The background of the cover is a dark, high-contrast photograph of a vintage car's interior. In the upper left, a rectangular speaker grille is visible. Below it, a large, circular speaker component is shown in detail, with its central cone and surrounding frame. The lighting is dramatic, highlighting the textures of the speaker components against the dark background.

圖解 揚聲器

長岡鉄男著 / 王明淵譯



作者序言

說起再生的裝置，每個部分都很重要，但是支配決定性的音質，是揚聲器了。揚聲器是把電力改變為音波的轉發器，構造也沒有那樣複雜，所以大家都不注意，其實調查起來，沒有比這東西更複雜奇妙的，本來樂器的聲音，自然界的聲音，大半都以共振，固有振動來發出聲音，但是揚聲器的聲音是抑止共振，以強制驅動來出聲音的，在這裡有過分的要求，又不自然。而且應該壓抑下來的共振，却無法壓阻下來，隨時在任何地方伸頭來伺機搗蛋。

把單位材質，構造，封閉的材質，纏住在構造上固有的音色再完全取消掉，然後發出無色透明的聲音，是幾乎不可能的事。所以揚聲器並不是轉發器，而當一種樂器的想法也會出現了，可聽周波數（audio）就是揚聲器音樂，而再生音樂裝置，就先把叫着揚聲器（speaker）的樂器讓它出聲，產生這樣的誤會來。

到目前為止，揚聲器是兼着轉發器的一面，和樂器的一邊之功能，而最接近轉發器的揚聲器就是稽查揚聲器（monitor speaker），

而最接近轉發器的揚聲器，才可以說效能最好的名器了。最近電源（source）唱盤，增幅器忠實地進步發展的關係，對揚聲器的要求，都含有轉發器的要素，而這樣的傾向越來越增加，但是一方面當樂器之揚聲器的需要也不能減少的。

這小著作是把揚聲器的基本，可以說對初學的人作詳細明瞭解釋揚聲器的入門書，換句話來說，本來著作人本身就是愛好者的，對着徹底追求揚聲器的奧妙的一種備忘錄。

有關揚聲器的書籍，以及可聽周波數全般的書籍，平常以撫摸表面上的真正入門書，或者很難了解技術者專用的書籍比較多，而這中間部門地帶，一邊深探研究，而一邊使初學者能夠了解的書，可以說完全沒有這樣的著作書籍的，老實說本人曾經寫過這樣的兩三種書籍，這一次把焦點縮小集中在一點上面，深深地說明，我認為絕對並不困難了解的。因為我是一個評論家，而並不是一位工程師，所以沒有辦法寫出數學上的公式來。

我祈望讀者理解本書的內容以後，能夠增加對音響的興趣，及操縱音響，再生聲音等的自信。

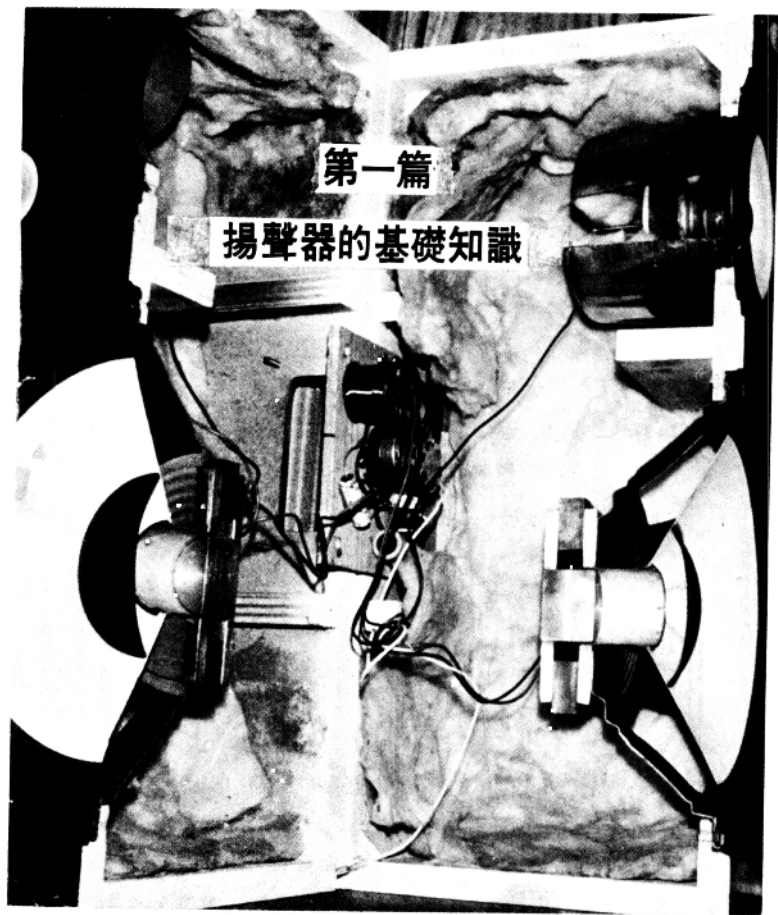
目 錄

作者序言

第一篇 揚聲器的基礎知識	1
○ 音波.....	2
○ 什麼叫做揚聲器.....	10
○ 動力揚聲器.....	14
○ 錐形揚聲器.....	22
○ 逆圓頂揚聲器.....	26
○ 電容器揚聲器.....	28
○ 離子揚聲器.....	33
○ 壓電形揚聲器.....	34
○ 喇叭揚聲器.....	36
○ 揚聲器的音域.....	40
○ 擋板封閉.....	43
○ 揚聲器體系.....	49
○ 特殊的揚聲器體系.....	51
○ 動力形平板揚聲器.....	56
第二篇 揚聲器的特性與觀看商品目錄 資料的方法	58
○ 揚聲器單位篇.....	59
○ 揚聲器體系篇.....	70
○ 商品目錄裡沒有介紹的資料篇.....	73

○ 能源的去處.....	89
○ 錐體的振幅和它的音壓.....	97
第三篇 揚聲器單位的問題點.....	104
○ 低音揚聲器的問題點.....	105
○ 高音揚聲器的問題點.....	122
○ 中音揚聲器的問題點.....	137
○ 全範圍揚聲器.....	140
第四篇 喇叭揚聲器的全貌.....	146
○ 喇叭的形狀與特性.....	147
○ 喇叭激發器.....	163
○ 喇叭揚聲器.....	171
第五篇 揚聲器體系和頭戴收話器.....	177
○ 多數way 體系.....	178
○ LC 網.....	181
○ 平面擋板.....	196
○ 密封箱的問題點.....	201
○ 低音回折的問題點.....	208
○ 前負荷・喇叭.....	221
○ 後負荷・喇叭.....	223
○ 音響迷路.....	233
○ 稽查揚聲器.....	235
○ 揚聲器的組置.....	241
○ 與增幅器的連接.....	245
○ 多數增幅器的方式.....	248

○ 頭戴收話器	252
頭戴收話器的優點、缺點	253
由變換方式的分類	253
傳音方法的不同	254
由構造的分類	257
兩路頭戴收話器	260
四頻道頭戴收話器	261
頭戴收話器的特性	261
與增幅器的連結	262
第六篇 揚聲器體系的工作	265
□ 封閉工作法的實技	266
□ 製作例 I · 平面擋板的製作	269
□ 製作例 II · 密封箱的製作	272
□ 製作例 III · 低音回折式的製作	275
□ 製作例 IV · 後負荷 · 喇叭的製作	278
(短評) 固定邊和自由邊	21
周波數特性和聽能特性	69
天生的聲音和揚聲器的聲音	96
揚聲器的壽命和破損	121
Two way 的兩個想法	174
揚聲器體系的帶域	263



音 波

■ 怎樣產生音波

我把圖 1 變成平面圖，左邊像棍子一樣的圖是板子，而右邊的小圓圈把它當做空氣的粒子就行，(a)是這板停止不動的狀態，(b)是板子急烈向右邊移動時的狀態，這時候空氣的粒子靠近板附近的部分比較壓縮。(c)是相反地板子向左邊移動，而板附近的空氣粒子比較鬆散，這就是音波的產生，像這樣空氣的縮少，散開反覆傳染過去，其實左邊也有空氣的粒子，在此省略了。

圖 1 (a) 移動到 (b)，就是在板附近的空氣急烈高速地移動，而這速度越高越快，這裡的音壓越高。

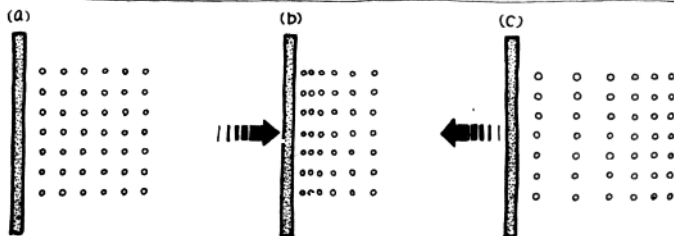


圖 1 當板移動時，發生空氣的壓縮和膨脹

空氣備有彈簧的性能效果，我們日常看到的球，從車胎就可以了解，灌入在小地方裡的空氣，持有強烈的彈性，氣槍，以及壓縮空氣的力量有很大的彈性效果，可是開放空氣，大氣本身這彈性功能很小，把它將比作線圈彈簧，就成為圖 2 一般的樣子。

圖 2 (a) 像輪胎一樣很窄狹的地方，灌進空氣一般高壓空氣，它的彈性很強又短。(b) 是開放空氣的例子，它的彈性很弱而長。

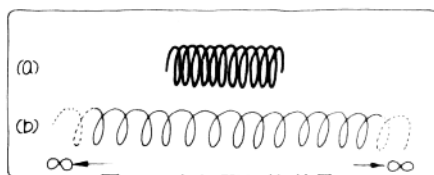


圖 2 空氣彈簧的效果

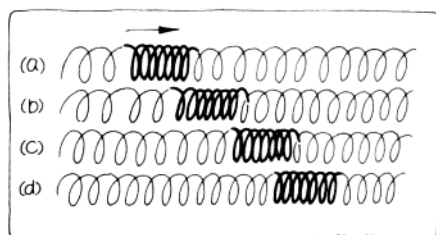


圖 3 彈簧的疏密部分正在移動

在這彈簧的一邊，加上拉或押的力量時，彈簧的疏密度像波浪一般進行移動，這就是音波的典型，疏密的進行速度 = 音速，就是彈性越強越快，氣壓越大速度就越快。

□ 音壓

音波是氣壓變化的波浪，所以把它的變化分量，用直軸表明它的發展，就成為圖 4 的樣子來，0 是標準大氣壓 1.013 (millibar) 毫

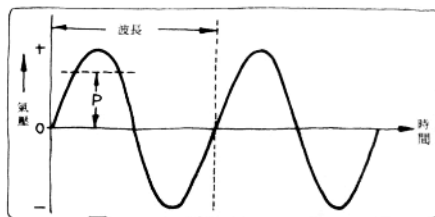


圖 4 音壓變化的表現方法

4 圖解 揚聲器

巴，上下有+，-來表示氣壓的變化量。箭頭的高度（尖峯值的 $1\sqrt{2}$ ）叫着音壓（通常以P的記號來表達），我們可以聽到的音壓，最低，是 $0.0002\mu\text{bar}$ （百萬分之一），而最大是 $200\mu\text{bar}$ （ 0.2mbar ）超過這限度會使耳痛。

□ 音壓標準

如果照實使用音壓時，0的數字排得很多很難計算，所以我們得使用對數來表示。

$0.0002\mu\text{bar}$ 做為0 dB， $0.002\mu\text{bar}$ 做為20 dB， $200\mu\text{bar}$ 做為120 dB，音壓每加10倍，音壓標準就加20 dB。

□ 音速

隨着氣壓和氣溫的影響變化，通常以秒速344公尺（ 344m/s ）或340公尺來計算，且以c的記號來表示。

□ 循環（cycle）

從圖4的0出發，一來回，回到0處，這就是一循環，一來一回轉的意思，它也使用c的記號。

□ 周波數

一秒鐘間所發生的cycle數，我們又稱為週秒（c/s），現在以赫（Hz）來表示，音速用波長來除，就可以得到周波數了。圖5a，b是音壓相同，波長不一樣，圖6a，b是波長相同，音壓不同。

□ 波長

就是說一循環之間音波所進行的距離，音速用周波數來除，就可

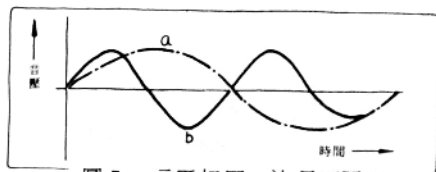


圖5 音壓相同，波長不同

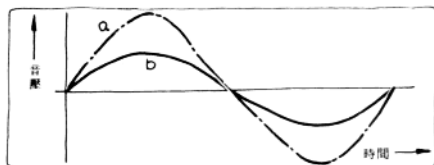


圖 6 波長相同，音壓不同

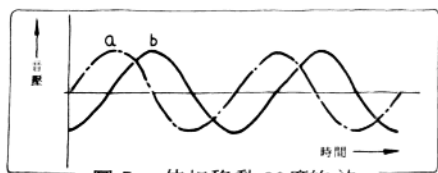


圖 7 位相移動 90 度的波

以得到波長，計算時通常使用 λ (Lambda) 記號來表示。

位相

圖 7 a, b 是單獨聽的時候完全波有異樣，可是同時發生聲音時，會感到奇妙的感覺，那是位相不符合的關係，在圖 7 裡，b 比 a 的位相差 90° 。

同相

兩個音波比較起來，沒有位相的移動，叫做同相。

逆相

圖 8 的 a, b 是逆相，位相相差有 180° (過快，或者過慢) 叫做逆相。

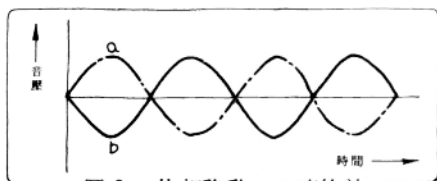


圖 8 位相移動 180 度的波

正弦波

以上表示在圖面最單純的基本波形，叫做正弦波 (sine wave)。

純音

由正弦波出來的音叫做純音 (pure tone) 而音叉的音很接近純音。

嗶 (phon)

表示音的強弱單位，但是並不表示音壓以及音壓標準一般物理性的單位，而是人類感覺性的單位。大略說來，嗶與 dB 可以對應來想，100 嗶就是 100 dB，在中音域裡嗶與 dB 大概可以一致的，在低音和高音域裡，嗶與 dB 之間會發生一些距離，變成 80 dB 就是 40 嗶的情形也會發生，這叫着響度 (loudness) 效果，我重複說一遍，嗶是對人類感覺能適用的單位。

有關 dB 表的事情

dB 不單表示音壓標準，而且可以使用在電壓，例如 1 V 做為 0 dB，或者 1 mV 做為 0 dB 等等的表示方法，通常是單做比較來使用的場合較多。在增幅器的抗制使用 +3 dB，那就是在中域裡，電壓提高 $\sqrt{2}$ 倍的意思了，你記住以下的方式就容易記憶起來。

+ 3 dB = $\sqrt{2}$ 倍	- 3 dB = $1 / \sqrt{2}$
+ 6 dB = 2 倍	- 6 dB = $1 / 2$
+ 10 dB = 約 π 倍	- 10 dB = 約 $1 / \pi$
+ 12 dB = 4 倍	- 12 dB = $1 / 4$
+ 20 dB = 10 倍	- 20 dB = $1 / 10$

電壓和音壓

加在揚聲器輸入端子的電壓，和從揚聲器發出來的音壓是成爲正比例的，電壓提高 6 dB (2 倍) 時，音壓也提高 6 dB (2 倍)。

音波的去向

從揚聲器發出來的音波，怎麼樣進展，怎麼樣消滅呢？這問題應該歸入聽音樂設備室（listening room）的範圍之內，但是在這裡做簡單的說明吧。

□ 反射

音波碰到強硬的牆壁會反射，而一部分給它吸收透入牆壁裡去，有時候像圖 9 一般做規則性的反射，可是像圖 10 一樣也會亂反射，而這亂反射對着不平坦的牆壁，除非波長較短的音波，否則非常難於發生。

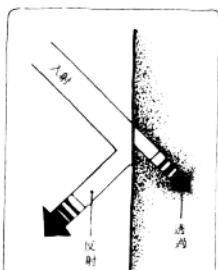


圖 9 規則性的反射

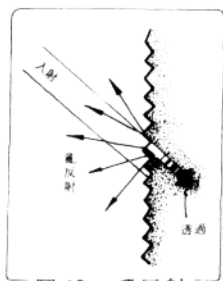


圖 10 亂反射

□ 回折

這是音波的回轉，過分小的障害物時，像圖 11 一樣，音波會完全回轉而進行，而對大一點的障害物也會多多少少回轉而進行，圖 12 是沿着牆壁進行的音波來到牆壁轉角時，一部分一直進行，一部分折轉，而另一部會反射，在空間沒有阻碍的地方會回轉反射，好像不近道理，但是任何狀態在急烈變化的境界裡，會發生這樣的反射。

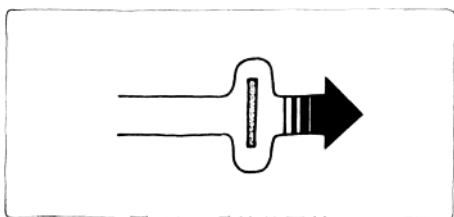


圖 11 音波的回轉

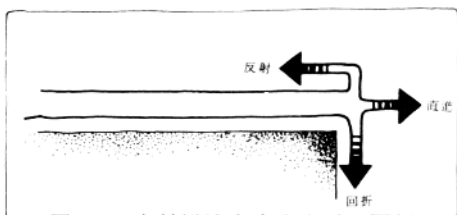


圖 12 在轉彎地方會發生反射回折

□ 吸收

像吸音材料一般的東西，它會吸收音波而自己會振動起來，把振動急烈地改成為熱，事實上所有的材料都多多少少吸收音波，連空氣本身也會吸收音波的。(請參照圖 13)

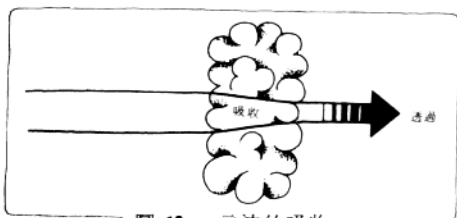


圖 13 音波的吸收

□ 透過

這是音波通過牆壁以及吸音材料的現象，任何材料都多多少少有

透過性質的。

□ 共振

像圖 14 一般，牆壁如果像鼓一般的狀態時，它會受了音波而共振（共鳴）這時由於它的共振，它會重新把音波向前後放射出來，這時候音波的方向是和入射音波的角度完全無關，這就是共振的特點。

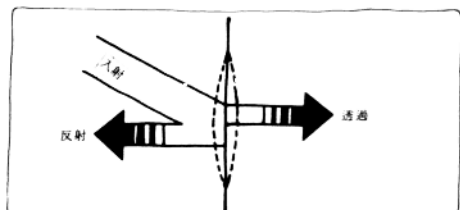
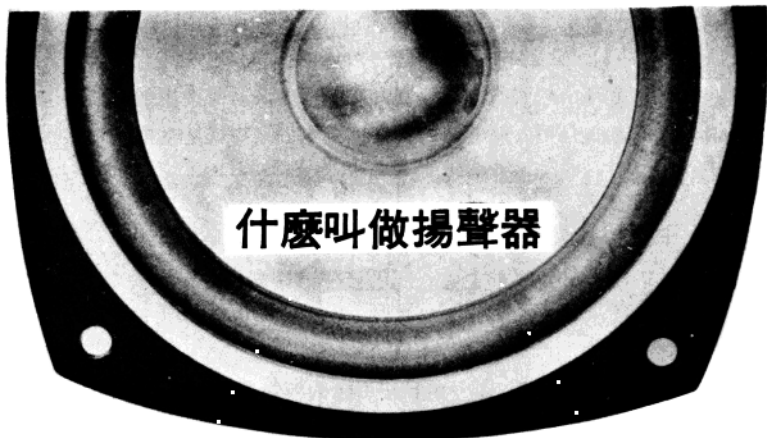


圖 14 由音波引起的板的共振

共振從外表看來好像和反射，透過很相似，只是音波方向的差異，和特定的周波數時才能產生，以及入射音波雖然消逝，但是由共振發生的音波尚在移動，這幾點完全兩樣，又吸音材雖然相同，內部的損失很少，振動不能變成爲熱，而很久都會停留起來，這幾點完全不同，共振在特定周波數的吸音可以利用而已。

× × ×

以上實際的牆壁上，可以想像出，每一個牆壁都會發生反射，透過，吸收，共振，回折的現象的。而它的不同只不過是百分比的相差而已。



把電氣改成音的裝置有很多種類，信號器（buzzer），電鈴（bell），鳴鐘（chime），電氣樂器，揚聲器，再生裝置等等，揚聲器本來就是擴聲用，從 speech 而發展，所以叫做 speaker，現在用以廣播，電子樂器以及再生裝置來使用。

揚聲器的分類

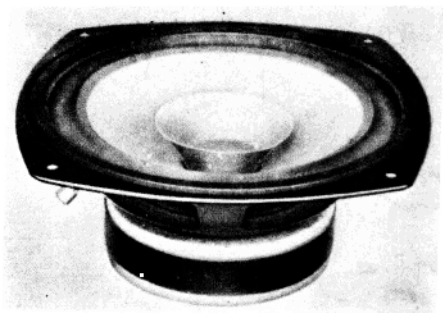
揚聲器大致分別為 loud speaker 和 ear speaker 的兩種，而 ear speaker 又分成 headphone 和 earphone，我們在這裡以 loud speaker 做為重點，進行說明。

loud speaker

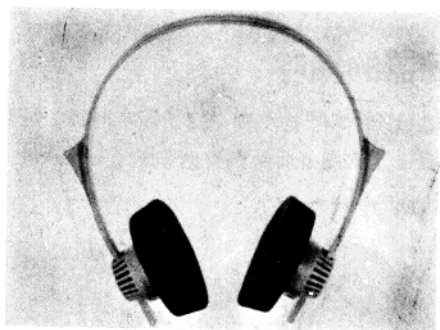
以適當的音量向空間放射音波的揚聲器，不定人數可以聽見聲音，所謂揚聲器通常就指這種 speaker。

ear speaker

直接對耳朵有作用的揚聲器是個人用。



loud speaker



ear speaker

head phone

用頭來支持的 ear speaker，通常把全部耳朵都蓋蔽起來，主要用途是聽立體聲 (stereo)。

ear phone

插進耳孔裡使用的 ear speaker，主要用途是聽單獨音 (monaural) 用。