

土木研究所資料

道路交通振動に関する研究報告書(I-1976)

昭和52年3月

建設省土木研究所
構造橋梁部構造研究室

序

「道路交通振動に関する研究」（環境庁国立機関公害防止等試験研究費）は昭和 51 年度より、5 ケ年の計画で、土木研究所構造研究室と振動研究室の担当で実施されることになっている。

主な研究テーマは、次のとおりである。

1. 交通振動評価法に関する研究
2. 振動予測法に関する研究
3. 振動軽減対策に関する研究

本報告書は、構造研究室で担当した次の調査項目に対してとりまとめたものである。

1. 振動の非定常性・確率的性質
2. 振動レベルと住民意識
3. 人体感覚に関する文献調査
4. 回帰分析による振動予測法

昭和 52 年 3 月

研究責任者 成 田 信 之

担当者 横 山 功 一

“ 桂 樹 正 隆

目 次

まえがき	1
1. 振動の非定常性・確率的性質の検討	2
1.1 まえがき	2
1.2 検討結果と考察	2
2. 振動レベルと住民意識（アンケート調査）	10
2.1 調査の概要	10
2.2 住民アンケート調査	10
2.3 振動実測調査	11
3. 人体感覚に関する文献調査	24
3.1 概 要	24
3.2 文献要約	24
3.3 文献リスト	31
3.4 文献に関するまとめ	33
4. 回帰分析による振動予測法	34
4.1 概 要	34
4.2 交通量と振動レベルの関係	35
4.3 回帰式の作成	35

ま え が き

道路の沿道および周辺地域の住民の生活環境の保全と調和を図りつつ道路を計画・建設・管理していくためには、道路交通・道路構造・沿道状況と交通騒音・振動、自動車の排出ガスによる大気汚染、高架道路による日照阻害等との関連を明らかにして、有効適切な対策を講ずる必要がある。道路交通振動に関しては、統一された測定法・評価基準がなく混乱を招いていたが、昭和51年6月に「振動規制法」が成立し、同年12月より施行されることにより基準値が定められ、交通振動により道路周辺の生活環境が著しく損なわれていると認められたときは、道路管理者は振動防止のための舗装、維持または修繕の措置を要請されることとなった。また、同年8月には、測定器に関してもJIS（日本工業規格）で規格化されることとなった。

したがって、今後道路交通振動問題は増々その重要性を増すこととなり、特に交通振動の評価、予測方法、効果的な振動防止対策などに関する研究を緊急に行なう必要がある。

道路交通振動はその振動状況が衝撃的であり、かつ間欠的である点が他の機械振動等とは異なり、また、振動を受ける住民の意識がその評価に大きな影響を与える。これらは「振動規制法」の審議の過程でも問題点として指摘されているところである。そこで、本調査では、道路交通振動に対する人体の感覚特性を調査すると共に、アンケート調査を実施し、振動の大きさと苦情の相関関係を調査し、振動評価の問題点としてとりまとめることとした。また、振動予測手法の調査として回帰手法により、若干のデータを用いて、回帰式を作成した。更に、電子計算機を用いたシミュレーション法の準備段階として、電子計算機内で振動波形の発生プログラムを作成したが、これを用いた検討は次年度に詳しく報告する予定である。

1. 道路交通振動の非正常性・確率的性質の検討

1.1 まえがき

道路交通振動は振動のレベルが不規則かつ大幅に変動する振動であるため、その人体感覚に関する評価には、これらの特性を考慮する必要がある。振動規則法における道路交通振動の評価は、不規則に変動する非正常振動として、振動レベルの瞬時値を測定し、累積度数曲線の80%レンジ上端値(L_{10})が用いられる。 L_{10} は交通流の関数であるために、その相互関係を明らかにしておく必要があるが、このためには電子計算機を用いたシミュレーションによる方法が適当と考えられる。また、振動の物理量は、計測する計器の特性によって指示値が左右されるが、その特性を検討することによって、評価値として用いられる振動レベル値の特徴を把握することができる。

本章では、実測された道路交通振動波形を用いて、振動加速度と加速度レベルおよび振動レベルとの関係を、ピーク値および瞬時値で得られる統計量で検討し、相互の関係を明らかにした。

1.2 検討結果と考察

検討に用いたデータは下記の6地区における実交通流による道路最外側車線中心から5m地点での地盤振動であり、時間帯は12:00~12:10である。

表-1.1 ピーク値と瞬時値の分布の検討に使用した地区

資料番号	所在値	土質	地形	車線数	卓越周波数HZ
0713	下関市片田	1種	平面	2	16
0716	江津市敬川	"	"	"	12.5~12.5
0731	益田市須子	"	"	"	25
0711	防府市国衛	2種	"	"	40
0714	山口市大才	"	"	"	20~31.5
0710	岩国市立石	4種	"	"	12.5

また、加速度と振動レベルの比較に用いた統計量は次の4種類とした。

- 1) 500秒間レベル超過確率
- 2) 500秒間累積頻度分布
- 3) ピーク値
- 4) 単一車による振動

ここで、本節で用いる用語を定義しておく。

VL : 振動レベル (鉛直振動補正加速度レベル) [dB]

VAL_s : 加速度レベル (メータの特性は緩) [dB]

VAL_f : 加速度レベル (メータの特性は速) [dB]

Acc : 加速度 [gal]

(1) 500 秒間レベル超過確率

レベル超過確率については、レベル超過確率処理機 XV-01 (リオン製) を用い、 VAL_s 、 VAL_f 、VL について 5 dB 間隔にレベルをセットし、レベル超過を 100 分率で算出した。処理時間は 500 秒間、サンプリング間隔は 0.1 秒である。結果の一部を図-1.1 に示す。

VL と VAL を比較すると、ほぼ左に平行移動しているが、50% の位置での移動の量はデータにより差がある。(例えば片田 6 dB、敬川 9 dB)

ここで各データの 5 m 点における振動加速度を、1/3 オクターブ分析した結果から卓越する周波数の高い順にならべると、表-1.2 のようになる。先の平行移動の量と対比すると卓越周波数の高い順に移動量が多い。これは VL の周波数補正が 8 Hz 以上で降下しているため、高い周波数をもつ地域では移動の量が多くなるものと思われる。

(2) 500 秒間瞬時値累積頻度分布

1) と同じ地区 6 ケ所のデータを用い、瞬時値累積頻度分布について調査した。

サンプリングタイムは 0.5 秒、サンプル数は 1000 ケとした。結果の一部を図-1.2 に示す。

50% 値について VAL_s と、VL の場合についてその差をとると、ほぼ前項と同じように卓越周波数の高い順にその差も大きくなっており同じ結果を得たが、 VAL_s と VL の曲線による差違としては、レベル超過率で見ると明瞭にその特徴が現れている。

図-1.3、1.4 はレベル超過確率および瞬時値の累積頻度分布を用いて、VAL と VL の関係を求めたものである。(同じ%の VL と VAL とをプロットしたもの)

図中に参考のために、45° の直線を併記した。 VAL_s と VL の関係はほぼ 45° の直線になっているが、 VAL_f と VL の関係はデータにより差異が生じていて、平行に近いものも見られるが、一般にレベルが低い方が 45° の線から離れる傾向を示している。この原因としては、交通量・地盤の卓越振動数が考えられるが、詳細は不明である。

(3) 加速度波形ピーク値と加速度レベルおよび振動レベルピーク値との関係

前記 6 地区におけるデータから、同一車輛による加速度ピーク値との関係の一例を図-1.5、

1.6 および表-1.3 に示す。

時定数が大きくなるとレベルが低下しているが、低下量はピークレベルの大小には関係なくグラフの上では平行移動で示される。時定数の大小は、ピークレベルの差のみを生じ、直線的関係はうしなわれていない。

表-1.3 における回帰係数については、土質、卓越周波数ともに関連はみられない。0716 は相関が低い。係数 a は 20 になるべきものであるが、0716、0739 で多少違った値となっているが、その原因は現段階では不明である。

(4) 単独走行車輛による検討

振動レベル記録で、車輛がすでに通過し終わっているにもかかわらずあたかも振動があるごとく波形が長く尾を引くことがある。これは整流時定数によるもので、もしこの間に後続車があったとすると見かけ上のレベル上昇となって観測される。時定数の増加とともにこの傾向は顕著である。連行車輛による振動が小さい場合には先行車輛のレベルの尾の部分にかくれてしまうことになる。又連行車輛の振動レベルが、先行車の尾の部分より高く、ピークとして観測される場合については、そのピーク値以後の部分については連行によるレベル上昇はない。

これらの関係を実走車輛について検討し、先行車と後続車とが影響しあわない車速、車頭間隔を算出した。

走行車輛により誘起される振動の、Ground level（略振動のレベルで、記録紙上ではほぼ一定となるレベル）からの上昇の程度を実測値から読みとり、（図-1.7, 1.8, 表-1.4 参照）その平均を算出し、大型車で約 20 dB, 小型車で約 15 dB, 乗用車で約 10 dB を得た。

接近する車輛による振動レベルの最大値までの上昇の時間平均を読みとり、大型車 1.25 秒, 小型車 0.7 秒, 乗用車 0.53 秒とした。同じく最大値から G. L. までの降下の時間を、それぞれ 2.8 秒, 2 秒, 1.4 秒とした。

ここで最大値になるまでの時間は、車速に左右されるが、車速による上昇の所要時間の変化は、降下の時間に比して少ないので無視できる。また降下の時間はレコーダーの時定数と最大値の大きさにより決まり車速の影響はない。

ただし、降下の時定数は回路により決まるものではないので振動計の規格 0.63 秒とは本質的には無関係であるが、実効値整流の場合は上昇にくらべて降下の場合の時定数は、ほぼ 2 倍として考えてよいので、（今回使用したレコーダは実効値整流である）

最大値から 37% になる時間が 0.63 秒

$$37\% \text{ は } 2 \log 0.37 = -8.63 \text{ dB}$$

$$0.63 \text{ 秒} \times 2 \times \frac{-8.63}{-10} \doteq 1.45 \text{ 秒となる。}$$

同じ車輛について、VAL_f の場合を図-1.9 に示す。図-1.7 と比べて急峻になっているが、速（fast）の時定数が 0.1 秒であるので、

$$2.8 \text{ s} \times \frac{0.1}{0.63} = 0.44 \text{ s}$$

となり、この場合も実効値整流の場合の時定数により支配されているようである。影響の生じない連行車輛の車頭間隔は、図-1.8 の最大値の間の時間になるから、この値と車速とにより一応計算できる。

連行車輛が大型車のときは、ほぼ時速（km/H）を間隔（m）と読み替えたと同じだけの間隔がないと G. L. まで下がることはなく、連行車輛が小型車のときは、時速の 8 割程度の間隔がないと G. L. まで下がることはない。

この間隔は1車線についてのみ考察したものであり、並行車線、対向車線があるときも同じように考えられることができる。

表-1.2 卓越周波数と平行移動量

地区名	卓越周波数 Hz ¹⁾	移動量 dB ²⁾	移動量 dB ³⁾	土質
0711	40~50	11	13	2種
0714	20~31.5	8	10	"
0731	25	6.5	7	1種
0713	16	6	8	"
0710	12.5	3	5	4種
0716	12.5~125	9	7.5	1種

1) 1/3 oct. 実時間分析機 (SA-23) による

2) レベル超過確率における50%での平行移動の量

3) レベル瞬時値累積度数曲線における50%での平行移動の量

表-1.3 加速度波形ピーク値とVLピーク値との相関関係

地区	地区名	土質	b	a	r	卓越周波数
0713	下関市片田	1種	26.1	20.6	0.94	16
0716	江津市敬川	"	35.5	22.1	0.87	12.5~125
0731	益田市須子	"	41.9	23.5	0.96	25
0711	防府市国衛	2種	19.6	19.1	0.95	40~50
0714	山口市大才	"	33.2	19.9	0.89	20~31.5
0710	岩国市立石	4種	31.5	19.1	0.95	12.5

VLピーク = $a \log(\alpha \text{ピーク}) + b$, α ピーク: 加速度 (gal)

表-1.4 G.L. からの最大値の高さおよび所要時間

G.L. からの最大値の大きさ (dB)

	大 型	小 型	乗 用
	22	11	11
	21	17	10
	20	15	7
	20	13	15
	17		
	25		
	20		
	19		
	17		
	21		
	20		
平均	20	15	10

最大値になるまでの時間 (秒)

	大 型	中 型	乗 用
	1.0	.5	.4
	1.5	.8	.7
	1.3	.5	.5
	.8	1.0	.5
	1.5		
	1.4		
	1.4		
	2.0		
	.4		
	1.3		
	1.2		
平均	1.25	.7	.53

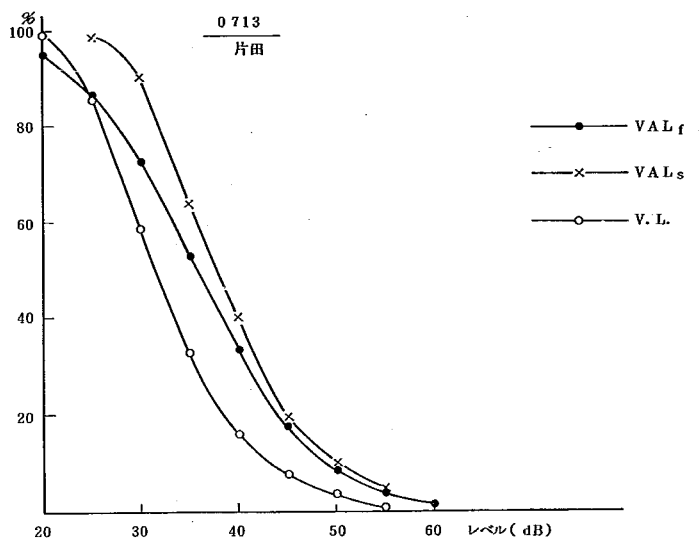


図-1.1 レベル超過確率

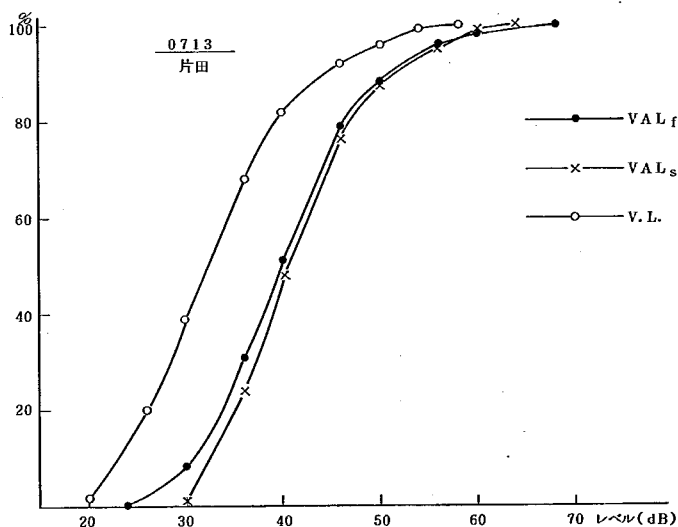


図-1.2 瞬時値累積頻度分布

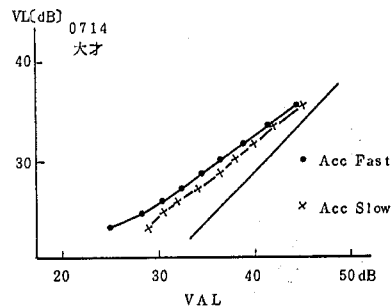
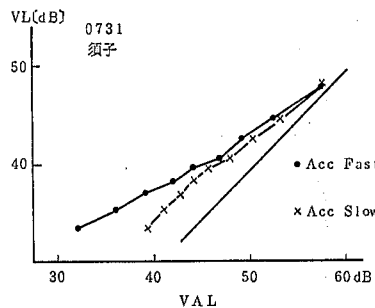
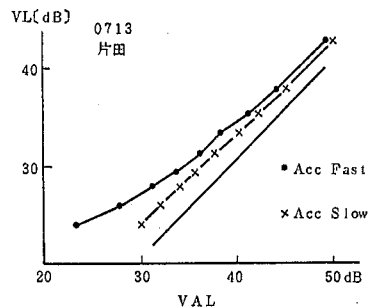


図-1.3 レベル超過確率を用いたVLとVALの関係

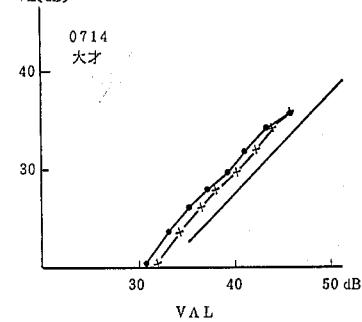
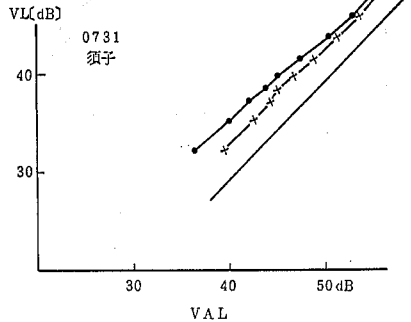
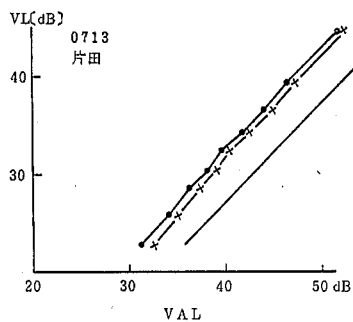


図-1.4 瞬時値累積頻度分布を用いたVLとVALの関係

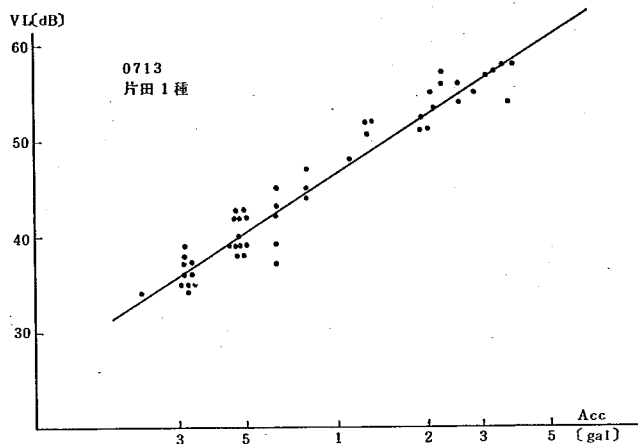


図-1.5 VLとAccのピーク値の関係

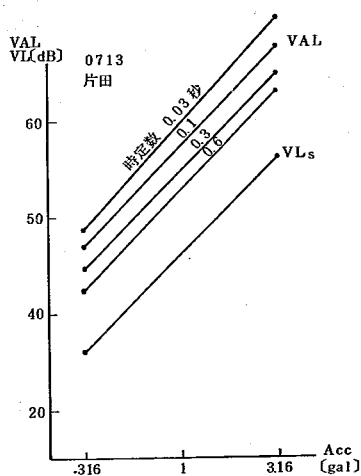


図-1.6 VL, VALとAccのピーク値の関係

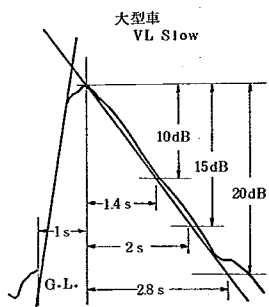


図-1.7 振動レベル記録の1例

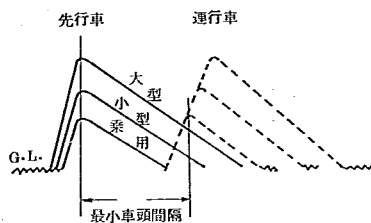


図-1.8 連行車輛による車頭間隔

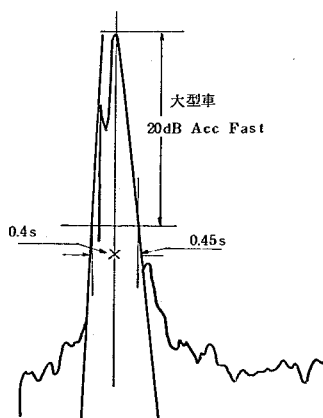


図-1.9

2. 振動レベルと住民意識（アンケート調査）

2.1 調査の概要

振動の評価に関連して行なわれる振動の人体感覚調査には、実験室内での振動台に被験者をのせて行なう人体振動実験と、実際の生活環境条件での感覚を調査するアンケート調査とがある。この両者はそれぞれ長所、短所を合せ持っており、両者の結果を総合することにより人体に及ぼす振動の影響を正しく評価することができることになるであろう。

ところで、現在までに実施された道路交通振動に関する住民意識アンケート調査は調査した範囲では極く僅かであり^{1), 2)}、調査対象地点も東京都に限られている。昭和51年6月には振動規制法が制定され、振動レベルの測定方法が統一されたが、この新しい振動測定値と対応させた住民アンケート調査は実施されていない。そこで、ここでは次のような国道路線の4地区において、振動規制法に規定されている新しい振動測定を行なうと共に、住民アンケート調査を実施し、振動に対する住民意識と振動レベルとの関連を求め、振動評価のための基礎資料を得ることを目標にして調査を実施した。

（調査地区）	（地域特性）	（地 方）
地区-A	大都市近郊放射状幹線道路	（関 東）
" - B	"	（ " ）
" - B'	"	（ " ）
" - C	中小地方都市・市街通過道路	（中 部）
" - D	大都市近郊放射状幹線道路	（近 畿）

以下に、今年度実施したアンケート調査および振動実測調査について、詳しく述べることにするが、両者の集計に多くの時間を費したので、ここでは単純集計結果のみについて報告することとし、両者の関係については次の機会に詳しく報告することにした。

2.2 住民アンケート調査

アンケート調査の実施要領は次のとおりである。

- 1) 対象範囲 道路の沿道10m幅、1000mを対象範囲とする。
- 2) 調査対象 対象地域内に居住する普通世帯の主婦。
- 3) 抽出方法 住宅地図より地域内の母集団数を確定し、その母集団名簿より無作為抽出する。
- 4) 標 本 数 200サンプル/地点
- 5) 調査方法 調査員による面接聴取法
- 6) 調査項目 参考資料を参照のこと。

アンケート調査の地点別集計件数は次のとおりである。

調査地区-A 132

調査地区-B	51
B'	24
C	200
D	

主要な単純集計結果を図-21, 表-21~26に示す。

2.3 振動実測調査

振動実測調査は振動測定と、交通量測定に大別される。振動は交通流の変化に伴って、時刻と共に変動し、それが振動評価に関係することから、地域内の一点を固定測定点とし換振器を道路直角方向に配置して距離減衰を測定すると共に、30分毎あるいは1時間毎の10分間測定を繰返して24時間の測定を行なった。また地域内の振動の平面的な分布を求めるために、昼夜の代表的な時間帯に10分間の移動測定を行なった。移動測定による測定点は1地区当りおよそ50程度であった。交通量測定は固定点において上下車線別、車種別（大型車、小型車、乗用車）の10分間台数を振動と同時刻に測定した。

振動の固定点測定には、サーボ型の加速度計を用いデータ・レコーダに加速度生波形で記録し、その後振動レベルに変換し、A/D変換を行なって大型電子計算機により処理することとした。また、移動点測定にはいわゆる公害用振動計を用い、高速レベル・レコーダにより波形を記録し、その後読み取ることとした。

振動レベルに関しては別冊資料にとりまとめられている。

参 考 文 献

- 1) 環境庁：振動公害に関する調査研究報告書，環境庁昭和47年度公害調査研究，昭和48年3月
- 2) 日本公衆衛生協会：振動の生理的影響に関する研究委託報告書，環境庁昭和49年度公害防止調査研究，1975。

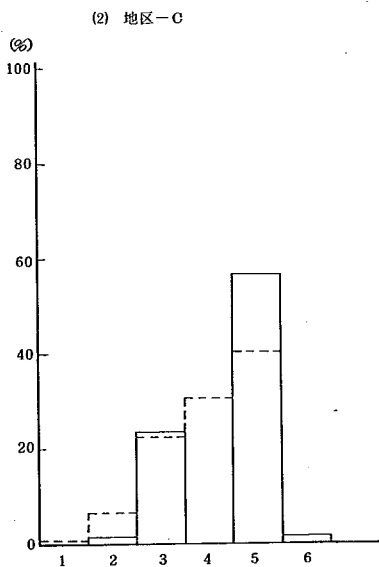
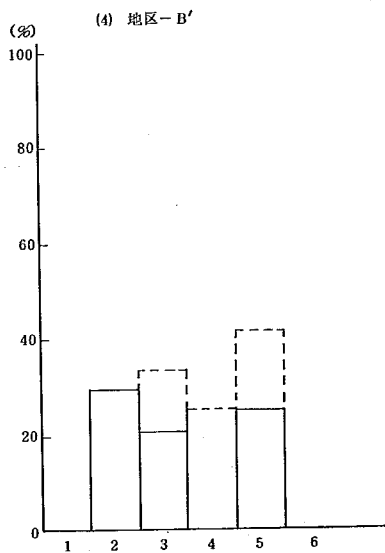
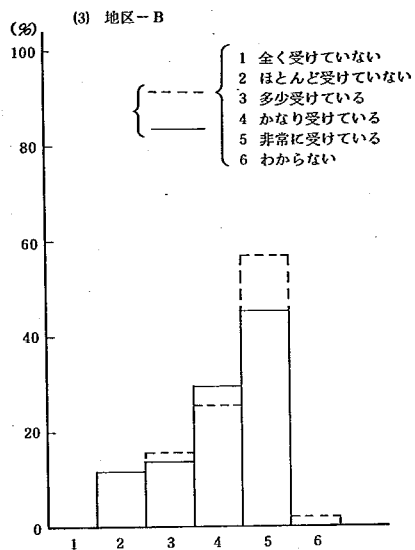
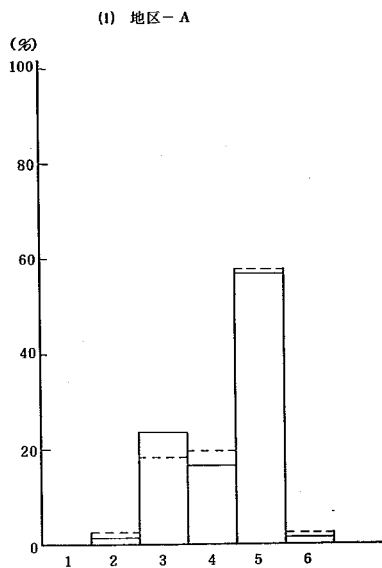


図-21 自動車騒音・振動の影響

表-21 振動の影響(時間帯)

1. 地区-A

(%)

	非常に大きい	やや大きい	やや小さい	非常に小さい
(1) あ け が た	40.8	20.8	29.2	5.4
(2) 午 前 中	23.8	49.2	22.3	0.8
(3) 昼 間	26.2	50.8	19.2	0.8
(4) 夕 方	40.0	44.6	10.8	0.8
(5) 夜 間	48.5	33.8	15.4	0
(6) 深 夜	53.8	20.0	20.8	3.1

2. 地区-B

(%)

	非常に大きい	やや大きい	やや小さい	非常に小さい
(1) あ け が た	33.3	28.9	37.8	0
(2) 午 前 中	24.4	33.3	40.0	2.2
(3) 昼 間	26.1	40.0	31.1	2.2
(4) 夕 方	20.0	40.0	37.8	0
(5) 夜 間	31.1	40.0	28.9	0
(6) 深 夜	55.6	20.0	4.4	0

3. 地区-B'

(%)

	非常に大きい	やや大きい	やや小さい	非常に小さい
(1) あ け が た	58.8	11.8	29.4	0
(2) 午 前 中	23.5	52.9	23.5	0
(3) 昼 間	35.3	41.2	23.5	0
(4) 夕 方	23.5	52.9	23.5	0
(5) 夜 間	29.4	29.4	35.3	5.9
(6) 深 夜	52.9	17.6	23.5	5.9

4. 地区-C

(%)

	非常に大きい	やや大きい	やや小さい	非常に小さい
(1) あ け が た	14.8	34.1	39.2	11.4
(2) 午 前 中	21.0	40.3	31.3	6.8
(3) 昼 間	22.2	40.9	30.7	5.7
(4) 夕 方	30.1	38.1	26.1	4.0
(5) 夜 間	54.5	36.9	7.4	0.6
(6) 深 夜	51.1	34.7	11.9	1.7

表-22 振動の影響(睡眠)

1. 地区-A

(%)

	いつもある	ときどき ある	どちらとも 言えない	ほとんど ない	全くない
(1) 寝つきが悪い	17.7	20.8	16.9	31.5	9.2
(2) 夜中に眼がさめる	16.9	30.0	12.3	27.7	9.2
(3) 朝方眼がさめる	18.5	23.1	14.6	30.8	9.2

2. 地区-B

(%)

	いつもある	ときどき ある	どちらとも 言えない	ほとんど ない	全くない
(1) 寝つきが悪い	24.4	33.3	8.9	31.1	2.2
(2) 夜中に眼がさめる	20.0	55.6	6.7	15.6	2.2
(3) 朝方眼がさめる	26.7	35.6	11.1	26.7	0

3. 地区-B'

(%)

	いつもある	ときどき ある	どちらとも 言えない	ほとんど ない	全くない
(1) 寝つきが悪い	35.3	35.3	0	23.5	5.9
(2) 夜中に眼がさめる	11.8	47.1	5.9	29.4	5.9
(3) 朝方眼がさめる	23.5	41.2	5.9	23.5	5.9

4. 地区-C

(%)

	いつもある	ときどき ある	どちらとも 言えない	ほとんど ない	全くない
(1) 寝つきが悪い	11.4	28.4	9.1	24.4	26.1
(2) 夜中に眼がさめる	6.8	40.3	6.8	21.0	24.4
(3) 朝方眼がさめる	4.5	22.2	11.4	31.3	30.1

表-23 振動の影響(作業)

1. 地区-A

(%)

	いつもある	ときどきある	どちらとも言えない	ほとんどない	全くない
(1)単純作業が続けられない	3.8	10.0	17.7	52.3	13.8
(2)複雑作業が続けられない	6.2	20.0	13.8	45.4	11.5
(3)読書や勉強が続けられない	11.5	30.8	22.3	26.2	7.7
(4)考えがまとまらない	8.5	25.4	23.8	28.5	12.3

2. 地区-B

(%)

	いつもある	ときどきある	どちらとも言えない	ほとんどない	全くない
(1)単純作業が続けられない	6.7	6.7	22.2	53.3	11.1
(2)複雑作業が続けられない	11.1	13.3	15.6	51.1	8.9
(3)読書や勉強が続けられない	24.4	22.2	15.6	33.3	4.4
(4)考えがまとまらない	28.9	26.7	13.3	26.7	4.4

3. 地区-B'

(%)

	いつもある	ときどきある	どちらとも言えない	ほとんどない	全くない
(1)単純作業が続けられない	17.6	29.4	0	41.2	5.9
(2)複雑作業が続けられない	23.5	23.5	0	41.2	5.9
(3)読書や勉強が続けられない	41.2	17.6	5.9	23.5	5.9
(4)考えがまとまらない	35.3	29.4	0	23.5	5.9

4. 地区-C

(%)

	いつもある	ときどきある	どちらとも言えない	ほとんどない	全くない
(1)単純作業が続けられない	0	1.7	3.4	24.4	69.9
(2)複雑作業が続けられない	0	9.1	1.1	25.6	63.6
(3)読書や勉強が続けられない	4.0	22.7	11.4	21.6	39.8
(4)考えがまとまらない	3.4	22.7	9.7	24.4	39.2

表-2.4 振動の影響(生理的)

1. 地区-A

(%)

	いつもする	ときどき とす	どちらとも 言えない	ほとん どない	全くしない
(1) 頭痛がする	3.1	19.2	12.3	52.3	11.5
(2) 吐き気がする	0.8	6.2	11.5	65.4	14.6
(3) 気分がイライラする	16.2	43.1	10.8	24.6	3.8
(4) 胃腸の具合が悪い	1.5	12.3	17.7	54.6	12.3
(5) 動悸、息ぎれがする	2.3	10.8	13.8	56.2	15.4

2. 地区-B

(%)

	いつもする	ときどき とす	どちらとも 言えない	ほとん どない	全くしない
(1) 頭痛がする	8.9	20.0	13.3	35.6	22.2
(2) 吐き気がする	4.4	15.6	20.0	33.3	26.7
(3) 気分がイライラする	13.3	35.6	11.1	24.4	15.6
(4) 胃腸の具合が悪い	8.9	17.8	15.6	35.6	22.2
(5) 動悸、息ぎれがする	6.7	17.8	17.8	31.1	26.7

3. 地区-B'

(%)

	いつもする	ときどき とす	どちらとも 言えない	ほとん どない	全くしない
(1) 頭痛がする	29.4	29.4	5.9	23.5	5.9
(2) 吐き気がする	29.4	17.6	5.9	35.3	5.9
(3) 気分がイライラする	52.9	17.6	0	17.6	5.9
(4) 胃腸の具合が悪い	5.9	35.3	5.9	41.2	5.9
(5) 動悸、息ぎれがする	17.6	29.4	0	41.2	5.9

4. 地区-C

(%)

	いつもする	ときどき とす	どちらとも 言えない	ほとん どない	全くしない
(1) 頭痛がする	1.1	11.4	9.1	21.6	56.3
(2) 吐き気がする	0.6	1.7	5.1	18.8	72.7
(3) 気分がイライラする	3.3	36.4	8.0	18.8	34.1
(4) 胃腸の具合が悪い	0.6	6.3	9.7	19.3	63.6
(5) 動悸、息ぎれがする	0.0	4.5	8.0	17.0	69.9

表-2.5 振動の影響(物理的)

振動の影響 \ 地 区	A	B	B'	C
(1) カワラがずれる	14.6	17.8	47.1	35.2
(2) 壁にヒビが入る	36.9	53.3	41.2	22.7
(3) ヘイにヒビが入る	19.2	15.6	35.3	4.5
(4) 窓や障子の開閉が困難になる	41.5	71.1	64.7	68.8
(5) 家が傾く	26.2	33.3	41.2	17.6
(6) そ の 他	26.9	11.1	17.6	25.6

表-2.6 住宅の条件

住宅形式 \ 地 区	住 宅 形 式			住 宅 構 造						住 宅 の 種 類			
	一戸建	共同住宅	その他	木 造	木造モルタル	プレハブ	ブロック	鉄筋コンクリート	その他	住宅専用	店舗併用	工場併用	その他
A	75.8	21.2	2.3	37.9	51.5	0.8	0	7.6	0	40.9	56.8	1.5	0
B	76.5	17.6	0	45.1	13.7	11.8	0	25.5	0	35.3	54.9	2.0	2.0
B'	70.8	29.2	0	54.2	4.2	33.3	0	4.2	0	91.7	8.3	0	0
C	88.0	9.0	2.5	93.5	3.0	1.0	0	2.5	0	62.5	36.5	1.0	0

〔参考資料〕アンケート用紙

生活環境についてのおたずね

コード	1						①～⑥
調査員名							
回収員名							
点検員名							
訪問回数					面接時間		
対象者名							
住所							

1	2	3	4	5	6	7	8
有	拒	不	長	移	不	対	そ
効	否	存	期	転	明	象	の
			不	転	明	外	他

Q1. あなたがこちらにお住いになって何年になりますか。

1. 1年未満 2. 1～2年未満 3. 2～3年未満 4. 3～4年未満
 5. 4～5年未満 6. 5～10年未満 7. 10～20年未満 8. 20～戦後(30年未満)
 9. 戦中・戦前(30年以上前)

<リスト1提示>

Q2. このあたりは住みよい方だと思いますか。それとも住みにくい方だと思いますか。この中から1つ選んでください。

1. とても住みよい 2. まあまあ住みよい 3. 普通である
 4. やや住みにくい 5. とても住みにくい 6. わからない・どちらとも言えない

Q3. このあたりは、5年前(Q1で5年未満の人には→住みはじめたところ)とくらべて住みよくなったと思いますか。それとも住みにくくなったと思いますか。

1. (いくらか) 住みよくなった	2. 変わらない	3. (いくらか) 住みにくくなった	4. わからない どちらとも言えない
----------------------	----------	-----------------------	-----------------------

<リスト2提示>

SQ1. どのようなことから住みよくなったとお感じですか。(M・A)

1. 公共施設や下水道が出来た
 2. 騒音悪臭排気ガスの影響が減った
 3. 交通事故の危険が減った
 4. 交通機関が便利になった
 5. 人間関係が良くなった
 6. 緑などの自然環境が良くなった
 7. 買物などの生活環境が便利になった
 8. その他(具体的に)
 9. わからない

⑬～⑬

<リスト3提示>

SQ2. どのようなことから住みにくくなったとお感じですか。(M・A)

1. 交通事故の危険が増えた
 2. 騒音悪臭排気ガスの影響がひどくなった
 3. 日当たりが悪くなった。建物が密集してきた
 4. 緑などの自然環境が悪くなった
 5. 人間関係が悪くなった
 6. 災害時の危険が多くなった
 7. 飲食店・風俗営業などが増え風紀が悪くなった
 8. その他(具体的に)
 9. わからない

⑭～⑭

<リスト4提示>

Q4 このあたりの環境についてお聞きします。次にあげる事柄についてあなたはどの程度よいと思いますか、悪いと思いますか。

	1 十分よい	2 いくらかよい	3 まあまあ (普通)	4 いくらか悪い	5 かなり悪い	
(1) 緑(樹木)などの自然環境や景観は	1	2	3	4	5	㉔
(2) 空気・水(河川・沼)などの自然環境は	1	2	3	4	5	㉕
(3) 道路・橋などの施設の充実度は	1	2	3	4	5	㉖
(4) バスなどの交通機関の利用のしやすさは	1	2	3	4	5	㉗
(5) 郵便局・商店などの生活環境の利便性は	1	2	3	4	5	㉘

<リスト5提示>

Q5 お宅では自動車の通行による騒音や振動の影響をどの程度受けていますか。

騒音の影響は.....

振動の影響は.....

	全く受けていない	ほとんど受けていない	多少受けている	かなり受けている	非常に受けている	わからない	
(1) 騒音	1	2	3	4	5	6	㉙
(2) 振動	1	2	3	4	5	6	㉚

Q16へすすむ

<リスト6提示>

Q6 振動による影響を受けているとのことですが、次のそれぞれの時間帯ではどの程度に感じられていますか。

	非常に大きい	やや大きい	やや小さい	非常に小さい	
(1) あげがた	1	2	3	4	㉛
(2) 午前中	1	2	3	4	㉜
(3) 昼間	1	2	3	4	㉝
(4) 夕方	1	2	3	4	㉞
(5) 夜間	1	2	3	4	㉟
(6) 深夜	1	2	3	4	㊱

<リスト7提示>

Q7 振動のためにあなたの睡眠について次のようなことがありますか。その程度をお聞かせください。

	いつもある	ときどきある	どちらとも 言えない	ほとんどない	全くない	
(1) 寝つきが悪い	1	2	3	4	5	㊲
(2) 夜中に眼がさめる	1	2	3	4	5	㊳
(3) 朝方眼がさめる	1	2	3	4	5	㊴

<リスト7提示>

Q 8 振動のために次のようなことがありますか。その程度をお聞かせください。

	いつも ある	ある とき	言えない どちらとも	ほとん ど	全く ない	
(1)単純作業が続けられない	1	2	3	4	5	⑨
(2)複雑作業が続けられない	1	2	3	4	5	⑨
(3)読書や勉強が続けられない	1	2	3	4	5	⑨
(4)考えがまとまらない	1	2	3	4	5	⑨

<リスト7提示>

Q 9 振動のためにあなたは次のようなことがありますか。その程度をお聞かせください。

	いつも する	する とき	言えない どちらとも	ほとん ど	全く しない	
(1)頭痛がする	1	2	3	4	5	⑨
(2)吐き気がする	1	2	3	4	5	⑩
(3)気分がイライラする	1	2	3	4	5	⑨
(4)胃腸の具合が悪い	1	2	3	4	5	⑨
(5)動悸・息ざれがする	1	2	3	4	5	⑩

<リスト8提示>

Q 10 振動によって次のようなことがありますか。あればいくつでも結構ですからあげてください。

(M・A)

1. カワラがずれる
2. 壁にヒビが入る
3. ヘイにヒビが入る
4. 窓や障子の開閉が困難になる
5. 家が傾く
6. その他(具体的に)

⑨~⑩

<リスト9提示>

Q 11 では、それらの振動が起るのはどのような車が通過するときですか。(M・A)

1. ダンプカーやタンクローリーなどの車の音
2. 大型のトラックの音
3. 小型のトラックの音
4. 大型の乗用車の音
5. 小型の乗用車の音
6. 軽の乗用車・貨物車の音
7. その他(具体的に)

⑨~⑩

Q 12 つぎにお子様への影響をお伺いしたいのですが、まずお宅には2才未満(生後24ヶ月まで)のお子様がいらっしゃいますか。

1. いる
2. いない

SQ1へ

SQ 1 (リスト 10 提示) そのお子様は、振動が原因で次のようなことがありますか。(M・A)

1. びっくりして泣き出す
2. ひる寝をしていても途中で目をさまして泣きだす
3. 寝つかない
4. その他(具体的に)
5. 影響はない

⑧～⑩

Q 13 それでは、70才以上の方について伺いたいのですが、お宅に該当なさるお年の方がいらっしゃいますか。

(調査員:対象者が70才以上の時は「2. いない」とし、更に他にいるかどうかを尋ねる。又2人以上いる時は年上について任意に尋ねる)

1. いる
2. いない

SQ1へ

SQ 1 (リスト 11 提示) その方は振動が原因で次のようなことが見られることがありますか。(M・A)

1. びっくりする
2. 寝つかない
3. 注意の集中ができずまとまった考えができない
4. その他(具体的に)
5. 影響はない

⑥～⑧

<リスト 12 提示>

Q 14 自動車による騒音や振動などの公害に関し、お宅では次のようなことをなさいましたか。電話や手紙によるものも含めてお答えください。(M・A)

1. 自治会・町内会・商店会などで話し合った
2. 公害を起している道路の管理責任者に抗議した
3. 市町村や都道府県に要望した
4. 地元の有力者や政党に相談した
5. 環境庁など関係機関に要望相談した
6. その他(具体的に)
7. 何もしなかった

⑦～⑫

<リスト 13 提示>

Q 15 それでは、実施して欲しいと思う対策がありますか。あればいくつでも結構ですからあげてください。(M・A)

1. 騒音や振動の測定や調査などによる住民への情報提供
2. 自動車そのものや運転方法の改良の指導
3. 自動車の速度制限や走行車線の制限
4. 大型車の(終日または時間帯による)通行制限
5. 自動車騒音・振動などの規制条例の強化
6. 防音装置や家屋の補修・改造の費用負担
7. 治療費の補償や無料健康診断など救済制度の整備
8. 住民の移転促進
9. その他(具体的に)

⑬～⑮

SQ 1 その中でももっとも必要だと考えられるものを一つあげるとすればどれでしょうか。番号でお答えください。

番

⑯

Q 16 ところでお宅では、自動車をおもちになっていますか。

C # 2
⑦-⑩DeP

1. 持っている 2. 持っていない

⑦

Q 17 ふだんお仕事の都合や私事の（交際・レクリエーション・買物）で外出される際どのような交通機関をご利用されることが多いですか。（M・A）

1. 電車・汽車 2. バス 3. 自家用自動車 4. ハイヤー・タクシー
5. オートバイ 6. 自転車 7. 何も利用しない（徒歩）

⑧-⑩

Q 18 話は変わりますが、地域開発について、開発に重点をおく、自然保護に重点をおくという意見がありますが、あなたのお考えに近いのはどちらですか。

1. 開発に重点をおく 2. 自然保護に重点をおく 3. どちらともいえない

⑩

<リスト 14 提示>

Q 19 自動車は便利な交通機関ですが、騒音や排気ガスなどの影響の原因にもなっています。このような問題に対して次の二つの意見がありますが、あなたのお考えはどちらに近いでしょうか。

1. 自動車を規制し、その代りにバスや鉄道などの公共輸送機関を充実させる。
2. 自動車を規制するのではなく道路の巾を広げたり道路網を整備したりして沿道への影響を少くする。
3. どちらともいえない

⑩

Q 20 あなたの一日の在宅時間は何時間くらいですか。平日（月曜～金曜）の平均でお答えください。

1. 10 時間以下 2. 10～15 時間 3. 16～20 時間 4. 20 時間以上

⑩

Q 21 あなたご自身のことについておたずねします。

あなたは現在、パートなども含めて収入のある仕事に就いていますか。

1. 仕事に就いている 2. 仕事に就いていない

⑩

Q 22 お宅の生計を支えている（主たる収入を得ている）方はあなたご自身ですか。

それとも他の人ですか。

1. 自分自身 2. 自分以外

⑩

<「2 自分以外」と答えた人に>

SQ-1. そのかたはどのようなお仕事についていますか。

<「1 自分自身」と答えた人に>

SQ-2. あなたはどのようなお仕事についていますか。

仕事の種類 ()	
自営経営	1. 農・林・漁業 2. 商・工・サービス業 3. 自由業
勤め人	4. 専門・管理職 5. 技術・事務・労務職

⑩

Q 23 次に、あなたの生年月日をお聞かせください。

明治 大正 昭和	年	月	日
1. 19 歳以下 2. 20 ～ 29 歳 3. 30 ～ 39 歳 4. 40 ～ 49 歳 5. 50 ～ 59 歳 6. 60 ～ 69 歳 7. 70 歳以上			

Q 24 あなたが最後に卒業された学校をお聞かせください。

() 学校卒業
1. 新中・旧小・旧高小卒 2. 新高・旧中卒 3. 短大・新高専卒 4. 旧専・旧高卒 5. 大卒

Q 25 現在お宅で一緒に生活をしている人は何人ですか。

人

Q 26 ところで、この建物はいつ頃建てられたものですか。

明治 大正 昭和	年
1. 昭和 20 年以前 2. 昭和 21 年～昭和 30 年 3. 昭和 31 年～昭和 40 年 4. 昭和 41 年～昭和 45 年 5. 昭和 46 年以降	

<以下調査員観察項目>

F 1. 住宅形式	1. 一戸建 2. 共同住宅 3. その他()
F 2. 住宅構造	1. 木造 2. 木造モルタル 3. プレハブ 4. ブロック 5. 鉄骨又は鉄筋コンクリート 6. その他()
F 3. 屋根構造	1. 瓦屋根 2. トタン屋根 3. 最上階以外 4. その他()
F 4. 住宅の種類	1. 住宅専用 2. 店舗又は事務所併用 3. 工場及び作業場併用 4. その他()
F 5. 地域特性	1. 商店街 2. 住宅街 3. 農用地 4. 工場街(住工混在地) 5. その他()
F 6. 幹線道路の見通し	1. 見通せる 2. 見通せない
F 7. 面接中の振動	1. はっきりと感じた 2. かすかに感じた 3. 体では感じられないが戸や障子が揺れたり音がした 4. まったく感じられなかった

3. 人体感覚に関する文献調査

3.1 概 要

人体の振動感覚に関する実験は1930年代から行われており、乗物の乗心地の定量化や、振動作業職場での振動暴露基準をきめるもととなったような多くの実験データがある。しかし、それらの実験に用いられる振動は定常振動が主であり、ランダム振動の内でも、道路交通振動のような非定常性のもの、すなわち、変動時間々隔が長く、且、振動量が大幅に変動するような振動を対象とするような実験は非常に少い。

本文献調査では、数多く行なわれている実験結果をまとめた R. W. Shoenberger の総合報告 "Human Response to Whole-body Vibration" Perceptual and Motor Skill ; 34 (1972) を主体に、その項目分けに従って文献を補追して紹介すると共に、特に最近実験がなされ、又継続中である山崎氏の睡眠に関する実験結果を述べ、振動と人間との結びつきを考えて道路交通振動を評価する方針を検討することにした。

3.2 文献要約

R. W. Shoenberger¹⁾ の区分けに従い記述する。

§ 1. 振動エネルギーの受容体としての人体

1.1 振動の知覚閾とわずらわしく感ずる閾値

多くの研究者の実験結果から、Soliman²⁾ は整理して図-3.1の振動知覚域と、わずらわしく感ずる閾値を出している。

これに対し、ISO-2631に示されている暴露基準で、快感減退限界となる4時間暴露時の振動加速度(図においては inch/s^2 で表示)を図中の点線で示す。

1.2 人体の振動伝達率と共振

Cope³⁾ は乗直振動坐位の伝達率について、0~1 Hzの間では、頭部は座席と同じく揺れ、振動数の増加と共に振動振幅は増え3~6 Hzでピークになることを示した。更に振動数を増すと伝達率は減少し、70 Hzで10%程度となる。X軸の伝達率は、GoldmannとGierke⁴⁾ が求め座位ヒップで1.5 Hz、頭で2 Hzで共振点があり、Y軸ではWood⁵⁾ が坐位で1.5 Hzで共振することを示した。

人体の共振系は、これらのみでなく、感覚的に鋭い5 Hz近傍の共振は、腹腔内共振と考えられている。

§ 2. 振動の強さの判断

2.1 随意耐久レベル

耐久限界に関する振動は、道路交通振動のような微小振動ではない。ZiegenruekerとMagid⁶⁾ は1~15 Hzで調べ、更にMagid⁷⁾ らは、1分と3分の振動暴露曲線を求めた。

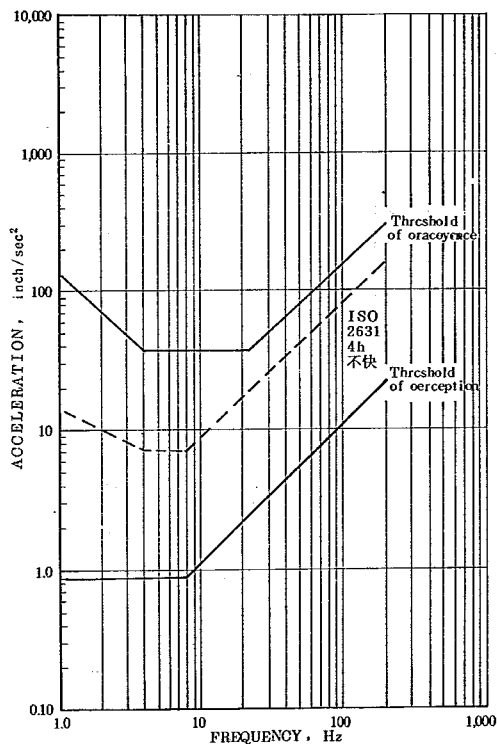


図 - 3.1

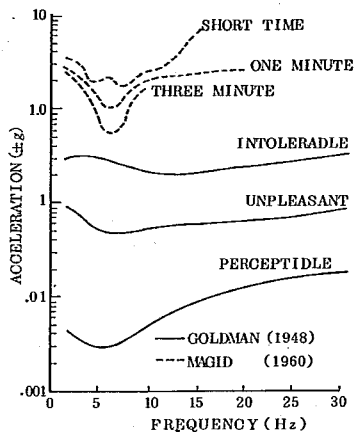


図 - 3.2

2.2 主観的レベル

Gorrill と Synder⁸⁾ は座位の航空乗員が、感覚閾、はっきり感じる、わずらわしい、および連続作業での耐久限界に対して、3 ~ 30 Hz で対応する加速度レベルをきめた。又、Chaney⁹⁾ は、座位と立位について、主観的強さについて、振動数とレベルの関係をもとめた。

暗振動がある時、注目する振動に対する心理反応については Bremaghim¹⁰⁾ が調べ、暗振動のマスキング効果^[注]により暗振動が増すとシグナルの振動をも増す必要があった。他方、暗振動はシグナルに対して相加効果を持つので、注目する振動をわずらわしいと感じるレベルは、暗振動のないときより低い値となる、とされた。

[注] マスキング効果：暗振動が、必要な振動を感じにくくする作用で、実効的に必要な振動の振動レベルを低下させる。それで必要な振動をはっきり感じるためには暗振動の影響の分だけ増してやらねばならない。

2.3 心理生理的アプローチ（物理量と主観量との関係）

三輪¹¹⁾の実験は高く評価されており、閾値測定に加えて閾値以上のレベルで等感度実験を行なった。水平、鉛直の振動刺激に対して、20 Hzを標準振動数として、他の振動数と比較し、等感度曲線をVibration greatness level (VGL)として示した。又、Garner

の比較修正法を用いて、Vibration greatness尺度を發展させ、更に音響学における技法を用いて複合正弦およびランダム振動の全身振動の大きさを1/1オクターブおよび1/3オクターブバンド成分より算出している。

ShoenbergrとHarris¹²⁾は、音のラウドネス・ゾーン曲線に類似の振動の強さの曲線を出し、更にWeber-Fechnerの法則における指数を振動数について求めた。

MauriceとMc Culboughは最近、この指数を実験方法を変えて求め、Shoenbergerの値より小さく出している。

ISO-2631で振動暴露基準が出たことは周知の通りで、その図を示しておく。

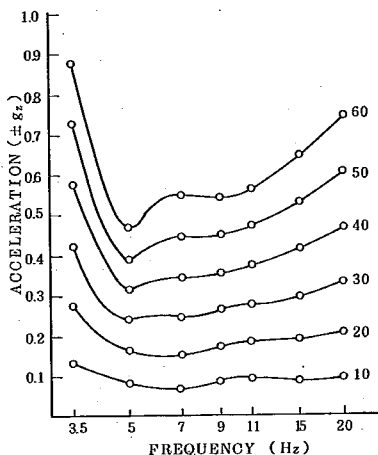


図-3.3

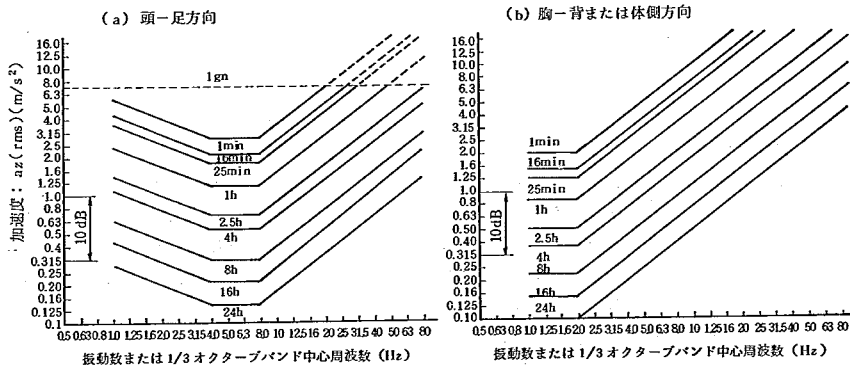


図-3.4

§ 3 動作 (Performance) の研究

3.1 弁 別

視覚作業時、目と対象物の相対運動による網膜上の視覚像のぼけが、振動により影響を受け、視度度がぼける。視覚作業量は、視覚対象物が振動した場合にも起る。

Guignard & Irving¹³⁾は、視覚作業量は3~5 Hzで最大になることを見出し、これは、補償的眼球の破壊および全身共振効果と考えた。又、Dennis¹⁴⁾は視作業が5 Hzと14 Hzの振動を负荷した時、最も誤りが大きく5 Hzは全身、14 Hzは頭部の共振あるいは、頭関節と頭の重心で生じる回転によるものと考えた。

Tears & Parks¹⁶⁾、Lange & Coerman¹⁵⁾は視覚低下を起す factor として、

1. 非常に低い振動数では：眼の補償的 Tracking 運動
2. 中間振動数では：座部から頭部への伝達共振
3. 高い振動数では：眼球又は支持構造の共振

と考えたが、3については明確ではない。

作業の中には、視覚は関与するが、視覚の精度は要求されないパターン認識などでは、振動の影響はない。(Buckout¹⁷⁾、Shoenberger¹⁸⁾)

3.2 知的運動作業

諸種の振動刺激下のレスポンス時間との関係は、統一された結論を得ていないが、Rao & Ashley¹⁹⁾は振動负荷の下で、表示板に示される数字の奇数、偶数の判断反応時間が増加することを見出している。

一方、Shoenberger²⁰⁾は、文字の記憶作業については、振動の影響についての効果は得ていない。

但し、表示される文字が小さい時には文字に起因する効果が得られるとしている。

追跡作業に対する振動の影響は Catterson,²¹⁾ Besco²²⁾等によってなされ、振動が関係すること報告されている。

Harris & Shoenberger²³⁾によれば、振動数の影響は15 Hz以下で顕著になり、この振動数領域での追跡低下は身体振動伝達と関係しているとしている。又水平方向振動については Harnick²⁴⁾が実験しており、同様に、全身の振動の伝達率に関係があることを

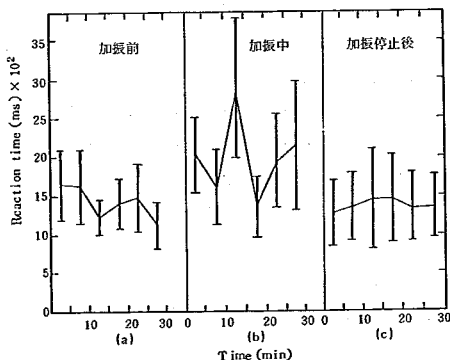


図-3.5

指摘している。

又、HarrisとShoenberger²⁵⁾は、暗算作業に対し、騒音を組合せた実験を行ない、騒音が80～90 dBでは効果なく、100～110 dBで正応答数が低下したことを指摘しているが、これは、人体の機械的性質によらず、中枢系に働くストレス効果と考えられている。

§ 4 振動の影響の機構

4.1 直接機械的影響

振動環境下にある人間は、全身又は局所に印加される振動の機械的影響、即ち、ある振動数で増幅又は共振し、他の振動数で減衰する身体の伝達特性に関係する心理的、行動的レスポンスを生ずる。

Shoenberger²⁶⁾は、三軸方向すべてで、身体の共振とChoice-response-timeが関係あることを指摘した。

4.2 ストレス効果

知的作業に対する振動影響は精神的ストレスと考えられる。大きい騒音と組合せるとその効果は累加的である。

4.3 暴露時間

作業中の振動暴露による作業量の時間変化は、振動のない時の時間変化とは異ると考えられるが、全り明かでない。

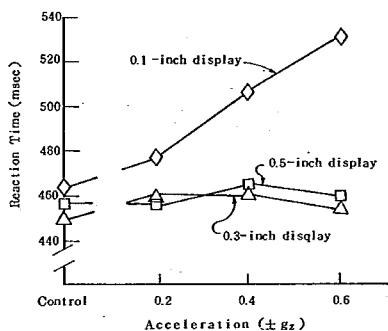
§ 5 振動が睡眠に及ぼす影響

山崎は、車輦工場における自由鍛造の地盤振動と、道路交通振動とを睡眠中の被験者に与え、睡眠深度の移行と振動程度との関係について調べ、加えた振動強度を振動レベル、睡眠深度を脳波で観測した結果を示した。

この結果は、図-3.7.1～2に示すが、直接道路交通振動を人体に加えた時の反応についてなされた実験は、これ以外にはない。

§ 6 その他

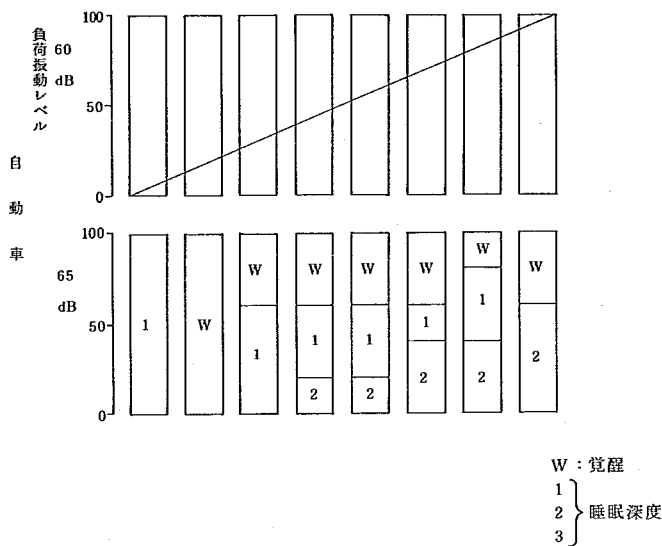
公害振動に関する多くの文献は出てきているが、振動感覚や影響について記述のあるものをあげておく。^{28) 29)}



(a) Reaction time as a function of vibration intensity for each display size.

図-3.6

(a) 振動負荷直前の睡眠深度 1 の場合



(b) 振動負荷直前の睡眠深度 2 の場合

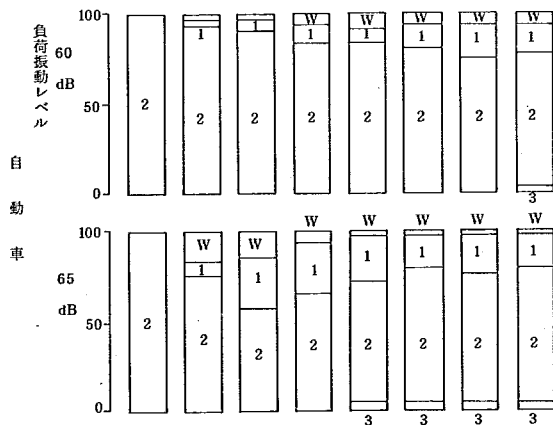
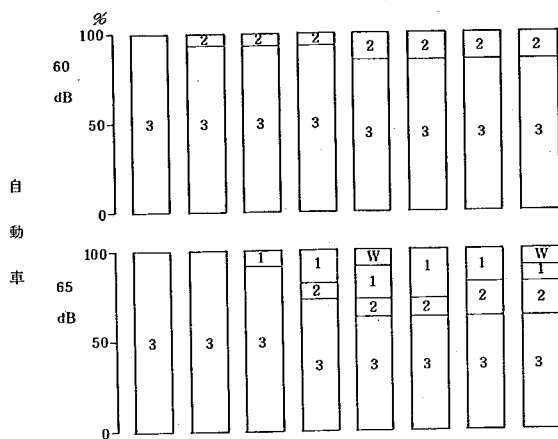


図-3.7.1

(c) 振動負荷直前の睡眠深度 3 の場合



(d) 振動負荷直線の睡眠深度 REM の場合

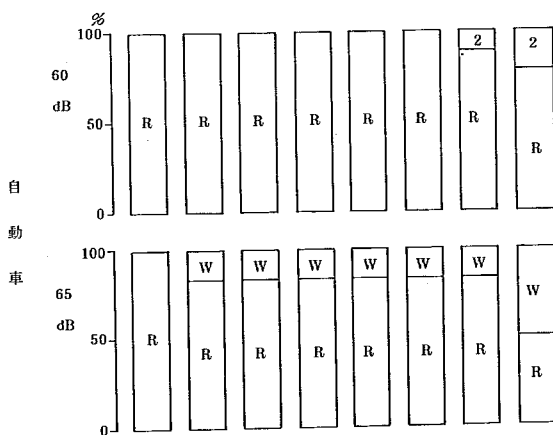


図 - 3.7.2

570

3.3 文献リスト

- 1) R.W. Shoenberger : "Human Response to Whole-body Vibration" Perceptual and Motor Skill : 34 (1972), 127 ~ 160.
- 2) J.I. Soliman : "A Scale for the Degree of Vibration Perceptibility and Annoyance" Ergonomics vol II (1968) No 2, 101 ~ 122.
- 3) F.W. Cope : "Problems in Human Vibration Engineering" U.S. Naval Air Development Center, Project NM 180112 A, Report No 2 (1959).
- 4) D.E. Goldman & H.E. von Gierke : "The Effect of Shock and Vibration on Man", Naval Research Institute (1960).
- 5) A.G. Woods : "Human Response to Low Frequency Sinusoidal and Random Vibration" Aircraft Engineering 39 (1967) 6 ~ 14.
- 6) G. Ziegenburger & E.B. Magid : "Short-time Human Tolerance to Sinusoidal Vibrations" WADC Technical Report 59 - 391 (1959).
- 7) E.B. Magid & R.D. Lowry : "One-minute Tolerance in Man to Vertical Sinusoidal Vibration in the Litting Position" AMRL Technical Report 62 - 121 (1962).
- 8) R.B. Gorrill & F.W. Synder : "Preliminary Study of Air Crew Tolerance to Low Frequency Vertical Vibration" Boeing Tech. Rep. No D3 - 1189 (1957).
- 9) R.E. Chaney : "Subjective Reaction to Whole-body Vibration" Boeing Co. Technical Report D3 - 6474 (1964).
"Whole-body Vibration of Standing Subjects" Boeing Co. Tech. Rep. D3 - 6779 (1964).
- 10) S.H. Brumagium : "Subjective Reaction to Dual Frequency Vibration" Boeing Co. Tech. Rep. D3 - 7562 (1967).
- 11) T. Miwa "Evaluation Methods for Vibration Effect" Industrial Health. Vol 5 (1967) 183 - 205, 206 - 212, Vol 6 (1968) 1 ~ 10, 11 ~ 17, Vol 7. (1969) 89 - 115.
- 12) R.W. Shoenberger & C.S. Harris "Psychophysical Assessment of Whole-body Vibration" Human Factors. 13 (1971) 41 - 50.
- 13) J.C. Guignard & A. Irving : "Effect of Low Frequency Vibration on Man" Engineering 190 (1960) 364 - 367.
- 14) J.P. Dennis : "The Effect of Whole-body Vibration on a Visual Performance Task" Rep. No 104. Directorate of Physiological and Biological Research (1960).

- 15) K.O. Lange & R.R. Coermann : 'Visual Acuity under Vibration' Human Factors 4 (1962) 291 - 300.
- 16) R.J. Teare & D.L. Parks : 'Visual Performance during Whole-body Vibration' Boeing Co. Tech. Rep. D3 - 3512 - 4 (1963).
- 17) E. Buckhout : 'Effect of Whole-body Vibration on Human Performance' Human Factors 6 (1964) 157 - 163.
- 18) R.W. Shoenberger : 'Effects of Vibration on Complex Psychomotor Performance' Aerospace Medicine 38 (1967) 1264 - 1269.
- 19) B.K.N. Rao & C. Ashley : 'Effect of Whole-body Low Frequency Random Vertical Vibration on a Vigilance Task' J. Sound and Vibration 33 (1974) 119 - 125.
- 20) R.W. Shoenberger : 'An Investigation of Human Information Processing During Whole-body Vibration' Aerospace Medicine, 45 (1974) 143 - 153.
- 21) A.D. Catterson, G.N. Hoover & W.F. Ashe : 'Human Psychomotor Performance during prolonged Vertical Vibration,' Aerospace Medicine 33 (1962) 598 - 602.
- 22) R.O. Besco : 'The Effects of Cockpit Vertical Acceleration on a Ploieted Tracking Task' Human Factors 3 (1961) 229 - 236.
- 23) C.S. Harris & R.W. Shoenberger : 'Effects of Frequency of Vibration on Human Performance' J. Engineering Psychology 5 (1966) 1 - 15.
- 24) R.J. Hornick : 'Effects of Whole-body Vibration in Three Directions upon Human Performance' J. Engineering Psychology, 1 (1962) 93 - 101.
- 25) C.S. Harris & R.W. Shoenberger : 'Combined Effects of Noise and Vibration on Mental Performance' Aerospace Medical Research Lab. Tech. Rep. 70 - 21 (1971).
- 26) R.W. Shoenberger : 'Human Performance as a Function of Direction and a Frequency of Whole-body Vibration' AMRL. Tech. Rep. 70 - 7 (1971).
- 27) 山崎和秀 ; 振動の生理的影響に関する研究委託報告書
環境庁昭和 48 年度, 49 年度公害防振調査研究
- 28) 後藤大三 ; 人体に対する振動許容基準
石川島播磨技報 Vol 16 No 4 (1976) 7.
- 29) 榎小林理学研究所 ; 振動公害に関する調査報告書
環境庁昭和 47 年度公害調査研究 昭 48. 3.

3.4 文献に関するまとめ

以上の文献内容で見て判るように、道路交通振動が人体に与える影響を調べる目的での研究は、今日迄の所、殆んど行われていないが、その中であって、山崎氏の研究は、貴重な資料である。勿論、感覚という面で捕えず、生理反応として見ているものであるが、道路交通振動と人間とのつながりを知るデータと云える。

人体に対する振動の影響に関する文献は、2.3に於いて示したものの以外にも相当数あるが、今回は比較的最近のものをまとめた。これらの資料を参考にして、道路交通振動と人間との関わり合いを考えてみる。

人間の振動感知は、振動加速度で8 Hz以下において鋭敏であることは、図-2.1に示す通りであり、多くの研究者のデータで見ても閾値としては小さな振動で、振動レベルで60 dB前後である。

道路交通振動の特徴を考えると、主要な振動数帯域は、10 Hz前後と考えることができ、レベルの大きさも条件によってその大きさには幅があるが、40~75 dB程度と考えると、道路交通振動は体感として感じることもある振動である。

又、大きい振動が継続するような場合には（例えば路面性状が悪化した場所を大型車輛が通過する様な場合には）ISOの快、不快の限界曲線を見ても、不快な振動として人間が感ずるようになる。

又、振動暴露の時間をパラメータとした実験結果を見ると、実験が3分間迄しか行なわれてはいないが、8時間の振動暴露で4~8 Hzに対しては、100 dBが耐久限界となっている。しかし、人間が感覚的に道路交差振動を評価する場合は、耐久限界は適用されず、むしろ、振動感知がその限界をきめる方がよいように思われる。

又、Performance に対する実験は、殆んどが0.1 g、(加速度レベルで約100 dB)以上の振動加速度で行なわれているものであり、道路交通振動は、Performance には影響なしと断言できる。

今日では、公害振動の評価は、人体の等感度曲線に基づく振動レベルで評価されているが、公害振動を測定する地面上と、家屋内振動とでは差があり、人間が直接生活する屋内振動評価でない点に大きな問題点がある。

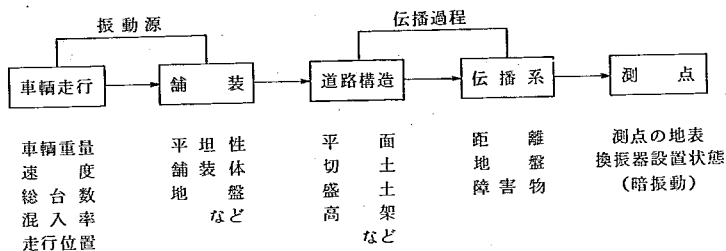
今後、振動公害を評価するには、建屋の特性を加味したような形で評価される必要があり、この種の文献が不足しているように考えられる。

文献では、決して道路交通振動の非正常性には着目していない。この点の評価については、研究の立ち遅れが目立っていると結論できよう。

4. 回帰分析による振動予測法の検討

4.1 概 要

道路沿線における道路交通振動は、振動発生源の車輛走行から、測定点に至る伝播の過程で、振動量にかかわる要因は数多くあるが、要因を区分して、各々のブラックボックスの縦列で決定されると考える。



回帰式で求めようとするものは、一台の車輛走行時の振動レベルではなく、一般走行状態における振動レベルの L_{10} の道路直角方向の距離減衰である。 L_{10} に寄与するものは、振動源側の交通流の状態によってきまり、伝播系については特に大幅な考慮をしなくてもよいと考える。これは、 L_{50} 、 L_{90} のような値は、距離の増大と共に振動が減少し、暗振動の影響がでることがあっても、 L_{10} は、大きな影響がなく直線性が保たれると考えたからである。

回帰式の形は、道路端から一定の距離における振動の値を交通流に關係する基準値とし、距離減衰と補正項の組合せとする。すなわち、次の形式である。

$$VL_0 = F_1 (\text{交通流の状態}) + F_2 (\text{舗装}) + \alpha_1 (\text{走行位置など}) \dots\dots\dots (4.1)$$

$$VL_R = VL_0 + F_3 (\text{距離}) + \alpha_2 (\text{構造}) + \alpha_3 (\text{伝播系}) + \alpha_4 (\text{測定点}) \dots\dots\dots (4.2)$$

但し、今回の調査では、 VL_0 を走行中心から5mの位置にとり、 $F_2 + \alpha_1$ は、まとめて地区特有の定数として考え、 $\alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4$ も、特に補正値を見出す手段はないので、まとめて定数としている。

VL_0 の式の決定は、交通量と振動レベルの關係の調査であり、 VL_R は、回帰式の作成の調査である。

本調査に使用したデータは、片側一車線、往復2車線で、平坦道路の地区を対象とし、又、交通渋滞のない通過走行台数が600台/時以上の16地点の測定値を用いた。

16地点の地盤条件は、1～4種*の中からそれぞれ4地点ずつになるように選んだ。

* 道路橋耐震設計指針（日本道路協会、昭和47年4月）による地盤区分。

4.2 交通量と振動レベルの関係

基準値に相当する VL_0 の値は 5 m の値とした。

一般走行車輛を対象とした上記条件下における L_{10} に影響を与える要因を、走行車輛の総台数、車種別混入率とし、 VL_0 が、等価交通量 N^* の関数として次のように示すことにした。

$$VL_0 = A \log_{10} N^* + D \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

$$N^* = \text{乗用車台数} + B \times \text{小型} + C \times \text{大型}$$

測定データが、上式で示した場合に、標準偏差最小の値を得る条件で計算し、A・B・C・D の値および、その数値で得られる回帰式の値に対する実測値の標準偏差を求め表-4.1 に示す。

ここで、D は、地域による地盤、舗装体、平坦性などによってきまる定数である。

表-4.1 の各値には大幅な拡がりがないので、特異なものを除き、次式を基準値とした。

$$VL_0 = 10 \log_{10} (\text{乗用車} + 2 \times \text{小型車} + 12 \times \text{大型車}) + D$$

4.3 回帰式の作成

道路から R m 離れた点の振動レベル L_{10} の距離減衰回帰式を作成するに当たり、次のステップで行った。

- 1) 各地区とも、12:00 ~ 20:00 まで、1 時間おき 10 分間の L_{10} の値を使用する。20:00 以降の時間帯は交通量が減少するため、 L_{10} の評価に適切でないと判断したためである。
- 2) 各地区、各時刻の VL_0 を前式に交通量を入れて出し、補正項として出る D は各測定点特有の補正量とした。

- 3) 距離減衰の形としては、距離の増加による振動エネルギーの拡散（幾何減衰）と、振動伝播の過程におけるエネルギー消失（伝播減衰）の項との合成と考える。すなわち、距離を R (m) とすれば $e^{-\lambda R} / R^n$ で距離減衰すると考える。

各地区の測定値（各距離、各時間の測定値 L_{10} ） VL_0 を決定した 5 m 点に合せるため、5 m 点の実測値を同一レベルとする補正を各時刻測定値に加え、5 m 値を 0 dB とした測定値に整理し直す。

- 4) このデータをもとに、距離減衰の式を対数表示として、

$$VL_R = A_0 + A_1 R + A_2 \log_{10} R \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

とし、最小 2 乗法により各係数を決定する。

最終的に得られる回帰式は

$$VL_R = VL_0 + A_1 R + A_2 \log R + C \quad \dots\dots\dots (4.5)$$

575

の形となり、 VL_0 に含まれる地区特有の補正項Dと、Cを合せてKとすれば、

$$VL_R = 10 \log (\text{乗用車} + 2 \times \text{小型} + 12 \times \text{大型}) + A_1 R + A_2 \log R + K \dots\dots\dots (4.6)$$

となる。

図-4.1は距離減衰の一例である。各地区共、 L_{10} の直線性が保たれていれば、 A_1 、 A_2 の係数の違いこそあれ、測定値はまとまるべきものであるが、分散が大きいのは、測定値にバラツキがあるためである。

表-4.2は計算結果を示すもので、5m点を0dBとした形で計算されている。

計測値の80%が入る偏差幅は、 1.28σ であり、表中にある σ が2dBをこえる地区は、予測回帰式としては偏差幅が大きく不適当であろう。但し、2dB以下の場所については、実用性のある式であるが、定数項 A_0 が地区によって異なる点に注目しておかなければならない。

A_0 の値は地区により異なる値をとるが、これは地盤の特性のほかに、平坦性などの影響が考えられる。

ここで A_1 、 A_2 について考察すると、 A_1 はエネルギー消失(伝播減衰)に関する係数で、地盤により異なった値となるものであり、 A_2 はエネルギー拡散(幾何減衰)に関する係数である。表-4.2をみると A_2 、 A_1 ともに値の散らばりが多く、正になる地区もある。これは、 $\log R$ とRが独立でないために、最小二乗法では A_1 、 A_2 が独立に定まらないことによるものと考えられる。

次に(4.6)式により計算した振動レベルの値と、実測値との相関を見るために、グラフ化したものの一例が、図-4.2、表-4.3である。

計算の基本としたものは、実測値であるから、相関がよい筈のものであるが、実測データの中には説明できない値を持つものがあり、特に分離することができなかった。この相関に拡がりのあるものは、時刻により交通量が変った時に、距離減衰の形が変るもので、データについての吟味を必要とする。

各地区毎の回帰式は、以上の様に、交通流と、距離および各測定地区特有の減衰および補正項で示すことができたが、各地区を統合した一つの回帰式にまとめることは出来なかった。これは距離による減衰のパターンが、地区により大幅に違うため、これを統合するためには、地盤条件、舗装区分、平坦性などを表現法の再検討を行なって回帰式にとり込んでいく必要があると考えられる。

表-4.1 等価交通量とVL₀

地 区	地 区 名	土 質	A	B	C	D	σ
0106	美唄市茶志内	2種	10	1	12	23	2.15
0114	室蘭市本輪西	"	10	2	14	15	1.99
0711	防府市国衛	"	4	1	12	30	3.13
0110	江別市東角山	4種	11	3	6	20	2.16
0710	岩国市立石	"	7	1	12	29	1.05
0404	三条市下須頭	"	11	1	13	11	3.27
0611	岸和田市初原	3種	8	1	9	18	2.06
0706	尾道市吉和	1種	10	1	12	7	1.86
0713	下関市片田	"	10	1	12	16	1.75
0714	山口市大才	2種	10	3	14	5	2.11
0716	江津市敬川	1種	10	1	14	17	2.77
0731	益田市須子	"	11	1	13	16	1.71
0803	西条市永見	3種	12	1	14	18	1.65
0804	松山市福音寺	"	11	3	14	16	2.33

$$VL_0 = A \log_{10} N^* + D$$

VL₀ : 5 m地点のVL₁₀鉛直方向

N* : 等価交通量

= 乗用車台数 + B × 小型 + C × 大型

表-4.2 距離減衰回帰式 (表は5m点を0dBとして計算)

地 区	地 区 名	土 質	A_2	A_1	A_0	VL_{10} (10m)	σ (dB)	範 囲
0713	下関市片田	1 種	-4.66	-0.235	4.62	-2.39	1.17	5.0 ~ 20 m
0716	江津市敬川	"	-10.91	0.324	6.00	-1.67	1.87	5.1 ~ 20.1
0706	尾道市吉和	"	-0.25	-0.119	0.67	-0.78	1.95	4.8 ~ 37.8
0731	益田市須子	"	-4.97	0.028	3.43	-1.25	1.34	5 ~ 20
0106	美咲市茶志内	2 種	0.55	-0.413	1.68	-1.91	1.43	"
0114	室蘭市本輪西	"	13.8	-0.586	-6.47	1.46	1.16	"
0711	防府市国衛	"	-4.19	-0.214	4.69	-1.64	2.26	"
0714	山口市大才	"	6.06	-0.594	-0.62	-0.5	2.61	"
0611	岸和田市松並	3 種	-6.68	-0.049	5.8	-1.37	1.23	"
0612	有田市初原	"	-25.09	0.704	14.09	-3.96	1.02	"
0803	西条市永見	"	-1.10	-0.304	2.14	-2.01	0.92	"
0804	松山市福音寺	"	-23.52	0.163	15.75	-6.13	1.10	"
0110	江別市東角山	4 種	-11.28	0.437	5.61	-3.3	1.43	"
0404	三条市下須頭	"	-16.85	0.195	10.14	-4.76	2.97	"
0710	岩国市立石	"	0.44	-0.256	0.97	-1.16	0.81	"
0915	佐賀県大町	"	-2.69	0.168	1.20	0.19	1.52	"

$$VL_R = A_2 \log R + A_1 R + A_0$$

R : 車線中央からの距離(m)

表-4.3 地区別距離減衰回帰式

地 区	地 区 名	土 質	A_2	A_1	K	σ (dB)
0713	下関市片田	1 種	-4.66	-0.235	19.7	1.4
0716	江津市敬川	"	-10.91	0.324	22.9	4.9
0706	尾道市吉和	"	-0.25	-0.119	11.2	2.0
0731	益田市須子	"	-4.97	0.028	21.9	1.5
0106	美咲市茶志内	2 種	0.55	-0.413	22.5	1.0
0114	室蘭市本輪西	"	13.8	-0.586	9.15	1.9
0711	防府市国衛	"	-4.19	-0.214	15.3	1.9
0714	山口市大才	"	6.06	-0.594	4.6	2.2
0611	岸和田市松並	3 種	-6.68	-0.049	20.9	1.5
0803	西条市永見	"	-1.10	-0.304	24.6	0.9
0804	松山市福音寺	"	-23.52	0.163	34.86	2.4
0110	江別市東角山	4 種	-11.28	0.437	26.2	1.7
0404	三条市下須頭	"	-16.85	0.195	34.9	2.1
0710	岩国市立石	"	0.44	-0.256	20.7	1.0

$$VL_R = 10 \log N^* + A_2 \log R + A_1 R + K$$

R : 車線中央からの離れ m

N^* : 等価交通量

= 乗用車台数 + 2 × 小型 + 12 × 大型

K : 地区特有の定数 (ただし調査時点における舗装, 路盤, 地盤等の補正項とする)

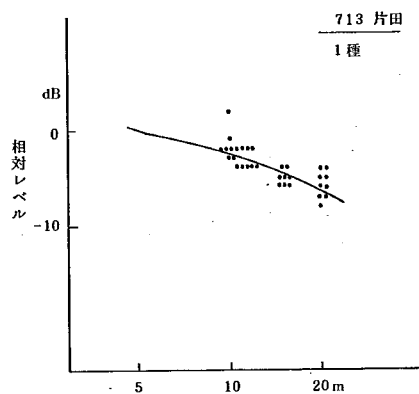


図-4.1 距離減衰

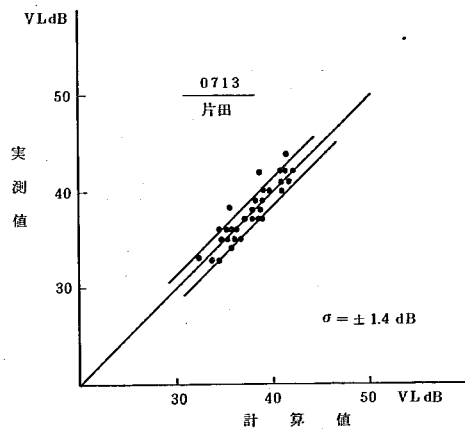


図-4.2 実測値と計算値の対比