

赴美國歐文實驗室參加 2008 年
語音鑑識冬季研習班心得報告

服務機關：法務部調查局鑑識科學處

姓名職稱：耿良才，薦任八職等調查官

派赴國家：美國

出國期間：2008 年 12 月 01 日至 12 月 05 日

報告日期：2009 年 3 月 2 日

赴美國歐文實驗室參加 2008 年 語音鑑識冬季研習班心得報告

摘要

由於科技日新月異，電話通訊除傳統的有線電話外，行動電話也由 2G 進入 3.5G 時代；而各種通訊設備的進步，一方面改善了我們的生活品質，一方面也提供了歹徒極佳的作案工具，為犯罪偵查帶來極大的挑戰。由於各種通訊設備傳送的訊號是以語音為大宗，因此在犯罪偵查與法庭審判上，語者鑑定的重要性，與日俱增。

近年來，許多聲學專家鑑於傳統的語者鑑定，不只耗時費力，鑑定結果也亦受個人主觀因素的影響而產生爭議，於是積極研發**自動化語者識別系統**，認為除可提供客觀的鑑定依據外，亦可大幅縮短鑑定的時間。但實務上，自動化的語者辨識因聲音傳輸媒介及錄音器材良莠不齊，如何解決降低所輸入的語音與宣稱自己身分的語音條件上的差異，以使兩者有一共同立足點來作**自動化語者辨識**，是**自動化語者識別系統**所遭遇到的瓶頸。因此，**自動化語者識別系統**目前僅能供作犯罪偵查時之參考，尚不能作為陪審團或法官判決被告有罪的唯一證據。

目前國內在犯罪偵查與刑事鑑識上的**語者鑑定**，係依據國際鑑識學會(IAI)及美國錄證據學會(American Board of Recorded Evidence)所訂定的標準，以聆聽鑑定和觀察聲紋頻譜鑑定兩種人工方式來進行。其中聆聽鑑定為語音專業鑑定人員在聆聽語音的過程中，分析各項語音特徵，而觀察聲紋頻譜鑑定為將語音轉換成聲紋頻譜，語音鑑定人員再依其所呈現的各項特徵逐一鑑定，各項特徵中又以「共振峰頻譜的形狀及位置」最為重要。

為了更提升本局聲紋鑑定技術及鑑定結果準確率，因此編列本計畫(法務部核定本局 97 年度科技概算項下出國計畫表【核定本】「實習」區分第 10 項子計畫)前往美國歐文實驗室(Owl Investigations, Inc.)參加 2008 年語音鑑識冬季研習班，研習聲紋圖譜的研判及相關聲學、語音學、發音學等理論基礎，期能吸收其豐富實務經驗，以提昇工作技能、提高案件鑑出率，俾利案件偵查、嫌犯的緝捕及審判。

關鍵字：語者鑑定、自動化語者識別系統、共振峰

赴美國歐文實驗室參加 2008 年 語音鑑識冬季研習班心得報告

目錄

壹、	前言	
一、	依據	1
二、	目的	1
貳、	研習過程	2
參、	研習心得	41
肆、	建議事項	42
伍、	致謝	42

壹、前言

一、依據

依法務部核定本局 97 年度科技概算項下出國計畫表(核定本)「實習」區分第 10 項子計畫(下稱本計畫)辦理。

二、目的

近年來，許多聲學專家鑑於傳統的**語者鑑定**，不只耗時費力，鑑定結果亦受個人主觀因素的影響而產生爭議，於是積極研發**自動化語者識別系統**，認為除可提供客觀的鑑定依據外，亦可大幅縮短鑑定的時間。但實務上，自動化的語者辨識因聲音傳輸媒介及錄音器材良莠不齊，如何解決降低所輸入的語音與宣稱自己身分的語音條件上的差異，以使兩者有一共同立足點來作**自動化語者辨識**，是**自動化語者識別系統**所遭遇到的瓶頸。因此，**自動化語者識別系統**目前僅能供作犯罪偵查時之參考，尚不能作為陪審團或法官判決被告有罪的唯一證據。

一般不法刑案，如貪瀆、詐欺、恐嚇取財、擄人勒索、謊報炸彈、教唆殺人、妨害家庭、誹謗、賭博等案件。運用傳統的**語者鑑定**來鑑定嫌犯的聲音，不僅可以提供案件偵破的重要線索，使案情真相大白，進而使被告誠服地認罪。同

時也可以為一些無辜的被告洗刷冤情，還其清白，以達到『毋枉毋縱』『洗冤白謗』的功效。傳統的語者鑑定可說是目前實驗室語音鑑定專家所一致公認最科學、最精確的鑑定方法。

為了更提升本局聲紋鑑定技術及鑑定結果準確率，因此編列本計畫前往美國歐文實驗室(Owl Investigations, Inc., 另譯貓頭鷹實驗室)參加 2008 年語音鑑識冬季研習班，研習聲紋圖譜的研判及相關聲學、語音學、發音學等理論基礎，期能吸收其豐富實務經驗，以提昇工作技能、提高案件鑑出率，俾利案件偵查、嫌犯的緝捕及審判。

貳、研習過程

- 一、本計劃前往美國新澤西州(New Jersey)的歐文實驗室(Owl Investigations, Inc.)，該實驗室負責人為湯姆·歐文(Thomas J. Owen)；前高雄市市長吳敦義緋聞案之證物錄音帶，即委託該實驗室鑑定，國內法院便是依據該實驗報告及本局鑑定報告結果來定讞該案，使得喧嘩一時、社會所矚目的政治選舉事件，真相大白。

二、目前歐文語音鑑定實驗室每年均開兩次語音分析鑑定研習班，一次在六月間舉辦，另一次在十二月初開班。由於上課教室空間有限，每次招生僅限 5 個名額；另外該實驗室所收學費亦較美國國內其他短期班刑事鑑識課程貴約一倍，且必須先付學費報名才算完成註冊手續。本計畫原預定執行日期為去(97)年 6 月，惟法務部核定後至職獲准執行出國計畫時已是去年 3 月間，雖立即上網報名，但春季研習班已註冊額滿，於是只能延至去年底參加冬季研習班課程。



(本次研習人員合影:後排右一為講師 Thomas J. Owen)



(學員上課情形)

三、茲就每日研習重點簡述如下：

(一) 12月1日

1. 聲紋鑑定之歷史背景：

1945年美國貝爾電話實驗室波特博士(Ralh K. Potter)為聾人設計了一套「可見的聲音」(Visible Patterns of Sound)命名為聲譜(Spectrograph)，即現今所稱之聲紋(Voiceprint)。由於正值二次大戰期間，當時為了將所截收到的德軍無線電話予以分析鑑定，藉同一發話人之遷移來判斷其所屬部隊調動之情形，在軍事用途上聲紋儀扮演了一段極機密且重要的角

色。由於此一軍事特殊用途，也阻礙了其他國家獲得相關硬體資訊及發展。

1960 年代美國致力於聲紋研究工作最傑出的兩位科學家，一位為貝爾實驗室科學家葛斯達(Lawrence G. Kersta)，另一位為密西根州立大學(Michigan State University)杜哂博士(Oscax Tosi)。由於他們的努力及研究成果，終於使法院採納聲紋作為證據，並於 1966 年 4 月 12 日，美國紐約時報更刊載了聲紋鑑定資料首次在法院訴訟案件中被承認為犯罪的證據。

科學家們對聲譜鑑定所持見仁見智的見解，對其發展成為司法求證手段確實有相當的影響。在 1970 年底以前，除了上述僅有的一件聲紋刑案外，在司法上對聲譜鑑定是不被採信的。之後不久，密西根州立大學(Michigan State University)之語音學教授杜哂博士(Dr. Oscax Tosi)發表了他對聲譜鑑定方面所作廣泛的試驗結果之後，大為提高了對其作為充分「物證」認定之辯爭。

所謂聲譜，簡言之乃是利用相關語音軟體設備把聲音轉變為數位圖相。如果問題聲音是人的語言，則其圖相即謂之聲譜圖(Voiceprint Spectrogram)。最先使用聲譜作為檢定驗

明工具的人是葛斯達(Lawrence G. Kersta)。他從試驗中發現每個人的聲音皆有其獨特的地方，這種獨特性(Uniqueness)在用儀器譯成聲譜時即顯示為特有的圖型(Pattern)。而葛斯達試驗的可靠性，並未全然說服科學團體。其重要缺點有二：其一，他的試驗是採用異次抽樣法(Heterogeneous Sampling)，即對未知者聲音以不同區域，不同年齡，不同生活背景的語音作成聲紋譜圖，因之極易辨別；其次是他的試驗僅限於特定的試驗範圍，即未知者的聲譜總是在有限的已知聲譜範圍之內。結果是在一定範圍內，鑑定人只須在已知聲譜內選其最近似的一個即可，故失其客觀性。

之後，經過杜哂博士(Dr. Oscax Tosi)廣泛研究，改正了葛斯達試驗方法的主要缺點。杜氏以有限及無限羣體隨機抽樣，由密西根州立大學二萬五千個以上學生中，選出二百五十位年紀在19至24歲之間，可說無特殊地方鄉音英語，且言詞無顯著缺陷的學生。從事檢定者被告知，待檢定之聲譜可能在現有之已知聲譜組中，但亦有可能不在。如此則欲檢定之聲音聲譜不與已知者相同，檢定人員不會試圖強與較接近者配類。這種開放型的試驗較為接近刑事鑑定之實際狀

況。基於這項為期 2 年，將近三萬五千個聲譜鑑定試驗，杜哂博士(Dr. Oscax Tosi)認為運用聲譜圖作聲音鑑別在刑事調查上具有確定性的用途。目前本局聲紋比對鑑定案中，有關未知者的聲譜與嫌疑犯之語音特徵相似率，即參照杜氏從事該聲紋試驗研究結果所統計得出的 PSS Curve 統計機率圖，來研判兩者聲音音質是否相同。

就試驗及實際作業，杜哂博士(Dr. Oscax Tosi)認為如欲使用聲譜圖來從事鑑定，必須具備以下的四項條件：

- (1). 鑑定須包括「聽」和「看」兩項之比較研判。
- (2). 鑑定人須具有職業專長。此項專長須接受語音學訓練，並須有兩年以上之實習經驗，始能授予。
- (3). 語音專業鑑定人如稍有疑問，決不可勉強作任何肯定之結論，因聲譜鑑定主要是依靠鑑定人的專精技術，以明察秋毫，故「慎重其事」是鑑定人不移之原則。
- (4). 必須賦予鑑定人充分時間及儘量使用譜樣，以求得確切之結論。

在杜哂博士(Dr. Oscax Tosi)尚未完成其試驗之前，曾與加州大學洛杉磯分校(U.C.L.A.)語言學校教授賴及福(Peter Ladefoged)共同作證反對聲譜鑑定在科學上的可靠性，而使

其不得列為犯罪證物，惟當杜哂博士(Dr. Oscax Tosi)公佈其研究結果後，二人又同至法庭為其可靠性作證，這種由極力反對轉為積極擁護，乃是科學界對聲譜鑑定接受的主要原因；也因此，法院認為聲譜鑑定結果足資採信，而將聲譜作為定罪的科學物證。

2. 聲紋應用範圍：

聲紋辨識(voiceprint recognition)主要區分為兩類，一類為商業上常用的語音辨識(speech recognition)，其重點在於辨識聲紋所代表的意義，也就是識字的功能。另一類為語者辨識(speaker recognition)，其重點在於辨識聲紋的語者是誰。當中分為兩種，一是語者識別(speaker identification)，其目的為從一群人當中找出誰是說話的人，此常用於門禁系統管制與資料擷取管制、罪犯跟蹤、國防監聽等；另一是語者確認(speaker verification)，其目的為確認某一語音的語者，主要用於個人電腦聲控鎖、汽車聲控鎖、刑事案件上鑑定嫌疑犯與待鑑未知語音是否出自同一人(即嫌疑犯的確認)等。

語者確認與語者識別的區分

語者確認：一對一



語者識別：多對一

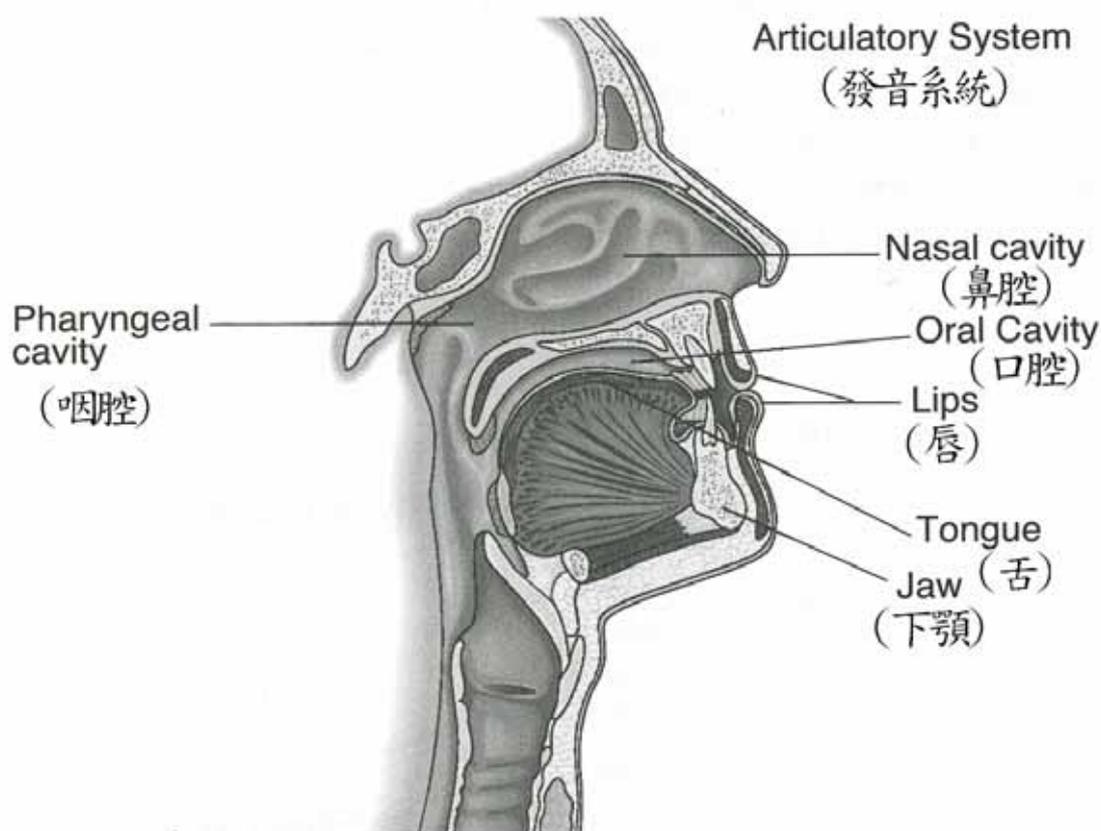


目前國內在犯罪偵查與刑事鑑識上的語者確認，係依據國際鑑識學會(IAI)及美國錄證據學會所訂定的標準，以聆聽鑑定和觀察聲紋頻譜鑑定兩種方式來進行。聆聽鑑定為鑑定人員在聆聽語音的過程中，分析各項語音特徵；觀察聲紋頻譜鑑定為將語音轉換成聲紋頻譜，鑑定人員再依其所呈現的各項特徵逐一鑑定，各項特徵中又以「共振峰頻譜的形狀及位置」最為重要。

(二) 12月2日

1. 人類的發音器官 (Speech Organs of human being)

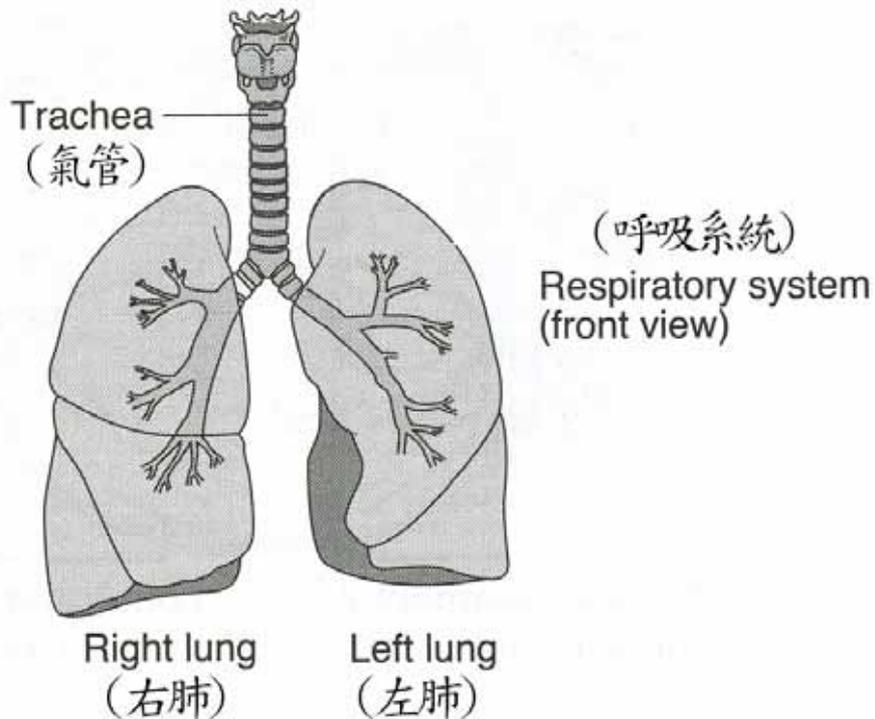
人類主要是以肺部呼出之空氣通過聲帶及聲道等各種器官而發音(瑞士亦有部份是以吸氣發音者)，瞭解個人的聲紋特徵之前，必須先對人類發音器官之結構及其作用有基本的認識。



1. 肺臟、支氣管及氣管

肺臟是眾所周知的呼吸器官，但它也是主要的發音器官之一。發音時由左右肺臟所呼出的空氣經由支氣管在氣

管會合(如下圖)，再送到喉頭。嚴格地說，肺臟支氣管及氣管只作氣流之運送，並不發音。



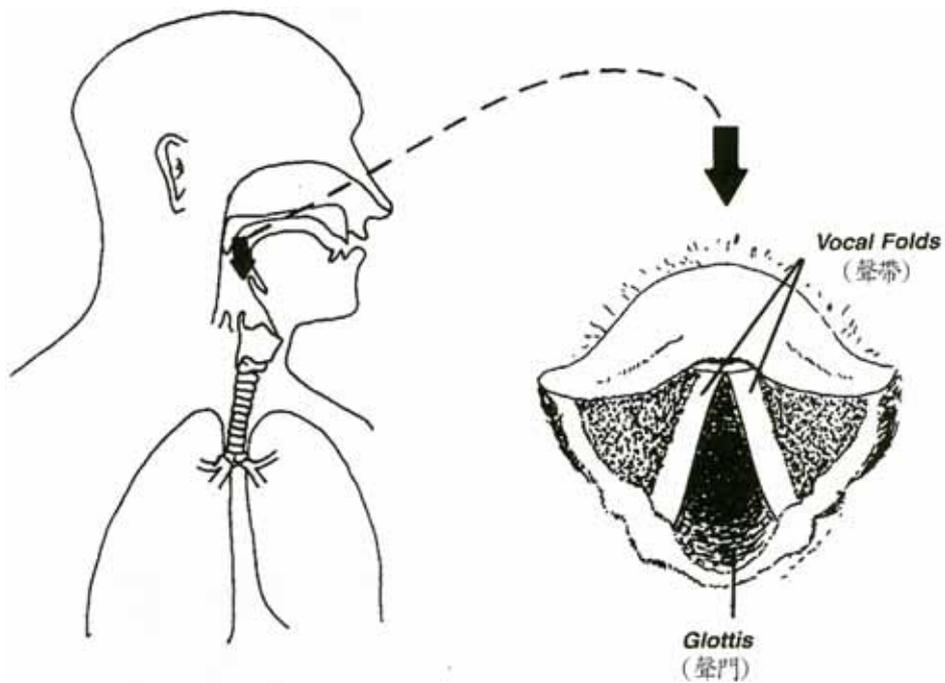
2. 喉頭

喉頭之結構(如下圖)，包括發音的聲帶和控制聲帶振動的軟骨和筋肉等。

甲狀軟骨主要是在調節聲帶之張度，披裂軟骨則在調節聲門之啟閉或聲帶之長度。如此，聲帶是以軟骨之運動和聲帶本身筋肉之伸縮而呈各種形狀，在空氣通過時發出各種聲音或雜音。

聲調和音色與聲帶之張度、聲帶振動部份的長度和寬度、聲帶之形狀、厚度等之變化有關。另外呼出氣流壓力

之大小與發音的方法(胸音、頭音等)，亦可產生各種聲音之差別。



3. 咽頭

喉頭之上方是以喉頭蓋與喉頭相隔者叫咽頭，咽頭是在喉頭蓋、舌根和咽喉壁之間的範圍內，與下面將要提到的口腔相連喉頭蓋在飲食時是做為閉蓋之用。

4. 口腔

口腔之前方是負責調音的空間，口腔之上部以前面的硬口蓋和後面的軟口蓋為界。其中硬口蓋不能變形，軟口蓋則可作有限的上下運動，它與口蓋垂之運動相結合，以啟閉鼻腔氣流之通路而產生鼻音和非鼻音之差異。

附著在下顎的舌頭是由較大筋肉組成，可以自由變形和運動，它配合下顎之上下運動而改變口腔內的形狀和容積，以產生母音和其他許多不同音韻的調音效果。

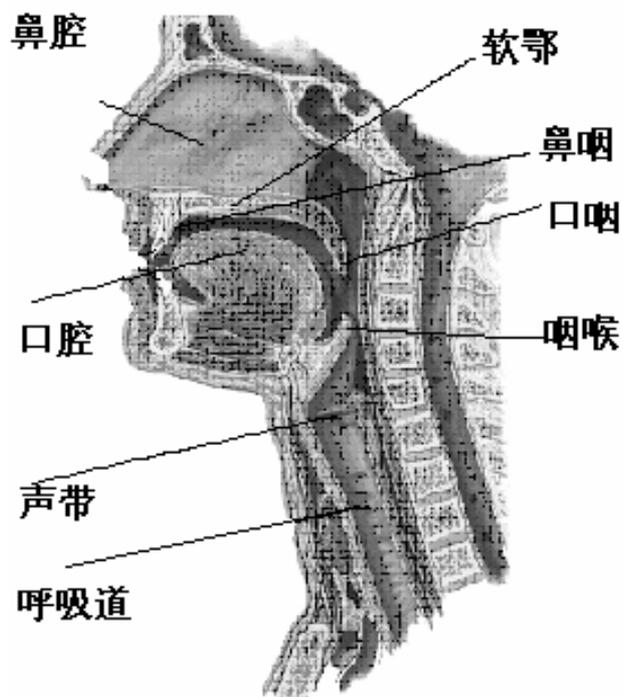
嘴唇可以變化口腔與外界通路之形狀，嘴唇在音波放射特性變化之同時，亦負有音韻產生之任務。另外它尚可區分半母音、磨擦音、破擦音和破裂音等。

5. 鼻腔

鼻腔是在口蓋之上側通往鼻孔的一段空腔、是產生鼻音和鼻音化音的器官。

鼻腔本身並不變形、因此在鼻腔內產生一定的共鳴作用，但是由於個人之鼻腔差異，其發音之音色亦隨之而異。

如前所述，由於各發音部分和調音部分的形狀和性質，可以產生各種聲調、音色和音韻等特徵。男人與女人、成人與兒童、以及各不同人種間，由於其發音器官之形狀、結構、調音方式、以及說話習慣之不同而產生聲音之差異。



2. 母音、複合母音及子音的聲學特性

由於上述發音器官調節或改變了從肺部所呼出的空氣，以致產生各種不同的語音。而任何一種語言其基本聲音的單位為音素或音位(phoneme)。就以美語為例，它有 40 個音素(16 母音【vowels】、8 磨擦音【fricatives】、6 爆裂音【plosives】、4 半母音【semivowels】、3 鼻音【nasals】、2 塞擦音【affricates】和 1 氣音【aspirate】)

*以下為英語與國語發音對照表：

英語與國語發音對照表

	母 音			子 音	
	英 語	國 語		英 語	國 語
單 母 音	i:	一--	爆 裂 音	p	ㄆ
	i	一		b	ㄆ
	e	せ		t	ㄊ
	ɛ	せ		d	ㄊ
	æ:	Yせ--	k	ㄎ	
	æ	Yせ	g	ㄍ	
	ə:	さ--	鼻 音	m	ㄇ
	ə	さ		n	ㄋ
	ɔ:	さ		an	ㄋ
	ɔ	さ		ang	ㄋ
ʌ	Yㄛ	eng	ㄋ		
a:	Y--	邊 音	l	ㄌ	
a	Y		摩 擦 音	f	ㄈ
o:	ㄛ			v	ㄆ
o	ㄛ			θ	ㄆ
ɔ:	ㄛ	ð		ㄆ	
ɔ	ㄛ	s	ㄆ		
u:	ㄨ	z	ㄆ		
u	ㄨ	ʒ	ㄆ		
		ʃ	ㄆ		
		h	ㄆ		
		r	ㄆ		
複 合 母 音	ai	ㄆ	破 擦 音	tʃ	ㄆ
	ei	ㄆ		dʒ	ㄆ
	au	ㄆ	擬 母 音	w	ㄆ
	ou	ㄆ		j(y)	ㄆ
	i	ㄆ			
	ui	ㄆ			
iə(iə)	ㄆ				
ɛθ(ɛə)	ㄆ				
oə(oə)	ㄆ				
uə(uə)	ㄆ				
aə(aə)	ㄆ				
aia(aiə)	ㄆ				
auə(auə)	ㄆ				

*以下子音音標的正確發音部位表：

子音音標的正確發音部位表

A B	爆裂音 Plosive	鼻音 Nasal	邊音 Lateral	磨擦音 Fricative	破擦音 Affricate	半母音 Semivowel
雙唇音	ㄅ(b) ㄆ(p)	ㄇ(m)				ㄨ(w)
唇齒音				ㄈ(f)		
舌齒音				ㄊ(θ) ㄊ(ð)		
齒齶音	ㄊ(t) ㄎ(d)	ㄋ(n)	ㄌ(l)	ㄙ(s) ㄗ(z)		
齒後齶音				ㄖ(r)		
硬齒齶音				ㄑ(ʃ) ㄒ(ʒ)	<(tʃ) ㄑ(dʒ)	
硬顎音						ㄐ(j)
軟顎音	ㄎ(k) ㄍ(g)	ㄍ(ŋ)				
聲門音				ㄏ(h)		

註：A.按發音部位分 B.按發音方法分

(三) 12月3日

1. 聲學原理之運用

因為身體在講話時使用的器官——舌、牙齒、喉頭、肺、鼻腔在尺寸和形態方面每個人的差異很大，因此模仿他人的聲音雖然一般的人耳朵聽起來可能極其相似，但如果採用傳統方式的語者確認——經專業聲紋鑑定人以聆聽鑑定及觀察聲紋頻譜鑑定兩種人工的方式來進行識別，就能顯示出巨大的差異，因此，無論是多麼高明的、相似的聲音模仿都可以辨別。這有點像人體的指紋，具有唯一性。

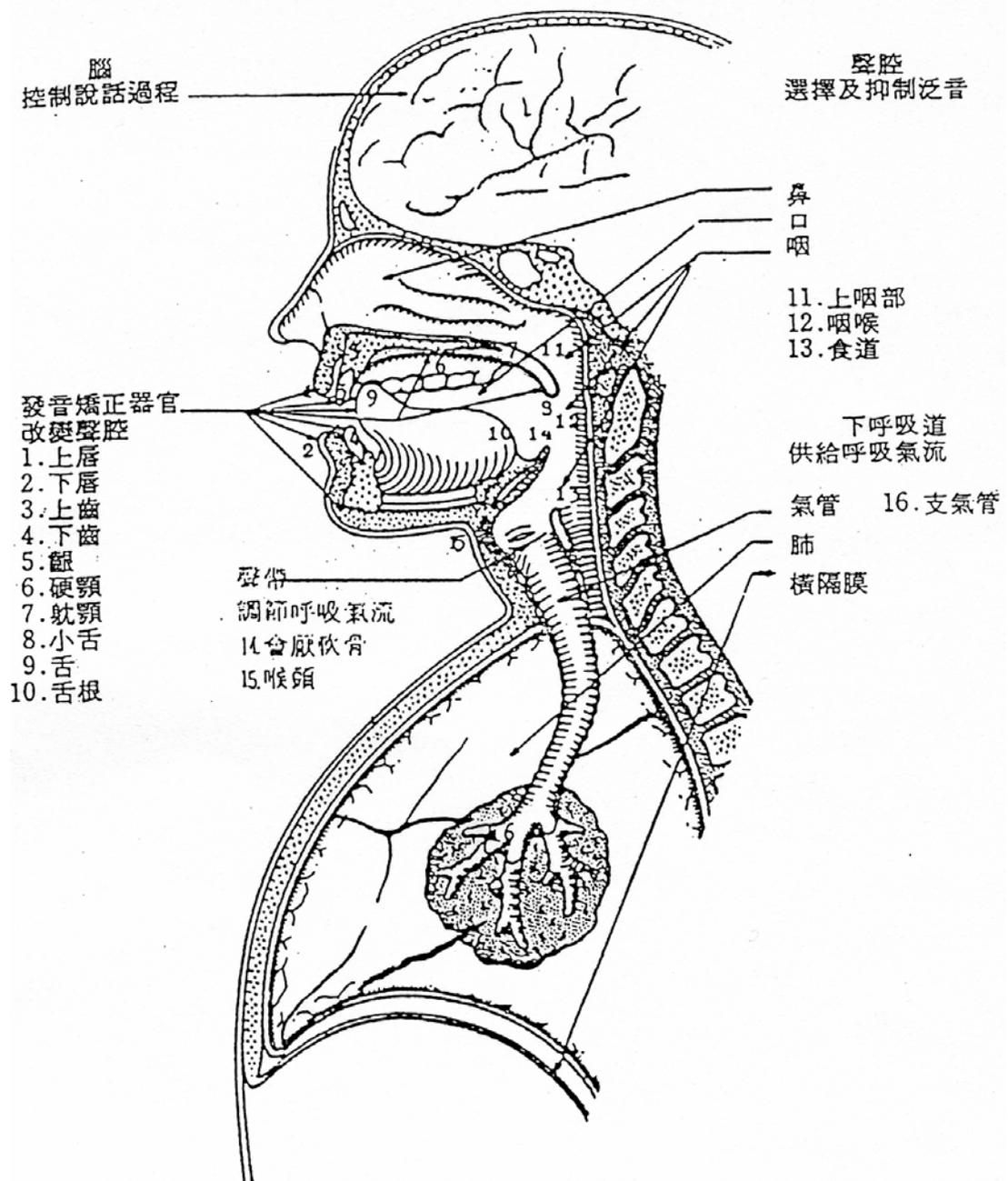
(1) 聲音的產生與特性

圖(1)係人類發音的器官，每個人聲音的產生均係由肺部壓縮一定能量的空氣通過氣管使聲帶振動轉變成聲能(壓)，並於聲道、口腔或鼻腔間產生一種週期性共振波的共鳴，如圖(2)。而當此最原始通過聲門振盪時所發生的最小共振波頻率稱為基頻 F_0 (Fundamental Frequency) 或基音頻率(Pitch)。

基音頻率(Pitch)決定每個人說話時聲音腔調的高低，有助於語音特徵的比對辨識。而儘管每個人說話時發音器官的運作皆相同，唯一不同的是每個人均具有其個人

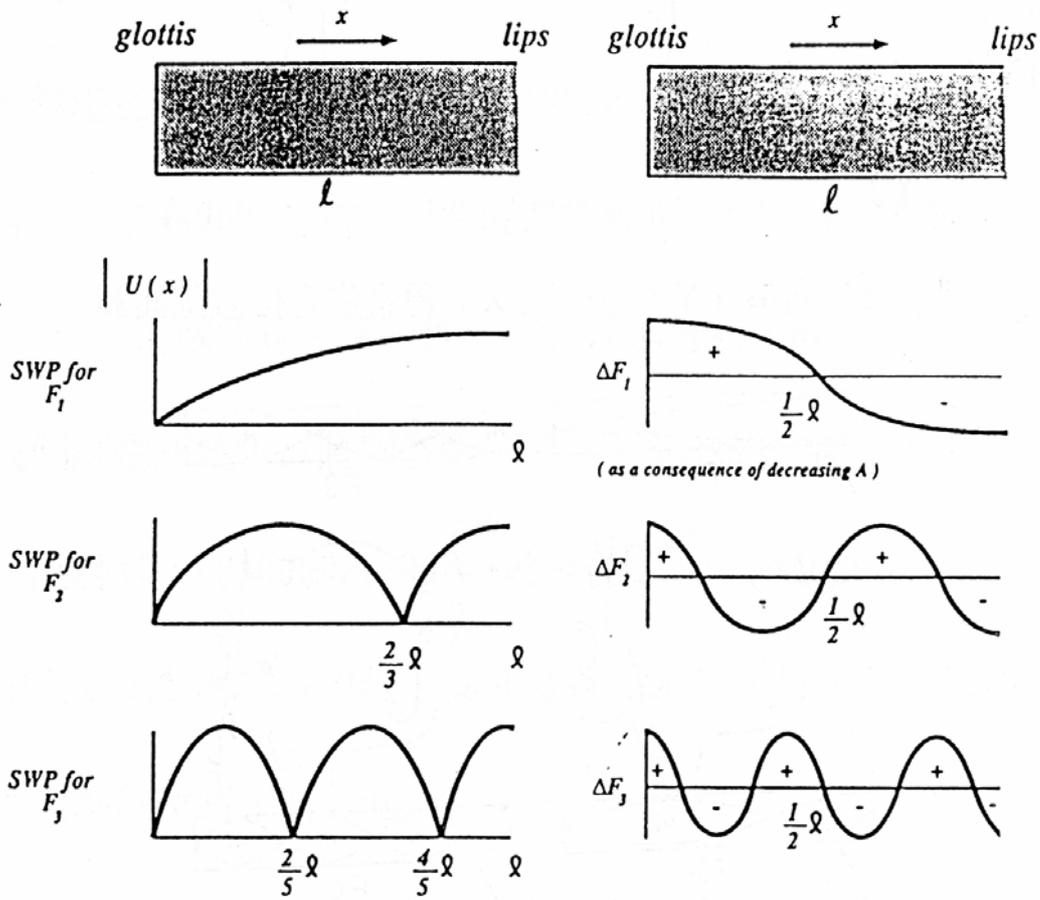
獨特且完全不同的發聲器，其中最明顯的例如：聲道的長度、寬度、舌、唇、齒、顎、口腔、鼻腔等共鳴器形狀、大小不同等，因此每個人說話的音色均不相同。這點正說明了聲音人各不同的「獨特性」，另外由於每個人說話習慣不易改變，因此同一人聲音也會產生「重現性」。

聲紋鑑定主要乃是根基於這兩項特性及聲學、語音學原理，運用各種軟、硬體設備來擔綱語者識別及語音分析鑑定工作。



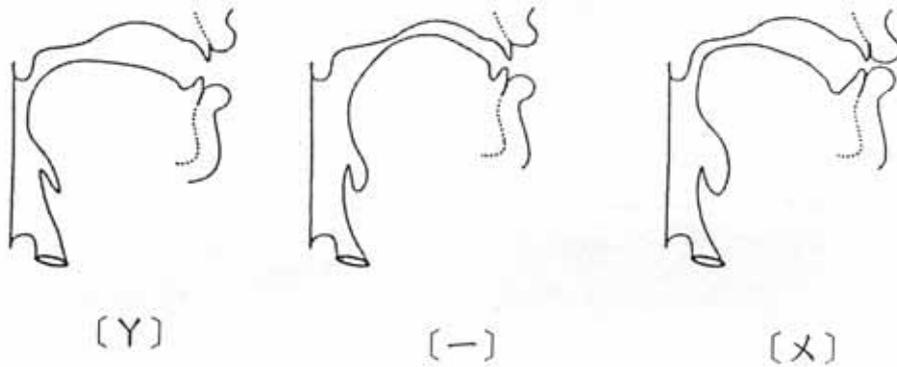
圖(1)人類的發音器官

聲音產生的過程

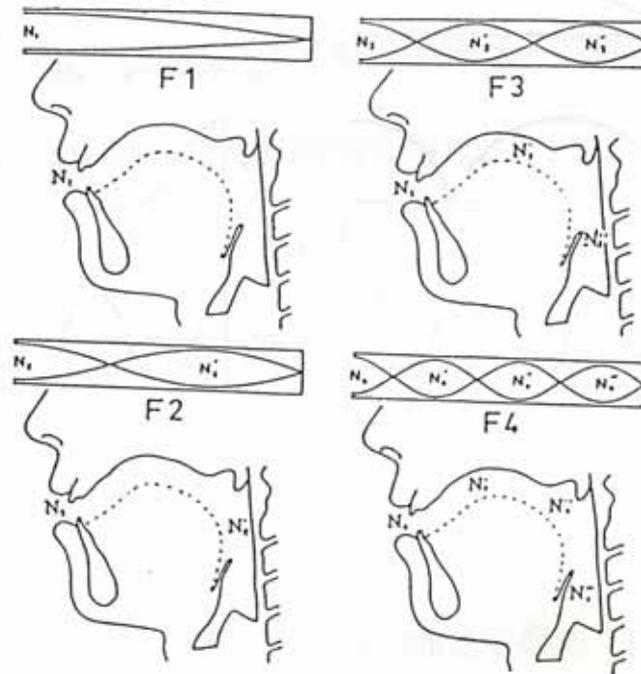


圖(2-1) 聲音之週期性波型與 1, 2, 3, ……N 次協音

聲音產生的過程



圖(2-2) 列舉 [Y] [一] [X] 母音發音位置剖面圖



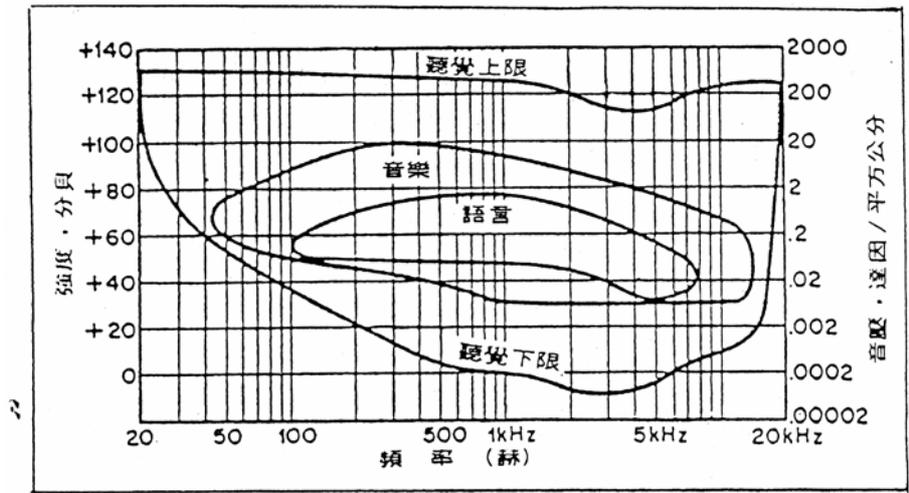
圖(2-3) 聲音共鳴時於頻率 0~4KHz 間產生四條 F1, F2, F3, F4 共振峰 (Formants)

(2) 聽能與聲能

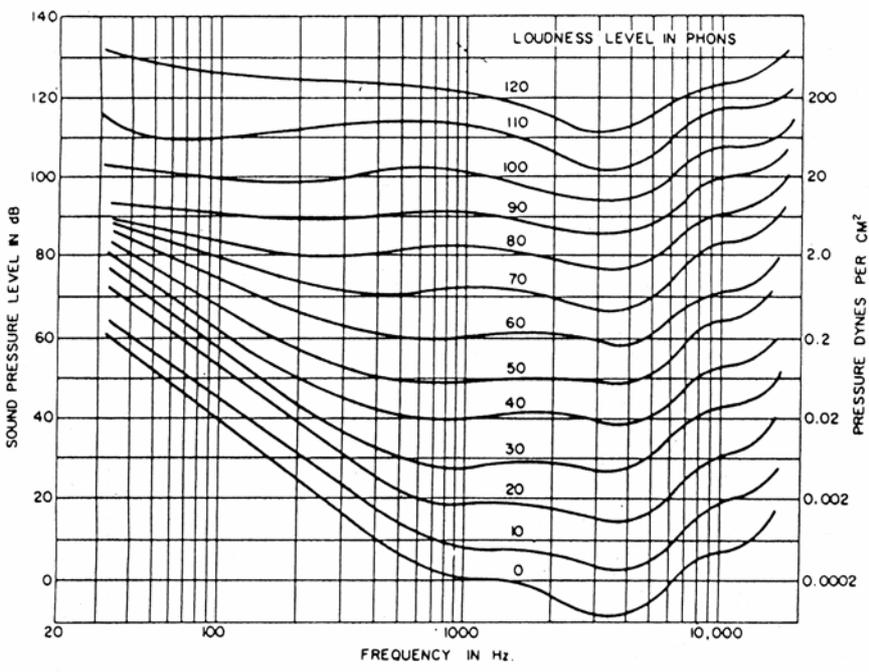
人類的聽覺器官對於高音與低音的響應是不平直的，這種不平直係受到音量大小的影響，圖(3)說明聽力的等響曲線圖。圖中任何一條曲線的任何一點在同一線

上，我們聽起來都「一樣響」。聲壓在 100dB 時，從 40Hz 到 1000Hz，我們聽起來都有 100dB 那麼響，到了 3000Hz 左右，只要 92dB 的聲壓，聽起來就如同 100dB 那麼響了。這個曲線聲音越小的時候越彎曲。最下面的一條也就是我們剛剛開始可以聽到聲響的曲線，50Hz 的聲響差不多要 52dB 才能聽到，而 1000Hz 在 0dB 時就被聽到了。因此從事聲紋分析時，如果所比對的語音訊號，其強度在 50dB 以下，則鑑定結果的正確性與準確率將相對降低。

尤其以聽力比對分析兩捲錄音帶聲音時，需要靠短暫的記憶來鑑別兩捲錄音帶中語言的特徵，諸如性別、年齡、職業、教育程度、省籍口音、語音腔調、習慣用語、口頭禪、語癖等是否相同。如待鑑錄音帶其語音訊號微弱音質模不清，所錄語音訊號強度在 50dB 以下，那麼便不符合聲紋特徵比對之條件。



圖(3-1) 聽能與聲能封閉曲線圖



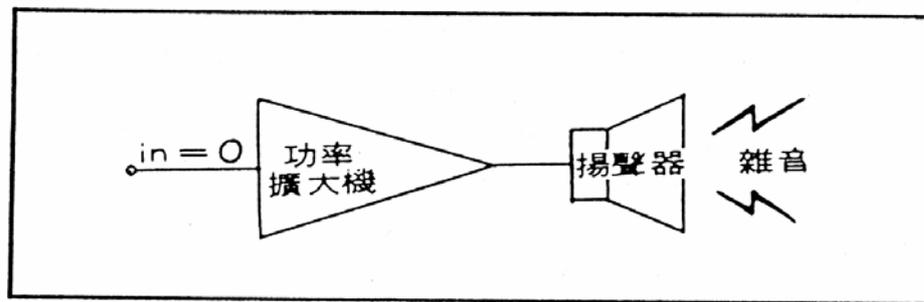
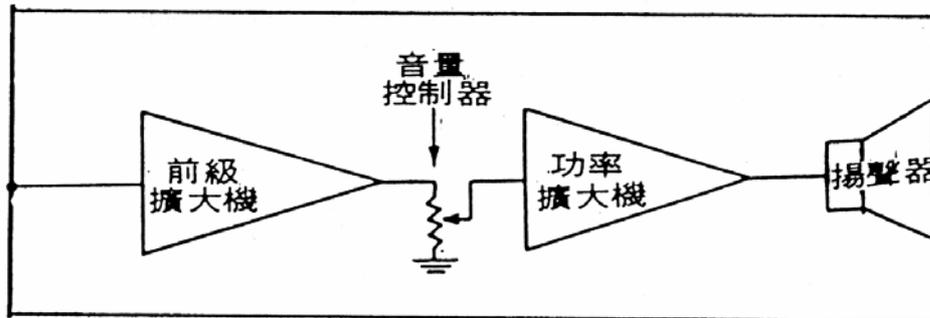
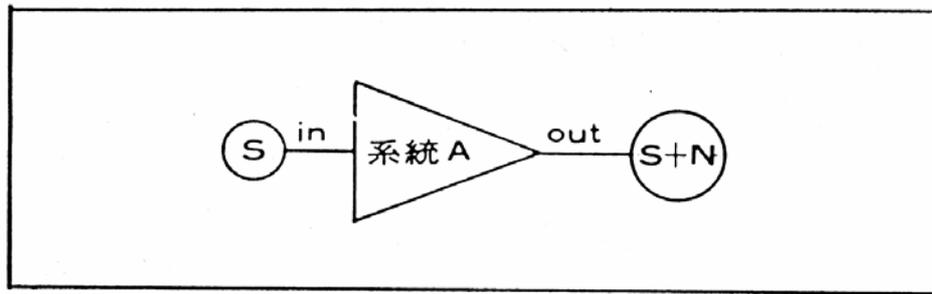
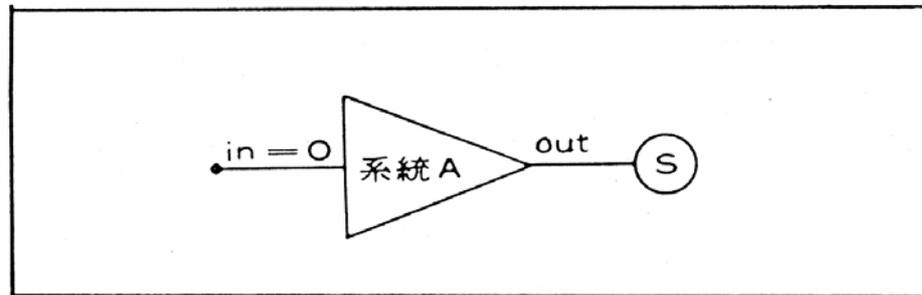
圖(3-2) 聲音對等響度曲線(Equal Loudness)

(3) 訊雜比-S/N(signal/noise)比率

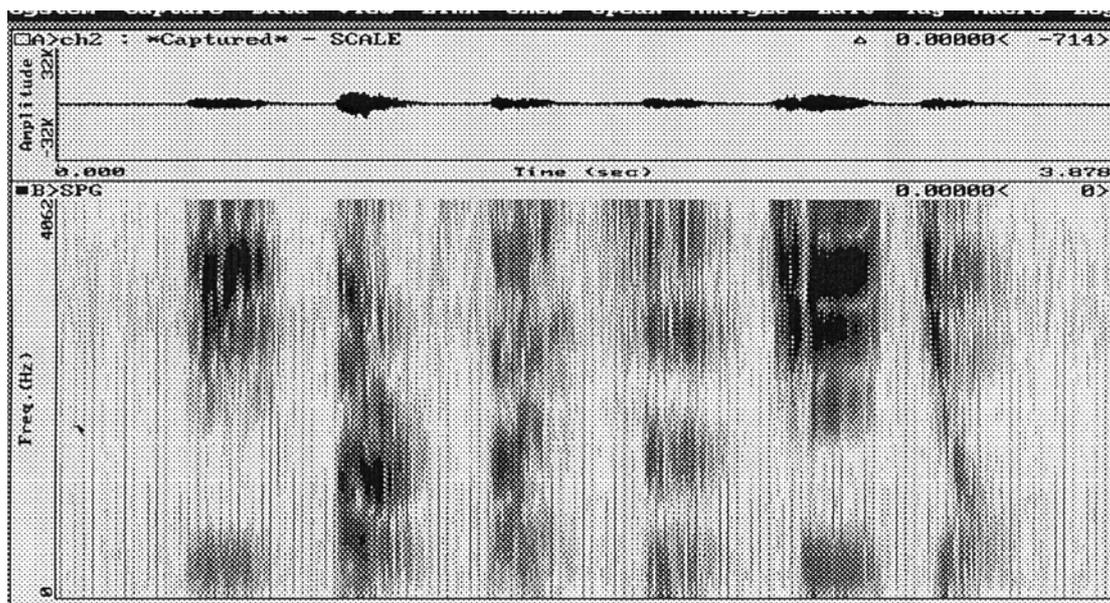
S/N 比率，也稱之為「訊號雜音比」。原為 Hi-Fi 音響系統中為了發揮整體優異的訊號雜音特性而設計，基本上 S/N 比是以 dB 值來表示訊號與雜音間的比例，其定義

若以公式表示即： $S/N(\text{dB})=20 \log \text{雜音電壓}/\text{訊號電壓}$

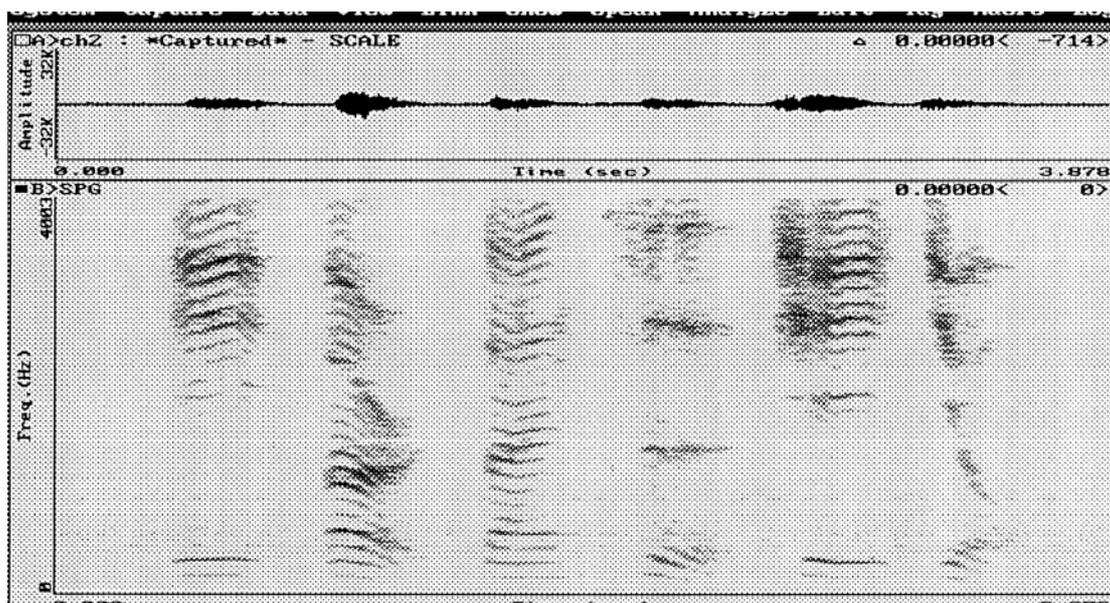
法庭檢調單位所送鑑犯罪證物錄音帶中，由於蒐證一方缺乏主動選擇錄音環境的機會，因此談話過程中語音訊號(signal)往往受到背景雜訊(noise)的干擾而無法符合聲紋比對分析鑑定條件。另外還有一種情況是不知道錄音磁頭已經髒了或對話者語音訊號極微弱，致使錄下的聲音音質模糊不清，亦即所謂 S/N 比值效益太差。如果勉強將此等類比語音訊號轉變成數位訊號，錄音機的磁頭將會把錄音帶本身原有的嘶嘶聲等雜訊，如圖(4)一般一併放大。故無論是環境背景雜音或器材本身不良所造成的雜訊均會將嚴重破會聲紋圖譜特徵比對之準確性。



圖(4-1) 錄音器材不良或使用不當所造成之系統雜音



圖(4-2)環境背景所造成之雜音使寬頻帶(293Hz)聲紋特徵模糊



圖(4-3)S/N 效益佳時可使用窄頻濾波(14Hz)消除背景雜訊

(四) 12月4日

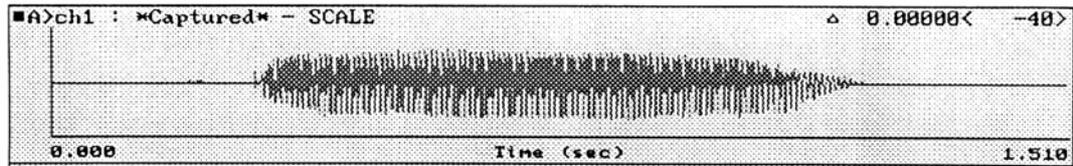
多重圖譜聲紋特徵比對法

(1) 語音波型(Waveform)

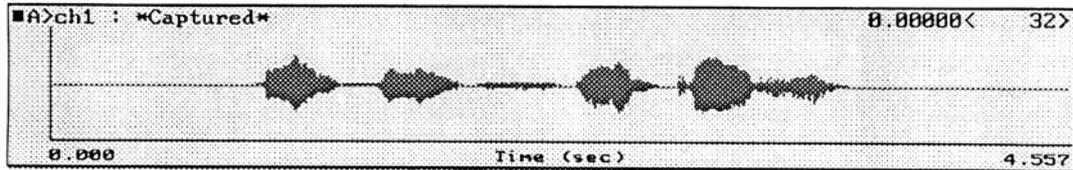
語音發生與行進間的過程可以用語音波形來描述，由於音波係延著時間軸而前進，在單位時間內音波的總數稱為語言速率。音波的強弱可直接由振幅的大小來測量，它與時間軸的垂直距離愈大表示語音訊號或動態音量 (Dynamic Range) 愈強。

圖(5)中說明單一母音「ㄚ」之語音波型。依據聲學及發音學理論中母音係經由聲道共鳴始發聲，其持續時間 (Duration) 較一般有聲子音長，因此任何一個音質清晰的母音均適合作為聲紋特徵比對之參考。而所謂音質清晰必須是波型兩端靜音部份密合成一直線，如圖(5-1)。因此適當的控制及調整輸出音源及輸入訊號鈕 (Input Level)，以便取得最佳之語音波型，並以此波型當做一新的音源 (Source) 進行一連串聲學原理的分析，可分析的項目包括語音能量、基頻音調、LPC、FFT、SPG、FMT 等聲紋頻譜。

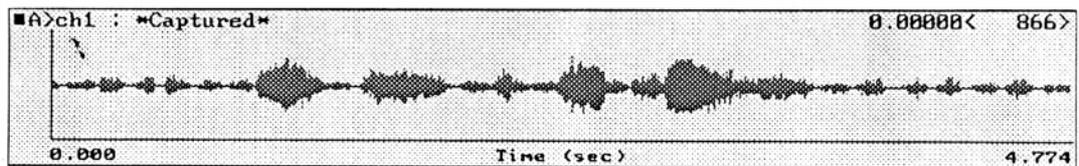
而光語音波型一項，除可測量受測者語音速率外，其他並不具備任何特別意義，無法直接作為語者語音特徵識別之依據。



圖(5-1) 單一母音「Y」之語音波型



圖(5-2) 單純一句話不受背景雜音干擾之語音波型。



圖(5-3) 相同一句話受到背景雜音干擾之語音波型。

由於語音波型為聲紋分析的主要音源(Source)。像圖(5-3)中，不良的音源將影響聲紋判圖的準確性。而唯一可以改善聲紋判圖結果準確的方法如下：

- *1. 適當調整錄音機及聲紋儀之輸出、入音量(Level)。
- *2. 使用雜音消除設備，設法過濾掉背景雜訊，提高 S/N 比率。
- *3. 將輸入的音量能源調整在 65dB 左右並使用窄頻帶濾波 (Filter 14Hz)繪製聲紋圖譜，如圖(4-3)進行比對分析。
- *4. 測量語言速率，可瞭解受測者之心理面，有無故意提供不實比對聲音之『謊言』。

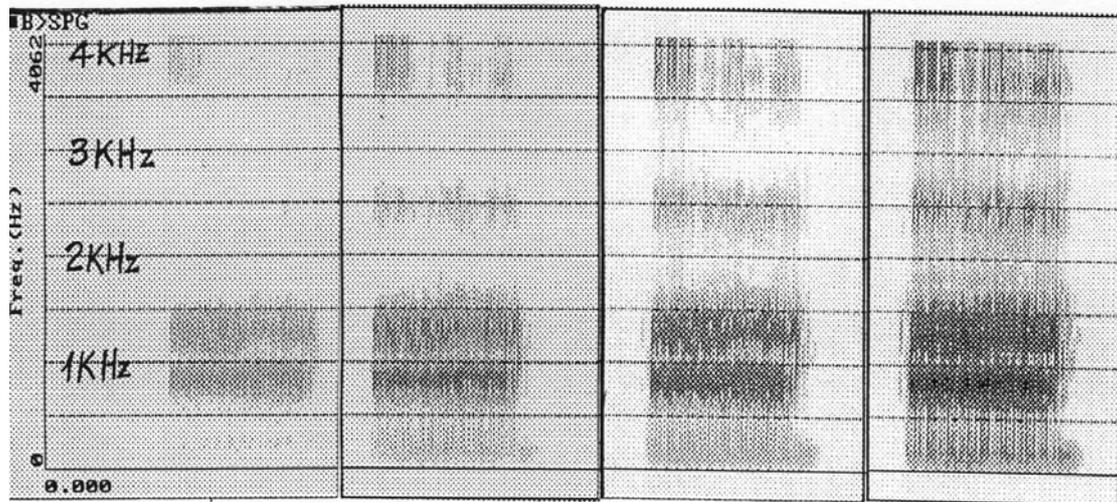
(2) 語音能量(Energy)

根據 20 個男性聲音及 20 個女性聲音實驗統計結果，

在距離麥克風 100cm 位置所測得之正常談話語音的能量，男性平均為 62dB，女性平均為 59dB。因此當進行現場聲音的比對分析時，鑑識者可依受測者說話時(Conversational Speech)的語音能量做為參數，並與逐句採樣比對時聲音(Comparisomal Speech)之能量做一比較，瞭解受測者心理面，有無故意提供不實比對聲音之「謊言」。

圖(3-1)聽能與聲能封閉曲線圖中，說明人類的聽覺上限為 130dB，聽覺下限為-10dB。欲聽到對話者說話的聲音則必須音量在 30~78dB 之間，由於聲紋頻譜圖所比對分析的特徵，其頻率係分佈在 80~4KHz 之間，因此最理想的語音分析能量應為 60 ± 10 dB。故送鑑錄音帶若其語音能量在 50dB 以下或 70dB 以上，都將不符合聲紋鑑定條件，否則將降低聲紋鑑定準確率。

圖(6)係以實驗說明符合鑑定條件聲紋圖譜之能量，圖譜共振峰所顯示的明暗度，代表此頻率位置之振幅強度。

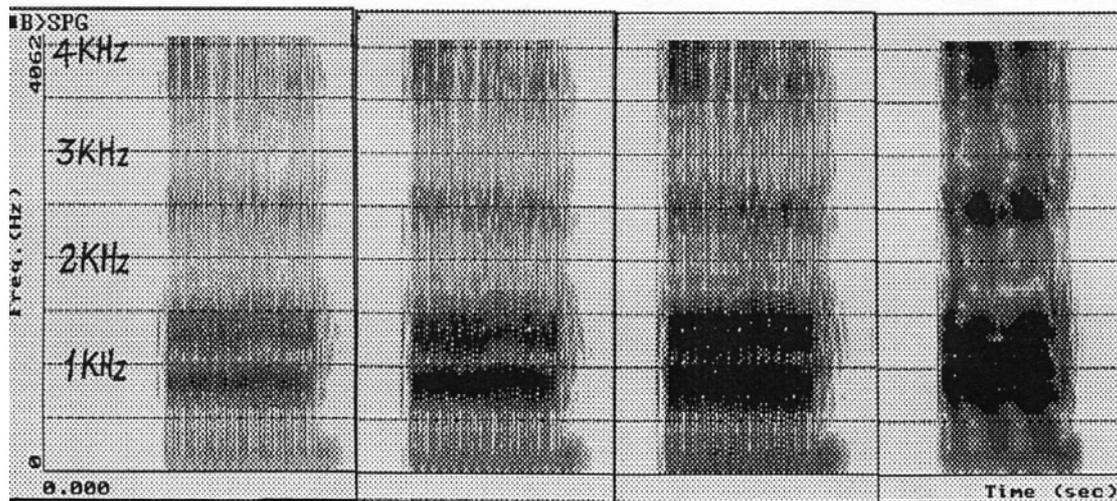


45dB

50dB

55dB

60dB



65dB

70dB

75dB

80dB

圖(6) 實驗證實符合鑑定條件聲紋圖譜之能量為 50dB~70dB 範圍

(3) 基頻音調(Pitch)

$$F_n = \frac{V}{4L} (2n - 1)$$

基音頻率： F_n $n=0, 1, 2, 3, \dots$

氣流速率： $V=34000\text{cm/sec}$ (參考值)

氣道長度： $L=17\text{cm}$ (男人)

14cm(女人)

10cm(小孩)

上述公式中， F_0 代表基音頻率或稱之為基頻音調 (Pitch)，它會隨著不同的年齡、性別而產生差異，因為每個人呼吸的氣流速率 V 、聲道長度 L 及寬度都不一樣。但基本上同一個人所發相同一句話，其基頻音調相同，除非發生故意裝腔作調等偽裝聲音之情節，所以基音亦可作為語者識別之參考。

另在公式中，基音頻率 F_0 會隨著年齡老化而降低，主要理由是呼吸的氣流速率 V 會隨著器官及體能老化而衰退，因此臨終或垂死病人的聲音，均不符聲音鑑定條件。

實驗證實基音頻率 F_0 係因人而異，下表列舉統計結

果：

<i>Pitch</i>	F_o min (Hz)	F_o max (Hz)	F_o ave (Hz)
men	80	200	125
women	150	300	200
children	200	500	300

由於人是感情的動物，因此任何人當他說話時，基頻音調(Pitch)會隨著當時的情緒，例如喜怒哀樂，使語言的節奏(Intonation)產生不規律與快速的變化，此種變化使聲音的「重現性」受到嚴重考驗，亦使聲紋判圖的準確率降到最低，因此，如果單單比對基音頻率 F_o 一項，則其準確率經實驗結果證實，僅有 19%可信度而已。

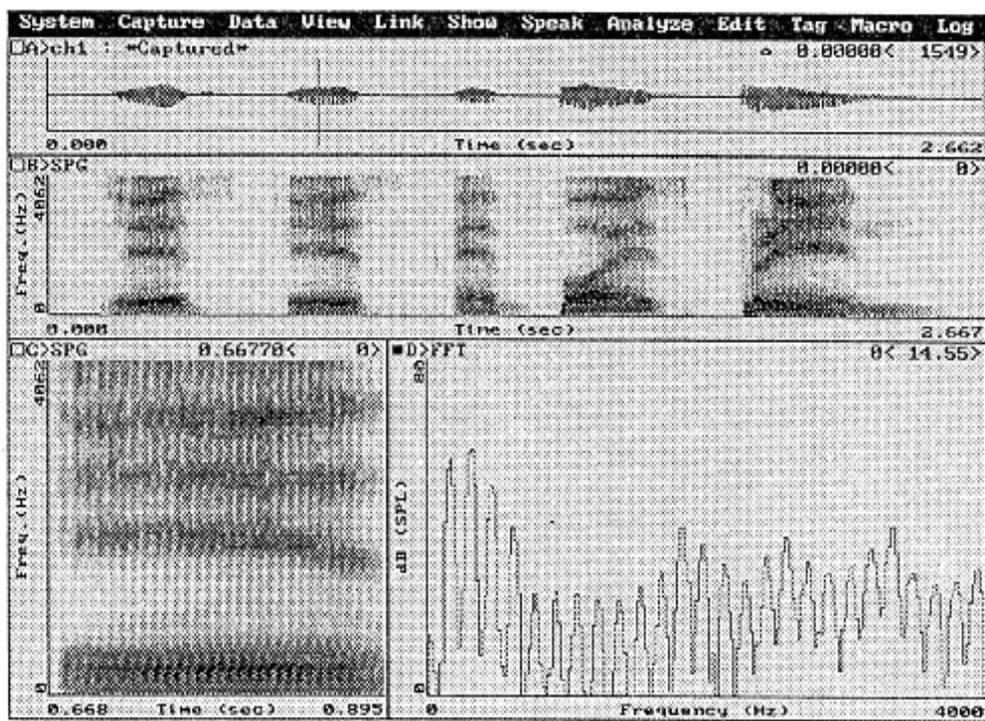
如果所從事的是罪證錄音帶聲紋的分析鑑定，那麼要使涉嫌被告模擬犯罪現場那種緊張、焦慮不安的聲調來發音是極端困難的，這也說明了鑑定結果準確率無法達到 100%之原因。

(4)LPC 頻譜分析

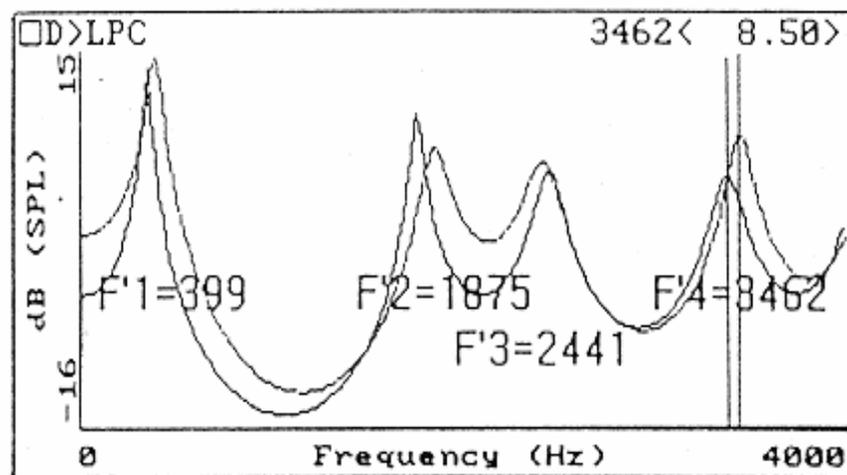
傳統語音分析鑑定時所比對的聲紋圖係以 X 軸代表時間、Y 軸代表頻率、Z 軸(顏色深淺)代表振幅強度(dB)。如圖(4)

如果運用羅倫氏轉換定律(Lorance Transformation)將整個坐標轉換成，以 X 軸代表頻率、Y 軸代表振幅強度(dB)之 FFT 頻譜圖，如圖(7)。然後將此頻譜依據線性預估碼本定律(Linear Predictive Cording)簡化成 LPC 四個共振峰頻譜(Formants)F1、F2、F3、F4。如圖(8)。逐一進行相對應特徵數據之重疊比對，並可依照測量歐氏距離公式，設計一套 LPC 頻譜自動比對系統之軟體程式，完成全自動化聲紋比對，可以更科學、更客觀地提高鑑定結果的準確率。

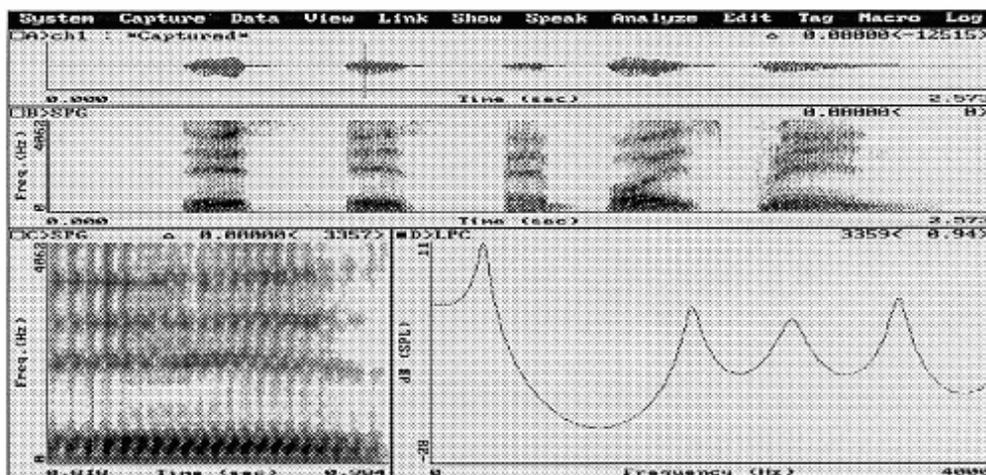
另依照聲學及發音學中「母音」之特性，將所有「母音」自語句中切割分離出來，進行 LPC 數據特徵比對。如此無論是台語、國語或客家語，只要找出相同的「母音」發音，便可進行自動化比對鑑定。此項國語「母音分離比對法」尚在研究中，將來一旦研究成功，便可建立比對之『聲紋檔案』資料了。



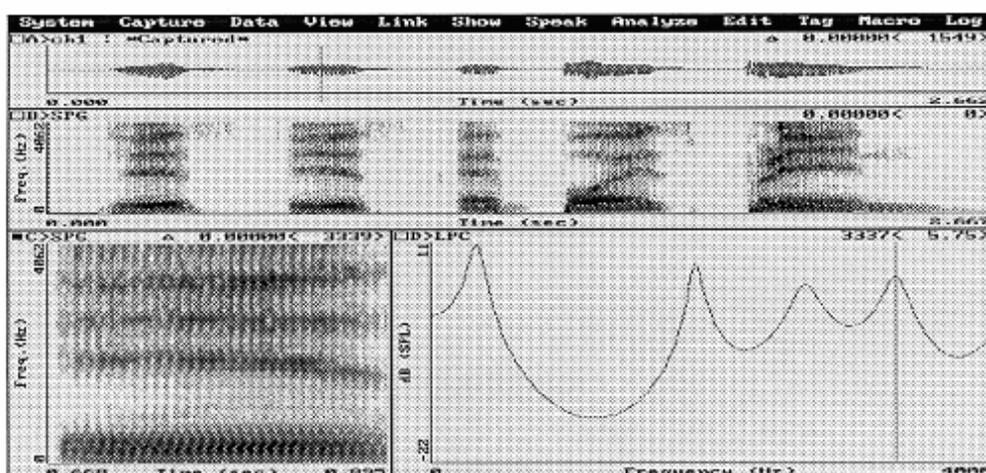
圖(7) 視窗<C><D> 分別為分離之母音(一)及其 FFT 頻譜圖。



圖(8) 兩個重疊自動比對之 LPC 頻譜圖。



圖(8-1) 輸入待鑑錄音帶中話語並韻取其中母音[一]之 LPC 頻譜圖。
(LPC 四個共振峰 $F_1=375$, $F_2=1871$, $F_3=2586$, $F_4=3359$ Hz)



圖(8-2) 輸入參比錄音帶中話語並韻取其中母音[一]之 LPC 頻譜圖。
(LPC 四個共振峰 $F_1=331$, $F_2=1893$, $F_3=2685$, $F_4=3337$ Hz)

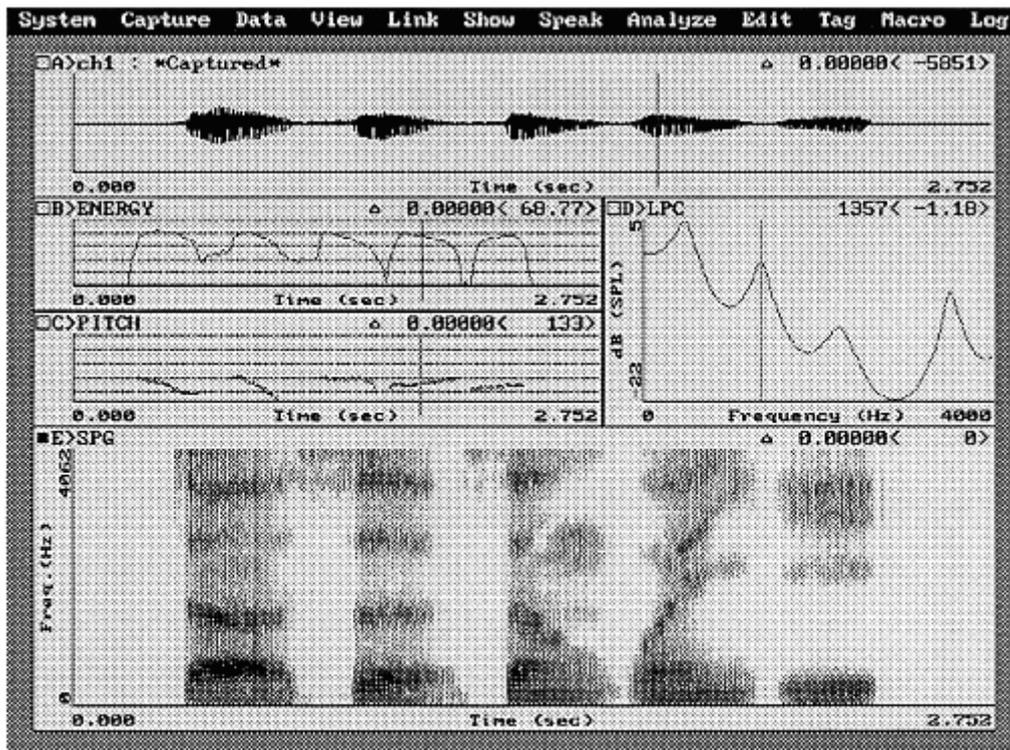
(5)SPG 聲紋分析

第一代 V11-700 型及第二代 KAY-7800 型聲紋儀均係使用 B/65 高壓感電炭紙，進行聲紋繪圖。由於設計上係採用針頭將電頻訊號刻畫於特製紙上，精密度不夠高且會造成空氣污染等缺點。第三代 KAY/DSP-5500 型聲紋儀已將

其缺點改良，採用電腦銀幕展現聲紋圖譜，亦可將視頻訊號列印於感熱紙上，其缺點為成本高而且記錄在感熱紙上的聲紋圖譜會隨時間消逝。第四代 KAY/CSL-4300 型聲紋儀，完全電腦化且具備多種功能，可依需要隨意開立視窗，進行 Waveform、Energy、Pitch、LPC、SPG 等多種圖譜進行聲音的分析比對，並使用最進步的雷射印表機列印聲紋圖譜，影像清晰、無噪音且無空氣污染。

圖(9)之聲紋圖譜即係採用第四代電腦化聲紋儀繪製列印，使用一般 A4 影印紙列印，經濟實惠。開立之視窗 <A>，，<C>，<D>，<E>分別代表 (1)語音波型(2)語音能量(3)基頻音調(4)LPC 頻譜(5)SPG 聲紋。圖(11)「這是聲紋儀」一句話中，可分析 [ㄛ]、[ㄨ]、[一]等三個「母音」。

第五代 KAY/Multi-Speech Model 3700 聲紋儀，其功能上與第四代 KAY/CSL-4300 型聲紋儀相似；惟第五代 KAY/Multi-Speech 僅為一軟體及一個 Key，可安裝於目前一般的桌上型個人電腦或筆記型電腦上，所以在安裝上較容易、攜帶便利、工作上較具機動性。



這 是 聲 紋 儀
〔ㄉ〕 〔ㄨ〕 〔ㄧ〕

圖(9) 雷射印表機列印之多重聲紋圖譜

- *1. 聲紋特徵分析比對至少須提供 40 個可供辨識的語音。
- *2. 聲紋判圖主要係比對「母音」之共振峰 F1、F2、F3、F4。

(五) 12月5日

1. 影像處理(Clear ID)

模糊影像經 Clear ID 影像軟體處理後可使畫面較清晰，條件為送驗證物影像需多張連續拍照，且其軟體操作繁瑣，要熟悉該軟體操作須經過相當時日的訓練。另該軟體價錢昂貴，約需新台幣壹百萬元。因本課程屬本處第五科業務，已將相關資料移請該科參考，期能對本局影像處理業務有所助益。

2. 我國與美國專家證人資格之比較：

我國刑事訴訟法第 198 條中明定，對於鑑定人的選定：

- 一、就鑑定事項有特別知識經驗者。
- 二、經政府機關委任有鑑定職務者。

美國聯邦證據法第 702 條規定：

如科學上、技術上或其他之專業知識有助於事實審判者瞭解證據或決定爭執之事實時，具有此知識、技術、經驗、訓練或教育專家資格之證人，得以意見或其他之方式作證，但須(1)該證言係基於足夠之事實或資料而為者，(2)該證言係基於可信之原理原則及方法所得之結果，及(3)該證人確實地適用該原理原則及方法於本案之事實。

3. 證據能力與證明力：

按證據能力，係指得成為證明犯罪事實存在與否之形式資格，屬證據許容性之範疇，通常為法律所規定，並不許法院自由判斷；而證據之證明力，則指其證據於證明某種事實上具有何種實質的價值，許由裁判官本於確信自由判斷，但不得違背經驗法則及論理法則，二者性質迥不相同。質言之，證據資料必先具備證據許容性後，符合法律所規定之證據資格，始有證據之證明力如何，亦即實質證據價值之自由判斷問題。(九十五年度台上字第三七六四號)

在鑑識科學(Forensic Science)領域裡，鑑定人除了須專精於相關鑑定業務知識技能外；在法律層面，有關送驗證物如何處理才能具有證據能力，否則功虧一簣，實屬憾事！

目前在歐文實驗室(Owl Investigations, Inc.)處理錄音證物，須遵守的原則如下：

類比/數位語音可信賴性的 12 步驟

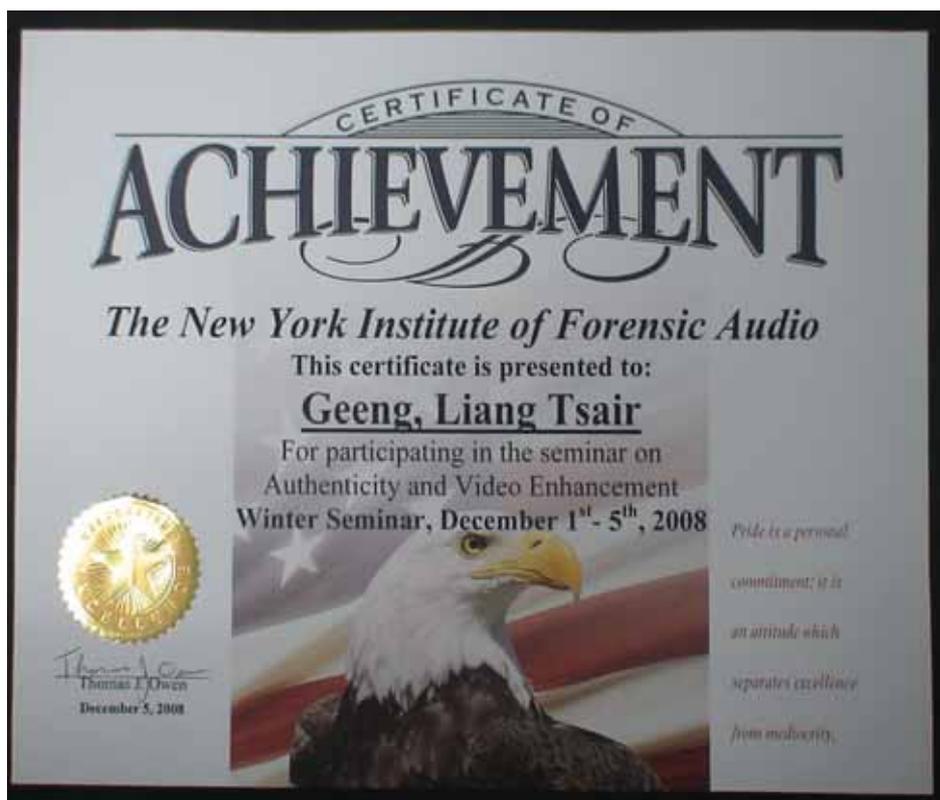
1. 受理證物-作記號並且照像或以掃瞄器掃瞄證物。
2. 外觀檢查-檢查光碟或錄音帶，記錄全部證物數量、光碟數

量和記下證物所有情況。

3. 設定單音或立體聲、音軌、取樣速率。
4. 以被錄語音樣本頻率和 16/192K 下載至電腦，如果需要調整至適當的錄放速度。
5. 須一次分數段、做記號，小心謹慎聆聽和作筆記。
6. 分析波形(waveform) 、頻譜(spectrum) 。
7. 磁性顯影。
8. 測試錄音機器材-所有功能必須多次測試。
9. 把所有異常訊號編列成表，印出波形。
10. 比較錄音器材與證物錄音帶的特徵，記錄同異處。
11. 回答問題-是拷貝帶或母帶。
12. 分析結果、須依照相關規定撰寫報告。

3. 測驗、頒發結業證書：

12月5日下午3時筆試測驗2小時，再檢討試題結束後，由講師 Thomas J. Owen 頒給學員結業證書。



(結業證書)

參、研習心得

(一) 本局聲紋鑑定標準作業流程符合國際規範：

在刑事鑑識上的語者鑑定，目前本局係依據國際鑑識學會 (IAI) 及美國錄證據學會所訂定的標準，以聆聽鑑定和觀察聲紋頻譜鑑定兩種方式來進行，其鑑定準確度已達國際水準。

(二) 本局聲紋鑑定軟體儀器與歐文實驗室類似：

本局目前從事聲紋比對分析及剪接變造鑑定所採用之儀器與歐文實驗室雷同，惟歐文實驗室近來增購一些新的聲音處理軟體，未來本局應編列預算購置。

肆、建議事項

(一) 補充聲紋鑑定新血，持續派赴國外受訓：

聲紋鑑識人才養成教育不易，需學理與實案經驗的累積，才能培育出優秀的聲紋鑑識專家來從事語音鑑定工作，故應持續規畫人員出國研習受訓。

(二) 與國外聲紋專家交流，建立國際合作管道：

除與國內友軍單位保持聯繫外，也應常跟國際知名聲紋鑑識專家建立溝通管道，彼此交換心得、意見，吸取先進國家經驗與作法，對於提昇本局「語音鑑定」專業技術助益匪淺。

(三) 參加國際鑑識會議，汲取相關新知與技能：

加強與國際學術接軌、相互交流，除可擴展國際視野外，亦可增加本局在聲紋鑑識方面的能見度。

伍、致謝

近幾年來，政府鑑識科技發展策略上，有關人才培育方面，在部會科技計畫預算的支援下，選送優秀公務人員遠赴美國、英國等國進行短期研習，學習國外最新先進鑑識科技，並開拓鑑

識人員的國際視野，以落實提昇我國鑑識科學之學術的質與量，並建立一個嶄新且受尊重的事業。

在國家財政極其困難之情況下，個人很榮幸能有如此難得機會，赴美研習相關聲紋課程；藉此與來自美國各地的語音鑑識專家交換心得及意見，作為日後聲紋鑑定上的參考、改進，對於提昇本局「語音鑑定」專業技術助益匪淺。

最後還要誠摯感謝本局各級長官的愛護及學長們的大力幫忙，本次研習才能圓滿順利完成。