

PQ輪軸を用いた車輪/レール間の接触状態推定

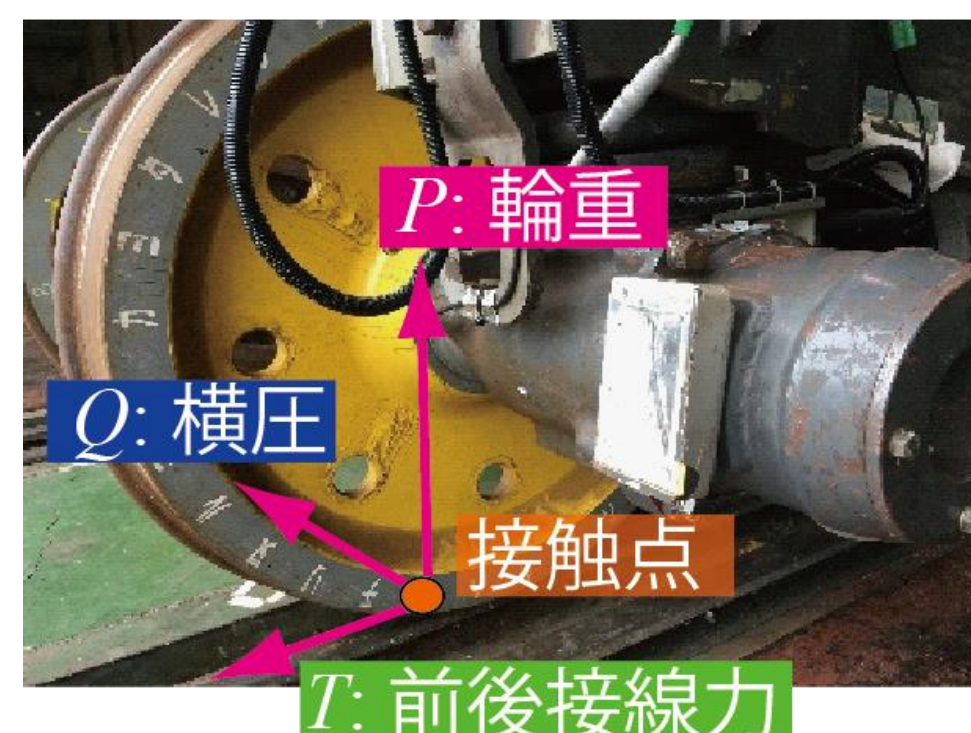
Estimation of Contact Condition between Wheel and Rail using Instrumented Wheelset

Partner: Railway Technical Research Institute

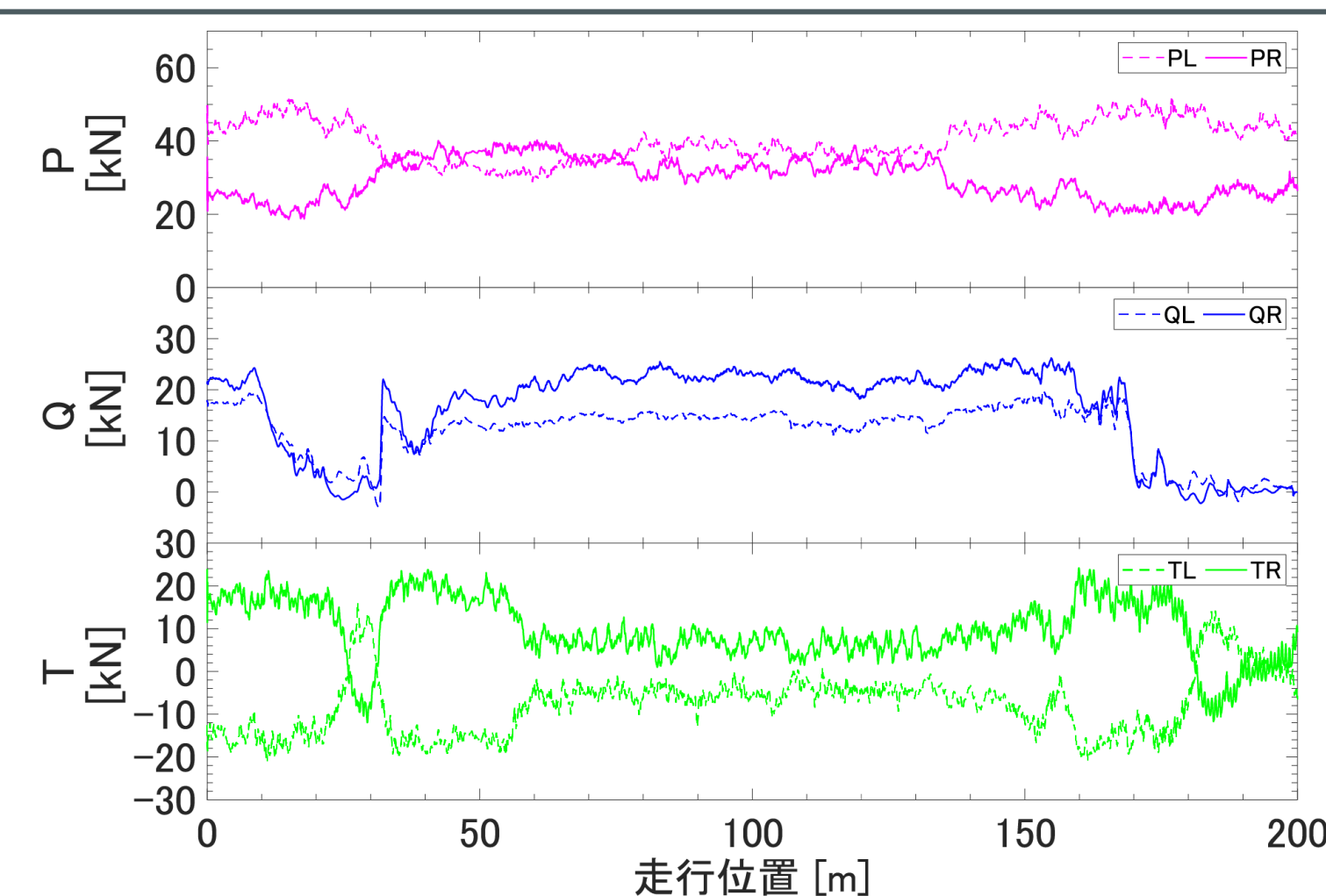
概要

Introduction

一般に鉄道車両の走行安全性は、PQ輪軸と呼ばれる輪軸を装荷して実施する走行試験により評価される。PQ輪軸は、新連続法により車輪/レール間に作用する輪重 P 、横圧 Q および前後接線力 T を測定できる。現在、曲線通過時の走行安全性評価の精度向上を目指し、PQ輪軸の測定値を用いて、測定が難しい車輪/レール間の接触状態を把握する手法を検討している。



PQ輪軸

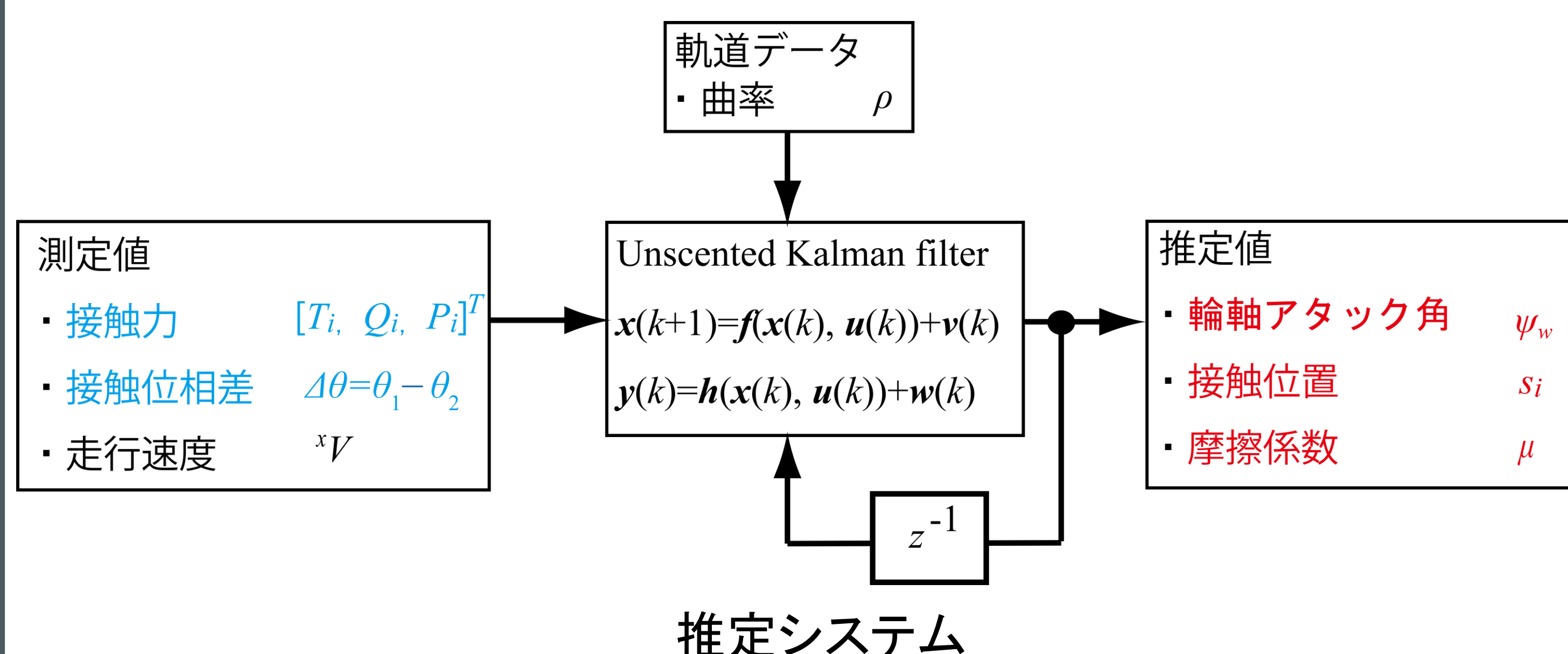


測定データの例

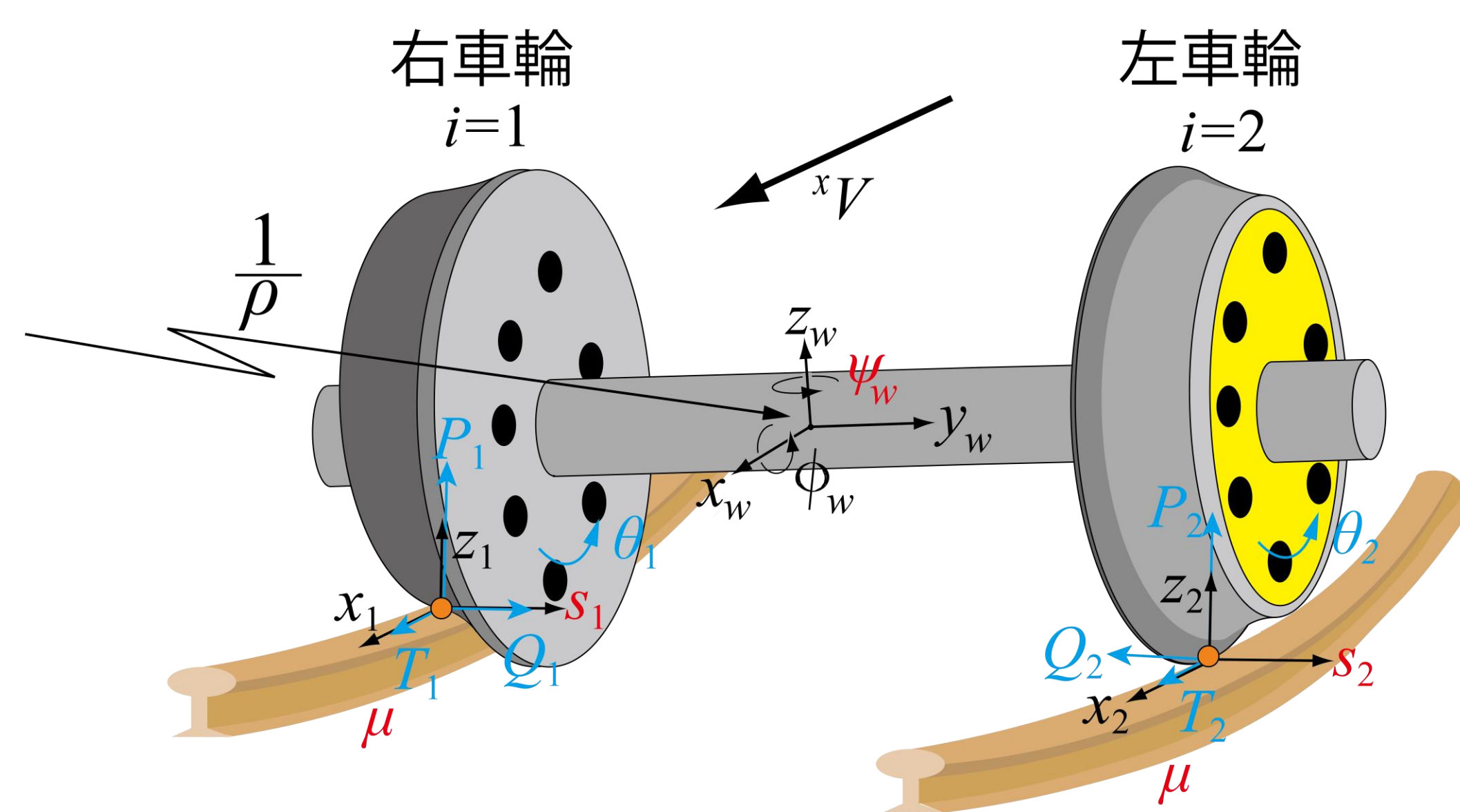
手法

Method

- 1輪軸を元にした非線形モデルを用いて、状態推定理論に基づきオブザーバを設計
- 接触力 PQT 、接触点の位相差 $\Delta\theta$ 、走行速度 xV の測定値と軌道データである曲率 ρ を用いて乗り上がり脱線と関係性がある摩擦係数 μ 、輪軸アタック角 ψ_w 、接触位置 s_i を推定
- 1軸分の測定データだけで推定可能



推定システム



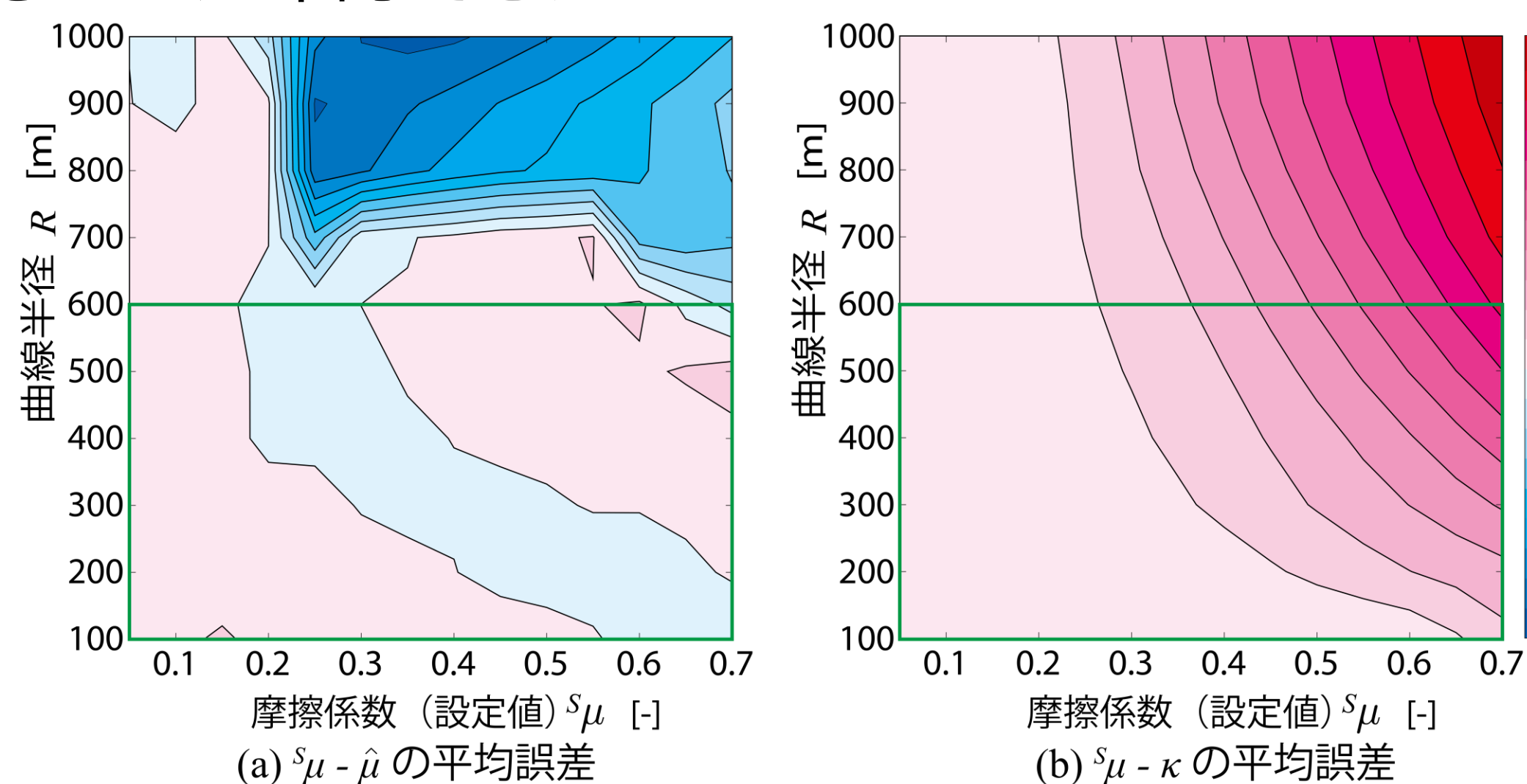
推定モデル

推定性能の評価

Evaluation of estimation performance

・摩擦係数 μ

車両運動シミュレーションにより、半径 R を100～1000m、摩擦係数 μ を0.05～0.7の範囲で変化させた複数の曲線を車両に走行させ、測定データを生成し、提案手法を適用した。 $R \leq 600$ mの円曲線区間において、提案手法による推定値 $\hat{\mu}$ は、内軌側横圧輪重比 κ よりも小さな誤差で摩擦係数の設定値 $^s\mu$ を推定できることが確認できた。

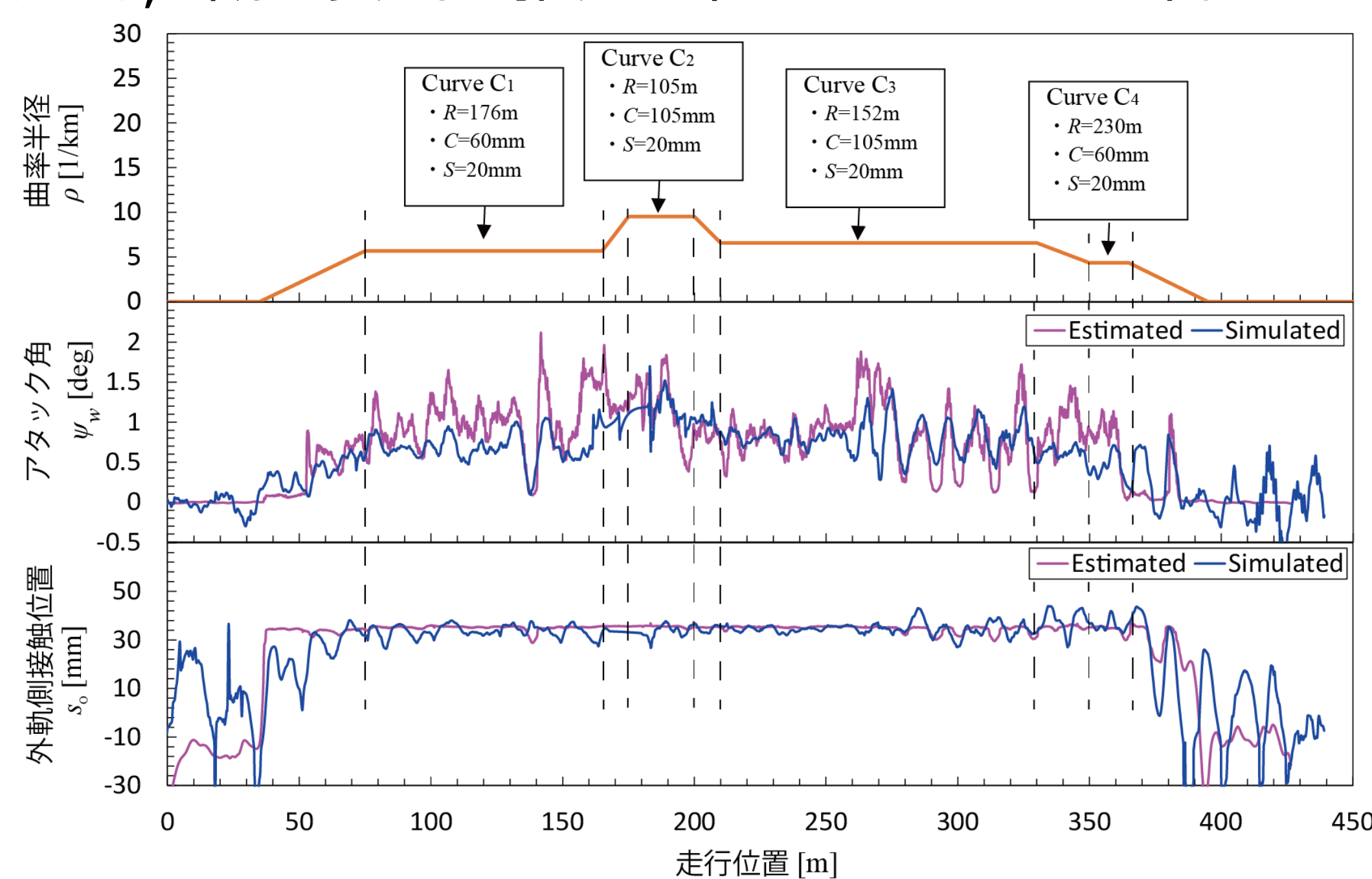


円曲線中の摩擦係数推定値の平均誤差

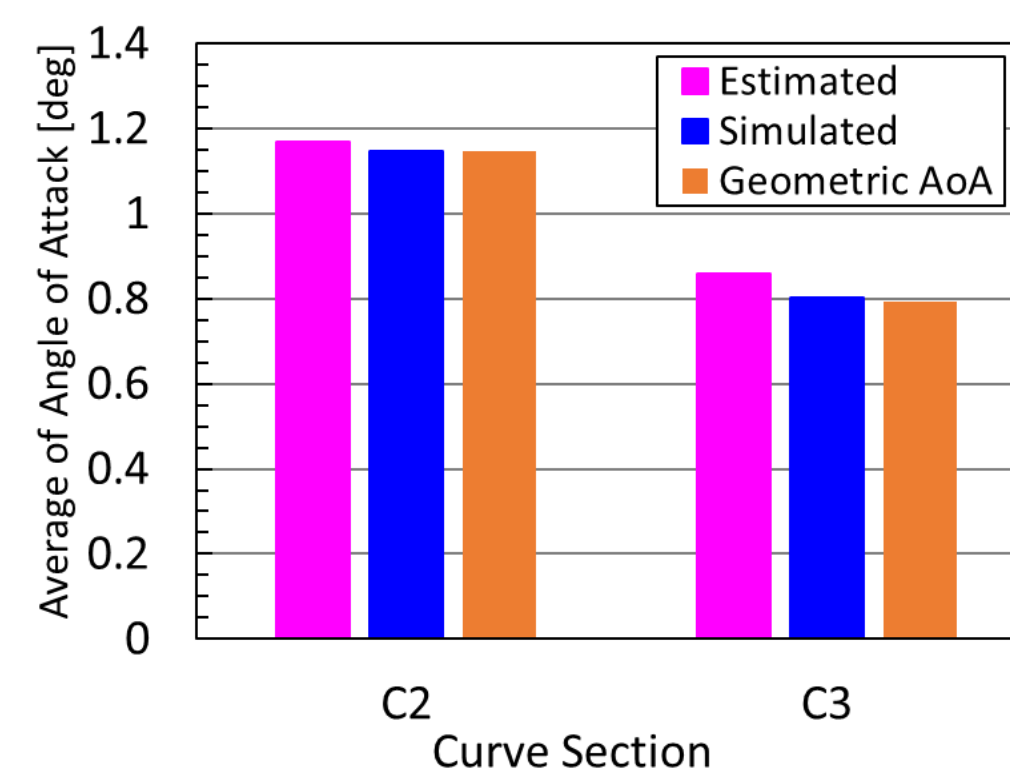
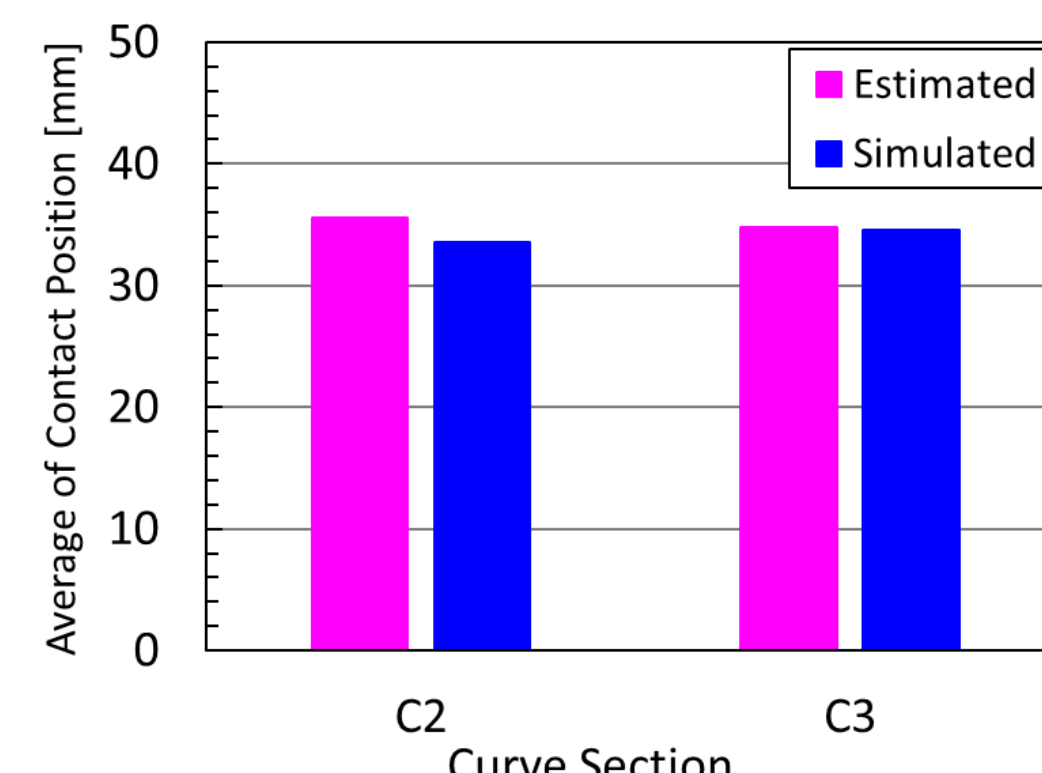
・輪軸アタック角 ψ_w と外軌側接触位置 s_o

走行試験データに提案手法を適用した。推定結果の比較のため、軌道変位を導入し、走行状態を模擬したシミュレーションより接触状態を計算した。測定データとシミュレーション結果の合わせ込みが良好

であった2つの円曲線（ C_2 と C_3 ）において、提案手法による推定値 $\hat{\psi}_w$ と $\hat{s}_o$ はシミュレーション値と平均的に近く、概ね妥当な推定が行なえたことが確認できた。



(a) 走行位置に対する応答

(b) 円曲線区間平均 (ψ_w)(c) 円曲線区間平均 (s_o)

推定結果とシミュレーション結果の比較

Publications

S. Kuniyuki, T. Hondo, and M. Suzuki, T. Miyamoto and K. Nakano: "Improvement of estimation accuracy for wheelset angle of attack using a single-wheel creep-force model by taking into account contact phase difference and lateral contact position," Proceedings of the Fifth International Conference on Railway Technology (Railways 2022), 8E.04, 2022.
 國行翔哉, 本堂貴敏, 鈴木貢, 宮本岳史, 中野公彦: "PQ輪軸を装着した鉄道車両における単一車輪クリープカモデルによる輪軸の運動状態と車輪/レール間の摩擦係数の推定法", 日本機械学会論文集 (in press), 2024.