

# 在来線鉄道振動の測定結果について

## —鉄道振動の予測と影響に関する研究—第1報—

青 木 一 郎      宮 本 俊 二  
(助成指導部火薬電気課)

### 1 はじめに

鉄道は大量輸送機関として、都市機能の面から重要な役割を果たしているが、一方、鉄道車両の走行に伴って発生する振動により、沿線住民は日常生活に多大な影響を受けている。

東京都環境影響評価条例の中で、鉄道建設事業も対象事業の一つに挙げられているが、近年、路線の新設や既設路線の高架改修工事が随所で計画され、評価書案の提出も相次いでいる。

しかし乍ら、鉄道振動については、発生源となる鉄道車両や軌道敷あるいは走行状況が様々であることや、伝搬経路である地盤、地質が種々に異なること等発生要因が多様に及ぶにも拘らず、それらの関係を考慮しつつ鉄道振動の実情を明らかにした調査結果が少なく、環境影響評価制度の運営の面で有用な基礎資料の提供が望まれている。

本研究では、このような要請にもとづいて、実測調査により、振動の発生状況および伝搬状況の把握を行って、発生する振動の実態、振動レベルが線路構造、距離および列車速度とどのような関係にあるか等を明らかにすることにした。

本研究は、昭和59年度から3ヶ年に亘り実施するもので、本報告は第1年度の測定結果についてのものである。

### 2 実測調査の概要

表1に実測調査を行った調査箇所の概要を示した。

調査箇所を線路構造別にみると、平坦構造4箇所、高架構造6箇所、切取構造2箇所の計12箇所である。測定地点は、各調査箇所で良く踏み固めた在来地表面(以下では、在来地表面という。)を選定したが、在来地表

表 1 調査箇所の概要

No.	路線名	区 間	線路構造	振動ピックアップ設置面	測定日時
No. 1	京浜急行 久里浜線	雑色—六郷土手	平 坦	在来地表面	59. 6. 7
No. 2	東京急行 東横線	都立大学—自由が丘	"	"	" 7. 5
No. 3	京王帝都 京王線	千歳烏山—仙 川	"	"	" 10. 25
No. 4	京 成 成田線	京成高砂—京成小岩	"	"	" 11. 8
No. 5	京浜急行 久里浜線	大森町—梅屋敷	高 架	在来地表面	59. 6. 21
No. 6	小田急 小田原線	千歳船橋—租師ヶ谷大蔵	"	"	" 6. 28
No. 7	営 団 東西線	葛 西—浦 安	"	"	" 11. 1
No. 8	東 武 伊勢崎線	五反野—梅 島	"	舗装面	" 11. 22
No. 9	京王帝都 京王線	八幡山—芦花公園	"	"	" 11. 29
No. 10	京浜急行 久里浜線	大森海岸—平和島	"	"	" 12. 6
No. 11	京王帝都 京王線	仙 川—つつじが丘	切 取	在来地表面	59. 6. 21
No. 12	小田急 小田原線	成城学園前—喜多見	"	"	" 6. 28

面を選定できなかった高架構造の3箇所についてはアスファルト舗装面(以下では、舗装面という。)となった。

それぞれの調査箇所では、最寄りの線路中心を起点として距離別の3地点(例えば5m, 10m, 15m等)に測定地点を設定し、列車通過ごとのX方向, Y方向およびZ方向の振動レベルの最大値(以下では、ピークレベルと記す。)を測定した。ここで、X方向とY方向は水平方向で、X方向は線路と直交の方向, 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。なお、新幹線鉄道振動の暫定指針では、鉛直方向の振動についてのみ基準値を定めているが、本研究では、鉛直振動のみでなく、水平振動についても測定を行い検討することとした。

### 3 測定方法および測定機器

#### (1) 測定方法

測定は、3測定地点同時に、X, Y, Z 3方向の振動を測定するため、3チャンネル振動レベル計3台を用いたが、この場合の振動レベル計の特性回路は平坦特性として振動加速度をデータレコーダに収録した。これを実験室で再生して、振動レベル計に入れ振動感覚補正回路を通して、振動レベル(VL)をレベルレコーダに記録させて列車通過ごとのピークレベルを読みとった。この場合のレベルレコーダのペン速度はVLとした。

なお、振動ピックアップは、在来地表面では良く踏み

固めた水平面に、舗装面では水平な舗装面に設置した。

列車速度は、現場で列車の通過時間と列車車両数および車体番号を計測し、各鉄道会社の公表している車体番号と車体長から列車長を計算した上、列車長を通過時間で除して求めた。

測定する列車の本数については、各列車のスピードとレベルの関係を検討するため、各路線で30~45本程度の測定を行いデータとした。

#### (2) 測定機器

測定には、次の機器を使用した。

3チャンネル振動レベル計	リオン製	VM-13	1台
"	"	VM-13A	2台
データレコーダ	SONY製	FR-3515R	3台
また、分析には、次の機器を使用した。			
データレコーダ	SONY製	DFR-3415W	1台
レベルレコーダ	リオン製	LR-03	3台

### 4 測定結果

#### (1) 線路構造と振動レベル

表2に示した地面振動の測定結果は、各調査箇所の測定地点における各列車毎の振動レベルを、振動の方向(X, Y, Z)別に各路線で測定した30~45本の列車について算術平均を行い求めたものである。測定地点は、平坦構造と切取構造は10m, 20m, 30mの3地点で、高架構造は5m, 10m, 15mの3地点である。

表 2 地面振動測定結果

No.	線路構造	X						Y						Z					
		5m	10m	15m	20m	25m	30m	5m	10m	15m	20m	25m	30m	5m	10m	15m	20m	25m	30m
		(dB)																	
No. 1	平坦		51		45		45		49		44		43		65		60		60
" 2	"		50		50				49		46				67		64		58
" 3	"		52		45		44		51		48		46		65		57		55
" 4	"		56		46		45		54		45		45		67		62		58
	平均		53		47		45		51		46		45		66		61		58
" 5	高架	54	53	51				50	48	46				64	62	60			
" 6	"	50	42	43				47	41	40				56	53	52			
" 7	"	44	42	42				44	40	39				56	54	54			
" 8	"	38	35	35				40	33	34				56	54	55			
" 9	"	42	40	39				40	40	39				62	59	56			
" 10	"	42	43	52				42	42	50				64	61	60			
	平均	45	43	44				44	41	41				60	57	56			
" 11	切取		54		48		48		55		48		46		61		55		53
" 12	"		61		46		44		61		46		45		69		54		52
	平均		58		47		46		58		47		46		65		55		53

X, Y, Z方向の振動レベルについて、各路線別の振動レベルを線路構造別の平均レベルと比較してみると、平坦構造は、X, Y, Z方向とも2~4 dB以内にありバラつきは小さいが、高架構造では、Z方向は平坦とほぼ同等のバラつきを示しているが、X, Y方向では平均に対し7~8 dBの差を示すものがありバラつきが大きくなっている。

振動レベルを振動の方向別にみると、XとYの間は平坦、高架、切取のいずれの線路構造においても大半は2 dB程度の差であり、ほとんど差はみられないが、X, YとZとの間については、平坦と高架では13~15 dB、切取では7~8 dB Z方向の振動レベルが大きくなっており、Z方向の振動が優越していることを示している。

線路の構造別に振動レベルをみると、いずれの調査地点においても測定している10 m地点の振動レベルと比較すると、水平振動では、切取58 dB、平坦51~53 dB、高架41~43 dBで切取が最も高く、次いで平坦、高架となるが、平坦と高架の間には10 dBの差が認められる。また、鉛直振動でみると、平坦66 dB、切取65 dBとほぼ等しく、高架は57 dBとなり、前二者に比して8~9 dB低いレベルを示している。

高架構造については、振動ピックアップの設置面で在

来地表面と舗装面で測定を行っている。表3は、在来地表面と舗装面別に鉛直振動と水平振動間のレベル差をまとめたものであるが、この表でみると、Z-Xでは、在来地表面は9~11 dBの差であるのに対し、舗装面は18~20 dB差となっている。同じくZ-Yについても、在来地表面は12~14 dB差を示しているのに対し、舗装面は16~20 dB差となっている。このことは、

表3 振動ピックアップ設置面別鉛直←→水平間振動レベル差

線路構造	振動ピックアップ設置面	調査箇所	Z-X			Z-Y		
			5 m	10 m	15 m	5 m	10 m	15 m
高架	在来地表面	№5	10	9	9	14	14	14
		№6	6	11	9	9	12	12
		№7	12	12	12	12	14	15
		平均	9	11	10	12	13	14
高架	舗装面	№8	18	19	20	16	21	21
		№9	20	19	17	22	19	17
		№10	22	18	18	22	19	10
		平均	20	19	18	20	20	16

水平振動の振動レベルは、舗装面の場合には在来地表面よりも約10 dB低くなることを示している。これらの理由は明らかではないが、この点については今後更に検証をして参りたい。なお、№10の15 m地点は在来地表面

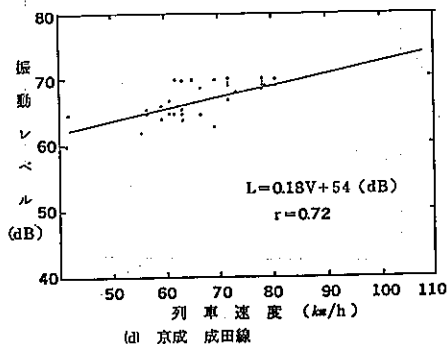
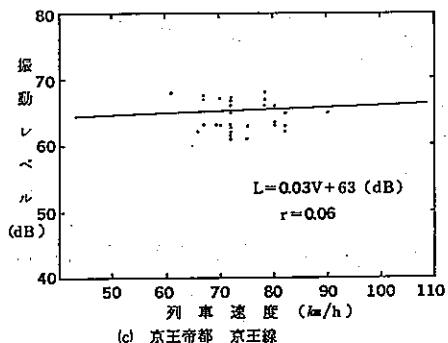
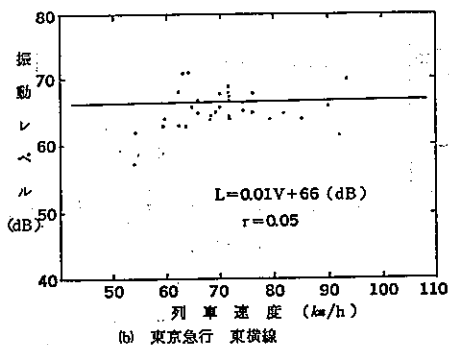
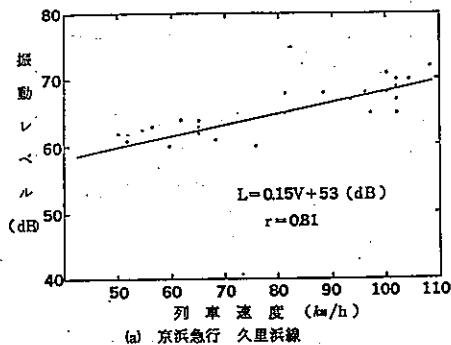


図1 列車速度と振動レベル(平坦構造)

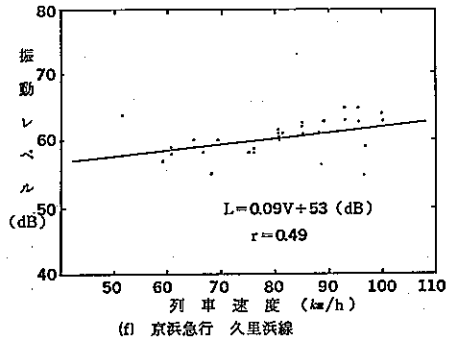
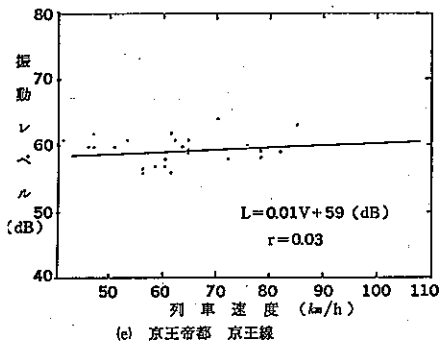
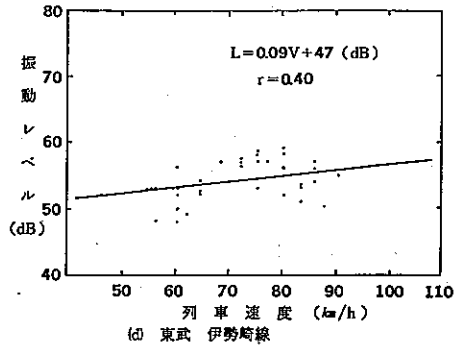
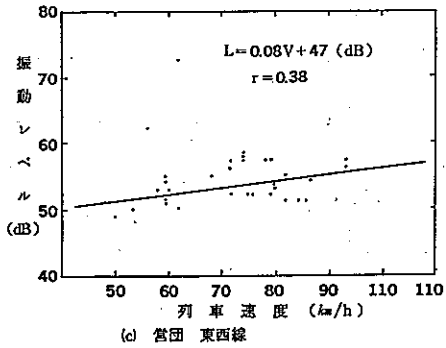
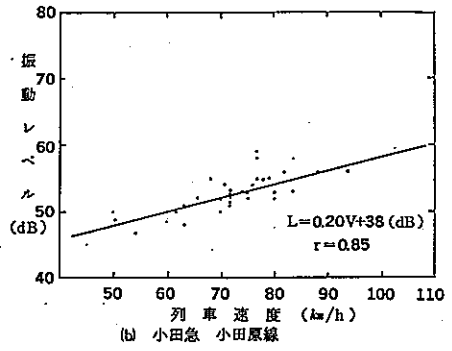
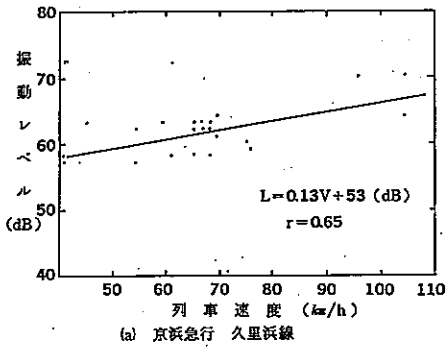


図2 列車速度と振動レベル(高架構造)

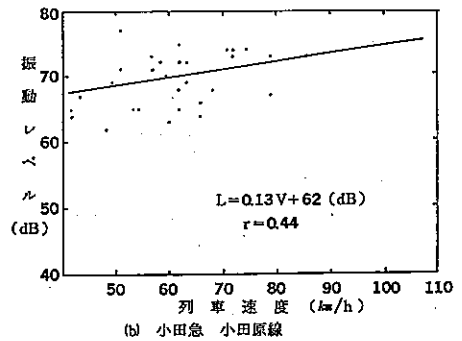
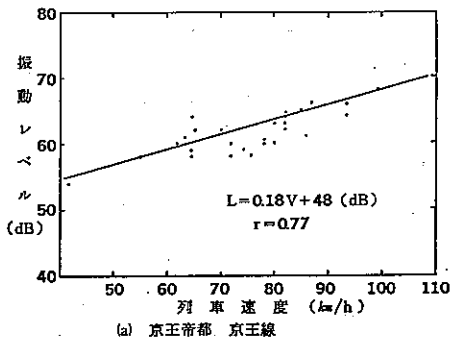


図3 列車速度と振動レベル(切取構造)

で測定を行ったものである。

(2) 列車速度と振動レベル

図1, 2, 3に路線別の列車速度と振動レベルの関係を示した。列車速度は、路線によって異り大半は50~80 km/hであるが、中には110 km/hに達するものがある。振動レベルは、全路線とも10 m地点のZ方向の振動レベルで示しているが、振動レベルはほとんどが40~80 dBの間にある。回帰式は、前記について各通過列車毎の列車速度と振動レベルをもとに最小自乗法により求めたものである。回帰式は、 $L = aV + b$ で示してある。ここで

L ; 振動レベル

V ; 列車速度

r ; 相関係数

である。

図1は平坦構造、図2は高架構造、図3は切取構造の関係図であるが、列車速度と振動レベル間の関係について、線路の構造による影響は特にみられない。

各路線別の図中に回帰式を示している。この回帰式で速度項Vに係る係数をみると0.01から0.20であるが、係数は最大でも0.20程度であり、速度10 km/h増によるレベルの増加は1~2 dB以内で、本調査時における速度範囲では振動レベルに対する列車速度の寄与するところは大きくなく、後述する距離による減衰の影響の方が大きいものと考えられる。

(3) 距離と振動レベル

図4, 5, 6に線路構造別のX, Y, Z方向の振動レベルと距離の関係を示した。

図4の平坦構造についてみると、X方向のNo.2, Y方向のNo.4, Z方向のNo.1に距離による減衰が明確でないものがあるが、他は比較的相似した減衰を示している。図7(a)(b)にZ方向の振動レベルについて、相対レベルでみた距離減衰を示してある。図7(a)は、平坦構造について10 m地点の振動レベルを0 dBとした時の回帰分析により求めた距離減衰特性を示したものであるが、減衰特性は $-17 \log r$ となっており、倍距離で5.1 dBの減衰となる。

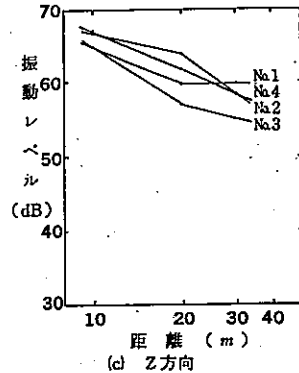
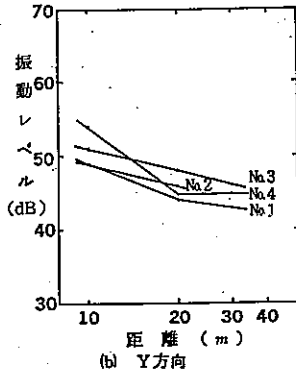
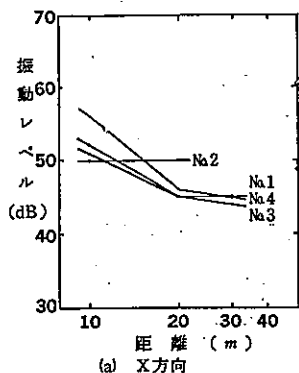


図4 距離と振動レベル(平坦構造)

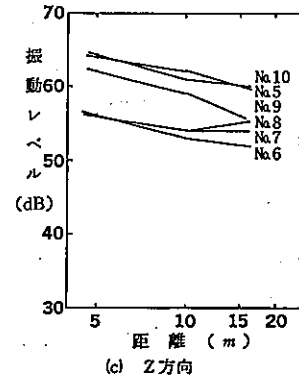
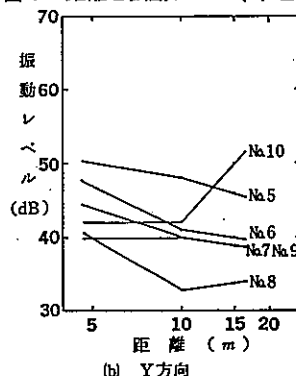
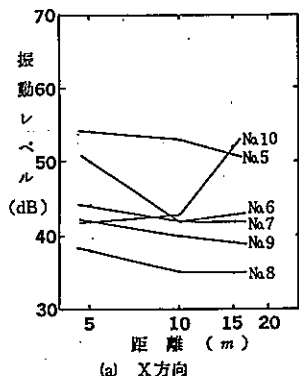


図5 距離と振動レベル(高架構造)

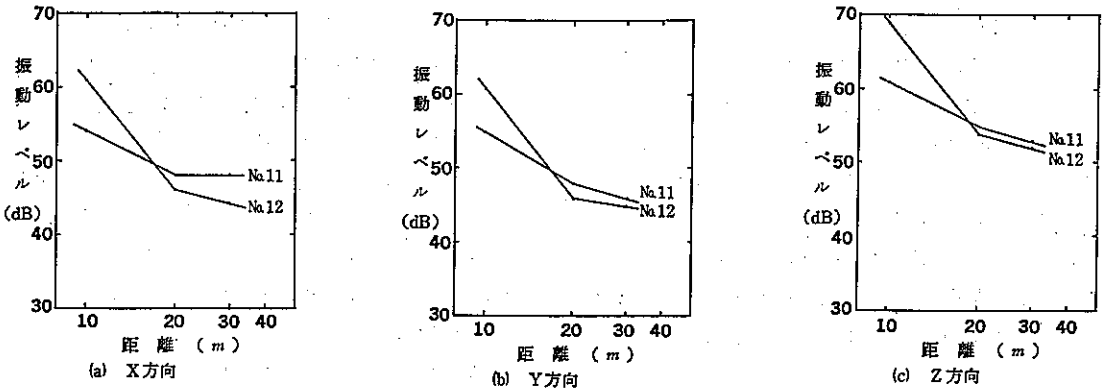


図6 距離と振動レベル(切取構造)

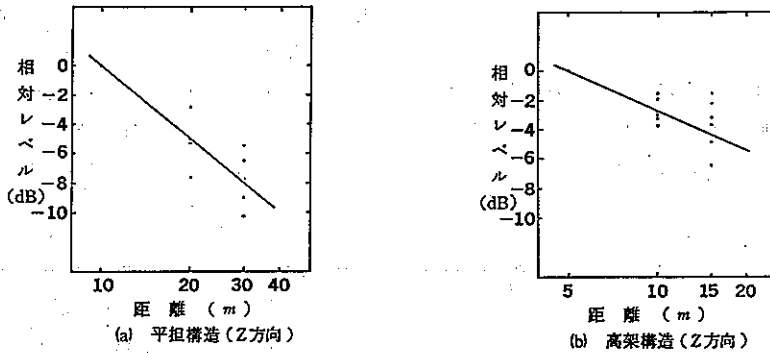


図7 相対レベルと距離減衰

図5の高架構造については、X方向のNo. 10, No. 6, Y方向のNo. 10, No. 8, Z方向のNo. 8, No. 7に距離減衰の明らかでないものがあるが、他は相似した減衰の傾向を示している。平坦構造と比較してみると、路線別のXとY方向の振動レベルのレベル差が大きくなっている。図7(b)は、高架構造について5m地点の振動レベルを0dBとした時の回帰分析により求めた距離減衰特性を示したものであるが、減衰特性は $-8 \log r$ となり、倍距離2.4dBの減衰で、平坦より減衰が小さくなっている。

図6は、切取構造について距離と振動レベルの関係図であるが、No. 12は、X, Y, Z方向とも10mから20mにかけての減衰が大きいが、20mから30m地点への減衰は、X, Y, Z方向とも2路線がほぼ同等の減衰を示している。

5 まとめ

鉄道振動の予測と影響に関する研究の一環として、在来線鉄道振動の測定を行い前述のような結果を得た。次年度以降、調査箇所を増して測定を行うことにしており今回の測定と解析の中で問題となった事項等について十分な検討を加えつつ鉄道振動の予測の研究を続けて参りたい。

参考文献

- 1) 宮本俊二他；東京都内における鉄道振動の調査結果公害研究報告書(騒音編)(1976)