

横風に対する車両の安全性評価に用いる 車体左右振動加速度の推定法

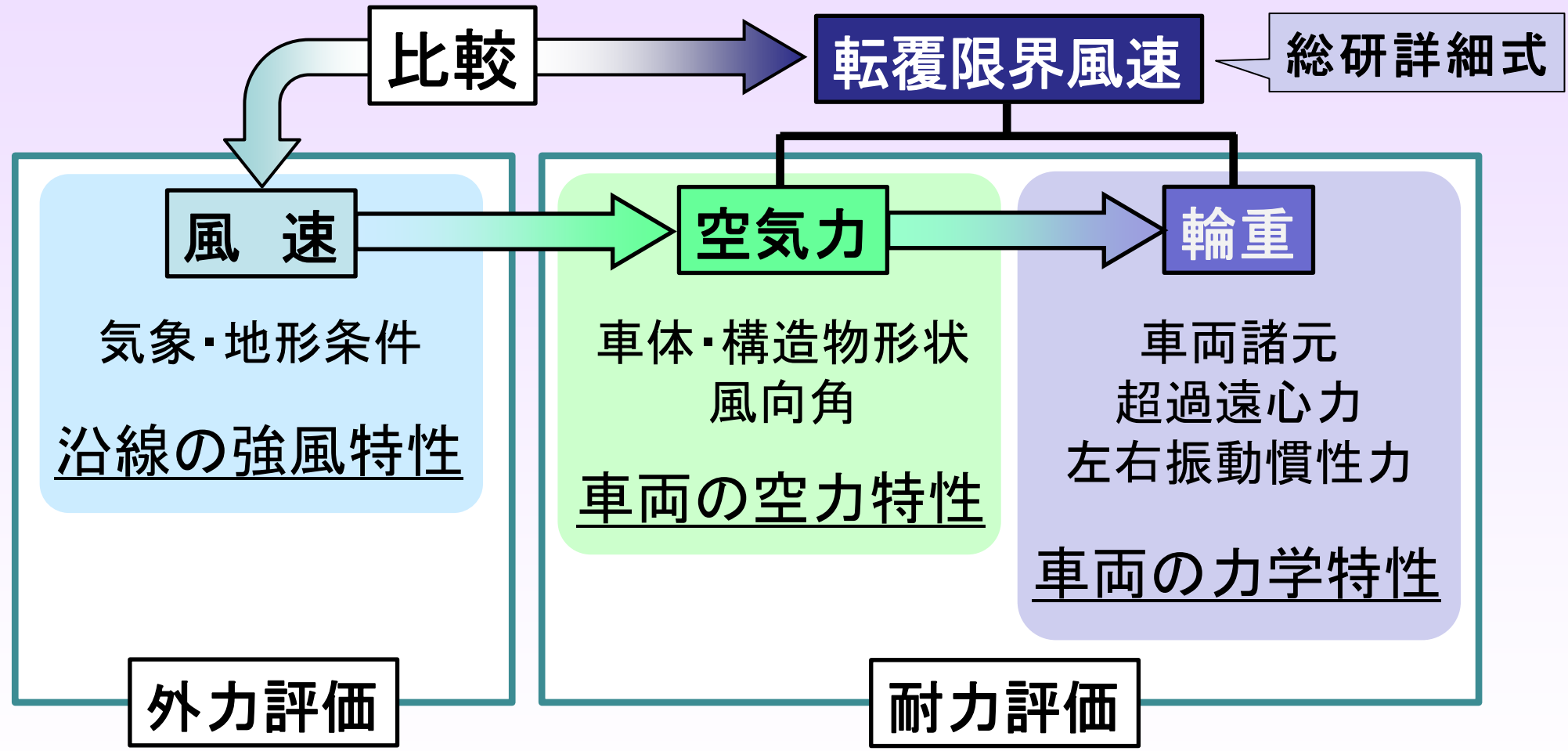
鉄道力学研究部 車両力学研究室

主任研究員 金元 啓幸

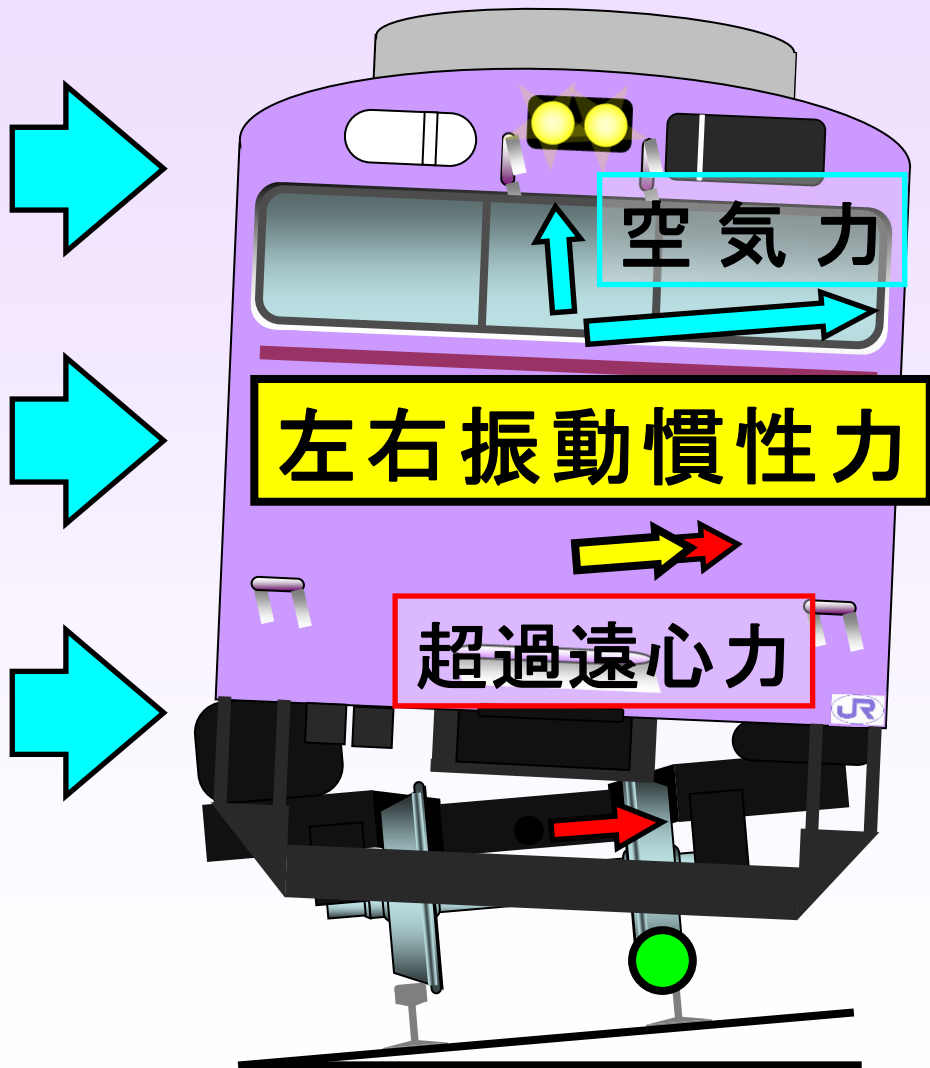
本日の発表

1. はじめに
2. 風洞での模型実験
3. シミュレーションによる推定法
4. まとめと成果の活用

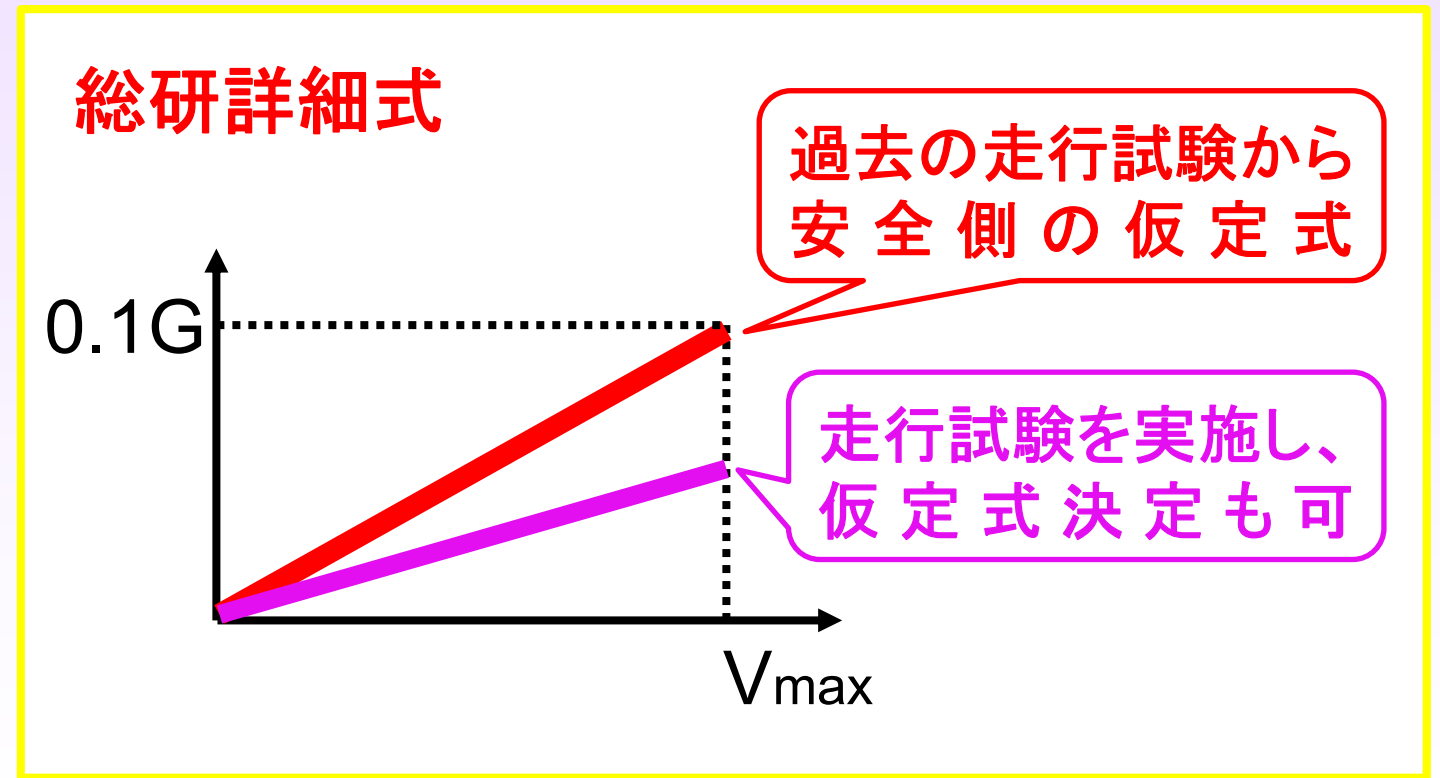
1. はじめに — 転覆事故を防ぐために —



1. はじめに — 左右振動加速度に関する現状の仮定 —



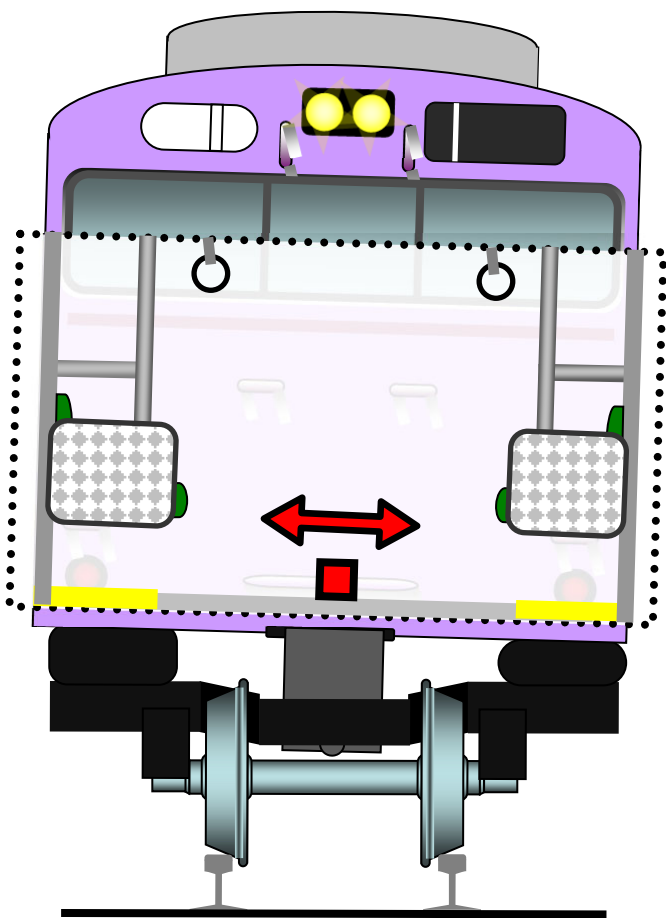
左右振動慣性力(加速度)



1. はじめに —左右振動加速度に関する現状の仮定—

走行試験

無風

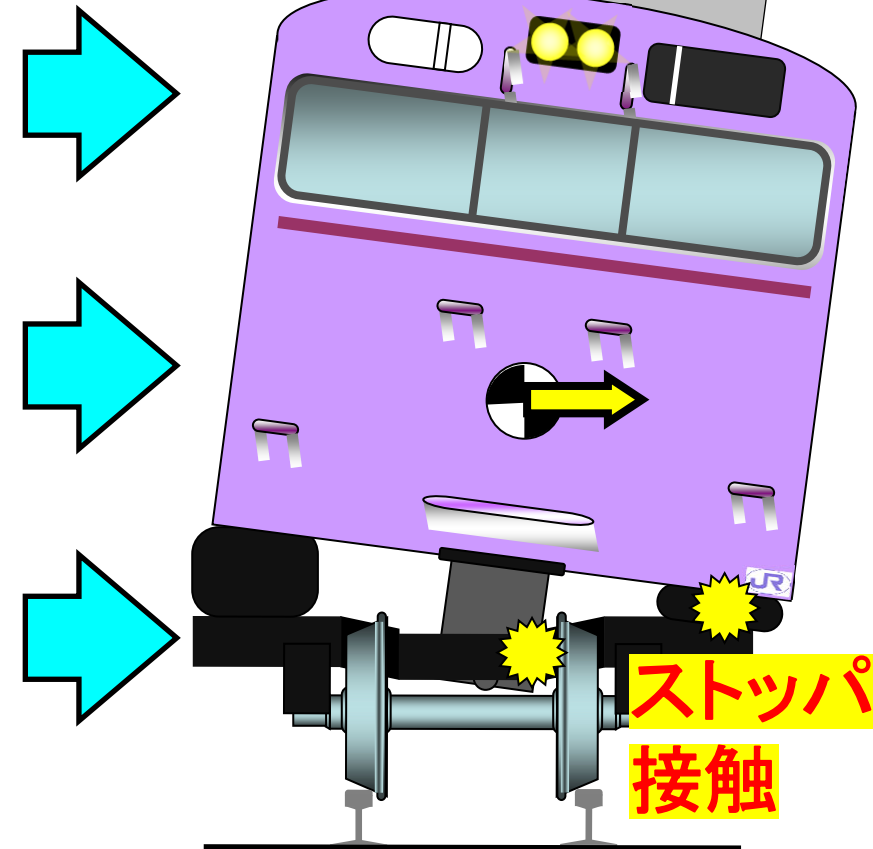


両者の相違

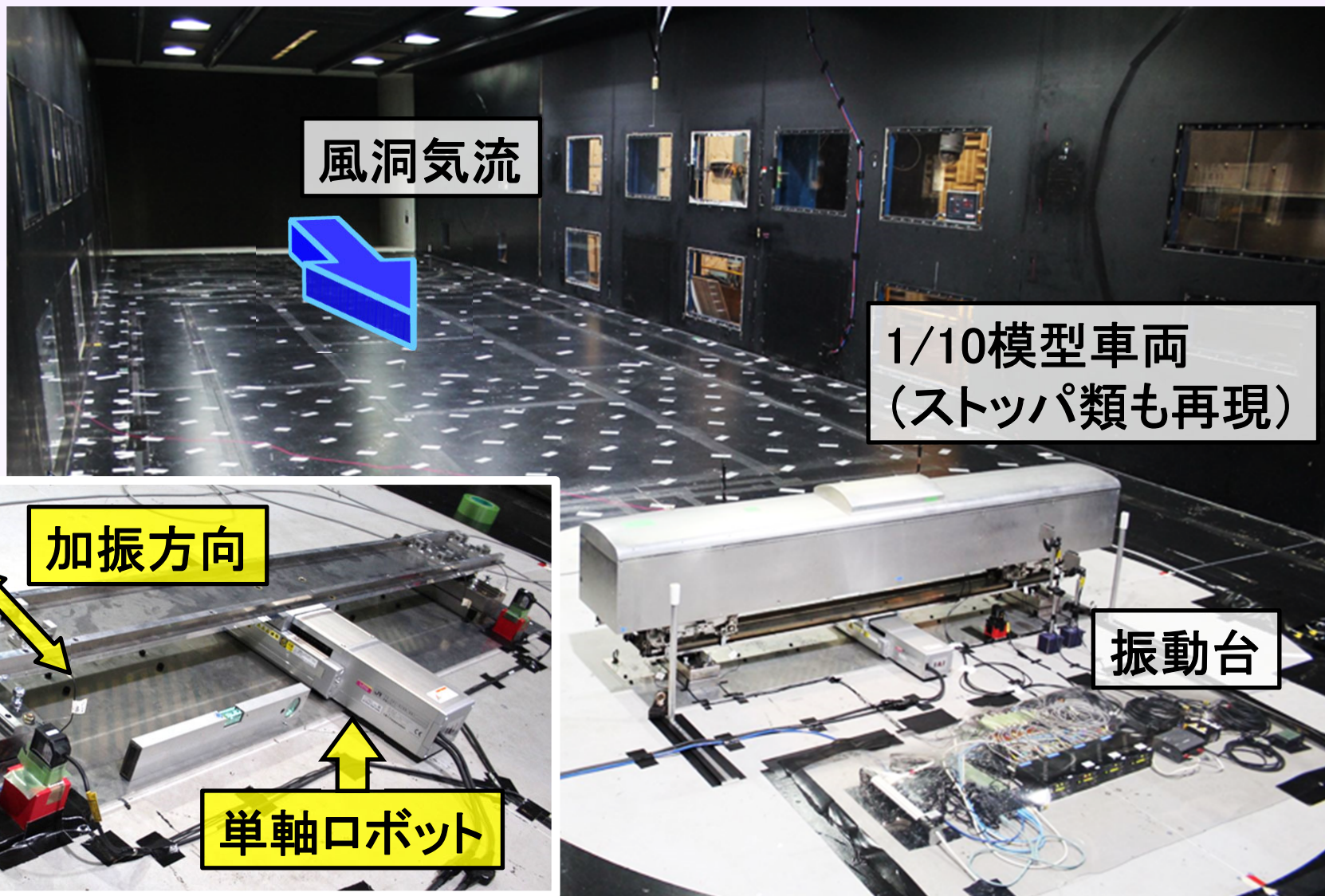
- ・測定位置
- ・測定方向
- ・横風環境

総研詳細式

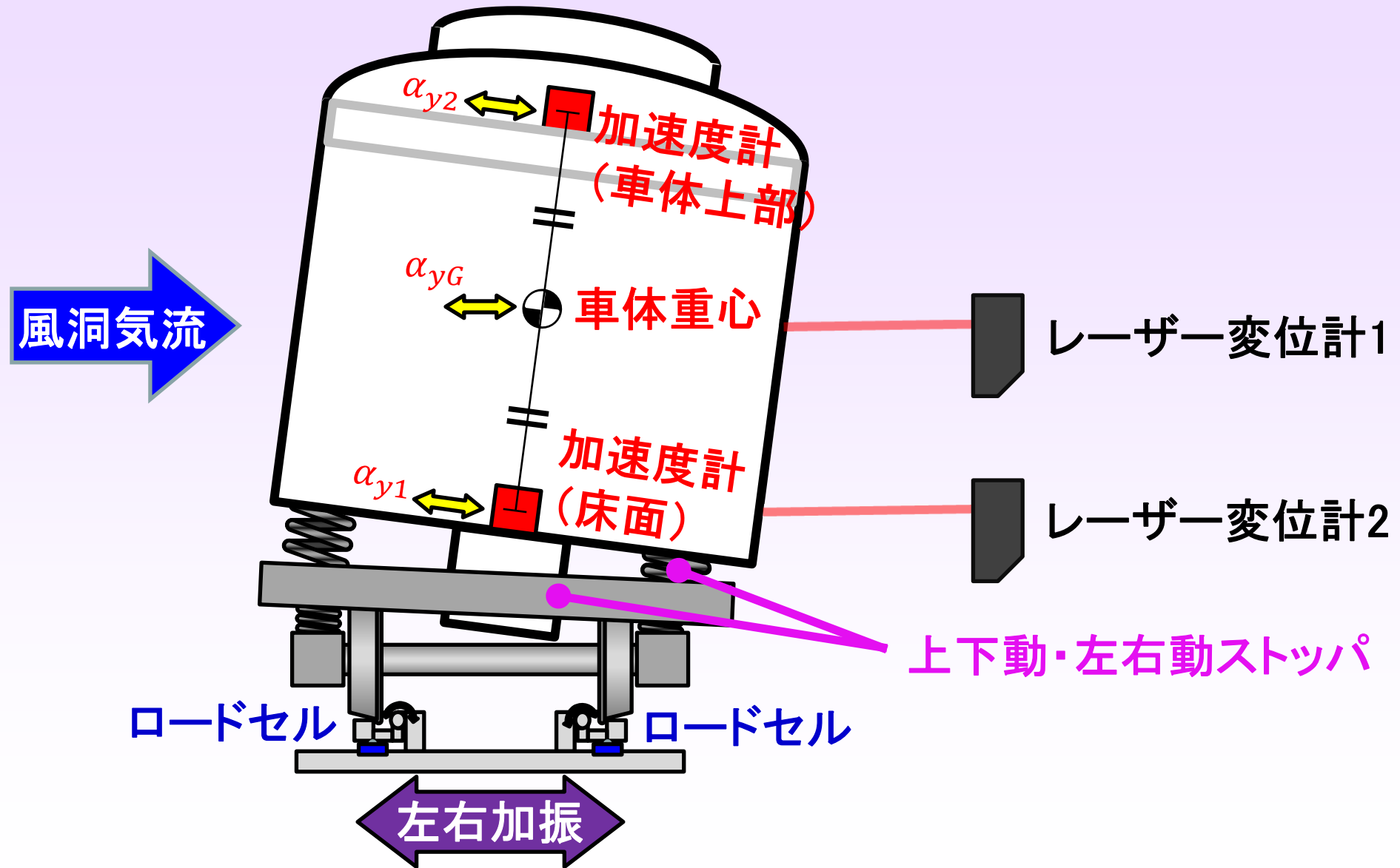
強風



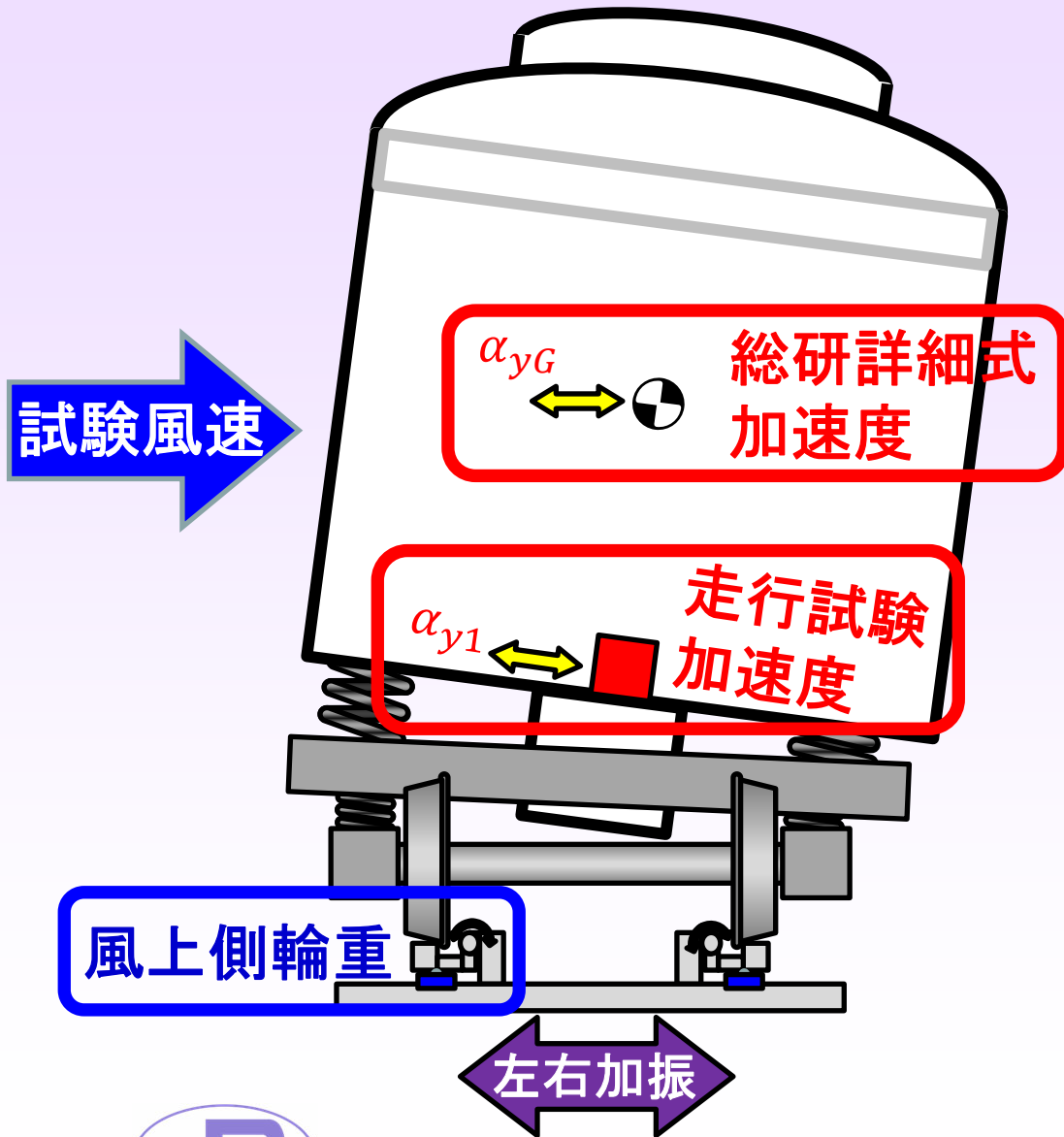
2. 風洞での模型実験



2. 風洞での模型実験



2. 風洞での模型実験



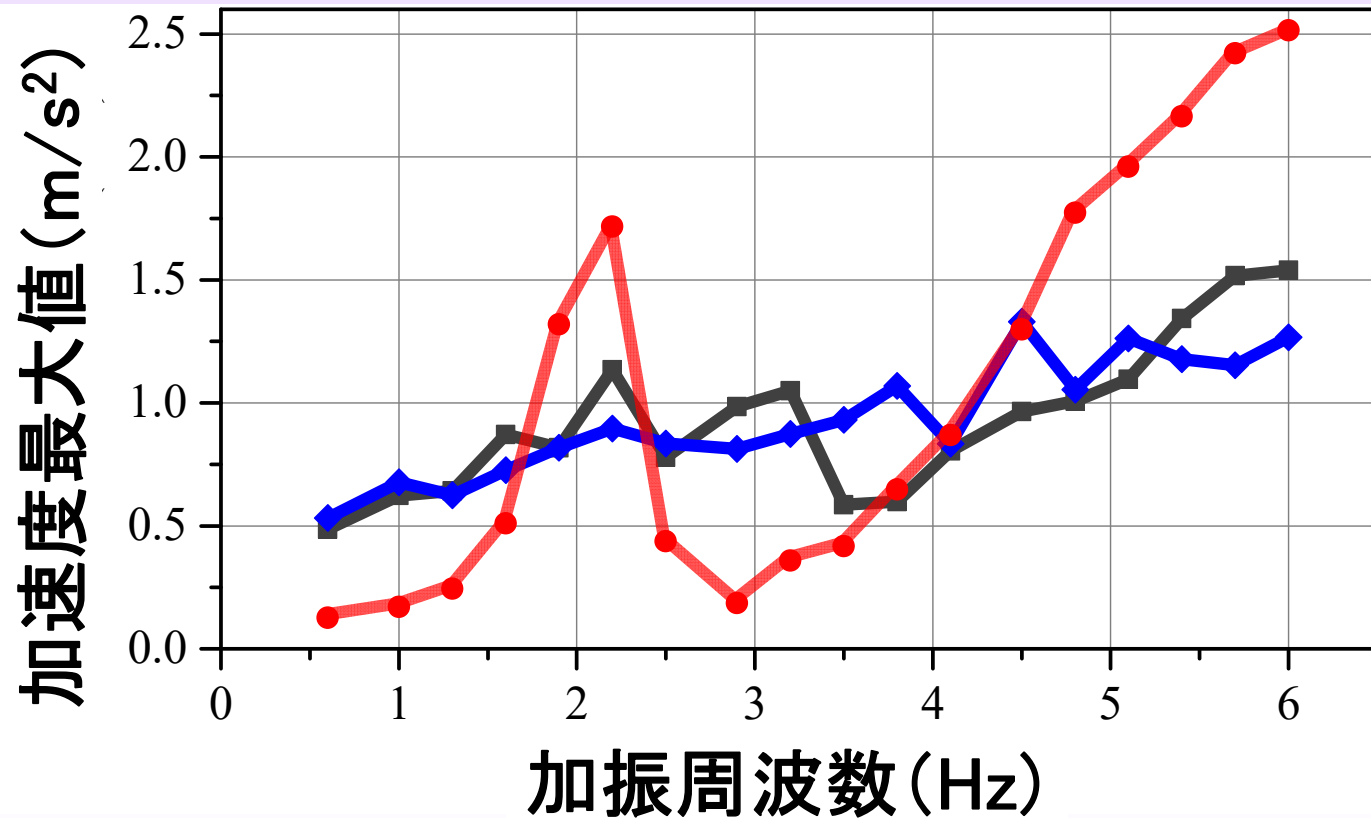
試験条件

項目	数値等
試験風速	無風0m/sと強風11、12m/s (実車相当 約35、38m/s)
加振波形	正弦20波
加振振幅(0-p)	1.5mm
加振周波数	0.6~6.0Hz (実車 約0.2~2Hz) * 台車中心間距離相当の13.8mで 通り変位が連続した軌道上を 10~95km/hで走行したと仮定

- ・左右加速度の最大値比較
- ・左右加速度と風上側輪重の相関係数

2. 風洞での模型実験

左右振動加速度の最大値比較



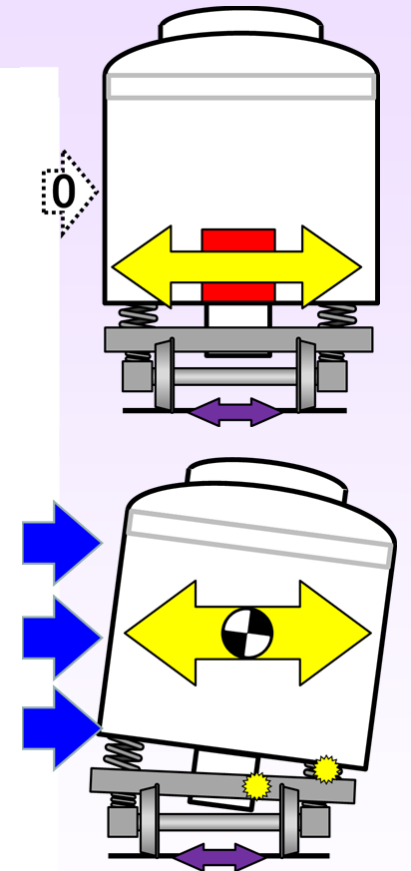
走行試験と同じ
無風、床面測定

— 0m/s

総研詳細式と同じ
強風、車体重心

— 11m/s

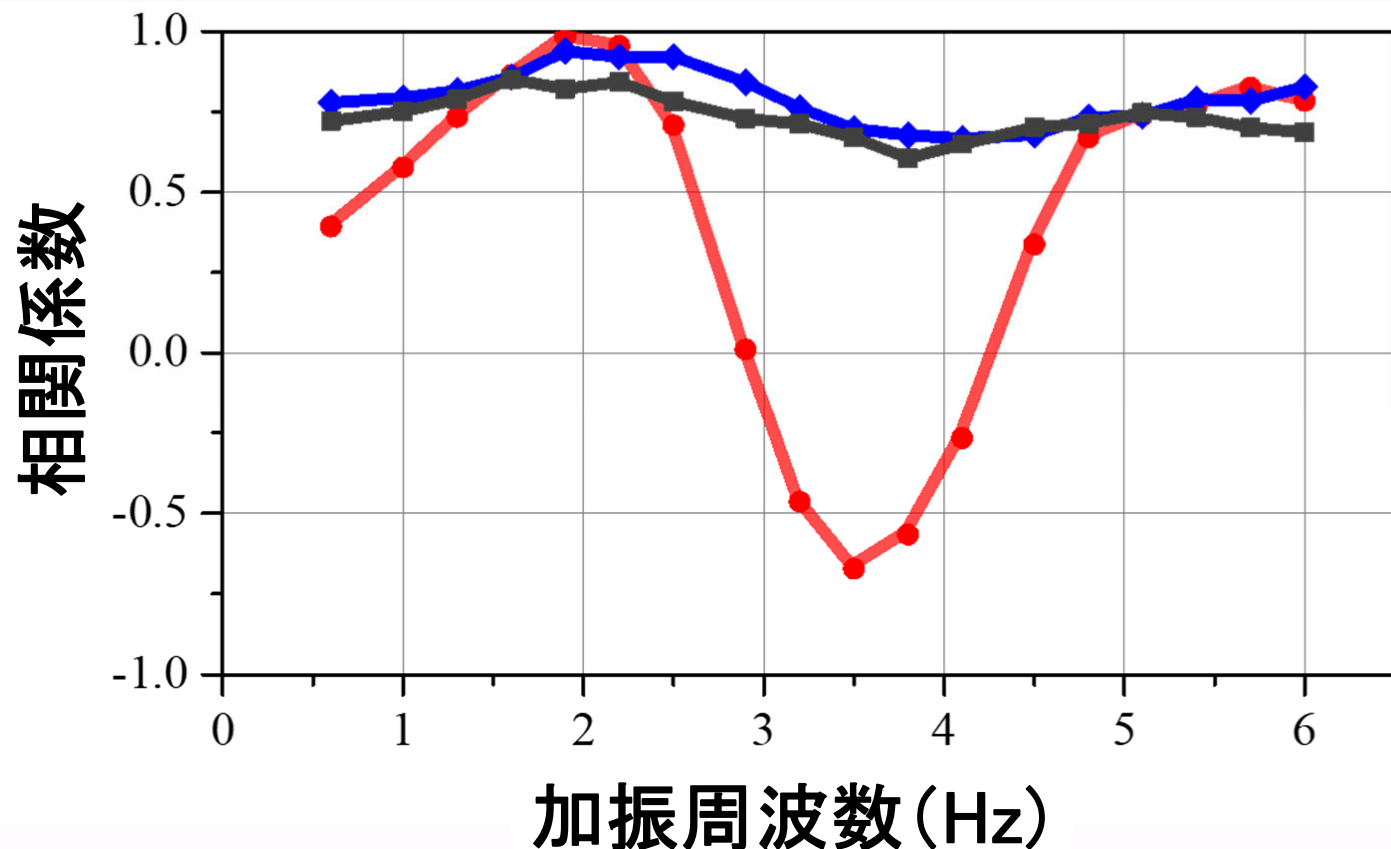
— 12m/s



走行試験と総研詳細式の左右振動加速度では、傾向が異なる

2. 風洞での模型実験

左右振動加速度と風上側輪重の相関係数



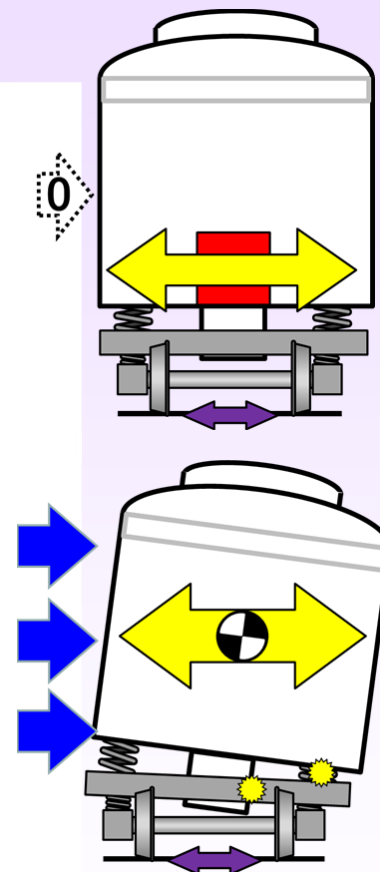
走行試験と同じ
無風、床面測定

0m/s

総研詳細式と同じ
強風、車体重心

11m/s

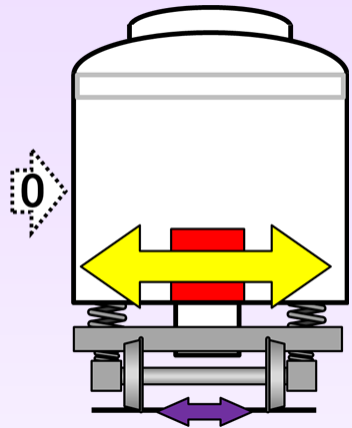
12m/s



総研詳細式の左右振動加速度の方が、輪重との相関が高い

2. 風洞での模型実験

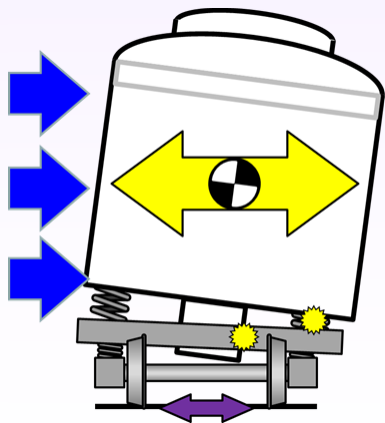
走行試験



両者の相違

- ・測定位置
- ・測定方向
- ・横風環境

総研詳細式



模型試験のまとめ

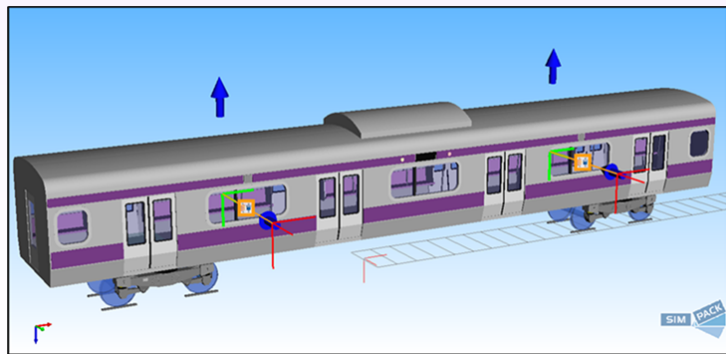
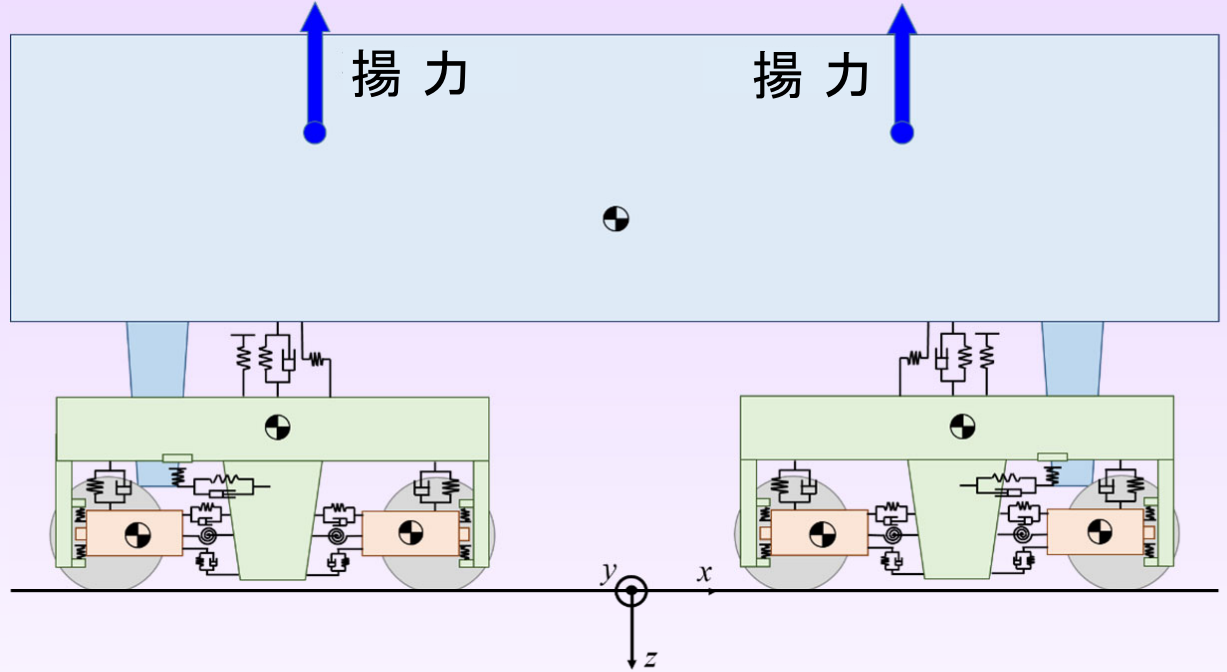
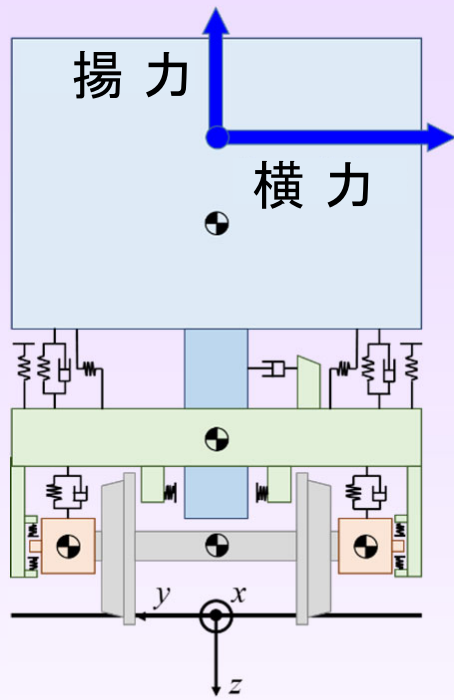
走行試験と総研詳細式とで、左右振動加速度の出現傾向が異なる。

強風下で車体重心位置に生じる左右振動加速度（総研詳細式の定義通り）の方が、風上側輪重との相関が高い。

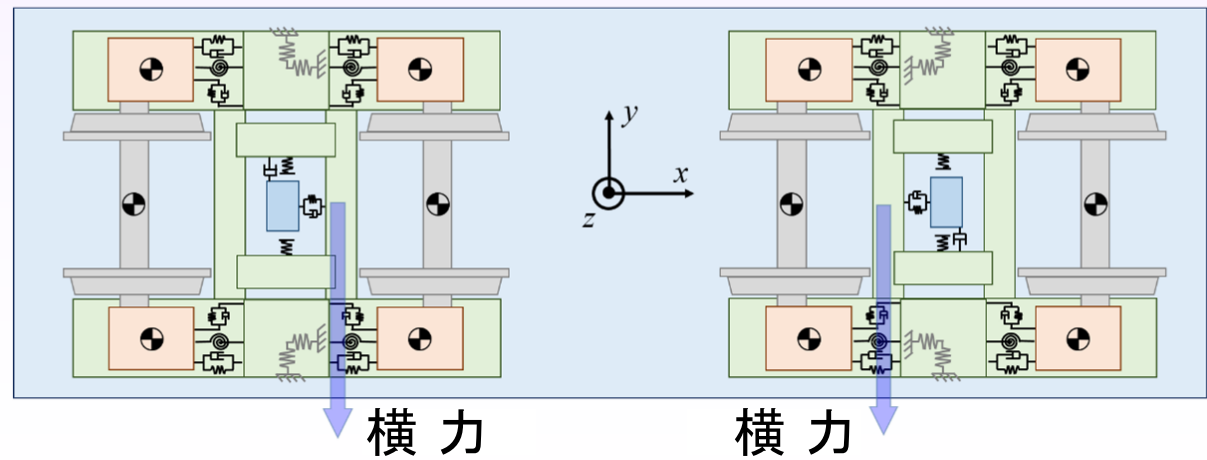
ただ、強風下での走行試験は難しい...

強風下で車体重心位置に生じる左右振動加速度をシミュレーションで推定

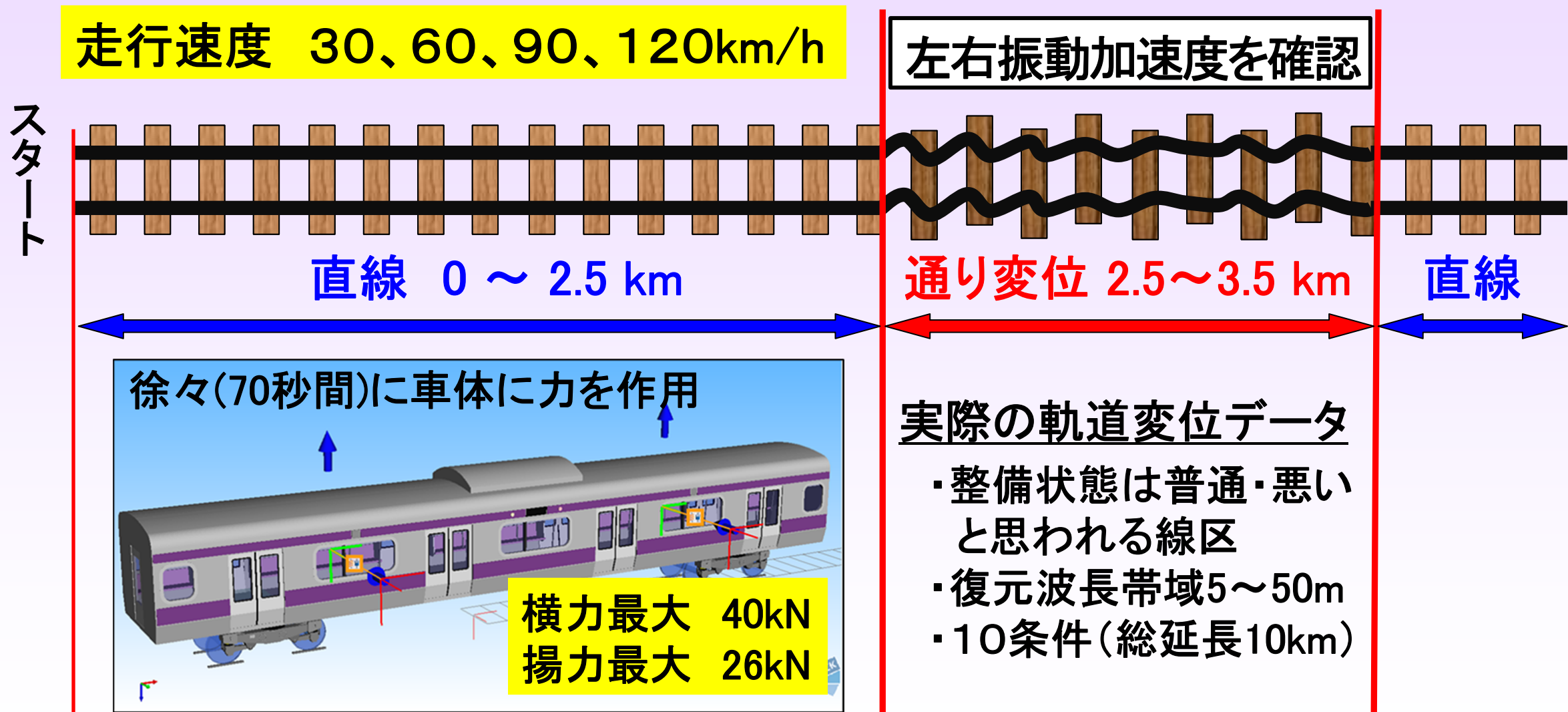
3. シミュレーションによる推定法



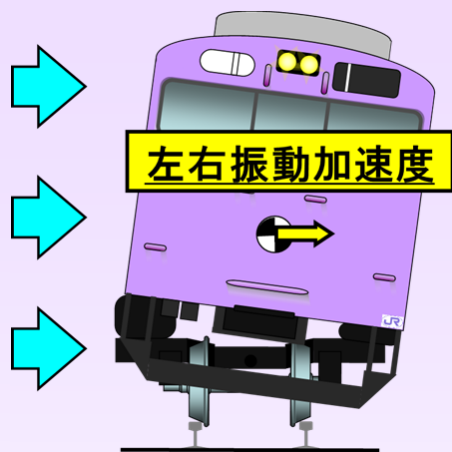
≡ shows the connection with the car body.



3. シミュレーションによる推定法



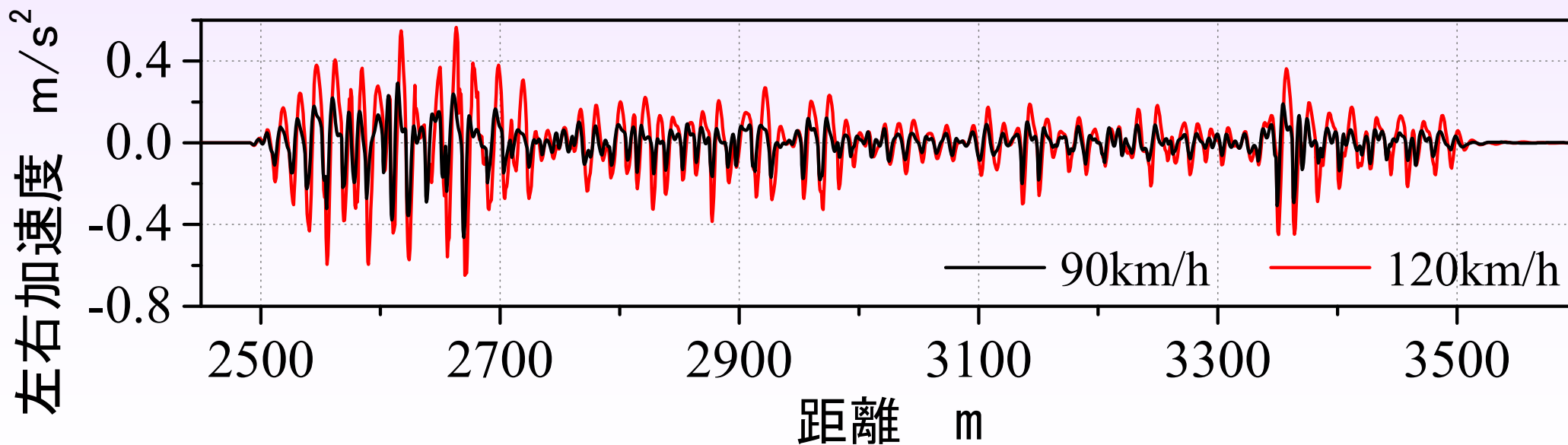
3. シミュレーションによる推定法



通り変位No.2

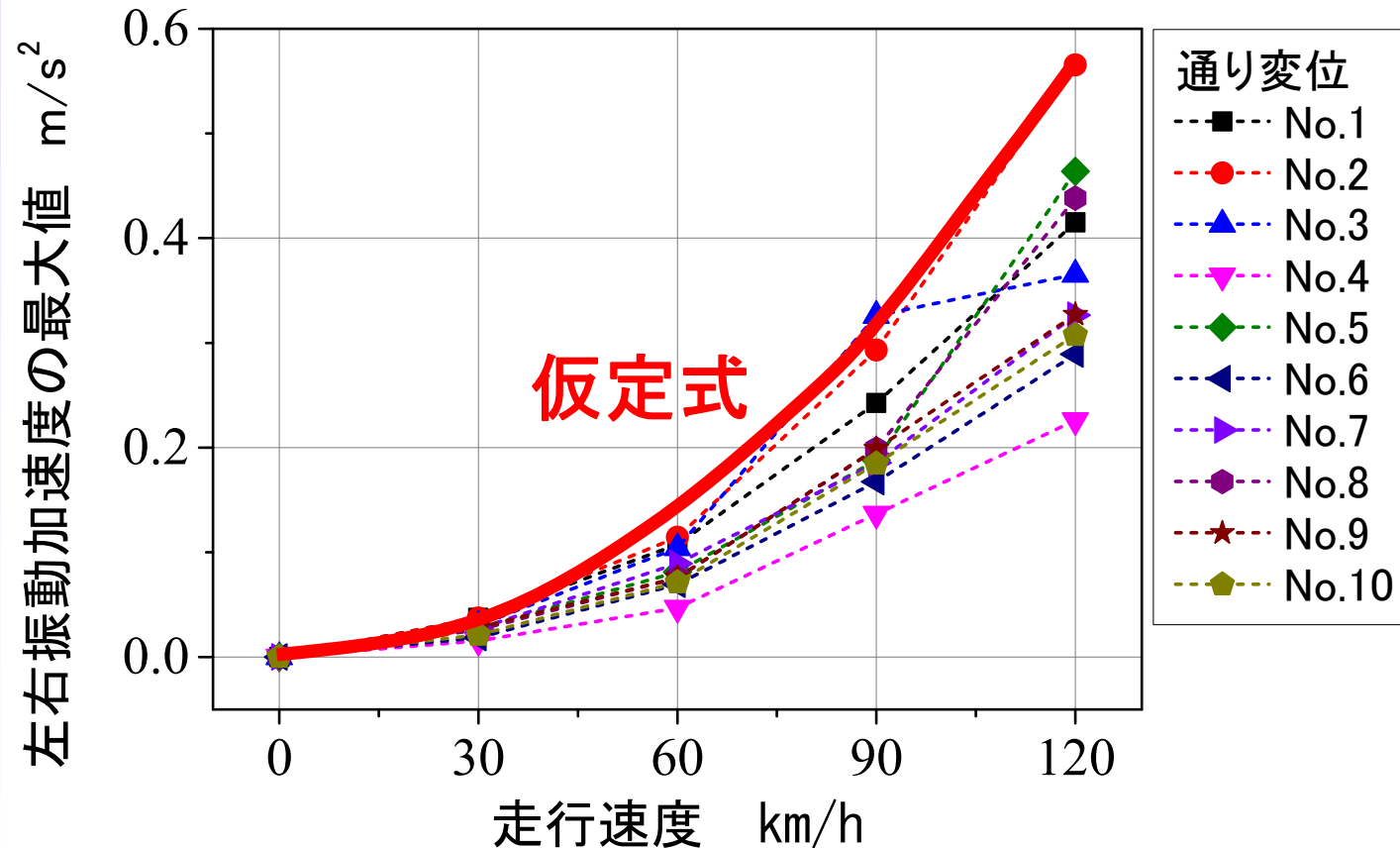
速度 90、120km/h

全10条件に対して
同様にシミュレーション実施



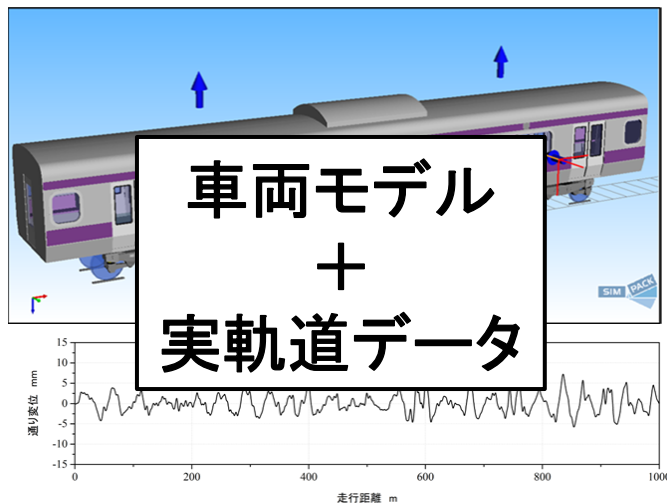
3. シミュレーションによる推定法

転覆方向の左右振動加速度の最大値

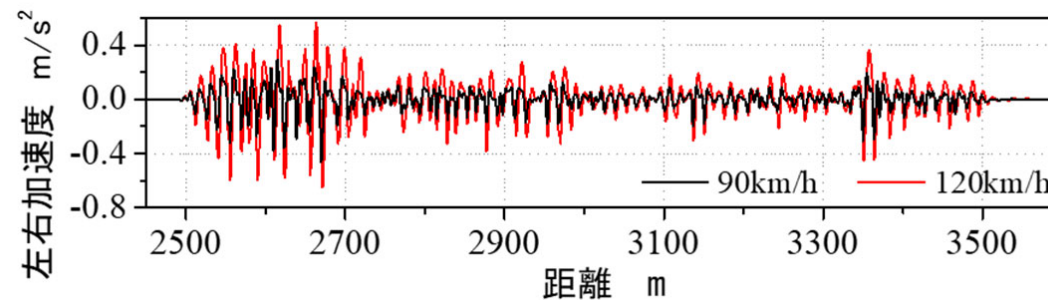
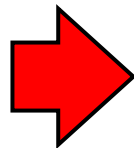


仮定式: $\alpha_{yG} (m/s^2) = 3.93 \times 10^{-5} \times v^2$ ($v: km/h$)

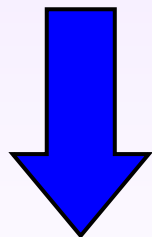
3. シミュレーションによる推定法



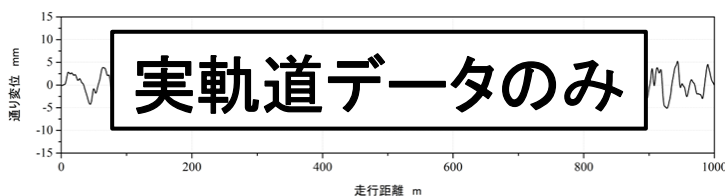
推定



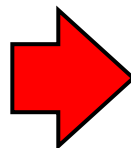
強風下での車体重心位置の
左右振動加速度



・車両モデルを作るのが大変。事業者では難しい。

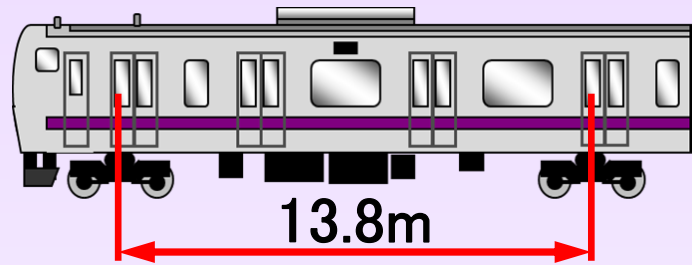


推定法



強風下での車体重心位置の
左右振動加速度

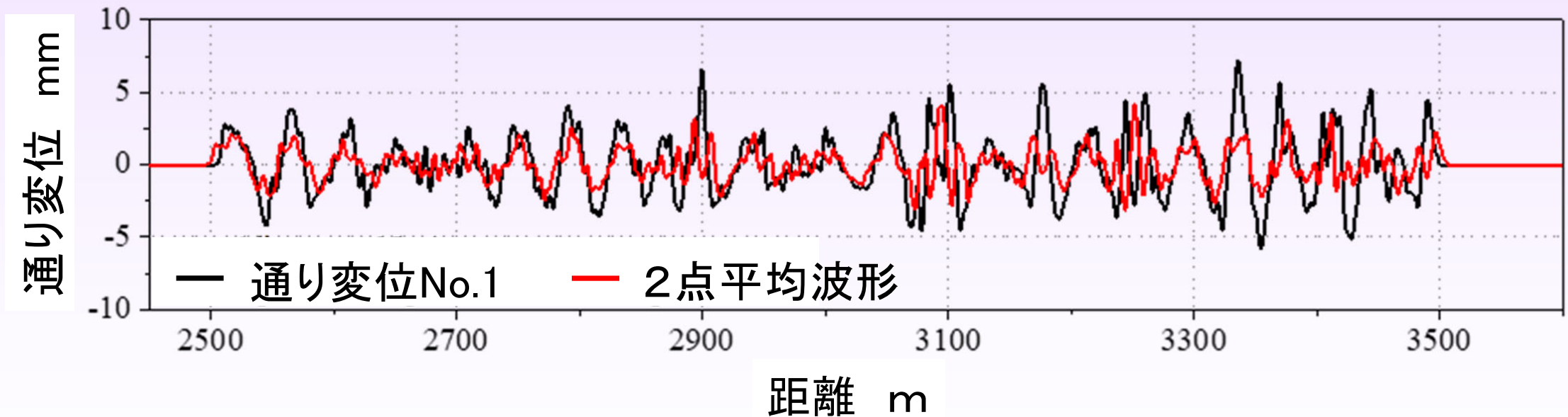
3. シミュレーションによる推定法



実軌道データの
サンプリング間隔
0.25m



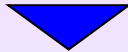
13.75m離れた2点を平均し、
車体中心位置での変位を算出



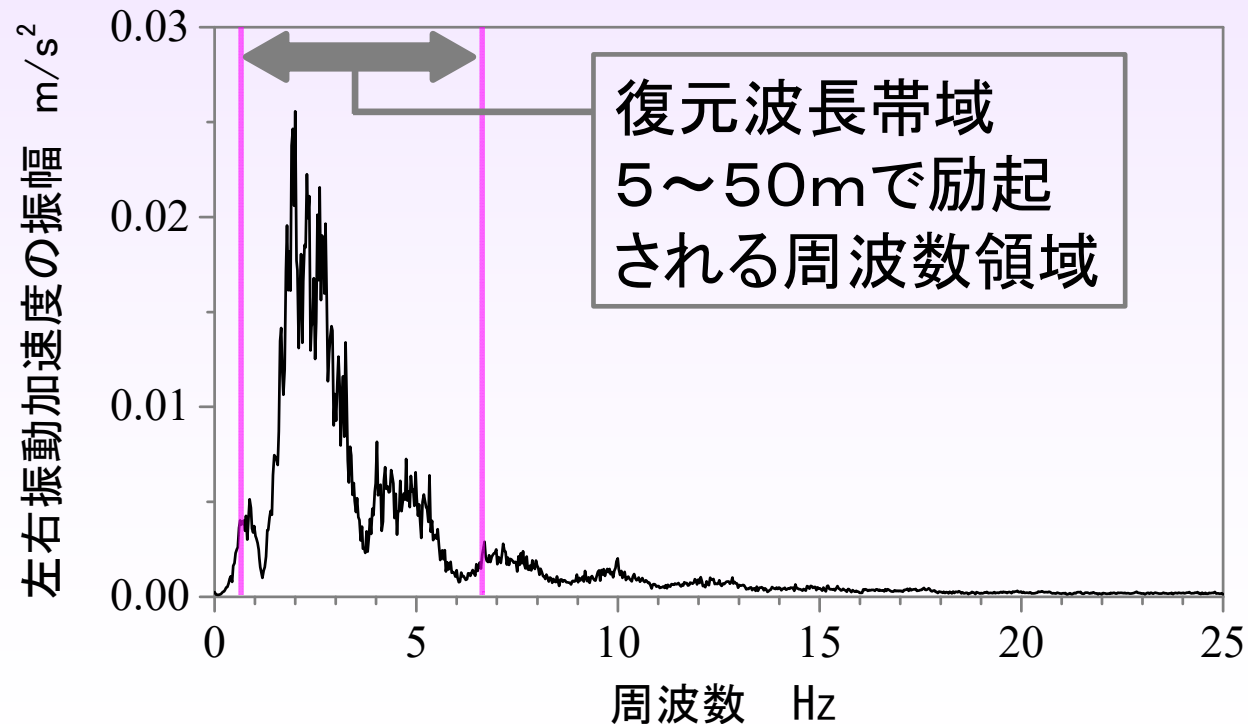
▶ 2階微分して、車体重心位置の左右振動加速度が出ないか？

3. シミュレーションによる推定法

そのまま2階微分しただけでは、シミュレーション結果よりも相当大きな左右振動加速度になってしまった。

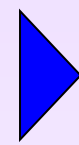


120km/h走行時のシミュレーション結果(10条件)を周波数解析し、左右振動加速度の振幅を平均した結果

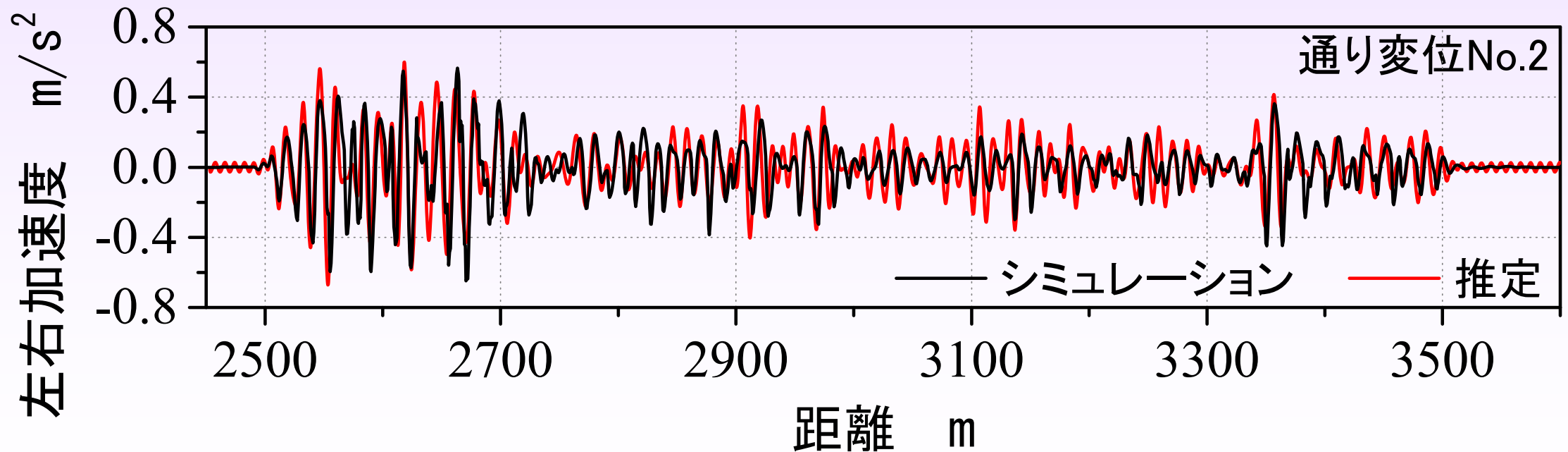


3. シミュレーションによる推定法

2点平均波形をLPF4Hzに通して
2階微分した。

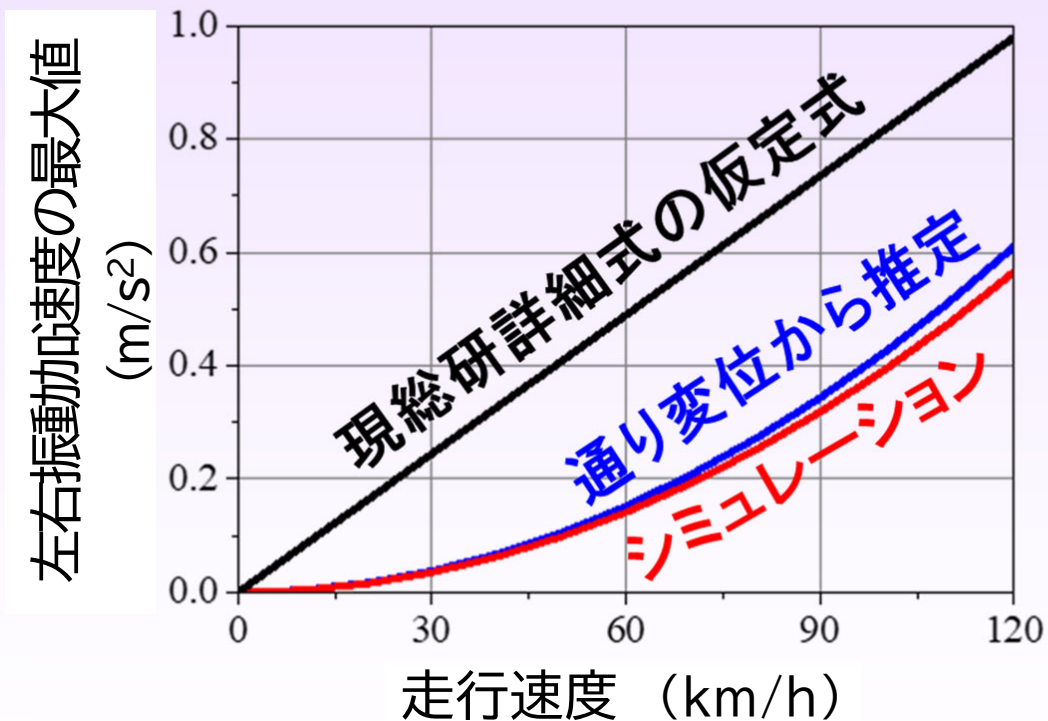


120km/hで0.61m/s²が推定最大値
 $\alpha_{yG}(\text{m/s}^2) = 4.24 \times 10^{-5} \times v^2$ (v: km/h)



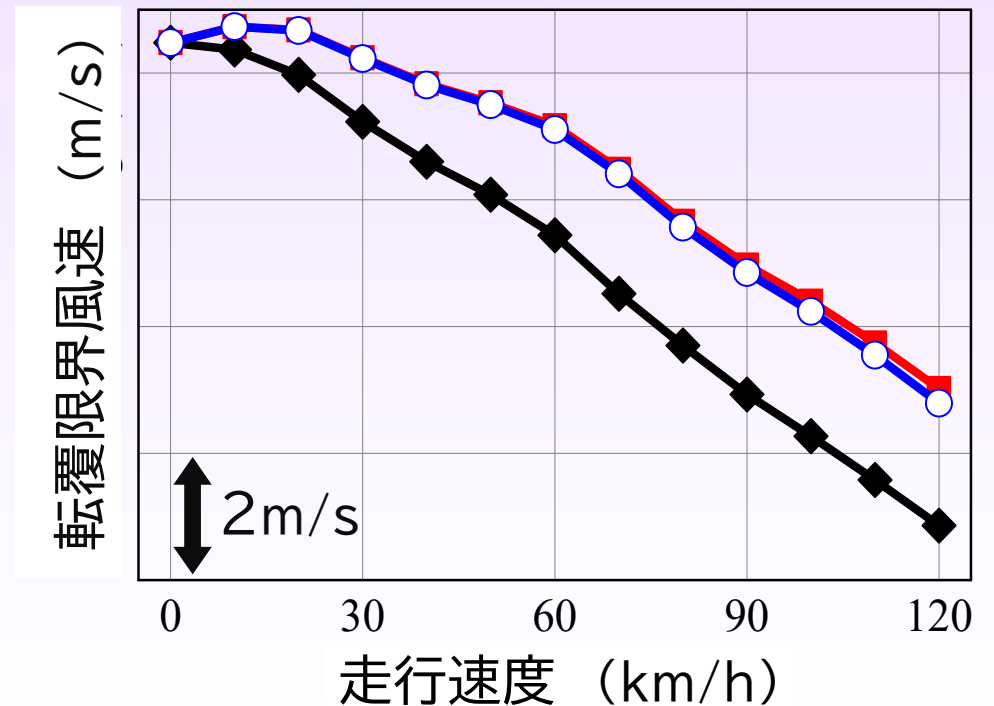
3. シミュレーションによる推定法

新たな左右振動加速度の仮定式



転覆限界風速評価の例

通勤車両(中間車)、築堤



4. まとめと成果の活用

転覆限界風速を評価する総研詳細式中の左右振動慣性力(加速度)について検討した。

- (1) 模型試験から、強風下で車体重心位置に生じる左右振動加速度(総研詳細式の定義通り)の方が、実車走行試験で得られた加速度よりも、風上側輪重との相関が高かった。
- (2) 車両運動シミュレーションまたは軌道変位波形のみから、強風下で車体重心位置に生じる左右振動加速度を推定する方法を検討した。
- (3) 現状の左右振動加速度の仮定式と提案手法により導出した推定式を用いて、転覆限界風速を計算した結果、今回の事例では、最大で約2m/s高い結果となった。

成果の活用

線区の状態に合わせたより精緻な転覆限界風速を求める際に利用

参考文献 金元、日比野:横風に対する車両の安全性評価に用いる車体左右振動加速度の推定法,
鉄道総研報告, Vol.37, No.7, 2023