

集電系ハイブリッドシミュレーションシステム によるパンタグラフの性能評価法

鉄道力学研究部 集電力学

山下義隆



本日の発表内容

- 背景(パンタグラフの動特性評価法)および目標・目的
- 集電系 ハイブリッド
シミュレーション HS システム概要
- 集電系 HS システムによる試験
- 架線モデルの高度化
- まとめと今後の課題



パンタグラフの動特性評価

コスト小

➤ シミュレーション

- 自由な架線条件の設定が可能
- × モデル化されていない要素に対する調査

➤ パンタグラフ加振装置

加振器によりパンタグラフを上下加振

- 上下方向の運動 × 架線偏位 × 架線とのしゅう動
- × 架線との相互作用

➤ パンタグラフ総合試験装置

模擬架線(円盤)が上下・左右方向に運動＋回転

- 上下方向の運動 ○ 架線偏位 ○ 架線とのしゅう動
- × 架線との相互作用

➤ 集電試験装置

実架線下の走行路を実機パンタグラフが走行

- 架線との相互作用
- × 走行速度(～200km/h)

➤ 現車試験

- 実際の現象

コスト小

コスト大



パンタグラフの動特性評価

➤ シミュレーション

- 自由な架線条件の設定が可能
- × モデル化されていない要素に対する調査

➤ パンタグラフ加振装置

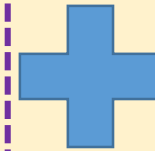
加振器によりパンタグラフを上下加振

- 上下方向の運動 × 架線偏位 × 架線とのしゅう動
- × 架線との相互作用 ➡ ○ 架線との相互作用

➤ パンタグラフ総合試験装置

模擬架線(円盤)が上下・左右方向に運動＋回転

- 上下方向の運動 ○ 架線偏位 ○ 架線とのしゅう動
- × 架線との相互作用 ➡ ○ 架線との相互作用



架線の運動
シミュレーション

集電系ハイブリッド
シミュレーションシステム

➤ 集電試験装置

実架線下の走行路を実機パンタグラフが走行

- 架線との相互作用
- × 走行速度(～200km/h)

➤ 現車試験

- 実際の現象

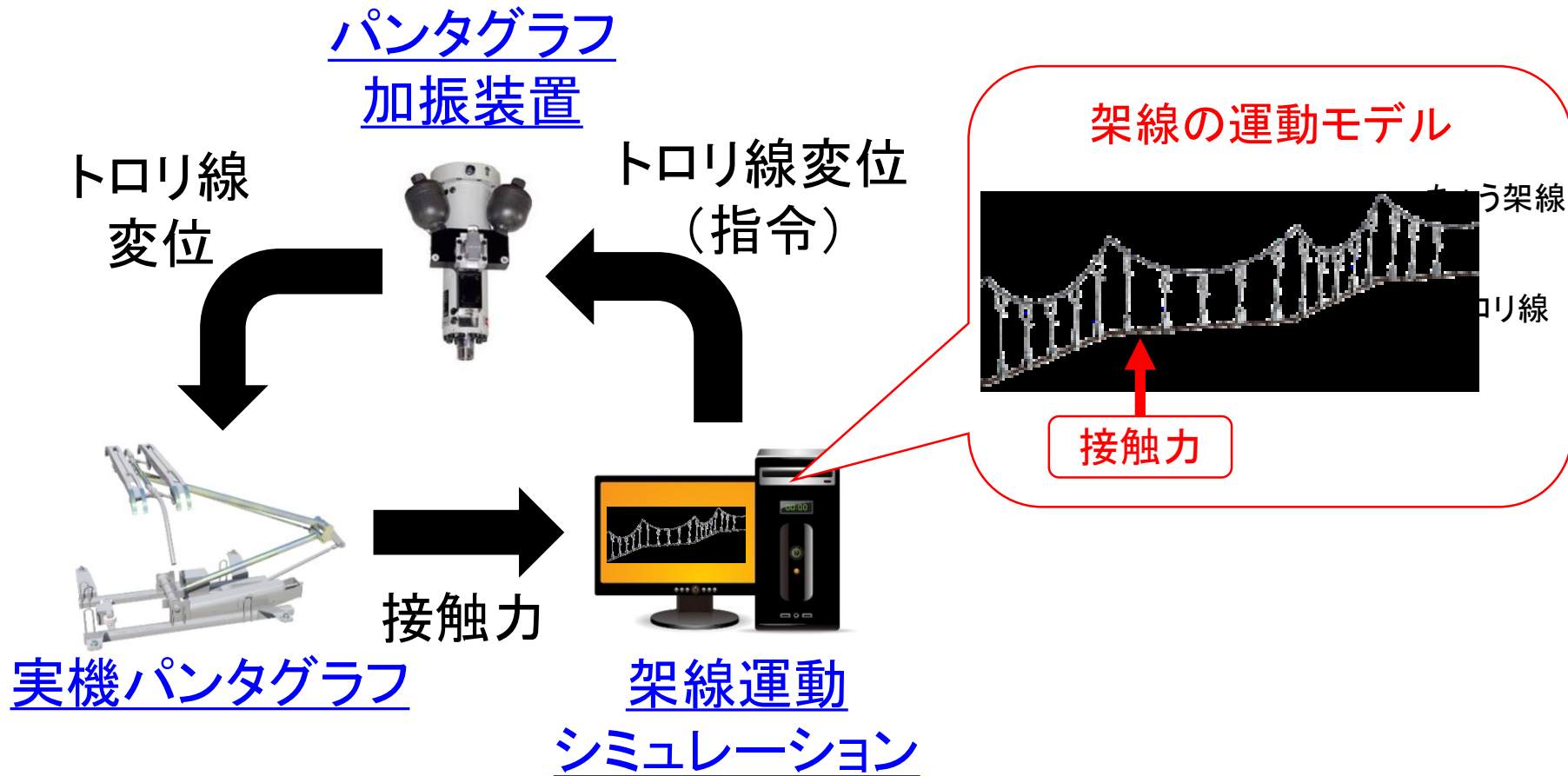


目標・目的

- ✓ 架線との相互作用を表現することができない定置試験装置（本発表における対象試験装置：パンタグラフ加振装置）と架線の運動シミュレーションを融合
- ✓ 定置試験で架線との相互作用を考慮したパンタグラフの動特性評価を可能とする試験システムを実現
- ✓ 自由度の高い架線条件設定下でパンタグラフの詳細な挙動把握
- ✓ パンタグラフの要素技術開発などにおける試験効率を向上
- ✓ しゅう動を伴う試験装置への適用（本発表の内容外）



集電系HSシステムの概要



集電系HSシステムの安定化

～係数励振モデルの例～

パンタグラフ
加振装置

トロリ線
変位

トロリ線変位
(指令)



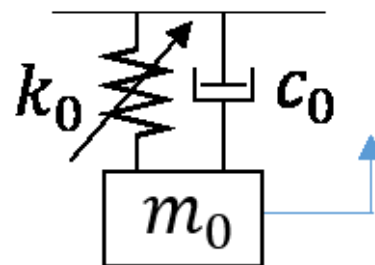
接触力



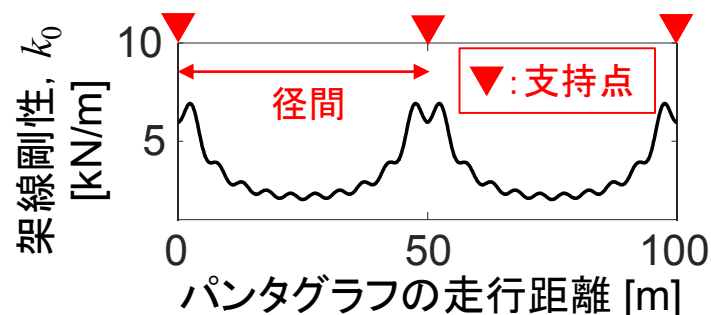
実機パンタグラフ

架線運動
シミュレーション

架線の運動モデル
＝係数励振モデル※

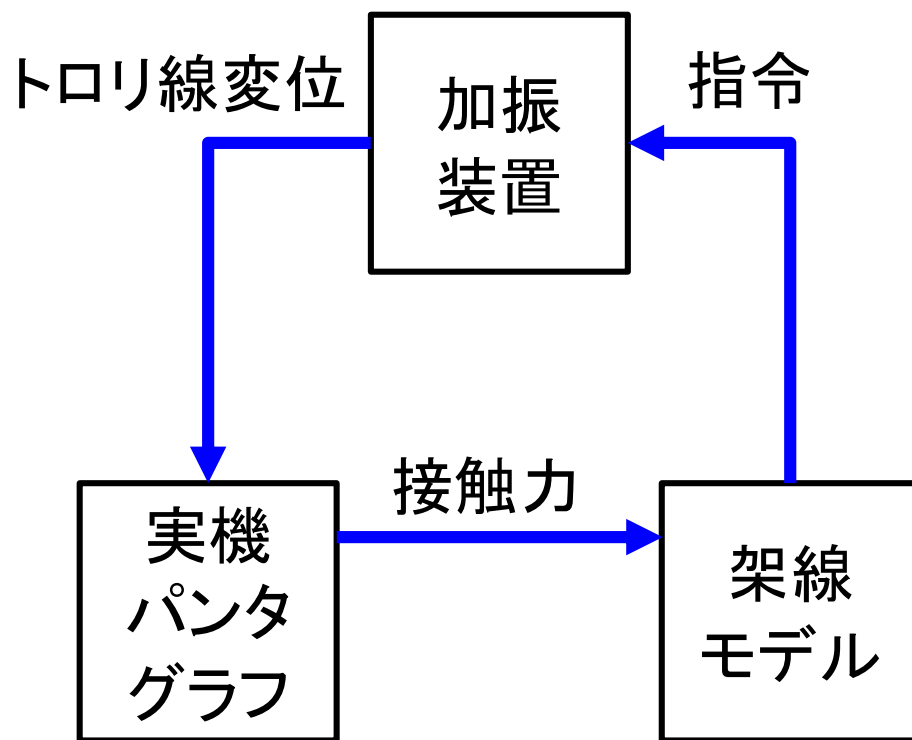


※係数励振モデル
架線剛性(等価ばね定数, k_0)が
径間周期で変化することに着目し,
架線をばね質点系で表現したモデル

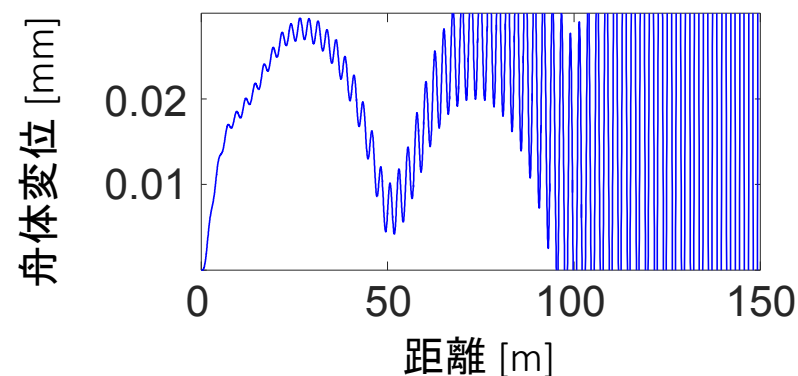


集電系HSシステムの安定化

～係数励振モデルの例～



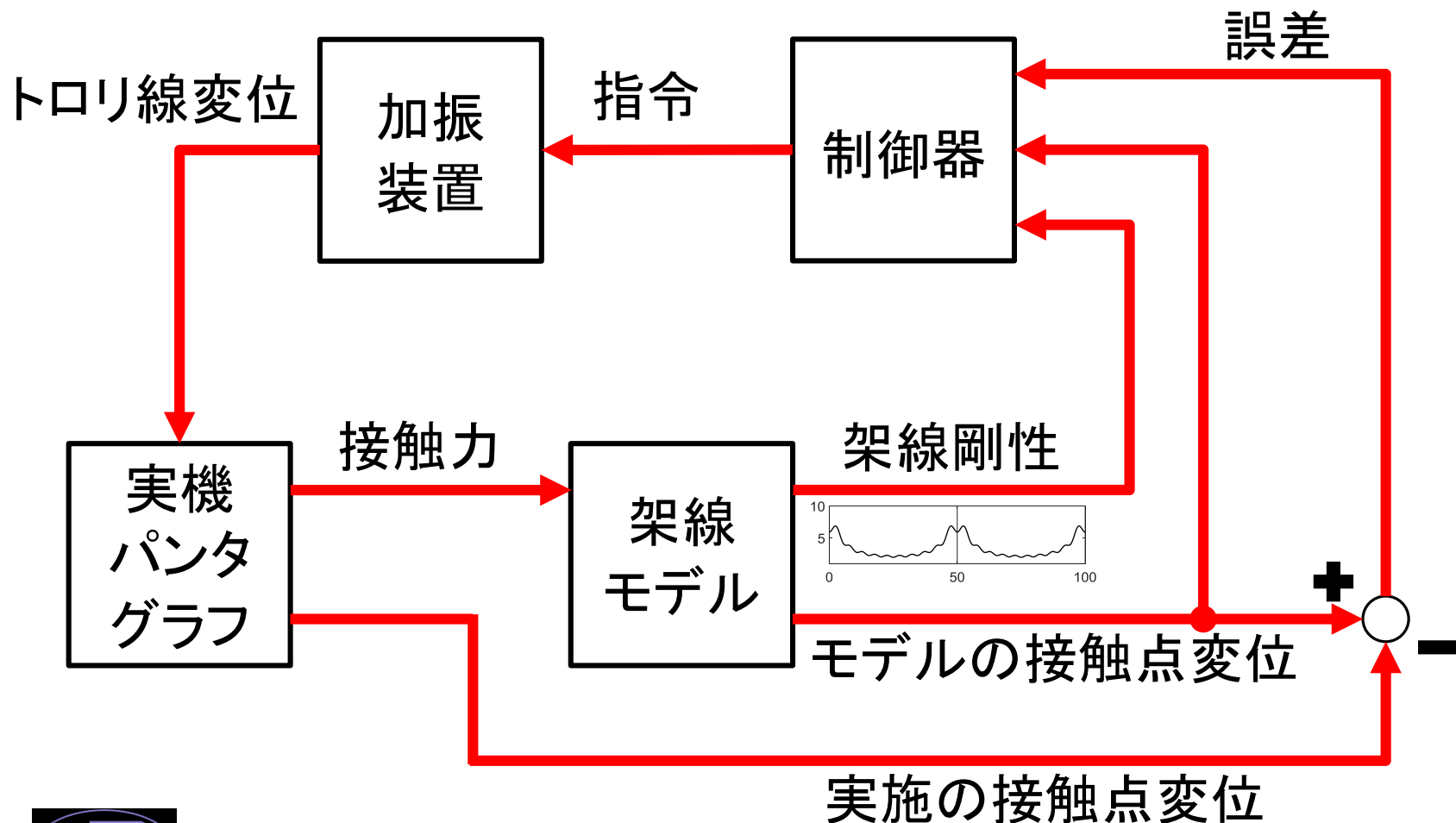
不安定化しやすい
要因: 加振装置の遅れなど



※シミュレーションによる検討
(パンタグラフ・加振装置も数値モデル)

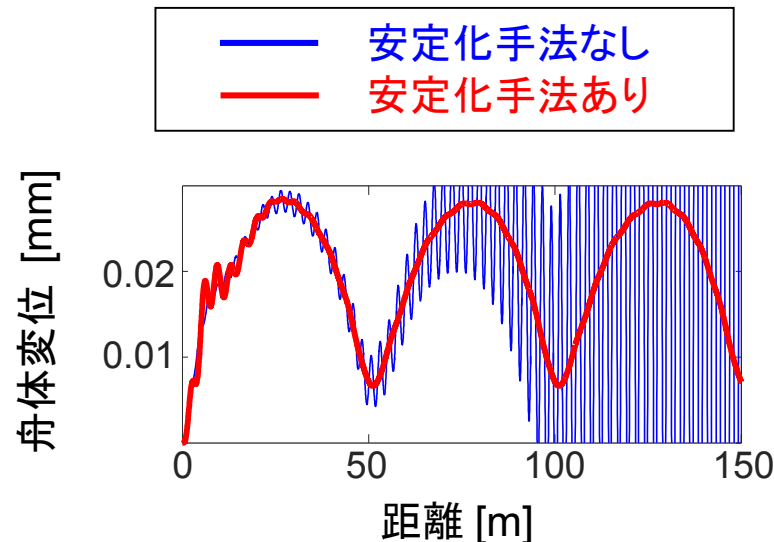
集電系HSシステムの安定化

～係数励振モデルの例～



集電系HSシステムの安定化

～係数励振モデルの例～



※シミュレーションによる検討
(パンタグラフ・加振装置ともに数値モデル)

安定性が向上

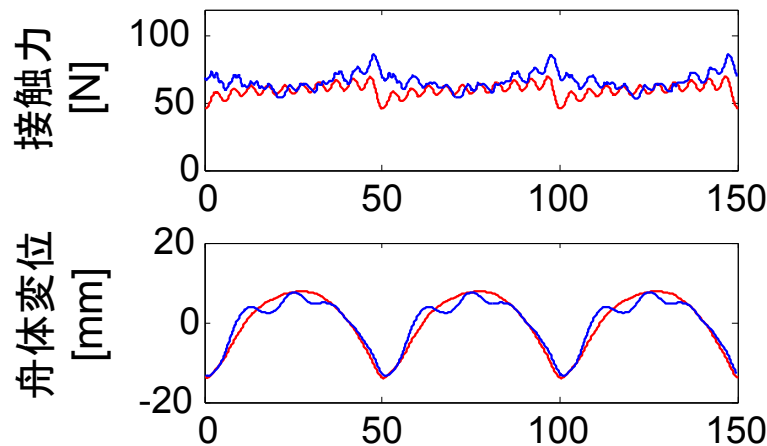


集電系HSシステムによる試験結果

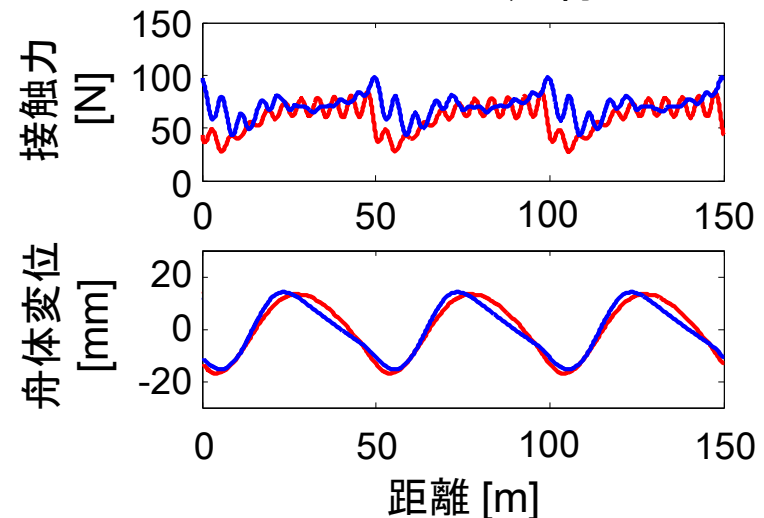
～係数励振モデルの例～

— HS試験(実機パンタグラフ+数値モデル架線)
— シミュレーション(数値モデルパンタグラフ+数値モデル架線)

100km/h走行



200km/h走行



良好な舟体変位の再現性

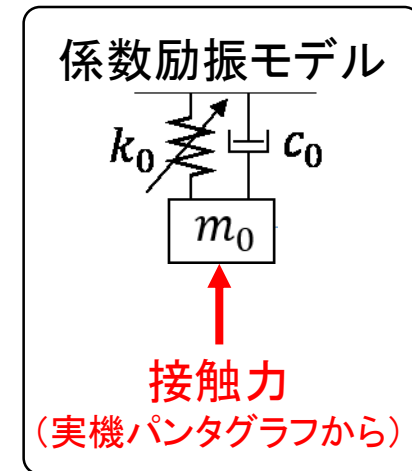


架線モデルの高度化

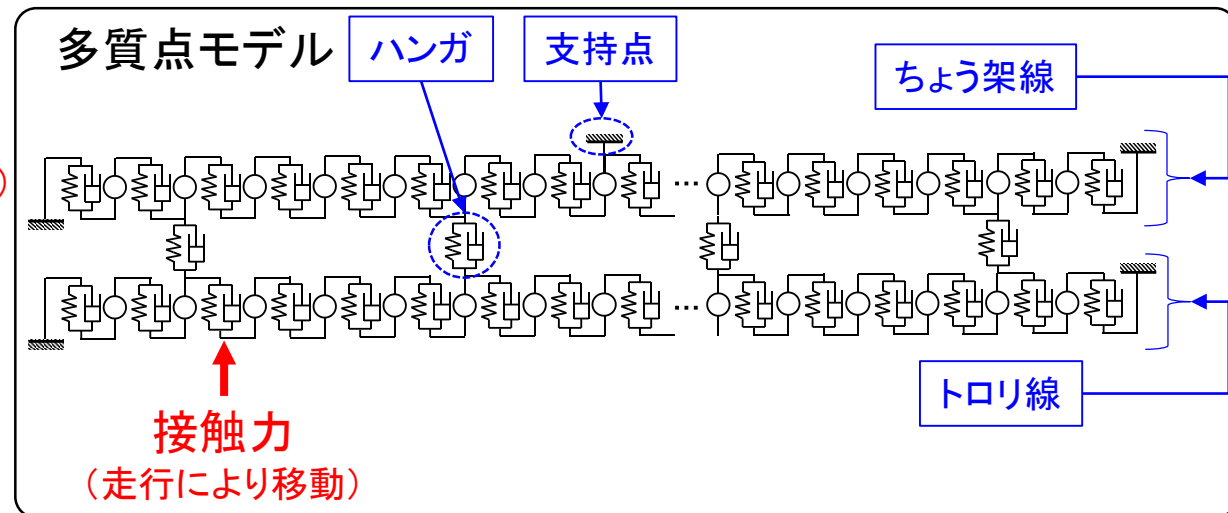
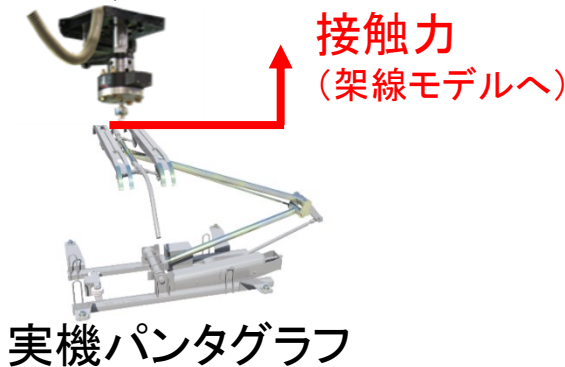
～係数励振モデルから多質点モデルへ～

■ HSシステムの架線モデル

- 係数励振モデル (1質点モデル)
 - 径間周期 (径間長 ÷ 走行速度) 程度の振動を表現
 - 架線の波動特性を無視
- 多質点モデル
 - ハンガ周期 (ハンガ間隔 ÷ 走行速度) 程度の振動を表現
 - 架線の波動特性を考慮

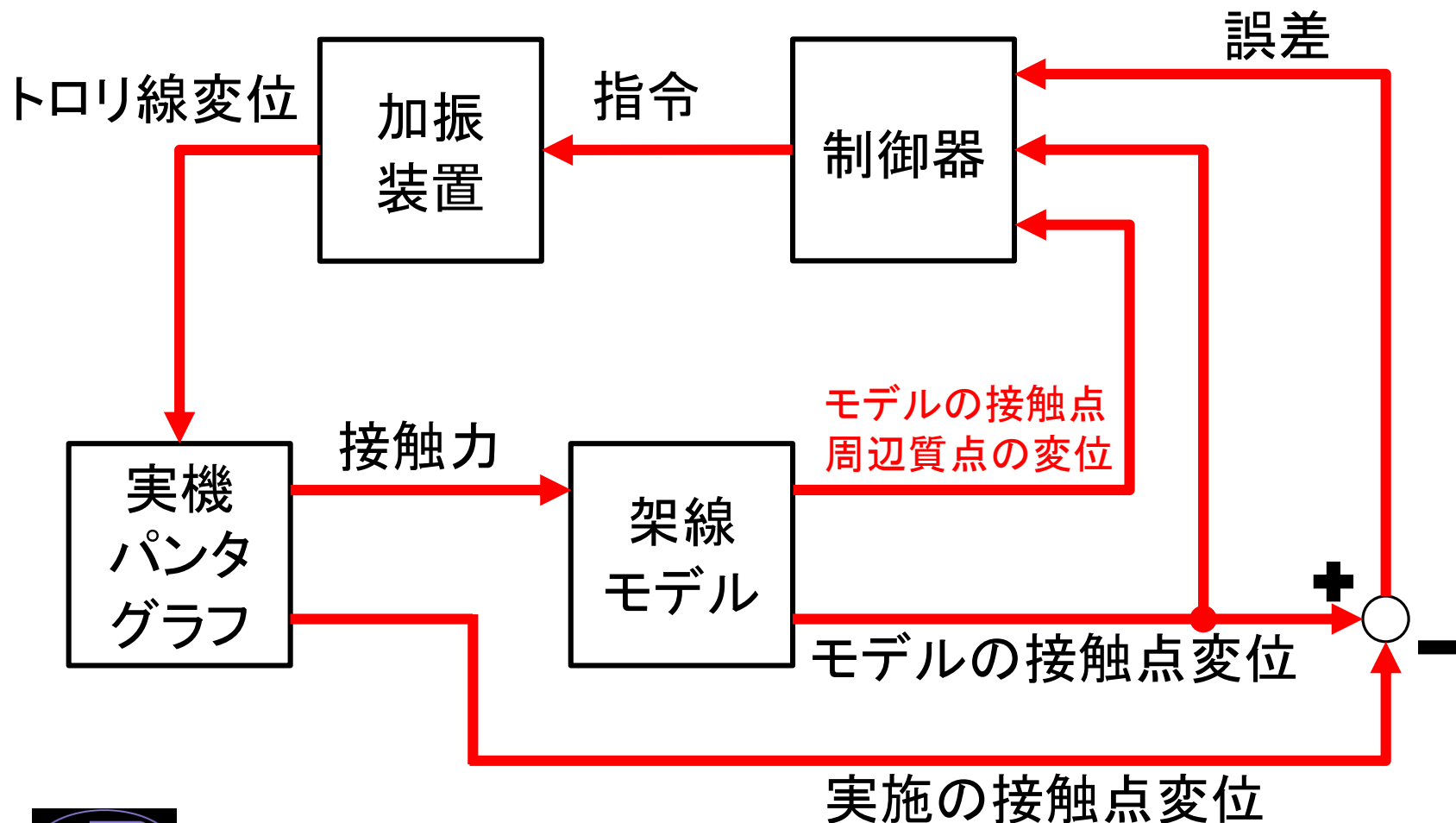


加振装置



集電系HSシステムの安定化

～多質点モデルの例～

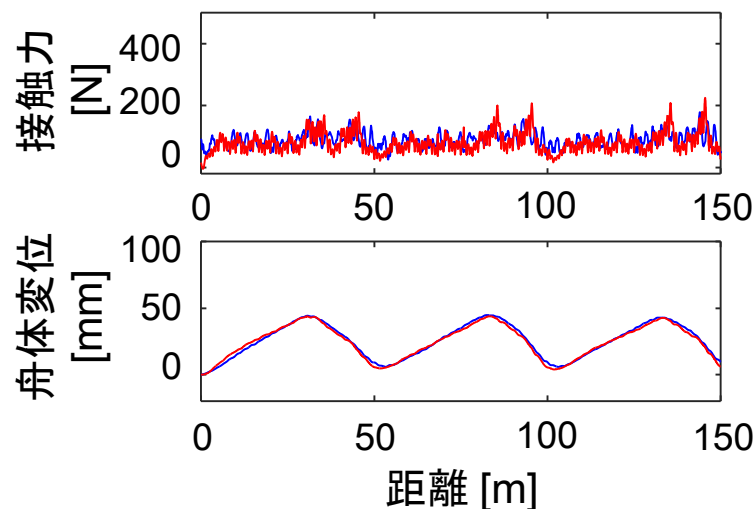


集電系HSシステムによる試験結果

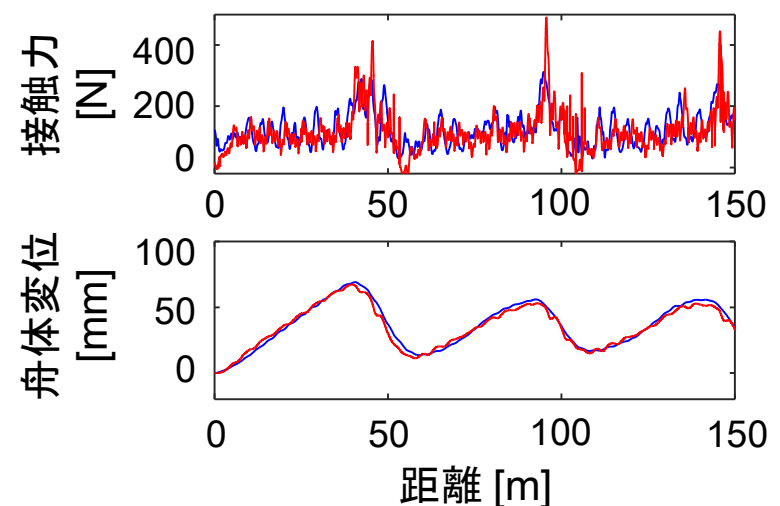
～多質点モデルの例～

— HS試験(実機パンタグラフ+数値モデル架線)
— シミュレーション(数値モデルパンタグラフ+数値モデル架線)

200km/h走行



300km/h走行



良好な舟体変位の再現性



まとめ

- ✓ 集電系ハイブリッドシミュレーションシステムの安定的な動作を実現
- ✓ 定置試験で架線との相互作用を考慮しつつパンタグラフの性能評価が可能
 - 径間周期程度の振動現象を表現できる架線モデル(係数励振モデル)に対応
 - ハンガ間隔程度の振動現象および波動の影響を表現できる架線モデル(多質点モデル)に対応
- ✓ パンタグラフの要素技術開発などに活用可能



今後の課題

✓ 多質点モデルで表現した架線に対する長距離走行の実現

※現時点ではリアルタイム処理が可能な径間数の上限が4径間

✓ しゅう動を伴う定置試験装置へのハイブリッドシミュレーション
手法の適用

