

# スパイラルアレイマイクロホン装置による新幹線高速走行車両の音源探査技術

中嶋 信明 ( JR東日本コンサルタンツ(株) )

石塚 康夫 ( JR東日本コンサルタンツ(株) )

キーワード：新幹線騒音，測定技術，鉄道騒音可視化

## 1. はじめに

新幹線は開業時より，高速走行時における騒音・振動問題が主要な環境問題の一つとなっている。特に騒音問題は，年々新幹線が高速化することに伴い，音源の構成が車輪とレールとの衝撃音である転動音主体から空力音やパンタグラフ部スパーク音（集電系音）に主体に変化してきている。

また，JR東日本では，「安全で快適」な輸送をより高速に行うために東北新幹線を現行の275km/hから360km/hに走行速度のアップを計画している。

この高速化に対応した総合的な騒音低減対策には車両の音源を明確に分離し，個々の音源が全体音にどのように寄与するかを把握する必要がある。

そこでJR東日本では，114本のマイクロホンをスパイラル状に配列して移動音源（新幹線）を捉え，ラインセンサーカメラを用いて撮影した高速走行（360km/h）する新幹線画像とを合成し新幹線騒音源を詳細に把握する測定装置を開発した。

当社では，2003年3月～4月に上越新幹線において高速走行試験を実施した際に本装置を用いた測定をおこなった。本発表では，その測定について報告する。

## 2. 測定方法

これまで車両からの音の発生源を特定するために超指向性アレイマイクロホン<sup>1)</sup>，音響インテンシティ法<sup>2)</sup>，Xアレイマイクロホン<sup>3)</sup>などで測定が行われてきた。本装置は，高速ラインセンサーカメラで撮影した「車両の画像」とスパイラル状に配置したマイクにより集音した分析結果を合成し「カラーマップ図」

を作成し，音の発生箇所をより詳細に特定するものである。

なお，装置の形状および配列は静止音源の無響音室実験などによりスパイラル状<sup>4)</sup>に決定されている。

### 2.1 システム構成

本装置の全体構成を図-1に示す。本装置は，集音部（スパイラルアレイマイクロホン）と画像撮影部（ラインセンサーカメラ）の大きく二つの部分から構成される。また集音部はマイク本体と解析機器，画像撮影部はカメラ部と画像処理機器より構成されている。

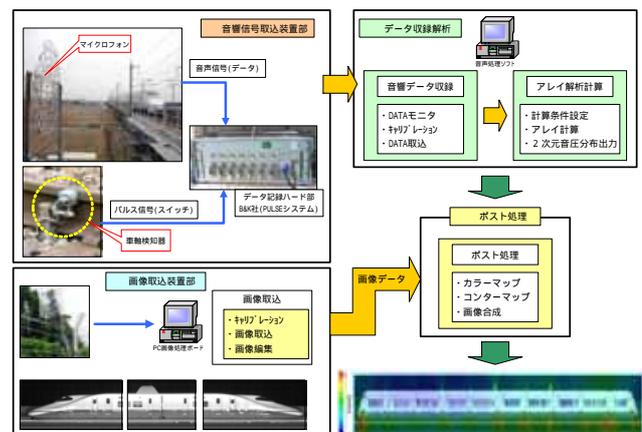


図 - 1 システム構成図

#### a) 集音部

本装置の集音部は，114本のマイクを直径4mのスパイラル状鉄製フレームに取り付けたものである。本装置は，マイクと測定対象音源までの距離が10mに決められている。

この場合高さ方向で5mまでの範囲が測定可能である。

この114chマイクで取り込んだ音響信号をPC上のソフトにて処理を行ないラインセンサーカメラの撮影画像と合成し，カラーマップ図を作成する。

## b) 画像撮影部（ラインセンサーカメラ）

ここで使用するカメラはモノクロのラインセンサーカメラである。このラインセンサーカメラは、走行方向に1pixelで高さ方向に1,024pixelの画像を一定時間間隔で撮影する。

そして、この画像を列車の延長方向に合成し連続画像を作成するものである。

1回の撮影は、延長400mの車両が360km/hで通過するまでの時間を対象としており、CCDカメラの焦点距離の都合から5mまでを撮影範囲として扱っている。

また、撮影した画像に諸条件を与えることで画像から走行速度を算出可能である。

マイクによる音響信号とラインセンサーカメラの画像を同期させるためレールに磁気センサー（車軸検知装置）を設置して出力される信号を利用した。

## 2.2 測定の方法

2003年3月19日～4月6日に上越新幹線（浦佐駅～燕三条駅間）において高速走行試験が実施された際、本装置を用いた測定を行ったため、その時の状況について記述する。

### a) 測定機器接続

4分割されている「スパイラルアレイマイクロホン」本体部鉄製フレームを組み立てる。本フレームは、2～3名が約1時間で組立可能であり、組立後直径約4mの円形になる。その後、114個のマイクを接点に取り付ける。本装置が垂直に立ち上がった状態でマイクと干渉しないようにケーブルを数本ずつ束ねて引き回し、フレームに固定し解析用のパソコンに接続する点が最も手間と時間を要するものである。4～5名で3～4時間程度の作業時間を必要とする。なお、この時期に平行作業でラインセンサーカメラの設置と本体固定用のフレーム及び足場の建設を行う。

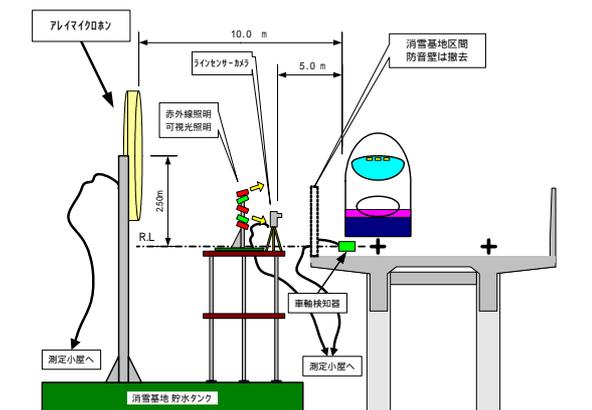
作業は設置場所によるが概ね数名で半日作業となる。測定時における条件はマイク本体と対象物(車体)との距離が10m、カメラと車

体の距離が5mとなるように設置することである。

また、レール設置の磁気センサーは線路内作業となるため、安全上の理由から新幹線の営業が終了した夜間に所定の手続きにより設置する。

### b) 測定

測定方法について説明する。測定は、高架橋の防音壁を撤去した区間において行った。新幹線の計画走行速度が360km/h(100m/s)と非常に高速なため、列車の接近合図のタイミングが重要となる。測定場所は高架部であったため見通しの良い位置で2段階の合図を行った。第1段階として前照灯の目視確認時に準備合図を行ない、カメラと解析装置の測定準備をした。次に、第2段階として直近200m程度の付近で測定開始の合図を行った。この合図によりパソコンによるマイクからの音声信号取込み開始操作とラインセンサーカメラシステムによる画像撮影を行った。音声信号は、パソコンによりA-D変換が同時に行われ、騒音コンターが作成される。そして別途取り込まれた画像と磁気センサーからの信号を利用して同期を取り合成する。



## 3. 測定 図 - 2 測定断面図

### 3.1 結果

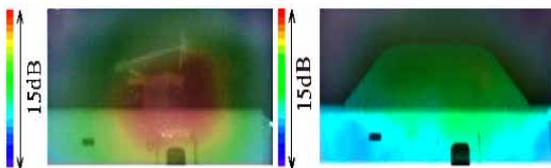
ここでは、2003年3月19日～4月6日に上越新幹線（浦佐駅～燕三条駅間）において360km/hの高速走行試験を実施した際の以下の測定結果について示す。250Hz～4,000Hzの

1/1オクターブバンドオーバーオールの結果である。

(注)音の大きい部分は赤色系，小さい部分は緑～青色に表示されている。

#### a)パンタグラフ部対策有無の違い

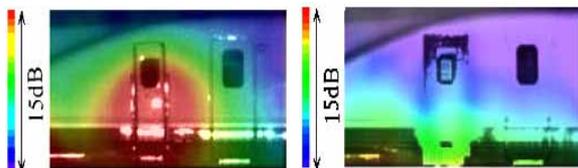
図 - 3は，パンタグラフ部（集電系）からの騒音対策として遮へいカバー設置の有無についての結果である。その結果，カバーにより音の大きい赤い部分がなくなりカバー設置の効果が得られていることがわかる。



(1)パンタカバーあり (2)パンタカバーなし  
図 - 3 パンタ部対策有無による違い

#### b)乗務員ドア対策の有無による違い

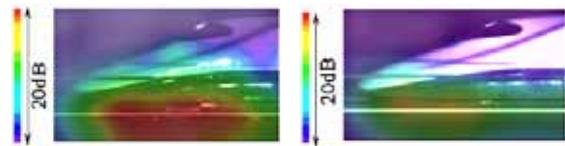
図 - 4は，先頭車両の乗務員用ドア，手すり部をアルミテープなどで平坦になるよう処理をおこなったものである。対策後は手すり部の空力音が減少していることがわかる。



(1)対策前 (2)対策後  
図 - 4 乗務員ドア平滑対策による違い

#### c)スノーブラウ形状による違い

積雪寒冷地を走行する車両の先頭部には車両前面の雪を排雪する板（スノーブラウ）が取り付けられている。図 - 5は低騒音型スノーブラウに改良し車輪の台車カバーを取り付けたケースと通常型スノーブラウで台車カバーを外したケースでの比較である。本ケースは複合対策の結果であるため個別の対策による効果は明確でないが，対策により先頭部からの音の発生が抑えられている。



(1)対策前 (2)対策後  
図 - 5 先頭部対策による違い

### 3.2 まとめ

スパイラルアレイマイクロホンとラインセンサーカメラによる画像を組み合わせる本装置は，高速移動音源での音源分布を可視化することが可能となる。さらに実際の画像と重ね合わせることによってリアルタイムで個々の場所から発生する音源がどの程度発生しているかを把握することが可能である。これにより車両を音源とする騒音の低減対策では効果的対策を重点的に行うことが可能となる。

しかし，現時点では試作段階であるため組立を簡素化し少人数で早く設置が可能にする点，マイクの降雨対策，ラインセンサーカメラの調整の簡素化などが課題であると思われる。

#### 謝辞

今回の測定に際して，(株)日立エンジニアリング前氏はじめJR東日本研究開発センターの村田氏(現(財)鉄道総合技術研究所)若林氏など多くの方にご指導，ご協力いただき感謝しております。

#### 参考文献

- 1)荒井ほか，広帯域狭角度指向性マイクロホン，日本音響学会論文集(1978)
- 2)高野ほか，X字型マイクロホンアレイによる新幹線車両の音源特性，日本機械学会機械力学・計測制御講演論文集 Vol. B (1995)
- 3)河原ほか，音響インテンシティによる新幹線騒音音源分離手法の研究，J-Rail 96 講演論文集(1996)
- 4)高野ほか，高速移動体音源可視化システムの開発，日本機械学会環境工学総合シンポ

ジウム講演論文集(2003)

- 5) 村田ほか, アレイマイクロホンとラインセンサーカメラによる新幹線音源分布の可視化, 日本機械学会環境工学総合シンポジウム講演論文集(2003)