

鉄道車両における計測と制御

Measurement and Control in Railway Vehicles

Partner: Railway Technical Research Institute



English Version

背景と目的 Background and purpose

脱線係数とは、脱線に関わる安全性の指標であり、その値が大きいほど脱線の危険性が高く、 Q/P で定義される。ただし、 P は輪重、 Q は横圧である。 P と Q の測定装置としては、PQ輪軸（右図）が普及している。ただし、レールの状態が乾燥か湿潤か（レールと車輪との摩擦が大きいか小さいか）によって、脱線係数の値は大きくも小さくもなるため、レールが濡れた状態で測定を行うと、脱線係数を過小評価してしまう。実際の運用では、レールの状態を目視で確認するのが現状だが、本研究では、PQ輪軸の計測データから摩擦状態を推定する技術の開発を目指す。



手法 Methodology

PQ輪軸を用いて輪重 P 、横圧 Q 、前後接線力 f_x を計測し、これらの計測データをカルマンフィルタに入力して、輪軸の左右変位 y とアタック角 φ を推定する。右図が、カルマンフィルタを設計するときの基礎となる輪軸モデルの概念図である。

左右変位 y とアタック角 φ を得られれば、次式より左右方向のすべり率 γ_y を求められる。

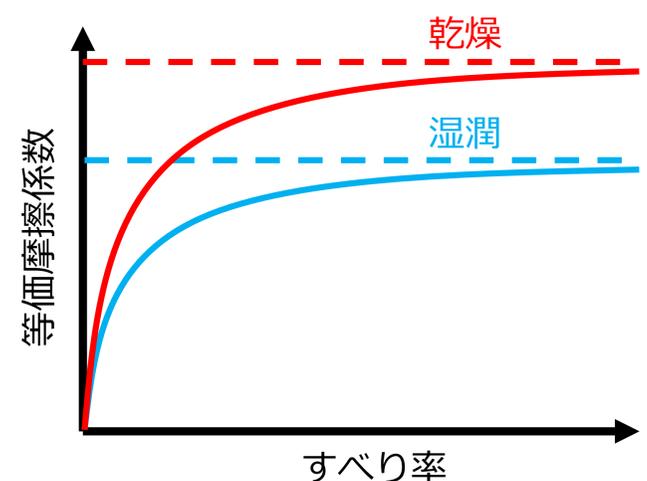
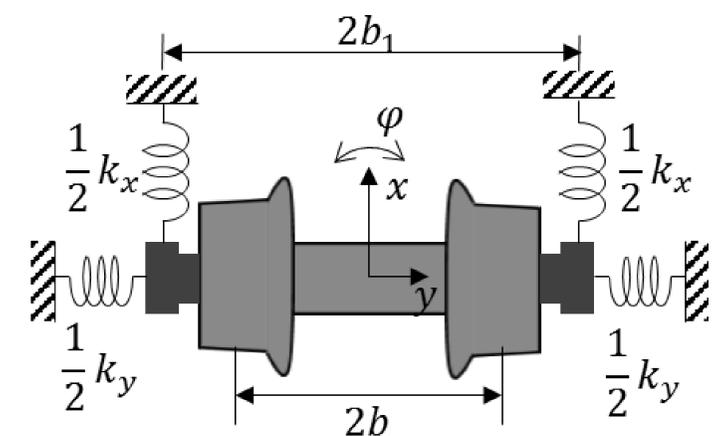
$$\gamma_y = -\frac{2}{V}\dot{y} + 2\varphi$$

ただし、 V は進行方向の速度である。

一方、計測した輪重 P 、横圧 Q 、前後接線力 f_x を次式に代入すると、等価摩擦係数 μ_e を求められる。

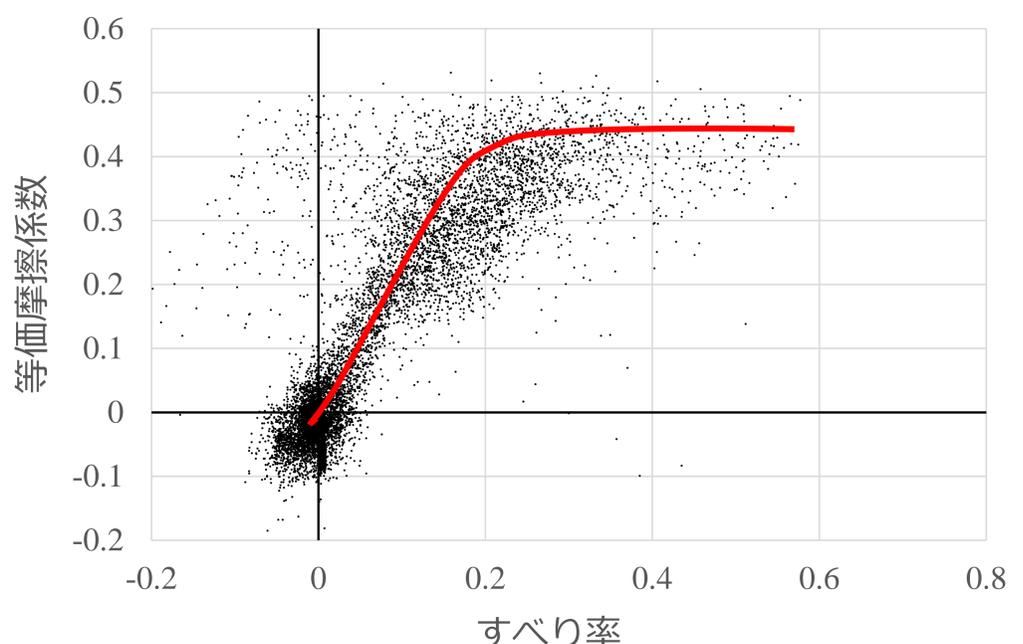
$$\mu_e = \frac{\sqrt{Q^2 + f_x^2}}{P}$$

すると、すべり率 γ_y を横軸として、等価摩擦係数 μ_e の飽和曲線を描くことができるはずである。飽和曲線のイメージは右図のとおりであり、レールの状態が乾燥か湿潤かによって曲線が変化すると考えられる。すなわち、この飽和曲線を指標として、レールの状態を客観的に評価できる可能性がある。



結果 Results

試験線においてPQ輪軸を用いた計測を行い、その計測データを対象に上記の分析を行った。特に今回は、分析の第一歩として、すべり率を横軸とした等価摩擦係数の飽和曲線が描けるかどうかの検証に焦点を絞り、分析を行った。得られた曲線が右図だが、尤もらしい飽和特性が現れており、提案手法の妥当性が示唆された。今後は、乾燥か湿潤かを判別できるかどうかの検証に取り組む予定である。



Publications

Takemura Y., Nakano K., Kaizuka T., Miyamoto T., Suzuki M., Feasibility to estimate coefficient of friction between wheel and rail by Kalman filter using measured values of PQ forces, J-RAIL 2016, December 2016, Tokyo (in Japanese).