

音響インテンシティ法による新幹線車両の音響放射特性の検討

Measurement of sound radiation from Shinkansenn Super-Express trains by the sound intensity method

橋 秀 樹*・日 高 新 人**・矢 野 博 夫***・朱 鎮 洙*

Hideki TACHIBANA, Yoshito HIDAKA, Hiroo YANO and Jin-Soo JOO

1. ま え が き

鉄道騒音の低減や伝搬予測などを考える場合、最も基本的な条件として、実際の列車の走行状態における音響放射特性（音源位置、指向性、放射パワーなど）を知ることが重要である。新幹線については、これまでにクロスアレーマイクロホンやパラボラ集音器を用いた音源探査が行われており、いくつかの知見が得られている^{1,2)}。我々は、これらとは別の方法として、音響パワーフローを直接測定することができる音響インテンシティ法を用いて、自動車や鉄道車両の騒音放射特性の検討を行っている^{3,4,5)}。その一例として、本報では、新幹線を対象として、線路近傍に設置した音響インテンシティブローブアレーによって列車走行時の騒音放射特性および防音壁の効果を測定した結果について報告する。

2. 測 定 方 法

東北新幹線の仙台付近に設けられた騒音振動実験区間（コンクリート桁構造、スラブ直結軌道）において、防音壁のなし・ありの2条件で測定を行った。図1に示すように、列車中心から5mの位置の高さ方向8点に、インテンシティブローブ（ONO SOKKI MI-6410、）を水平方向（X）と垂直方向（Y）に組み合わせて配置し、2次元ブローブとした。受信信号は、現場では一旦DAT型8ch. データレコーダ6台に分けて録音した。その際、車輪検知器の信号を全レコーダに録音し、全ブローブ信号の同期と列車速度の測定に利用した。

分析方法としては、収録した信号を8ch. A/D変換器を通してパーソナルコンピュータに取り込み、各ブローブご

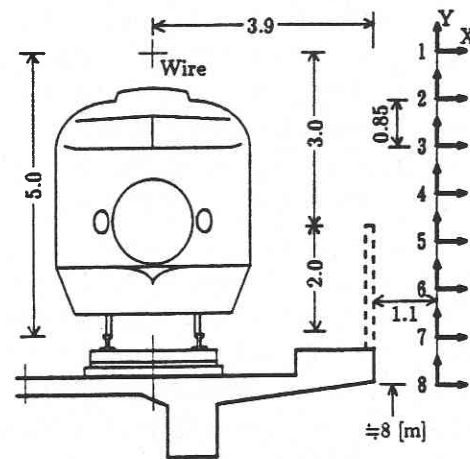


図1 測定点配置

とにクロススペクトル法に基づく短時間スペクトル分析によってインテンシティスペクトログラムを求めた。その分析時間間隔としては、42ms（500word）の音源信号にHamming窓をかけ、8192点（0付加）のFFT処理を21msごとにオーバーラップさせて行った。またクロススペクトルの計算時に、各ブローブの2マイクロホン間の位相差の補正を行った。さらに各時刻のラインスペクトル（=1.46Hz）を合成し、100Hz～2500Hzの1/3オクターブバンドごとのインテンシティレベルの時間変化を求めた（このうち1600Hz以上の帯域についてはインテンシティブローブの感度が低いため、方向の観察のみに使用した）。またこれらのレベルをバンド合成し、A特性のインテンシティレベルを求めた。

3. 測 定 結 果

(1) 時間特性

防音壁なしの条件における200系F編成列車（12両、パ

*東京大学生産技術研究所 第5部

**東和大学工学部

***千葉工業大学工学部

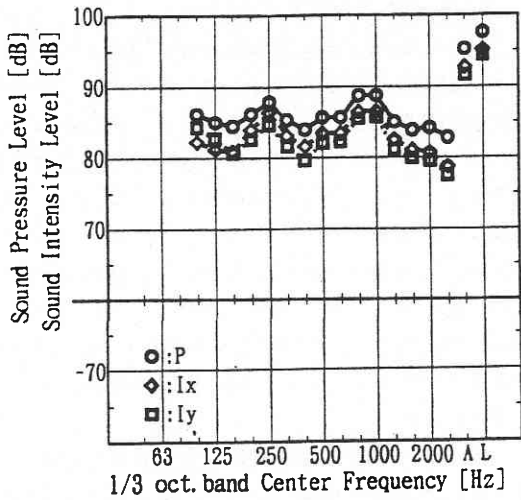


図2 音圧レベルとインテンシティレベルの周波数特性(測定点3)
[200系F編成(12両), 速度233 km/h]

ンタグラフカバー付き, 速度: 233 km/h) の測定結果のうち, 中間的な高さである測定点3の音圧レベルおよび音響インテンシティレベルの周波数特性(列車全体のエネルギー平均レベル)を図2に示す. 800 Hz~1000 Hz帯域, 250 Hz帯域および100 Hz以下でピークとなる周波数特性となっている. これらのうち, 卓越周波数である250 Hzと800 Hz, およびA特性について, 音圧レベル(SPL)と音響インテンシティレベル(SIL)の時間変化を図3に示す. 図中の垂直線は車輪位置を, 矢印はパンタグラフ位置を示す.

250 Hz帯域では, SPL, SILともに大きな変動が見られる. 特に先頭4両(12~9号車)の車両では, 各車両の中間部に対応する位置で顕著なピークが見られる. 一方, 800 Hz帯域では, レベル変動は250 Hz帯域に比べて小さい. またピーク位置は, 車両の連結部に対応している. さ

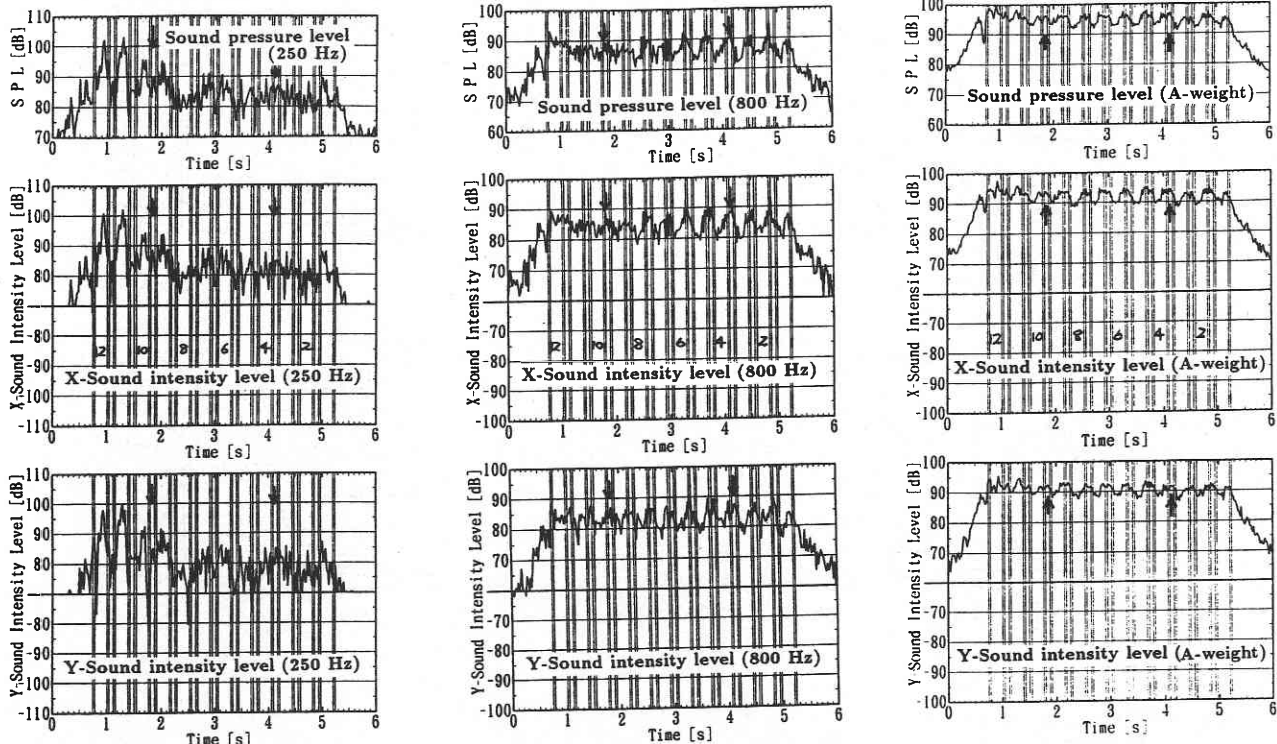


図3 音圧レベルとインテンシティレベルの時間変化(測定点3)
[200系F編成(12両), 速度233 km/h]

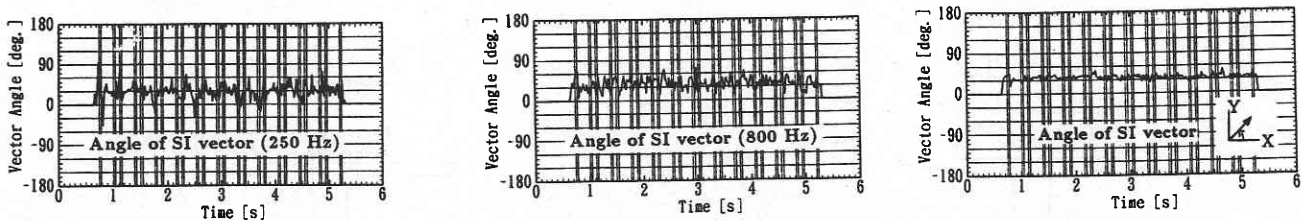


図4 インテンシティベクトルの角度の時間変化(測定点3)

研究速報
 らに A 特性の波形では、レベル変動は全体的に滑らかとなり、列車 1 両 1 両に対応して規則的に変動している。そのピーク位置は 800 Hz 帯域と同様に、連結部をはさむ車輪位置となっている。

新幹線騒音では、パンタグラフの空力音が優勢な音源の一つであると言われている^{1,2)}。しかし今回の測定では、各周波数帯域の SPL, SIL とともにパンタグラフ位置 (10, 9号車間, 4, 3号車) に対応した顕著なピークは見られない。

次に図 4 は、図 3 の X, Y 成分の SIL から瞬時ごとのインテンシティベクトルの角度を求めたものである。SPL, SIL のピーク位置に対応した角度に着目すると、いずれの位置においてもベクトルの角度が大きく変化している様子は見られない。

(2) インテンシティベクトル

列車全体の平均的な騒音放射特性を可視化するために、各測定点の瞬時インテンシティを X, Y それぞれの成分ごとに列車通過時間にわたって積分平均し、それから 2 次元断面内のインテンシティベクトルを求めた。その結果を図 5 に示す。インテンシティの絶対値としては、レール高さ付近が相対的に大きくなっている。また、測定されたベクトルを延長してみると、破線で示すようにほとんどすべてがレール付近あるいは車体下部に集中している。これらの結果から、列車全体を平均的にみた場合には、転動音、モータ音などの列車下部からの騒音放射が優勢であることが確認された。

次に、標準的な反射性の直防音壁を設置した条件で、以上に述べたのと同様の測定を行った。図 6 は、図 5 の場合

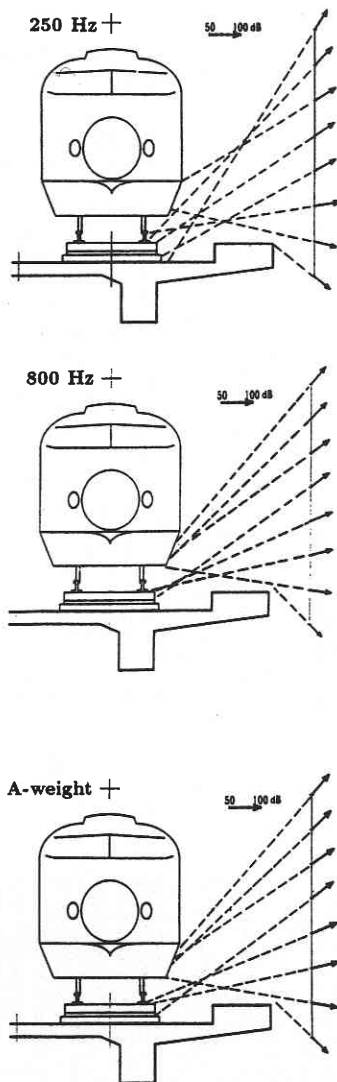


図 5 インテンシティベクトル (防音壁なし)

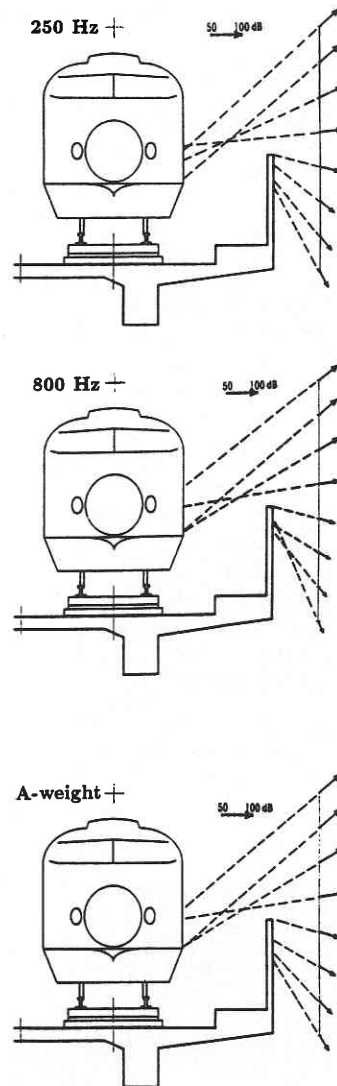


図 6 インテンシティベクトル (防音壁あり)

と同一編成の列車がほぼ同じ速度で走行したときの測定結果であるが、防音壁の効果が明瞭に見られる。またこの場合、防音壁上側の測定点のベクトルの延長線は列車の側壁へ向っており、これは車体と壁の間の多重反射によるものと考えられる。このことは、防音壁を設置した場合の騒音伝搬計算では、仮想的な音源を高い位置に設定する方法も考えられる。

4. む す び

音響インテンシティ法を用いて、新幹線列車の走行状態における騒音放射特性の測定を試みた。その結果、列車の騒音源は、転動音、モータ音など列車下部騒音が主音源であることが確認できた。今回の測定では、パンタグラフの空力音について調べることも一つの目的であったが、その寄与は明確には捉えられなかった。その理由としては、今回測定対象とした200系列車では、パンタグラフの個数が少なくなっており、パンタグラフカバーが採用されているので、転動音などに比べ空力音の寄与が小さくなっているものと思われる。

一般に、鉄道騒音の伝搬予測計算では、音源特性としてパワーレベル、指向性、音源位置などが重要であり、各種の車両・軌道構造を対象としてデータを収集し、騒音予測モデル設定のための検討を行っている^{6,7)}。また高架鉄道については、構造物音の寄与も検討する必要がある、これについても並行して検討を進めている⁸⁾。

最後に、本実測調査の機会を与えられた東日本旅客鉄道株式会社に深く感謝する。(1996年11月29日受理)

参 考 文 献

- 1) 森藤良夫, 善田康雄, 「高速鉄道における空力騒音」, 日本音響学会講演論文集 2-3-12, 605-608 (1992.3).
- 2) A. Torii, Y. Takano, K. Terada, M. Sebata, A. Iida, bK. Horihata and H. Fujita, "Shinkansen's sound source measurements using microphone arrays," Proc. Inter-noise 92, 1171-1174 (1992).
- 3) Y. Oshino and H. Tachibana, "Sound intensity radiation patterns of actually running automobiles," Proc. Inter-noise 92, 849-852 (1992).
- 4) Y. Hidaka and H. Tachibana, "Measurement of sound power radiation from elevated road structures by sound intensity method," Proc. Inter-noise 92, 841-844 (1992).
- 5) Y. Hidaka, H. Tachibana, Y. Matsui and R. Kaneko, "Measurement of sound radiation from Shinkansen train by sound intensity method", Proc. Inter-noise 95, 215-218 (1995).
- 6) 朱鎮洙, 日高新人, 矢野博夫, 橘秀樹, 「音響インテンシティ法による在来線鉄道の音響放射特性の検討」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 40102, 203-204 (1995.8).
- 7) 朱鎮洙, 日高新人, 矢野博夫, 橘秀樹, 「平坦地における在来線鉄道の騒音伝搬予測」, 日本音響学会講演論文集 2-5-7, 719-720 (1995.9).
- 8) 朱鎮洙, 日高新人, 矢野博夫, 橘秀樹, 「在来線高架鉄道の騒音放射特性及び騒音伝搬予測の検討」, 日本音響学会講演論文集, 729-730 (1996.3).