

高速試験車 「FASTECH360」における 騒音低減の取組み



栗田 健*



若林 雄介*



山田 晴夫*



堀内 雅彦*

当社では360km/hを目標速度として、新型低騒音パンタグラフ、パンタグラフ遮音板、車体下部吸音、全周平滑ホロなどの新たな低騒音技術を盛り込んだ高速試験車「FASTECH360」を開発し、2005年6月以降走行試験を行っている。走行試験開始後もスパイラルアレイマイクロホンによる車両音源分布測定結果などをもとに改良を重ね、「FASTECH360Z」と「FASTECH360S」の併結走行では、現行のE3系とE2系の併結運転時に比べて4～5dBの騒音低減が実現でき、目標とする360km/hには届かなかったものの、現行営業車275km/h走行時の騒音レベルと同等となる速度（現状非悪化速度）は330km/h程度となった。

●キーワード：新幹線、騒音、マイクロホンアレイ、パンタグラフ、空力音

1. はじめに

新幹線の高速化における最大の課題は騒音の抑制である。当社では、目標速度を360km/hとして高速試験車2編成（「FASTECH360S」（新幹線専用車、8両編成）および「FASTECH360Z」（新幹線・在来線直通車、6両編成））を開発し、2005年6月（「FASTECH360Z」は2006年4月）から東北新幹線（主として仙台～北上間）で走行試験を行っている。本稿では「FASTECH360」（「FASTECH360S」、「FASTECH360Z」の総称）における騒音対策の概要、走行試験開始後の騒音低減の取組みおよび騒音測定結果について述べる。

2. 「FASTECH360」における騒音対策概要

2.1 新幹線の騒音源

新幹線走行時の騒音源は、図1に示すように、その発生源別に集電系音（架線・パンタグラフ系から発生する音）、先頭部空力音、車両上部音（車間部などの空力音）、車両下部音（転動音、台車周りの空力音など）、構造物音（高架構造物からの振動放射音）の5つに分類することができる。2.2に構造物音を除く車両対策について「FASTECH360S」を例に騒音対策の概要を述べる。なお「FASTECH360Z」についても「FASTECH360S」とほぼ同様の対策をとっているが、在来線車両限界内に収め

るためにパンタグラフ遮音板を可動式にするなどの変更を加えている。

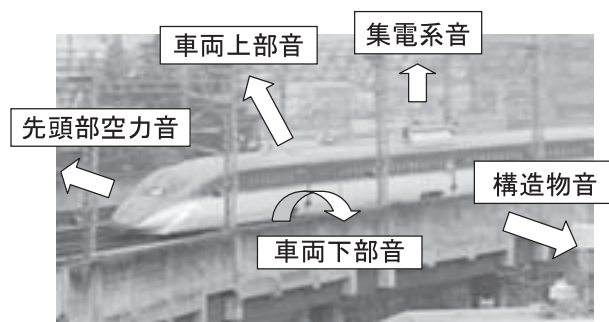


図1 新幹線走行時の騒音源

2.2 音源別車両対策

2.2.1 集電系音

「FASTECH360S」では、PS207型パンタグラフ（図2、E2系1000番代搭載パンタグラフ）の改良型である「くの字」主枠型パンタグラフ（図3（a））と、さらに中間ヒンジをなくした「一本」主枠型パンタグラフ（図3（b））の2種類のパンタグラフ^{1) 2)}を搭載している。これらはPS207型パンタグラフの最も強い音源となっていた台枠風防カバーの形状を改良し、低騒音化を実現したパンタグラフである。

またパンタグラフは1編成あたり2基搭載しているが、そのうち1基を折りたたんでパンタグラフ遮音板で遮音している。これにより受音点から折りたたんだパンタグラフを見通せなくなることによる回折減衰効果が得られる

ため、さらに集電系音低減が可能となる。当初搭載したパンタグラフ遮音板はより大きな回折減衰効果を得ることをねらって、Z形の断面形状（図4）とした¹⁾ 3)。



図2 PS207型パンタグラフ

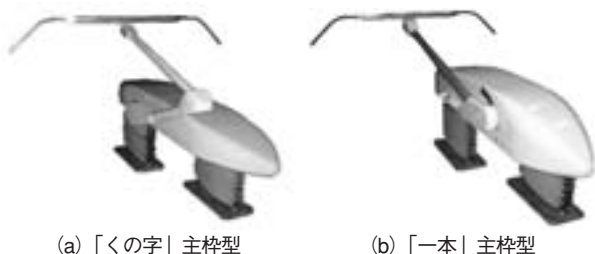


図3 新型低騒音パンタグラフ



図4 Z形パンタグラフ遮音板

従来は1編成あたり2基のパンタグラフ（併結走行時は合計4基）で集電し、離線によるアークの発生を抑えていた（編成内の2基のパンタグラフは高圧母線で引き通されているが、併結走行時の編成間は引き通されていない）。しかし「FASTECH360」では1編成1パンタグラフ集電走行（図5、走行方向に対して編成後方側となるパンタグラフを使用）を前提としているため、従来のPS207よりも集電性能を大幅に向上させ、離線を極力抑える必要がある。そのため、多分割すり板¹⁾（図6）を新規開発した。10分割

した主すり板をシリコンゴム板上に配置することで、すり板間を柔軟に結合し、可動質量を低減することにより架線への追従性を高めていることが特徴である。これにより高張力架線との組合せで良好な集電性能が得られ、1編成1パンタグラフ集電による集電系音低減が可能となった。

2.2.2 車両下部音

PS207型パンタグラフや低騒音碍子を採用しているE2系1000番代では集電系音が低減した結果、防音壁に隠れている車両下部音の寄与が相対的に大きくなってきていることから、全体騒音を低減するためには下部音の対策も重要な要素となる。

「FASTECH360S」では床下機器下面高さまでの台車側面カバーを装備し、さらに車両・防音壁間の多重反射過程において下部音を低減させるために、台車側面カバーを含めた車体側スカートおよび床下フサギ板などの車体下部に吸音パネル¹⁾を適用した（図7）。

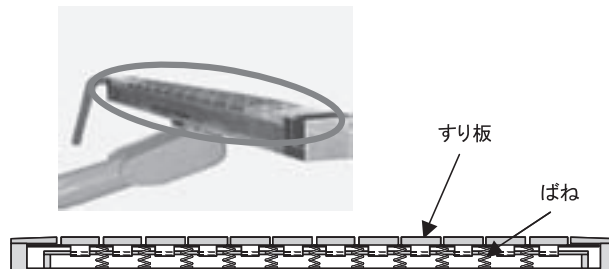


図6 多分割すり板の構造



(a) 車体側スカート (b) 床下フサギ板

図7 車体下部吸音

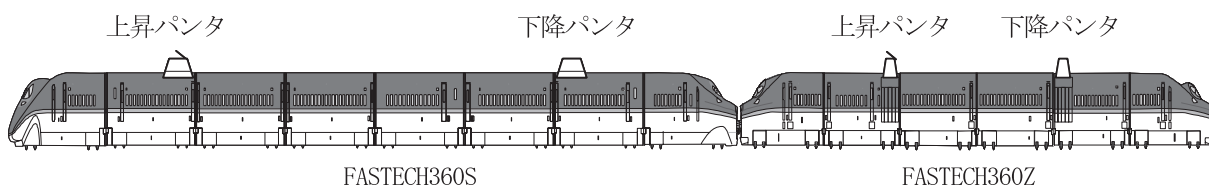


図5 使用パンタグラフ（FASTECH360Z・FASTECH360S 下り併結走行時）

2.2.3 先頭部空力音

先頭台車部、乗務員ドア手すり部、スノープラウからの空力騒音が主体であり、これらの対策として台車側面カバー、乗務員ドア手すり部の平滑化、スノープラウカバー（図8）などを採用している。

2.2.4 車両上部音

車間部については全周平滑ホロ（図9）とし、その他の側引戸、窓などについても車体外板と平滑になるようにしている。



図8 スノープラウカバー

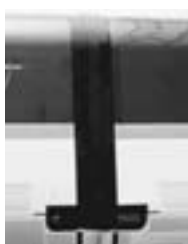


図9 全周平滑ホロ

3. 走行試験結果

3.1 走行試験開始後の騒音低減の取組み

3.1.1 音源の特定および対策の検討

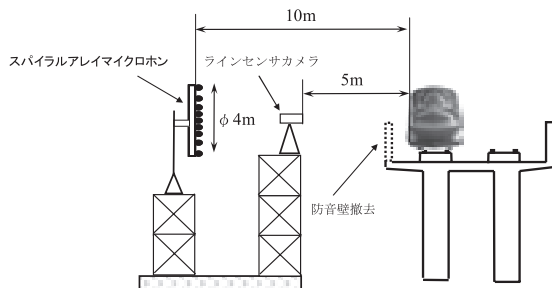


図10 スパイラルアレイマイクロホンによる測定

「FASTECH360S」のスパイラルアレイマイクロホン⁴⁾による測定概要図および測定結果を図10、図11に示す。

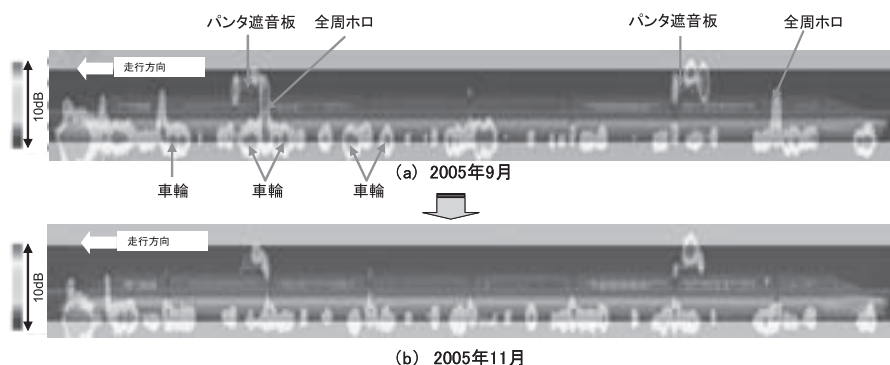


図11 FASTECH360Sの車両音源分布測定結果（速度約340km/h、測定のため防音壁撤去）

図11（a）は走行試験初期の測定結果である。パンタグラフ遮音板後端から大きな音が発生していることがわかる。また一部の車輪、全周ホロからの発生音も大きい。そこでこれらの音源対策について検討を行った。

パンタグラフ遮音板の音源については、特に後端からの空力音は流れのはく離により生じる渦によるものと考えられ、遮音板の高さ方向の渦の相関長さを短くするため、ボルテックスジェネレータ（かまぼこ形の微小突起物）付加対策（図12）および過去のE2系1000番代の走行試験⁵⁾で実績のある、遮音板前後端を側面からみて45度傾斜とした平板形断面のパンタグラフ遮音板（図13、平板形パンタグラフ遮音板（45度タイプ））について順に走行試験を実施した。その結果、図11（b）に示すとおり平板形パンタグラフ遮音板（45度タイプ）を使用した場合の方が良い結果が得られ、遮音板から発生する音を大幅に低減できることがわかった。



図12 Z形パンタグラフ遮音板へのボルテックスジェネレータ付加



図13 平板形パンタグラフ遮音板（45度タイプ）

車輪（走行方向に向かって前方の車輪）からの発生音については、車輪側面のブレーキディスク裏面の冷却フィンの通風路を塞ぐ走行試験を行い、図11 (b) のように他の車輪並みに低減できたことから、冷却フィンの空力音が原因であることがわかった。また全周ホロについては、ホロ板間の隙間に空気が流れ込むと大きな音が発生することがわかり、隙間を塞ぐことにより、図11 (b) のように低減可能であることがわかった。

3.1.2 25m騒音

図14、図15にそれぞれ騒音測定概要図および無指向性マイクロホン（動特性SLOW）による測定結果を示す。図15から「FASTECH360S」（単独走行時）は、3.1.1に述べた対策を行うことにより、2005年11月時点で現行営業車275km/h走行時の騒音レベルと同等となる速度（現状非悪化速度）を320km/h程度にまで改善できる見通しを得ることができた。

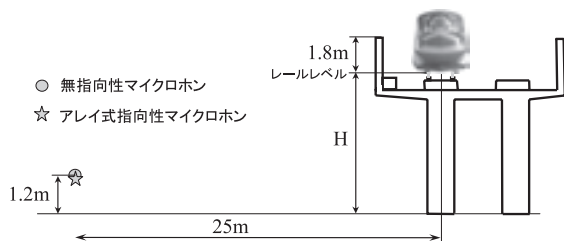
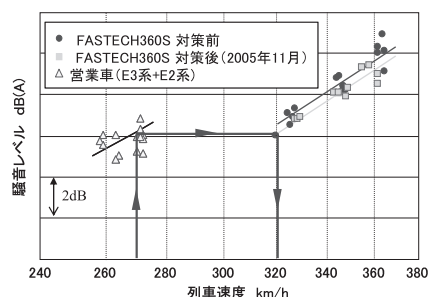
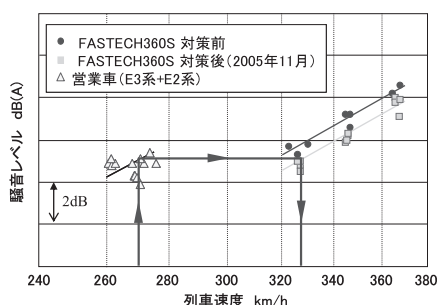


図14 25m騒音測定（東北新幹線374k300付近（H=8.6m）および387k750付近（H=8.6m））



(a) 25m騒音（東北新幹線374k300付近）



(b) 25m騒音（東北新幹線387k750付近）

図15 25m騒音測定結果（2005年11月時点）

3.1.3 車両の改良その他

3.1.1の対策の検討結果をふまえ「FASTECH360S」の各騒音対策の改良を行った。パンタグラフ遮音板については、2006年3月に1/10模型風洞試験を行い、2006年7月～9月には遮音板自身の空力音がさらに小さい平板形パンタグラフ遮音板（30度タイプ）（図16）に変更した。さらに2006年8月にはパンタグラフは2基とも低騒音性に優れた「一本主棒」型パンタグラフに統一した。また2006年5月から9月にかけて、車輪側面のブレーキディスク裏面の冷却フィン形状の改良（図17、ディスク内周側にリブをつけて、フィン内部への空気の流入を減らした）、全周ホロの改良（図18、3枚のホロ板のうち中央の板をゴムに変え、両端の2枚のホロ板をゴムでつなぎ、空気の流入する隙間を解消した）を実施した。



図16 平板形パンタグラフ遮音板（30度タイプ）

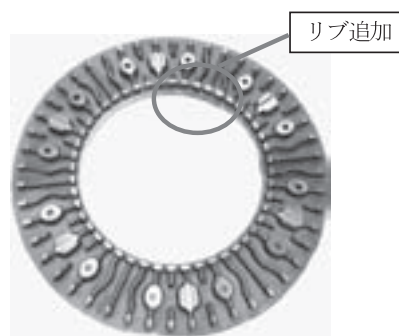


図17 改良ブレーキディスク



図18 改良全周平滑ホロ

2006年4月に走行試験を開始した「FASTECH360Z」においても、可動式パンタグラフ遮音板の前後端部を直角から30度傾斜に形状変更（図19）するなど、「FASTECH360S」と同様の改良を行った。

また図15（a）と（b）を比較すると、（b）では対策効果が1dB程度なのに対し（a）では0.5dB程度であった。374k300付近における車両対策の効果が比較的小さいことから、構造物音の影響によるものと推定し、その低減のため、374k300付近には、2006年7月に前後100m（計200m）区間にわたり、低ばね定数軌道パッド（図20、静的ばね定数は通常の軌道パッドの半分の30MN/m）への交換を行った。



図19 可動式パンタグラフ遮音板（「FASTECH360Z」）

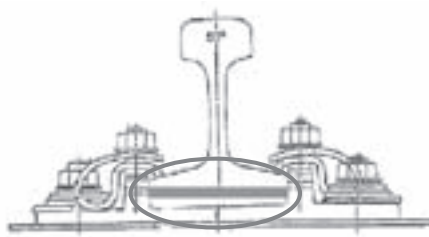


図20 軌道パッド断面図

3.2 「FASTECH360」の騒音性能

アレイ式指向性マイクロホン（時定数35ms）によるパンタグラフピーク音およびパンタグラフのない車間部のピーク音（東北新幹線387k750付近）（2006年8月～11月測定）を図21および図22に示す。また無指向性マイクロホン（動特性SLOW）による測定結果（東北新幹線374k300付近および387k750付近）（2006年8月～11月測定）を図23に示す。図21から、新型低騒音パンタグラフと平板形パンタグラフ遮音板（30度タイプ）を組み合わせた「FASTECH360」のパンタグラフピーク音はE2系に比べて2dB以上、E3系との比較では5dB以上低減していることがわかる。また下降パンタグラフについてはパンタグラフ遮音板に隠れる部分が増える効果により、集電パンタグラフよりもピーク音レベルは小さくなることが確認できた。

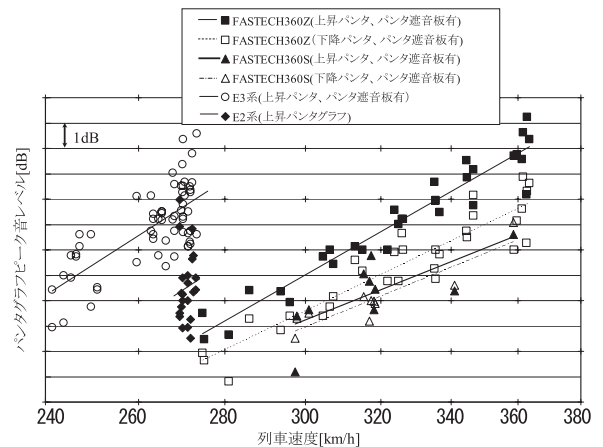


図21 パンタグラフピーク音

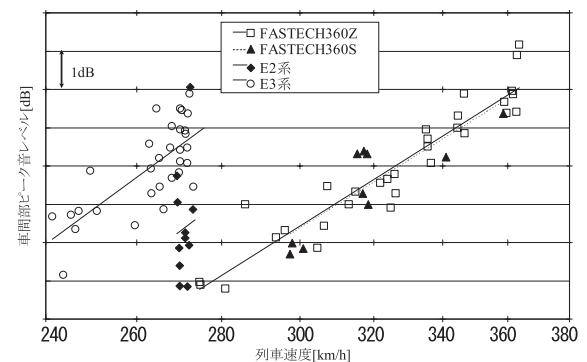
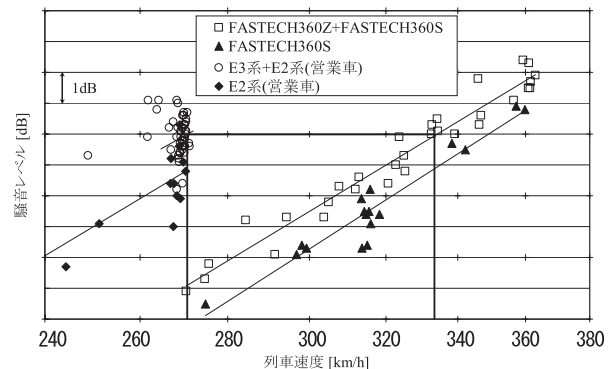
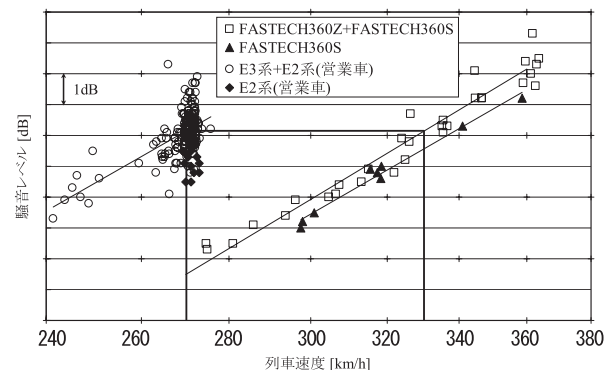


図22 車間ピーク音



(a) 25m騒音（東北新幹線374k300付近）



(b) 25m騒音（東北新幹線387k750付近）

図23 25m騒音（2006年8月～11月測定）

図22から「FASTECH360」の車間ピーク音はE2系に比べて1~2dB、E3系との比較では4dB程度低減していることがわかる。これは全周平滑ホロ、車体下部吸音などによる騒音低減効果であり、特に当社管内の新幹線はスラブ軌道であるため車体下部吸音の効果が大きかったものと考えられる。

図23から25m騒音については、3.1.2に述べた車両改良により、「FASTECH360Z」と「FASTECH360S」の併結走行では、現行のE3系とE2系の併結運転時に比べて4~5dBの騒音低減が実現できた。目標とする360km/hには届かなかったものの、現状非悪化速度は330km/h程度となり、また「FASTECH360S」単独走行では340km/h程度となった。この差は「FASTECH360Z」は在来線車両限界内に収める必要があることから、「FASTECH360S」に比べて各騒音対策の効果が小さいためである。

また図15と図23を比較すると、374k300付近の方は低ばね定数軌道パッドを入れたことにより構造物音が低減し、387k750付近よりもむしろ良い結果となっている。このことから「FASTECH360」の騒音性能を考えると、構造物音の全体騒音への寄与は無視できないレベルにあるといえる。

4. まとめ

- (1) 「FASTECH360Z」と「FASTECH360S」の併結運転時の騒音レベルが現行営業車275km/h走行時の騒音レベルと同等となる速度（現状非悪化速度）は330km/h程度となり、また「FASTECH360S」単独走行では340km/h程度となった。
- (2) 新型低騒音パンタグラフと平板形パンタグラフ遮音板（30度タイプ）との組み合わせで、パンタグラフピーク音はE2系に比べて2dB以上、E3系との比較では5dB以上低減させることができた。
- (3) 全周平滑ホロ、車体下部吸音などにより車間ピーク音をE2系に比べて1~2dB、E3系との比較では4dB程度低減させることができた。
- (4) 「FASTECH360」の騒音性能を考えると、構造物音の全体騒音への寄与は無視できないレベルにある。

5. おわりに

これまでの「FASTECH360」の開発および走行試験を通じて、一定の成果を得ることができた。今後は、これまで以上に多くの複合対策が必要になることは明らかであり、さらなる新幹線騒音低減のために、音源別寄与推定の精度向上および舟体を含むパンタグラフの空力音、台車空力音を含む車両下部音、構造物音などの音源別の発生メカニズムの解明と発生メカニズムに基づく対策の開発を進めていく。

参考文献

- 1) A.Ido, T.Kurita, Y.Wakabayashi, M.Hara, H.Shiraishi, M.Horiuchi, Development of Technologies for Minimizing Environmental Impacts, Proceedings of 7th World Congress on Railway Research [CD-ROM], 2006.6
- 2) 原 正明, 栗田 健, 堀内雅彦, 佐藤仁志, 四釜敏男, 低騒音パンタグラフの開発（空力騒音の低減）, 日本機械学会第14回交通・物流部門大会講演論文集, No.05-52, pp.103~104, 2005.12
- 3) 若林雄介, 栗田 健, 堀内雅彦, 藤本卓也, 藤田啓晴, シミュレーション及び模型実験によるパンタグラフ遮音板形状の検討, 第11回鉄道技術連合シンポジウム（J-RAIL2004）講演論文集, pp.331~332, 2004.12
- 4) Y.Takano, K.Sasaki, T.Satoh, K.Murata, H.Mae, J.Gotoh, Development of Visualization System for High-Speed Noise Sources with a Microphone Array and a Visual Sensor, Proceedings of Inter-Noise2003, N930, 2003.8
- 5) 佐藤寿一, 村田 香, 佐々木浩一, E2系1000番代走行試験時の沿線騒音低減対策について, 第9回鉄道技術連合シンポジウム（J-RAIL2002）講演論文集, pp.469~472, 2002.12