音声研究におけるピットフォール——デシベル

一 色 信 彦

Decibel: Pitfall in Phoniatic Research

Nobuhiko Isshiki

(Kyoto University)

In connection with the evaluation of vocal efficiency, discussion has developed whether a decibel value of SPL can be divided by the flow rate, or whether such calculation is meaningful or not for the evaluation of vocal efficiency.

The proposal for such calculation was refuted on the basis of the definition of decibel.

デシベルという言葉は判っている様で、その本態をつかんでいないと、大きな誤ちをおかす原因になりかねない。音声言語医学会での討論や、その後、何人かの方々との議論を通じて、デシベル関連問題の重要性を痛感した。

私の様な医学領域の者がこの様なテーマで書くのは、おこがましくもあり、また大恥をかく可能性も大いにある。にもかかわらず、あえて筆をとる気持ちになったのは、現在、精力的に研究をやっておられる方々、若いこれからの方々に充分考えてもらいたい事、また第2に科学はいずれにせよ弁証法的進歩をとげるものであり、一つのはっきりしたテーゼを出すことにより、アンチテーゼが出され、より妥当なジンテーゼに達するであろうといわば他力本願的気楽さからである。

問 題 点

議論の起りは声の効率または能率に関連してである。より少ない呼気を使ってより大きな声を出すことが出来れば、声を出す能率がより良いといえる。呼気量の大小とは正確には呼気流率(cc/sec)であり、声の強さは騒音計などで測定され、通常dBで表示される。従って声の強さ(実際には音圧レベル sound pressure level, SPLを測っているのだが)を流率で割れば声の能率が表わせる様に思われる。つまり声の能率の指数=dB値/流率で良さそうに思われる。例えば、同じ150 cc/secの流率で発声し一人は60 dB、他の一人は80 dBの声を出し

たとすれば後者の能率が良いといえるし、また同じ80 dBの声を出すのにある人は100 cc/sec、ある人は200cc/secの呼気を使用したとすれば前者の方が能率が良さそうである。一見話しは合っている。ところが問題はそう簡単ではない。例をあげよう。以下分母に流率、分子にdB値を記す。

$$60/100=80/133=86/143=90/150=92/153$$

上記の式を適用すれば100cc/secで60dBの声を出した能率と150cc/secで90dBの非常に大きな声を出した能率が等しいということになるが、これは何となく直観的におかしいと感ず

る筈である。90 dB という大声を出した方が能力が良いのではないかと感ずる筈である。“感ずる”とか“筈”ではなく、もう少し、理論

的、具体的に検討してみる。なお以後の例は理解を容易にするための例で、実際の平均的例ではない。

デシベル (decibel dB)

どの教科書にも書いてあることだが、一応書いてみると、電力レベル (electric power level) とか音の強さのレベル (acoustic intensity level) というのは2つの電力または音の強さの比を対数で表わしたものでありその単位が dB である。power level ということが大切である。

$$\text{音の強さのレベル} = 10 \log_{10} \frac{I_1}{I_2} \text{ dB}$$

IL (Intensity Level)

ある音の強さレベルとは基準音の強さ (パワー密度) に対する測定音の強さの比の対数の10倍すなわち

$$IL = 10 \log_{10} \frac{I}{I_{\text{ref}}} \text{ dB}$$

この際ある基準値を決めれば、それは IL とよばれ、通常基準値 I_{ref} は $10^{-16} \text{ watt/cm}^2$ ($10^{-12} \text{ watt/m}^2$) をとっている。

音圧レベル (Sound Pressure Level, SPL)

ある音の音圧レベル (dB) とは測定音圧実効値の基準音圧実効値に対する比の対数を20倍したものである

$$SPL = 20 \log_{10} \frac{P}{P_{\text{ref}}} \text{ dB}$$

で表わされる。(パワーの時は10倍し、圧の時は20倍するのは、パワーは圧の2乗に比例するからである)

音圧基準値としては $P_{\text{ref}} = 0.0002 \text{ microbar}$

($2 \times 10^{-5} \text{ newton/m}^2$) がとられることが多いが (空気中の音の判定), 1 microbar (0.1 newton/m^2) がとられることもあり (水中音など), 基準音圧 reference pressure を明記せねばならない。講演時には O point triple O two microbar と読んでいる。基準音圧をこれらのどちらかにとるかでの差は 74 dB である。

IL と SPL との関係

IL と SPL の関係だが、基準値を各々対応する様に選んであるのではほぼ両者は等しくなる。すなわち $10^{-12} \text{ watt/m}^2$ と $2 \times 10^{-5} \text{ newton/m}^2$ であるから $I = \frac{P^2}{\rho_0 c}$ より $\frac{(2 \times 10^{-5})^2}{407} \div 10^{-12}$ というわけである。

厳密に言えば $\rho_0 c$ (ρ_0 空気密度, c 音速) が 400 の時に等しくなる。通常の状態, すなわち気温 22°C , 気圧 0.751 mHg では $\rho_0 c = 407 \text{ mks rayls}$ で、厳密には SPL が IL より 0.1 dB ほど大きくなる。

SL (Sound Level)

やや混同されやすいものに S L がある。これは単に騒音計の使用法に従って読んだ読みを意味する。従って A, B, C の weighting を用いて読めば、それは SL (dB) であり、C のみを用いれば得られた値は SPL である。Phon というのは Loudness の単位であるが、屢々 S L の単位として誤用されている。

dB 値を流率で割る問題

デシベルという単位で表現されるレベルというものは、要するにある量が比較される他の量の何倍かを対数で現わしたものである。その何倍かが極端に広く分配しているので、例えば2倍, 5倍から100倍, 1000倍となると表示しにくくなって来るので、対数尺にとって見易くし

たまでのことである。従って dB 値を見ただけで何倍を意味するか憶えておく大変便利である。例えば音圧が2倍になれば $20 \log 2 \div 20 \times 0.3 = 6$ つまり 6 dB ふえ、同様に4倍が 12 dB, 8倍 18 dB, 16倍 24 dB, 32倍 30 dB, 10倍 20 dB, 20倍 26 dB と対応する (表1)。

表1 音圧の倍率(何倍になったか)と SPL (dB)の増加値との関係(概算値)

圧の倍率	SPL (dB)	圧の倍率	SPL (dB)
2	6	50	34
3	10	64	36
4	12	100	40
8	16	200	46
10	20	300	50
16	24	400	52
20	26	500	54
25	28	800	58
32	30	1000	60
40	32		

ここで注意すべきは音圧が強さ (power) かどちらも問題にしているのかをはっきりさせることである。power ならば上記の値の半分となる。すなわち power が2倍になれば 3 dB ふえることになる。

さて最初の問題にかえろう。100cc/sec の気流を使って出した 60 dB の声 (ref: 0.0002 microbar, 以下 ref を略す) と 150cc/sec を使って出した 90dB の声を比較してみると、差が 30dB つまり実効音圧値にして32倍 power にして1000倍の声が出たわけであり、どう考えても後者つまり、流率を 1.5倍にして 1000倍と強さ (power) をふやした方が能率の良いのは明らかである (厳密には流率のみならず声門下圧も知らないと能率云々はできないが、この例で声門下圧が 700 倍近くなるなどとは考えられぬので)。

dB というのは、あくまで何倍かという相対値であるから、例えば 60 dB から 66 dB になったのと 90 dB から 96 dB になったのとでは音圧がともに 2 倍になったという事で増加した比率は同じでも実際の増加量は全く違う。90から96になった方が、増加量は比較にならぬ程大きいわけである。dB というのは最終的表現に便利だし、積商を求めるのに加減で代用してしまうなど便利だが、元の概念を忘れてしまうと大変危険である。

日常臨床で有用な計算例を一つのべる。ある音源Aによるある点での音圧レベル SPL を知りたいが、周囲の一定雑音BのためAのみによる SPL が直接的には測れない。周囲の雑音Bのみの場合の SPL をよみ、次にAが音を出した際の SPL (A+B) を読んだ所 SPL の指示値が 4 dB 上ったとする。さてA音源のみによる SPL 値は全体の読みから何 dB 引いたら良いのか? という問題である。

A音源による音圧 P_a , 周囲雑音による音圧 P_b とすると

$$10 \log \left(\frac{P_b^2 + P_a^2}{P_b^2} \right) = 4$$

$$\log \left(1 + \frac{P_a^2}{P_b^2} \right) = 0.4$$

$$1 + \frac{P_a^2}{P_b^2} = 2.512$$

$$\frac{P_a^2}{P_b^2} = 1.512$$

全体 ($P_a^2 + P_b^2$) の読みから何 dB 引けば Aのみ (P_a^2) の読みが得られるかということであるから、その比をとれば良い。

$$10 \log \frac{P_a^2}{P_a^2 + P_b^2} = 10 \log \frac{P_a^2 / P_b^2}{1 + P_a^2 / P_b^2}$$

$$= 10 \log \frac{1.512}{2.512} = 10 \log 0.6$$

$$= 10 \log \frac{2 \times 3}{10} = 10 (\log 2 + \log 3 - 1)$$

$$= 10(0.3 + 0.48 - 1) = -2.2$$

つまり例えば周囲雑音 60 dB, A音源を入れると 64 dB になったとすると、周囲雑音のない状態で、A音源のみによる SPL は $64 - 2.2 = 61.8$ dB ということになる。同様の計算をすれば A+B と Bのみの差が 7 dB なら 1 dB を引けば Aの値を得ることが出来る。Signal+Noise と Noise の差が 7 dB もあれば僅か 1 dB を引けば良く、10 dB の差があれば 0.4 dB 引けば良い。この様に dB 値は簡単に扱うべきではなく、いつも元の値にもどして加減乗除その他の計算をしないと危険である。

原稿到着：昭和57年12月15日
 別刷請求先：一色信彦
 〒606 京都市左京区聖護院川原町
 京都大学医学部形成外科学教室