新幹線鉄道騒音の変動要因の検討

猪股　律子・関谷　一義・北嶋　永一*1
漆山　佳雄*2・石橋　幸三*3・永野多美雄*4

An Investigation of the Factors of Sound Level Variation of Shinkansen Railway Noise

Ritsuko Inomata, Kazuyoshi Sekiya, Eiichi Kitajima*1
Yoshio Urushiyama*2, Kozo Ishibashi*3 and Tamio Nagano*4

For measurement of Shinkansen railway noise, an automatic sound level measurement system was produced. The sound level measurement system and picture recording system were automatically controlled by detection of vibration of the Shinkansen railway viaduct. The factors of sound level variation of Shinkansen railway noise obtained by the automatic sound level measurement system were investigated.

The results obtained were as follows :

1) The sound level of Shinkansen railway noise was affected by train speed, air temperature, wind direction and wind velocity.
2) The relationship between the humidity and the sound level was not clarified.

1　はじめに

新潟県では新幹線鉄道騒音に係る環境基準の達成状況を把握するため，17地域で毎年騒音調査を実施している．当所では，「新幹線鉄道騒音に係る環境基準について（昭和50年7月環境庁告示）」に基づく評価値の経時変動要因等について調査を行い，既に報告[1)]した．

既報では通日値（一日の全測定列車の騒音レベルの上位半数のパワー平均値）と日平均気温との関連が示唆されたが，本報告ではこれについてさらに詳細に検討するとともに，新幹線鉄道騒音に影響を与える他の要素についても検討を行うため，自動測定システムを試作した．これによりフィールドでの自動連続測定を行い，得られたデータを用い変動要因について検討を行ったので報告する．

2　新幹線鉄道騒音自動測定システムの試作

多数のデータにより変動要因を検討するため，新幹線鉄道騒音の自動測定システムを試作した．新幹線鉄道騒音のように，特定の発生源による騒音を測定対象とする場合，測定対象の騒音と,それ以外の騒音を識別することが必要となる．従来当所が使用している騒音測定装置は，騒音レベルと騒音の継続時間をあらかじめ設定し，その両者とも超える騒音を測定対象とすることにより，その他の騒音と識別する方法を用いている．しかし，上越新幹線においては，測定点を通過する時間が4～7秒の列車が多く，付近を通過する自動車騒音の継続時間と同程度であるため，前述の方法では自動車騒音との識別が不可能である．このため，新幹線鉄道騒音の測定には，測定者が立会い他の騒音と識別することが必要となり，長

現所属　*1 公害対策課　Pollution Control Division
*2 新発田保健所　Shibata Health Center
*3 自然科学館　Nigata Science Museum
*4 相川保健所　Aikawa Health Center

時間に渡る連続測定は困難である．そこで，列車の通過を識別し，列車の通過時のみ騒音レベルを測定するシステム（以下「騒音自動測定システム」という．）及び列車速度を測定するための通過列車を録画するシステム（以下「列車自動録画システム」という．）を試作した．

2.1　列車通過の識別方法

新幹線鉄道の列車通過を識別する方法として，新幹線高架橋橋脚の振動を利用することにした．振動レベルは，振動ピックアップを橋脚に固定し，公害用振動レベル計（以下「振動計」という．）と接続して新幹線鉄道の軌道と同方向の振動を測定した．橋脚の振動レベルは，列車通過時は56～71 dB，それ以外では30 dB 以下と大きな差があることから，列車通過を適確に識別することができた．また，速度の速い列車の一点通過時間は，3～4秒であった．そこで，振動計と接続したレベル処理器のサンプリング条件を，振動レベルを50 dB，振動継続時間を3秒と設定し，設定値以上の振動で列車通過の開始と終了を識別することにした．

2.2　騒音自動測定システム

騒音自動測定システムの機器の構成を，Fig.1 に示した．騒音計と振動計は，データをレベル処理器へ常時送っている．レベル処理器は，2.1 で述べた通過の開始と終了の識別により，騒音計と振動計のデータの記憶を開始し，終了し，記憶された騒音と振動のピークレベルをレベル処理器のプリンタに印字するように設定した．

2.3　列車自動録画システム

列車の通過時間の計測を無人化するため，列車を自動ビデオ録画し，後日再生して列車速度を算出することとし，列車通過時のみ自動的に録画するシステムを試作した．列車自動録画システムの機器の構成を，Fig.1 に示した．レベルレコーダは振動計からの信号を受け，記録紙上にペンでアナログ記録するが，そのペンの移動を利用し，レベルレコーダに固定した光電スイッチの位置を超える振動を記録している間，録画を継続するように，録画制御装置へ信号を送る．録画制御装置はこの信号に合わせて，録画装置へ録画の開始と終了の信号を送り，列車通過時のみ録画を行うようシステムを作成した．撮影後画面に 1/100 秒タイマーと縦線を入れ，列車が縦線を通過するのに要した時間と既知の列車長とから，列車速度を算出した．なお，夜間に撮影した列車については，列車の先頭側と後尾側の乗客乗降扉の明かりが画面の縦線を通過する時間で，列車速度を算出した．

3　騒音レベル変動要因の解析

2で述べた自動システムにより，1990 年の夏季（8月～9月），秋季（10月），冬季（12月）に潟東村井随，中之口村小吉の2地点で，各季節それぞれ一週間ずつ昼夜連続して新幹線鉄道騒音の自動測定を行い，潟東村で1570 本，中之口村で 1540 本の計 3110 本のデータを得た．調査地域をFig.2 に，調査地点の概況をTable 1に示した．なお，騒音測定用マイクロホンは2地点とも上り線側で，測定側軌道中心から30 mの位置に設置した．

新幹線鉄道騒音の主な構成要素は，レール，車輪等の振動から出る音（以下「転動音」という.），構造物から出る音及びパンダグラフや車輌表面から発生する空力音である[2]．連続自動測定で得られた結果により，構造物から出る音に関係すると思われる橋脚の振動，また空力音に関係すると思われる列車速度と気象要素（風向，風速），音の伝搬に影響を及ぼすと言われている[3]気温，湿度と騒音レベルの関係について解析した．調査地点の気温，湿度は，新幹線高架橋下に設置した自記温湿度計により，連続して測定した．風向，風速は，自動気象データ収集システム（以下「AMeDAS」という.）の，巻と三条の地域気象観測所における風向，風速を用いた．

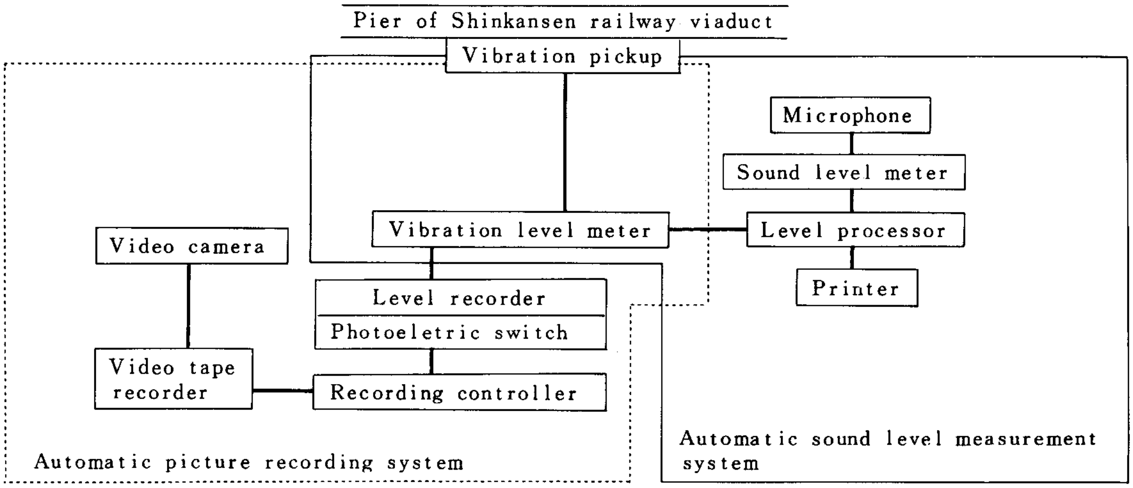


Fig.1 Block diagram of the experimental appratus

Table 1　Conditions at sound level measurement point

	Katahigashi	Nakanokuchi
Track structure	Vibration isolating slab	Vibration isolating slab
Viaduct structure	Prestressed reinforced concrete girder	Prestressed reinforced concrete rahmen
Height of track from ground	9.2 m	9.3 m
Curvature of track	0	1/10000

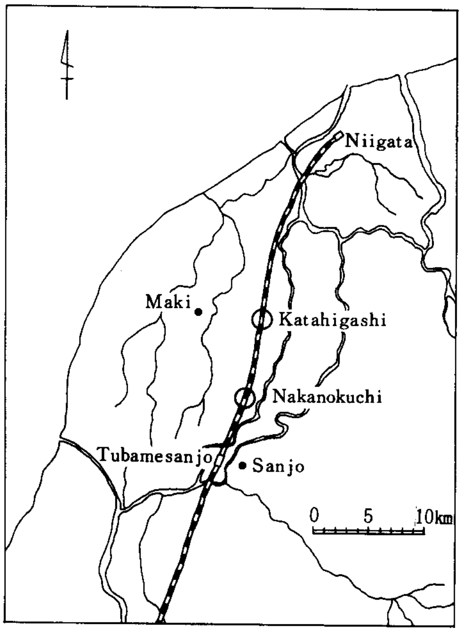


Fig.2　Measuring points of Joetsu Shinkansen railway noise
○：Sound level measuring point,
●：Meteorological station

3.1　騒音レベルと列車速度の関係

自動システムにより得られたデータを用いて，騒音レベルと列車速度の関係について検討した．騒音レベルは，測定側走行列車のほうが，反対側より高くなる[1]ので，測定側（上り線）を通過する列車のデータを用いた．騒音レベルと列車速度の関係を，Fig.3に示した．2地点とも列車速度と騒音レベルの間には高い正の相関（危険率1％）が認められ，列車速度が速くなるほど騒音レベルが高くなることが明らかになった．

3.2　騒音レベルと気温，湿度との関係

得られたデータを解析したところ，騒音レベルは夏季，秋季，冬季の順に高くなった．そこで，気温，湿度と騒音レベルとの関係について検討した．騒音レベルのデータは，上り線を通過する列車のデータを用いた．また列車速度による影響を除くため，潟東村については190～239km/hの，中之口村については160～239km/hの速度の列車のデータを，10km/hごとに分類し，各分類について騒音レベルと気温，湿度との相関をみた．

その結果，気温と騒音レベルの間には，中之口村での1分類を除き，2地点とも高い負の相関（危険率1％）が認められた．列車速度200～209km/hの場合の気温と騒音レベルの関係を，1例としてFig.4に図示した．

Table 2に2地点の相関係数を示したが，潟東村においては，中之口村に比べ騒音レベルと気温との相関が高か

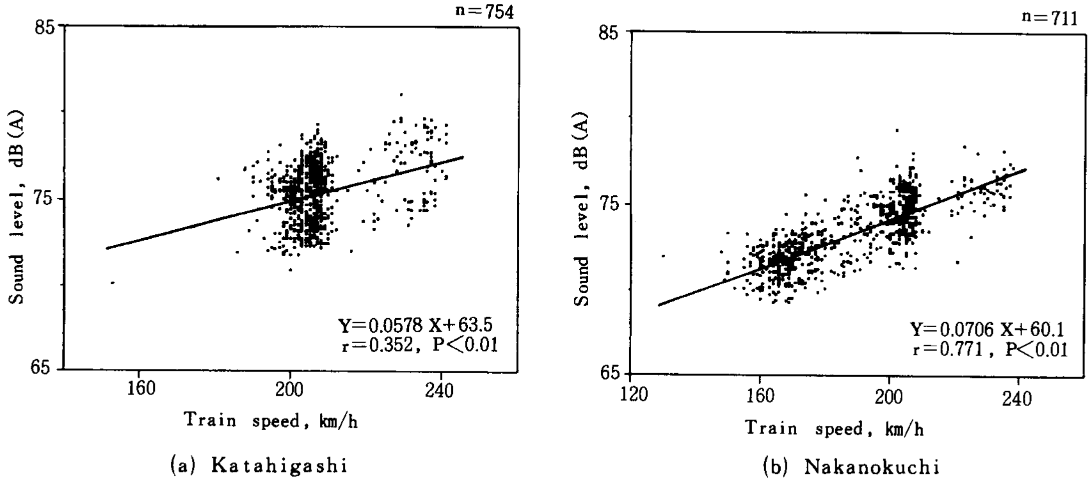
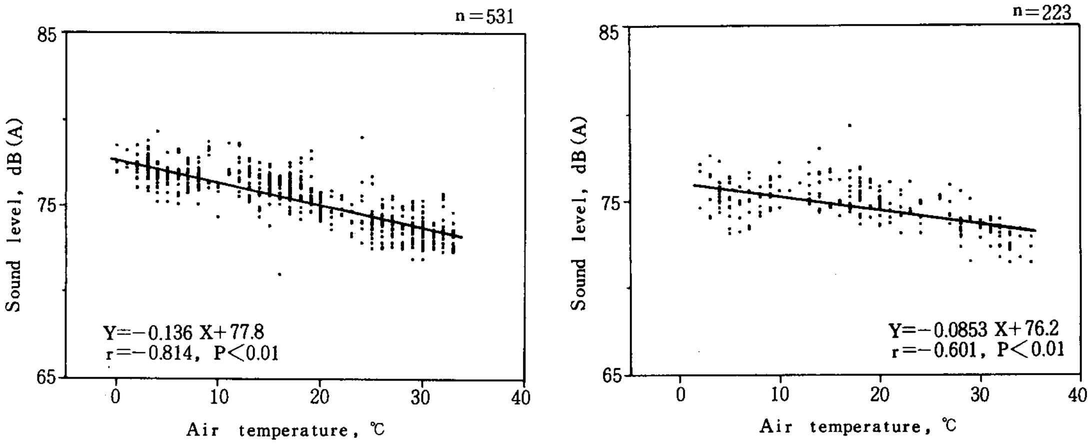


Fig.3　Relationship between train speed and sound level



(a) Katahigashi　　(b) Nakanokuchi

Fig.4 Relationship between air temperature and sound level
(Train speed：200～209 km/h)

Table 2 Coefficient of correlation between air temperature and sound level

Train speed	Katahigashi		Nakanokuchi	
km/h	r	n	r	n
160 — 169	—	—	−0.244 *	164
170 — 179	—	—	−0.596 *	124
180 — 189	—	—	−0.733 *	47
190 — 199	−0.853 *	85	−0.658 *	62
200 — 209	−0.814 *	531	−0.601 *	223
210 — 219	−0.893 *	35	−0.956 *	9
220 — 229	−0.880 *	29	−0.353 **	24
230 — 239	−0.902 *	62	−0.496 *	36

* Significant at 1% level.
** Significant at 10% level.

った．このことから，橋脚構造の違い等，潟東村の測定地点特有の状況が，気温により影響を受けている可能性も考えられた．

また，湿度については，2地点とも速度分類によっては相関がなく，騒音レベルの変動の主な原因ではないと考えられた．

3.3　橋脚の振動レベルと騒音レベル，気温との関係

潟東村において騒音レベルと気温との高い負の相関が認められたが，これは測定地点の橋脚等構造物が温度変化により影響を受け，これが騒音レベルに影響したことも考えられる．そこで，構造物から影響を受けると思われる橋脚の振動レベルと，騒音レベル及び気温との関係についてそれぞれ検討した．

2地点のデータを，3.2で述べた方法で列車速度別に分類し，振動レベルと騒音レベル，気温との相関をみた．その結果，潟東村でのみ，どの速度分類においても振動レベルと騒音レベルとの間に高い正の相関（危険率1%）が認められ，また気温との間には高い負の相関（危険率1%）が認められた．Fig.5, 6に，潟東村における振動レベルと騒音レベル，気温との関係の一例を示した．これらのことから，潟東村の測定地点においては，気温が低くなると騒音レベル，振動レベルが共に高くなる要因がある可能性が考えられた．

3.4　騒音レベルに与える風向，風速の影響

新幹線列車のパンタグラフや車輌表面から発生する空力音は，新幹線鉄道騒音の一つの要因であるが，この変動要因の一つとしては風の影響が考えられる．そこで列車の進行方向に対する風向，風速が騒音レベルに与える影響について検討した．

調査を行った潟東村と中之口村では，Fig.2に示した

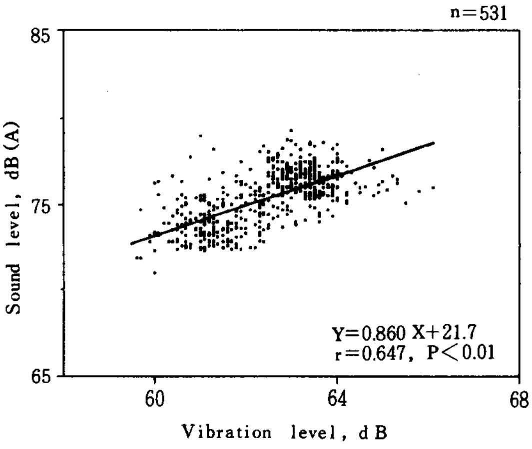


Fig.5 Relationship between vibration level and sound level at Katahigashi
(Train speed：200～209 km/h)

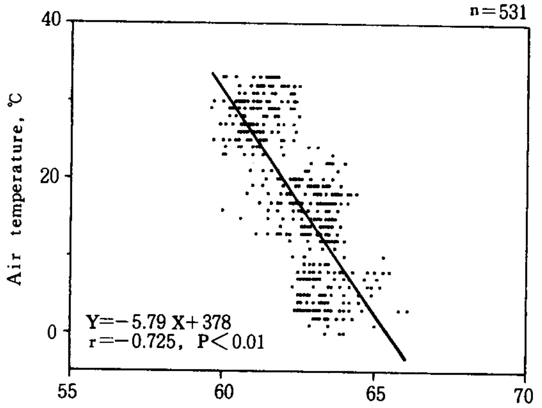


Fig.6　Relationship between vibration level and air tempetature at Katahigashi (Train speed：200～209 km/h)

ようにいずれも新幹線軌道がほぼ南南西から北北東に敷設されている．新幹線列車から発生する空力音は，列車の進行方向に対し風が順風か逆風かにより影響を受けると考えられた．そこで，潟東村については巻の，中之口村については三条の風向，風速の1時間値のデータを用い検討した．順風及び逆風とは，風速が軌道方向と同一の南南西と北北東及びそこから15度ずつ開いた範囲に含まれる場合とし，列車の進行方向により，順風と逆風に分類した．すなわち，上り線については北から北東の風を順風，南から南西の風を逆風とし，下り線については，南から南西の風を順風，北から北東の風を逆風として，全データを分類し，風向と騒音レベルとの関係を検討した．風速についてはデータ数の多かった1m/s，2m/s，3m/sの場合について，騒音レベルとの関係を検討した．また，2地点ともデータ数の多かった風速1m/sの場合について，パンタグラフ数別に騒音レベルと列車速度の平均値を算出し，Table 3，4に示した．2地点との逆風時のほうが，列車速度の平均値が同等もしくは小さいにもかかわらず，騒音レベルの平均値は高くなっていた．風向，風速別の列車速度と騒音レベルの関係をFig.7,8

Table 3　Average sound level and train speed at Katahigashi

Numbers of pantograph		2	3	4	6
Tail wind	Sound level dB(A)	73.6	71.7	71.8	73.0
	Train speed km/h	239	206	206	208
	Number of date	16	38	40	12
Head wind	Sound level dB(A)	75.7	74.5	74.9	75.2
	Train speed km/h	230	202	205	204
	Number of date	17	50	32	17

(Wind velocity 1m/s)

Table 4　Average sound level and train speed at Nakanokuchi

Number of pantograph		2	3	4	6
Tail wind	Sound level dB(A)	75.5	73.6	73.0	74.1
	Train speed km/h	226	199	194	199
	Number of date	16	44	37	13
Head wind	Sound level dB(A)	75.8	74.0	73.2	74.9
	Train speed km/h	226	195	188	198
	Number of date	16	55	38	8

(Wind velocity 1m/h)

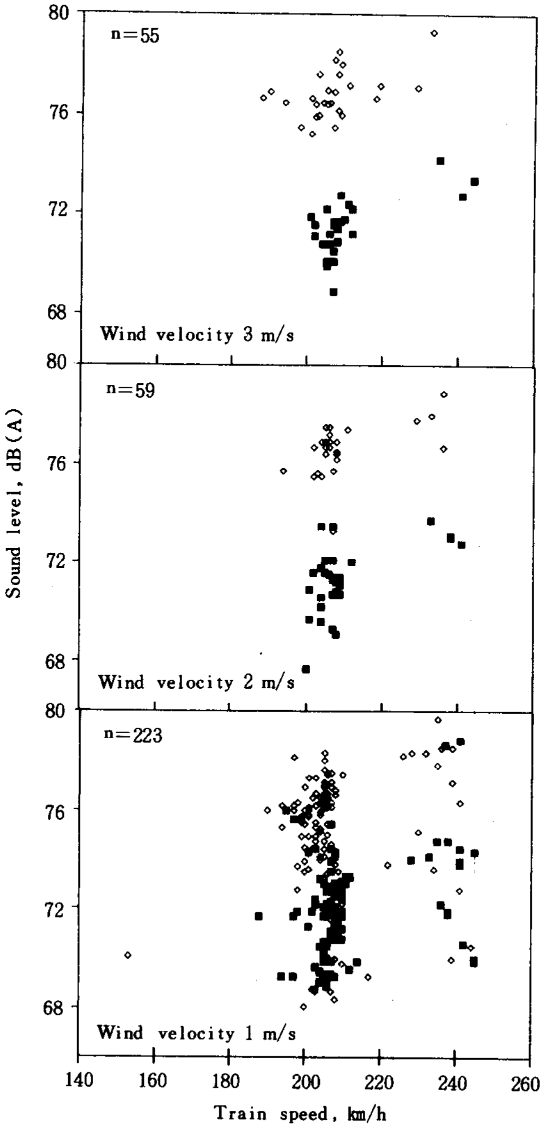


Fig.7　Effect of the wind direction and velocity on the sound level at Katahigashi
■：Tail wind　◇：Head wind

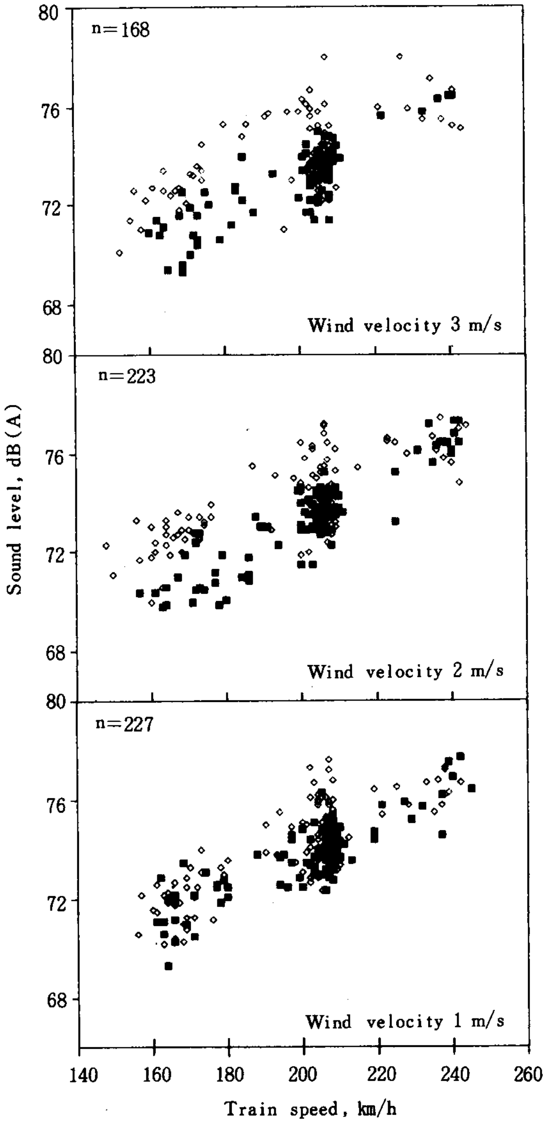


Fig.8 Effect of the wind direction and velocity on the sound level at Nakanokuchi
■：Tail wind　◇：Head wind

に示した．図からわかるように，2地点とも逆風時のほうが順風時より騒音レベルが高くなり，また風速が速くなるほど，順風時と逆風時とで騒音レベルに差が出る傾向が，潟東村で顕著であった．

4　ま　と　め

(1) 新幹線高架橋の振動を利用し，測定地点における列車通過を識別することにより，騒音測定と録画の両システムが起動，停止を行う自動測定システムを試作し，新幹線鉄道騒音の連続無人自動測定を可能とすることが出来た．

(2) このシステムを用いて，2地点において各々1,500本を超える新幹線鉄道騒音を測定し，得られたデータを解析したところ，次に示す結果が得られた．

① 騒音レベルと列車速度との間には高い正の相関が認められた．

② 騒音レベルと気温，湿度との関係をみたところ，気温との間に高い負の相関が認められたが，湿度とは明確な相関が認められなかった．

③ 騒音レベルと橋脚の振動レベルとの間には，1地点で正の相関が認められた．

④ 列車の進行方向に対し，風向が順風になる場合と逆風になる場合とでは，騒音レベルに違いがみられ，2地点とも逆風時に騒音レベルが高くなった．また順風時と逆風時との騒音レベルの差は，風速が速くなるほど大きくなる傾向にあった．

参　考　文　献

1）関谷一義，他：新潟県衛生公害研究所年報，**5**，114（1989）．
2）森藤良夫：騒音制御，**12**，131（1988）．
3）井清武弘：産業公害，**27**，791（1991）．