

慣性センサと速度発電機を併用した 車上位位置検知方式

信号・情報技術研究部(列車制御)
岩田 浩司



Railway Technical Research Institute

発表内容

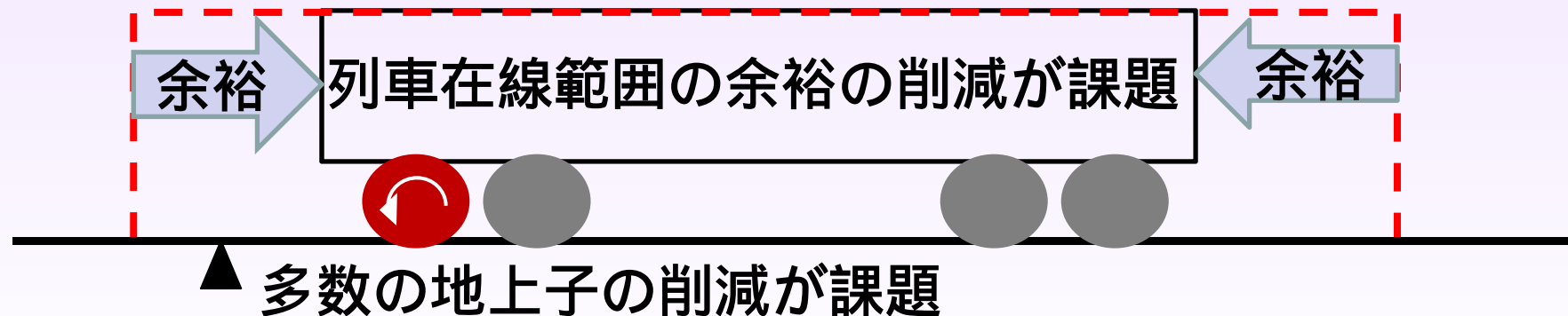
1. 背景、目的
2. 滑走・空転時の位置補正
3. 曲率変化を利用した地点検知
(特徴点補正)
4. まとめと成果の活用



背景・目的

車上装置での位置検知結果は、**速度照査**に使用し、
CBTC等では間隔制御のための**停止限界の作成**に使用。

- ・位置検知は、地上子による地点検知と、車軸に設置した速度発電機のパルス数の積算による走行距離。
- ・しかし、**車輪の滑走・空転による距離誤差が発生。**



滑走・空転時の補正、ならびに、地点検知に**慣性センサ**を利用した車上位置検知方式を開発



適用効果

初期位置確定後は**車上で完結して列車位置を検出**

(1) 滑走・空転時の距離補正

(2) 曲率変化を利用した地点検知(特徴点補正)



・列車位置検知のための軌道回路・地上子等の**地上設備の削減**

・提案方式は編成あたりの軸数が少なく、ブレーキ力調整が難しい**短編成車両**にも適用可能

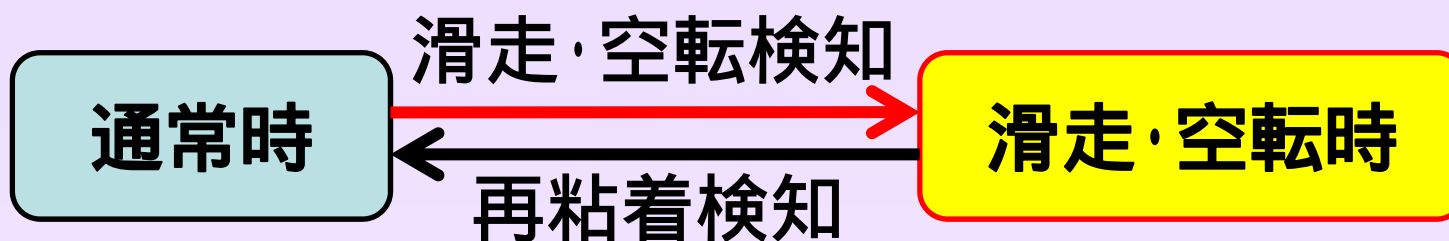


発表内容

1. 背景、目的
2. 滑走・空転時の位置補正
3. 曲率変化を利用した地点検知
(特徴点補正)
4. まとめと成果の活用



滑走・空転時の補正手法の特徴



- (1) 通常時は速度パルス。滑走・空転時のみ慣性センサ
慣性センサの適用時間を短縮。航空機用の高価なセンサは不要
- (2) 滑走・空転検知
 - ・ 2 センサ (速度パルス・慣性センサ) 間の進行方向加速度の差
 - ・ 加速度差を用いることで、早期検知が可能
- (3) 滑走・空転時
 - ・ 速度、距離算出は慣性センサの進行方向加速度の積分値
 - ・ 勾配での重力加速度の除去に、地球中心での姿勢角を算出。
姿勢角初期値は加速度で算出、ピッチ角速度の積分値を加算

滑走・空転時の補正処理の流れ

滑走・空転検知

慣性センサと速度発電機との**加速度差**で検知。慣性センサに**切替**

位置補正開始点

レールと車輪が粘着している時点までさかのぼり、**初期姿勢角**を算出

補正処理

慣性センサでの距離・速度算出

再粘着検知

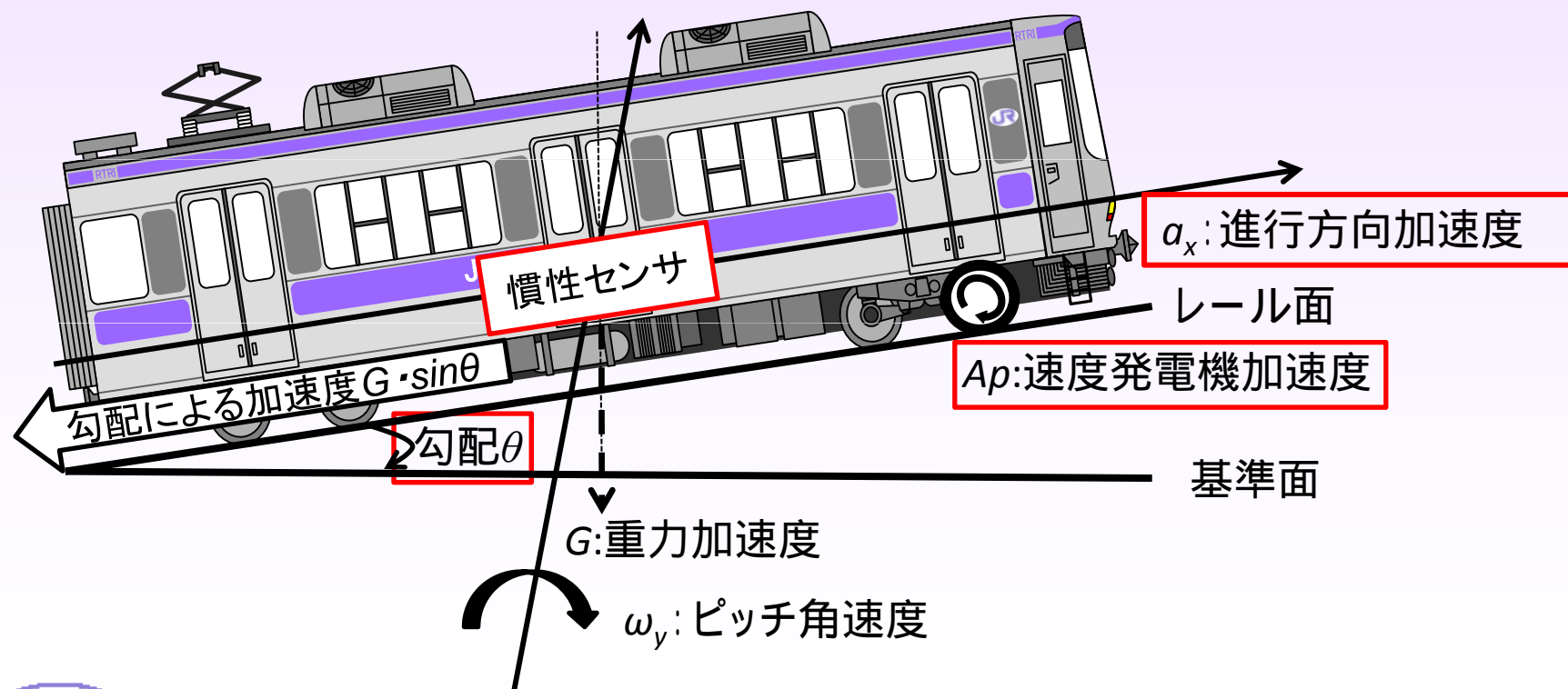
慣性センサと速度発電機との**加速度差・速度差**で再粘着状態を検知。速度発電機に**切替**

再粘着判定失敗時の対策として、安全余裕距離を設定



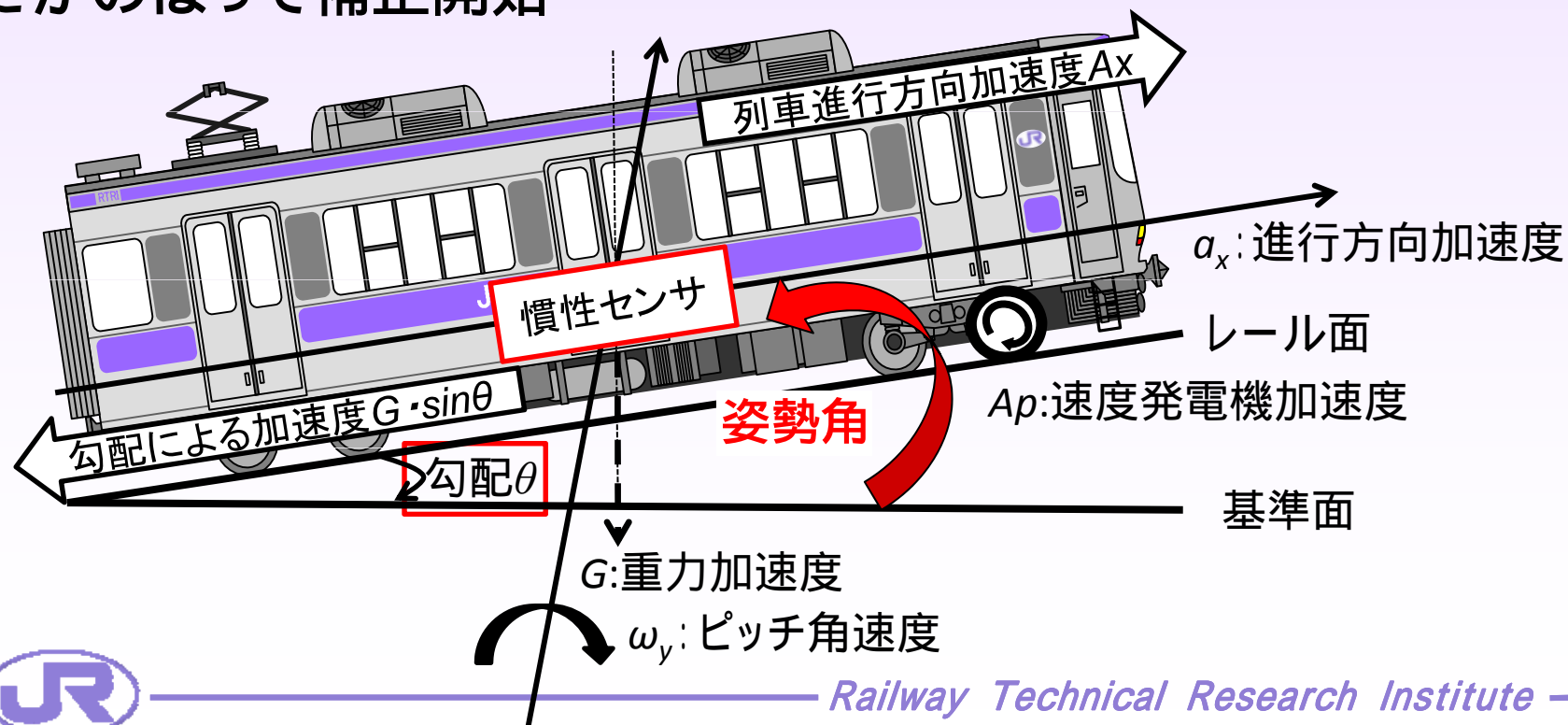
滑走・空転検知論理

- ・慣性センサの進行方向加速度(a_x)と、速度発電機での加速度(A_p)との差が検知閾値(Ta)超過で滑走・空転検知
- ・勾配箇所での過剰検知防止のため、検知閾値は35‰に相当する $\pm 1.23\text{km/h/s}$ に設定



滑走・空転時の補正論理

- ・速度、距離は、重力加速度成分を除去した**進行方向加速度** (A_x) の積分。重力加速度成分の除去のため、**姿勢角**を算出
- ・**ピッチ角速度の積分値**を姿勢角初期値に加算
- ・姿勢角初期値は、加速度で算出。列車の進行方向加速度の除去は、速度発電機加速度を使用。そのため、滑走・空転検知点からさかのぼって補正開始



勾配・曲線区間でのピッチ角補正

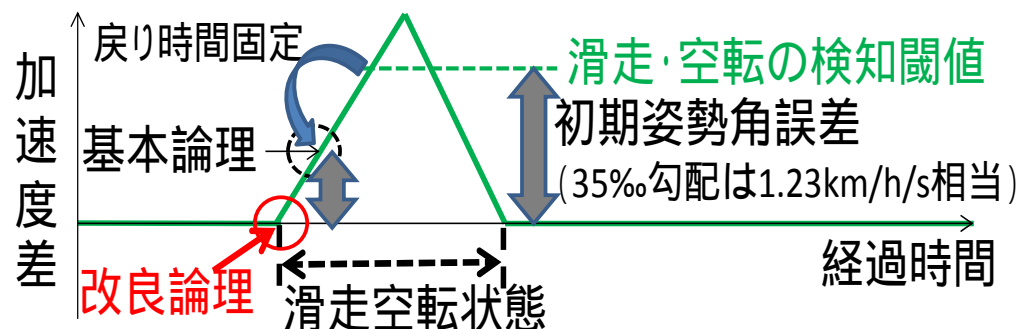
勾配・曲線区間は、2軸(進行方向加速度、ピッチ角速度)での簡易な補正論理では姿勢角誤差が生じて正しく再粘着判定ができない

姿勢角の誤差低減法

< 勾配区間での初期姿勢角誤差対策 >

初期姿勢角は加速度で算出。

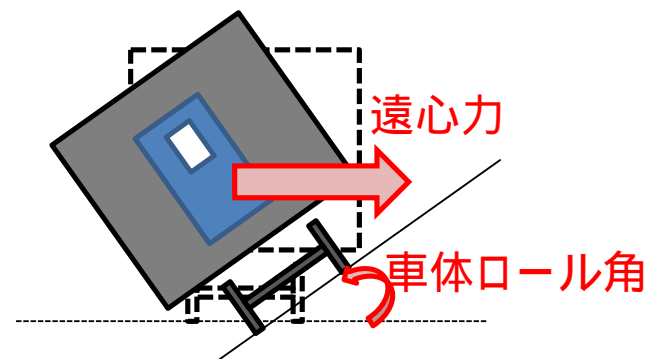
加加速度による動的な補正開始点の決定論理を適用



< 曲線区間での姿勢角誤差対策 >

補正中の姿勢角はピッチ角速度の積分。

6軸(加速度3軸、角速度3軸)での補正論理を適用



フェールセーフ処理部・センサ



フェールセーフ処理部

慣性センサ (丸印)

(SH4, 100ms定周期処理)

センサ値10ms、処理値100msで記録

速度発電機
(駆動、制動軸)

慣性センサ
(車体中央)



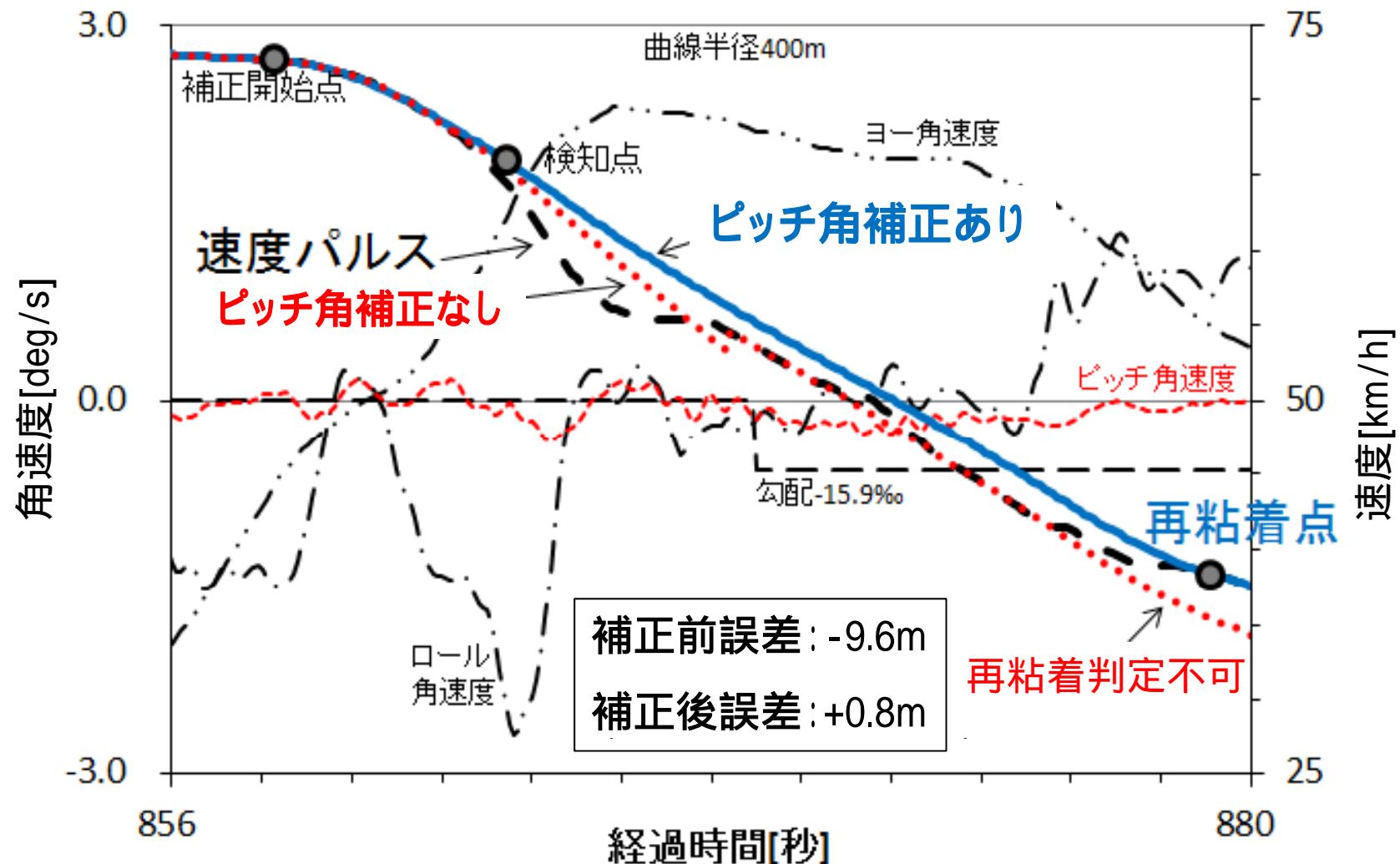
在来線用車両での設置例



Railway Technical Research Institute

シミュレーション結果(滑走・空転時の補正)

ピッチ角補正の適用で曲線・勾配区間において**再粘着判定**

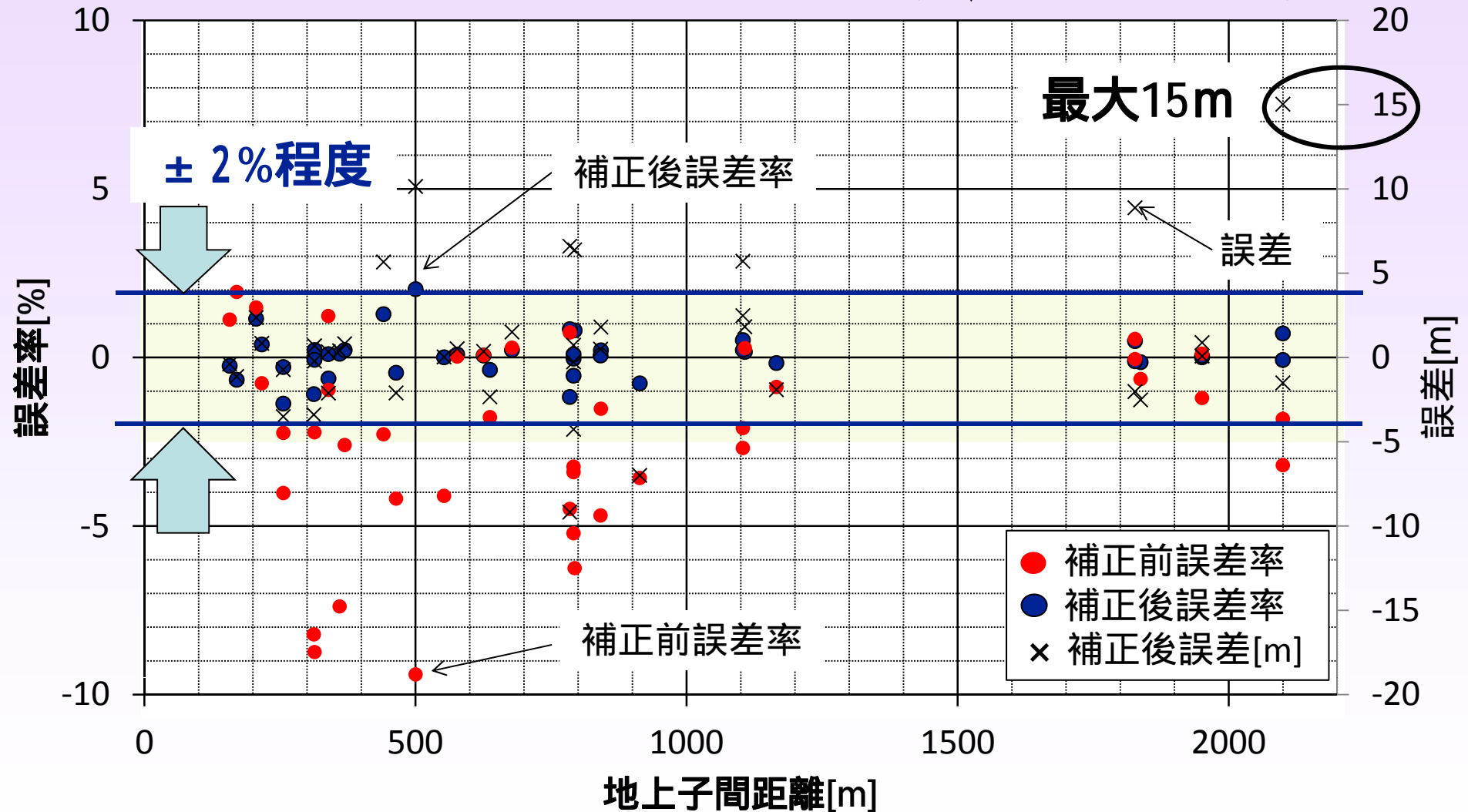


散水で発生した滑走・空転**44箇所中、43箇所**に対し同一論理で補正可



滑走・空転時の誤差

地上子間での距離誤差 $\pm 2\%$ 程度、最大15m程度



地上子間距離[m]
散水により発生した滑走・空転44箇所を対象



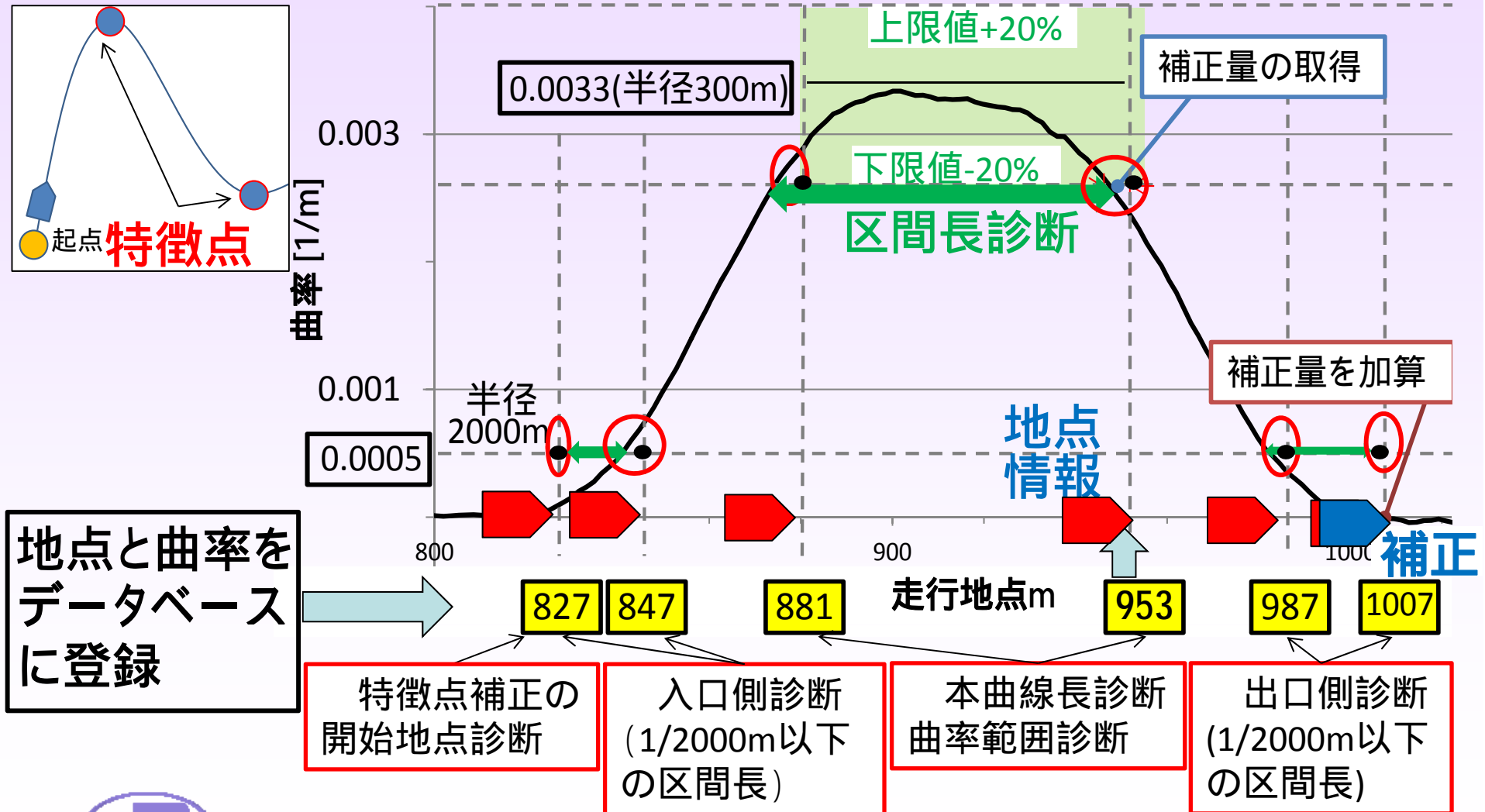
発表内容

1. 背景、目的
2. 滑走・空転時の位置補正
3. 曲率変化を利用した地点検知
(特徴点補正)
4. まとめと成果の活用



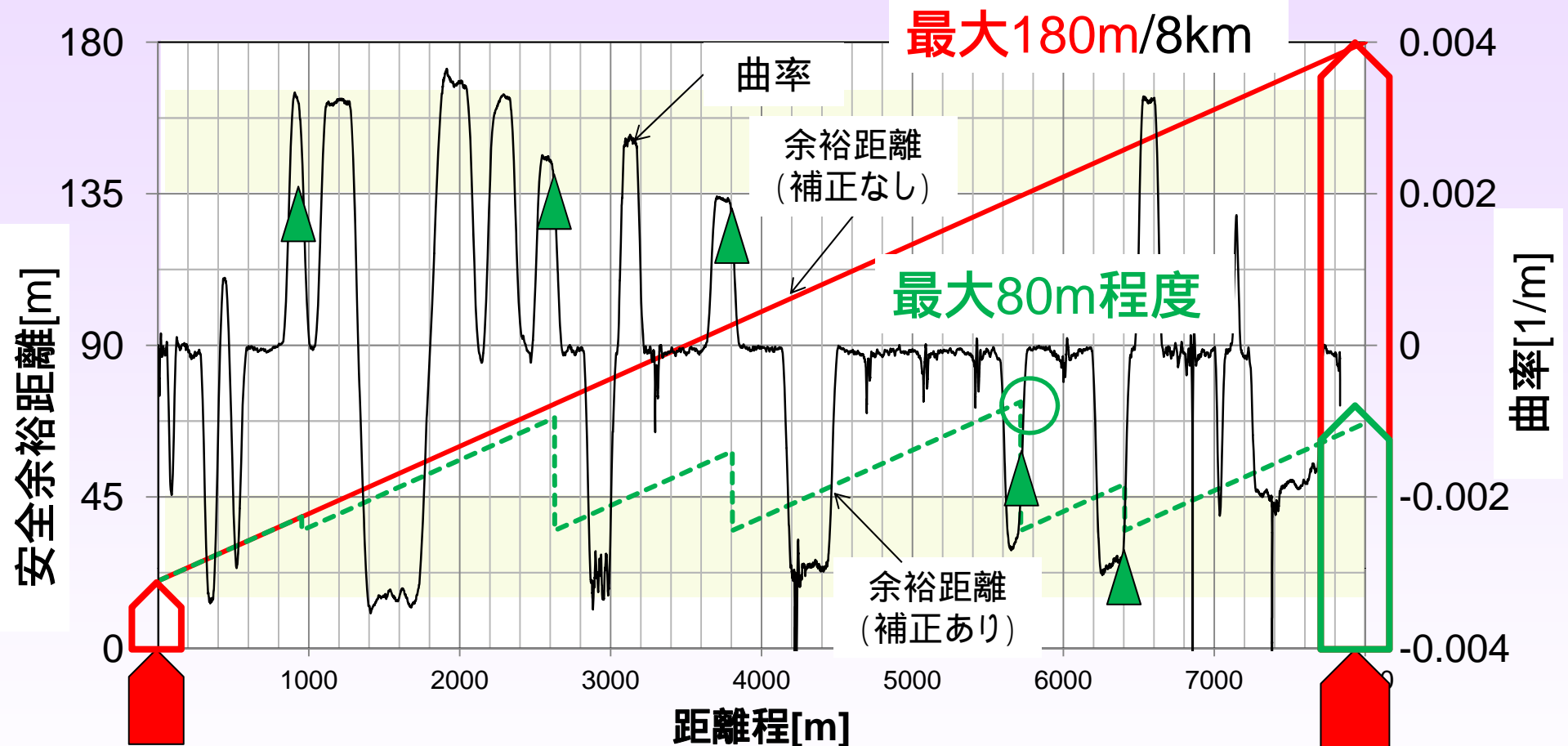
特徴点補正論理

ヨー角速度と速度から**曲率**を算出し、**データベースのキロ程**と比較。
診断結果に異常がない場合は、データベースの地点情報をもとに補正



シミュレーション結果(特徴点補正)

センサ誤差等も含めて在線とするため**安全余裕距離**を設定



半径300～500mの5箇所を特徴点に設定

地上子を付加せずに地点を検知。**安全余裕距離を半減**



まとめと成果の活用

まとめ

慣性センサと速度発電機を併用した**車上位位置検知方式**を提案

- (1) **短編成**に適用可能
- (2) **地上子削減**に寄与

現車試験データをもとにシミュレーションでシステム評価

- (1) 地上子間の**距離誤差 $\pm 2\%$ 程度**、最大15m程度
- (2) 特徴点補正により、列車制御システム用の**安全余裕距離の削減が地上子を設けずに可能**であることを確認



成果の活用

- ・車上位位置検知を低コストに実現可能
- ・多様な列車に、無線を用いた列車制御システムを展開する際に必要となる**列車長の計測**にも活用

