移動更劇烈，而在聲源為白色噪音(white noise)的情況之下並無明顯差異。此現象以全體平均值表示時可明顯被觀察到。(圖三)

表二、各聲場及聲源之變異數分析結果，Fast 為快速移動，Slow 為慢速移動。

Factors	pValue
F ₅₀₀ -S ₅₀₀	0.123
F ₂₀₀₀ -S ₂₀₀₀	0.104
F _{white} -S _{white}	0.478
F ₅₀₀ -F ₂₀₀₀	0.458
F ₅₀₀ -F _{white}	0.023
F ₂₀₀₀ -F _{white}	0.042
S ₅₀₀ -S ₂₀₀₀	0.321
S ₅₀₀ -S _{white}	0.047
S ₂₀₀₀ -S _{white}	0.321



圖三、實驗之恰可知覺差平均值(Δ)，L=500Hz，H=2000Hz。

四、討論與結論

根據上述結果得到以下結論：

1. 在移動速率之兩種聲場形式(Fast、Slow)交錯分析下，發現並無顯著差異，由此可知移動速率對於語音之遮蔽效應並無明顯干擾($p > 0.05$)。
2. 綜合比較快速移動之三種不同聲源(source)之恰可知覺差(JND)，由大到小依序為 2000Hz-500Hz-白色噪音(white noise)；慢速移動依序為 500Hz-2000Hz-白色噪音(white noise)。
3. 若比較三種聲源(source)之平均結果，發現白色噪音對於人的恰可知覺差(JND)最小，且在不同聲場形式下(Fast、Slow)，無明顯差異，而 500Hz 及 2000Hz 在不同聲場形式下的差異可明顯看出。(圖三)

本實驗僅將聲場分為快速及慢速，先行探討移動速率與主觀心理感受之關係性，實驗結果發現兩者之間並無明顯之內在干涉。在後續研究中期盼有更多樣本進行討論，就移動速率方面實應進一步區分速率範圍，以期能更深入探討移動速率對於聽取能力之干擾程度。

五、參考文獻

- 1、Chen, C. Y. "Evaluated of subjective noise degrees in Taipei Sungshan airport using the autocorrelation function", 17th International Congress Acoustics conference, Roma, Italy, VIII, 6_09 (2001) (國科會補助 90-2914-1-324-011-A1)。
- 2、陳炯堯等, "移動噪音對會話聽取能力之干擾程度研究—公路噪音之模擬", 中華民國建築學會第十五屆年度大會學術研討會, E210-11, (2003).
- 3、Kitamura, T., Shimokura, R., Sato, S. and Ando, Y., "Measurement of Temporal and spatial factors of a flushing noise of toilet in bedroom of downstairs", 17th International Congress Acoustics conference, Roma, Italy, VIII, 6_06 (2001).
- 4、陳炯堯、林葳與陳麗雪, "聲場語音清晰度評價測定法之研究—以台灣地區華語為例", 中華民國建築學報, 43, 27-36 (2003).
- 5、David R .Perrott, and Juliana Tucker, "Minimum audible movement angle as a function of signal frequency and the velocity of the source" J. Acoust. SOC. Am, 83(4), 1522-1528 (1988) .