

# 自動車車内騒音の一評価法

An Evaluation on Interior Noise of Passenger Cars

立石 泰三\*

Taizo TATEISHI

一般の騒音評価は音の大きさを人間の聴感特性に合わせた騒音計のA特性で測り、その騒音レベル dB(A) “感覚量” をもって表わしている。本解説はこの dB(A) のほか ISO が騒音評価の国際規格として承認した、会話妨害に関する騒音評価数 (NRN) “物理量” を自動車の車内騒音より求め、両者の関係より NRN を近似的に判定する方法について述べる。つぎに、この NRN については普通音声の了解限界および予解度を明らかにして、自動車騒音の評価を行なう。

## 1. ま え が き

著者はさきに自動車の騒音評価について、ISO の推奨基準である Noise Rating Number を用い騒音の「うるささ」、騒音による「会話の妨害」および騒音に対する音声の「了解度」評価を行ない、これらの研究概要をのべた<sup>1)</sup>。

NRN による騒音の評価では一般に音の周波数分析を必要とするが、騒音計だけしかなく分析のできない場合においても評価できることが望ましい。このような場合の手段として、ISO では騒音全般について Noise Rating Number (以下 NRN とする) を簡便に求める方法を次のように述べている<sup>2)3)</sup>。

騒音計の A 特性で測った騒音レベル dB(A) の値から 8 を差引き概略の NRN にして差支えない。すなわち

$$dB(A) - 8 \doteq NRN \quad (1)$$

の関係である。しかし、自動車の騒音を対象とする場合には (1) 式が成立しないようである。

本研究は騒音評価の見地より自動車の車内騒音に対して普通音声を主とする会話妨害の評価を行なうものである。このため、自動車が走行中の騒音レベル dB(A) と音圧レベル dB(C) の測定を行ない、この音圧レベルからは会話妨害評価の NRN を析出して、これら測定値の整理検討を行ない、dB(A) から NRN を近似的に判定する方法について述べる。このほか、NRN については音声聴取の限度に関する了解限界を求め、実際の車内騒音についても NRN と音声の関係より会話の了解限界および予解度を求めて、自動車騒音の評価を行なう。

## 2. 騒音試験とその方法

騒音の試験は騒音レベル測定法および自動車騒音試験法に従って行ない<sup>4)5)</sup>、表 1 に示す国産乗用車の車内騒音を測定した。

騒音の試験条件としては、自動車の車内へ侵入する外部の音の影響を防止するため、すべての窓およびベンチレータなどを閉鎖し、走行速度についてもトップの変速

表 1

分類	総排気量 (cc)	台数
1	360	20
2	1000 ~ 1200	19
3	1500 ~ 1600	20
4	1800 ~ 2000	19
計		78

機位置による 40 km/h ~ 120 km/h (軽乗用車は 40 km/h ~ 80 km/h) までの一定計器速度にした。測定は図 1 に示す計測装置によって行ない、自動車が走行中の車内騒音レベル dB(A) および音圧レベル dB(C) を各速度ごとに読取り、これと同時に音圧レベルの録音も行ない、さらにこの録音再生と周波数分析は図 2 のようにして行ない、その物理量から NRN を求めることにした。

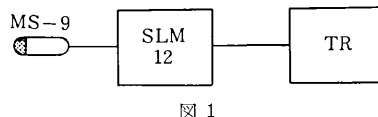


図 1

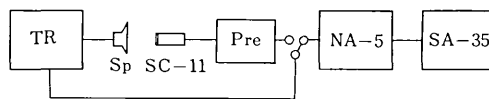


図 2

## 3. 走行速度と騒音レベル dB(A) の関係

表 1 に示したすべての試験車について、車内騒音レベル dB(A) を測定した結果、その騒音特性は軽乗用車、小型車の車種によって大まかに分けられることが判明したので以下にこれを示す。

図 3 は軽乗用車の測定結果である。この測定値より走行速度と騒音レベル dB(A) の対応値 (○) 印について相関を求め、その回帰直線を記入した。

図 4 は上記同様の手法によって小型車の回帰線を求め、これに軽乗用車の回帰線をも併記してある。ここで小型車の回帰線を 1 本とした理由は、あらかじめ排気量によって分類した各小型車間の騒音レベル差が ±1% の

\* 東京大学生産技術研究所 第 2 部

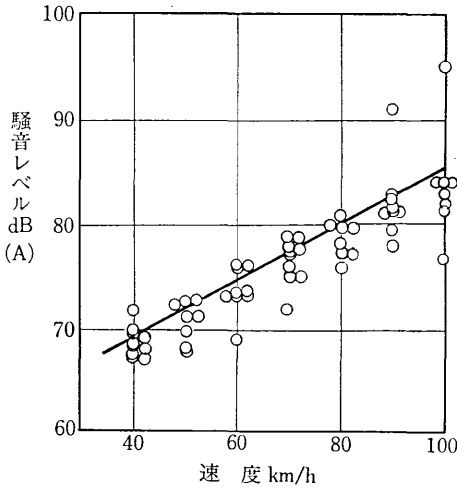


図 3 軽乗用車の車内騒音特性

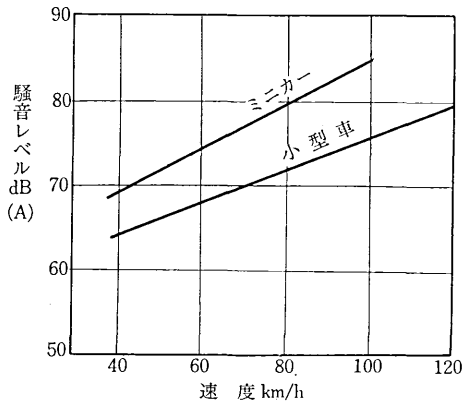


図 4 軽乗用車および小型車の車内騒音特性

範囲となったことによる。

これらの結果、走行時における乗用車の車内騒音レベルは次のように表わすことができる。

騒音レベル  $L(A)$  は

軽乗用車:  $L(A) = (0.27 \times V + 58.3) \text{ dB}$

小 型 車:  $L(A) = (0.20 \times V + 56.0) \text{ dB}$

で求まる。これらは国産の新車について測定したものであり、一つの標準値としてよいであろう。

#### 4. 騒音評価数 (NRN)

一般にいう騒音評価数(NRN)は騒音の音圧レベル dB (C) を詳しく分析して、そのスペクトル・レベルの最大値をもって決定する。これに対して、会話の妨害を評価する NRN は騒音の音圧レベルを周波数分析して、三つの中心周波数 (500, 1000, 2000 Hz) のスペクトル・レベルを測り、この中の最大レベル  $L(\text{dB})$  を次式へ代入することにより求められる。

$$N = \frac{L - a}{b} \quad (2)$$

$L$ : 中心周波数レベル (dB)

$a$ : 係数

$b$ : 係数

図 5 は小型車の車内騒音から会話妨害の NRN を測定したものであり、走行速度と NRN の対応値について相関を求め、その回帰直線 (実線) を示す。これに対して上下の点線は  $\pm 3$  単位の偏差を示す NRN の領域であり、小型車の 72% がこの範囲に含まれている。

図 6 は上記同様に NRN を整理して得られた軽乗用車および小型車の回帰直線を表わす。

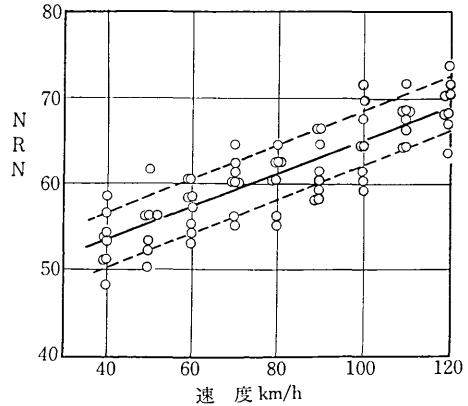


図 5 小型車の NRN とその回帰直線

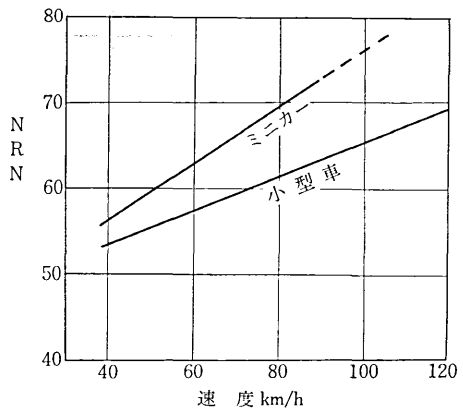


図 6 軽乗用車および小型車の NRN 回帰直線

#### 5. dB(A) と NRN の関係

図 7, 図 8 は軽乗用車および小型車の車内騒音について測定した感覚的な量の騒音レベル dB(A) と、会話妨害の観点からそれらの音圧レベルを分析して、物理的な量の NRN を求めた計測結果を表わす。これらの特性はそれぞれ図に示すごとく、走行速度の増加にともなって概ね平行に上昇する直線であり、NRN が dB(A) よりも小さい関係にあることを示している。

すなわち

軽乗用車:  $\text{dB}(A) - 11 = N$

小型車:  $\text{dB}(A) - 10 = N$

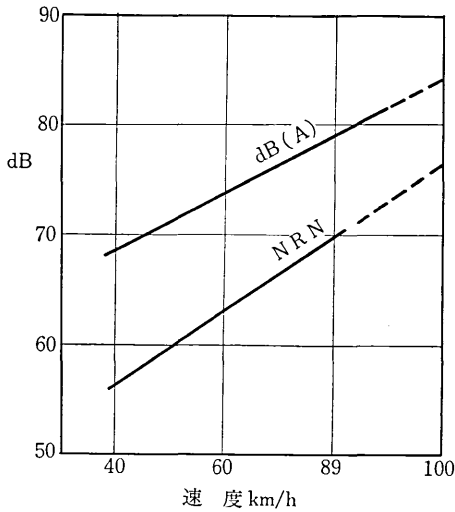


図 7 軽乗用車の dB(A) と NRN

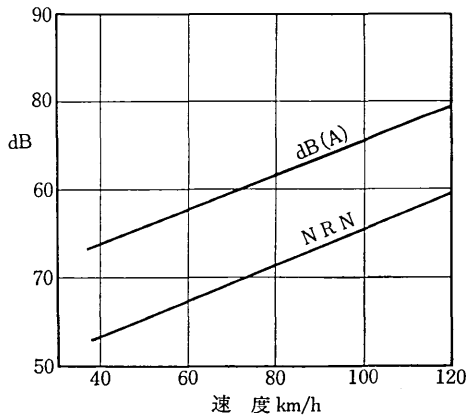


図 8 小型車の dB(A) と NRN

である。

したがって、会話妨害の NRN は車内騒音を普通に測定した騒音レベル dB(A) から上式によって求め、評価の目安とすることができる。

### 6. NRN に対する普通音声の了解限界

騒音対策ハンドブックは白色雑音と音声の実験から、騒音環境における音声の了解限界を図 9 のように音圧レベル (dB) で表わしている<sup>9)</sup>。しかし、これでは音圧レベルの低い範囲まで扱っているが、実際の自動車騒音にはあり得ないレベルである。そこで、著者は自動車騒音に対応すると思われる図の直線部分 (40 dB 以上) を NRN の了解限界に変換することにした。

図 9 の直線部分は

$$y = x - 5 \text{ (dB)} \quad (3)$$

で与えられるから、音声レベル  $y$  (dB) および騒音レベル  $x$  (dB) をそれぞれスペクトルレベルに置き換え NRN で表わしたものを ( $N_v$ ), ( $N_s$ ) とすると、(2)式より  $L$  に

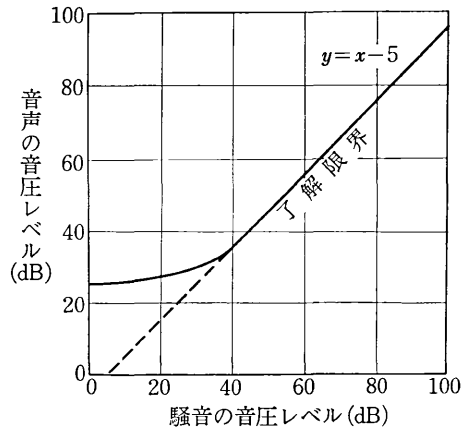


図 9 騒音および音声のレベルの了解限界

$y$  および  $x$  を代入して次式をうる。

$$N_v = \frac{y - a}{b} \quad (4)$$

$$N_s = \frac{x - a}{b} \quad (5)$$

$y$ : 男女音声の長時間分析平均による 500 Hz のレベル (dB)

$x$ : 車内騒音 500 Hz の平均レベル (dB)

上式を変形して

$$N_v - N_s = \frac{1}{b}(y - x)$$

これに(3)式を代入すると

$$N_v = N_s - \frac{5}{b} \quad (6)$$

となる。

よって、これが音声 ( $N_v$ )、騒音 ( $N_s$ ) の関係を示す式であり、この計算結果を整理すると図 10 に示す NRN の了解限界線とすることができる。つまり、会話妨害に関してはその了解限界を音圧レベル (dB) で示したものが(3)式であり、NRNで表わしたものが(6)式である。

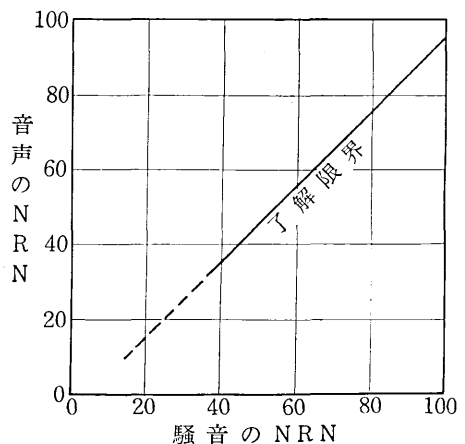


図 10 騒音に対する音声の了解限界

図11, 図12は騒音に対する音声の了解限界について, これまでに測定した軽乗用車および小型車のNRNを上記のように整理して, 走行速度の変化に伴う了解限界線を示し, これと共に車内における会話距離をも併記した.

この了解限界値は

$$N_v = N_s - 5$$

の関係を示しており, 限界線(斜線)より上の部分が会話の聴取を充す範囲である.

車内における乗員同志の会話距離は普通 0.5 m~1.0 m であり, この位置において騒音のNRNが63~57以下であれば普通音声の会話を聞き取ることができる. つまり 0.5 m 離れた位置で会話が理解できる NRN の限界値は 63 であり, 1.0 m の距離では 57 である.

これらの関係については図中に横線(実線と点線)をもって示し, これと了解限界線の交点の横座標(速度)が, 乗用車における会話の可能な最高限度の速度となる.

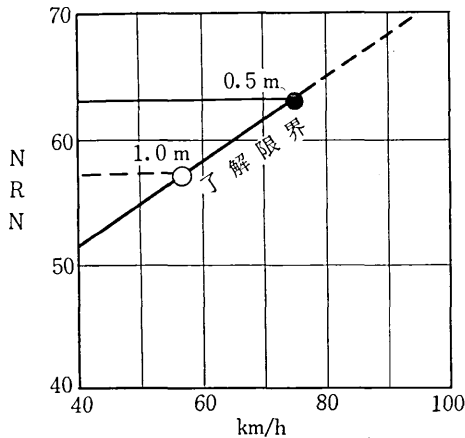


図 11 軽乗用車の場合の了解限界

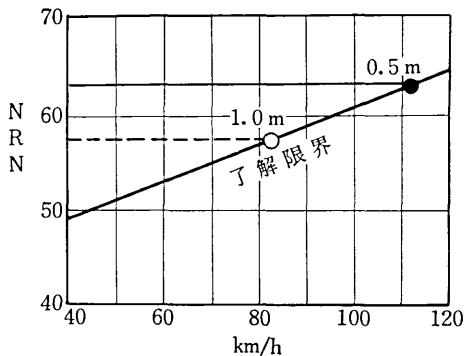


図 12 小型車の場合の了解限界

### 7. NRN に対する音声の了解度

騒音と騒音防止によれば, 騒音に対する音声の了解度(%)を図13のように表わしている<sup>7)</sup>. これによると騒音65(dB)~75(dB)の範囲においては, 音声の大きさと了解

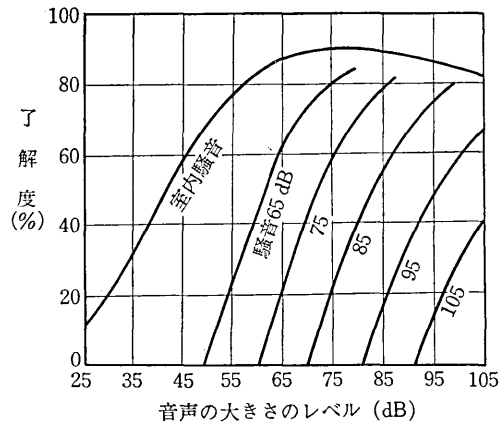


図 13 騒音に対する音声の了解度

度の関係がほぼ直線であり

$$y = a(x - s + 15) \tag{7}$$

で表わせる.

- ここに  $y$ : 了解度 (%)
- $a$ : 勾配係数
- $x$ : 音声レベル (dB)
- $s$ : 騒音レベル (dB)

である.

$$x = bN_v + c$$

$$s = bN_s + c$$

であるから,  $x - s = b(N_v - N_s)$  であり,  $b \neq 1$  であるので

$$x - s \neq N_v - N_s \tag{8}$$

が成立する.

- ここに  $N_v$ : 音声の NRN
- $N_s$ : 騒音の NRN

である.

(8)式を(7)式に代入して NRN に対する音声了解度(%)として次式を得る.

$$y = a(N_v - N_s + 15) \tag{9}$$

実際には  $s = 65(\text{dB}) \sim 75(\text{dB})$  の範囲で  $a \approx 4$  が成立して, 近似的には

$$y = 4(N_v - N_s + 15) \tag{10}$$

となる. しかし, 厳密には成立せず  $s$  が大きくなるほど  $a$  は小さくなる. たとえば騒音 105(dB), 音声 100(dB) では了解度の値が少し低めになる.

特に 65(dB)~75(dB)の音圧線では  $N_v - N_s \approx -5$  であるから(10)式に代入して

$$y = 4(-5 + 15) = 40(\%) \tag{11}$$

となる. よって図9の了解限界線上の点は音声了解度が40%の値に相当することになる.

図14は以上に述べたことがらより, 実際の会話距離における音声の了解度(%)を示す. これは自動車における会話距離を0.5 m および 1.0 m に限定した場合に, 音声の了解限界値になる NRN が63 および 57 であるこ

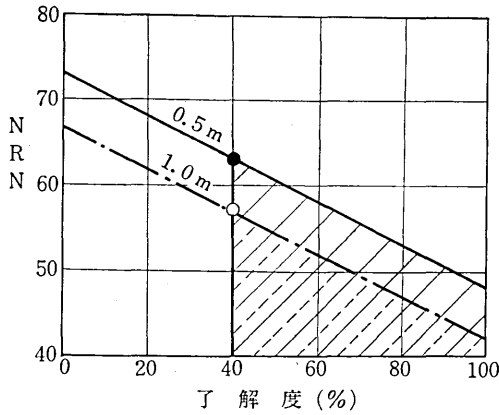


図 14 騒音 ( $N_s$ ) に対する ( $N_r$ ) の了解度

とを示し、会話の了解度が 40% になることをも示している。なわち、了解限界値 (●○の点) より NRN の小さい場合には斜線 (実線と点線) で示す 40% 以上の了解度が得られることになり、会話の聴取が充されることである。よって、了解限界値より NRN の大きな場合には了解度が悪く会話の妨害となる。

なお、以上でのべた了解度の定義は、一般の騒音環境

においても適用できるものであり、その了解度 (%) を表 2 に示す。

### 8. む す び

以上は ISO で騒音評価のための基準とした NRN を用い、国産乗用車の車内騒音を対象に、会話妨害を中心課題とした物理量による騒音評価を行なった。

著者はこの研究に当り、多くの試験車の騒音平均値を求め、まず騒音レベル dB(A) と NRN の関係を明らかにした。ついで NRN に対する普通音声の了解限界を求め、これを実測した車内の NRN に適用して、会話距離および走行速度に対する会話聴取の可能な了解限界線を示した。また、音声の了解度については車内の NRN に対して、会話距離での了解限界点および了解度の関係を示すほか、一般の騒音環境における NRN についても、その了解度を表わした。

この研究に当って、御指導を賜わった当所第 2 部の互理 厚教授および第 5 部の石井聖光教授に厚く謝意を表すると共に、実験に協力された互理研究室一同にお礼を申し上げる。

(1973 年 2 月 15 日受理)

表 2

音 声 ( $N_r$ )

	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
騒音 ( $N_s$ )	55	0	20	40	60	80	100						
	60		0	20	40	60	80	100					
	65			0	20	40	60	80	100				
	70				0	20	40	60	80				
	75					0	19.5	39	58.5	78			
	80						0	18.5	37	55.5	74		
	85							0	17	34	51	68	85
	90								0	16	32	48	64
	95									0	15	30	45
	100										0	13.5	27

### 参 考 文 献

- 1) 立石泰三: 自動車の騒音の一評価について, 生産研究, 22 巻, 9 号 (1970)
- 2) ISO Recommendation, TC-43 (1962)
- 3) 伊藤 毅: 聴力保護, 会話伝達 およびやかましさに関する

- 騒音評価指数の国際規格について, 産業環境工学, No. 25, 26-31, および No. 26, 20-30, (1963)
- 4) JIS-Z-8731 騒音レベル測定法, (1966)
- 5) JASO-6302 自動車騒音試験法, (1971)
- 6) 騒音対策ハンドブック, 日本音響材料協会編: 技報堂 (1967)
- 7) 守田 栄: 騒音と騒音防止, オーム社 (1963)