

カルマンフィルタを用いたPQ輪軸測定値からのレール・車輪間摩擦係数の推定



English Version

Estimation of Friction Coefficient Between Rail and Wheel from Measured Values of a PQ Wheel Using Kalman Filter

Partner: Railway Technical Research Institute

概要 Introduction

横圧Qを輪重Pで割った値、Q/Pは脱線係数と呼ばれ脱線危険性の評価に広く用いられている.脱線係数の計測にはPQ輪軸（右図）が用いられる.ただし，雨天時にレールが濡れて摩擦係数が低下する時には，脱線係数は低めの値となり，本来は大きな値を見逃す可能性がある．そのため，レール・車輪間の摩擦状態を把握する必要がある．現在は目視でレールの状態を確認しているが、本研究では，PQ輪軸の測定値のみから車輪・レール間の摩擦係数を推定することを試みる．

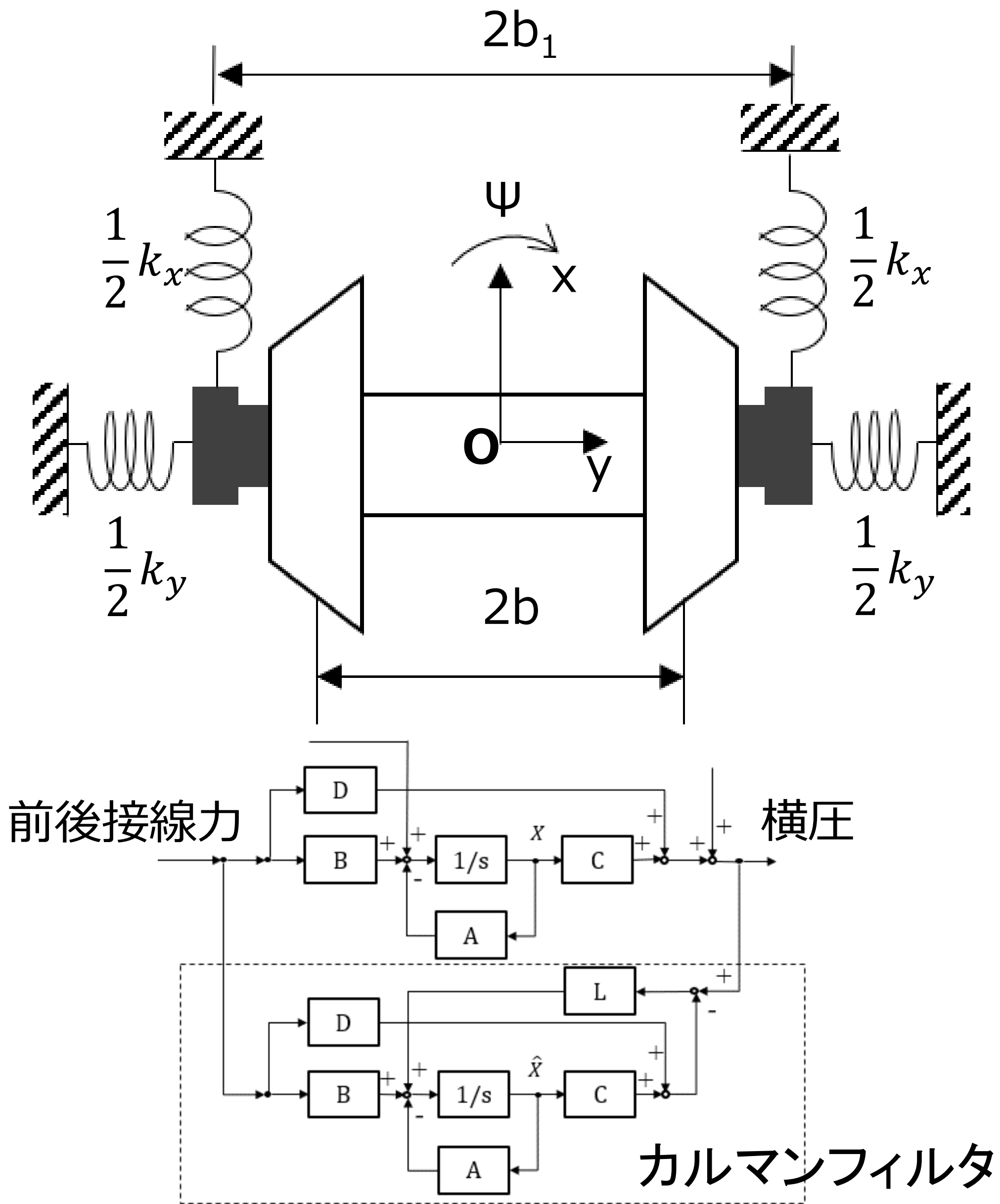


手法 Method

鉄道総研の所有するPQ輪軸は，横圧と輪重以外に，前後接線力を計測することができる．右図に示す一輪軸モデルを用いて，前後接線力を入力，横圧を出力とするカルマンフィルタを組み，輪軸の左右方向変位yとアタック角Ψの推定を行い，滑り率を求める．輪軸モデルを用いた運動方程式は以下のように表される．

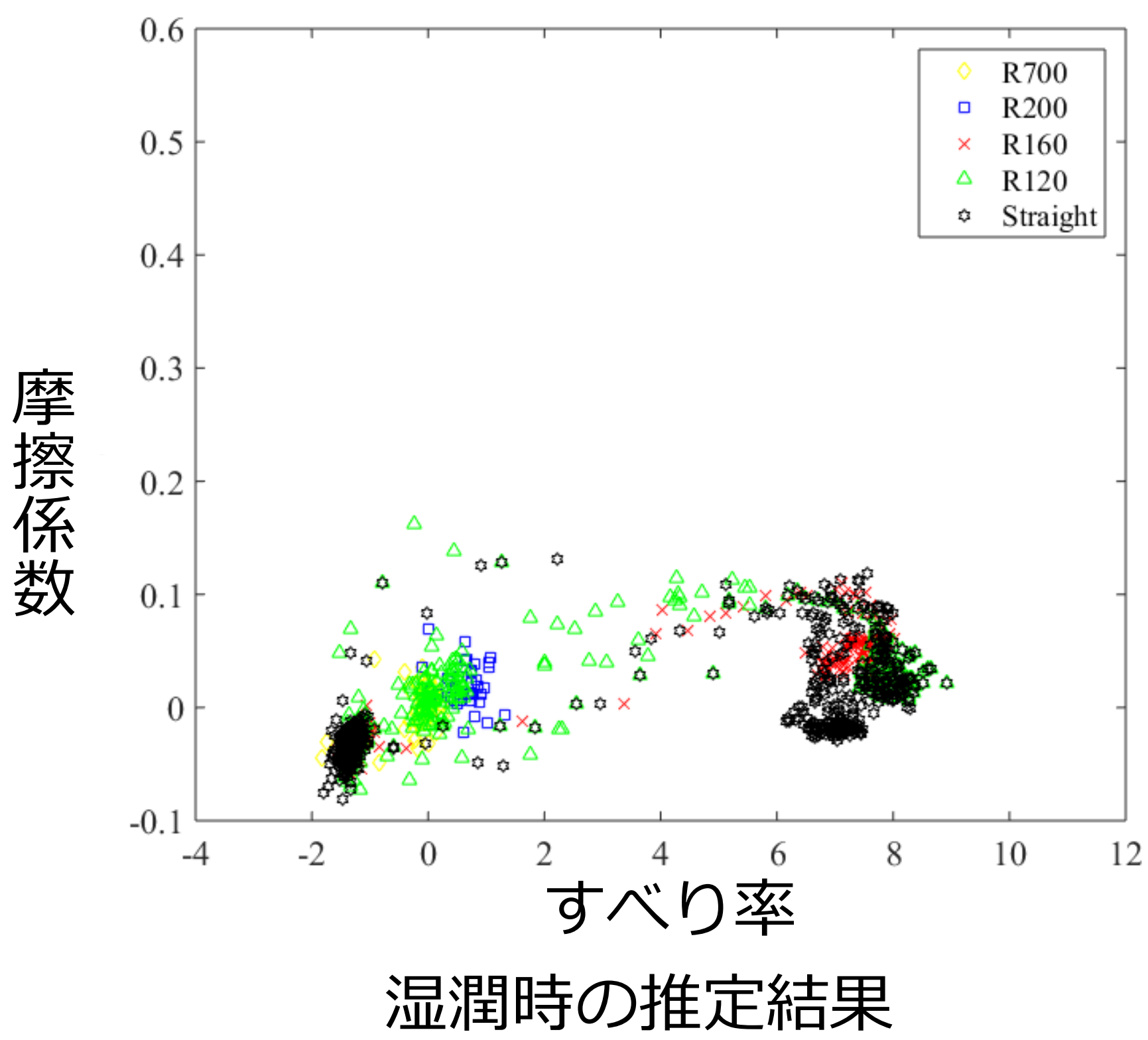
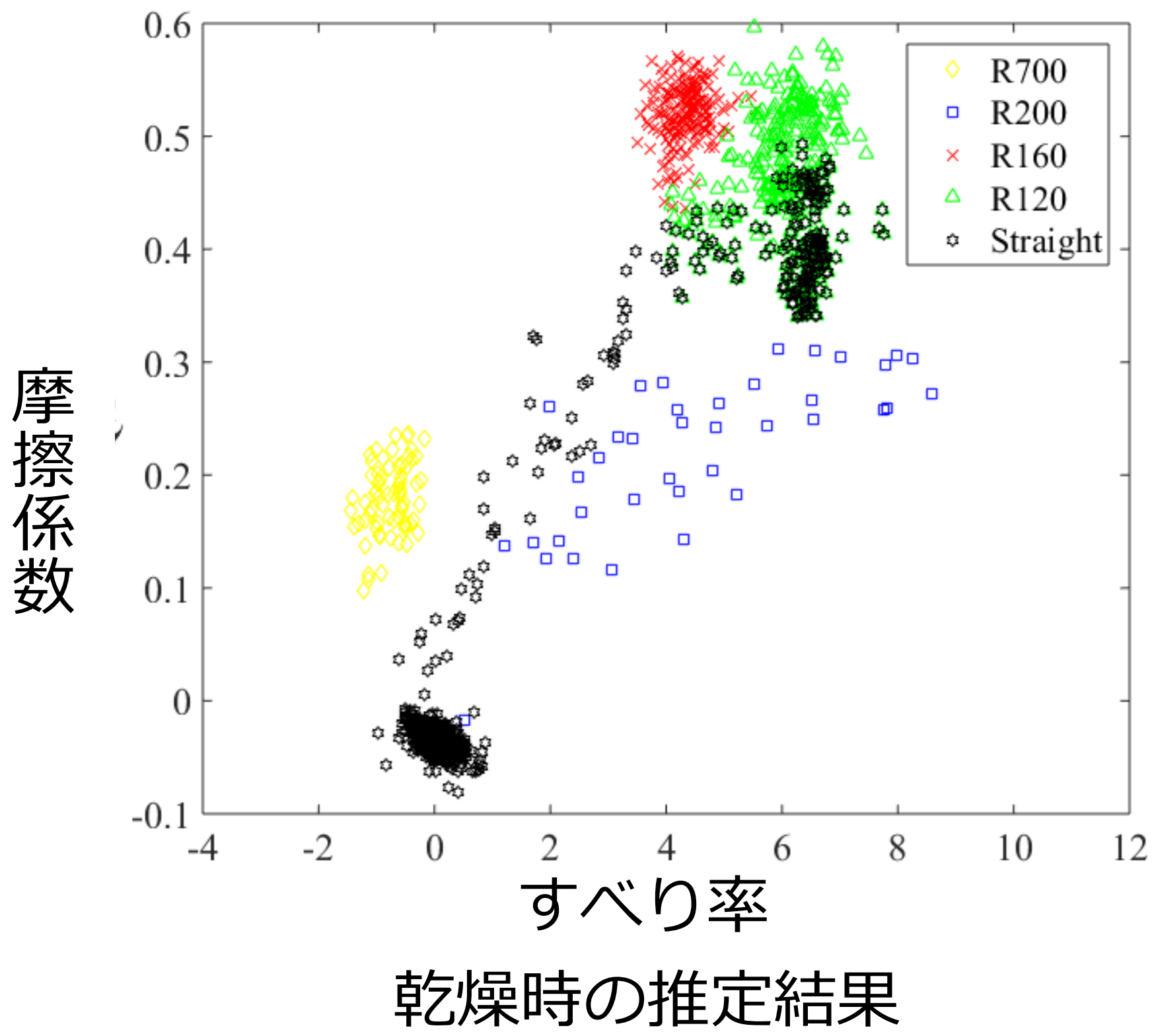
$$m\ddot{y} + \frac{2k_{22}}{v} + k_y y - 2k_{22}\Psi = 0$$
$$mi^2\ddot{\Psi} + \frac{2k_{11}b^2}{v} + k_x b_1^2 \Psi + \frac{2k_{11}by}{r_0} = 0$$

k_{11}, k_{22} は縦クリープ率、横クリープ率で接触面の楕円形状により計算される. m は輪軸質量, v は輪軸の移動速度, i は慣性半径 y は踏面勾配, r_0 は中立点での車輪の回転半径である．滑り率と摩擦係数の関係から，飽和摩擦係数，すなわち動摩擦係数を求める．試験線を走行した際のPQ輪軸の計測値を用いて，すべり率の推定を行い、摩擦係数の飽和曲線を取得し，提案する手法によって動摩擦係数の推定を行う妥当性を示す．



結果と考察 Results and discussion

様々な曲率のカーブを含む試験線のデータから推定を行い、推定されたすべり率を横軸、摩擦係数を縦軸にとったグラフを下図に示す.乾燥時のデータを用いた推定では等価摩擦係数の飽和特性を得ることが出来たが，湿潤時のデータからは飽和特性が得られなかった．湿潤状態だと，曲線半径がすべり率に影響を及ぼしにくく，明確な相関関係が得られなかったことが理由と思われる．



Publications

Murata K, Takemura Y , Kaizuka T, Suzuki M, Miyamoto T, Nakano K, Estimation of Friction Coefficient between Rail and Wheel in curve of various curvature from Measured Values by PQ wheelset Using Kalman Filter, J-RAIL2017
Murata K, Takemura Y , Kaizuka T, Suzuki M, Nakano K, Estimation of Friction Coefficient between Rail and Wheel from Measured Values by PQ wheelset Using Kalman Filter, TRANSLOG2017, No.17-53, 2017-12

