

新幹線の集電系および車体下部騒音の低減対策

村田 香* 佐藤 寿一* 佐々木 浩一*

新幹線騒音は集電系音、下部音、上部空力音、構造物音に大別でき、その各々について対策を検討しなければならない。本論文では、それらの対策法に関して、(1) E2系1000番代の走行試験結果、(2) 下部音対策のための2次元数値シミュレーションおよび縮尺模型実験結果の2項目について述べる。(1)については、低騒音パンタグラフ・低騒音碍子の性能を確認すると同時に、パンタ遮音板を施したときの効果、1パンタ走行の効果、台車側カバー、台車まわり吸音構造、全周ホロを設置したときの騒音低減効果を求めた。その結果、低騒音パンタグラフ・低騒音碍子は、320km/h 走行時25m地点において従来に比べ約0.8dBの低減が見込まれることがわかった。また、現状で考えられうる全ての対策を施したときは約3dBの低減が見込まれることがわかった。(2)については、車体表面に吸音材を施したときの2次元数値シミュレーションおよび無響室内の縮尺模型実験を行い、吸音材の貼付位置、量と低減効果の関係を調べた。その結果、車両側面に吸音性を持たせた場合、下部音で4dB程度の低減が見込まれることがわかった。

キーワード：下部音、集電系音、E2系1000番代、低騒音パンタグラフ・碍子、模型実験、音源分離

1 はじめに

新幹線の集電系騒音、下部騒音の低減対策を検討するため、以下の現車試験、模型実験を行った。

- (1) E2系1000番代に1パンタ走行、パンタ遮音板、台車側カバー、台車まわり吸音構造、全周ホロの対策を施したときの25m点における騒音レベル（普通騒音計、超指向性アレイ式マイクロホン）を測定し、それぞれの対策の効果を推定した。
- (2) 防音壁との多重反射をおさえるため、車体表面に吸音構造を施した場合の騒音低減効果を数値シミュレーションと無響室内の縮尺模型実験によって検討した。

2 E2系1000番代の地上騒音測定

2.1 概要

E2系1000番代は集電系騒音対策のために低騒音パンタグラフ、低騒音碍子を装備している。そこで、走行試験を実施し、低騒音パンタグラフ・碍子の集電性能、集電系騒音の低減効果を求めた。そして、さらなる集電系騒音低減を図るため、パンタグラフに遮音板を仮設するとともに、音源数を減らすために1パンタグラフ走行を行い、その効果を調べた。

一方、最近では集電系の対策にともない集電系音が小さくなっており、相対的に車両下部からの騒音の寄与が大きくなっている。そこで、今回の走行試験においては、これまで下部音対策として風洞試験で効果がみられている台車側カバー・全周ホロを仮設するとともに、台車まわり内側に吸音構造を施し、その低減効果を調べた。

2.2 各対策と測定の日程

各部位の対策と測定シリーズとの関係を表2.1にまとめる。表2.1に示すとおり、Step1では、低騒音パンタグラフ・碍子のみを搭載し、他の騒音低減対策をほどこしていない。Step2では、4号車と6号車に設置されているパンタグラフの両方に遮音板が設置された。Step3では遮音板には吸音構造を施した。Step4では遮音板をつけたまま1パンタグラフ走行（以下1パンタ走行と呼ぶ）を行い、Step5では遮音板をはずして1パンタ走行を行った。1パンタ走行のときは6号車のパンタグラフ（高速走行時の前側）を折りたたんだ。

今回の走行試験では、台車側カバー・台車まわり吸音構造の仮設、撤去あるいはパンタ遮音板の仮設、撤去といった大規模な工事はStep1とStep2の間に限定された。この工期の関係上、台車まわりの対策は編成全体に行われず、半編成である5号車後位～8号車間についてののみ

された。そして、台車側カバーがありかつ1パンタ走行をおこなった試番は存在しなかった。

台車まわりの対策については、Step2～Step3にわたって台車には側カバーを設けるとともに、台車側カバーの内側および台車の前面、後面、および上面に吸音構造を施した。そしてStep4～Step5では台車側カバーと前面、後面の吸音構造を撤去し、上面の吸音構造のみを残している。他方、全周ホ口はStep2～Step5にわたって、5号車～6号車ならびに7号車～8号車間に仮設された。

騒音対策の仮設位置および各車両における仮設物一覧を図2.1にあらわす。

表2.1：騒音低減対策一覧

	Step1	Step2	Step3	Step4	Step5
4号車パンタ	無対策	遮音板	遮音板 吸音構造	遮音板 吸音構造	無対策
4～5号車間	無対策	無対策	無対策	無対策	無対策
5～6号車間	無対策	側カバー 吸音構造 全周ホ口	側カバー 吸音構造 全周ホ口	上部のみ 吸音構造 全周ホ口	上部のみ 吸音構造 全周ホ口
6号車パンタ	無対策	遮音板	遮音板 吸音構造	下げ 遮音板 吸音構造	下げ
6～7号車間	無対策	側カバー 吸音構造	側カバー 吸音構造	上部のみ 吸音構造	上部のみ 吸音構造
7～8号車間	無対策	側カバー 吸音構造 全周ホ口	側カバー 吸音構造 全周ホ口	上部のみ 吸音構造 全周ホ口	上部のみ 吸音構造 全周ホ口
8号車先頭部	無対策	側カバー	側カバー	無対策	無対策

※ 8号車先頭部および7号車後位寄側は速度発電機などが支障するため側カバー内側に吸音構造なし

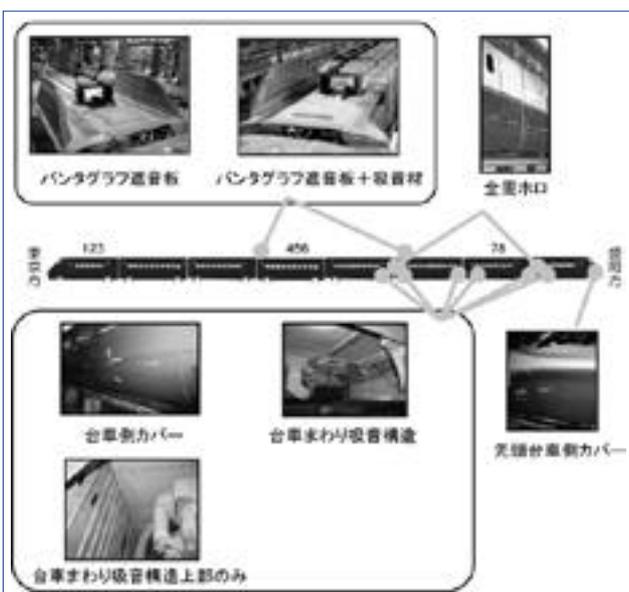


図2.1：騒音対策の仮設一覧

2.3 測定方法

測定場所は古川～くりこま高原間の下り線側である。今回の走行試験では下り線のみで高速走行する。構造物中心から25m地点に普通マイクロホン騒音計（以下、普通騒音計と略す）と超指向性アレイ式マイクロホン（以下、アレイマイクロホンと略す）を地上から高さ1.2mに設置して測定した。アレイマイクロホンは騒音の音源を分離することができるため、各々の対策の効果を調べるために使用される。列車速度は車軸検知器をレールにとりつけて測定された。

測定地点にアレイマイクロホンならびに普通騒音計を設置した様子を図2.2に示す。



図2.2 騒音測定状況

2.4 測定結果

2.4.1 測定波形

図2.3 (a) に普通騒音計による測定（時定数1s、A特性補正）の結果の波形例を、図2.3 (b) アレイマイクロホンによる測定（時定数35ms、A特性補正）の結果波形例を示す。図2.3 (b) の2箇所突出している点がパンタグラフによる集電系騒音で、その値をPレベルと呼ぶ。Pレベル以外の極大値をQレベルと呼び、PレベルとQレベルをあわせて“山”と称する。一方、山に挟まれた極小値を“谷”と称する。

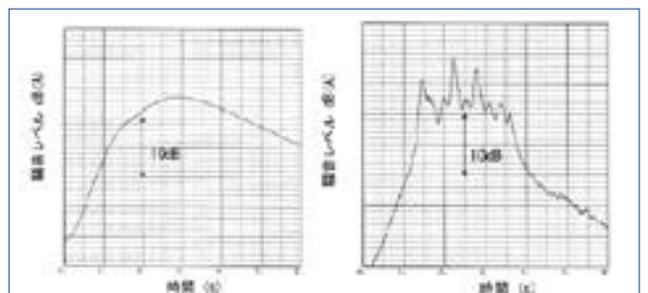


図2.3：(a) 測定結果(普通騒音計) (b)測定結果 (アレイマイクロホン)

2.4.2 25m地点騒音レベルの測定結果

図2.4に25m地点の騒音レベルと列車速度の関係をプロットする。E2系0番代の営業車は今回の走行試験のStep1で測定され、E2系0番代の高速域のデータは98年5月の走

行試験の時のものである。なお、図2.4の横軸（速度）はlogスケールになっていることに留意する必要がある。各プロットには回帰線もあわせて示す。図2.4のE2系0番代とE2系1000番代の回帰線より、両者の騒音レベルの差は320km/hで約0.8dBであった。この値は低騒音パンタ・低騒音碍子の効果であると考えられる。

このほか、図2.4よりいくつかの知見を得ることができる。まず、Step2とStep3を比べると高速域ではその差がほとんどない。したがって、高速域ではパンタ遮音板に設置した吸音材はあまり効果がないと考えられる。

また、1パンタ走行であるStep4,5と2パンタ走行であるStep2,3を比べると、概ね1パンタ走行の方が2パンタ走行よりも騒音レベルが小さくなっており、1パンタ走行の低減効果が見られる。しかし、図2.4に示すとおり、25m地点の騒音レベル値が逆転している場合がある。これは離線にともない発生するスパークが2パンタ走行にはない騒音を新たに生みだしていると考えられる。1パンタ走行でスパークが起きている波形を図2.5に示す。

図2.5より1パンタ走行をする場合は、スパークによる騒音を防ぐために集電性能の向上が必要となる。

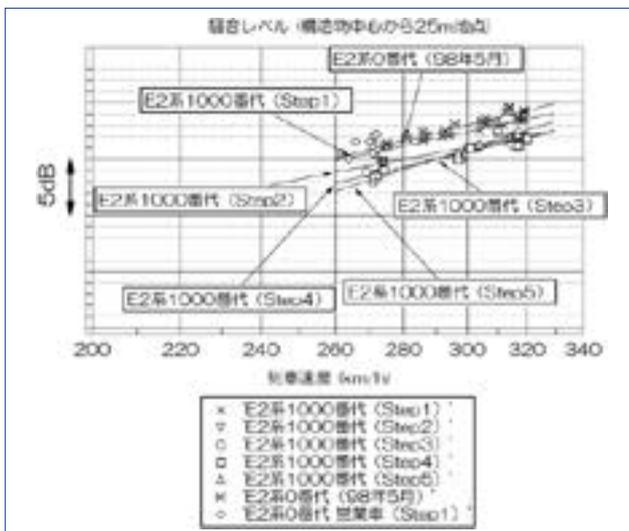


図2.4：25m地点の騒音レベル

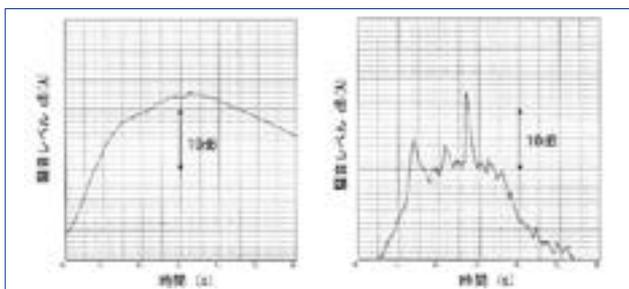


図2.5：1パンタ走行（スパーク時）の波形例（310km/h）

2.4.3 アレイマイクロホンの測定結果

騒音対策の寄与度を算出するには、アレイマイクロホンで測定した結果の“山”、および“谷”が対策によってどれだけ低減したかを求める必要がある。はじめに集電系音対策がPレベルにおよぼした大きさを算出する。

2パンタ走行のときに遮音板を設置した場合とE2系0番代の6号車のPレベルを比較した結果を図2.6に示す。図2.6から、パンタグラフの遮音板がPレベルに及ぼす低減効果を調べると、320km/hのときに約3.5dBである。

注意しなければならないことであるが、Pレベルが3.5dB低減してもそのまま25m地点の騒音レベルが3.5dB低減するわけではない。新幹線騒音はいくつかの音源が重ね合わさっており、一つの音源の騒音レベルが下がっても全体に寄与する量は計算して求める必要がある。

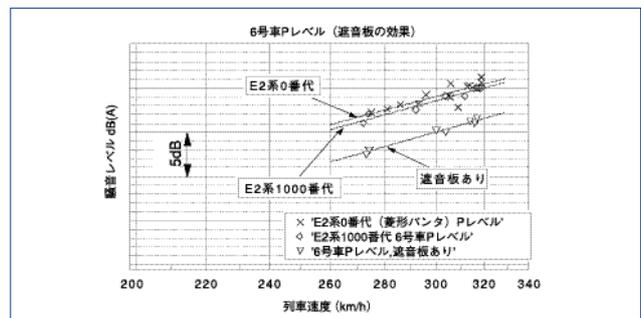


図2.6：遮音板の効果（6号車Pレベル）

つづいて遮音板を設置して1パンタ走行をしたときに、下げたパンタ（6号車）のPレベルとE2系0番代の6号車のPレベルを比較して図2.7に示す。図2.7より、遮音板 + 1パンタ走行のPレベルの低減効果は320km/hのときに約7dBである。

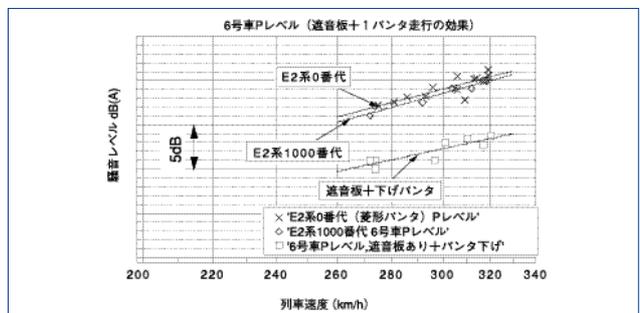


図2.7：遮音板 + 1パンタ走行の効果

ひきつづき、台車側カバー、台車まわり吸音構造、全周ホリによるQレベルの低減量を調べる。4～5号車は全ての試番で下部音対策を行っていないので、速度依存性は一定のはずであるが、Step1のQレベルはStep2,3,4,5に比べて大きい傾向であった。原因としてレール、車輪の

条件の違いから生じる転動音の差が考えられる。したがって、対策をおこなった各StepでのQレベルを単純にStep1での値と比較すると低減効果が過大に評価されることになる。そこで、同一試番のなかで対策を行っている箇所と行っていない箇所とを比較し、下部音対策によるQレベルの低減量とする。

台車側カバーと台車まわりの吸音構造は一体となって設置されているので、別々に評価はできない。そこで、Step2,3における6~7号車（台車側カバー、台車まわり吸音構造あり）のQレベルとStep2~5における4~5号車（無対策。Step1はレベルの傾向が異なるので対象から外す）のQレベルを比較したところ、側カバー+吸音構造によるQレベルの低減は約0.5dBであった。

また、台車側カバー、台車まわり吸音構造に全周ホ口を加えたときの効果については、Step2~5における4~5号車のQレベルと、台車側カバー、台車まわり吸音構造と全周ホ口が設置されたStep2,3における7~8号車Qレベル比較した結果、約1dBとなることがわかった。

以上の結果から各対策によるアレイマイクの低減量（Pレベル、Qレベル）を表2.2にまとめる。なお、台車側カバー、台車まわり吸音構造、全周ホ口対策によって“谷”が低減する量は、Qレベルのほぼ半分であると仮定する。また、1パンタ走行では、スパーク音による増加は考慮しない。

表2.2：各対策の低減量 (dB) (320km/h)

遮音板	遮音板 +パンタ下げ	側カバー +吸音構造	側カバー +吸音構造 +全周ホ口
-3.5	-7	-0.5	-1.0

2.5 25m点騒音に対する各対策の寄与度

2.4で述べたアレイマイクロホンの測定結果から、各対策の低減効果を求め、25m地点の騒音レベルを計算することによって、編成全体に全ての対策を施した場合の25m地点の騒音レベル値を予測する。

アレイマイクロホンによって測定されたデータから25m地点の普通騒音計による騒音レベルを求める方法は、車端部の音源をアレイマイクロホンの“山”、車体中央部の音源をアレイマイクロホンの“谷”としてそれらの音の列を列車速度で移動させ、普通騒音計による応答を計算すればよい¹⁾。

まず、基準となるアレイマイクロホンの波形を98年5月のE2系0番代の騒音測定で得られた波形（列車速度

319km/h）とし、つづいて、この波形から表2.2で得られた低減量を差し引いて、各対策を施した時の25m地点の騒音レベル値を計算する。

- ・ケース1：2パンタ走行+遮音板
Qレベル -0dB、谷レベル -0dB
Pレベル（6号車）-3.5dB、Pレベル（4号車）-3.5dB
- ・ケース2：1パンタ走行+遮音板
Qレベル -0dB、谷レベル -0dB
Pレベル（6号車）-7dB、Pレベル（4号車）-3.5dB
- ・ケース3：1パンタ走行+遮音板、台車側カバー・台車まわり吸音構造
Qレベル -0.5dB、谷レベル -0.2dB
Pレベル（6号車）-7dB、Pレベル（4号車）-3.5dB
- ・ケース4：1パンタ走行+遮音板、台車側カバー・台車まわり吸音構造+全周ホ口
Qレベル -1dB、谷レベル -0.5dB
Pレベル（6号車）-7dB、Pレベル（4号車）-3.5dB

各ケースについて普通騒音計の応答を計算し、E2系0番代の結果をケース0として各対策の効果をまとめると以下ようになる。

- ・ケース0対ケース1
遮音板の効果（低騒音パンタ、低騒音碍子の効果を含む） -1.7dB
- ・ケース0対ケース2
同上+1パンタ走行の効果 -2.6dB
- ・ケース2対ケース3
台車まわり吸音構造・台車側カバーの効果 -0.2dB
- ・ケース2対ケース4
全周ホ口+台車まわり吸音構造・台車側カバーの効果 -0.4dB

となる。

これらの計算結果の代表として、全ての対策を施したケース4におけるアレイマイクロホンと普通騒音計の波形を図2.8に示す。

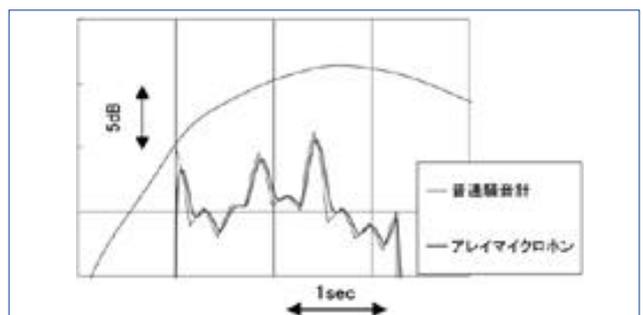


図2.8：E2系1000番代（1パンタ走行+遮音板、側カバー、台車まわり吸音構造、全周ホ口騒音波形）の騒音波形の予測

2.6 まとめと今後の課題

E2系1000番代の走行試験において、集電系の騒音低減を目的として1パンタ走行ならびにパンタグラフ遮音板を設置した。また、車体下部音対策として5号車～8号車に台車側カバー、台車まわり吸音構造を設置し、5～6号車、7～8号車間には全周ホロを設置した。騒音測定は構造物中心から25m地点にアレイ式マイクロホン、普通騒音計を設置して行われ、対策の効果をE2系0番代と比較した結果、320km/h走行において以下の知見を得た。

- ・ 集電系騒音の対策による全体騒音の低減量
E2系1000番代の低騒音パンタグラフ・碍子の効果
-0.8dB
上記 + パンタ遮音板の設置の効果 -1.7dB
上記 + 1パンタ走行による効果 -2.6dB
 - ・ ～ を行った条件下において、下部騒音の対策による全体騒音の低減量
台車内側吸音構造（編成全体で実施の場合）の効果
-0.2dB
上記 + 全周ホロ（同じく編成全体で実施の場合）の効果
-0.4dB
- 以上の結果より、今回供試したすべての項目を行なうと、E2系0番代と比較して、-3dB低減可能（320km/h走行）と考えられる。

今後の課題としては、1パンタ走行時のスパーク音低減のために集電性能（追従性能）の向上、ならびに台車まわり吸音構造の更なる開発が必要である。

3 下部音対策開発のための模型実験

3.1 概要

新幹線下部騒音の更なる低減に向けて、車体表面を吸音構造とし、車体と防音壁との間で多重反射されて増幅する音を効果的に低減する方法と効果量を、数値シミュレーションと無響室内の縮尺模型実験により調べた。

3.2 数値シミュレーション

2次元音場数値シミュレーションより、吸音位置と低減効果量についての基本特性を求め、模型実験における吸音材の位置を決定する。解析モデルは台車カバーのない車両形状A（従来のE2系と同じ）と台車カバーがある車両形状Bとに大別し、解析ケースを表3.1にまとめる。なお、表3.1の吸音材の配置部位は図3.1に示す。

数値シミュレーションの条件は以下の通りである。

- ・ 媒質は空気、密度 $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ 、音速 $c = 340 \text{ m/s}$
- ・ 加振要素：右車輪部、および右レールの側面。加振速度 $\pm 1.0 \text{ m/s}$
- ・ 吸音部は吸音率1.0を与える。
- ・ 周波数100Hz～1000Hzの10Hzピッチ。

表3.1：数値シミュレーション解析ケース

CASE	車両形状	吸音材(67%,100%は面積比)		
		①-1	①-3	②
1	A	○	○100%	×
2	A	○	○67%	×
3	A	○	×	×
9	A	×	×	×
4	B	○	○100%	○
5	B	○	○67%	○
6	B	○	○67%	×
7	B	○	×	×
8	B	×	×	×

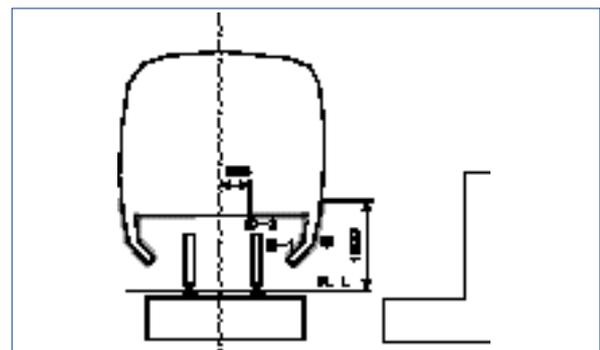


図3.1：数値シミュレーションの吸音材配置

数値シミュレーションの音圧分布例を図3.2、図3.3に示す。図3.2は基準となるCASE9における200Hzの計算結果で、図3.3はCASE1の場合の計算結果である。図3.2,3.3では、音圧の大きさを半径とした円で音圧分布を示している。また、CASE9を基準としたときの台車形状別の減音量を図3.4、図3.5に示す。図3.4は台車形状Aの減音量を、図3.5は台車形状Bの減音量をオクターブバンド周波数ごとにまとめた。この結果から以下のことが確認された。

- ・ 車両形状A、Bの比較については、車体外側吸音（CASE4,5）の効果が顕著で、側カバーの有無（CASE1,2,3とCASE6,7）による差異は小さい。
- ・ 側カバーを設置する車両形状Bでは床裏面吸音有無による差異（CASE6,7の差）は殆ど無く、車体外側吸音（CASE4,5）による効果が顕著である。
- ・ 吸音材貼付したにもかかわらず音が大きくなる例が見られるが、内壁吸音が反共振領域でダンピングとして作用し、音圧上昇をもたらしたためと考えられる。
- ・ 側カバーを設置しない車両形状Aでは200Hz以下の低

周波を除き、低減効果が少ない。(図3.4)

- ・ 防音壁直上の音圧分布の増減が25m点の音圧分布の増減にほぼ比例する。(図3.2,3.3)

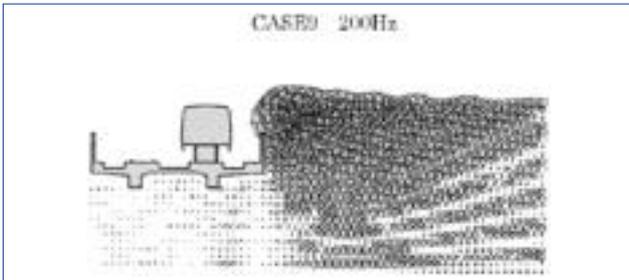


図3.2：CASE9における200Hzの音圧分布

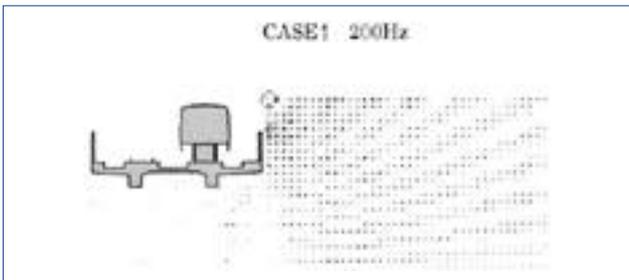


図3.3：CASE1における200Hzの音圧分布

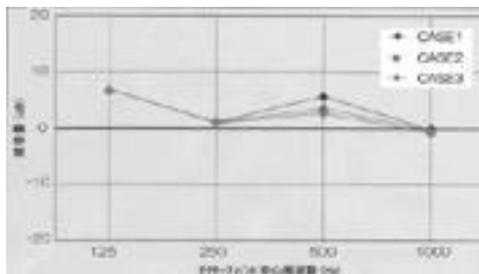


図3.4：減音量（台車形状A，CASE 9基準）

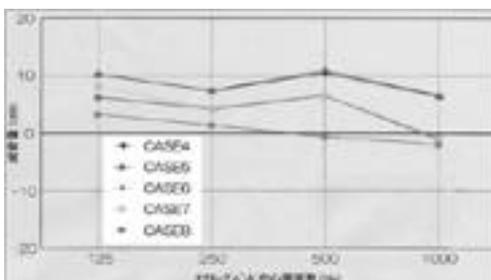


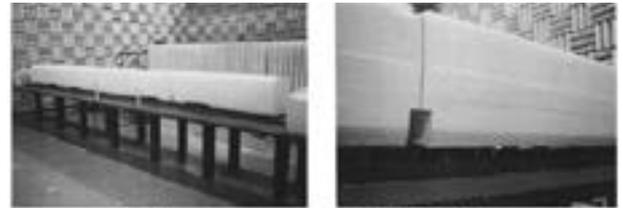
図3.5：減音量（台車形状B，CASE 9基準）

3.3 吸音構造車体の縮尺模型実験

3.3.1 模型および吸音材貼付位置

模型は以下の仕様を満たして製作された。

- ・ 縮尺：1 / 5。E2系中間車両（1/2車両 + 1 車両 + 1/2 車両）と高架橋。(図3.6)



全体図

吸音材を貼付した側面

図3.6：列車および高架橋の模型

- ・ 吸音材貼付位置：表3.2、および図3.7に示す。なお、吸音材は4mm厚のフェルトおよび10mm厚のウレタンを用いた。これらの吸音材の吸音率は図3.8に示す。

表3.2：模型実験の吸音材貼付位置

車両側		
①：台車周り、車体表面	側カバー	①-1 側カバー内面
	台車周り	①-2 台車部前後ふさぎ板 ①-3 台車部上面
	車体表面	①-4 台車周辺 ①-5 車体中央
②：車体外側面（室内床面～側カバー下端）		
③：車体外側面（窓下端～室内床面）		
高架側		
④：防音壁		
⑤：路盤面		

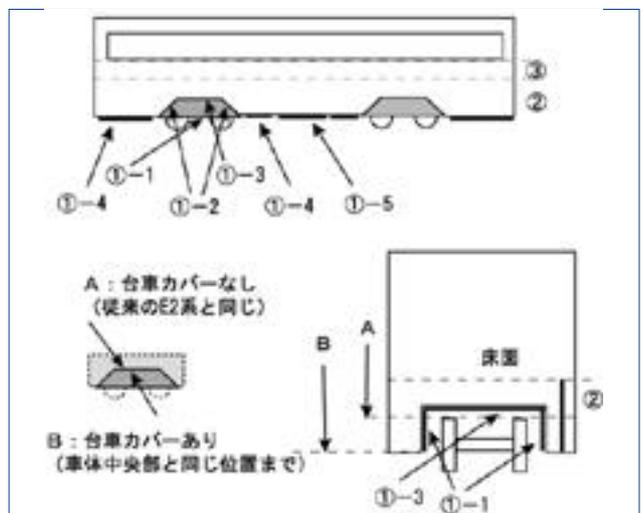


図3.7：模型実験の吸音材貼付位置

3.3.2 音源および收音位置・方法

車輪の音源に関しては、表裏から音の放射を模擬するため、直径16cmのコーン型フルレンジスピーカーを車輪に見立て、スピーカー磁石側を車両外側に向けて設置した。スピーカー磁石部を実車の軸受まわりとみなし、車軸および電動機は形状模型を台車模型に組み込んだ。

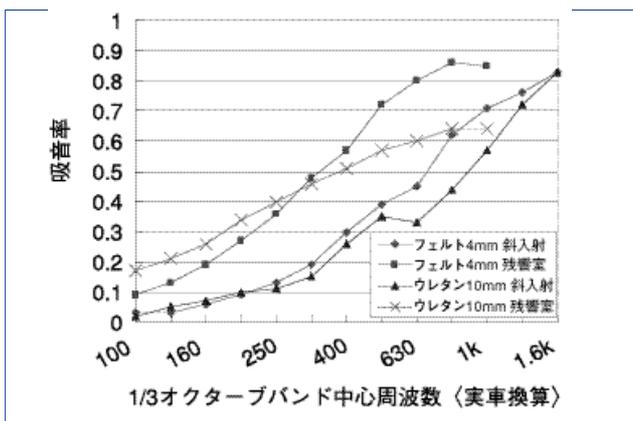


図3.8：吸音材の吸音率

レールの音源に関しては、長手方向に距離減衰を考慮した線状音源を配し、レールの両側から音の放射を模擬するため、コーン面が長円形状(120mm x 60mm)のスピーカーを両側で30グループ、片側15グループに分類し、グループ毎に放射音の大きさを調整して距離減衰を再現した。音源はグループ毎にそれぞれ独立したランダム信号としており、各グループから放射される音は無相関とした。音源用のスピーカー状況を図3.9に示す。

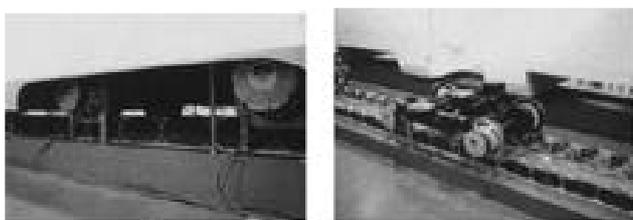


図3.9：音源用スピーカー

收音位置は、台車中央および車体中央の2断面について、実車換算で25m点、防音壁直上、近傍の3点合計6点とした。防音壁直上は車両外壁と防音壁との間で、防音壁頂部から実車換算で100mm下がった位置とし、近傍はその鉛直線上の車輪高さとする。

收音方法は、收音点6点に無指向性マイクロホンと25m相当点2点に超指向性マイクロホンの計8チャンネルとした。騒音計設置状況および位置を図3.10~3.11に示す。

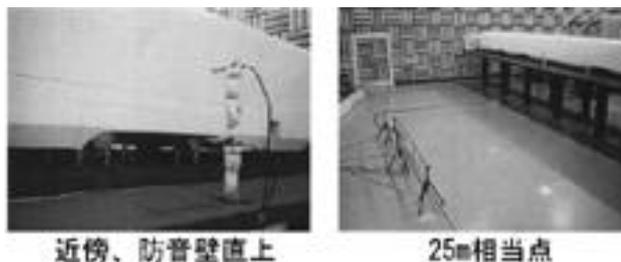


図3.10：騒音計設置状況

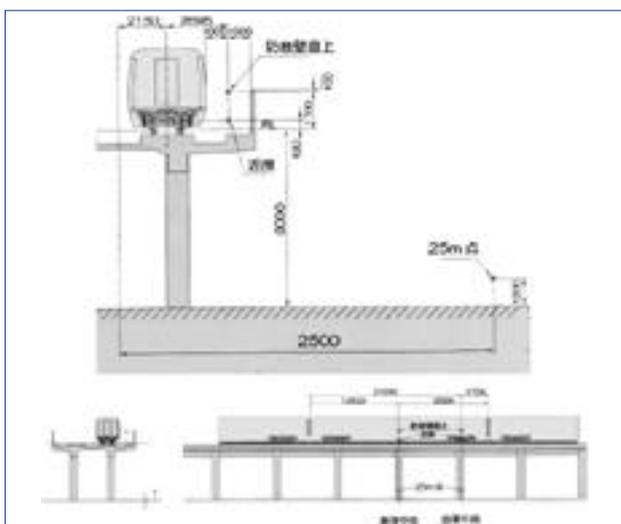


図3.11：騒音計設置位置(寸法は実車換算)

3.3.3 模型実験条件

模型実験条件を表3.3に示す。ただし、表3.3においては

■ : フェルト100%、□ : フェルト67%

● : ウレタン100%、○ : ウレタン67%

× : 吸音材なし、無 : 防音壁なし

を意味する。なお100%、67%は吸音面積を表す。

-1の側カバーは、実験条件が ○および □のときは形状B(カバー有り)、実験条件が ×のときは形状A(カバーなし)とする。

ケースG2,H1以外は、防音壁と線路の距離が大きい方向(保守用通路がある方向)で收音した。ケースG2,H1は逆の方向で收音した。G0では防音壁を取り除いて收音した。

3.4 模型実験結果

模型実験では、車輪およびレール音源からそれぞれ別々に音を放射させ、收音点8点の騒音レベルを測定した。これらの値は最も効果がある吸音処理を行ったときに、計測値が暗騒音に対して充分大きくなるよう調整したので、実験ケース間の相対レベル差のみ意味を持ち、絶対値は意味をもたない。実車換算は以下のように行った。

表3.3 模型実験条件

ケース	台車周り			車両中央				高架橋	
	①、1台車側方バー内面	①、2車体表面(台車前後ふさぎ板)	①、3車体表面(台車上)	①、4車体表面(台車周辺)	①、5車体表面(車体中央)	②車体外側面(床面から下)	③車体外側面(窓下/床面)	④防音壁	⑤路盤面
A1	○	○	○	○	○	○	○	×	×
B1	○	○	○	○	○	○	○	×	×
B2	○	○	○	○	○	○	○	×	×
B3	○	○	○	○	○	○	×	×	×
B4	○	○	○	○	○	×	×	×	×
B5	○	○	○	○	×	×	×	×	×
B6	○	○	○	×	×	×	×	×	×
B4	○	○	○	○	○	×	×	×	×
C1	○	○	×	○	○	×	×	×	×
C2	○	×	○	○	○	×	×	×	×
C3	○	×	×	○	○	×	×	×	×
C4	×	○	○	○	○	×	×	×	×
C5	×	○	×	○	○	×	×	×	×
C6	×	×	○	○	○	×	×	×	×
C7	×	×	×	○	○	×	×	×	×
D1	×	×	×	○	×	×	×	×	×
E1	×	×	×	×	×	○	○	×	×
E2	×	×	×	×	×	×	×	×	×
F1	○	○	○	○	○	○	○	○	○
F2	○	○	○	○	○	○	○	○	×
F3	○	○	○	○	○	○	○	×	○
B2	○	○	○	○	○	○	○	×	×
G0	×	×	×	×	×	×	×	無	×
G1	×	×	×	×	×	×	×	×	×
G2	×	×	×	×	×	×	×	×	×
H1	○	○	○	○	○	○	○	×	×

- (1)実車測定値のレール振動および近傍点の騒音レベルを基にして、近傍点における車輪、レールから放射される寄与度を算出する。
- (2)模型実験の台車中央近傍点の騒音レベルを(1)で算出した寄与度に置き換える。このレベル差が換算値となる。換算値は車輪およびレール音源の2種類あり、1/3オクターブバンド毎に値を持つ。
- (3)模型実験の残り7点の收音点についても(2)で求めた換算値で加減算する。
実車データにはE2系260km/hで、防音壁が無い箇所において時定数35msで測定した近傍音を用いる。ただし、

表3.4 台車中央25m相当点における減音量 (dB)

ケース	25m (普通騒音計)			25m (超指向性)		
	音源 レール	音源 車輪	音源 レール + 車輪	音源 レール	音源 車輪	音源 レール + 車輪
A1	-6.5	-4.5	-5.3	-4.1	-5.8	-4.6
B1	-6.5	-4.3	-5.2	-4.1	-5.3	-4.5
B2	-5.3	-3.9	-4.5	-4.2	-5.1	-4.5
B3	-4.9	-2.8	-3.6	-3.2	-4.8	-3.7
B4	-4.0	-1.0	-2.1	-0.8	-3.2	-1.5
B5	-3.7	-0.3	-1.5	-0.6	-3.6	-1.4
B6	-3.4	-0.2	-1.4	-0.4	-2.7	-1.1
B4	-4.0	-1.0	-2.1	-0.8	-3.2	-1.5
C1	-3.2	-0.6	-1.6	-0.4	-2.5	-1.0
C2	-3.2	-0.9	-1.8	-0.8	-2.4	-1.2
C3	-2.6	-0.5	-1.3	-0.3	-1.9	-0.8
C4	-0.8	-0.4	-0.6	-0.7	-0.8	-0.7
C5	-0.3	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5	-0.5
C6	-0.6	-0.3	-0.4	-0.7	-0.7	-0.7
C7	0.0	-0.6	-0.3	-0.5	0.3	-0.2
D1	0.0	-0.3	-0.1	-0.2	0.0	-0.1
E1	-0.7	-2.0	-1.4	-2.2	-0.4	-1.5
E2	-0.5	-1.0	-0.8	-0.8	-0.2	-0.6
F1	-8.9	-9.9	-9.4	-9.6	-7.3	-8.7
F2	-7.0	-6.0	-6.4	-5.7	-6.2	-5.8
F3	-8.0	-8.5	-8.2	-8.2	-6.6	-7.6
B2	-5.3	-3.9	-4.5	-4.2	-5.1	-4.5
G0	11.5	10.2	10.8	9.7	11.9	10.6
G1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
G2	0.5	-0.1	0.2	-0.4	-0.2	-0.3
H1	-6.2	-5.2	-5.6	-4.9	-4.8	-4.9

- レール振動が1点でしか測定されていないので、レールの放射音算出にあたって仮定要素が含まれる。
- 実車換算した模型実験結果のうち、台車中央25m相当点の結果のケースG1を基準にした相対減音量(オーバーオール値)を表3.4にまとめる
- 表3.4の模型実験結果より、以下のことが考察される。
- (1)台車中央25m点の超指向性マイクの測定結果より、音源が車輪+レールの場合、車体外側吸音有り(B1,B2,B3)と、無し(B4,B5,B6)で低減効果量が大きく二分される。

- (2)音源が車輪のみの場合とレールのみの場合で吸音効果を調べると、車輪のみの場合の方がレールのみの場合よりもB1～B6のケースで効果量が1dB以上大きい。すなわち、レール音源に対する吸音効果は、車輪音源に対する吸音効果よりも効きが悪い。これは、台車まわりの吸音効果がレール音源に対して効きにくいことに起因する。
- (3)台車カバーの有無(B4,C4)を比較する。音源が車輪のみの場合には2.3dBの効果があるが、音源がレール音源に対して0.1dBとなる。音源が両方にある場合、効果量は0.8dBと小さくなる。
- (4)B4とC1,C2,C3を比較して車体裏面(台車上)の吸音効果を評価すると、音源が車輪+レールのとき、それぞれ0.5dB,0.4dBと効果量は大きくない。
- (5)E1とE2を比較すると、車体外側側面吸音部位や面積との効果量が揃える。床面から窓下にまで吸音面積を広げることにより、効果量は増大する。その増大量は音源が車輪の場合より音源がレールの場合の方が大きい。これは、音源が点音源と線音源の違いによる指向性差異、直接音の影響は点音源の方が大きい、ということに起因すると考えられる。
- (6)D1とC7の比較より、車体裏面の吸音を台車周辺から車体中央まで延ばしても効果はみられないことがわかる。
- (7)防音壁の有無による低減効果はほぼ10dB程度で、従来の経験的結果に対応している。
- (8)本実験では主として保守用通路側の騒音レベルを測定した。通路のない側(G2)で測定すると、高周波数域の回折効果が高くなり、若干レベルが小さくなる。吸音処理した場合のB1,H1の比較でも同様である。
- (9)以上は超指向性マイクによる結果であるが、普通騒音計の場合と比較すると、車輪音源の場合は効果量が最大1dB大きくなる。他方、レール音源の場合はほとんど差がない。これは音源が車輪の場合には反響成分が多く、レールが音源の場合には直接音成分が多いことによるものと考えられる。

3.5 まとめと今後の課題

外側表面に吸音性を有する車体の吸音配置と騒音低減効果量との関係を、数値解析と模型実験とにより検討した。その結果、吸音配置に関しては、台車周りの車体下部内面と車体裏面(台車上)に吸音性を付加するだけでは騒音は1.5dB程度しか低減が見込まれないが、側面に吸音性を加えると、下部音について4dBを上回る騒音低減効果を得ることが判明した。

今後は、車体外表面の具体的な吸音性付加方法の開発が課題となる。

4 結論

E2系1000番代の走行試験および2次元音場数値シミュレーション、縮尺音響模型実験を通じ、以下の結論を得た。

- (1)E2系1000番代に1パンタ走行、パンタ遮音板、台車側カバー、台車まわり吸音構造、全周ホ口を施したときの25m点における騒音レベル(普通騒音計、超指向性アレイ式マイクロホン)を測定した結果、今回供試したすべての項目を行なうと、E2系0番代と比較して、-3dB低減可能(320km/h走行)と考えられることが分かった。
- (2)2次元音場数値シミュレーションならびに無響室内の模型実験によって車体表面に吸音構造を施した場合の騒音低減効果を評価した。その結果、吸音配置に関しては、台車周りの車体下部内面と裏面に吸音性を付加するだけでは下部騒音は1.5dB程度しか低減が見込まれないが、側面に吸音性を加えると、4dBを上回る騒音低減効果を得ることが分かった。

参考文献

- 1)長倉清ほか「新幹線騒音の騒音解析法」
鉄道総研報告 1996 2 p.30