

東北上越新幹線騒音予測に係る模型実験

— 東北新幹線騒音予測研究 第4報 —

中村信一 上原幸雄 今泉信夫

1 はじめに

東北上越新幹線が都内を通過する沿線には、複雑な地形が多い。これらの地域を新幹線が走行したときの騒音分布を求めるには、理論的な騒音伝搬計算式による結果だけでは不十分である。すなわち、騒音は伝搬する経路の形状によって大きく影響をうけるため、地形による影響を考慮しなければならない。この複雑な地域の騒音分布を予測する方法として、縮尺模型の使用が近年注目されてきた。そこで、新幹線による騒音を予測する研究において、計算式の適用が困難な地域の騒音分布および伝搬を予測する基礎データを得るための模型実験を行うことにした。模型実験では、現実の地形を単純化し、疑似音源を使用し騒音分布を求める。したがって、高架構造の振動に伴う音を含まないなど本実験結果が直ちに新幹線が通過したときの騒音分布を意味しない場合もある。なお、この実験は小林理学研究所に昭和54年度から2年間委託したものである。

2 実験項目

模型実験はつぎの項目について実験を行った。

- (1) 直線高架部の騒音分布
- (2) トンネル出入口近辺の騒音分布
- (3) 片側崖地域の騒音分布
- (4) 片側台地他側開放平坦地の騒音分布
- (5) 荒川橋梁近辺の騒音分布
- (6) 赤羽駅近辺の騒音分布
- (7) 新幹線と在来線交差部の騒音分布
- (8) 逆L防音壁の効果

3 実験方法

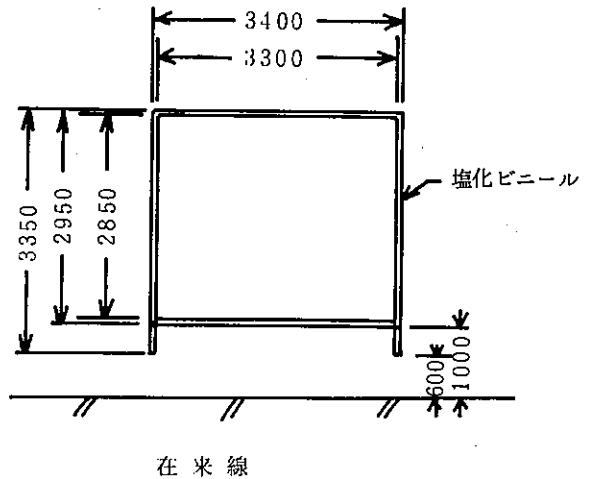
実験に使用した実験室、模型、音源はつぎのとおりである。

(1) 模型実験室

模型実験は、 $7.9 \times 1.31 \times 5.57$ (高さ) mの簡易無響室で行った。

(2) 模型

新幹線



在来線

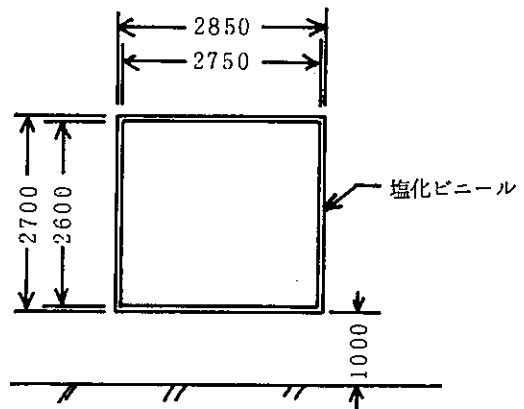


図1 車体構造図

模型は、縮尺比を実物の1/50として製作した。

新幹線と在来線の車体はスチロールに厚さ1mmの塩化ビニール板を貼り付け図1のとおり製作した。また高架構造物は木材とスチロール板を用い、遮音壁は1mm厚さの塩化ビニール板を用い作製した。

地形模型は木材、ベニヤ板、発泡スチロールで基礎を作り表面を厚さ1mmの塩化ビニール板で仕上げた。したがって、地表面および構造物は音響的完全反射面に近い仕上げとなっている。逆L型防音壁内側には反射防止を目的として5mm厚さのモルトプレーンを貼りつけた。その吸音率は実寸の周波数500Hzに換算して $\alpha = 0.9$ 程度である。赤羽トンネル坑口、東十条近辺の模型は2500分の1の地図と写真から現状の地形を再現し、これに新幹線と通勤線の模型を加えて将来の当該地区予想模型とした。その他の模型は基礎的な問題を検討するため、極力単純化した模型とした。

(3) 音源

音源は図2に示すように小径の穴から圧縮空気を噴出させ、その際に発生する広帯域ノイズを模型実験に適用できるように開発したものである。新幹線と在来線のスペクトルは実測データを参考にして図3、4を使用した。

4 実験結果

各種騒音レベル分布図は、新幹線と在来線の単位長パワーレベルを基準(0dB)として相対音圧レベル(dB)で表した。なお、本実験は騒音レベルの音が大きいと考えられる下り線を中心として実験を行った。

(1) 直線高架部

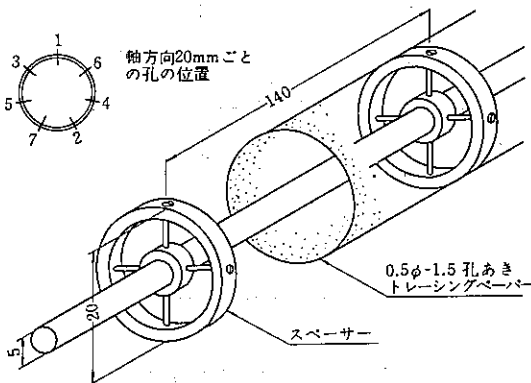


図2 音源の構造

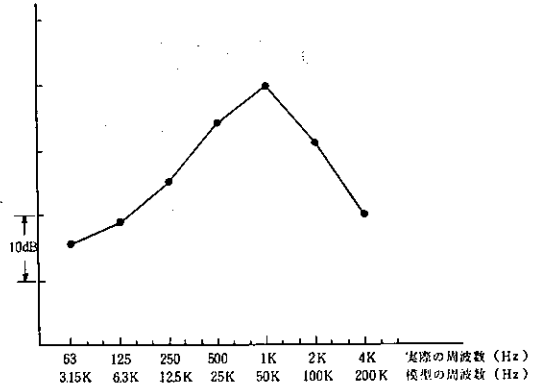


図3 新幹線逆L壁軌道内平均スペクトル (A特性)

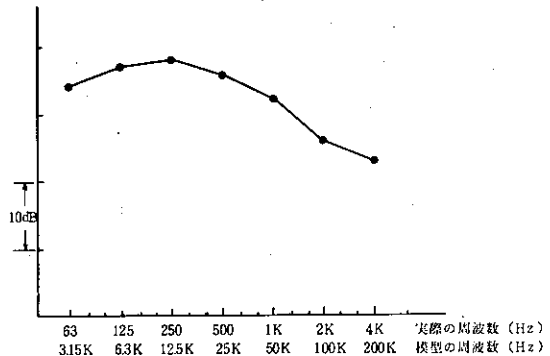


図4 在来線のスペクトル常盤線綾瀬附近 (高架高欄上で測定) (A特性)

直線高架部の騒音分布は、その構造が路線の大部分を占めているので、本研究において最も基本的なデータである。模型は新幹線と在来線が併設された構造で、高架高さが7m、12m、17mについて実験を行った。

ア 新幹線1本走行(逆L防音壁近接側)

図5に高架高さ12mのときの騒音分布を線路と直角な面で切断したときの状態で示す。この図から、地上1.2mの高さで騒音の距離減衰状況を見ると、近接側で高架端から50mまでに4dB程度の減衰がある。反対側ではあまり減衰傾向がない。これは、逆L防音壁を含めた回折のためと考えられる。ただし、60~70m以遠では近接側も遠隔側も同等になっている。

一方、この実験では高架高さを7m、12m、17

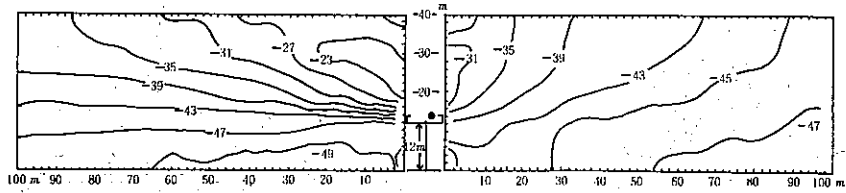


図5 直線高架部の騒音分布（近接側）

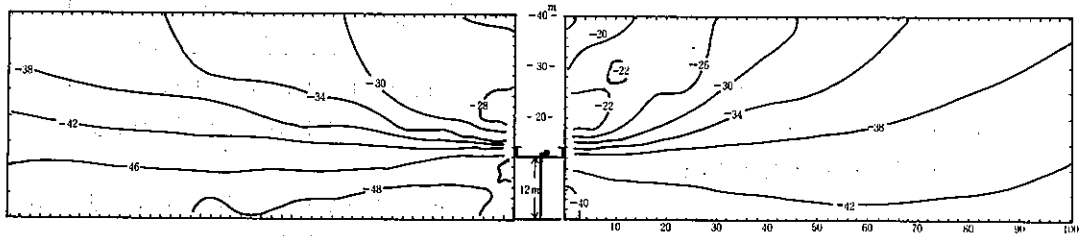


図6 直線高架部の騒音分布（遠隔側）

mに変わって、その変化をみた。その結果によると、各高さとも大きな変化は認められなかった。転動音のみを考慮した測定で地表面の反射率の大きい場合には高架高さはあまり騒音分布に影響を与えないようである。

イ 新幹線1本走行（逆L防音壁遠隔側）

新幹線が逆L防音壁から離れて外側の線路を走行した場合の結果を図6に示す。これによると、図5に対して全般に上昇しており、走行線寄りの地域（図の右側）では逆L防音壁による遮音効果がほとんど現れていない。そして50m地点位まではほぼ減衰がない結果を得た。図の左側の地域では地表面近辺で約5dB低いレベルとなっている。

ウ 新幹線が同時走行の場合

新幹線が上り下り同時に走行した場合と逆L防音壁側を走行したときと比較すると、近接側地域のみで40mまでの地域が4dB、40m以上の地域が6dB程度増加の結果をえた。2本同時に走行した場合、それぞれの列車からの音が平行な車体間で反射し合い、その上面から放射されることの影響と考えられ、実寸の場合よりも強調された結果を示していると考えられる。

エ 新幹線2本、通勤線2本の合計4本が同時に走行した場合

この実験は、極端な場合であるが、4列車同時に走行した状態で実験を行って見た。新幹線側の地域では、

新幹線が同時に走行したときより2dB程度増加し、200mまでの減音量は2dB程度であった。通勤線側の地域でも2dBの増加がみられた。

(2) トンネル出入口近辺の騒音分布

トンネル出入口近辺は地形が複雑であるため、反射等の影響が大きく現れてくると考えられる。そこで、現地の地形を縮尺模型化して実験を行った。

ア 東京よりの坑口近辺の騒音分布

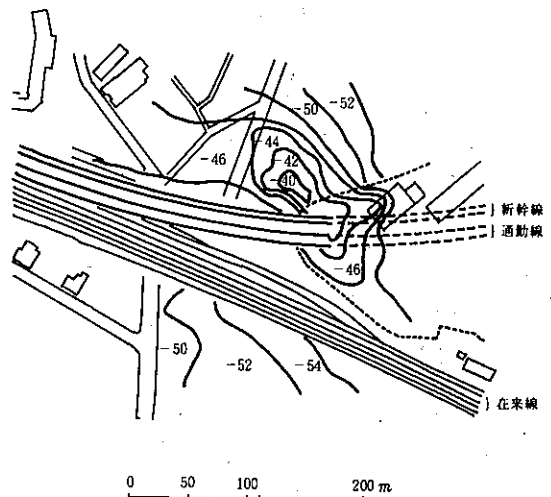


図7 トンネル坑口近辺の騒音分布図（東京側）（新幹線下り）

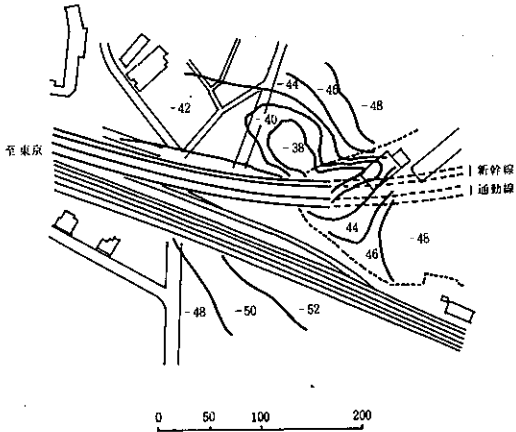


図8 トンネル坑口近辺の騒音分布図
(東京側) (新幹線上下り)

図7は新幹線下りの列車が走行したときの騒音分布図である。これによると、特に坑口から斜外方地域に騒音レベルの上昇がみられた。図8は新幹線が同時走行した場合の分布図であり、下り1本走行時図7と比較して2~4 dB騒音レベルが高めであった。

イ 東北よりの坑口近辺の騒音分布

東北よりの坑口は比較的切り立った崖にあり坑口面は線路と平面上で約45°傾いている。図9で新幹線下り走行時の騒音分布図をみると坑口面に垂直な斜外方地域にレベルの上昇がある。また、坑口上の崖の背後方向に向っての距離減衰は著しかった。

新幹線が上下り同時に走行したときの騒音分布図

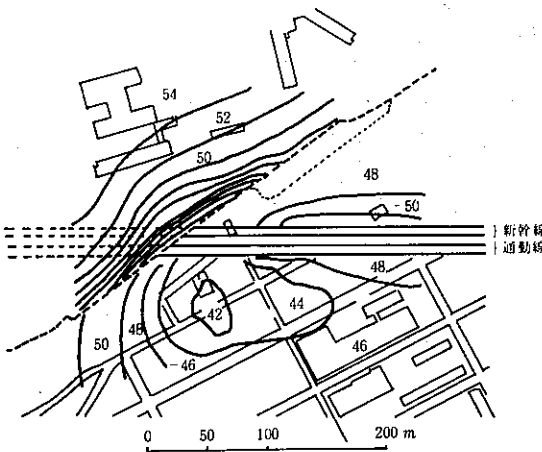


図9 トンネル坑口近辺の騒音分布図
(東北側) (新幹線下り)

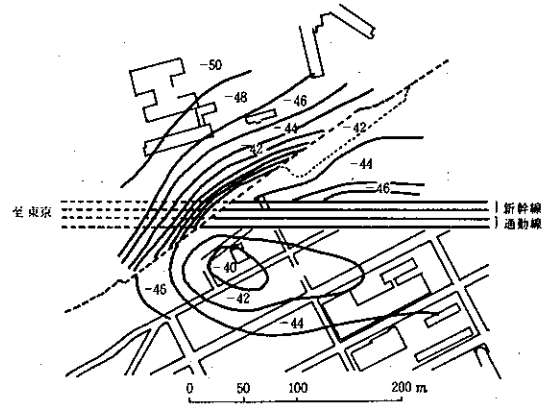


図10 トンネル坑口近辺の騒音分布図
(東北側) (新幹線上下り)

は図10のとおりである。下りのみの走行図9と比較して2~4 dB上昇している。

(3) 片側崖地域の騒音分布

実験を行った片側崖、他側開放平坦地域の概略を図11に示す。この実験は崖の反射による影響をみるた

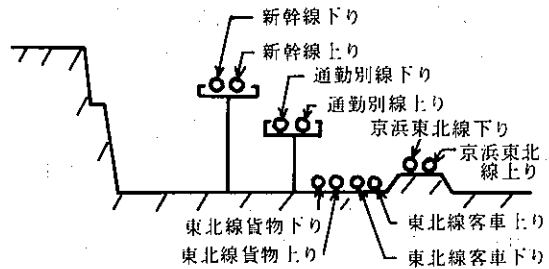


図11 片側崖地域の概略図

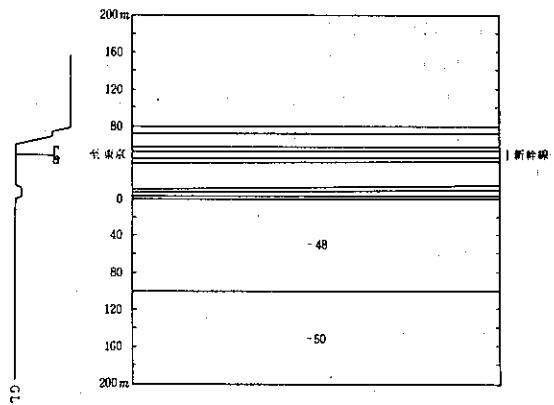


図12 片側崖地域の騒音分布図 (新幹線上り)

めに実施したものである。図12が新幹線1本が逆し防音壁側を走行したときの騒音分布図である。これを、開放平坦地と比較するとほとんど差がみられない。これは、崖が低く傾いているため反射音線が空中に向い、かつ音源と崖の距離が離れているためと考えられるが遠方地域で多少は反射面の影響を生ずる可能性がある。

(4) 片側台地他側開放平坦地の騒音分布

本地域は東十条駅から東京側に約400mよった地域で新幹線の高さは、地上より約17mであり台地の高さとはほぼ等しい。在来線は、東北線の貨物、旅客、国電の京浜東北線上下それぞれ6本が走行して、これに新たに新幹線が加わる。図13にその概要を示す。図14は新幹線上り1本が走行したときの騒音分布図である。この分布図と開放平坦地域の同じ高架高さの分布図と比較してみると1~3dB程度この実験結果の方がレベルが高めであった。在来線の貨物列車が下り

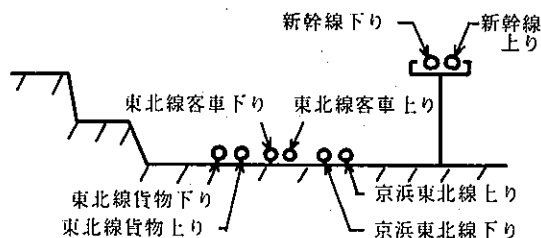


図13 片側台地他側開放平坦地域概略図

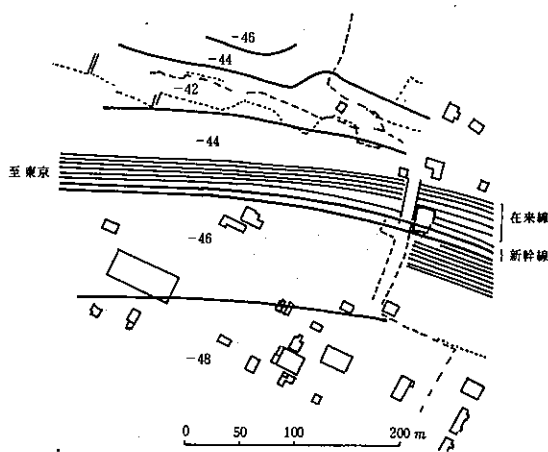


図14 片側台地他側開放平坦地の騒音分布図 (新幹線上り)

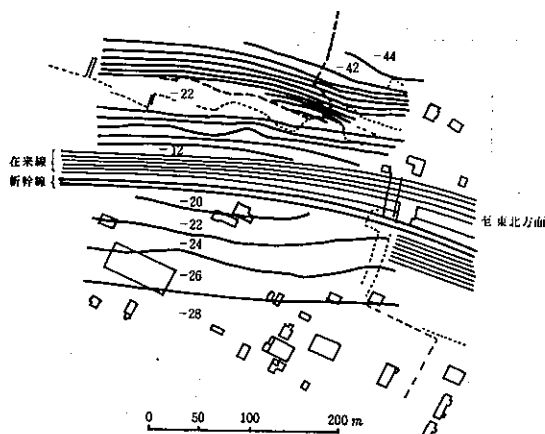


図15 片側台地他側開放平坦地の騒音分布図 (東北線貨物下り)

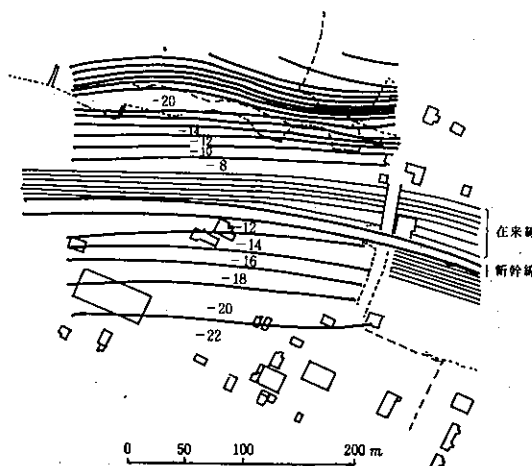


図16 片側台地他側開放平坦地の騒音分布図 (在来線6本)

線を通じたときの騒音分布は図15のようになり、新幹線よりもレベルが高いが、交通量は少ないと考えられる。また、図16は極端な場合であるが在来線6本が走行したときの分布図である。

5 荒川橋梁近辺の騒音分布

通常、河川を鉄道が渡る場合は鉄骨トラス構造が多いが、本実験を行う時点で得た情報によると合成桁とPC桁を使用とのことであった。また、細部の構造等については不明の点もあったので、この実験では一般区間と同様に単純な高架構造として実験を進めた。その概略構造を図17に示す。図18は、新幹線の下り

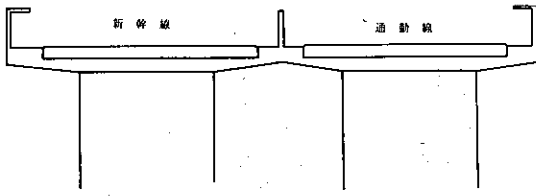


図 17 荒川橋梁概略図

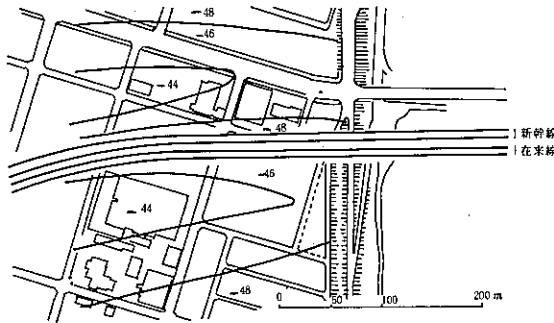


図 18 荒川橋梁近辺の騒音分布図（新幹線下り）

が走行したときの騒音分布図である。これによると、軌道近接地では列車側の地域より軌道をはさんだ反対側地域の方が、騒音レベルは大であった。これは、列車側は逆し防音壁の効果が大きいためと考えられる。なお、転動音のみを考慮した実験であるので橋梁の振動音や固体伝達音を除外したためと考えられる。

(6) 赤羽駅近辺の騒音分布

赤羽駅近辺は、新幹線、赤羽線、東北線の客車と貨物線、京浜東北線の各上下線合せて10本が走行することになる。これらの軌道は図19のように複雑な構造になっている。赤羽駅ホームでは、赤羽線に対して隔壁が設けてある。なお、この地域では線路を中心とし、東京駅に向かって右側の地域に人家が密集し影響が大きいと思われるので、この地域を実験の対象とした。図20は、新幹線下りが走行したときの騒音分布図である。騒音分布図は-4.6~-5.2 d Bの範囲を示していて、一般高架部と大差のない値である。一方、赤羽線走行では図21にみるように特徴のある分布が表われている。対象区間の中央部の騒音レベルが周辺に比べて非常に高い。これは、駅近辺では建造物の遮へい効果で騒音レベルが低く、これに対して、隔壁がない地域は赤羽線の上にある新幹線の高架構造物が曲線

を画いて在来線を被っており、その裏面に反射し騒音レベルが高くなっている。この反射の影響は新幹線と赤羽線が分岐して分かれているところまで続き、高架面反射の影響がなくなると騒音レベルは顕著に低下している。図22は東北新幹線下り客車下りの騒音分布図である。図21の赤羽線と比較して、分布の形状は大

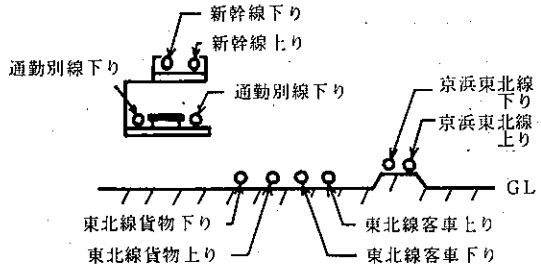


図 19 赤羽駅路線構造図

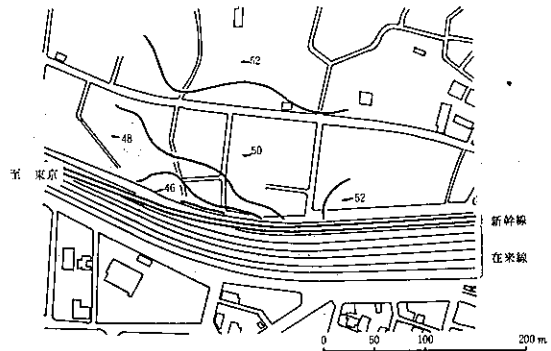


図 20 赤羽駅近辺の騒音分布図
(新幹線下り)

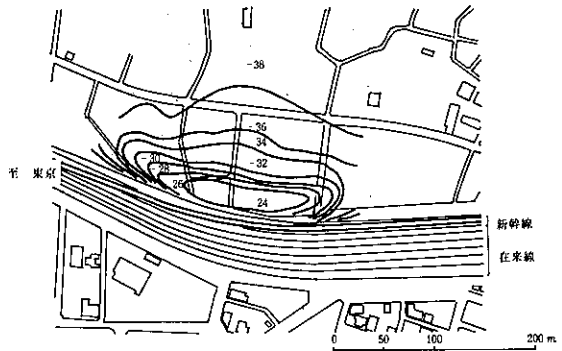


図 21 赤羽駅近辺の騒音分布図
(赤羽線上り)

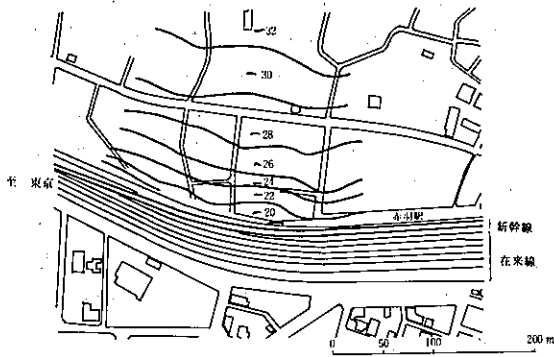


図 2 2 赤羽駅近辺の騒音分布図 (東北線下り)

大きく異なっている。これは、高架構造物による反射の大小のためと考えられる。

(7) 新幹線と在来線交差部の騒音分布

新幹線と在来線が交差する赤羽南二丁目近辺は池袋方面に向う赤羽線と東京駅方面に向う新幹線および他の在来線との分岐する地域にあたる。この地域は新幹線が在来線と交差するため、新幹線高架裏面反射の影響が大きいと考えられる。図 2 3 は、この地域の概略である。

新幹線下りの騒音分布図は、図 2 4 のとおりである。この地域は新幹線がカーブしているため、曲線の内側の騒音レベルが外側に比べて、やや高めであった。図 2 5 は、赤羽線上りの騒音分布図である。これによると、東京駅に向って左側の地域と右側の地域を比較すると、大きいところで 10 dB 程度の差がみられる。これも、新幹線高架橋裏面の反射の影響と考えられる。

(8) 逆L防音壁の効果

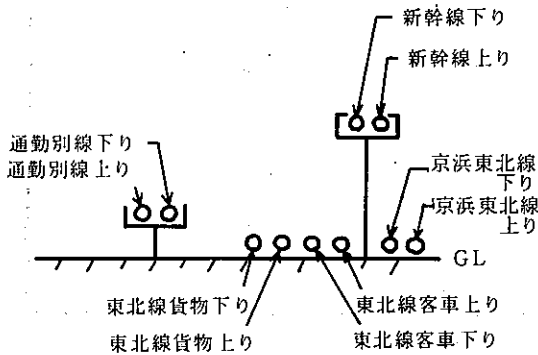


図 2 3 赤羽南二丁目近辺構造図

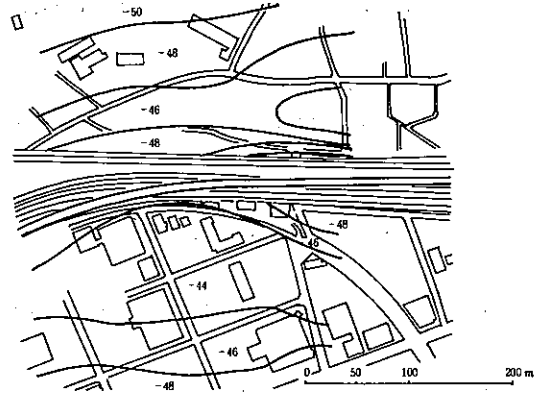


図 2 4 交差部の騒音分布図 (新幹線下り)

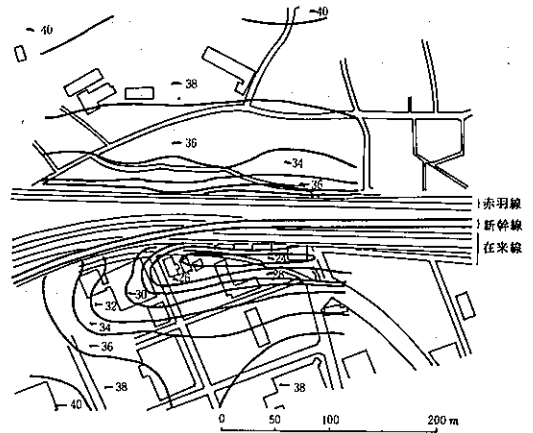


図 2 5 交差部の騒音分布図 (赤羽線上り)

新幹線に使用されている逆L防音壁の効果をみるため、つぎの実験を行った。音源は長さ 400m とし、新幹線の転動音のみを対象とする。マイクロホン位置は図 2 6 の配置とし、高架高さは 10m、15m、m の 3 種とした。各受音点で図 3 のスペクトルの音源による騒音を測定し、逆L防音壁の効果を騒音レベルについて計算し、行路差で整理した。なお逆L防音壁の効果については次式で計算した。

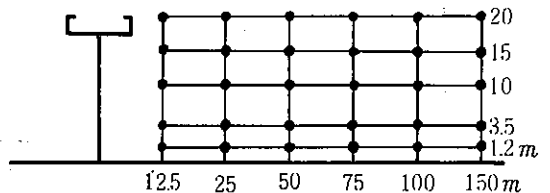


図 2 6 マイクロホン配置図

$$NL = \{ PWL - 10 \log D - 5 + 10 \log (\tan^{-1} \frac{L}{2D}) \} - \text{実測値}$$

ここで、NL：逆L防音壁の効果

PWL：音源の単位長のパワーレベル (dB (A) / m)

D：音源から受音点までの直線距離 (m)

L：音源の長さ (400 m)

行路差 δ (m) については、図 27 のように 2 重回折になるが、これを音源とエッジ、受音点とエッジをそれぞれ結ぶ直線上の交点に、仮のエッジを想定して、単純な回折におきかえて求めた。実験結果得られた値を前記の逆L防音壁の効果式に代入し、行路差と減音量の関係を図 28 にプロットした。これによると、音源が防音壁に近い側(図中・印)と遠い側(図中○印)では防音壁の効果にちがいが認められる。すなわち、手前側に音源がある方が平均して 4 dB 程度効果が大きい。手前側軌道では、音源が車体と逆L防音壁に囲まれ、

車体そのものも遮へい物となって騒音が外部に放射しにくい。また、逆L壁内の多重反射を吸音材が効果的に防いでいることも考えられる。一方、プロットした図によると、反対側軌道に対する逆L防音壁の効果が比較的まとまる傾向になっているのに対し、手前側軌道ではバラツキがみられる。これは、車体自身による遮へいの効果や吸音材の効果などが複合して単純でないことを示している。図 29 は、図 28 のプロットした行路差と減音量の関係を平均線が示したものである。

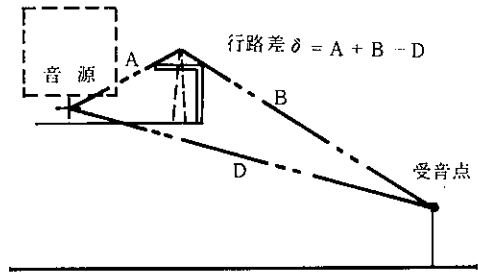


図 27 行路差図

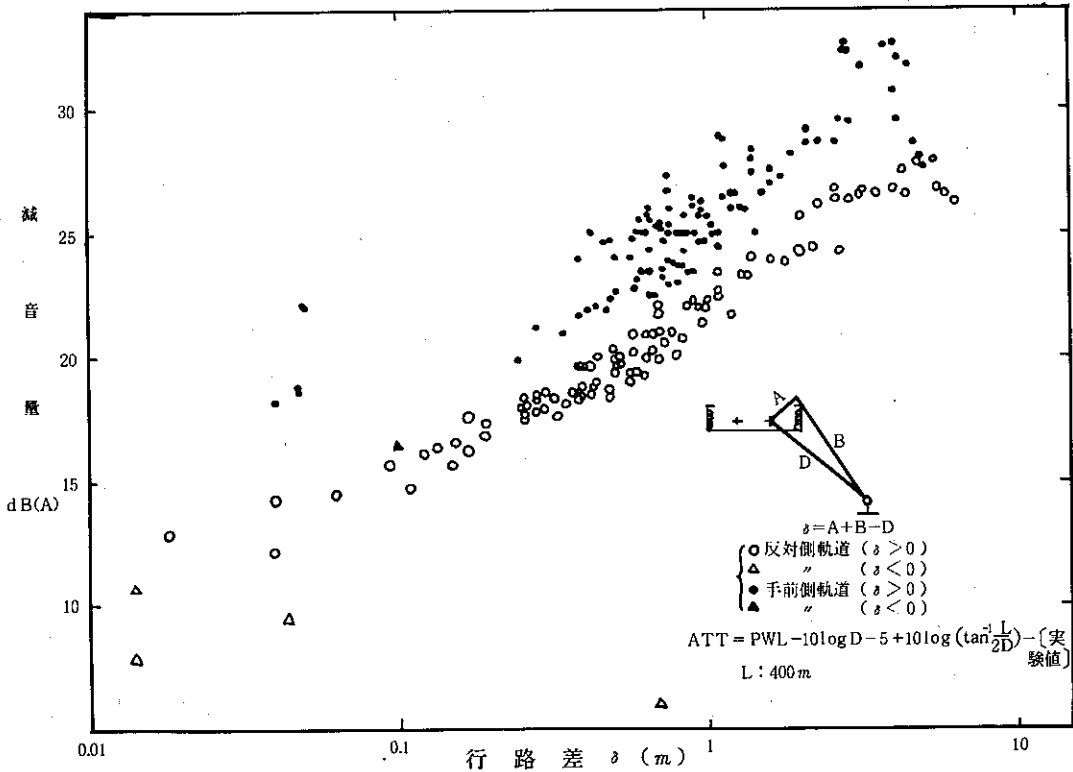


図 28 行路差と減音量の関係

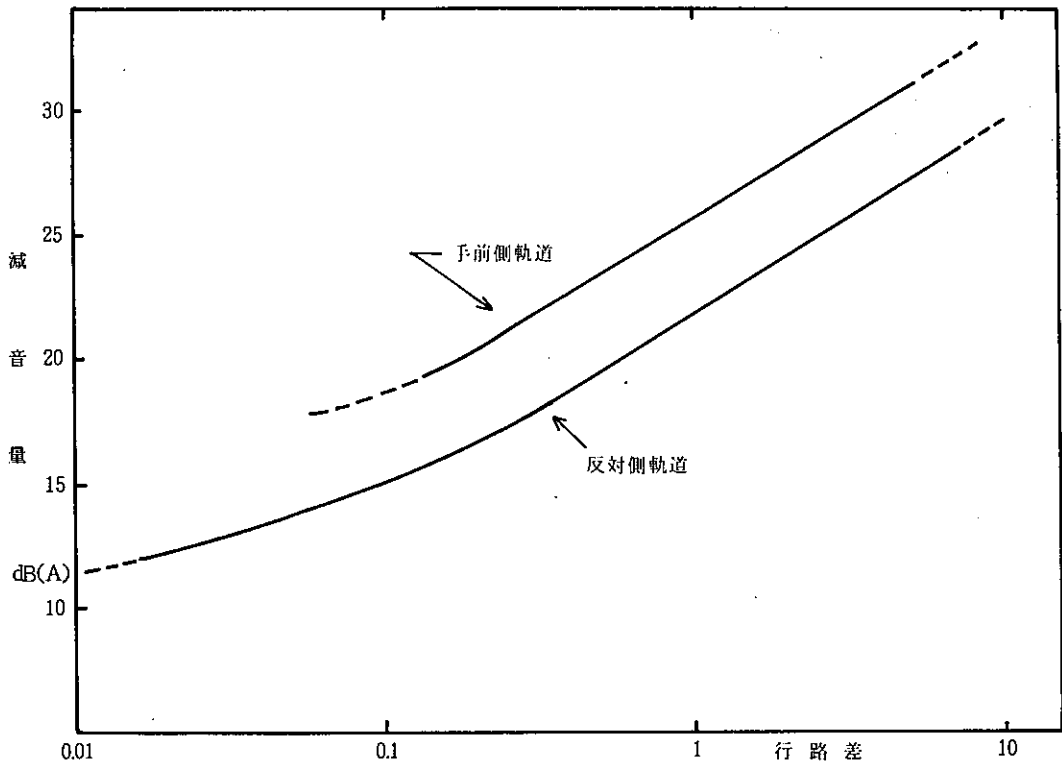


図 29 行路差と減音量の関係

データが少ない部分に対しては破線で記入した。これによって、新幹線騒音の騒音レベル（全音域）について逆L防音壁の走行側，遠隔側の値を近似的に予測することができよう。なお，行路差が0.5 m以上に対しては比較的直線に近い傾向にある。

5 ま と め

本報では東北上越新幹線が都内を通過した場合，特殊な騒音分布を示すと考えられる地域についての結果を取りまとめた。この実験では，音源を列車の主要成分と考えられる転動音に注目し，模型車体の下に転動音に相当する線音源を置いて実験を行った。しかし，実際に新幹線が走行するときに発生する音は，転動音の他にパンダグラフからの音，構造物の振動に伴う音などが発生する。一般的に実測結果によると，近接側のレベルが高い。しかし，模型実験結果では構造物音とパンダグラフの音を加味しなかったため遠隔側のレベルが高くなった。このように，本実験は単純に転

動音を有限長非干渉性線状音源から放射されるものとみて測定しており，完全な予測結果と言えないことに注意する必要がある。しかし，複雑な地形を反映して現われる空気音の分布の特異性を強調して示しているので対策を考える上での参考として生かすことができるであろう。実験結果の騒音分布図は，列車の単位長パワーレベルを0 dBとした時の相対値で示したもので，新幹線や在来線について十分な資料に基づいてパワーレベルが設定できた時，これらの分布図を利用すれば騒音レベル分布が近似値に推定できるであろう。この実験結果の概要をまとめるとつぎのことが言えよう。

- (1) 高架高さは地表面の反射が大きいときは，あまり騒音分布に影響を与えないようである。
- (2) 列車がすれちがう場合は3 dB以上の増加が推測される。
- (3) トンネル坑口近辺の騒音分布は，坑口面の斜外側前方で騒音レベルの上昇がみられる。

(4) 片側崖地域では、崖と音源までの距離が離れているときは、崖による反射の影響はほとんどない。

(5) 片側台地地域では台地側の方が開放平坦地よりややレベルが高い。

(6) 赤羽駅近辺では、赤羽線上に新幹線の高架構造物がある地域ではその底面反射の影響が現われていた。

(7) 同様に新幹線と在来線が交差する地域では、交差部高架構造底面の反射による影響がみられる。また、カーブしている新幹線の外側と内側では、内側レベルがやや高めになる。

(8) 逆L防音壁の効果は、逆L防音壁側に音源があるときの方が大きい。