

平成21年3月24日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19560226  
 研究課題名（和文）：  
 鉄道車輪／レール系騒音のアクティブ制御における車上設置型デバイスの高性能化  
 研究課題名（英文）：  
 Improvement of Active Noise Control Effects of Railway Wheel/Rail System by On-vehicle type Devices  
 研究代表者：遠藤 満（ENDO MITSURU）  
 東京工業大学・大学院理工学研究科・教授  
 研究者番号：80016584

## 研究成果の概要：

在来線鉄道の転動音と継目衝撃音に関し、レールから見通せる開放空間全域を波動吸収原理に基づいて静音化するため、車上設置型デバイス複数基によるアクティブ騒音制御法を提案して、これまでハウリングの防止策あるいはデバイスの小型化を試みてきたが、分散制御によるクロストークの影響が課題点として残ったので、境界要素法音響解析シミュレーションによりその影響を最小化するデバイス構成法について検討し、最適と考えられたデバイス構成法によるアクティブ騒音制御実験を実際に実施し、アクティブ騒音制御系の高性能化を確認した。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,900,000円	870,000円	3,770,000円
2008年度	600,000円	180,000円	780,000円
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000円	1,050,000円	4,550,000円

## 研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学／機械力学・制御

キーワード：鉄道車輪／レール系騒音，アクティブ騒音制御，車上設置型デバイス，ハウリング防止策，小型化，クロストーク防止策，デバイスの高性能化

## 1. 研究開始当初の背景

鉄道車輪／レール系騒音を車上設置型デバイスによりアクティブに制御する方法について研究してきて、ハウリング防止策，小型化等は実現したが、課題点としてデバイス相互間のクロストークが制御性能を悪化させることが判明し、これをクリアする必要が生じた。

## 2. 研究の目的

デバイス複数基による分散制御において、ハウリングの影響を抑制し、なお、それとトレードオフの関係になるクロストークの影響を最小にする最適化設計手法を確立すること。

### 3. 研究の方法

まず境界要素法に基づく音響解析シミュレーション手法により、数値的評価基準を設定してデバイス間隔の最適化設計法を検討し、それに基づいて作製・構成したデバイス制御系により実際にアクティブ騒音制御実験を実施して、高性能化を実現する方法を検証する。以下にその手順を記述する。

#### (1) 研究の流れのフローチャート

##### 3-D境界要素法音響解析シミュレーション

↓  
デバイスの最適間隔の検討

↓  
実際の制御実験によりデバイスの最適間隔  
および制御性能の検証

(2) 従来および新提案デバイスモデルの比較図を図1に示す。新タイプによりハウリングの防止と小型化は実現できたが、デバイス間相互のクロストークの影響が新たに問題となった。

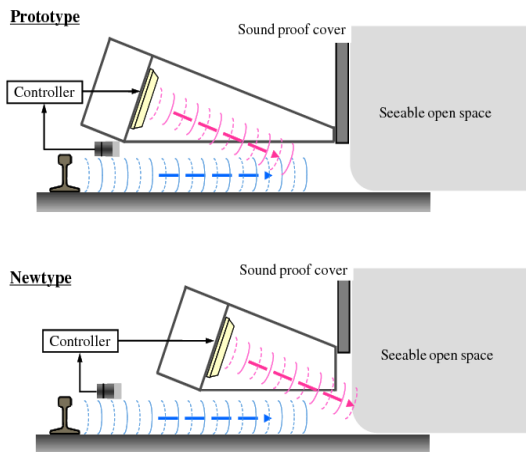


図1

#### (3) 3-D・BEMシミュレーション解析モデル

新提案デバイスモデル3基の間隔  $d$  を10, 20, 30, 40 cmに変わって三次元境界要素法シミュレーション解析を行ったときの解析モデルの模式図を図2に示す。赤色の面が一次音源による入力音圧発生面、青色の面が二次音源の音圧発生面で入力と同振幅/逆位相の音圧を与える。対象周波数は800 Hzで、側面のグレー色の面が車両の側板モデル、グレー色の床面が軌道面をモデル化したものであり、スラブ軌道の場合は完全反射を仮定し、バラスト軌道の場合は垂直入射音響インピーダンスを境界条件として与える。他の境界面は全て完全反射を仮定し、音圧観測面は床面から10 cmとする。

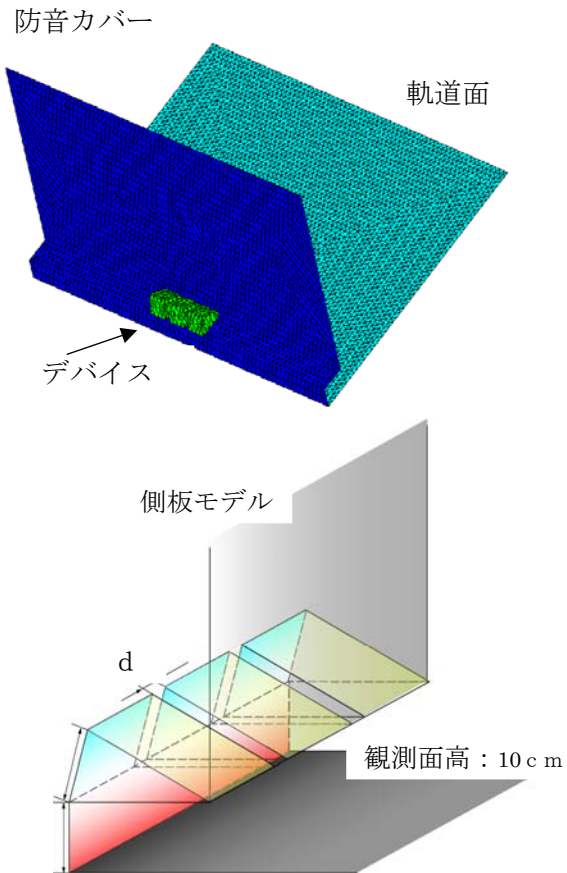


図2 解析モデルの模式図

### 4. 研究成果

音響解析シミュレーション手法により推定された最良のデバイス構成法による実際のアクティブ騒音制御実験を行って、解析の妥当性を確認するとともに、ハウリングとクロストークの影響をできるだけ防止する高性能化されたデバイス構成の設計法を確立することができた。また、転動音に加えて過渡的継目衝撃音にも一定の制御効果があることを実証した。さらに、シミュレーション解析により、本制御法は、スラブ及びバラスト軌道の両方に対してロバスト性を持つことを確認した。

以下に具体的にシミュレーション解析結果および実験結果による検証結果を記述する。

(1)  $d$  を変えた時のシミュレーション解析による音圧低減効果の空間的分布  
音圧低減効果 (dB表示) を図3に示す。

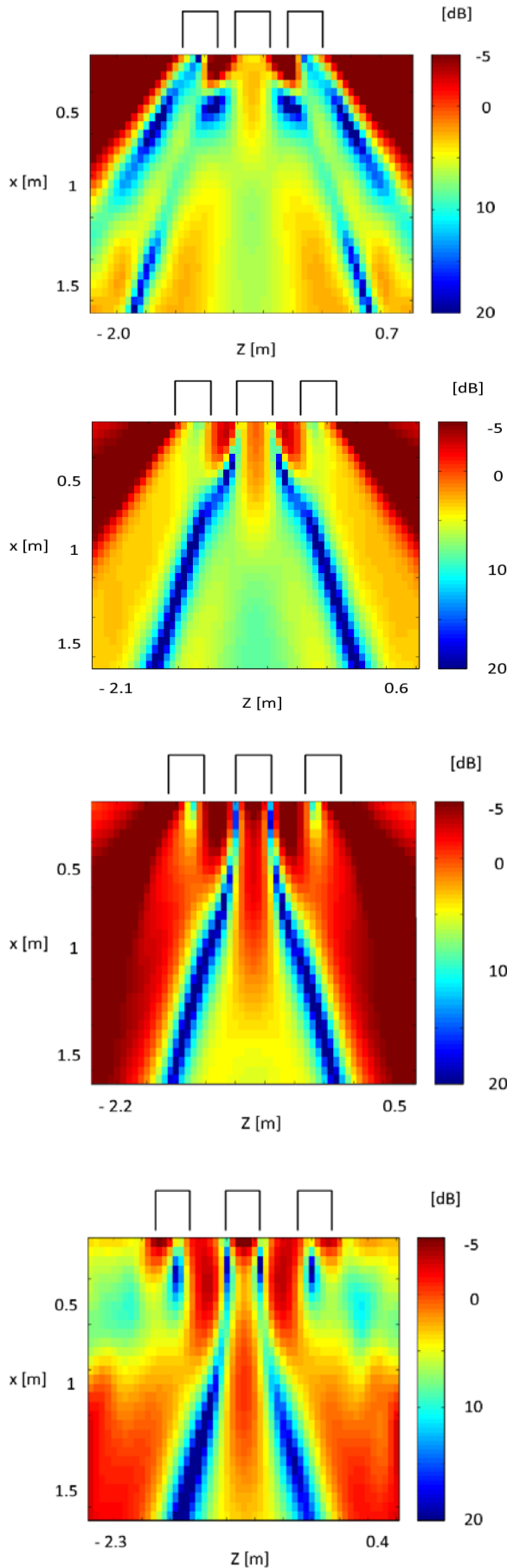


図3 上から順番に  $d = 10, 20, 30, 40$  cm

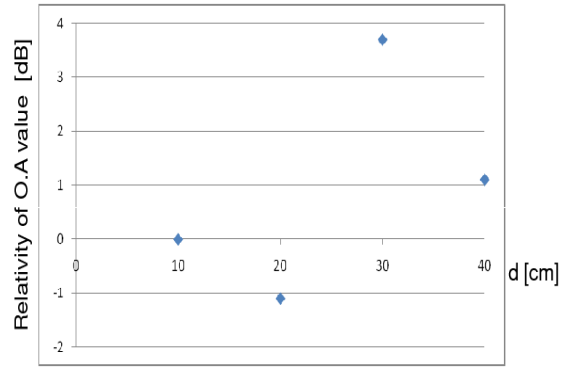
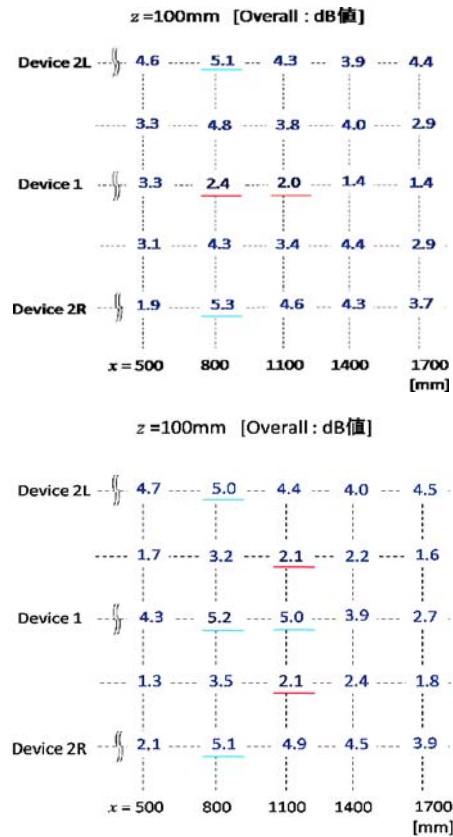


図4 数値的評価指標 (空間的O.A.値)

(2) クロストークの数値的評価指標の提案  
 感覚的には図3より  $d = 20$  cm の時がクロストークの影響が小さいように思われるが、最適化の観点を加味するために、一個の数値的指標により評価することを試み、BEMで計算した観測面での全要素の音圧のオーバーオール値を指標として採用することを提案し、それを表示したのが図4である。これより  $d = 20$  cm の時がO.A.値の相対値が最も小さいことが分かり、これは図3から感覚的に判断した結果と一致することから、実験における制御効果検証は  $d = 20$  cm のデバイス間隔で実施することとした。

(3) 実験結果による制御効果の検証

① O.A.値による制御効果：図5



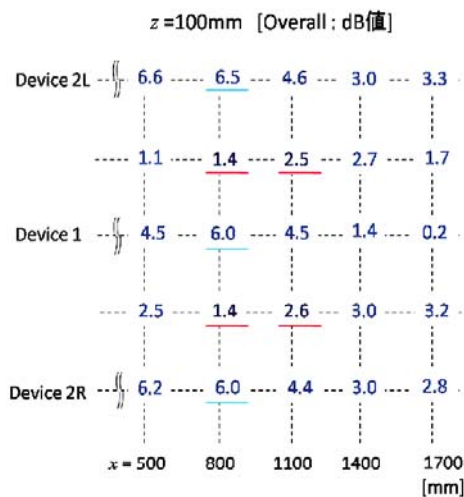
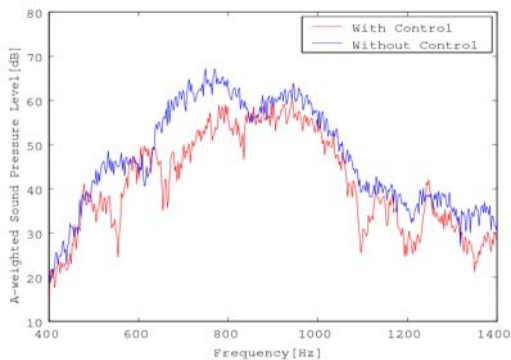
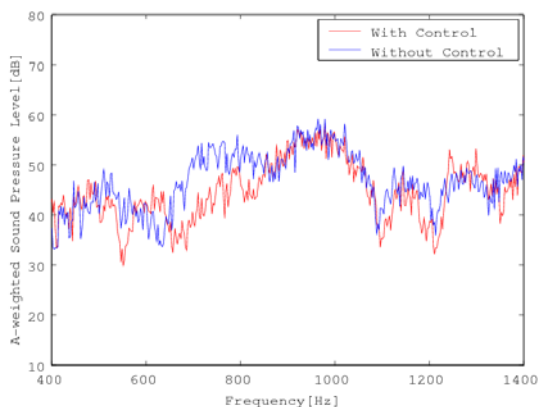


図5 上から順番に d = 10, 20, 30cm

②周波数分析結果：図6



転動音に対する結果



継目衝撃音に対する結果

図6 周波数分析結果による制御効果 (d = 20 cm)

(4) 本研究で得られた結論

- ・ 解析により特にデバイス間隔を変えた時のクロストークの影響を評価する数値的指標を設定し、最適なデバイス間隔を提案した。

- ・ シミュレーション解析で最良と判断したデバイス間隔での騒音制御実験を実際に行い、他のデバイス間隔の場合と比較・検討してその妥当性を検証した。
- ・ これまで対象としていた転動音だけではなく、継目衝撃音に対しても本研究のアクティブ制御手法によって一定の効果があることを確認した。
- ・ シミュレーション解析により、本制御法は、スラブ及びバラスト軌道の両方に対してロバスト性を持つことを確認した。

以上が本研究で得られた知見であり、研究成果である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 遠藤満、八百板晃，岩野耕治，永田大知，日本機械学会機械力学・計測制御部門講演論文集，[No.08-14] (2008)，p.338 及び CD-ROM 講演集 (計6頁)．査読なし．

[学会発表] (計1件)

- ① 遠藤満発表，日本機械学会 機械力学・計測制御部門 Dynamics & Design Conference 2008，平成20年9月3日、慶應義塾大学日吉キャンパスにて発表．

6. 研究組織

(1) 研究代表者

氏名：遠藤 満 (ENDO MITSURU)  
東京工業大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号：80016584

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし