

# 1/10模型車両の加振試験による 地震時の安全限界評価

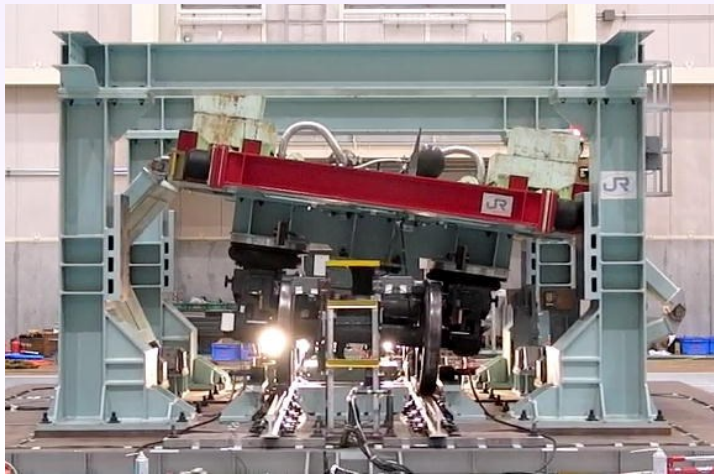
鉄道力学研究部 車両力学研究室

副主任研究員 葛田 理仁

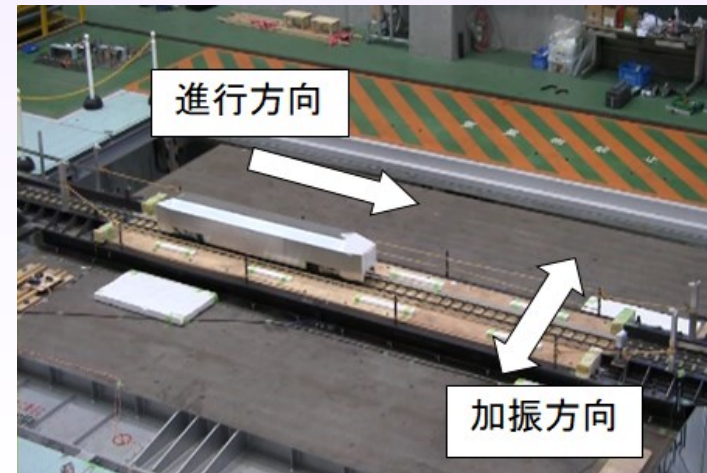
# はじめに

- 地震による鉄道車両の被害
  - 兵庫県南部地震(1995)
  - 新潟県中越地震(2004)、中越沖地震(2007)
  - 東北地方太平洋沖地震(2011)
  - 熊本地震(2016)
  - 福島県沖地震(2022)

→継続的な地震時の走行安全性向上の取組みが必要



実台車加振試験



模型車両加振試験

# 本日の発表

## 1. 研究の背景

- ・在来線車両の特徴

## 2. 1/10模型車両

- ・実車との相似性

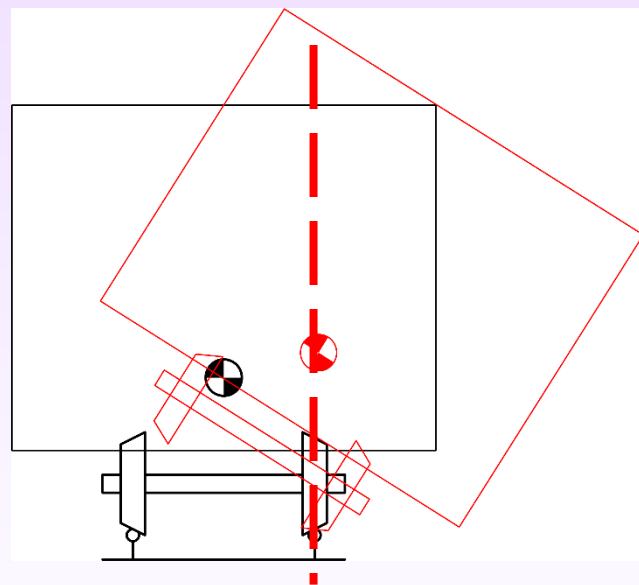
## 3. 加振試験

- ・車両構造による違い

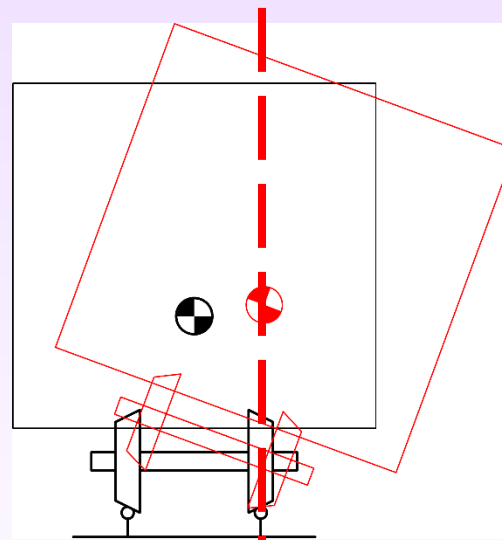
## 4. まとめと成果の活用

# 研究の背景

- 狭軌在来線車両の地震時走行安全性



新幹線  
軌間1435mm  
車両重心高さ  
1.2m程度



狭軌在来線  
軌間1067mm  
車両重心高さ  
1.5m程度

転覆限界(静的なつりあい状態＝車両重心が片方のレール直上)  
→一般的には新幹線車両に比べ地震時転覆への耐性が低い

# 研究の背景

- 車両の地震時転覆耐性向上策

## 車両転覆防止機構

車体側および軌道側にストッパ部材を配置し、車体が大きく傾くことを防止する。

車体側ストッパ: 車両限界

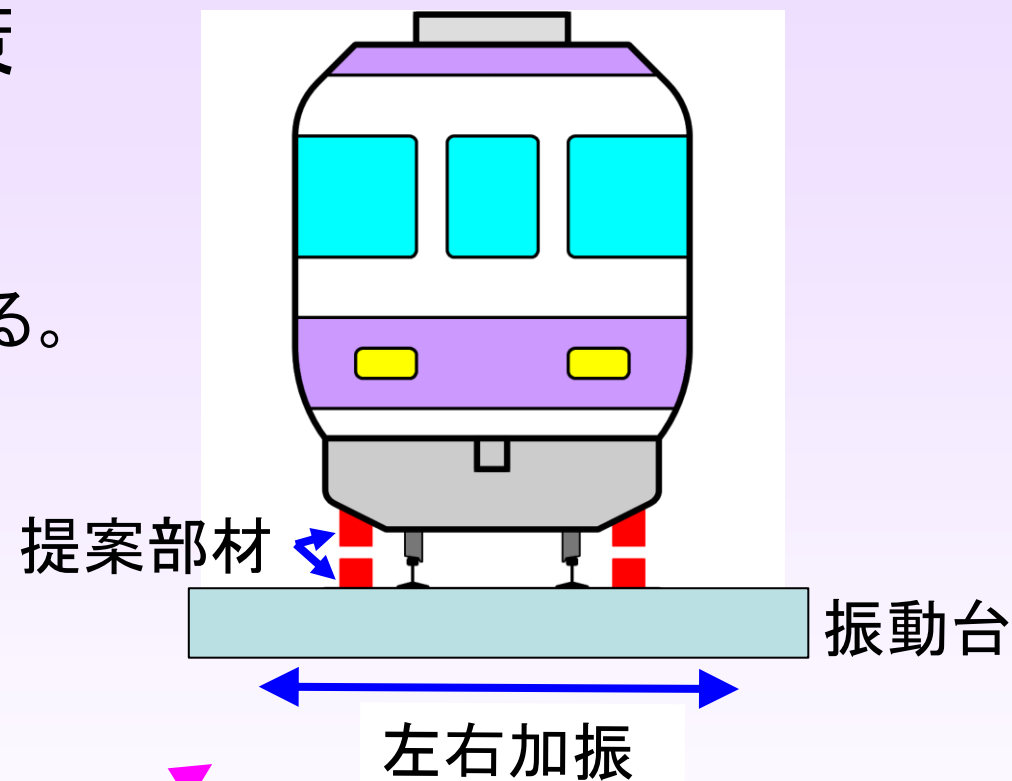
軌道側ストッパ: 建築限界 を支障しない



## 効果検証

解析的検証: 車両運動シミュレーション

実験的検証: 1/10模型車両の加振実験

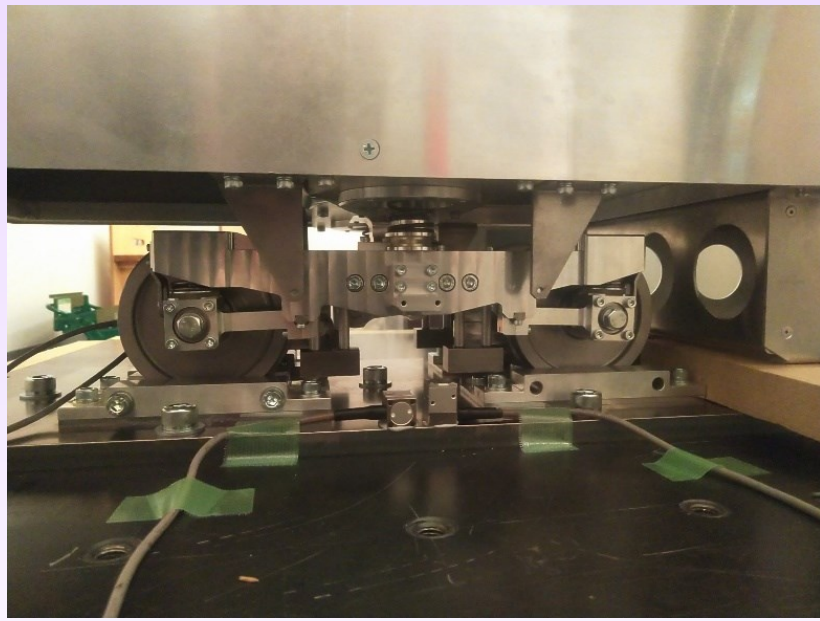


# 1/10模型車両



1/10在来線模型車両

縮尺	1/10
質量 (1車両)	約 25kg
全長	2 m
台車中心間距離	1.38m

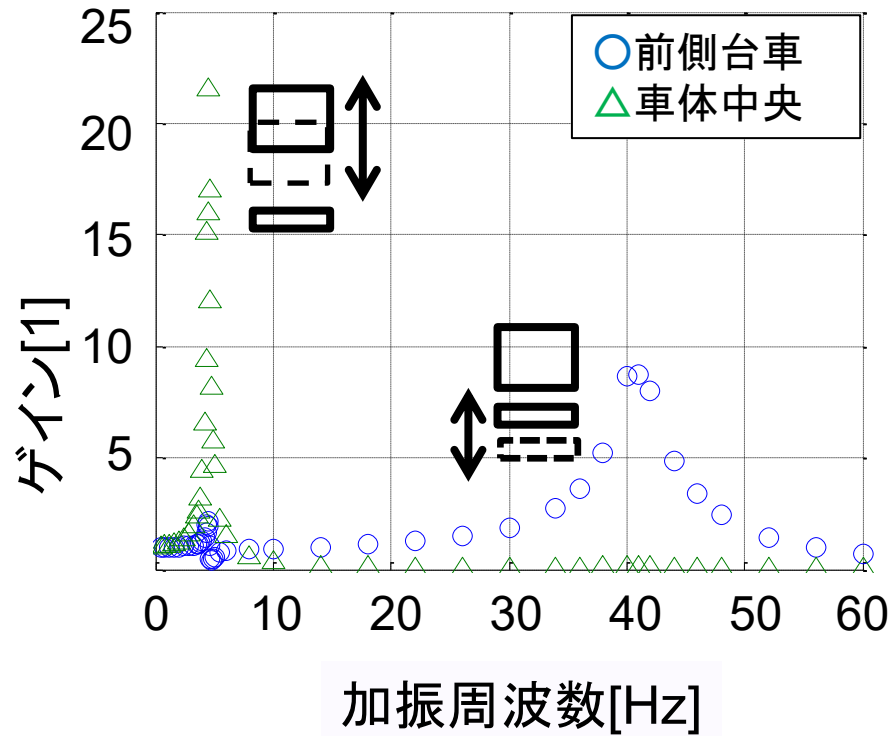


模型車両台車



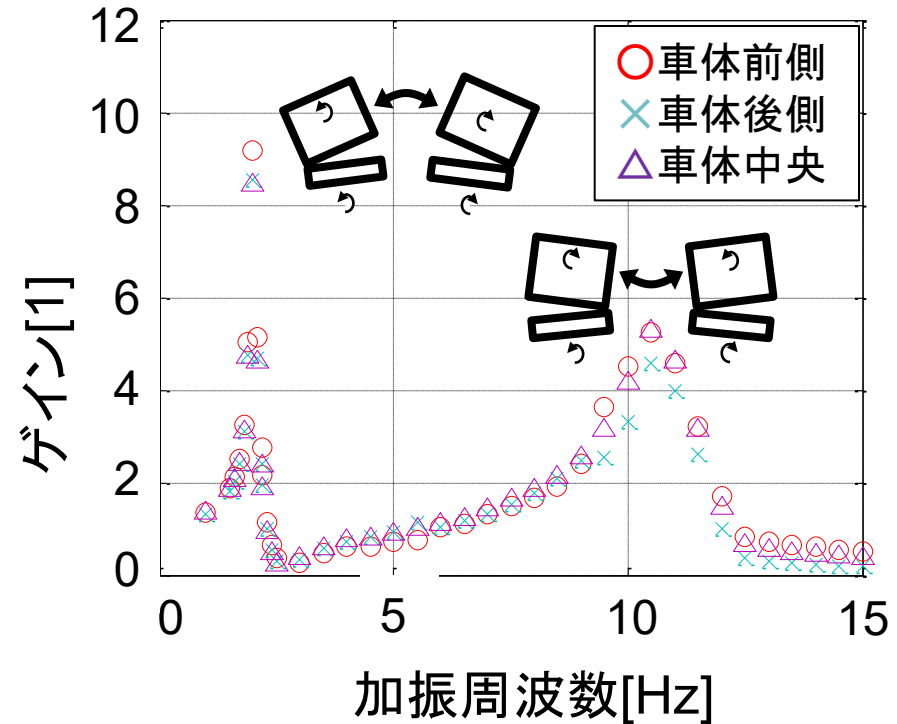
模型用ダンパ

# 模型車両の動特性



加速度応答(上下方向)

- ・4.5Hz → 車体上下動
- ・40Hz → 台車枠上下動



加速度応答(左右方向)

- ・2.0Hz → 下心ロール
- ・10.5Hz → 上心ロール

実車換算: 車体上下動(約1.5Hz)・下心ロール(約0.6Hz) → 実車の共振周波数を再現

# 転覆防止機構



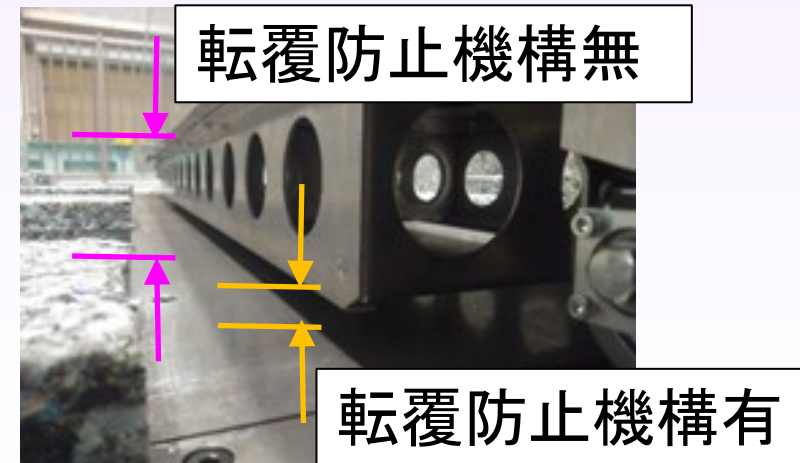
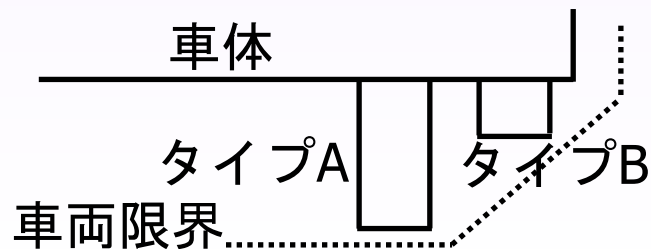
車体のみ



転覆防止機構

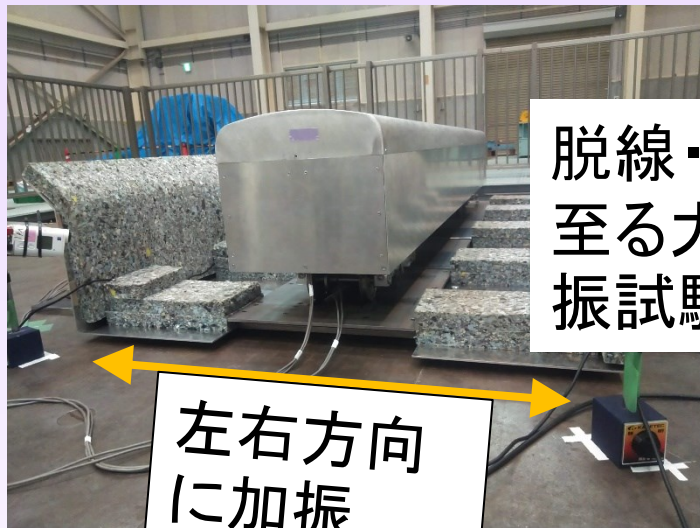
転覆防止機構取付

本模型車両は形状の異なる床下構造物  
(重さ1.5kg) を取付可能





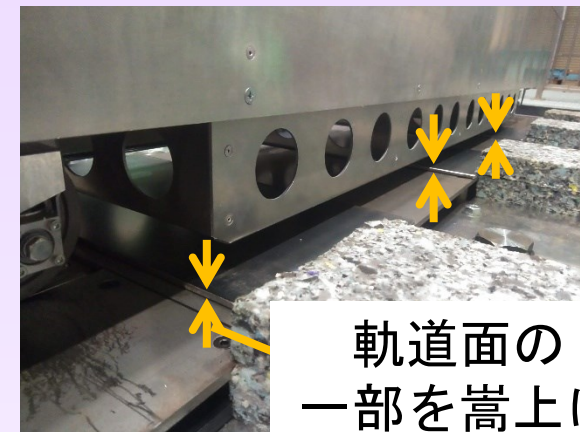
# 加振試験



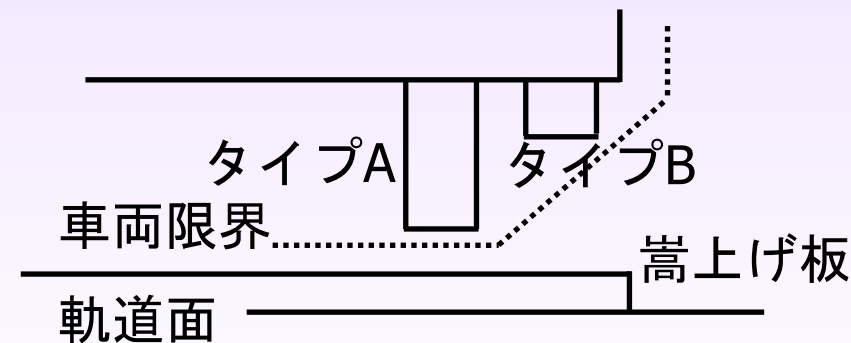
脱線・転覆に  
至る大振幅加  
振試験を実施

左右方向  
に加振

- ・ 転覆防止機構がない場合 → ①車体のみ
- ・ タイプAの転覆防止機構の場合 → ②タイプA
- ・ タイプBの転覆防止機構の場合 → ③タイプB



軌道面の  
一部を嵩上げ



- ・ タイプBの場合  
軌道面の高さを意図的に約5mm  
嵩上げし離隔をさらに狭めた条件  
→ ④タイプB嵩上げ

# 加振試験（「車体のみ」「タイプB」）

「車体のみ」  
(1.4Hz、280gal)

「タイプB」  
(1.4Hz、350gal)

加振条件（車体条件・加振周波数／振幅）、動画を確認して  
脱線や転覆の有無を記録し、速報的に「脱線」「転覆」を記録  
→以下ではこれらの試番について着目

# 脱線・転覆が生じた加振振幅

脱線または転覆が生じた時間を調べ、転覆や脱線が発生した時間が

- 振動台が定常的に振動している部分であった場合  
→振動台加速度の正負のピークの絶対値の平均値
- 定常的な振動に至る以前の部分であった場合  
→直前の振動台加速度波形の正負のピークを調べ絶対値の平均値

を脱線または転覆が生じた加振振幅とした。

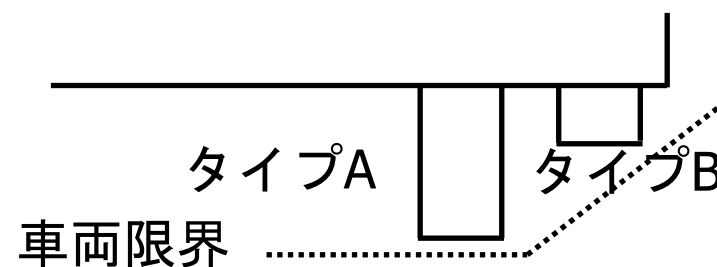
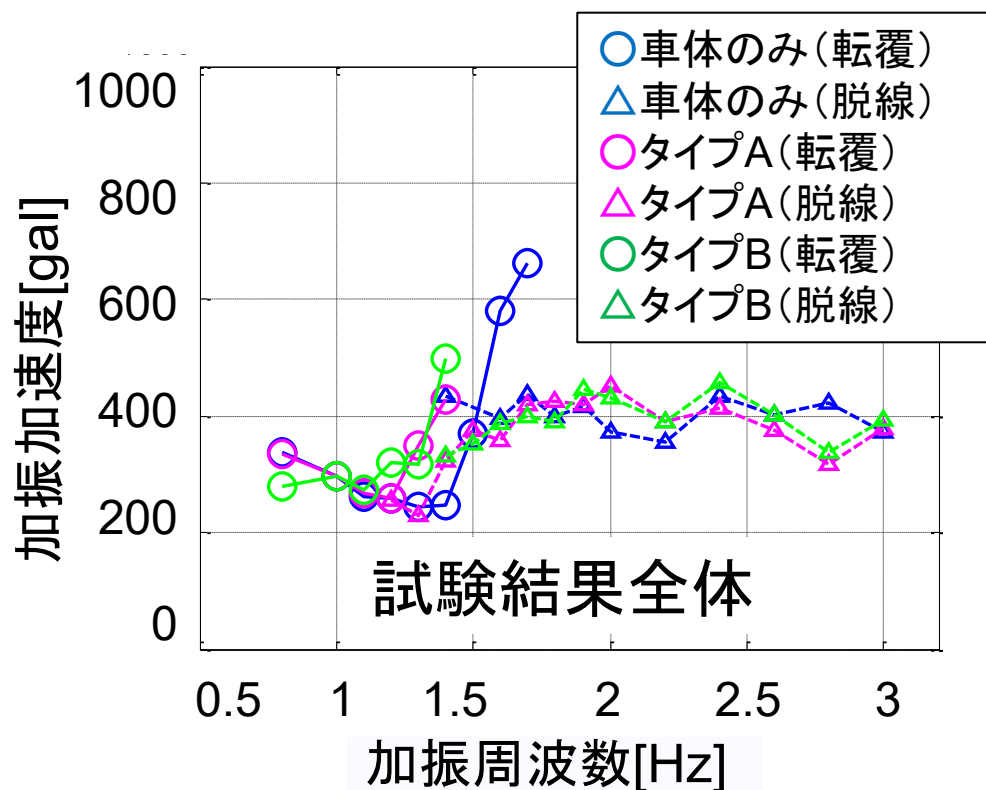
# 脱線・転覆の判定方法

動画より車体の大まかなロール角（5deg刻み）を転覆の判定のために整理

車体ロール角		整理後	脱線／転覆の判定
:	:	:	脱線
10～15deg	→	15deg	
15～20deg	→	20deg	
20～25deg	→	25deg	
25～30deg	→	30deg	転覆
30～35deg	→	35deg	
:	:	:	

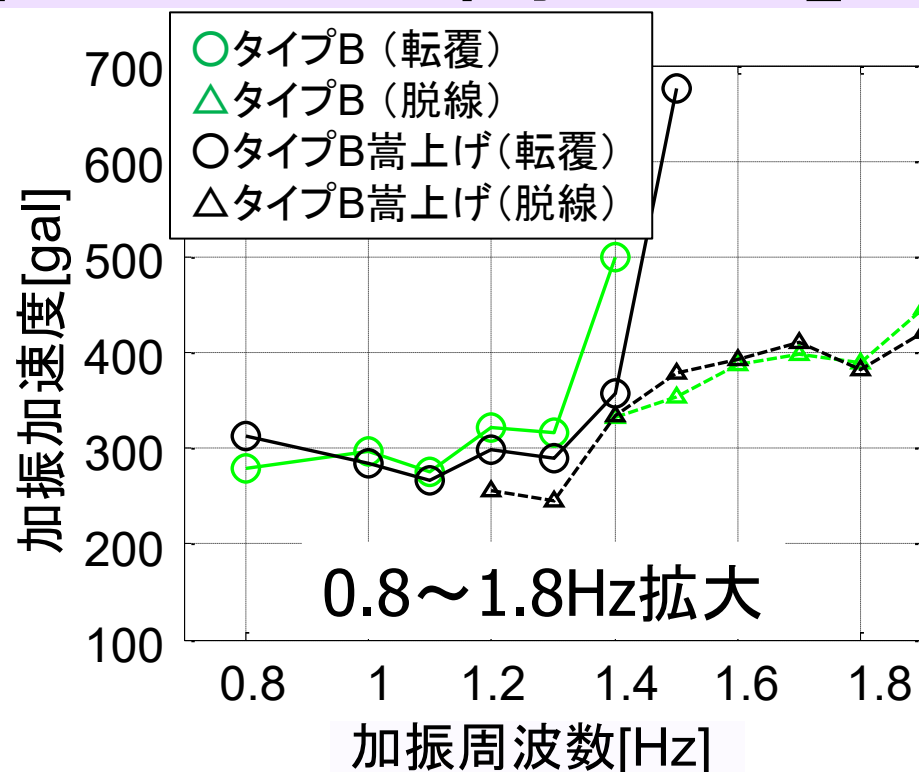
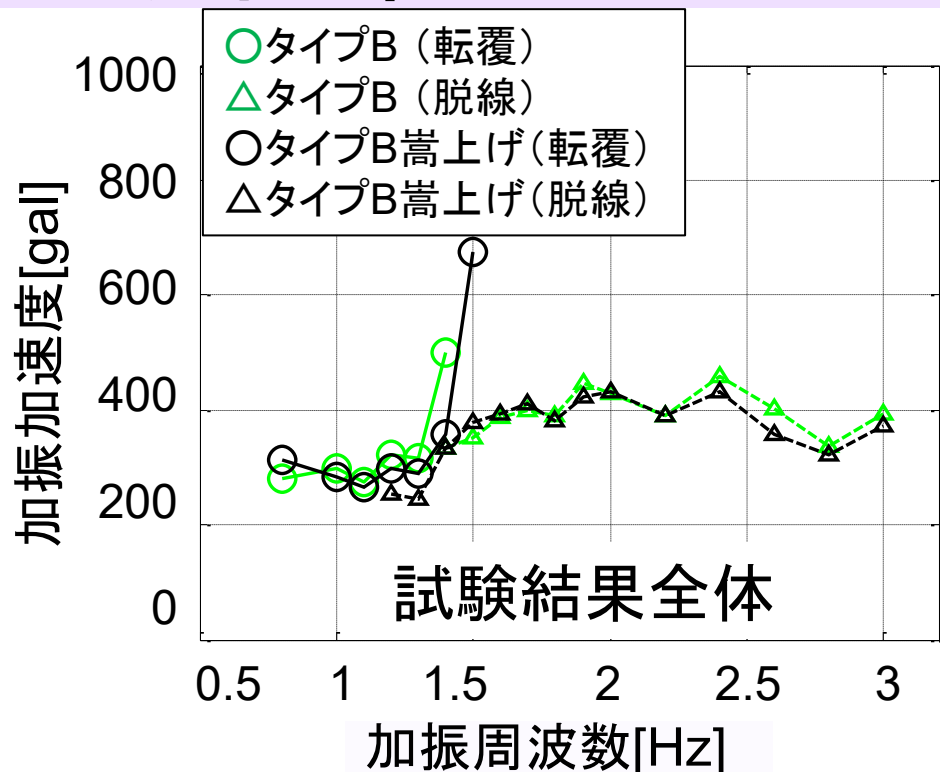
本模型車両に対して静的なつりあい式から転覆限界の車体ロール角を求めると25deg程度であるため、便宜的に脱線/転覆を本表のとおり判定

## 試験結果(「車体のみ」「タイプA」「タイプB」)



- ・同一の加振周波数であっても加振振幅によって脱線と転覆両者の結果に至り得る。
- ・「転覆防止機構あり」の場合、転覆となる加振振幅が「車体のみ」の場合よりも大きい。
- ・1.4Hz以上で脱線したものについては転覆防止機構の有無で明確な差異はない。

# 試験結果(「タイプB」「タイプB嵩上げ」)



- ・「タイプB嵩上げ」と「タイプB」の場合とでは明確な差異が見られず、むしろ「タイプB嵩上げ」のほうが「タイプB」よりも脱線や転覆が生じる加振振幅が小さい領域が多い。

# 加振試験（「タイプB」「タイプB嵩上げ」）

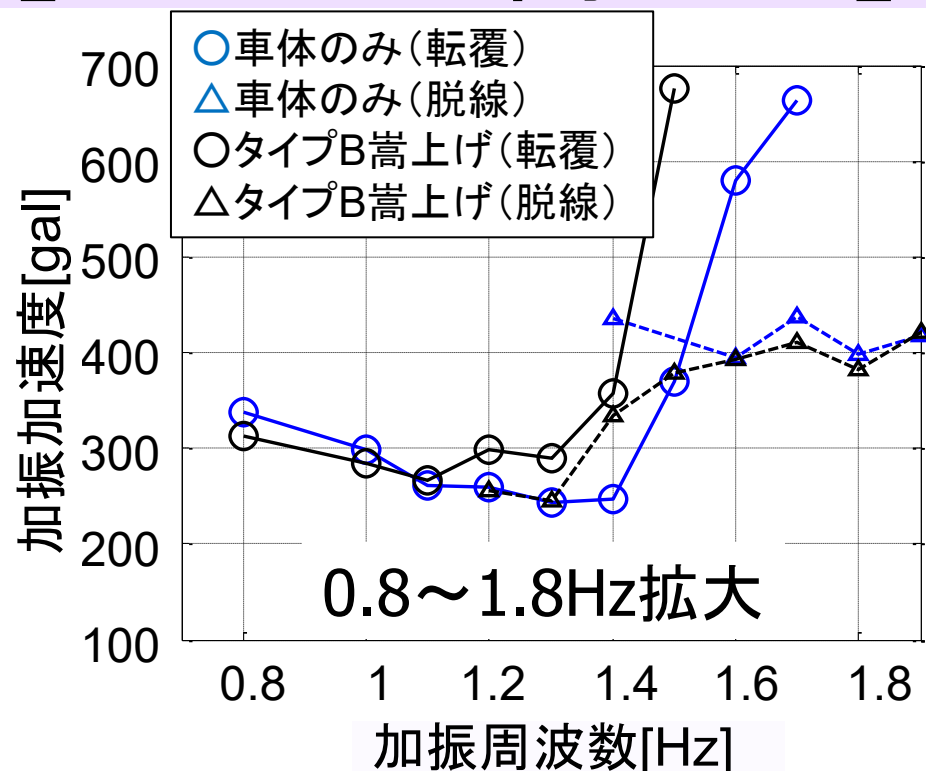
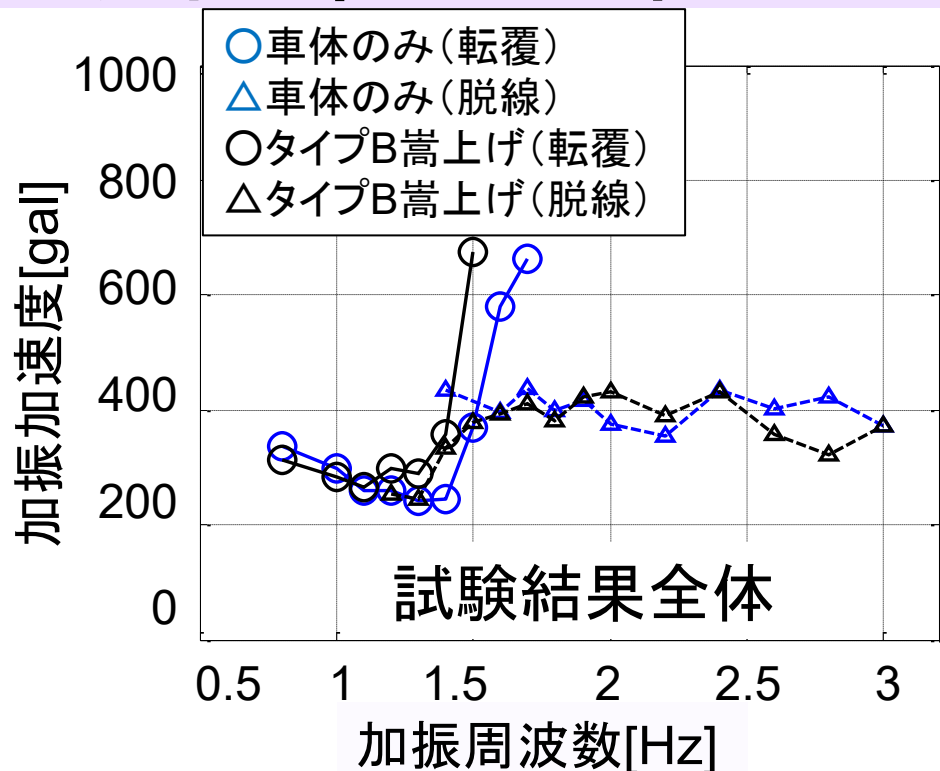


「タイプB」  
(1.2Hz、300gal)



「タイプB嵩上げ」  
( 1.2Hz、300gal )

# 試験結果（「車体のみ」「タイプB嵩上げ」）



・1.1Hz以上で転覆となる加振振幅は「車体のみ」の場合より大きい。

⇒ 車体のみ < タイプB嵩上げ < タイプA < タイプB の傾向

⇒ 車体および軌道面の設計において何らかの適切な諸元の設定を行うと転覆に対する耐性が向上する可能性があることを示唆



# まとめと成果の活用

・地震時における鉄道車両の安全性向上に資するため、地震時における車両挙動の縮尺模型試験を行うための1/10模型車両を製作した。

⇒模型車両の動特性を測定し、実車との相似性を確認し、各種の対策・評価の検討に資するものであることを確認した。

・車体床下構造や軌道面の高さの違いによる車両挙動や脱線が生じる加振振幅の差異について検討した。

⇒転覆防止機構ありの場合、転覆防止機構なしの場合に比べて転覆に至る加振振幅が増加し、車両の転覆耐力向上に資する可能性があることが分かった。

## 成果の活用

シミュレーションモデルの深度化や編成車両での実験