

16 鉄道騒音および振動の調査結果について

山口 慎一 落井 勅 安井 新

I 緒 言

県下には、国鉄、福鉄、京福鉄道の鉄道網があり、これらは、住民の生活に貢献している反面、それに起因する騒音、振動の発生源ともなっている。全国的には、在来線の鉄道騒音、振動は数多く調査されているが、¹⁾本県においては、調査した例がない。そこで、今回、国鉄北陸本線の騒音、振動について、その実態を調査したので、その結果を報告する。

II 調査方法

1. 調査地点 春江町沖布目

周辺は田園地帯で、ところどころに住宅が建っている。

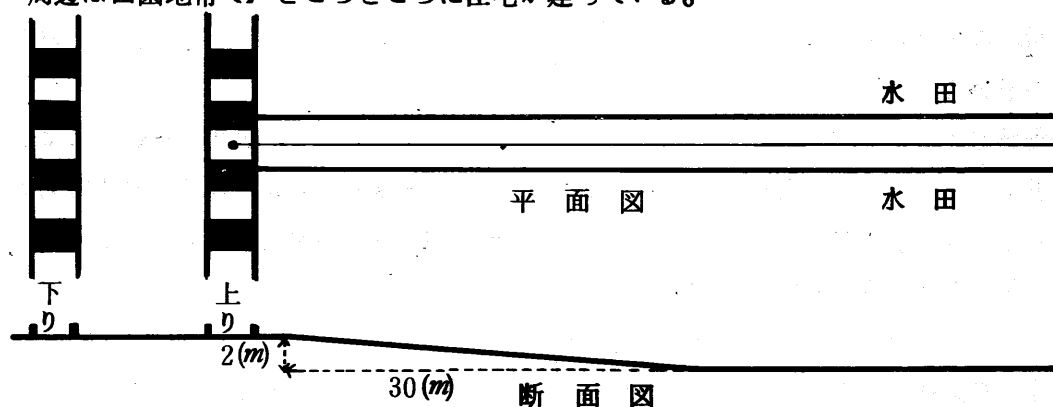


図-1 測定地点図

2. 調査日時

(1) 予備調査	昭和53年7月18日	11時 ~ 16時
(2) 振動調査	昭和53年7月27日	10時30分 ~ 16時
(3) 騒音調査	昭和53年7月28日	10時30分 ~ 16時

3. 使用機器

			台数
普通騒音計	NA-07A	リオン	2
普通騒音計	NA-08, NA-09	リオン	2
公害用振動計	VM-16	リオン	1
公害用振動計	VM-14A	リオン	1
高速度レベルレコーダ	LR-03	リオン	2
高速度レベルレコーダ	LR-04	リオン	2
データレコーダ	DER-3415	ソニー	1
周波数分析器	SA-57, SA-21	リオン	2

4. 測定方法

(1) 予備調査

3チャンネル振動計と騒音計を用いて、振動3方向および騒音をデータレコーダに同時録音した。振動測定は、測定点側線路中心より10m地点、騒音測定は、12.5m地点である。

測定に使用した計器の諸特性を示す。

- ① 公害用振動計……………加速度レベル
……………測定方向……………X, Y, Zの3方向
- ② 普通騒音計……………周波数補正回路……………C特性
……………動特性……………FAST
- ③ データレコーダ……………騒音測定……………DM方式
……………振動測定……………FM方式

ここで、X方向、Y方向は水平方向で、X方向は線路への法線方向、Y方向は線路と平行する方向であり、Z方向は鉛直方向である。データレコーダに録音したものを実験室で再生し、周波数分析、ならびにX, Y, Zの3方向のうち、どの方向のレベルが大きいかの検討をおこなった。

(2) 振動調査

振動伝搬性状測定では、踏み固めた土の上にピックアップを置き、公害用振動計により測定し、高速度レベルレコーダに記録した。測定位置は、測定点側線路中心より線路に直角方向に5m, 10m, 20m, 40m, 80m地点である。振動測定方向は鉛直方向である。

測定に使用した計器の諸特性を示す。

- ① 公害用振動計……………振動レベル
- ② 高速度レベルレコーダ……………ペンスピード……………V・S
……………チャートスピード……………3mm/S

測定は列車毎に各ピックアップ設置地点の同時記録とし、測定値はピーク値を読みとった。

(3) 騒音測定

騒音測定については、普通騒音計により測定し、高速度レベルレコーダに記録した。測定位置は、線路中心より12.5m, 25m, 50m, 100m地点である。

測定に使用した計器の諸特性を示す。

- ① 普通騒音計……………周波数補正回路……………A特性
……………動特性……………FAST
- ② 高速度レベルレコーダ……………ペンスピード……………FAST

(4) 列車速度の測定

任意の固定点を上り列車の先端から後端が通過する時間をストップウォッチで計測し、これと列車の長さから列車速度を求めた。

III 結果と考察

1. 周波数分析結果について

騒音および振動の1/3オクターブ周波数分析結果を図-2, 図-3に示す。これによれば、振動の

場合、X、Z方向とも50 Hz付近にピークを示すが、Y方向については、これ以外に5、10、20 Hz付近にピークが見られる。騒音の場合には、50 Hz、315 Hz、800 Hzにピークが見られる。

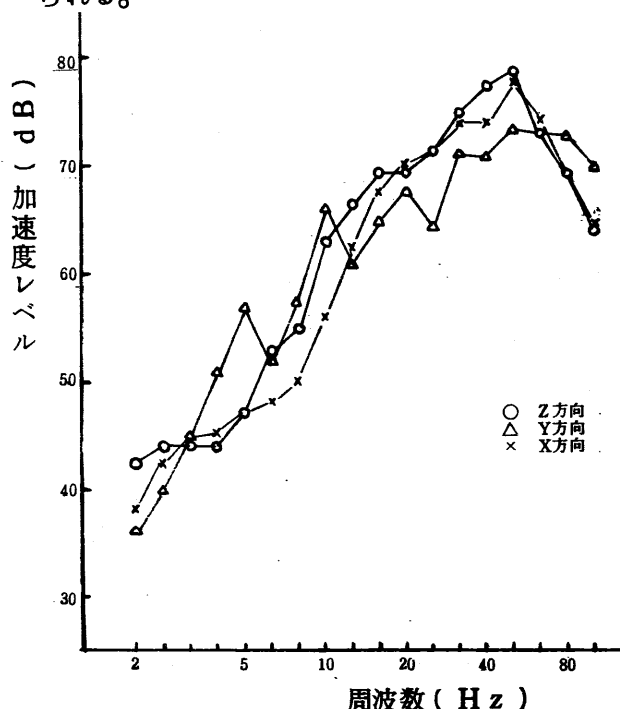


図-2 $\frac{1}{3}$ オクターブ周波数分析結果 (振動)

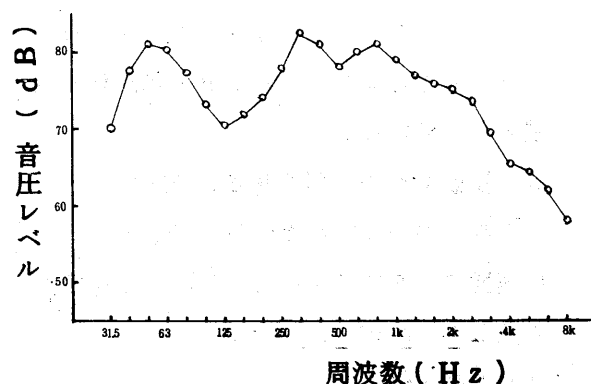


図-3 $\frac{1}{3}$ オクターブ周波数分析結果 (騒音)

2. 振動方向の違いによる振動の大きさの比較

測定結果から (X方向の加速度レベル - Y方向の加速度レベル)、(Z方向の加速度レベル - X方向の加速度レベル)、(Z方向の加速度レベル - Y方向の加速度レベル)を求め、それぞれの差を -5 ± 2 dB、 0 ± 2 dB、 5 ± 2 dB、 10 ± 2 dBの5 dBステップのクラスに仕分けし、上記の差が各クラスに出現する割合を示したものが表-1である。X方向とY方向の場合には、 0 ± 2 dB、 5 ± 2 dBのクラスに入る割合が97%となっており、X方向のレベルがY方向のレベルとほぼ同等であるか、やや大きい傾向にある。Z方向とX方向の場合には、 0 ± 2 dB、 5 ± 2 dBに入る割合が98%となっており、Z方向のレベルがX方向のレベルと、ほぼ同等であるか、やや大きい傾向にある。Z方向とY方向の場合には、 5 ± 2 dBのクラスに入る割合が89%となっており、Z方向のレベルがY方向より、やや大きい傾向にある。50 Hz付近にピークを示す振動では水平振動より鉛直振動の方が人体に感じやすい²⁾ことと、これらの結果を考えあわせれば、鉄道振動の場合も工場振動などと同じく、鉛直方向 (Z方向) の測定でよいと考えられる。

表-1 X、Y、Z方向の加速度レベルの比較

	X-Y	Z-X	Z-Y
-5 ± 2 dB	—	2	—
0 ± 2 dB	57	75	11
5 ± 2 dB	40	23	89
10 ± 2 dB	3	—	—

(単位 %)

(測定列車数 35)

4. 振動調査結果

振動レベルと列車速度の調査結果を表-2に示す。

(1) 振動レベルの距離減衰について

y軸に振動レベル、x軸に距離をとり、最小二乗法により回帰直線式を求めた結果を図-4に示してある。これによれば、5m、10m地点では1dB程度しか減衰しておらず、レベル変化はないが、10mから80m地点までは、6dB/倍距離の減衰となっている。

(2) 振動レベルと列車速度との関係

これについて求めた文献は少数あり、列車速度の一次式によるもの³⁾、列車速度の対数との一次式によるもの⁴⁾⁵⁾がある。今回の調査例のうち、上り列車について、この関係を求めた結果を示す。

○速度の一次式

$$L = 0.134 V + 59.9 \quad (r=0.84)$$

○速度の対数との一次式

$$L = 23.6 \log V + 26.0 \quad (r=0.84) \quad (n=14)$$

L: 線路中心から10m地点における振動レベル(dB)

V: 列車速度(Km/h) (60 < V < 112)

(3) 振動レベルの理論的取扱い

地面振動の距離減衰には主に幾何減衰と地盤の内部減衰があり、次式で示される。⁵⁾⁶⁾

$$VL_r = VL_o - 20 \log \left(\frac{r}{r_o} \right)^n - 8.69 \alpha (r - r_o) \quad \text{①}$$

VL_r: 振動源からr(m)の点での振動レベル(dB)

VL_o: 振動源からr_o(m)の点での振動レベル(dB)

r: 振動源から受振点までの距離(m)

r_o: 振動源から基準点までの距離(m)

α: 地盤の減衰定数

n: 表面波ではn=0.5, 実体波ではn=1.又は2である。

ここでr_o=1mとすると①式は

$$VL_r = VL_1 - 20 \log r^n - 8.69 \alpha (r - 1)$$

今回の調査結果をもとに重回帰式を求め、各係数を算定すると

$$VL_r = 79.6, \quad n = 0.437, \quad \alpha = 0.0146$$

振動源から地面を伝わる波動は表面波と実体波があるが、ここで得られた値は、表面波の理論値0.5に近い値となっている。従来、言われているように鉄道振動の場合も、表面波による

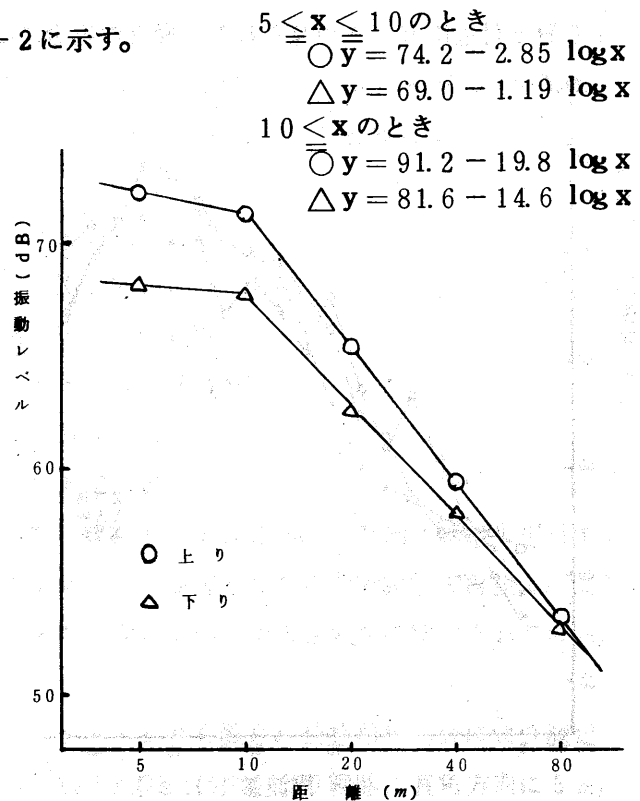


図-4 振動レベルの距離減衰

距離減衰として取り扱ってよいと考えられる。

そこで $n = 0.5$ として最小二乗法により回帰直線を求めると

$$VL_r = VL_1 - 10 \log r - 8.69 \alpha (r - 1) \dots\dots\dots ②$$

$$[\alpha = 0.0125, \quad VL_1 = 80.7]$$

10 m 地点での実測結果を用いて $\alpha = 0.0125$

として②式により VL_1 を算定し、これと列車速度との一次回帰式を求める。

$$VL_1 = 70.9 + 0.124 V \quad (r = 0.84)$$

次に実測された列車速度により VL_1 を求め、②式により各測定地点での振動レベルを計算する。この計算値と実測値とを比較した結果を図-6に示す。これによると、計算値の方が実測値より高い傾向にある。また、線路中心より距離が離れるにつれて計算値と実測値との差のばらつきが大きくなっている。

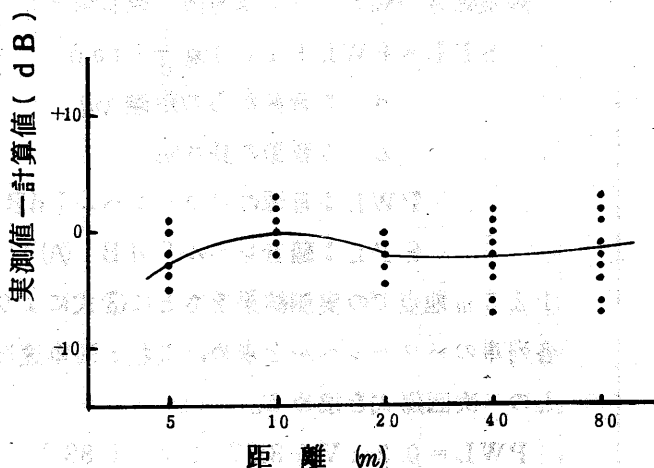


図-5 計算値と実測値との対応

5. 騒音調査結果

騒音レベルと列車速度の調査結果を表-3に示す。

(1) 騒音レベルの距離減衰について

y 軸に騒音レベル、x 軸に距離をとり、最小二乗法により回帰直線式を求めた結果を図-6に示してある。これによれば25 m 地点までは、2 dB/倍距離、25 m から100 m 地点までは5 dB/倍距離で減衰している。100 m 地点での測定結果は距離減衰が小さく、他県の測定例に比べ、レベルが大きい。これは、測定当日、線路方向から測定点方向にむかってかなり強い風が吹いており、音の伝搬の大きくなる状況下であったためと思われる。これについては風により音の伝搬性状が変化することが示されている。⁷⁾

(2) 騒音レベルと列車速度との関係について

これについて求められているのは、列車速度の対数との一次式によるもの⁸⁾がある。そこで、今回の調査結果について回帰式を

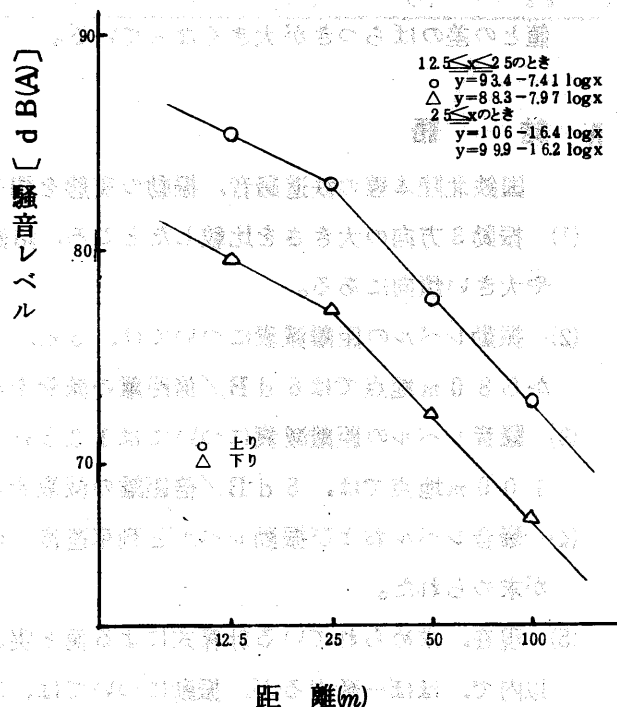


図-6 騒音レベルの距離減衰

求めた結果を示す。

$$L = 47.0 \log V - 7.56 \quad (r = 0.92)$$

L : 線路中央から12.5 m地点における騒音レベル [dB(A)]

V : 列車速度 (km/h)

$$n = 13, \quad 74 < V < 108$$

(3) 騒音レベルの理論的取り扱い

鉄道騒音の騒音レベルは有限長線音源として考えた場合、次式で示される。⁹⁾

$$SPL = PWL + 10 \log \frac{1}{d} \left(\tan^{-1} \frac{L}{2d} \right) - 8.0 \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

d : 音源からの距離 (m)

L : 音源の長さ (m)

PWL : 音源のパワーレベル [dB(A)]

SPL : 騒音レベル [dB(A)]

12.5 m地点での実測結果をもとに③式により各列車のパワーレベルを求め、これと列車速度との一次回帰式を求める。

$$PWL = 0.222 V + 81.7 \quad (r = 0.88)$$

次に実測された列車速度によりPWLを求め③式により、各測定地点での騒音レベルを計算する。この計算値と実測値を比較した結果を図-7に示す。これによれば、計算値と実測値は比較的よく一致している。また、振動と同じく、線路より距離が離れるにつれて、実測値と計算値との差のばらつきが大きくなっている。

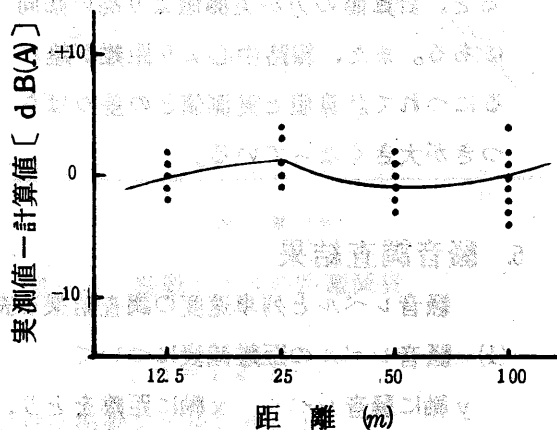


図-7 計算値と実測値の対応

IV 結 語

国鉄北陸本線の鉄道騒音、振動の実態を調査したところ、次の結果が得られた。

- (1) 振動3方向の大きさを比較したところ、鉛直方向のレベルは、水平方向のレベルと同等か、やや大きい傾向にある。
- (2) 振動レベルの距離減衰については、5 m、10 m地点では、ほぼレベル変化はないが、10 mから80 m地点では6 dB/倍距離の減衰を示している。
- (3) 騒音レベルの距離減衰については12.5 m、25 m地点では、2 dB/倍距離、25 mから100 m地点では、5 dB/倍距離の減衰を示している。
- (4) 騒音レベルおよび振動レベルと列車速度との関係については、よい相関が得られ、回帰直線式が求められた。
- (5) 現在、求められている計算式による値と実測値とを比較したところ、騒音については±5 dB以内で、ほぼ一致するが、振動については、計算値の方が実測値より高い傾向にある。いずれの場合も、遠距離ほど、計算値と実測値との差のばらつきが大きくなっている。

V 謝 辞

本調査の実施にあたり、機器の借用および測定に御協力いただいた福井県公害規制課、野村豪一氏、春江町企画経済課、川崎義三氏に深く感謝いたします。

表-2 振動レベルと列車速度の測定結果

No.	列車名	上下の別	通過時刻	時間(秒)	速度(Km/h)	振動レベル(dB)				
						5(m)	10(m)	20(m)	40(m)	80(m)
1	特急雷鳥3号	上り	10:56	8.4	103	78	76	67	61	51
2	急行立山1号	上り	11:01	8.3	87	71	70	65	64	53
3	快速	上り	11:18	6.7	64	68	69	63	59	54
4	特急雷鳥4号	上り	11:25	10.1	86	70	70	65	61	56
5	特急雷鳥2号	下り	11:29	-	-	71	67	63	-	56
6	快速	上り	11:37	6.4	68	69	69	64	59	55
7	急行くずりゅう2号	下り	11:41	-	-	67	65	62	57	51
8	特急加越3号	上り	11:49	6.6	76	70	69	65	60	55
9	快速	下り	11:53	-	-	67	65	61	57	51
10	特急加越	下り	13:40	-	-	71	69	65	59	-
11	急行ゆのくに1号	下り	13:44	-	-	67	66	63	60	54
12	特急雷鳥6号	上り	13:56	7.7	112	75	73	67	59	51
13	快速	下り	13:58	-	-	67	67	61	57	51
14	急行くずりゅう4号	上り	14:01	5.0	86	70	70	65	61	52
15	特急雷鳥5号	下り	14:29	-	-	73	70	65	58	57
16	特急しらさぎ3号	下り	14:36	-	-	70	69	64	60	57
17	急行ゆのくに	上り	14:43	14.4	60	69	68	63	60	52
18	特急しらさぎ4号	上り	14:50	10.0	86	75	74	66	60	54
19	特急雷鳥7号	上り	14:55	8.1	107	78	75	68	59	54
20	快速	上り	15:02	6.0	72	69	70	65	59	51
21	特急雷鳥6号	下り	15:30	-	-	70	67	63	-	55
22	特急加越3号	下り	15:36	-	-	70	66	62	59	55
23	急行くずりゅう3号	下り	15:39	-	-	68	66	62	61	52
24	特急加越	上り	15:50	5.6	90	74	73	65	60	53
25	快速	下り	15:52	-	-	68	66	61	57	50
26	特急白鳥	上り	15:56	8.8	98	75	73	66	61	54
上り列車についての算術平均						72	71	65	60	53
下り列車についての算術平均						69	67	63	59	54
全列車についての算術平均						71	69	64	60	53
上位10個についての算術平均						74	72	66	61	55

表-3 騒音レベルと列車速度の測定結果

No	列車名	上下の別	通過時刻	時間 (秒)	速度 (km/h)	騒音レベル (dB (A))			
						12.5(m)	25(m)	50(m)	100(m)
1	特急 雷鳥 3号	上り	10:57	8.0	108	90	89	82	77
2	急行 立山 1号	上り	11:03	8.2	88	84	81	74	68
3	快 速	上り	11:17	5.8	74	80	78	72	66
4	特急 雷鳥 4号	上り	11:26	8.2	105	87	84	78	74
5	特急 雷鳥 2号	下り	11:31	—	—	82	81	77	70
6	快 速	上り	11:36	5.2	83	83	83	77	73
7	急行 くずりゅう 2号	下り	11:42	—	—	79	77	71	68
8	特急 加越 1号	下り	11:45	—	—	80	80	75	70
9	特急 加越 3号	下り	11:51	5.4	93	86	84	78	74
10	快 速	下り	11:53	—	—	78	71	67	61
11	特急 雷鳥 6号	上り	13:56	9.4	92	83	81	77	71
12	快 速	下り	13:58	—	—	79	78	—	66
13	急行 くずりゅう 4号	上り	14:01	5.2	83	83	80	75	73
14	特急 しらさぎ 3号	下り	14:38	—	—	80	79	76	71
15	快 速	下り	14:50	—	—	77	72	68	64
16	特急 しらさぎ 3号	上り	14:51	8.0	108	87	84	79	77
17	特急 雷鳥 7号	上り	14:56	8.2	105	86	84	80	78
18	快 速	上り	15:06	5.2	83	83	80	74	70
19	特急 加越 3号	下り	15:35	—	—	82	80	75	—
20	急行 くずりゅう 3号	下り	15:39	—	—	81	79	73	70
21	特急 加越	上り	15:49	4.8	105	87	84	78	74
22	快 速	下り	15:53	—	—	78	75	71	67
23	特急 白鳥	上り	15:55	8.2	105	89	87	81	76
上り列車についてのパワー平均						86	84	78	74
下り列車についてのパワー平均						80	78	74	68
全列車についてのパワー平均						84	82	77	73
上位10個についてのパワー平均						87	85	79	75

参 考 文 献

- 1) 環境庁：鉄道騒音振動実態調査報告書（昭和53年4月）
- 2) 環境庁大気保全局特殊公害課：振動規制技術マニュアル（昭和52年3月）
- 3) 東京都公害研究所：公害研究報告書（騒音編）（昭和51年度）
- 4) 神奈川県公害センター：新幹線騒音振動報告書（昭和51年3月）
- 5) 大島潤一他：愛知県公害センター所報 6, 95（1978）
- 6) 塩田正純：騒音制御, 2, 2, 20（1978）
- 7) 日本音響学会編：騒音振動（上）, P139（1978）
- 8) 神奈川県公害センター：鉄道騒音振動報告書（昭和50年3月）
- 9) 日本音響学会編：騒音振動（上）, P137（1978）