

聲調之推斷

及

“聲調推斷尺”之製造與用法

劉復

1) 語言中的“聲調”(intonation)，無論是屬於字的方面的(所謂“字調”)，或是屬於句的方面的(所謂“句調”)，簡括說來，只是“音高”(pitch)的起落罷了。所以研究聲調，實際就是研究音高的起落；不過聲調是語言學中的名詞，音高的起落是物理學或音樂中的名詞，在於不知道底細的人，或者不免要錯認爲兩件不同的事。

2) 研究音高的起落有三種方法：

第一法便是直接用耳朵聽：這在“耳音”特別發達的人，或受過極充分的“耳聽訓練”的人，也可以得到相當的結果(當然是很粗疏的)；在一般人，却只能於最明顯最簡單之處，略略聽出一點，此外便是茫然無所措手。

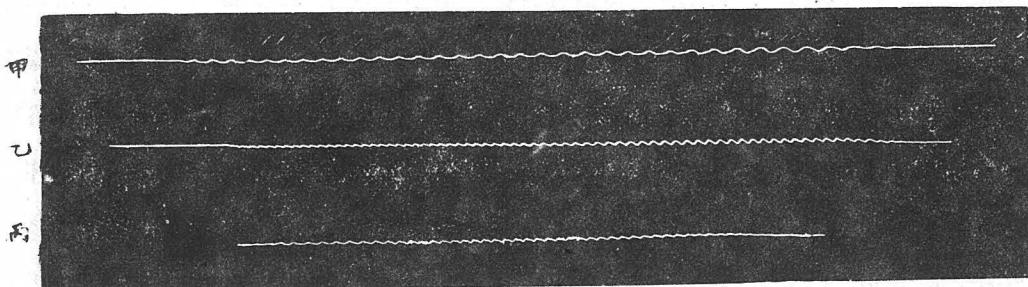
第二法介於直聽與實驗之間，是 Daniel Jones 做聲調曲線(Intonation Curves)一書時所用的方法。他先把語音收蓄在蠟片裡(或取現成的蠟片)，然後把蠟片放在留聲機上，照常發送出聲音來。到鋼針或鑽針走到每一個“有聲的音”(voiced sound)的中央時，便隨即把它提起，於是藉着耳朵裏所留存在着的這一個音的印象，來斷定它的“絕對音高”(absolute pitch)。用這同樣的方法，把一張蠟片裏所有的“純音”(vowels)及“有聲雜音”(voiced consonants)的音高一起斷定；——在必要時，把一個音分作兩部分或三部分，每一部分作一次之斷定。到完全斷定了，然後聯接起來，作成一條曲線。我在倫敦大學語音學實驗室工作時，曾見 Daniel Jones 的助手 Stephen Jones 和一個印度學生用這方法研究梵語的聲調。當時我因爲自己別有工作，未曾參加，只是從旁畧畧看看。這從旁畧畧看看所給我的印象就不大好：我覺得

這種測驗法，手續不能算不麻煩，而所得結果，却不甚可靠：他所謂“斷定”，實際有許多處仍舊是以意爲之，不能認爲有力量的斷定。後來我和趙元任兄談起這件事，問他的意見怎麼樣。他說他照樣試驗過，結果是了無所得；因爲蠟盤旋轉得很快，要預定了在每一點上把針提起，往往做不到；而且，即使做得到，這針尖提起時一剎那間所給的音高的印象，也決不能代表一個音的先後各部的音高。如此說，這種方法簡直是根本不能存在。但 Daniel Jones 曾用它著了一部書，我們又何從反對呢？我們只能說：這是 Daniel Jones 的個人方法罷！

第三法純粹用實驗的方術。此項方術，又可以分作兩步說：第一步是用一座“浪線計”(Kymograph)，配以音鼓及電流音叉等，將所要研究的單字或語句，很忠實的畫在烟薰紙上，這叫做“記音”。第二步是根據烟薰紙上所畫的浪線，推斷所研究的單字或語句中的音高的起落。這兩步工作，我在四聲實驗錄中已大致說過。本文的目的，在於將第二步的推斷方術加以更充分的說明，並將我自己所造的“聲調推斷尺”介紹於世，故於第一步的“記音”工作略而不論。

種種的推斷法

3) 假定烟薰紙上所畫出的浪線很好（這就是說：所有的顫動(vibrations)，都能一個一個清清楚楚畫出），我們只須粗粗一看，就可以看出音高起落的大概來：若顫動密，則其音必高；反之，若顫動稀，則其音必低。例如第一圖，有甲乙丙三浪



第一圖

線：甲線中的顫動稀，其音低；乙線中的顫動比較密一點，其音比較高一點；丙線中

的顫動最密，其音最高；又甲乙二線的顫動，都是先密後稀，故均爲下降音；丙線的顫動是先稀後密，故爲上升音。這種粗率的觀察所得的結果當然是極不精密的。但在實際上，有時只須知道某音與某音相較是孰高孰低，不必要知道高低間的程度如何；有時只須知道某音是上升或是下降，不必知道上升了幾許，或下降了幾許，那麼，這粗率的觀察法也就有了用處了。不過，就一般而論，我們的需要決不能這樣簡單，所以這一法總是不大用，而必採用一種相當的推斷法，以求一比較精密一點的，或者是，滿够精的結果。

4) 推斷的方法雖有種種之不同，但其原理，總不外乎就浪線計上圓柱體旋轉的速度(即烟薰紙行走的速度)，以推測語音中各顫動的遲疾。

測驗圓柱體旋轉的速度用電流音叉，或用他種計時器。速度的大小，是屬於時間方面的長短；到畫上了烟薰紙，就變做了屬於空間方面的長短。所以，以圓柱體旋轉的速度與語音中各顫動的速度相較，本來是時間方面的事，現在却已變做了空間方面的事。

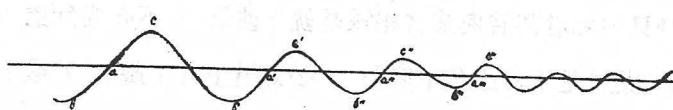
5) 圓柱體旋轉的速度，應當是絕對平均的。但這“絕對平均”一句話，只能在理想中存在着。在事實上無論你在機械方面用何種苦功，你只能做到“相當平均”這一步。所謂相當平均，是說大致與平均相差不遠；即使有時快，有時慢，所差還並不很多。

要是所用的浪線計還不能具有這“相當平均”一個條件，則在音高的推斷上，就有很多的困難。我們稱這一類的推斷爲甲類推斷。

反之，若所用浪線計能於具有“相當平均”這一個條件，則在推斷上就要省事一點。我們稱這一類的推斷爲乙類推斷。

6) 無論爲甲類推斷爲乙類推斷，總應當把浪線中的每一個顫動作爲一單位；但在不求十分精密時，也可以把每兩個或每三個顫動作爲一單位。

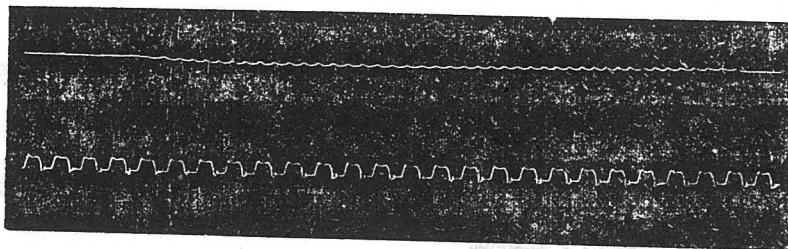
我們既然把顫動認為推斷工作中的單位，就應當知道每一個顫動的起點在什麼地方，終點在什麼地方。如第二圖中的一條浪線，包含着六個多（嚴密的說，是 $6\frac{3}{4}$ ）顫



第二圖

動；別有一條直線，是各顫動共同的中線。照理論說，各顫動的起點和終點，都應當以中線為標準。如第一個顫動，應當是起於 a，終於 a'；第二個應當起於 a'，終於 a''；第三個應當起於 a''，終於 a'''。但烟薰紙上所畫出的，只有浪線，並沒有中線；要有中線，應當另用方法推求；若要推求得正確，手續非常複雜。事實上，若研究的目的只在於推斷音高，誰都不願意（而且也犯不着）這樣笨做；通常都是略略變通一點，把每一顫動的頂點（最高點）或底點（最低點），作為起訖的標準。如以頂點為標準，則第一個顫動起於 c，終於 c'；第二個起於 c'，終於 c''；如以底點為標準，則第一個顫動起於 b，終於 b'；第二個起於 b'，終於 b''。這裡面所有的錯誤是一望而知的。但在推斷音高的工作中，這一點小錯誤，實在算不了什麼，儘可以置之不問。

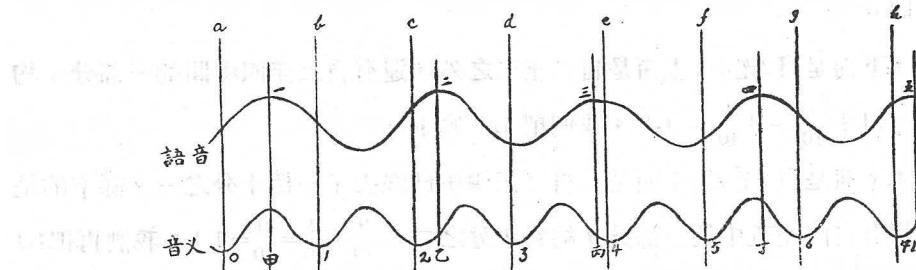
7) 因浪線計上圓柱體的旋轉不能具有相當平均的條件而欲施行甲種推斷，在記音時便應當以音鼓與電流音叉同時並用，使烟薰紙上畫出兩條平行的浪線。如第三圖，上面一條是語音的浪線，下面一條是音叉的浪線，互相平行。



第三圖

這種平行的浪線畫成之後，可以任取一浪線中各顫動之界點為標準（前一顫動之終點，即後一顫動之起點，為簡約計，可混稱之曰界點），畫成許多平行線，與浪線

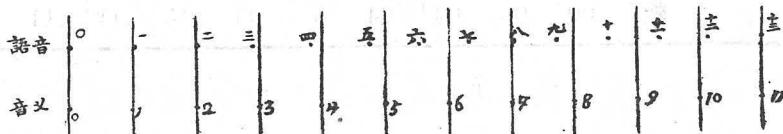
正交，而且通過兩條浪線。如第四圖，上面一線是語音的浪線，下面一線是音義的浪



第 四 圖

線，我們可以用語音線中一，二，三，四，五諸界點，畫成一甲，二乙，三丙，四丁，五戊諸平行線；也可以用音義線中 $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ 諸界點，畫成 $a_0, b_1, c_2, d_3, e_4, f_5, g_6, h_7$ 諸平行線；這些線都與浪線正交，而且通過兩條浪線。

8) 如第五圖，上行 $0, 1, 2, 3, 4, \dots$ 諸點，是語音線中各顫動的界



第 五 圖

點；下行 $0, 1, 2, 3, 4, \dots$ 諸點，是音義線中各顫動的界點。我們若以下行諸點為標準，就可以畫成自 0 至 11 共十二條平行線，每兩線中相隔的長度，代表音義上每一顫動所佔有的時間。音義的顫動數，應當是已知的，而且永遠是平均的（雖然也有製造得不好的音義，不能符合這個條件）。假如音義的顫動數是 100 ，即每秒鐘顫動一百次（一百個往復，所謂“複顫動”），則圖中每兩平行線間相隔的長度，無論是自 0 至 1 ，或自 1 至 2 ，或自 2 至 3 ，……都是代表一秒的 100 分之 1 。這樣，我們就可以逐段研究了：

第一段，下面是自 0 至 1 ，上面也是 0 至 1 ，恰巧相同。我們另用一張紙，寫下

個 1 字來，即 $1:1=1$ 的意思。

第二段同。

第三段，下面是自 2 至 3，上面是自 2 至 3 之外，還有自 3 至 4 中間的一部分，約為十分之一。 $1 + \frac{1}{10} = 1\frac{1}{10} = 1.1$ ，我們把 1.1 寫下。

第四段，下面是自 3 至 4，上面是：自 3 至 4 中已經去了一個十分之一，餘下的是十分之九；還有自 4 至 5 中的一部分，約為十分之二。 $\frac{9}{10} + \frac{2}{10} = \frac{11}{10} = 1.1$ ，我們再把 1.1 寫下。

如此類推，得第五段的結果為 $\frac{8}{10} + \frac{3}{10} = \frac{11}{10} = 1.1$ ，第六段的結果為 $\frac{7}{10} + \frac{6}{10} = \frac{13}{10} = 1.3$ ，第七段的結果為 $\frac{4}{10} + 1 = \frac{14}{10} = 1.4$ ，第八段的結果為 $1 + \frac{3}{10} = \frac{13}{10} = 1.3$ ，第九段的結果為 $\frac{7}{10} + \frac{6}{10} = \frac{13}{10} = 1.3$ ，第十段的結果為 $\frac{4}{10} + \frac{9}{10} = \frac{13}{10} = 1.3$ ，第十一段的結果為 $\frac{1}{10} + 1 = \frac{11}{10} = 1.1$ 。

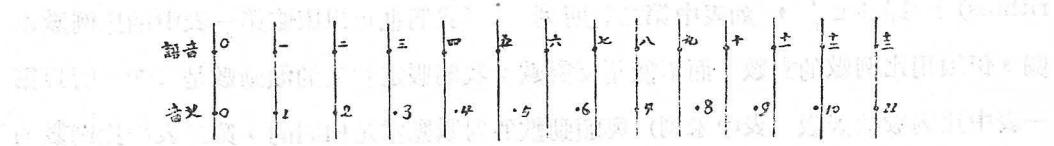
把所得結果依次寫下，即為第一表中第一行之“比例數”。

比 例 數	1	1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1
顫 動 數	100	100	110	110	110	130	140	130	130	130	110
對 數	.00	.00	.04	.04	.04	.11	.15	.11	.11	.11	.04

第一表

此項比例數的解釋法是如此：若比例數為 1，意即謂音叉顫動一次時，語音也顫動一次。今已知音叉每秒鐘之顫動數為 100，則語音每秒鐘之顫動數，當然也是 100。若比例數為 1.1，意即謂音叉顫動一次時，語音顫動一次又十分之一，較音叉快十分之一。故音叉之顫動數為 100，語音之顫動數 110。照此類推，得表中第二行之“顫動數”，實即語音在每一段中所有的平均顫動數，亦即語音在每一段中所有的平均音高。因作圖時顫動數不能將音高正確表出，必須用顫動數的對數，故將“對數”列於表中第三行。作圖所用對數，普通只用兩位，用三位的很少，故表中只列兩位。若對數中的整數全體相同，可將整數取消了，單用尾數，故表中把應有的整數 2 取消了（下同）。

9) 若以上行諸點（即語音中各顫動的界點）為標準而畫平行線，則成第六圖。



第六圖

圖中第一第二兩段（即 0 至一，一至二）的比例數仍為 1。

第三段，上行自二至三，約當於下行自 2 至 3 的十分之九，寫 .9。

第四段，上行自三至四，下行有自 2 至 3 潢餘下來十分之一，加自 3 至 4 的一部分，約有十分之八。 $\frac{1}{10} + \frac{8}{10} = \frac{9}{10}$ ，寫 .9。

如此類推，所得結果為 $\frac{2}{10} + \frac{7}{10} = \frac{9}{10} = .9$ ， $\frac{3}{10} + \frac{5}{10} = \frac{8}{10} = .8$ ， $\frac{5}{10} + \frac{3}{10} = \frac{8}{10} = .8$ ， $\frac{7}{10} = .7$ ， $\frac{7}{10} + \frac{1}{10} = \frac{8}{10} = .8$ ， $\frac{9}{10} = .9$ ，寫為第二表中第一行之“比例數”。

比例數	1	1	.9	.9	.9	.8	.8	.7	.7	.8	.8	.8	.9
反對數	.00	.00	.05	.05	.05	.10	.10	.16	.16	.10	.10	.10	.05
顫動數	100	100	111	111	111	125	125	143	143	125	125	125	111
對數	.00	.00	.05	.05	.05	.10	.10	.16	.16	.10	.10	.10	.05

第二表

此項比例數的解釋法是如此：若比例數為 1，意即謂語音顫動一次時，音叉也顫動一次。今已知音叉之顫動數為 100，則語音之顫動數，當然也是 100。若比例數為 .9，意即謂語音顫動一次時，音叉只顫動一次的十分之九。換句話說，就是語音顫動一次所用的時間，只相當於音叉顫動一次所用的時間的十分之九。今音叉每秒鐘顫動 100 次，以 .9 除之，得 111，即為語音在一秒鐘之內的顫動的次數。照此推算，得表中第三行的“顫動數”，即語音中各顫動在一秒鐘內自有的顫動數，亦即語音中各顫動自有的音高。

如前表之例，列各顫動數的對數於第四行。

若不求顫動數而逕依據比例數作圖，則須用比例數的“反對數”(reciprocal logarithms)，即 $\log \frac{1}{n}$ ，如表中第二行所列。(我們也可以依據第一表中的比例數作圖，但須用比例數的對數，而不能用反對數。我們假定音叉的顫動數是 100，所以第一表中比例數的對數(表中未列)與顫動數的對數應當是相同的，第二表中比例數的反對數與顫動數的對數也應當是相同的(所謂相同，只指尾數言，整數可以不問)。若音叉的顫動數不是做 10 的倍數的 100 或 1000，那就決不能相同。但在數目上是不同，畫到圖上去，高低間的比例，還是相同的。——關於作圖所以要用對數的理由，已在四聲實驗錄中說明，茲不贅述)。

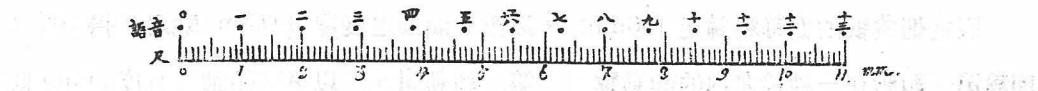
為便利起見，我們可以稱第 8 節的推斷法為“甲一推斷法”，稱第 9 節的推斷法為“甲二推斷法”。

10) 若浪線計上圓柱體的旋轉能於具有“相當平均”一個條件，我們就可以不用甲種推斷法而用乙種推斷法。

施行乙種推斷法，記音時不必把音叉與音鼓並用而畫成兩條平行的浪線，只須依據一條從音鼓中所畫出來的語音線。

我們應當預備一個廓大鏡，以放大十倍者為最相宜；再預備一枝玻璃小尺，總長為 50mm. 或 100mm.，其中每 1 mm. 用“顯微鏡刻度法”分為十等分；度刻均在玻璃的背面，放在紙上時，刻紋與紙面密接；刻紋用紅色染，俾與烟薰紙的黑色可以互相襯托。(巴黎 Nachet 顯微鏡公司製造者甚佳；在七年前，長 100mm. 者價一百法郎。)

有了這兩種器具，我們就可以把烟薰紙上每一個顫動的長度，正確量出。其法，先將烟薰紙平鋪在桌子上，或者更好一點，鋪在圖畫板上。次將玻璃尺放在烟薰紙上，以尺上的 0，壓在所要量的一條浪線的第一個界點。接着便將廓大鏡放在玻璃尺上，看每一個界點，相當於尺上的若干，直到全尺 100mm. 或 50mm. 都已量完，然後將尺移動。如第七圖，尺的 0，相當於界點 0，這是在開始時就安排好的。接着用廓大鏡往下看；



第七圖

界點一，相當於尺上的 1，寫 1.0，

界點二，相當於尺上的 2，寫 2.0，

界點三，相當於尺上的 2.9，寫 2.9，

界點四，相當於尺上的 3.8，寫 3.8，

如此類推，所得結果為第三表第一行之“量得數”。

量得數	1.0	2.0	2.9	3.8	4.7	5.5	6.3	7.0	7.7	8.5	9.3	10.1	11.0
長度	1.0	1.0	.9	.9	.9	.8	.8	.7	.7	.8	.8	.8	.9
反對數	.00	.00	.05	.05	.05	.10	.10	.16	.16	.10	.10	.10	.05
顫動數(甲)	100	100	111	111	111	125	125	143	143	125	125	125	111
對數(甲)	.00	.00	.05	.05	.05	.10	.10	.16	.16	.10	.10	.10	.05
顫動數(乙)	125	125	139	139	139	156	156	178	178	156	156	156	139
對數(乙)	.10	.10	.14	.14	.14	.19	.19	.25	.25	.19	.19	.19	.14

第三表

第一個量得數 1.0，即為第一個顫動之長度；

從第二個量得數 2.0 中減去第一個量得數 1.0，得 1.0，為第二個顫動之長度；

從第三個量得數 2.9 中減去第二個量得數 2.0，得 .9，為第三個顫動之長度；

如此類推，得表中第二行之“長度”，即各顫動自有之長度。

假如我們不要求出各顫動在一秒鐘內自有的顫動數，而只依據各顫動的長度作圖，那就只須找出各長度的反對數來就可以(表中第三行)。

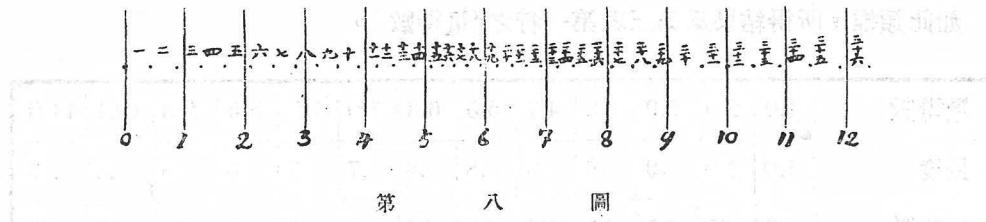
若要求出各顫動在一秒鐘內的顫動數來，却應當知道圓柱體的面(即烟薰紙的面)，在一秒鐘之內能走多少長。(此項速度之測定法，已見四聲實驗錄，茲不贅。)

知道之後，以各顫動的長度除之，即是得數。

假定烟薰紙的面每秒鐘走 100mm.，以第一顫動之長度 1.0mm. 除之，得 100，即為第一顫動在一秒鐘之內的顫動數。（第二顫動同。）以第三顫動之長度 .9mm. 除之，得 111，即為第三顫動在一秒鐘之內的顫動數。如此類推，得表中第四行的“顫動數(甲)”，其對數為第五行的“對數(甲)”。

若烟薰紙的面每秒鐘走 125mm.，則得數便應為表中第六行的“顫動數(乙)”，及第七行的“對數(乙)”。

11) 另有一種較為簡便一點（當然，結果也要粗疏一點）的方法。如第八圖，自



第 八 圖

第一界點至末一界點，中間共有三十六個顫動，我們在第一個界點上畫一條與浪線上交的直線 0，此後便按着一定的距離畫許多平行線，1，2，3，4，……等。（距離以 3mm. 或 4mm. 為最好，至多也不能過於 5mm.。）為省事計，也可以取一張明角片（或取照相所用的膠片，放在定影水裏浸透明了），用尖細的針子畫成許多平行的直線，到應用時，把這明角片覆合在烟薰紙上，以第一直線與第一界點相當，——這就可以不必在每一浪線上畫許多平行線了。

圖中第一段，自 0 至 1，包有第一第二兩完全顫動，和第三顫動的十分之三。 $2 + \frac{3}{10} = 2.3$ ，寫 2.3。

第二段，自 1 至 2，包有第三顫動的十分之七，加第四顫動全個，再加第五顫動的十分之八。 $\frac{7}{10} + 1 + \frac{8}{10} = 2.5$ ，寫 2.5。

如此類推，得 $\frac{2}{10} + 2 + \frac{4}{10} = 2.6$ ， $\frac{6}{10} + 2 + \frac{3}{10} = 2.9$ ， $\frac{7}{10} + 2 + \frac{6}{10} = 3.3$ ， $\frac{4}{10} + 4 + \frac{2}{10} = 4.6$ ， $\frac{8}{10} + 3 + \frac{2}{10} = 4.0$ ， $\frac{8}{10} + 2 + \frac{8}{10} = 3.6$ ， $\frac{2}{10} + 2 + \frac{8}{10} = 2.7$ ， $\frac{5}{10} + 2 = 2.5$ 。

將此項結果寫為第四表第一行的“顫動比”，依據其對數（第二行），亦可作圖。

顫動比	2.3	2.5	2.6	2.9	3.3	4.6	4.6	3.6	2.7	2.5
對數	.36	.40	.42	.46	.52	.66	.60	.56	.43	.40
顫動數	46	50	52	58	66	92	80	72	54	50
對數	.66	.70	.72	.76	.82	.96	.90	.86	.73	.70

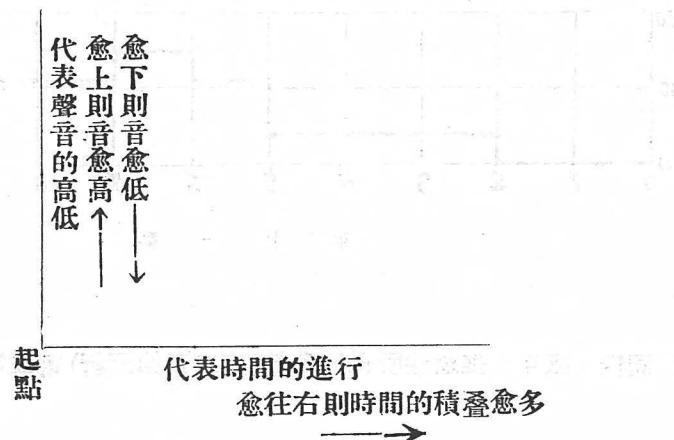
第四表

假定各平行線間的距離爲 5mm.，而圓柱體的面（即烟薰紙的面），每秒鐘行走 100 mm.，則 $\frac{100}{5} = 20$ ，即兩平行線間的距離所代表的是 $\frac{1}{20}$ 秒。今第一段中有 2.3 顫動，而其時間則爲 $\frac{1}{20}$ 秒，則每顫動所佔有之平均時間應爲 $\frac{1}{20 \times 2.3} = \frac{1}{46}$ 秒；換句話說，就是這 2.3 顫動中的每一顫動，平均在一秒鐘中顫動 46 次。依此類推，求得表中第三行的“顫動數”，及第四行的“對數”。

爲便於述說起見，我們可以稱第 10 節的推斷法爲“乙一推斷法”，稱第 11 節的推斷法爲“乙二推斷法”。

12) 推斷所得結果，只是許多數字，看上去仍是一盤散沙。必須依據所得數字畫起圖來，然後音高的起落，才可以一目了然。所以作圖是推斷的最後一步工作。

畫圖時，通常用 1mm. 的方格紙，以直的方向代表聲音的高低，以橫的方向代表時間的進行，如第九圖。

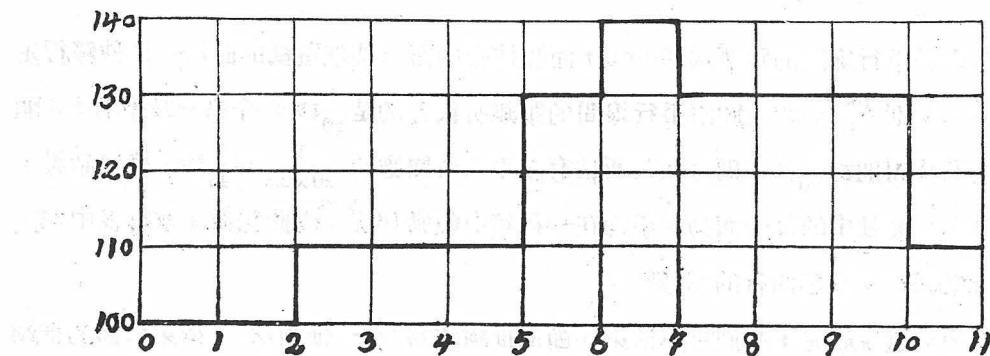


第九圖

聲調之推斷及聲調推斷尺之製造與用法

至於以方格紙中的一格，代表數字中的若干，却可以斟酌情形，自由規定；而且橫直兩方向，不必取同一標準。

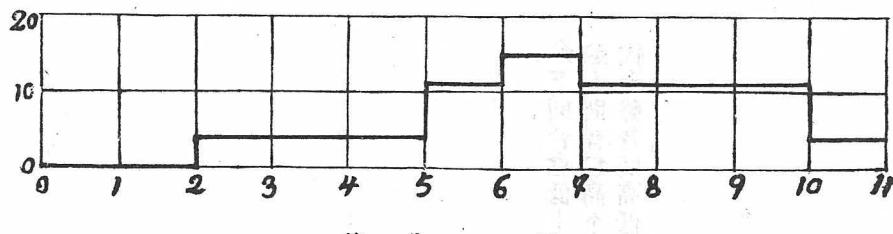
13) 如第十圖，是依據甲一推斷法所得顫動數（第一表第二行）畫成的。圖中直的方面以1mm. 代表一顫動，橫的方面，以10mm. 代表推斷時的一段。（因1mm.的方



第 十 圖

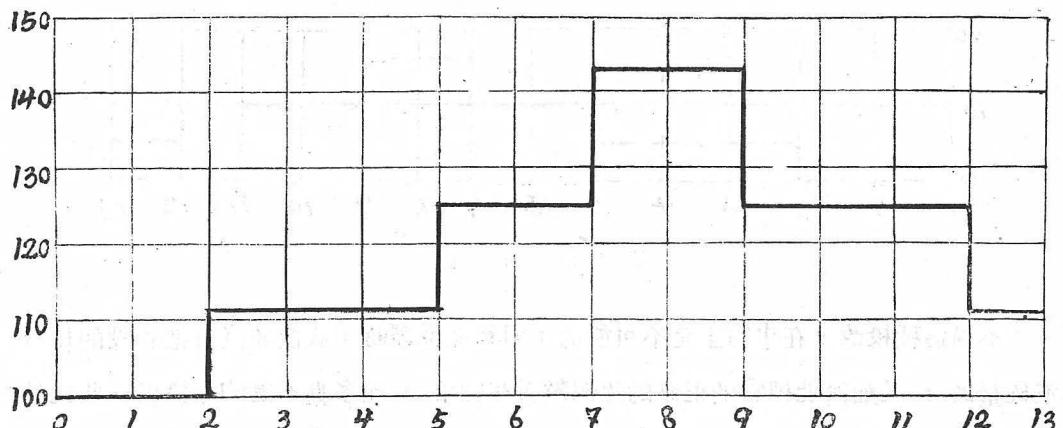
格不容易製板，所以現在的圖裡，只有 10mm. 的方格，以下諸圖準此。)

這樣直接用顫動數畫在圖裡，所表顯的只是顫動數增進或減少的比例，並不是音高起落的比例。雖然這方法直到現在還有人用，究竟是不合理的。合理的圖，應當依據顫動數的對數(第一表第三行)，如第十一圖。



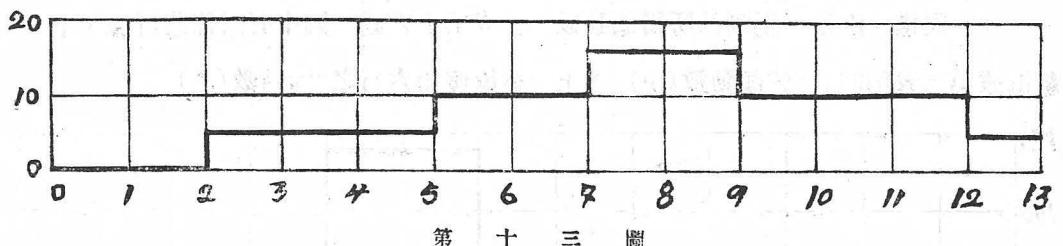
第 十 一 圖

14) 同樣，依甲二推斷法所得顫動數(第二表第三行)畫成第十二圖。



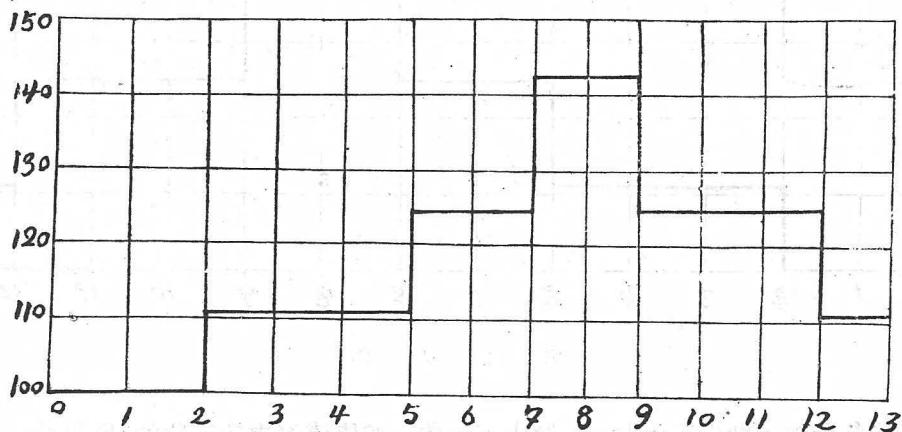
第十二圖

若用其比例數之反對數(第二行)或顛動數之對數(第四行)，則得第十三圖。

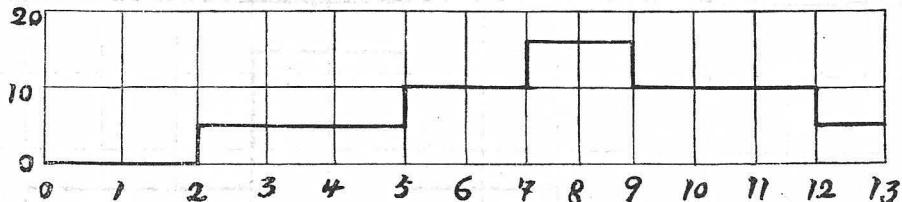


第十三圖

這十二十三兩圖，都不是正確的。因為圖中橫的方面以 10mm. 代表推斷時的一段；這 10mm. 是始終一致的，是彼此相等的，而推斷時的各段，却是有長有短，並不相等。所以，若要作正確的圖，應以各段自有之長短為比例，將第十二圖校改為第十四圖，第十三圖校改為第十五圖。



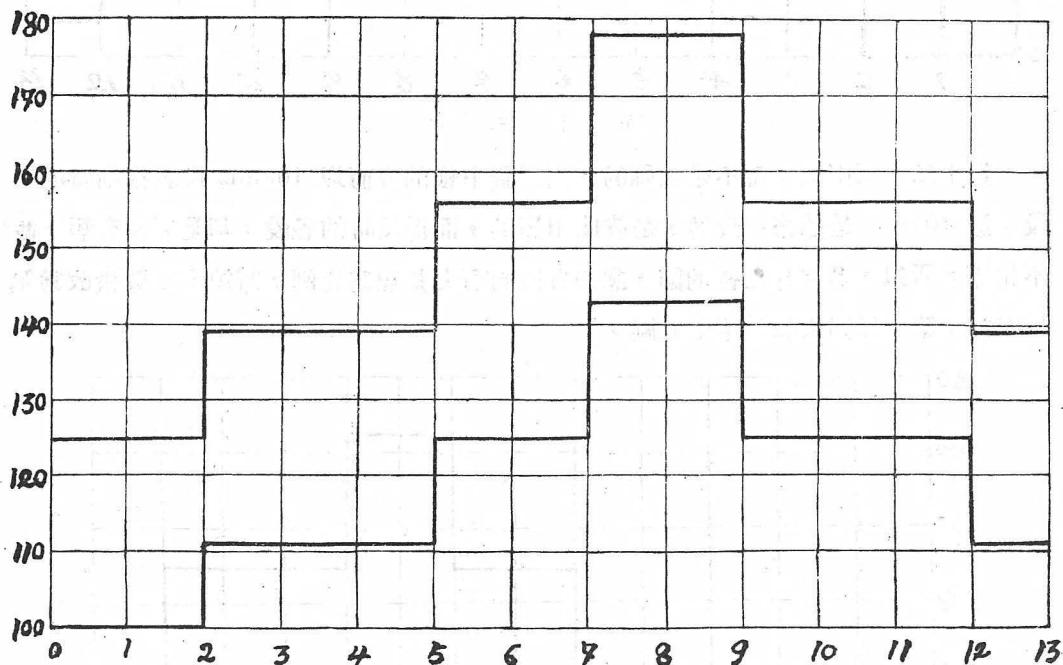
第十四圖



第十五圖

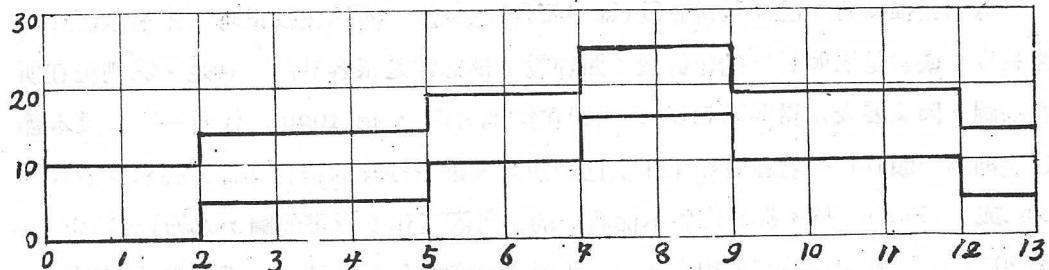
不過這種校改，在事實上是不可能的，因為在推斷時，我們並沒有把各段的長短正確量過，又如何能把它的正確的比例數畫在圖中，至多也不過約略校正一些就是了。甲二推斷法最大的缺點，就在這上面。

15] 同樣，依乙一推斷法所得顫動數，畫成第十六圖。圖中有兩條曲折線，下一線依據第三表第四行之“顫動數(甲)”，上一線依據第六行之“顫動數(乙)”。



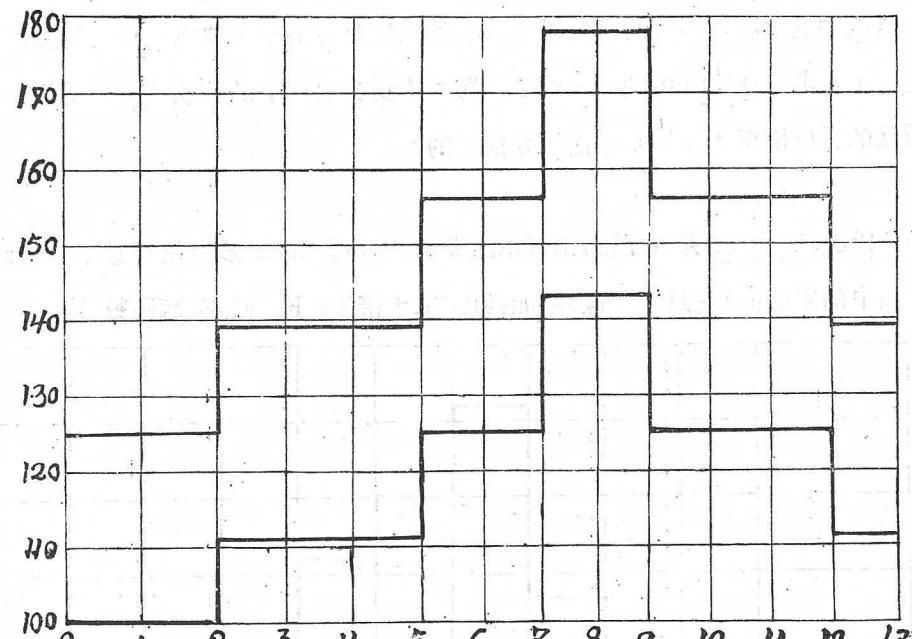
第十六圖

若用其對數，則得第十七圖。圖中下一曲折線依據表中第三行的“反對數”，或第五行的“對數(甲)”，上一曲折線依據第七行的“對數(乙)”。

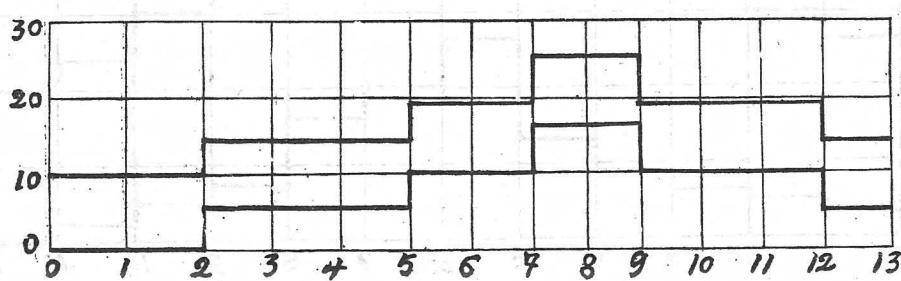


第十七圖

若依前節所說，加以校正，則第十六圖應改為第十八圖，第十七圖應改為第十九圖。



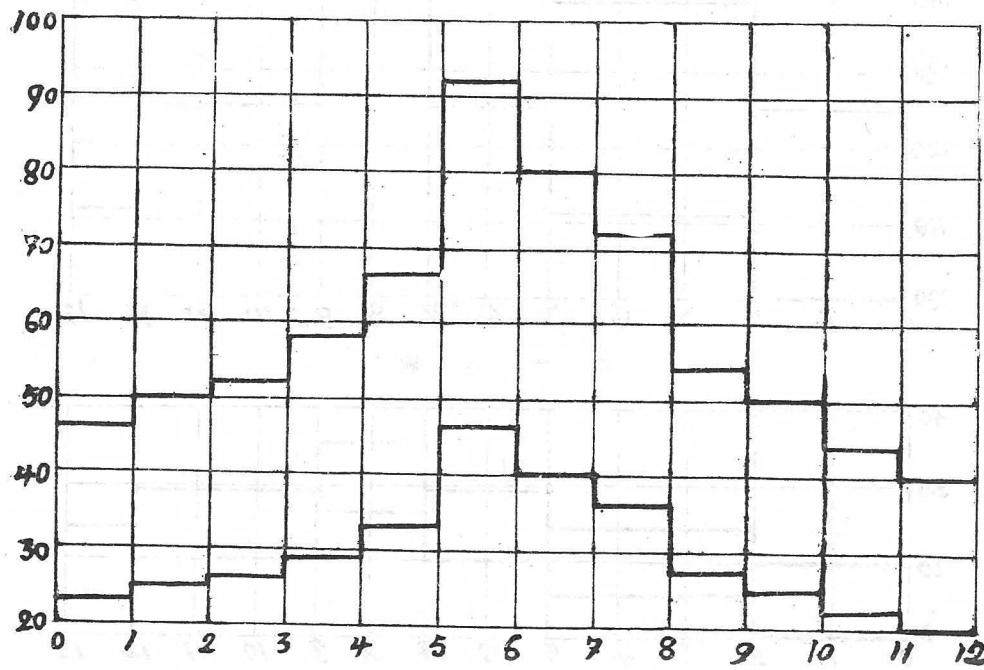
第十八圖



第十九圖

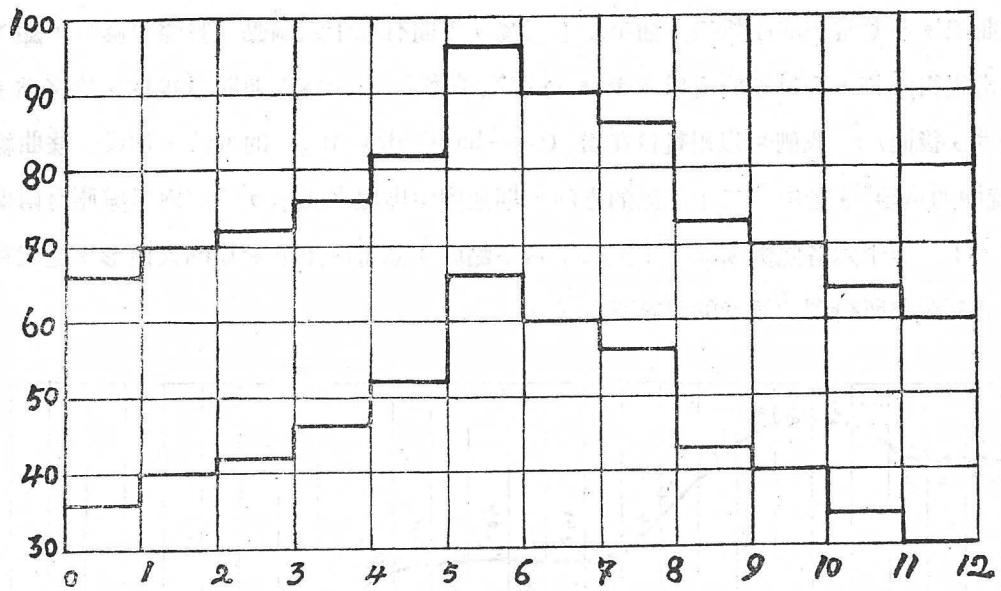
我們在推斷時，已經量得各段（即各顫動）的長度，所以在校正時，無論是直接依據長度，或者是依據長度的比例數，照理說，都應當是很容易的。可是，我們現在所畫的圖，因為要表示得明顯起見，所以在橫的方面，把 10mm. 代表一段（就本節言，則為一顫動）。若在實際工作上也是如此，則一秒鐘的語音，畫出圖來要有 1000 mm. 或 1250mm. 長，那是絕對不能適用的。實際工作上所畫的圖，大約以 150mm. 至 200mm. 代表一秒鐘為最相宜。而浪線計上烟薰紙行走的速度，就試驗音高而論，也以一秒鐘行走 150mm. 至 200mm. 為最好。所以，畫圖時，圖面各顫動之長，最好就用烟薰紙上各顫動之原長。而烟薰紙上各顫動之原長，用玻璃小尺去量到 $\frac{1}{10}$ mm. 的精密是容易的，要依據玻璃小尺之所量，還畫到紙上去，仍有 $\frac{1}{10}$ 的精密，那就是一般人所萬難做到的。我們畫圖時，要求 1mm. 的精密是容易的，要求 $\frac{1}{2}$ mm. 的精密就得十分用心，要求 $\frac{1}{3}$ 或 $\frac{1}{4}$ mm. 的精密就很困難，不要再說以下的 $\frac{1}{5}$ 或 $\frac{1}{10}$ 了。所以，這乙一推斷法的長度校正，終於是不能十分精密的。

16) 依乙二推斷法所得“顫動比”（第四表第一行）及“顫動數”（第三行），可以畫成第二十圖中的兩條曲折線（下一條為“顫動比”之十倍，上一條為“顫動數”）。



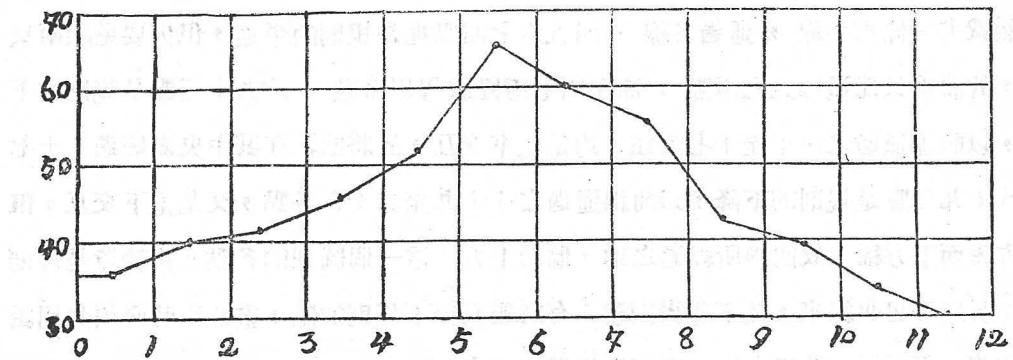
第二十圖

若用其對數，則得第二十一圖。（下一條曲折線為第二行顫動比之對數，上一條為第四行顫動數之對數。）



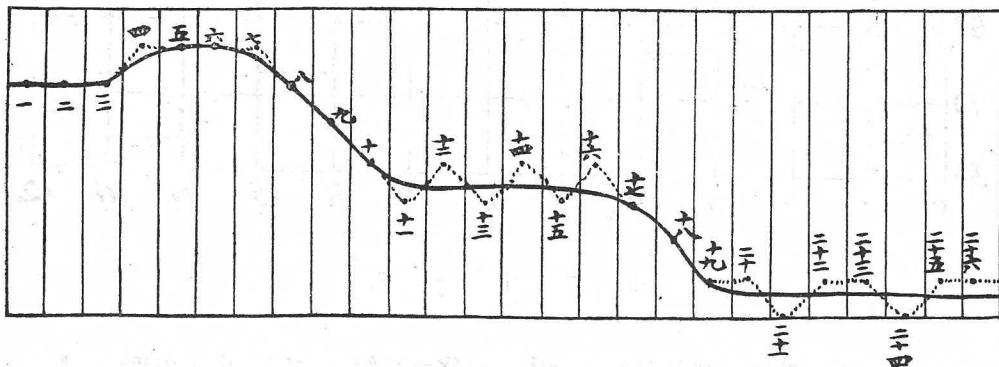
第二十一圖

17) 以上所作各圖，都是在每一段中畫一條水平線，畫完之後，用垂直線聯絡；所以畫成的曲折線，是階級形的。這是為表顯得明白起見，所以如此。在實際的工作上，應當用小點替代水平線，再用斜線聯絡各小點，成為一條不規則的曲折線。如第二十一圖中下面的一條曲折線，應變為第二十二圖中的一條曲折線。



第二十二圖

但是，語音的起落，照我們耳朵裏所聽見的說，是向上或向下逐漸移滑，並不是向上或向下跳動。所以若要使所畫的圖符合於我們耳朵中所得到的印象，那就應當畫成曲線，不應當畫成曲折線。如第二十三圖，中間有二十六個點（實際畫圖時，點子應當畫得極細，而且全圖畫成之後，應將點子擦去；今為表顯明白起見，特將點子畫大；後同），我們可以用畫自在畫（free-hand drawing）的方法，作成一條曲線（圖中的實線）；若依第二十二圖的方法，則如圖中虛線之所示，四七兩點處應有兩個角，十一至十六各點處，又二十至二十六各點處，應畫成上下交錯的犬齒形，這就和我們耳朵中所得到的語音的印象不符了。



第二十三圖

但是，所謂用畫自在畫的筆法畫曲線，却並不是信筆一揮，只是不用直尺或曲線板罷了。畫這條曲線時，應當有很仔細的斟酌，如圖中一二三三點，是規則的平進，自然就畫一條水平線，通過各線；四五六七四點也是規則的平進，但因要免除兩只角，故曲線只能通過五七兩點，而在四七兩點處畧畧通融；八九十三點是規則的下降，以曲線通過之；十至十七諸點，均是上下交互，故將曲線在其中央處經過；十七十八十九三點是規則的下降，以曲線通過之；十九至二十六各點，又是上下交互，但上方密而下方稀，故曲線所經過之地，偏於上方。這一個圖裡的各點，比較還是規則的，所以畫起曲線來，並不覺得困難；有時碰到很不規則的點，畫曲線時必須先用鉛筆起草，再三斟酌改正之後，才可以用墨筆畫定。

但圖面上的點子何以能有不規則的現象呢？這裏面的原因，雖然也有許多人揣測

過，但直到現在，還不會有一種強有力的斷定。將來我打算在這上面作一種專門實驗，希望能有相當的結果，現在且不將靠不住的假定預先說出。

實際工作之一例

18) 前文雖然提起“實際工作”這四個字，但就全體而論，只是把各種推斷法的輪廓大畧說出；當真要做實際工作，就決不能如此簡單。例如從一九二一年到一九二五年，我在巴黎作漢語字聲實驗錄一書時，所採用的方法是乙一法。單就量出各顫動的長度，和基於各顫動的長度以推出各顫動在一秒鐘以內的顫動數而論，其方法亦不外乎前文第10節之所說。說到作圖，却就和第15節裡所說的有些兩樣了。

我作圖時，所用的也是 1mm. 的方格紙，而且當然也是把直的方面代表音高的起落，把橫的方面代表時間的進行。

圖有大小兩種，就大的說，是在直的方面，以每 10mm. 代表“等律音階”(gamme tempérée) 中的一個“全音”，以 5mm. 代表一個半音，以 1mm. 代表一個半音的五分之一，即五個“米里沙法爾”(millisavarts)。

19) 基於這種計劃，我就造成了兩張表。

第五表中，DT 一項，是各半音的名目，從 $C_0 = 32.3$ 顫動起，到 $A_8 = 435$ 顫動止，中間包有 $3\frac{10}{12}$ “協”(octaves)，就一般的語音(男人的或女人的)而論，已經大致够用的了。

VD 項是各半音的顫動數。

L 項是各半音的顫動數的對數，即 $\log 435 = 2.6385$ ； $\log 410.6 = 2.6134$ 。

D 項是對數與對數間的差，即 $2.6385 - 2.6134 = 0.0251$ ； $2.6134 - 2.5883 = 0.0251$ 。

d 項是對數差的五分之一，即 $\frac{0.0251}{5} = 0.00502$ 。

第六表是依據第五表造成的，其造法如下：

$$2.6385 = \log 435.0 = A_8,$$

$$2.6385 - 0.00502 = 2.6335 = \log 430.0,$$

聲調之推斷及聲調推斷尺之製造與用法

$$2.6335 - 0.00502 = 2.6285 = \log 425.1,$$

$$2.6285 - 0.00502 = 2.6234 = \log 420.2,$$

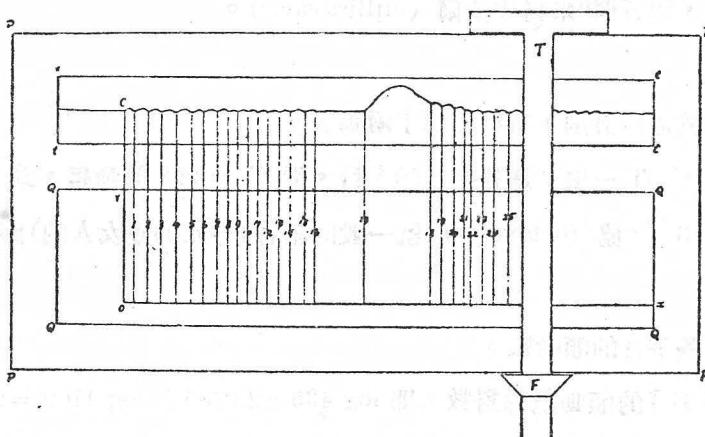
$$2.6234 - 0.00502 = 2.6184 = \log 415.4,$$

$$2.6184 - 0.00502 = 2.6134 = \log 410.6 = G\#_2.$$

這第六表造成之後，作圖時，就可以不必求各顫動的顫動數的對數了。例如有某一顫動，其顫動數為 185，只須在假定為 $F\#_2 = 182.9$ 的一條線的上面一條線上作一個點；若為 187，便在上一線；若為 186，則在兩線之間。

這是就大的一種圖說。就小的一種圖說，則以 5mm. 代表一個全音， $2\frac{1}{2}$ mm. 代表一個半音，1mm 代表 $\frac{2}{5}$ 半音，即十個米里沙法爾。(實際上小的一種圖比大的一種更適宜)。因此，在第六表中從 $C_0 = 32.3$ 起，每隔一行，便用肥體字印，使作小圖時，可以一目了然。如在方格紙上取某一橫線代表 $C_8 = 258.7$ ，則上一線便是 264.7，再上一線是 270.9，再上一線是 277.2，再上一線是 283.6，再上一線是 $290.3 = D_8$ 。

20) 欲求各顫動之長度，也能在圖面上相當表顯出來，其法如第二十四圖。



第 二 十 四 圖

圖中 PPPP 是圖畫板；tttt 是烟薰紙，其中 C 是浪線的開端；QQQQ 是方格紙；T 是丁字尺；F 是將丁字尺喫緊在圖畫板上，使它不能斜動的一個小東西，名叫“定丁”(fixe T)；OY 是所畫的圖裡的縱軸(arçounée)，即表示高低的標準線；OX

DT.	VD.	L.	D _i	d.	DT.	VD.	L.	D.	d.
la ₁	435,0	2,6385	0,0251	0,00502	si ₁	122,1	2,0867	0,0252	0,00504
sol _#	410,6	4,6134	0,0251	0,00502	la _#	115,2	2,0615	0,0248	0,00496
sol ₁	387,5	2,5883	0,0250	0,00500	la ₁	108,8	2,0367	0,0252	0,00504
fa _#	365,8	2,5633	0,0250	0,00500	sol _#	102,7	2,0115	0,0252	0,00504
fa ₁	345,3	2,5382	0,0251	0,00502	sol ₁	96,9	1,9863	0,0249	0,00498
mi ₁	325,9	2,5131	0,0251	0,00502	fa _#	91,5	1,9614	0,0254	0,00508
re _#	307,6	2,4882	0,0252	0,00504	fa ₁	86,3	1,9360	0,0248	0,00496
re ₁	290,3	2,4628	0,0250	0,00500	ri ₁	81,5	1,9112	0,0253	0,00506
ut _#	274,0	2,4378	0,0250	0,00500	re _#	76,9	1,8859	0,0250	0,00500
ut ₁	258,7	2,4128	0,0252	0,00504	re ₁	72,6	1,8609	0,0252	0,00504
si ₁	244,1	2,3876	0,0252	0,00504	ut _#	68,5	1,8357	0,0248	0,00496
la _#	230,4	2,3624	0,0249	0,00498	ut ₁	64,7	1,8109	0,0256	0,00512
la ₁	217,5	2,3375	0,0251	0,00502	si ₁₀	61,0	1,7853	0,0249	0,00498
sol _#	205,3	2,3124	0,0250	0,00500	la ₁₀	57,6	1,7604	0,0248	0,00496
sol ₁	193,8	2,2874	0,0252	0,00504	la ₁₀	54,4	1,7356	0,0255	0,00510
fa _#	182,9	2,2622	0,0252	0,00504	sol _#	51,3	1,7101	0,0253	0,00506
fi ₁	172,6	2,2370	0,0251	0,00502	sol ₁₀	48,4	1,6848	0,0249	0,00498
mi ₁	162,9	2,2119	0,0250	0,00500	fa _#	45,7	1,6599	0,0244	0,00488
re _#	145,2	2,1620	0,0253	0,00506	fa ₁₀	43,2	1,6355	0,0259	0,00518
re ₁	137,0	2,1367	0,0251	0,00502	mi ₁₀	40,7	1,6096	0,0241	0,00482
ut ₁	129,3	2,1116	0,0249	0,00498	re _#	38,5	1,5855	0,0256	0,00512
					re ₁₀	36,3	1,5599	0,0246	0,00492
					ut _#	34,3	1,5353	0,0261	0,00522
					ut ₁₀	32,3	1,5092		

第五表 (續)

DT.	VD.	L.	D _i	d.	DT.	VD.	L.	D.	d.
la ₁	435,0	2,6385	0,0251	0,00502	si ₁	122,1	2,0867	0,0252	0,00504
sol _#	410,6	4,6134	0,0251	0,00502	la _#	115,2	2,0615	0,0248	0,00496
sol ₁	387,5	2,5883	0,0250	0,00500	la ₁	108,8	2,0367	0,0252	0,00504
fa _#	365,8	2,5633	0,0250	0,00500	sol _#	102,7	2,0115	0,0252	0,00504
fa ₁	345,3	2,5382	0,0251	0,00502	sol ₁	96,9	1,9863	0,0249	0,00498
mi ₁	325,9	2,5131	0,0251	0,00502	fa _#	91,5	1,9614	0,0254	0,00508
re _#	307,6	2,4882	0,0252	0,00504	fa ₁	86,3	1,9360	0,0248	0,00496
re ₁	290,3	2,4628	0,0250	0,00500	ri ₁	81,5	1,9112	0,0253	0,00506
ut _#	274,0	2,4378	0,0250	0,00500	re _#	76,9	1,8859	0,0250	0,00500
ut ₁	258,7	2,4128	0,0252	0,00504	re ₁	72,6	1,8609	0,0252	0,00504
si ₁	244,1	2,3876	0,0252	0,00504	ut _#	68,5	1,8357	0,0248	0,00496
la _#	230,4	2,3624	0,0249	0,00498	ut ₁	64,7	1,8109	0,0256	0,00512
la ₁	217,5	2,3375	0,0251	0,00502	si ₁₀	61,0	1,7853	0,0249	0,00498
sol _#	205,3	2,3124	0,0250	0,00500	la ₁₀	57,6	1,7604	0,0248	0,00496
sol ₁	193,8	2,2874	0,0252	0,00504	la ₁₀	54,4	1,7356	0,0255	0,00510
fa _#	182,9	2,2622	0,0252	0,00504	sol _#	51,3	1,7101	0,0253	0,00506
fi ₁	172,6	2,2370	0,0251	0,00502	sol ₁₀	48,4	1,6848	0,0249	0,00498
mi ₁	162,9	2,2119	0,0250	0,00500	fa _#	45,7	1,6599	0,0244	0,00488
re _#	145,2	2,1620	0,0253	0,00506	fa ₁₀	43,2	1,6355	0,0259	0,00518
re ₁	137,0	2,1367	0,0251	0,00502	mi ₁₀	40,7	1,6096	0,0241	0,00482
ut ₁	129,3	2,1116	0,0249	0,00498	re _#	38,5	1,5855	0,0256	0,00512
					re ₁₀	36,3	1,5599	0,0246	0,00492
					ut _#	34,3	1,5353	0,0261	0,00522
					ut ₁₀	32,3	1,5092		

第五表

DT.	V.	L.	DT.	V.	L.	DT.	V.	L.	DT.	V.	L.	DT.	V.	L.	DT.	V.	L.	DT.	V.	L.
la;	433.0	2,6385	297.4	2,4720	sol.‡	205.3	2,3124	140.3	2,1466	96.9	1,9863	66.2	1,8208	140.‡	45.7	1,6599	140.‡	45.7	1,6599	
430.0	2,6335	295.6	2,4678	203.0	2,3074	138.7	2,1418	95.8	1,9813	65.5	1,8159	45.2	1,6550	45.2	44.7	1,6550	44.7	44.7		
425.7	2,6285	280.3	2,4628	200.6	2,3024	137.0	2,1367	94.7	1,9763	64.7	1,8109	44.2	1,6453	44.2	1,6453	43.7	1,6453	43.7		
420.2	2,6234	ré,	286.9	2,4578	198.4	2,2974	135.4	2,1317	93.8	1,9714	64.0	1,8078	43.7	1,6404	43.7	1,6404	43.7	1,6404		
415.4	2,6184	283.6	2,4528	196.4	2,2924	133.9	2,1267	92.6	1,9664	63.2	1,8007	42.7	1,6355	42.7	1,6355	42.7	1,6355			
sol.‡	410.6	2,6134	280.4	2,4478	sol.	193.8	2,2878	132.3	2,1216	91.5	1,9614	62.3	1,7955	41.7	1,6303	41.7	1,6303			
405.9	2,6084	277.2	2,4428	194.6	2,2824	130.8	2,1166	90.4	1,9563	61.7	1,7904	41.2	1,6211	41.2	1,6211	41.2	1,6211			
404.3	2,6034	274.0	2,4378	189.3	2,2773	129.3	2,1116	89.4	1,9512	61.0	1,7833	40.7	1,6048	40.7	1,6048	40.7	1,6048			
396.6	2,5983	302.0	2,4933	187.2	2,2723	128.3	2,0966	88.4	1,9462	60.3	1,7803	39.8	1,6000	39.8	1,6000	39.8	1,6000			
378.7	2,5783	267.8	2,4278	185.0	2,2672	127.8	2,0916	87.3	1,9411	59.6	1,7753	38.9	1,5903	38.9	1,5903	38.9	1,5903			
374.4	2,5733	264.7	2,4228	182.9	2,2622	124.9	2,0867	86.3	1,9360	58.9	1,7704	38.4	1,5855	38.4	1,5855	38.4	1,5855			
370.1	2,5683	261.7	2,4178	180.8	2,2572	123.5	2,0917	85.3	1,9310	58.3	1,7654	37.9	1,5803	37.9	1,5803	37.9	1,5803			
365.8	2,5633	258.7	2,4128	178.6	2,2521	122.1	2,0867	84.4	1,9211	57.6	1,7604	37.4	1,5753	37.4	1,5753	37.4	1,5753			
361.5	2,5583	255.8	2,4078	176.6	2,2471	120.7	2,0817	82.5	1,9162	56.9	1,7554	36.9	1,5701	36.9	1,5701	36.9	1,5701			
357.5	2,5533	252.7	2,4027	174.6	2,2420	119.3	2,0766	81.5	1,9112	55.7	1,7455	36.4	1,5650	36.4	1,5650	36.4	1,5650			
353.4	2,5482	250.8	2,3978	172.6	2,2370	118.0	2,0716	80.6	1,9061	55.0	1,7406	35.9	1,5593	35.9	1,5593	35.9	1,5593			
348.3	2,5432	248.4	2,3827	170.8	2,2320	116.5	2,0663	79.6	1,9011	54.4	1,7356	35.5	1,5545	35.5	1,5545	35.5	1,5545			
344.3	2,5382	233.0	2,3674	168.7	2,2270	115.2	2,0615	78.7	1,8960	53.8	1,7305	35.1	1,5492	35.1	1,5492	35.1	1,5492			
339.5	2,5282	244.4	2,3575	166.6	2,2219	113.9	2,0565	77.8	1,8910	52.5	1,7254	34.7	1,5440	34.7	1,5440	34.7	1,5440			
333.5	2,5231	la.‡	230.4	2,3624	164.7	2,2169	112.4	2,0516	76.9	1,8859	51.9	1,7203	34.3	1,5399	34.3	1,5399	34.3	1,5399		
329.7	2,5181	227.7	2,3574	162.9	2,2119	111.4	2,0466	76.0	1,8809	51.4	1,7152	33.9	1,5350	33.9	1,5350	33.9	1,5350			
mi.	325.9	2,5131	222.6	2,3475	161.0	2,2069	110.4	2,0417	75.2	1,8759	50.9	1,7101	33.5	1,5301	33.5	1,5301	33.5	1,5301		
322.1	2,5081	220.3	2,3425	159.2	2,2019	108.8	2,0367	74.3	1,8709	50.3	1,7050	33.1	1,5249	33.1	1,5249	33.1	1,5249			
318.4	2,5030	la.	217.5	2,3375	157.3	2,1969	107.6	2,0317	73.4	1,8659	50.7	1,7050	32.7	1,5202	32.7	1,5202	32.7	1,5202		
314.6	2,4980	215.0	2,3324	155.5	2,1919	106.3	2,0266	72.6	1,8609	50.4	1,7000	32.3	1,5164	32.3	1,5164	32.3	1,5164			
311.2	2,4930	212.6	2,3275	153.8	2,1869	105.4	2,0216	71.8	1,8559	49.5	1,6949	31.9	1,5114	31.9	1,5114	31.9	1,5114			
ré,‡	307.6	2,4880	210.7	2,3225	152.0	2,1819	103.9	2,0165	70.9	1,8508	49.0	1,6899	31.5	1,5061	31.5	1,5061	31.5	1,5061		
304.1	2,4830	207.7	2,3174	149.9	2,1760	101.5	2,0065	69.3	1,8407	48.4	1,6848	31.1	1,5016	31.1	1,5016	31.1	1,5016			
300.5	2,4779	144.9	2,1519	100.3	2,0014	99.2	1,9964	68.5	1,8357	47.8	1,6798	30.7	1,4969	30.7	1,4969	30.7	1,4969			
				88.0	1,9913	67.7	1,8307	67.0	1,8258	46.2	1,6649	30.3	1,4924	30.3	1,4924	30.3	1,4924			

是底座 (abscisse) 即表示時間的標準線。作圖時，先將烟薰紙與方格紙配置好，使 C 點與 OY 線正對，然後借着丁字尺的帮助，以浪線中每一顫動之界點為標準，畫成 1, 2, 3, 4, …… 等平行線，與 OY 平行，與 OX 正交。（應先用此法畫好各平行線，然後依前節所說之法，定各顫動的高低點。）

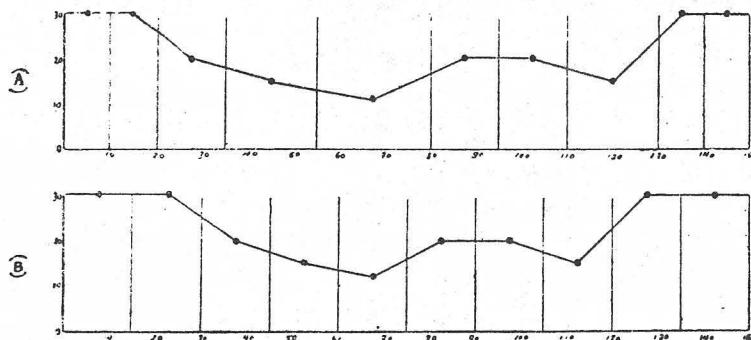
用這種方法定各顫動的長度，當然不能十分正確的，因為肉眼的精密度，當然不能到十分之一mm.。例如有一個顫動，其長度為 2.4mm.，畫到圖上，或者變成了 2.3, 2.2.，或者變成了 2.5, 2.6；但就全圖而論，用了這方法，總可以在長度上有相當的補正。譬如說有十個顫動，其長度之比為：

10 10 15 20 25 15 15 20 10 10

其顫動之數比為：

30 30 20 15 12 20 20 15 30 30

若用此法，即有相當的錯誤，所得曲線的總體，總與第二十五圖中的 (A) 相差不多；若用一般不注意這一點的人的方法，把各顫動看作一樣長，所得結果應是圖中的 (B)，那就錯得太多了。



第 二 十 五 圖

21] 一個實例：如江世義君所說安徽旌德方言中一個“凍”字，共有七十六個顫動，各顫動的長度及顫動數，如第七表。（烟薰紙每秒鐘行走 191mm.，以各顫動的長度除之，得顫動數。）

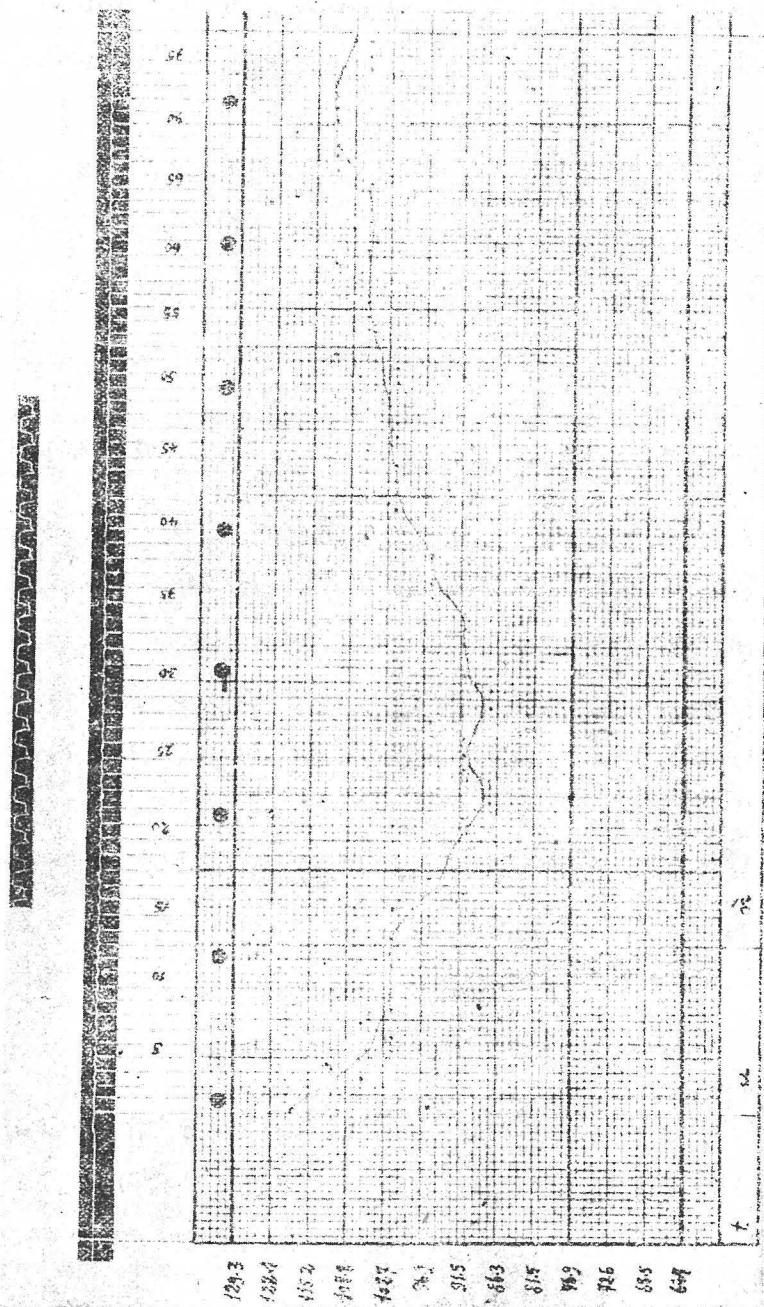
	L.	V. D.									
1	20	96	20	21	91	39	18	106	58	18	106
2	16	119	21	21	91	40	21	91	59	17	112
3	18	106	22	22	87	41	19	101	61	18	106
4	17	112	23	22	87	42	19	101	61	18	106
5	19	101	24	21	91	43	19	101	62	18	106
6	19	101	25	21	91	44	19	101	63	18	106
7	18	106	26	21	91	45	18	106	64	16	119
8	19	101	27	20	96	46	19	101	65	18	106
9	19	101	28	22	87	47	19	101	66	18	112
10	19	101	29	22	87	48	18	106	67	17	112
11	19	101	30	21	91	49	17	112	68	17	112
12	19	101	31	19	101	50	19	101	69	16	119
13	19	101	32	21	91	51	19	101	70	17	112
14	20	96	33	21	91	52	17	112	71	17	112
15	19	101	34	21	91	53	18	106	72	17	112
16	21	91	35	20	96	54	18	106	73	17	112
17	20	96	36	20	96	55	18	106	74	18	106
18	20	96	37	20	96	56	18	106	75	18	106
19	21	91	38	20	96	57	18	106	76	18	106

第七表

依法作圖，其情況如第二十六圖。（此圖原見本段因下空太少無法排入故移置 155 面
 校者識）圖中第一條浪線是電流音叉的浪線，每五十顫動為一秒（此與作圖無關，只
 是列入圖中，以供參考而已。）；第二條浪線即“凍”字的浪線；下面是用方格紙所
 畫成的圖，以 10mm. 代表一個全音，5mm. 代表一個半音。

聲調推斷尺

22) 如上文所說，可見推斷聲調，在理論上並沒有什麼高深難於明瞭處，只是工
 作異常煩苦，一般人都沒有耐心做。即使碰到了有耐心的人，也要把很豐富的時間給
 了他，才可以希望有相當的成績。而且，這種工作做得太多了，在生理上也很不相
 宜：很好的眼睛可以變做近視，背可以變彎，又因垂頭的時候太久，肺量愈變愈小，
 很容易鬧成肺病。我因為預備一部漢語字聲實驗錄，用乙一法（比較最精密而工作最

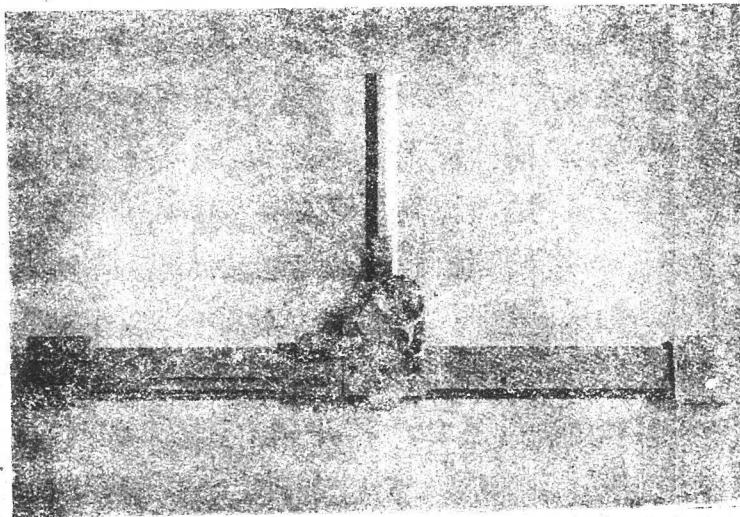


第十一圖

煩苦的一種)工作了數年，雖然沒有鬧成病(但彎腰曲背，已彰彰在人耳目!)，而花了多量的時間，所得結果如此之少，回想起來，總不得不認為生平第一最不上算事。

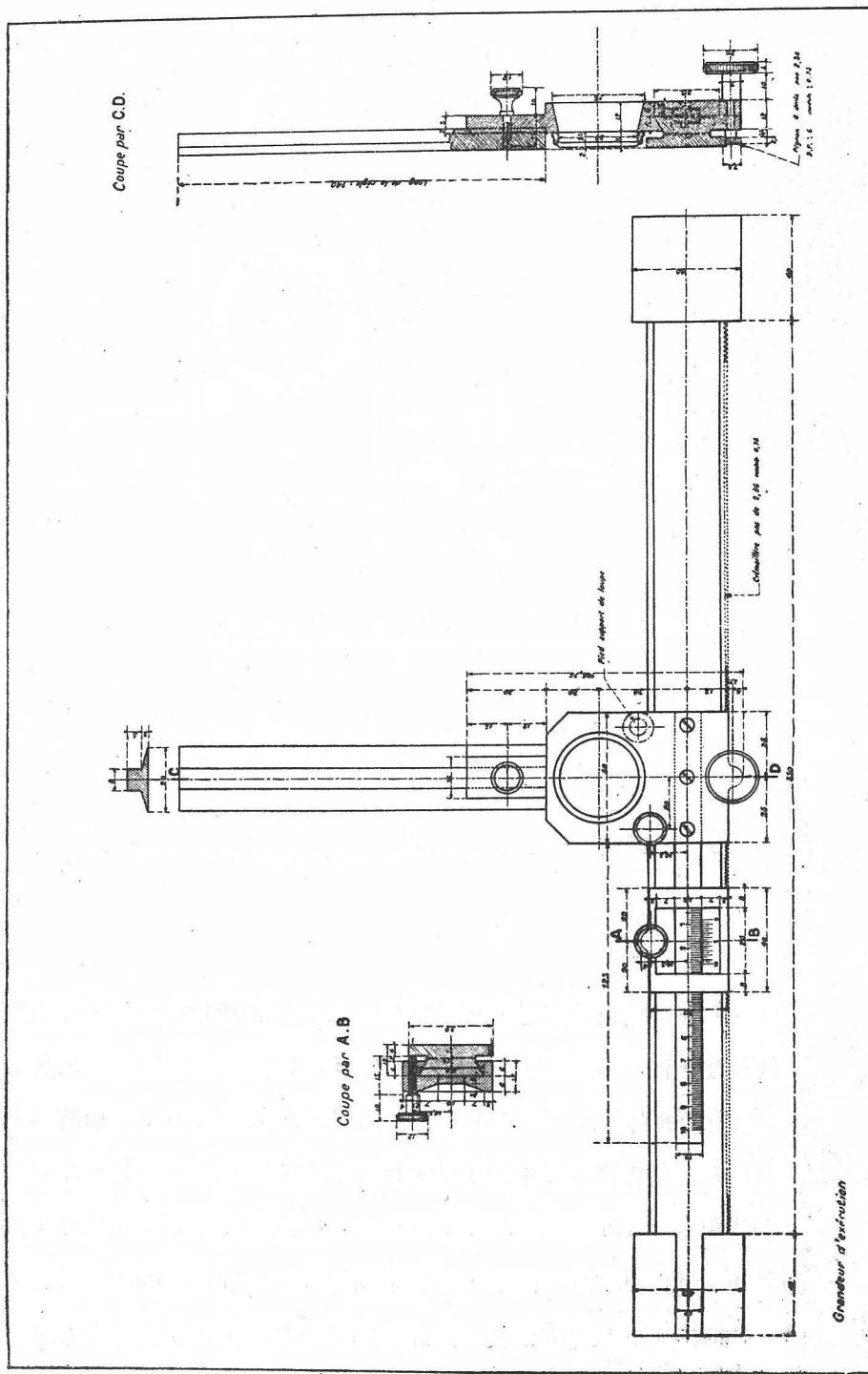
我的“聲調推算尺”，就是做了數年苦工之後設計製造起來的。製造完成時，先在字聲實驗錄的附錄中將大概情形發表過；因為當時想不到適當的名稱，所以就用我自己的姓，稱為“*Liugraphé*”(趙元任戲譯為“劉氏尺”)。現在覺得“聲調推斷尺”五個字還很妥當，那個舊名字可以取消了。

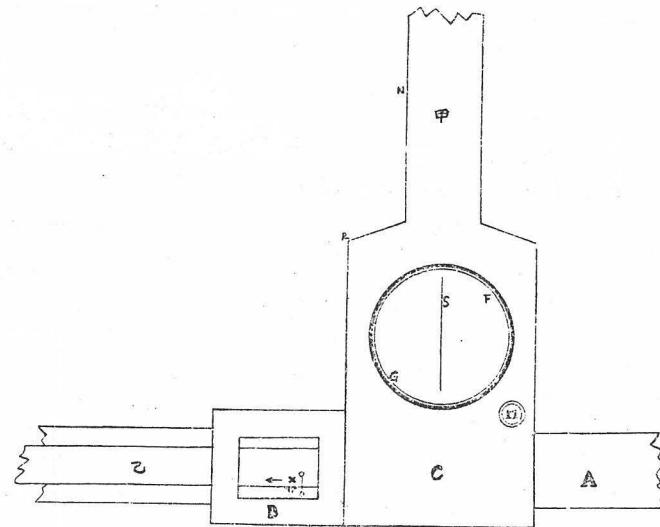
23) 第二十七圖是製造此尺的設計，第二十八圖是製造完成以後的攝影。



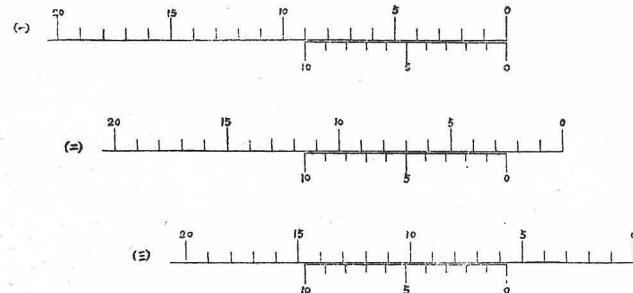
第二十八圖

欲明瞭其用法，可看第二十九圖(此圖只求表顯各部分之作用，其比例與原器不合；後文第三十二圖亦然)。圖中有一定尺(A)，兩活尺(B與C)。定尺A是沒有什麼作用的，只是做一個座子，使B，C兩活尺可以裝在上面左右移動；同時有相當的重量，可以使全器固定在紙面上。B尺是一個方形的框子。C尺是一個矩形的東西，其上有兩支：甲支垂直，乙支水平(即甲支與定尺A正交，乙之與之平行)。甲支之N邊依對數刻度，略如第三十圖(此圖只畧示大概，原器所刻線紋，係按四位對數表算出，用顯微鏡刻度機刻成)。乙支通過活尺B的方框，其上下兩邊，與方框的上下兩





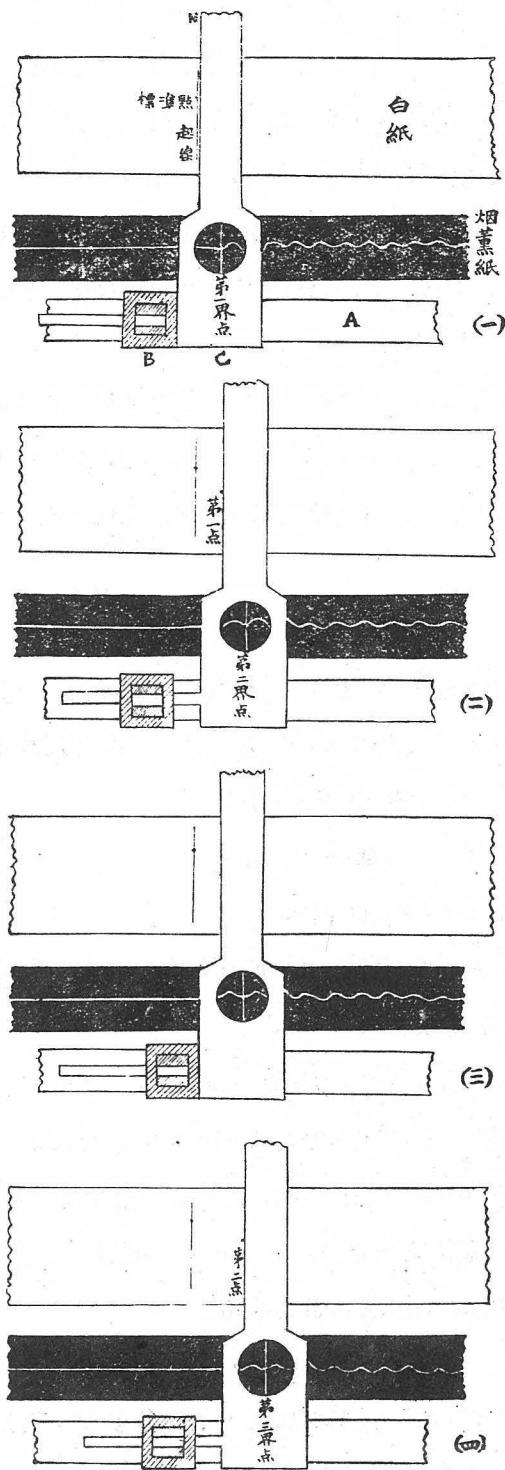
第 三 十 九 圖



第 三 十 一 圖

第三十圖
內邊相密切。自己支下邊的X點起，向左(如矢印所示)依普通米突尺的方法，從0刻至200mm.；即於方框的下內邊，與X相對之處，作一 vernier (V)。[Vernier 是一個附麗於大尺的小尺。如第三十一圖(一)，上方從0刻至20的是大尺，下方從0刻至10的是小尺。小尺上的0至10，相當於大尺上的0至9，所以小尺中的1，等於大尺中的.9。這大小二尺，必定有一個是固定的，一個是活動的。假如大尺是活動的，小尺是固定的，則在本圖(一)的時候，兩尺的0在同一直線上，小尺的10也正對着大尺中的某一線，就可見大尺還並沒有移

第三十二圖



動；在本圖(二)的時候，小尺的 0 已在大尺的 2 與 3 之間，小尺的 5 正對着大尺的某一線(不管它是什麼線)，就是大尺已經向右移動了 2.5 單位 3(如以 mm. 為單位，則已移動 2.5mm.)；在本圖(三)的時候，小尺的 0 在大尺的 5 與 6 之間，小尺的 7，正對着大尺的某一處，就是大尺已經移動了 5.7 單位了。) 在 A, B 兩活尺相接觸的時候，即 B 尺的 QP 邊，與 C 尺的 RP 邊合成一條 RQP 直線的時候，X 尺的 0，與 Vernier 的 0 同在一條直線上(即第二十九圖中的狀況)。若兩個活尺中有一個移動了，其移動的多少，可以在 X, V 處看出。因為 X 尺是依 mm. 刻的，Veruier 是依 $\frac{9}{10}$ mm. 做成的，所以結果能有 $\frac{1}{10}$ mm. 的精密。FG 是 C 尺上所開的一個圓孔，孔底鑲一塊玻璃；玻璃的下面，刻一條極細的紅線 S；將尺放在紙上的時候，這 S 線與紙面密接。M 處可以裝一個立柱，柱上裝一個廓大鏡(參觀第二十八圖)，用以看 S 線是否確在烟薰紙上的各顫動的界點上。

24) 應用此尺之法如第三十二圖(一)，先在圖畫板上鋪一張白紙，白紙之下方，放所要推斷的一張烟薰紙，均用圖畫釘釘定。於是將推斷尺放上，務使

- (1) 定尺 A，與烟薰紙上的浪線平行；
- (2) 活尺 C 的甲支，大部分在白紙上；
- (3) 浪線在活尺 C 的圓孔的中央；
- (4) 圓孔玻璃下面所刻的紅線，正壓在浪線的第一界點上；
- (5) B, C 兩活尺相密切。

這樣安排好了，就用鉛筆沿着活尺 C 的 N 邊，在白紙上畫一條線，叫做“起線”；隨在起線上作一個“標準點”。這標準點是依 $C_2 = 129.3$ 算出的。假如烟薰紙每秒鐘行走 189.1mm.，則 $\frac{189.1}{129.3} = 1.46$ ；意即烟薰紙行走的速率是每秒 189.1mm. 的時候， $C_2 = 129.3$ 的每一顫動，應在紙上佔有 1.46 mm. 的長度。於是，我們就在 N 邊上找到 1.46 的地位，在起線上作一個點，即標準點。

於是將活尺 C 漸漸向右移，直到玻璃下面的紅線，正壓在浪線中的第二界點上，隨看活尺 C 的 X，與活尺 B 的 V 相切處，數目是多少；假如是 1.9，即於活尺 C 的 N 邊上，找到 1.9 的地位，用鉛筆在白紙上作一點，是為“第一點”，如本圖之。

(二)。

隨將活尺 B 向右移，使與活尺 C 相接觸，如本圖之(三)。

再將活尺 C 向右移，直移到紅線壓在節三界點上，看 X, V 處數目是多少；假如是 1.8，即於 N 邊 1.8 的地位，在白紙上作一點，是為第二點。

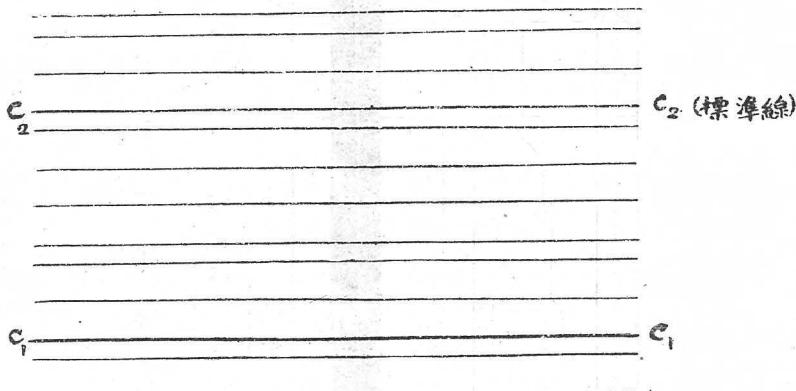
如此推去，直推到末了一點為止。

作末了一點之後，隨用鉛筆沿 N 邊畫一條線，是為“終線”，更在終線上依 1.46 的地位，作一標準點。

依第 17 節所說，用畫自在畫的方法，畫成一條曲線，是為音高起落線。

連結起線及終線上的兩標準點，作一直線，是為“標準線”。

如第三十三圖，由標準線 C_2 向上或向下，凡音階中各音，相隔一全音者，則隔 5mm. 作一平行線；相隔一半音者，則隔 $2\frac{1}{2}$ mm. 作一平行線；凡遇 C 處，均用粗



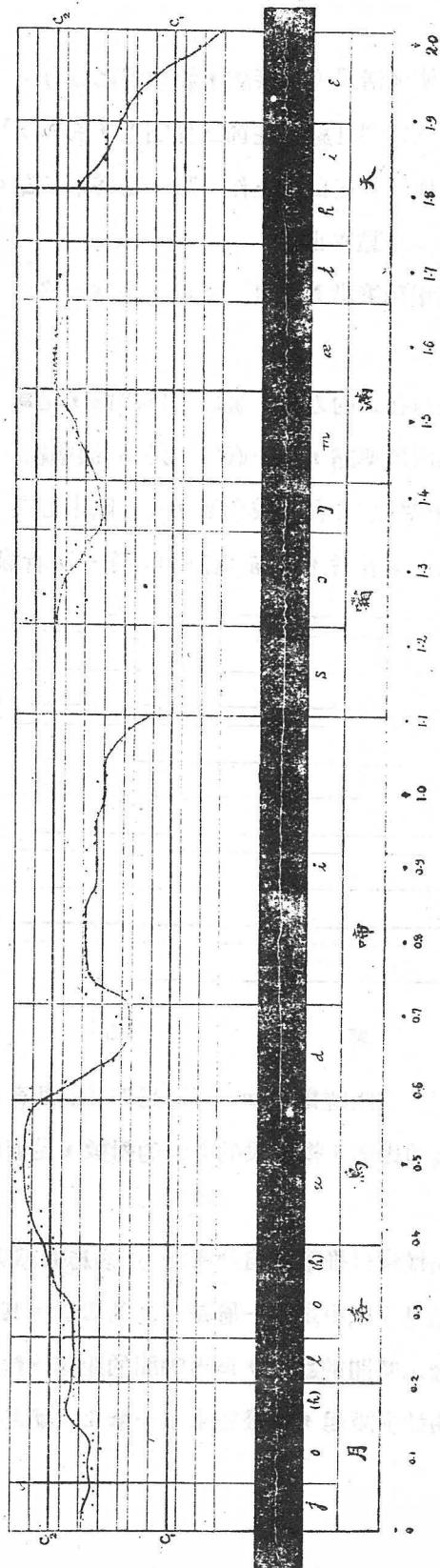
第 三 十 三 圖

線，兩粗線之間為一“協”，其距離為 30mm. (這是作音高起落圖最適當的比例，即第 19 節中所說的小的一種圖的比例；推算尺的 N 邊的對數，是依此比例算定的)。

25] 第三十四圖是用推斷尺推斷我自己所讀“月落烏啼霜滿天”一句的聲調（是直讀式，不是吟誦式）的結果；圖中最上一層是音高的起落，其次是說音的浪線，再次是音素的分析，再次是標示時間的點子，每兩點間的距離，代表十分之一秒。

我作這一張圖，從開始推斷起，到畫完末了一筆止，通共用了三點五十三分鐘的

聲調之推斷及聲調推斷尺之製造與用法



第十三十四

時間，連中間零碎的休息（吸烟喝茶等），也包括在內。若用乙一法，至少也得兩整天。

用推斷尺不但可以節省時間與勞力，而且所得結果，比伍何推斷法更精密，因為普通推斷法所得的結果，是經過了許多次的間接得來的（先量線次計算，再次求對數，再次作圖），每經過一次間接，就有增加一份錯謬的可能（如小數的抹去），用推斷尺，却完全是直接的工作（一面量，一面就作圖，所以錯誤的成分，就減縮到了最小度了）。又用普通推斷法作圖，只用兩位的對數，這推斷尺上的對數，却用了四位，錯誤的成分就愈加少了。最重要的，就是前文14，20兩節中所說到的各顫動的長度問題，這問題在用甲二乙一兩法時，是無論如何不能正確解決的；盡人力之所及，只是多少校正一點；用推斷尺，却可以使各顫動的長度，自然而然的 (automatiquement) 在紙面上正確表出，不必要我們重費一番勞苦而無謂的工夫。

（十八年二月五日寫訖。）

聲調之推斷及“聲調推斷尺”之製造與用法正誤

頁 數	行 數	原 文	改 正
133	7	滿夠精的結果	滿夠精密的結果
138	末行	；	：
140	17	把這明角片覆合在烟薰	把這明角片蒙在烟薰紙
		紙上	上
	末3行	$\frac{2}{10} + 2 + \frac{8}{10} = 2.7,$	$\frac{2}{10} + 2 + \frac{5}{10} = 2.7,$
141	1	顫動比第七位 4.6	4.0
146	11	或 $\frac{1}{10}$ 3	或 $\frac{1}{10}$ 了
150	7	便在上一線	便再上一線
	14	欲求各顫動之長度，	欲求各顫動之長度
	14	其法如第二十四圖。	其法如第二十四圖：
	末行	ardounée	ordounée
153	1	(abscisse)	(abscisse),
160	2	移動了 2.5 單位 3	移動了 2.5 單位了
	5	正對着大尺的某一處	正對着大尺的某一線
161	末3行	其次是說音的浪線	其次是語音的浪線
163	3	比伍何	比任何
	4	先量線	先量線，
	5	錯謬	錯誤
	6	一面就作圖，	一面就作圖)，