

振動スピーカーを用いた簡易実験による 車内騒音予測手法

車両技術研究部 車両振動研究室

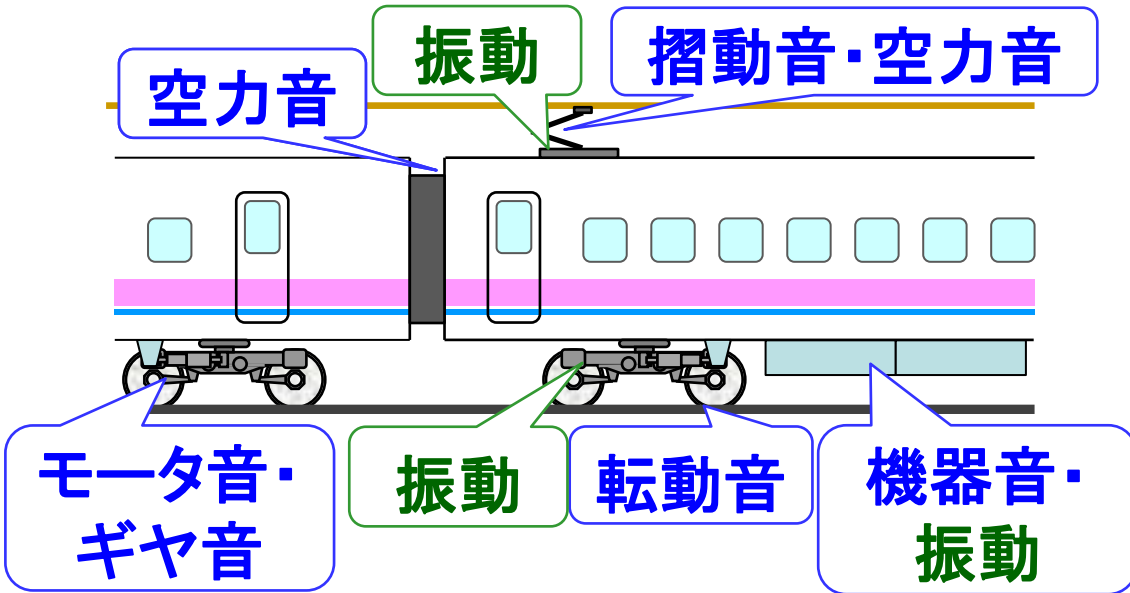
研究員 榎田 耕伸

本日の発表

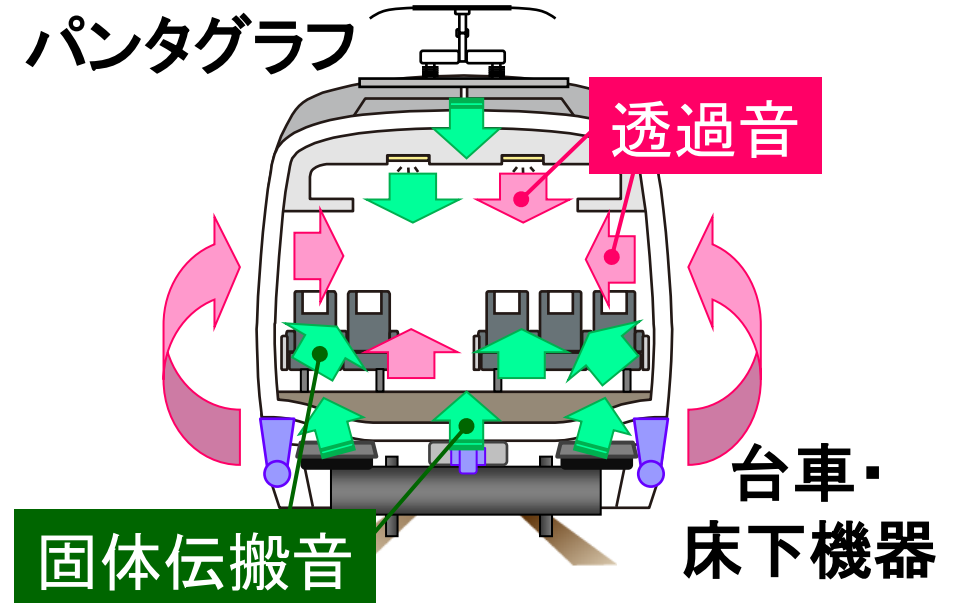
- ◆ 背景, 目的
- ◆ 予測手法の概要
 - ◆ 伝達関数推定加振試験(予測モデルの作成)
 - ◆ 車内騒音模擬試験
- ◆ 予測手法の活用例(車内騒音予測結果)
- ◆ まとめ, 成果の活用

鉄道の車内騒音

鉄道車両の主な騒音源



伝搬経路による分類(高速車両)



固体伝搬音 : 台車などで発生する振動が伝搬し、車内で放射される音

透過音 : 車外音が車両構体を振動させ、車内で放射される音

空気伝搬音 : 車外音が直接車内に入る音(高速車両では小さい)

背景・目的

車内静粛性を向上させたい！



騒音低減対策を実施

の前に…対策による騒音低減効果を見積もりたい

現状

- 車両に実装して、走行試験等で騒音測定
- 詳細なモデル(FEM等)を作成、解析

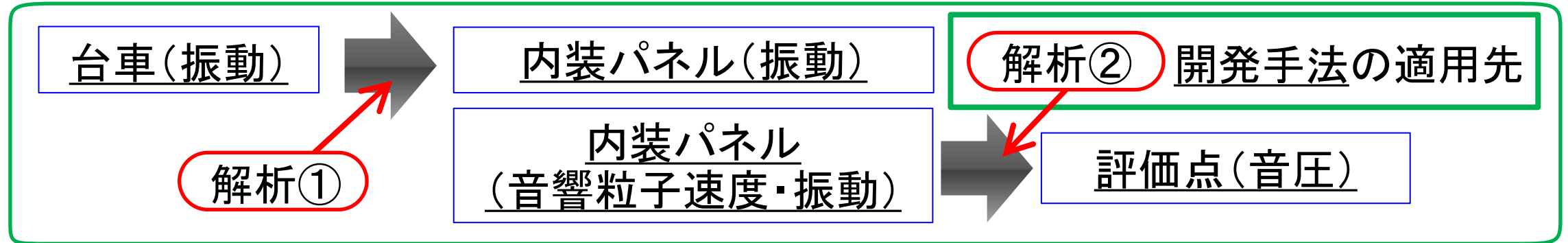
多大な時間・コストがかかる

スキルが求められる

簡易な実験を用いて、
騒音低減対策による低減効果を見積もる

本発表での提案

- 振動スピーカーで内装パネルを振動させ、パネル面からの放射音を模擬
➡ パネル面の振動加速度から騒音評価点の音圧を予測



- モックアップ等で構造変更による振動の変化を把握
➡ 振動の変化から、実車体での音圧の変化を予測可能

予測手法の手順

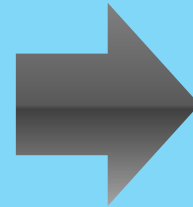
伝達関数推定

・加振試験

〈測定項目〉

振動加速度(内装パネル)

音圧(車内騒音評価点)



・伝達関数推定

入力データ: 振動加速度(内装パネル)

出力データ: 音圧(車内騒音評価点)

音圧予測

・車内騒音模擬試験

〈測定項目〉

振動加速度(内装パネル)

×

伝達関数



予測音圧
(車内騒音評価点)

予測手法の手順

- 振動スピーカーで内装パネルを振動させ、パネル面から音を放射
➡ パネル面の振動加速度から車内の音圧までの**伝達関数を推定**

伝達関数推定

・加振試験

〈測定項目〉

振動加速度(内装パネル)

音圧(車内騒音評価点)



・伝達関数推定

入力データ: 振動加速度(内装パネル)

出力データ: 音圧(車内騒音評価点)

車内騒音予測試験

〈測定項目〉

振動加速度(内装パネル)

×

伝達関数



予測音圧
(車内騒音評価点)

予測手法の手順

- 走行時の車内騒音を模擬した試験を実施

➡ パネル面の振動加速度から騒音評価点の音圧を予測

伝達関数推定

・加振試験

〈測定項目〉

振動加速度(内装パネル)

・伝達関数推定

入力データ: 振動加速度(内装パネル)

音圧予測

・車内騒音模擬試験

〈測定項目〉

振動加速度(内装パネル)

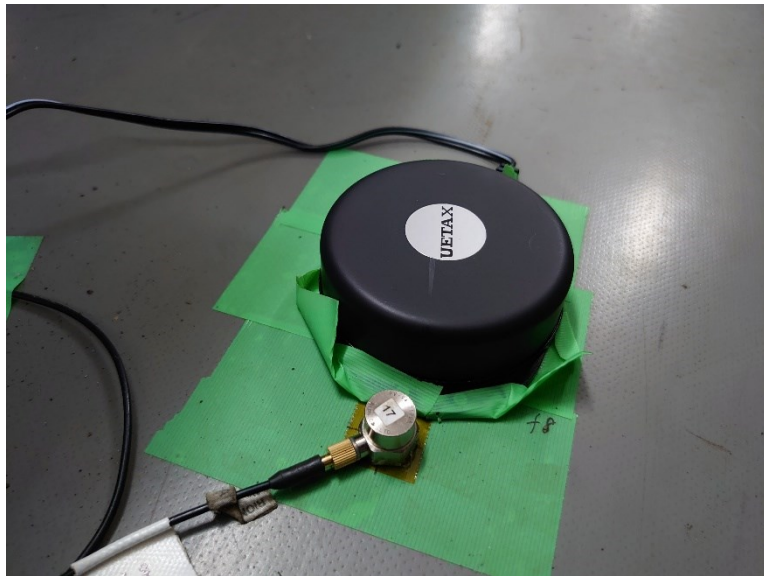
×

伝達関数

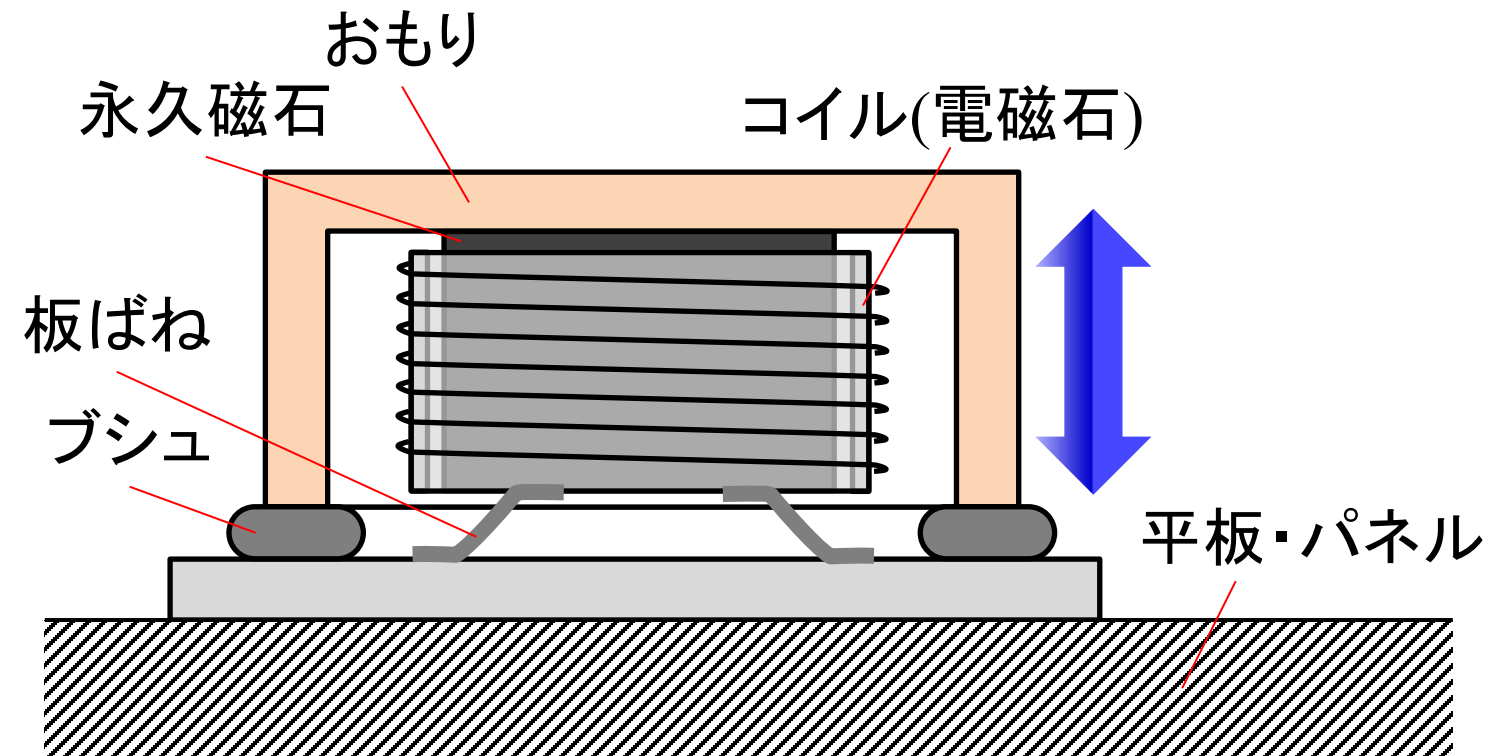
予測音圧
(車内騒音評価点)

振動スピーカーとは

振動スピーカーの原理



外観

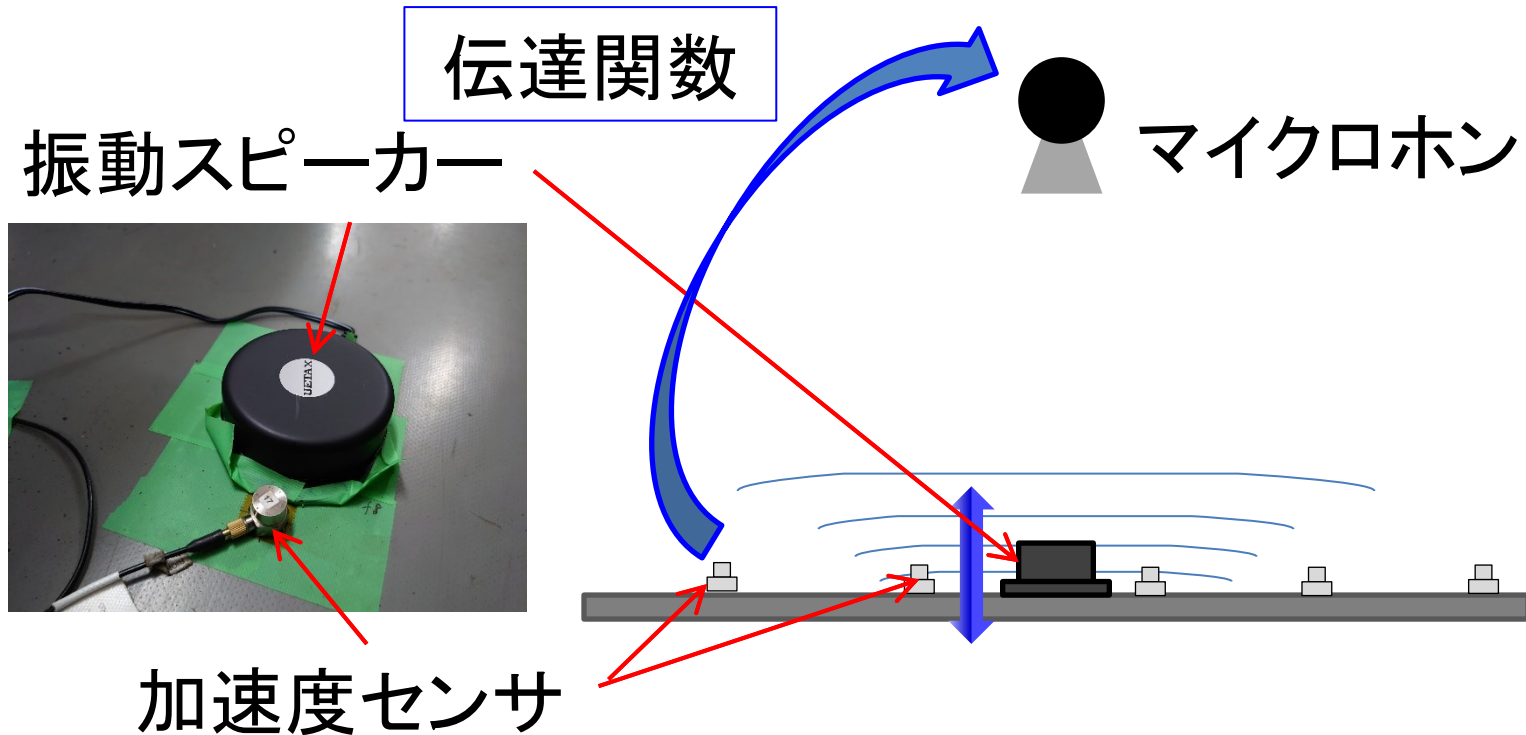


内部(イメージ)

伝達関数推定加振試験



試験対象：新幹線型試験車両



加振信号：ランダム波
(通過帯域 50～500Hz)

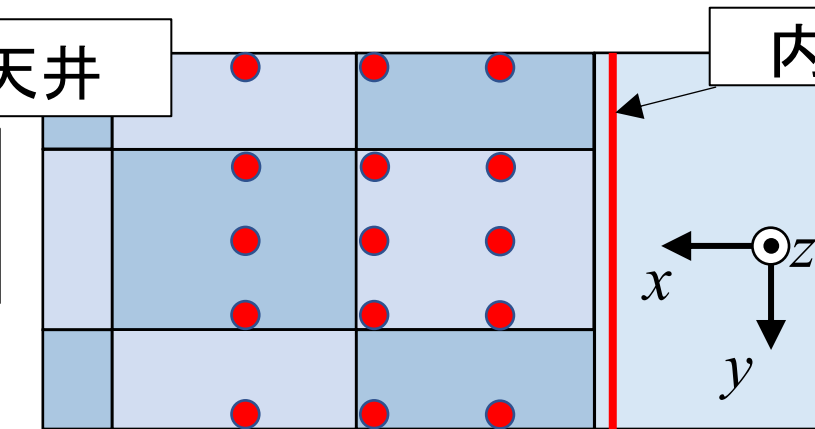
加速度測定点・加振点

● : 加速度測定点・加振点
※ 加振は1点ずつ実施

合計 : 54点

天井

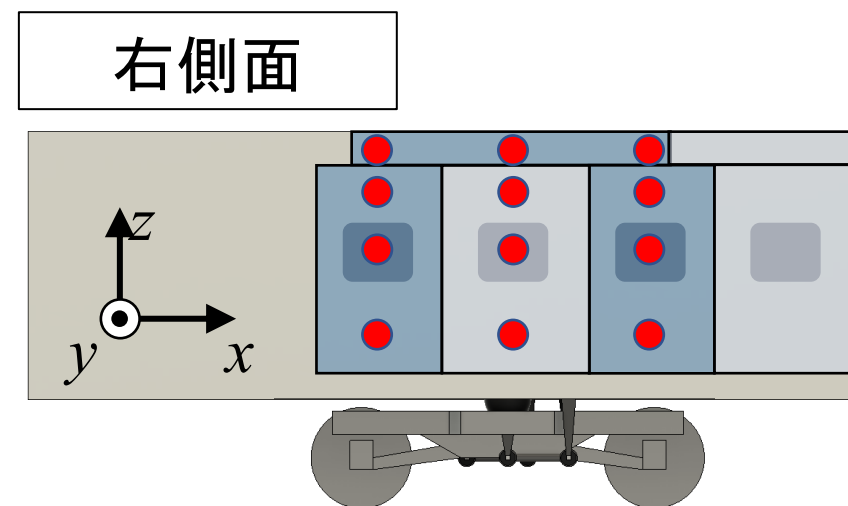
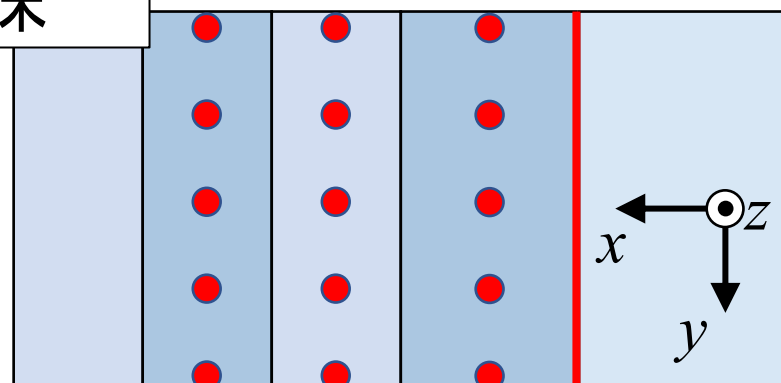
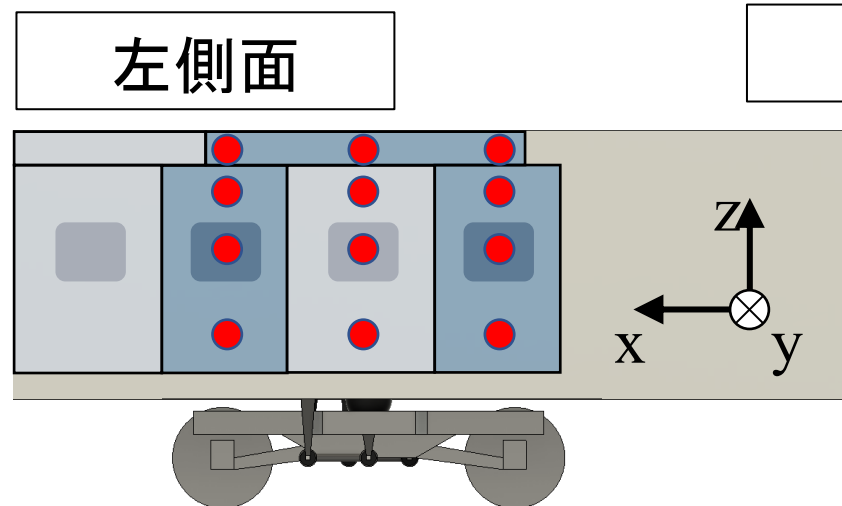
内妻面



左側面

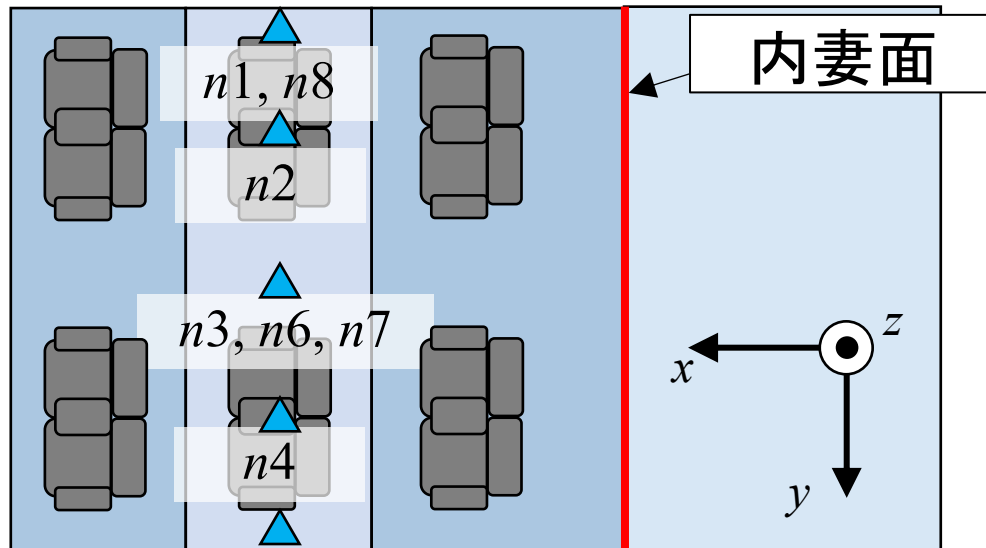
床

右側面



騒音評価点

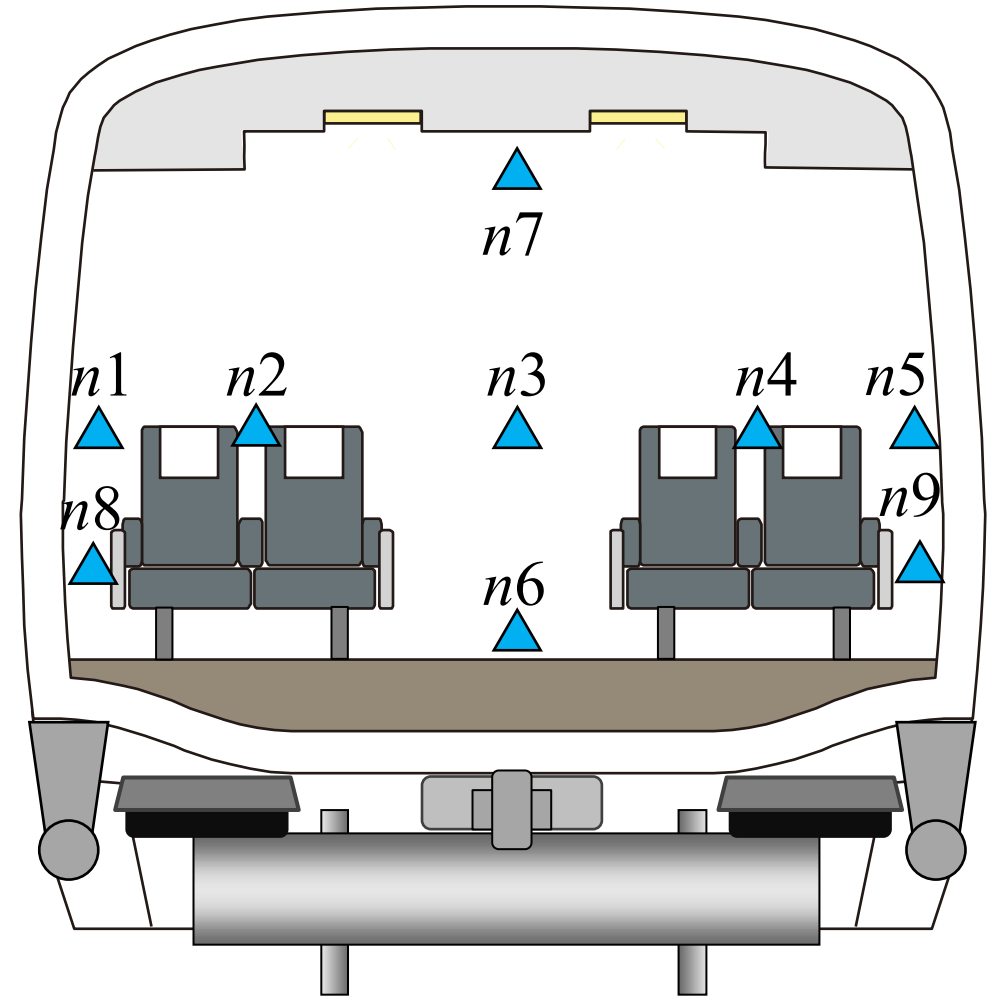
▲ : 騒音評価点 (n1~n9)



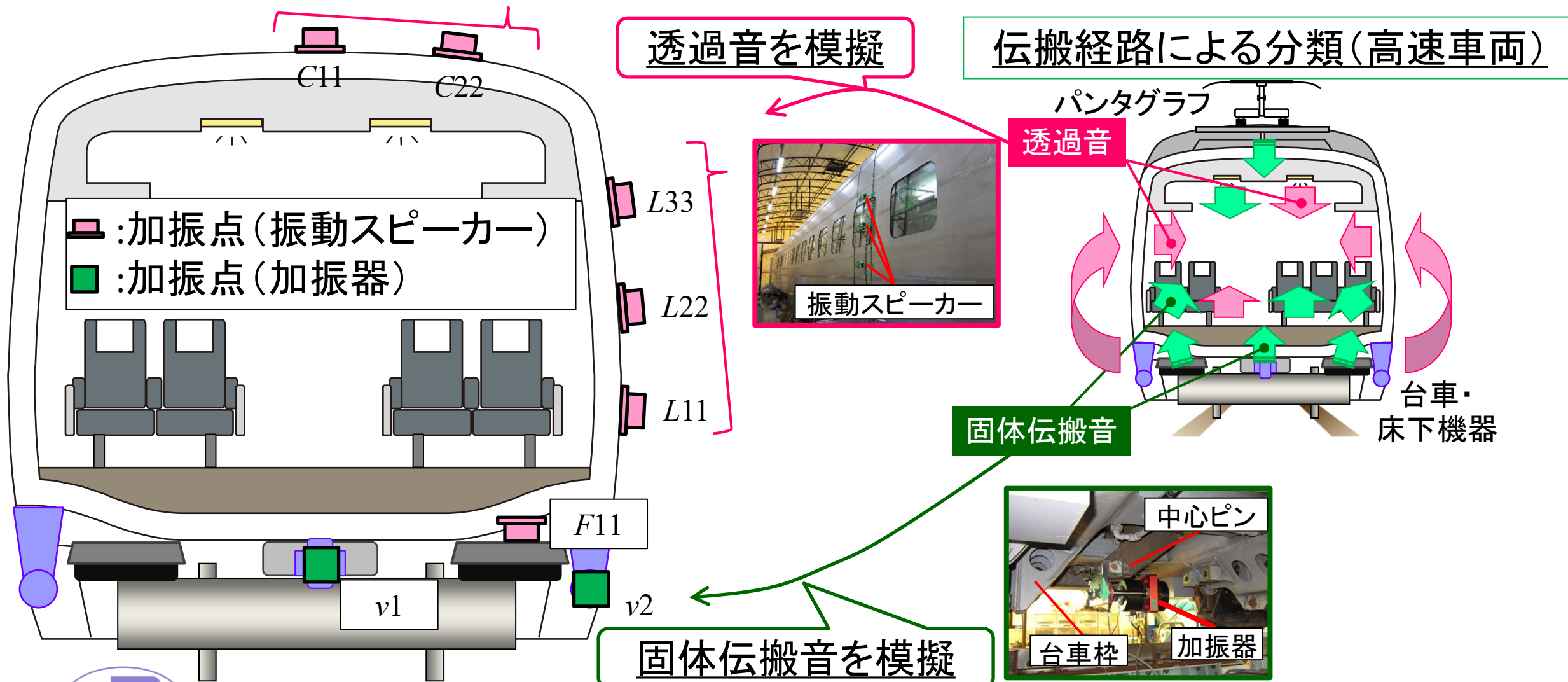
上からみた図

伝達関数推定

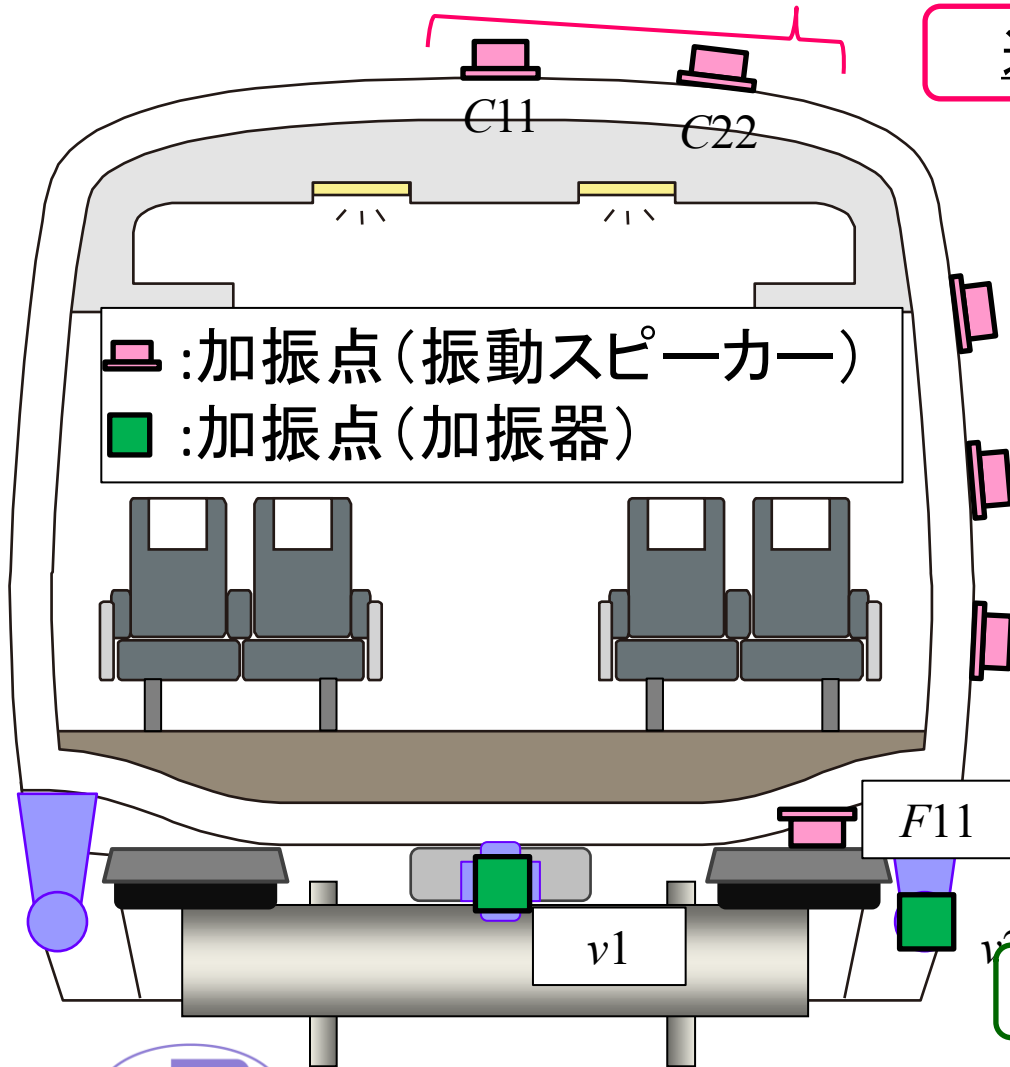
- ・内装パネル各点の振動加速度
- ・騒音評価点での音圧



車内騒音模擬試験



車内騒音模擬試験



透過音を模擬

振動スピーカー

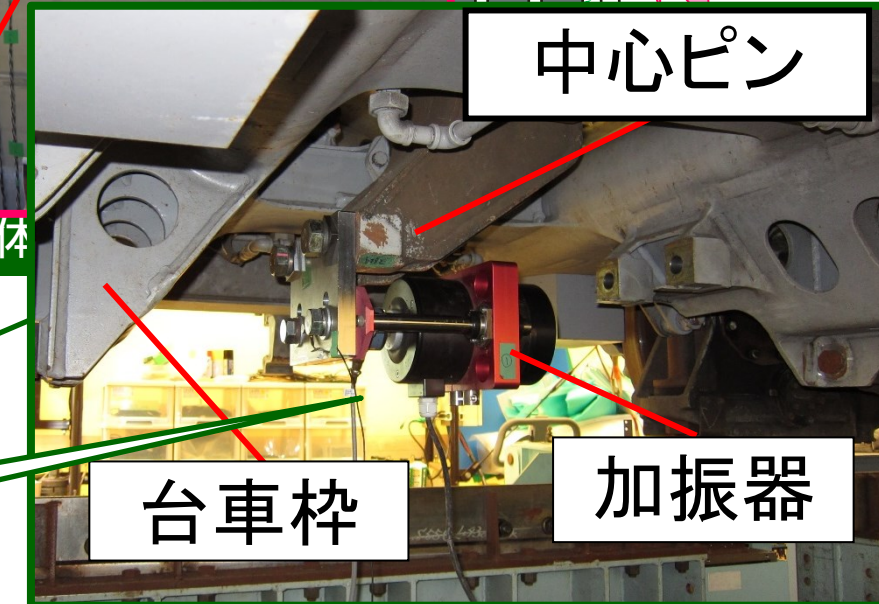
類(高速車両)



中心ピン

固体

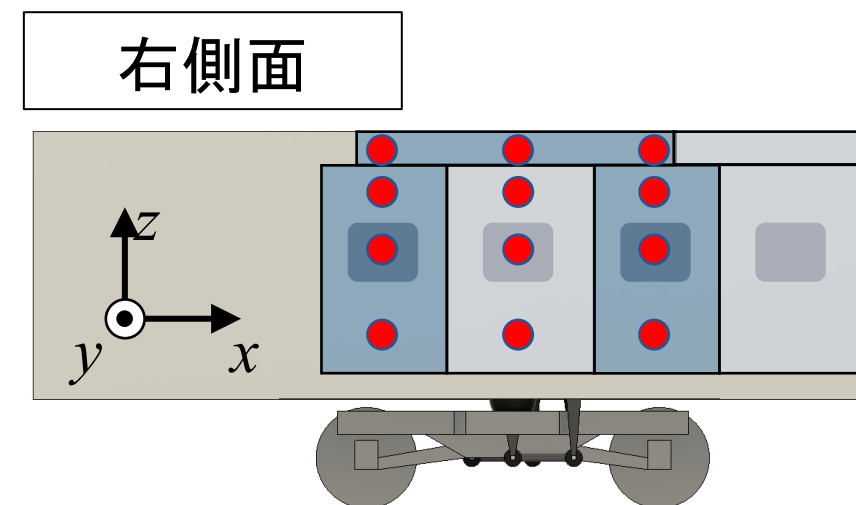
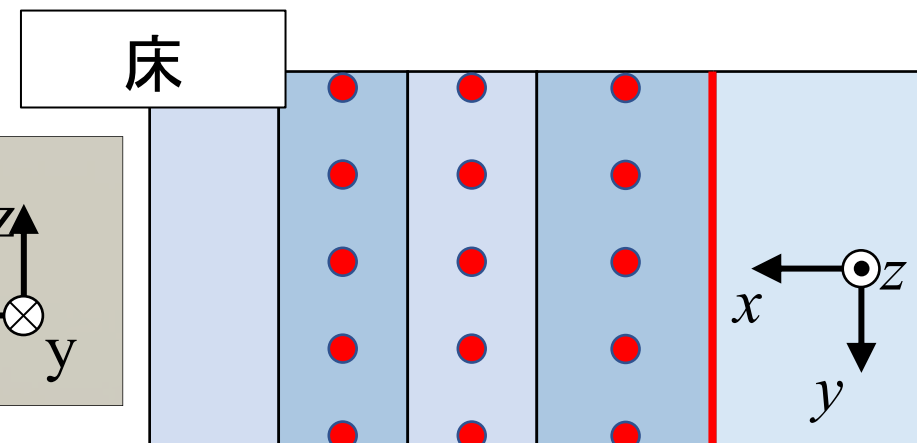
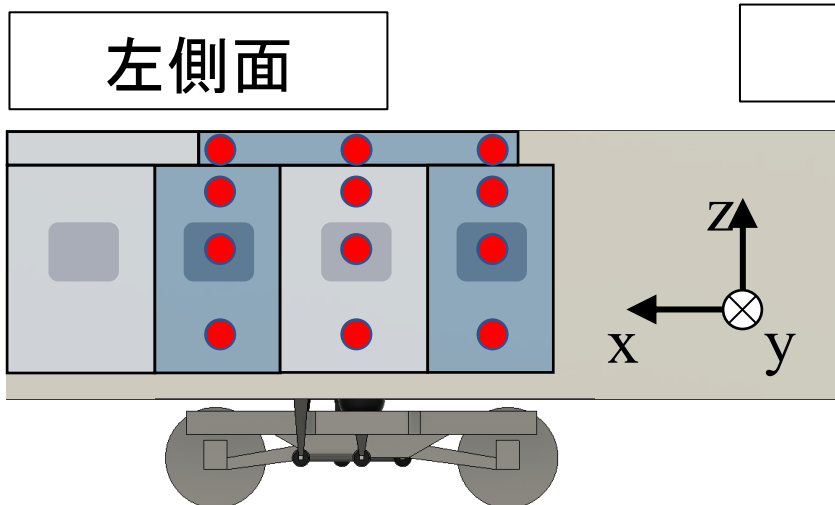
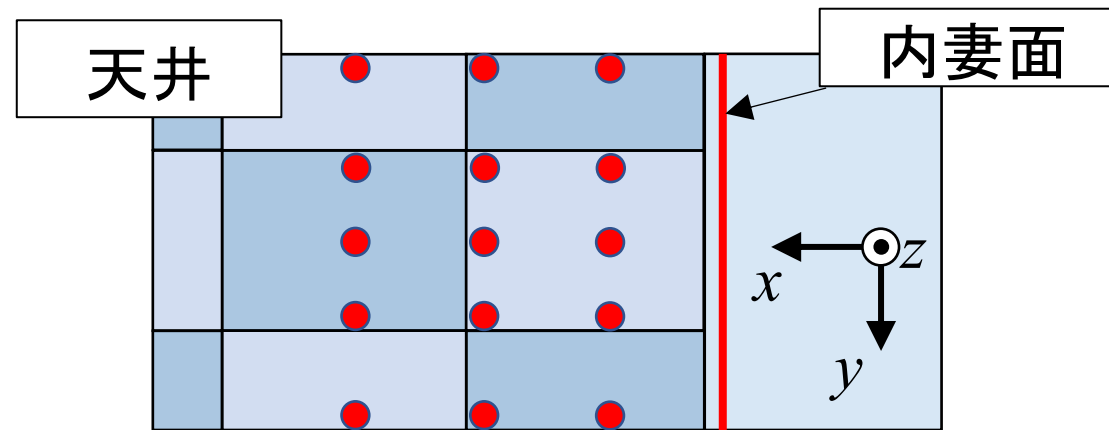
固体伝搬音を模擬



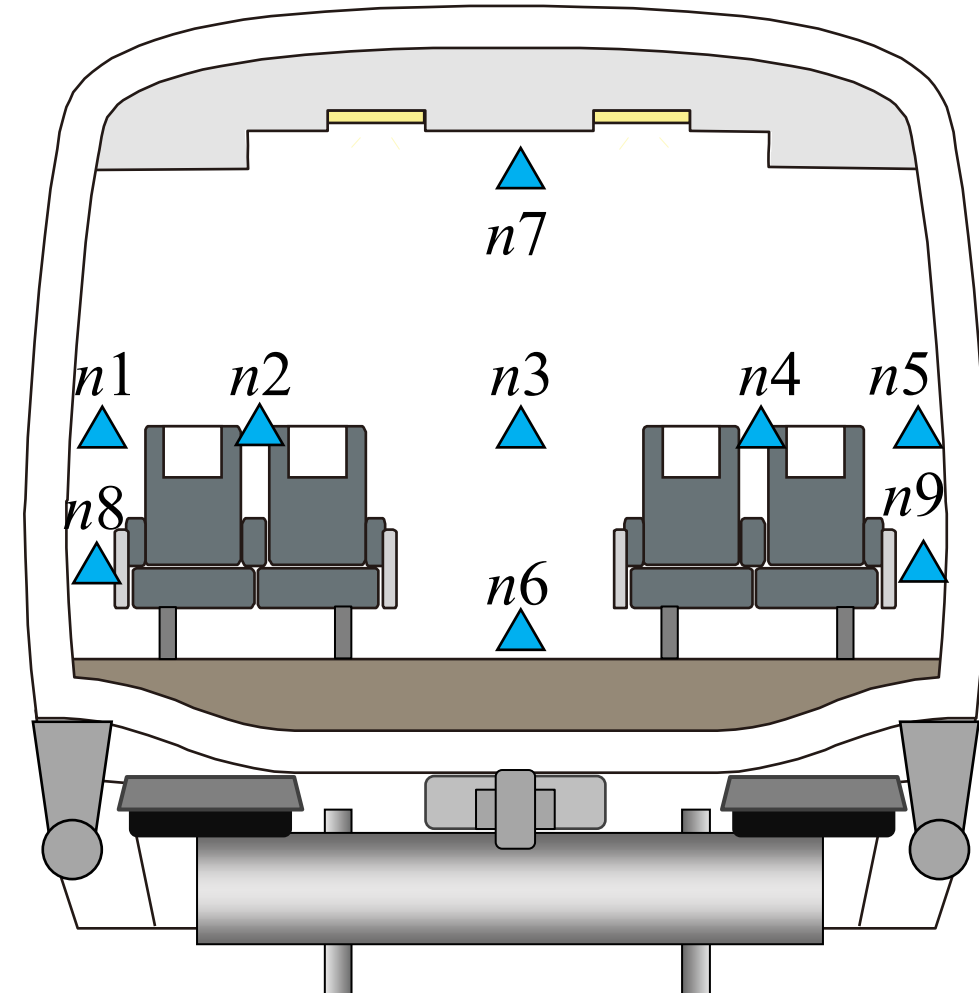
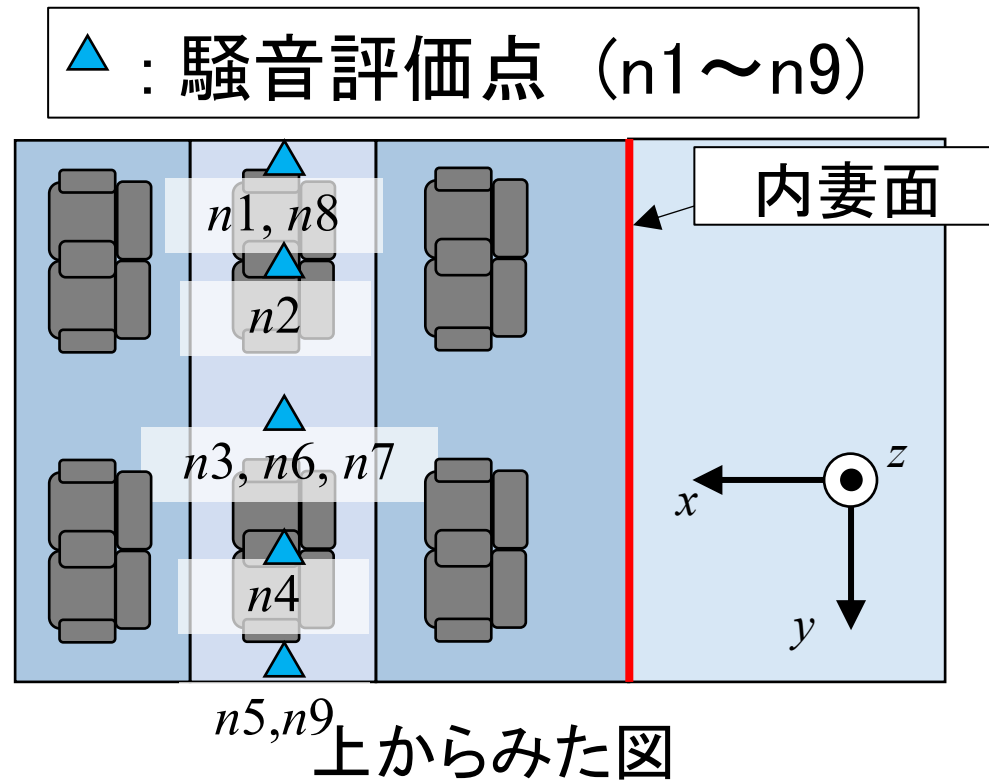
加速度測定点

● : 加速度測定点

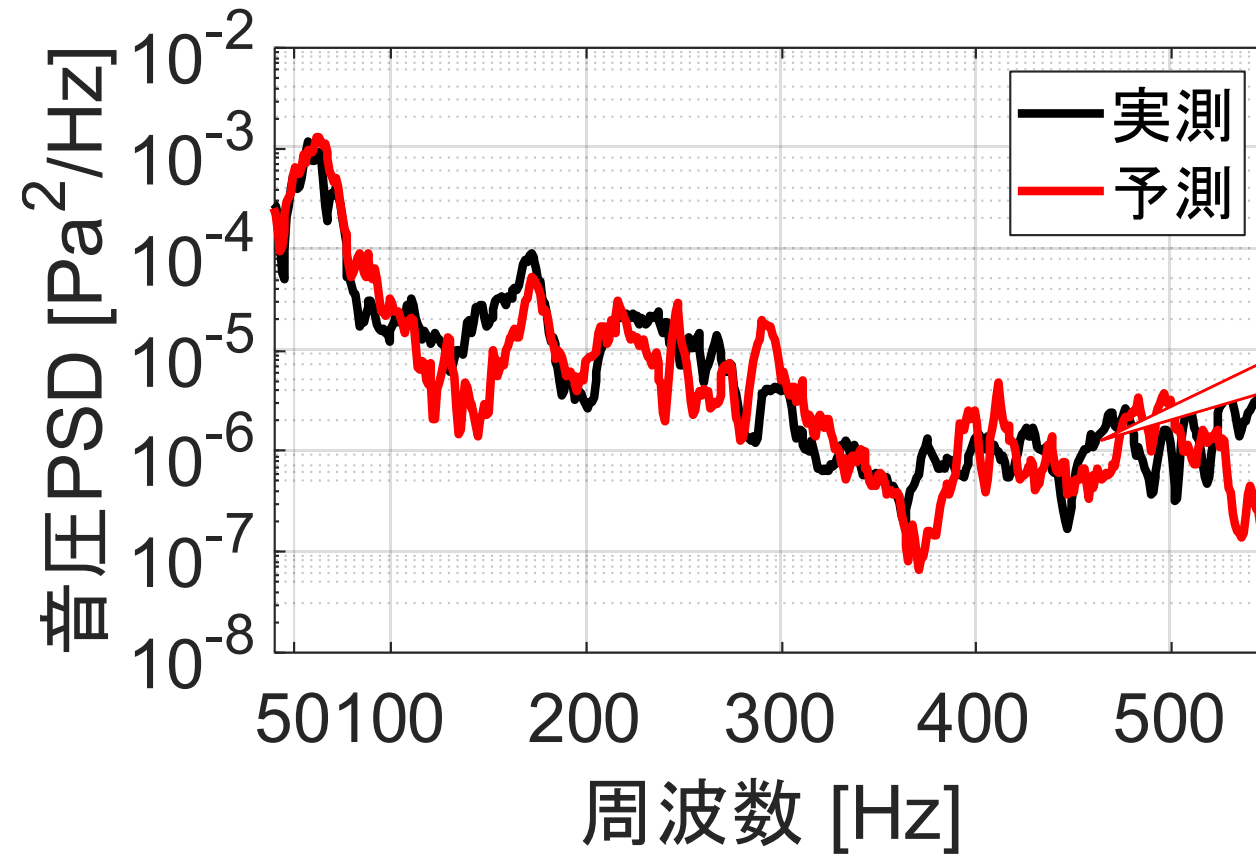
合計 : 54点



騒音評価点

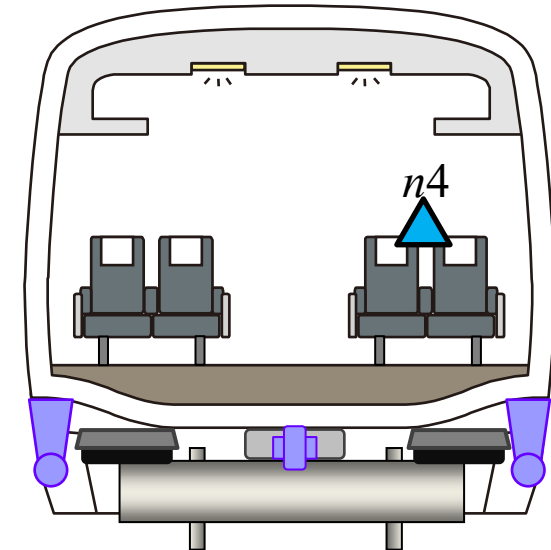


予測手法の妥当性



騒音評価点“n4”

予測結果が測定結果の
周波数特性をおおむね模擬

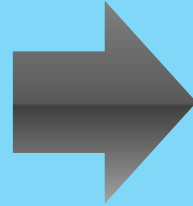


予測手法の手順(再掲)

伝達関数推定

・加振試験

<測定項目>

振動加速度(内装パネル)音圧(車内騒音評価点)

・伝達関数推定

入力データ: 振動加速度(内装パネル)出力データ: 音圧(車内騒音評価点)

音圧予測

・車内騒音模擬試験

<測定項目>

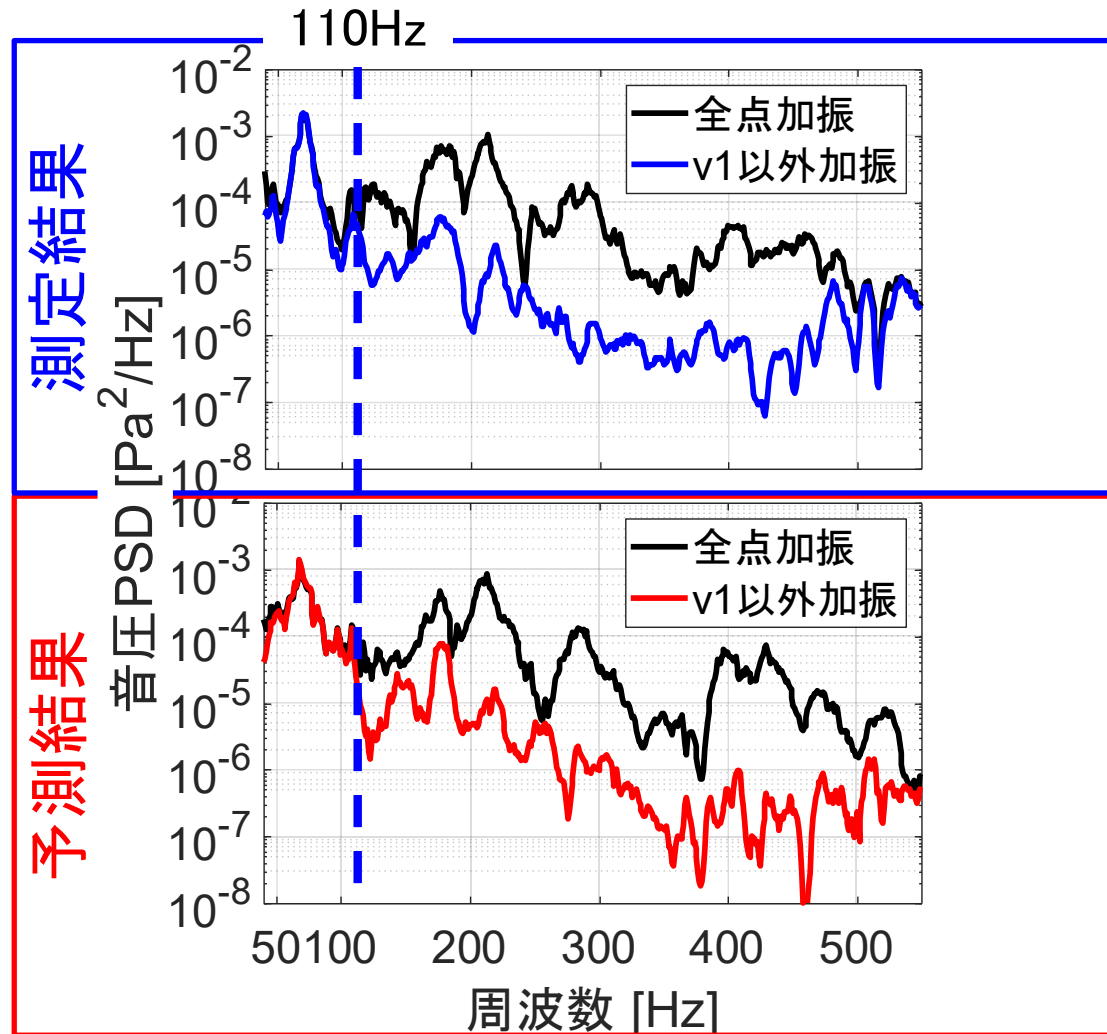
振動加速度(内装パネル)

×

伝達関数

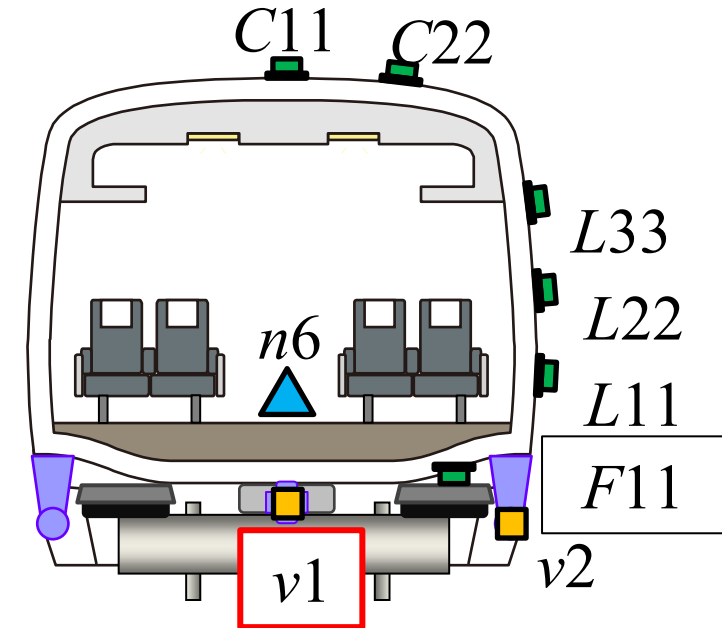
**予測音圧**
(車内騒音評価点)

車内騒音予測結果



騒音評価点 “n6”

v1からの加振の有無による
周波数特性の変化を
測定結果と予測結果で比較

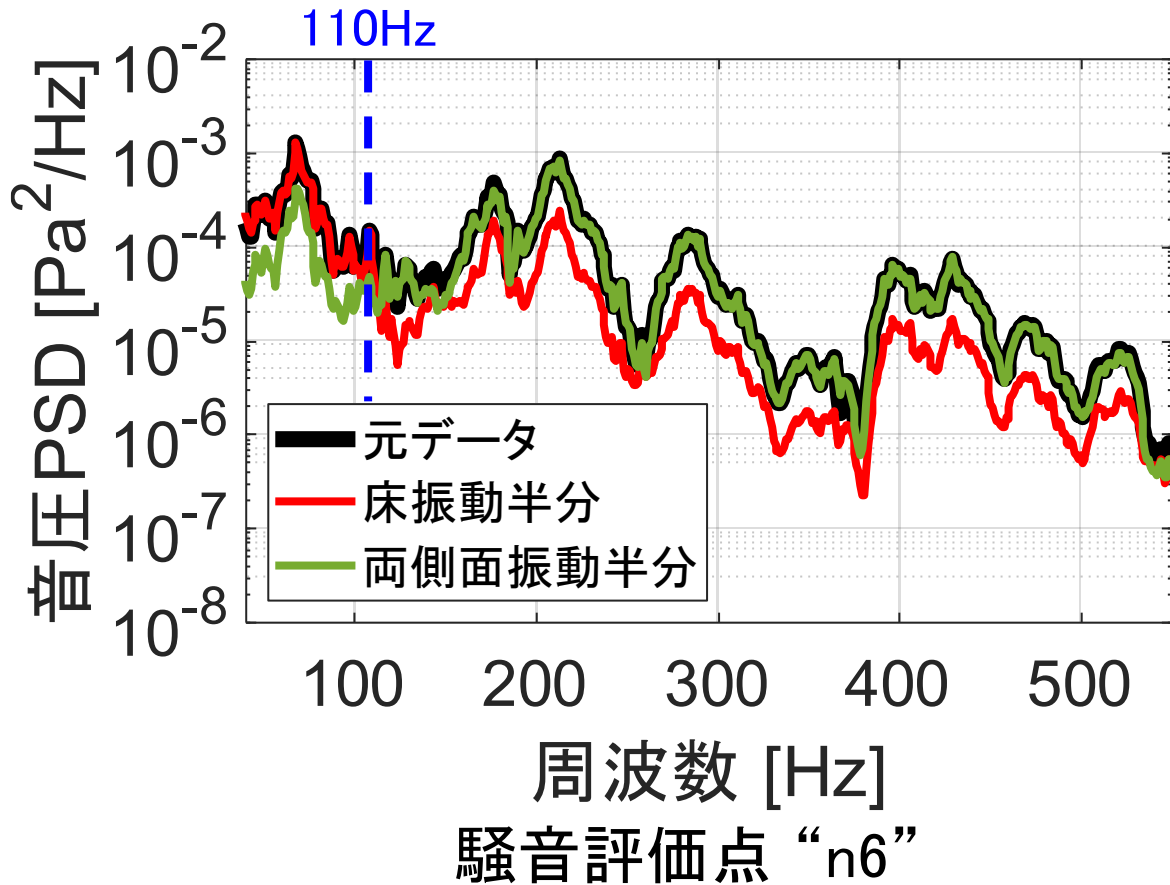


どちらも110Hz以上で低下

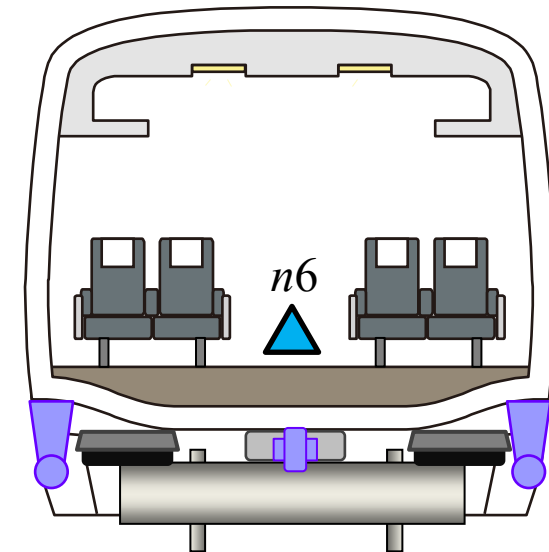
➡ 騒音低減対策の効果を予測可能

車内騒音予測結果

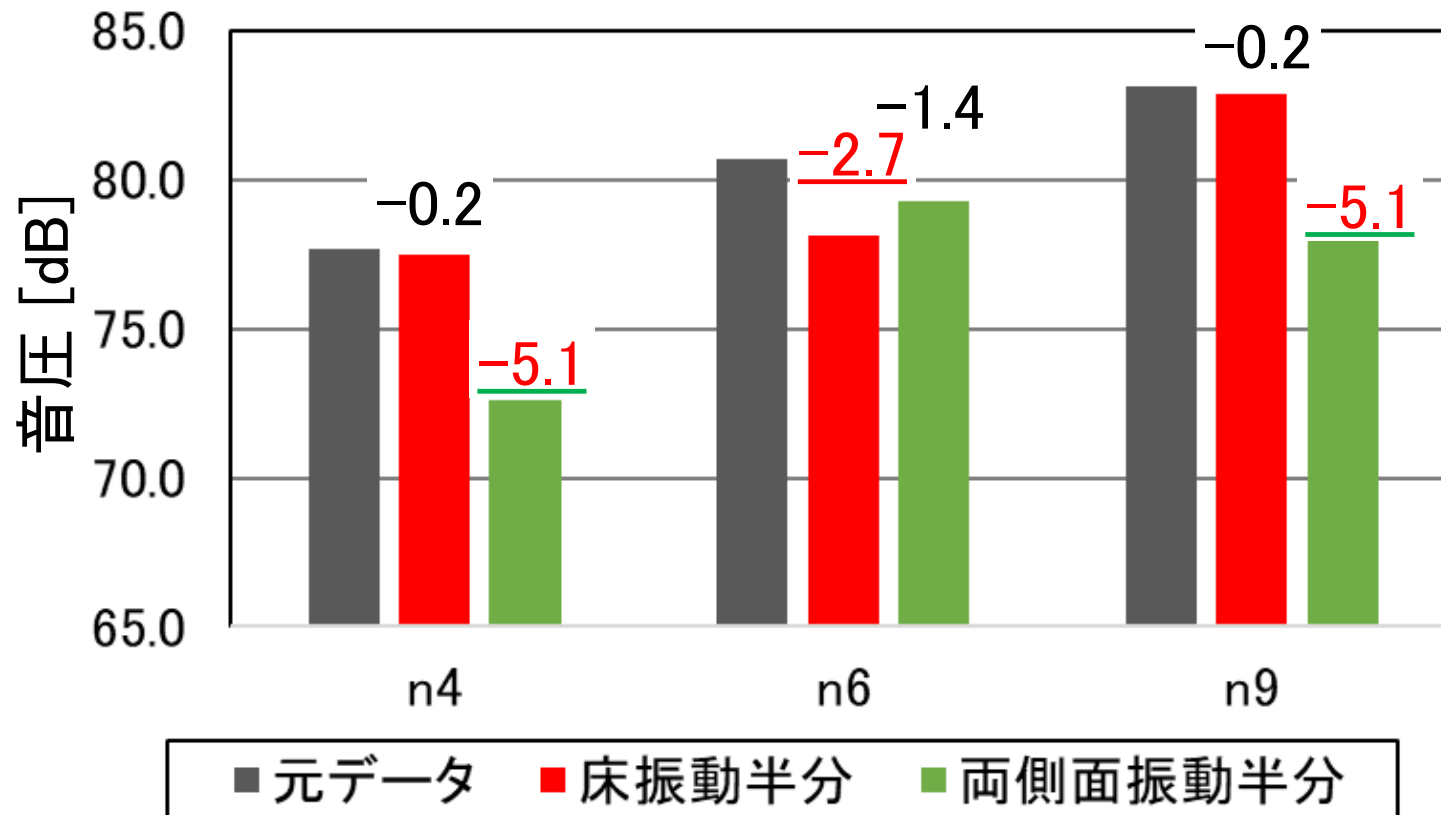
内装パネルに振動低減対策を行った状況を想定



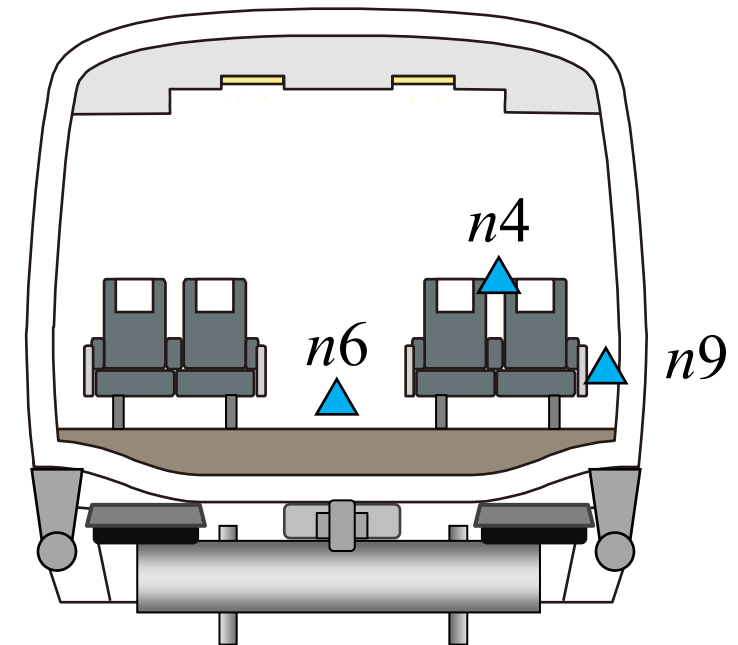
条件1	床の振動を半分に低減
条件2	両側面の振動を半分に低減



車内騒音予測結果



条件1	床の振動を半分に低減
条件2	両側面の振動を半分に低減



n6 : 床への対策が効果的
 n4, n9 : 側面への対策が効果的

車内騒音予測手法を
 騒音低減効果予測に適用可能

まとめ

- 振動スピーカーを使用した車内騒音予測手法を提示
 - 定置加振試験で車内各面の振動加速度、車内各部の音圧を測定
➡ 振動加速度を入力、音圧を出力とする伝達関数を推定
 - 車内騒音模擬試験で測定した振動加速度に伝達関数を掛け合わせ
➡ 音圧を予測
- 車内騒音予測手法が騒音低減対策の効果予測に適用可能

成果の活用

- 騒音低減対策手法の効果予測
 - 振動低減効果をあらかじめ把握した素材等を車内へ適用した際の車内騒音の低減量を予測
- 騒音低減が効果的に行える箇所を選定
 - 床，側面，天井のどこに対策をとることで最も効果的に騒音を低減できるか見積もる

文献

- 榎田耕伸、秋山裕喜、朝比奈峰之、瀧上唯夫：
「振動スピーカーを活用した鉄道車内騒音の実験的予測手法」、
騒音制御、Vol.48、No.2、2024.2