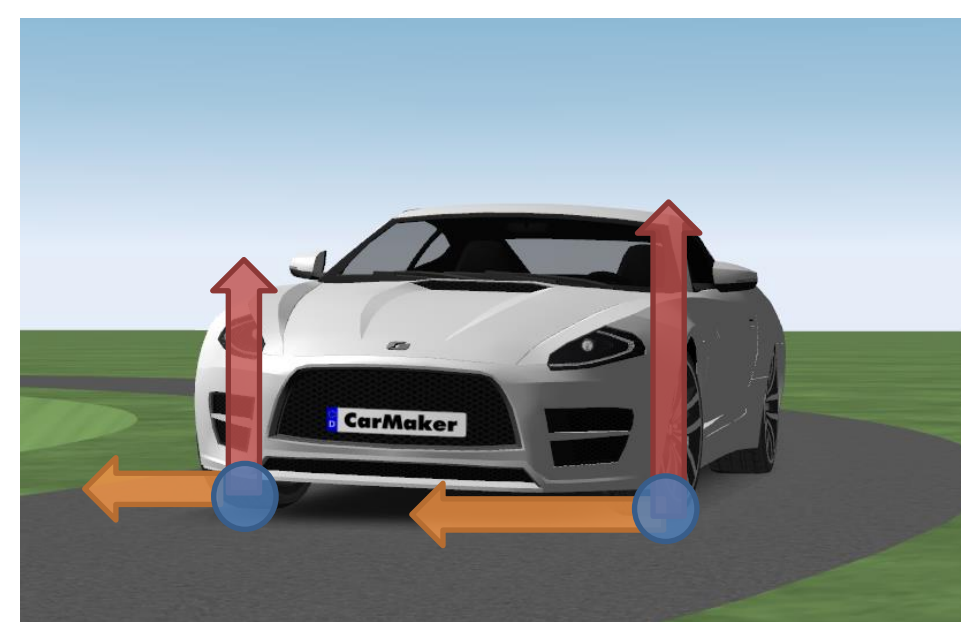


路面摩擦データベースの構築とタイヤ特性推定による 車両運動制御に関する研究

寺田和磨(M2)*1, 金子哲也*2, 渡辺淳士*3, 栗谷川幸代*3, 西尾実*4, 原口哲之理*3, 景山一郎*3

*1 大阪産業大学大学院, *2 大阪産業大学, *3 日本大学, *4 アブソリュート株式会社

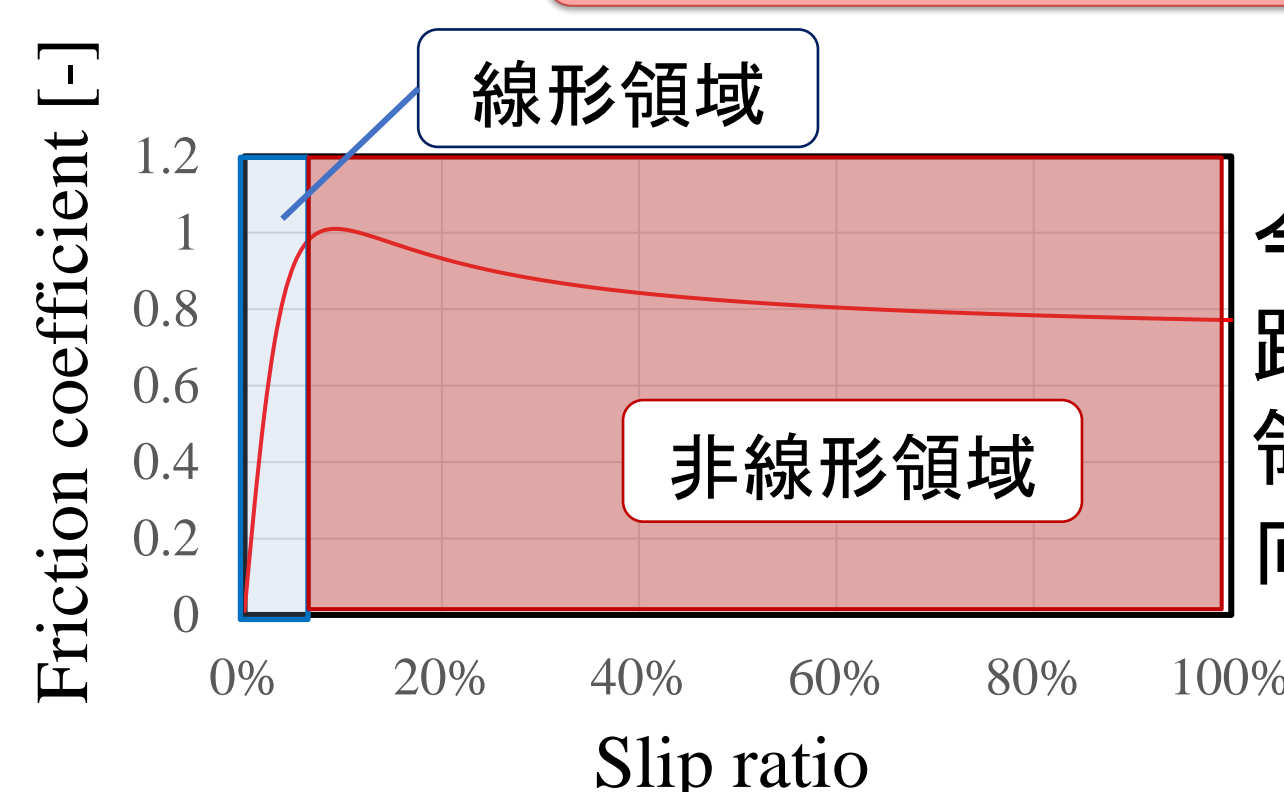
1. 研究背景



自動車の運動性能はタイヤと路面間に働く摩擦력에支配されている。

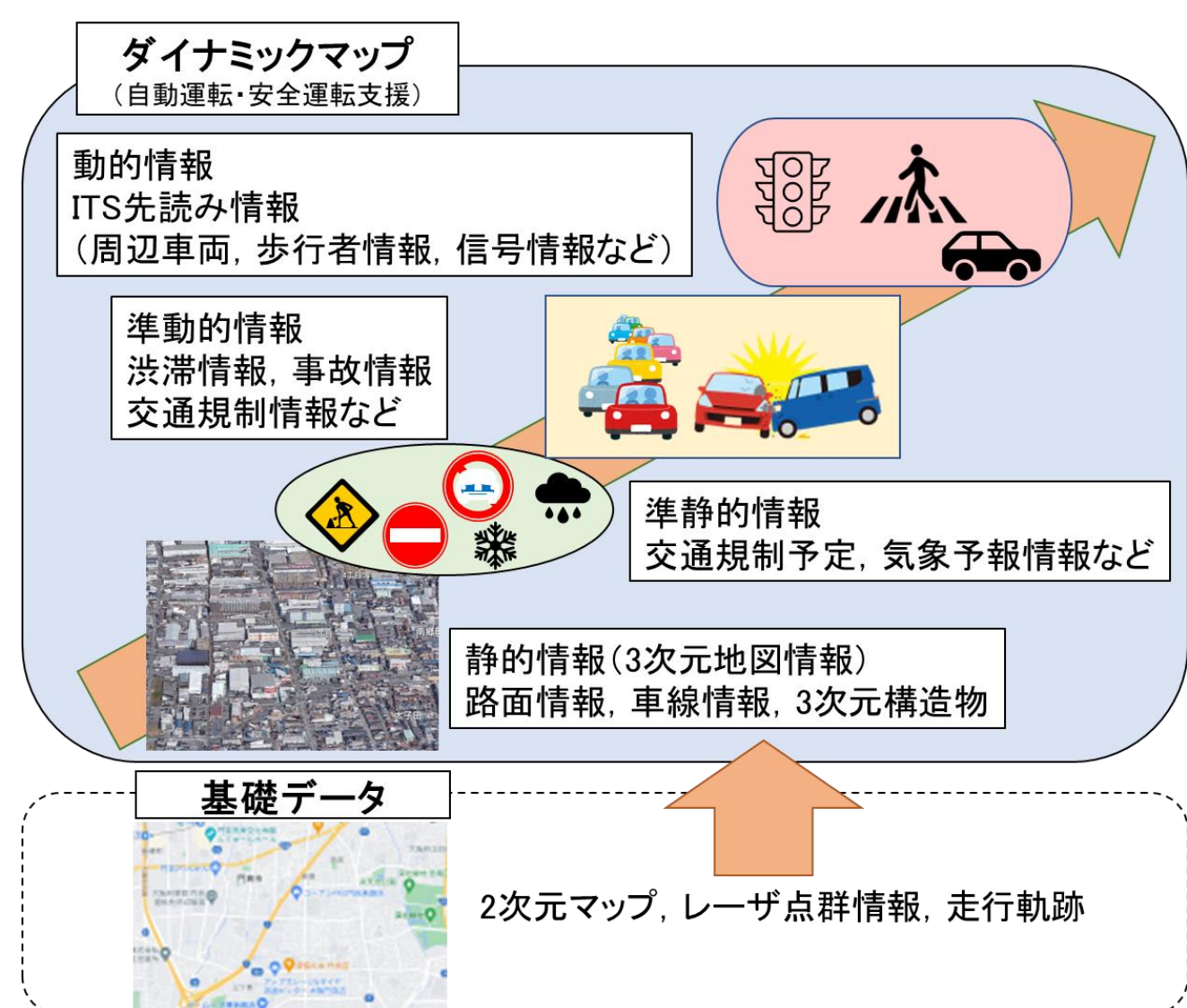
環境変化に対するタイヤの特性変化が激しい
現在のシステムでは...
・制御の応答遅れ
・緊急回避時における安全性の問題

路面摩擦特性を監視するシステムの構築が重要



今後様々な環境を走行する自動運転車両へ路面摩擦特性データを提供することで、非線形領域までを把握することができるため安全性は向上すると考えられる。

2. 先進路面摩擦データベースの構築

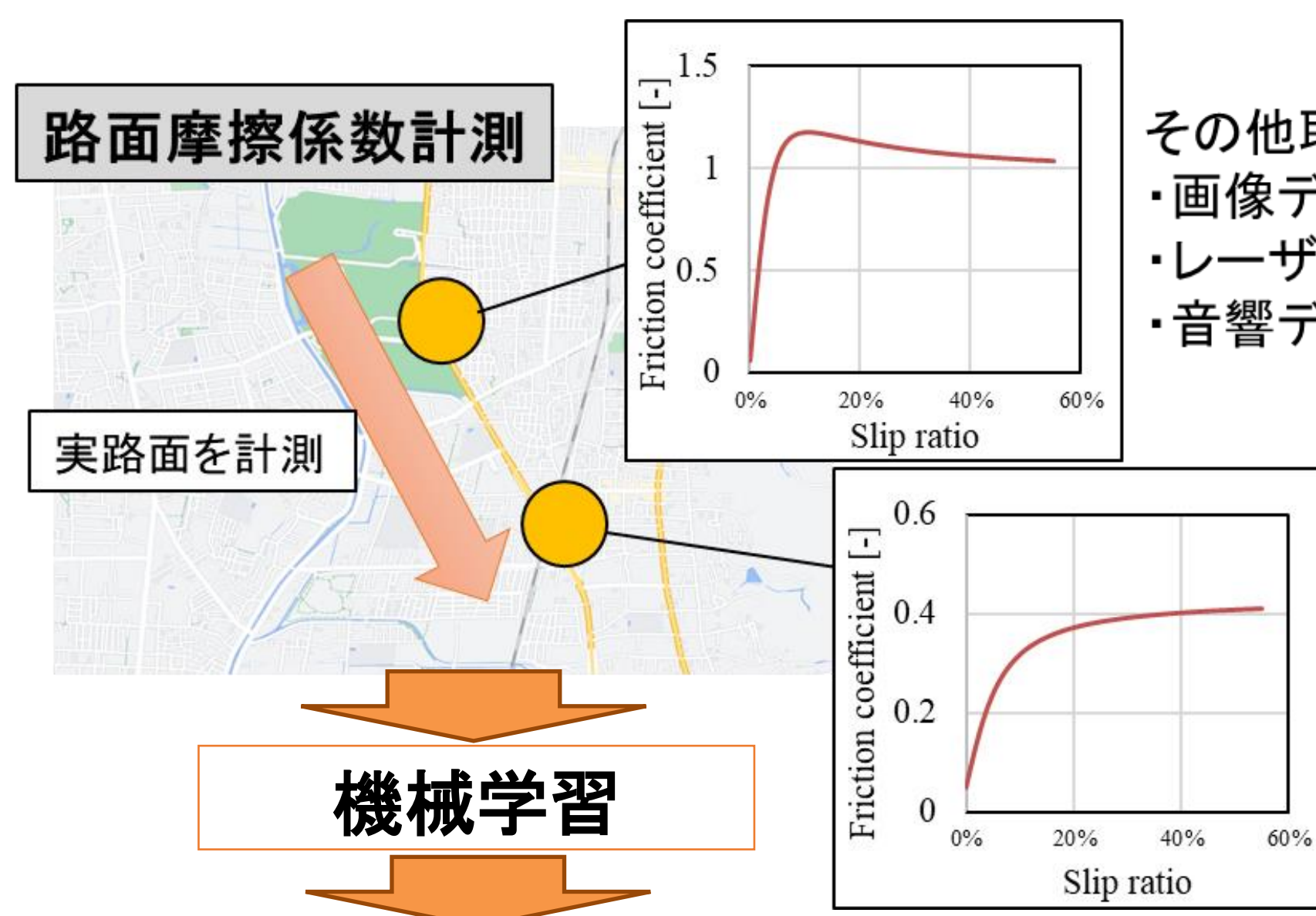


近年、自動運転車両を普及させるために、動的マップの構築が進められており、自動運転の開発に貢献している。

しかし詳細な μ - s 情報が含まれていない

車両運動制御には限界がある

そこで、先進路面摩擦データベースを構築し、自動運転車両の車両運動制御に活用する。



その他取得情報
・画像データ
・レーザー光吸収率
・音響データ等

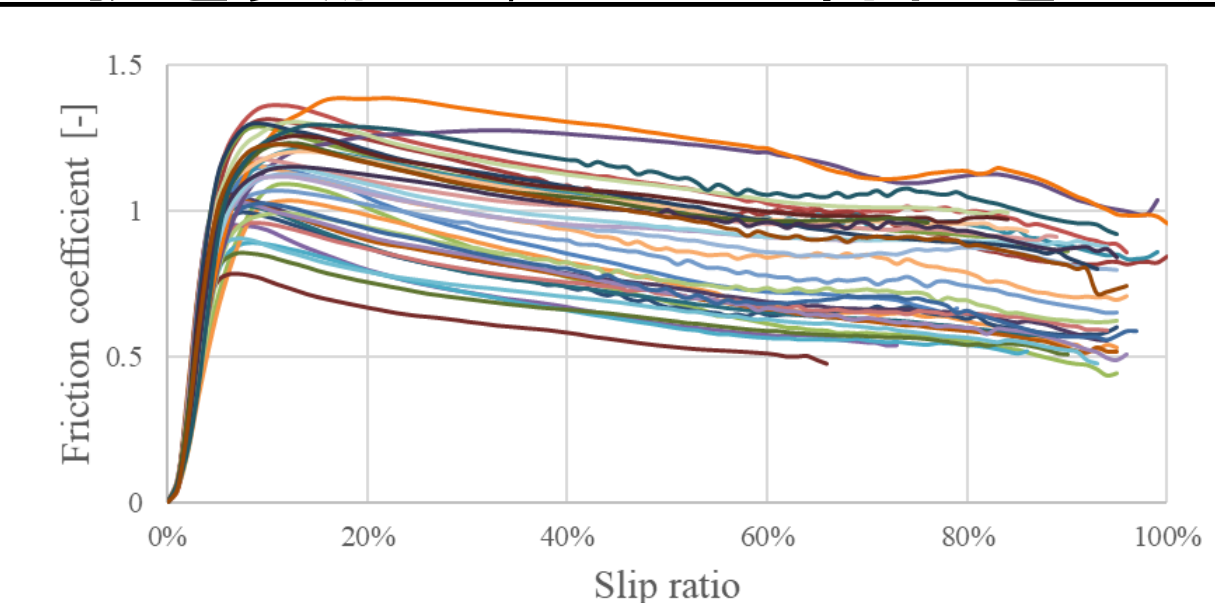
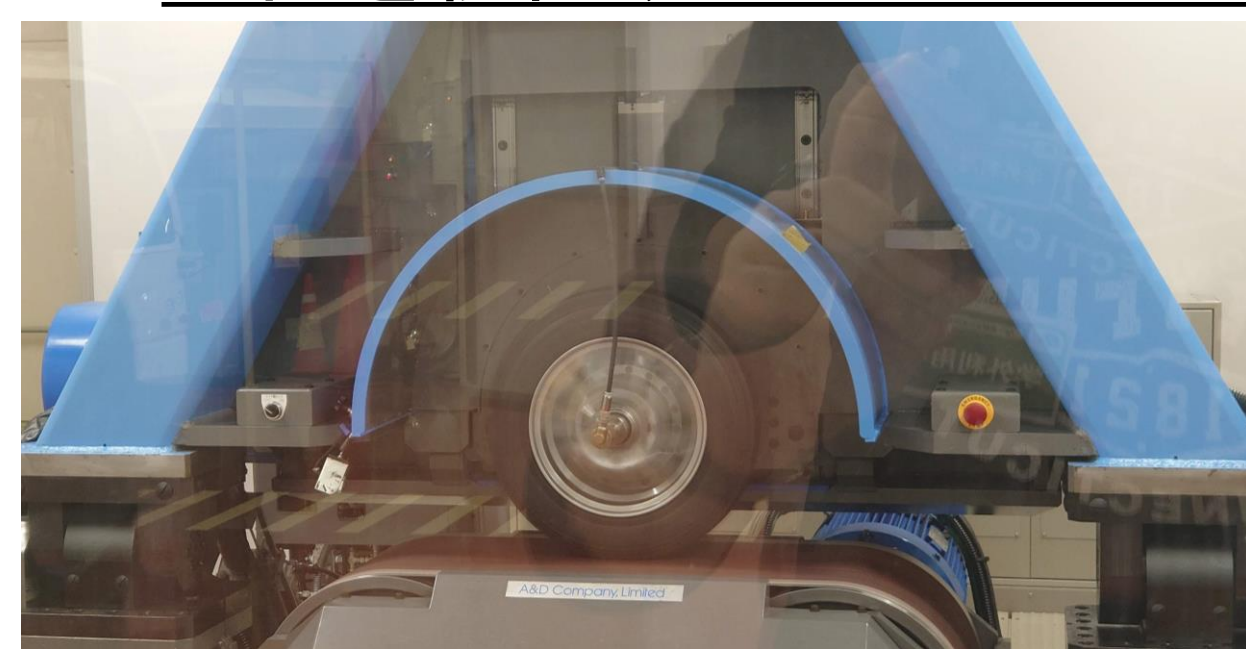
μ - s 特性より導き出される、摩擦円を活用した車両運動制御



3. 路面摩擦特性計測・推定手法

実路面を計測する場合...

- ・少ないスリップ率
 - ・低いスリップ率 これらの条件で行いたい
- 上記を検討するためにタイヤ試験を実施し、タイヤ特性を計測



栗谷川幸代 ほか、実路面の摩擦特性計測に関する研究-路面摩擦特性推定手法の改善-自動車技術会春季大会学術講演会講演予稿集(2021)

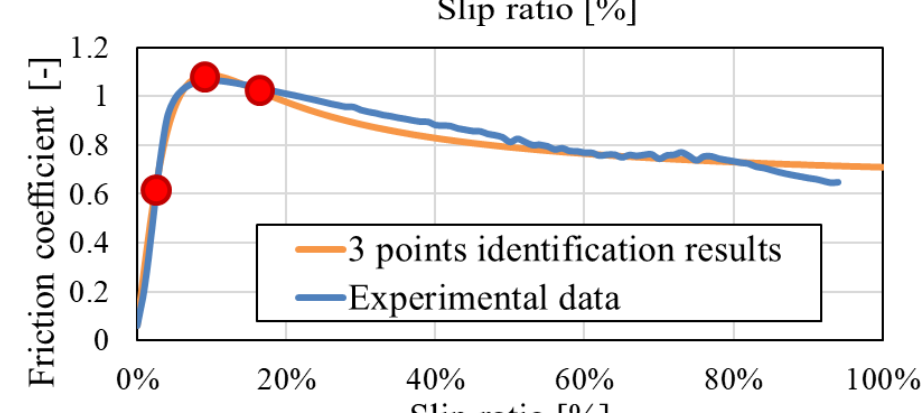
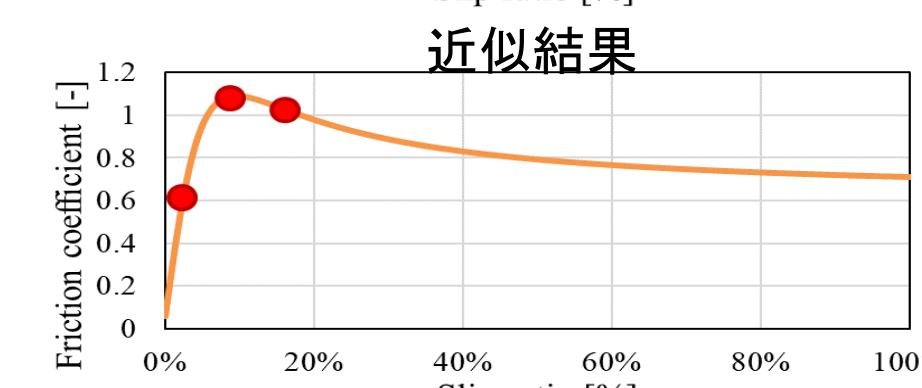
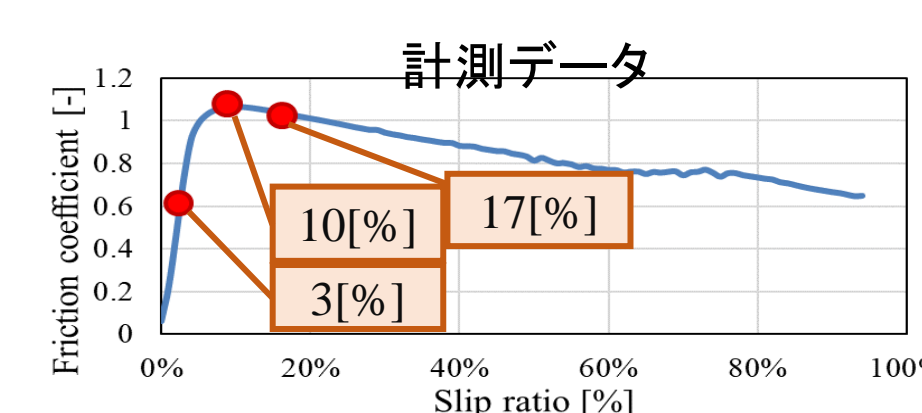
計測したデータを用い、少ないスリップ率で近似を行うMFタイヤモデルを簡易化したものを用いる

$$\mu = a \sin\{b \tan^{-1}(cs)\} + d$$

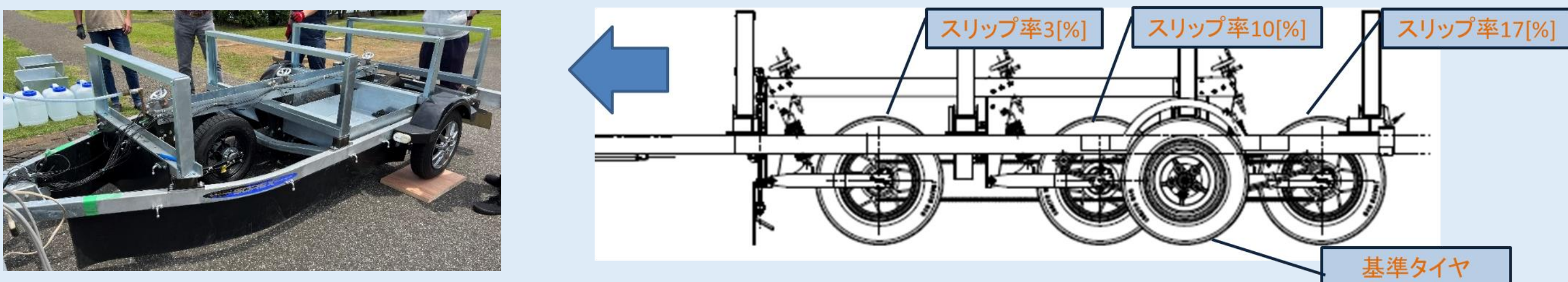
μ : 路面摩擦係数[-]
 s : スリップ率[-]
 d : 転がり抵抗係数
 a : 係数1, b : 係数2, c : 係数3

この式を用いて最小二乗法にて各係数を同定

試行の結果、計測するスリップ率は3%、10%、17%の3点とした。

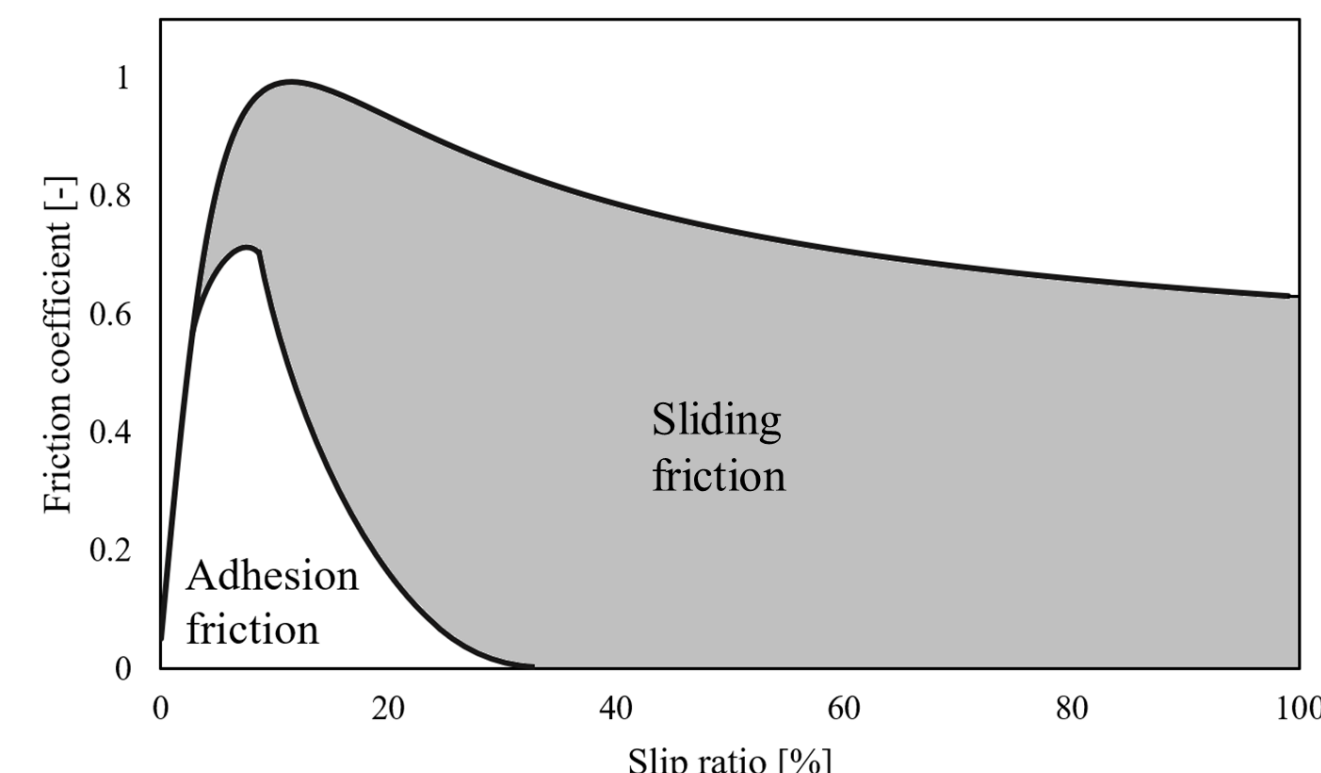
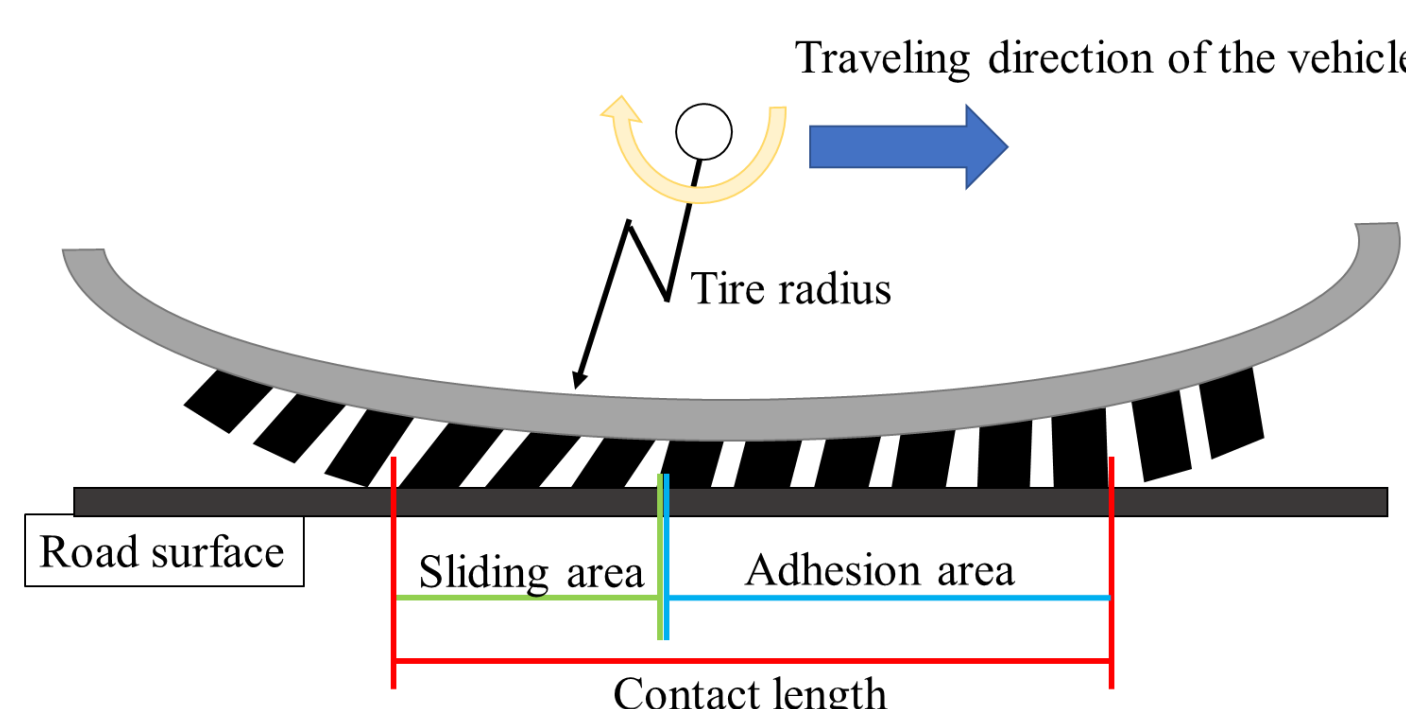


この3点の路面摩擦係数の情報より全体を推定できることから、3輪で連続して路面摩擦係数を計測できるトレーラを製作した。



今後、このトレーラを自動車で牽引し、実路面の計測を行っていく。

しかし、3点の情報のみでは精度が悪くなる条件も存在するため、タイヤ表面上での静摩擦、動摩擦を考慮した推定精度向上手法を提案した。



タイヤ接地面では「すべり域」と「粘着域」が混在する
そのため、スリップ率が増加するに伴って「すべり」の影響が大きくなり、曲率を描いてタイヤ力は減少する。

そこで、タイヤ特性を物理現象として捉えやすくするために、ピュアスリップのMFタイヤモデルを用いる。

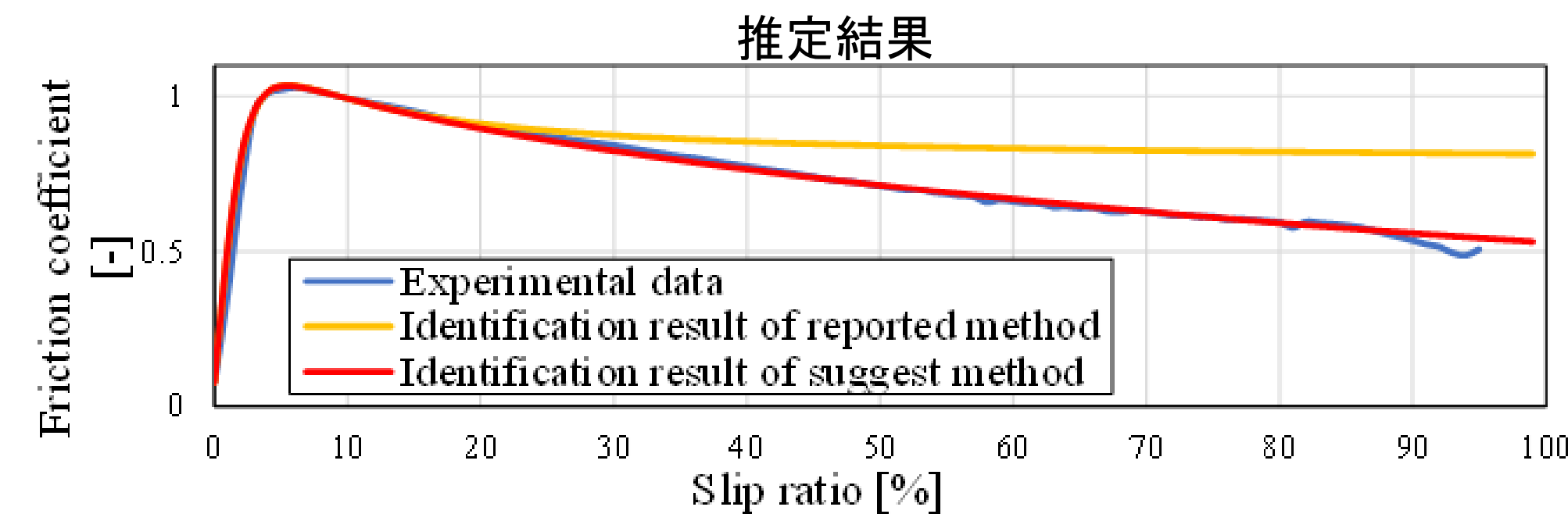
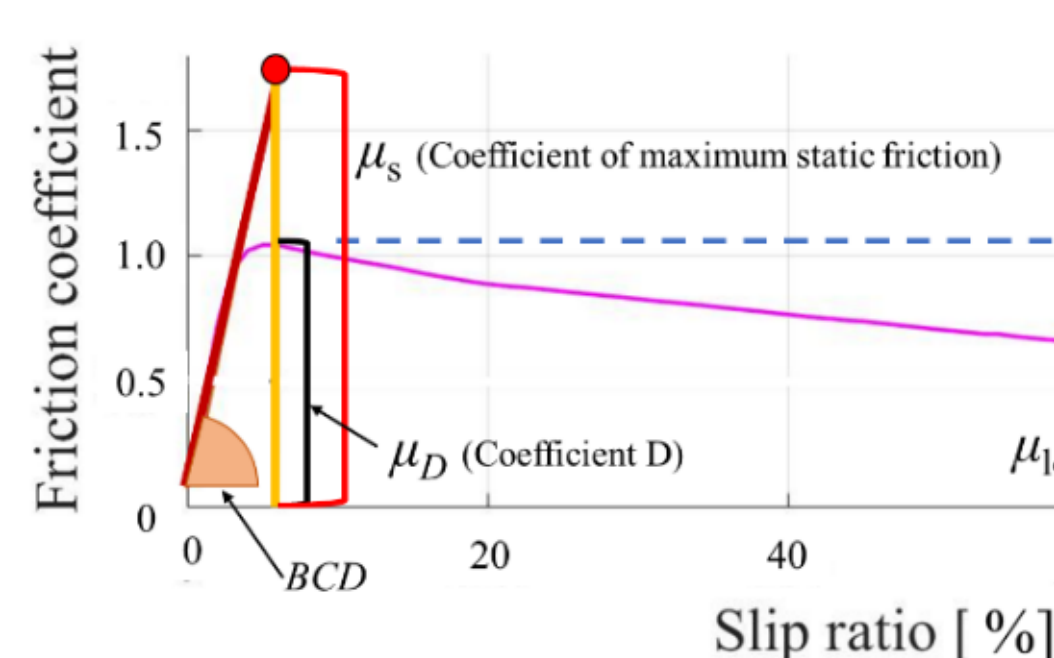
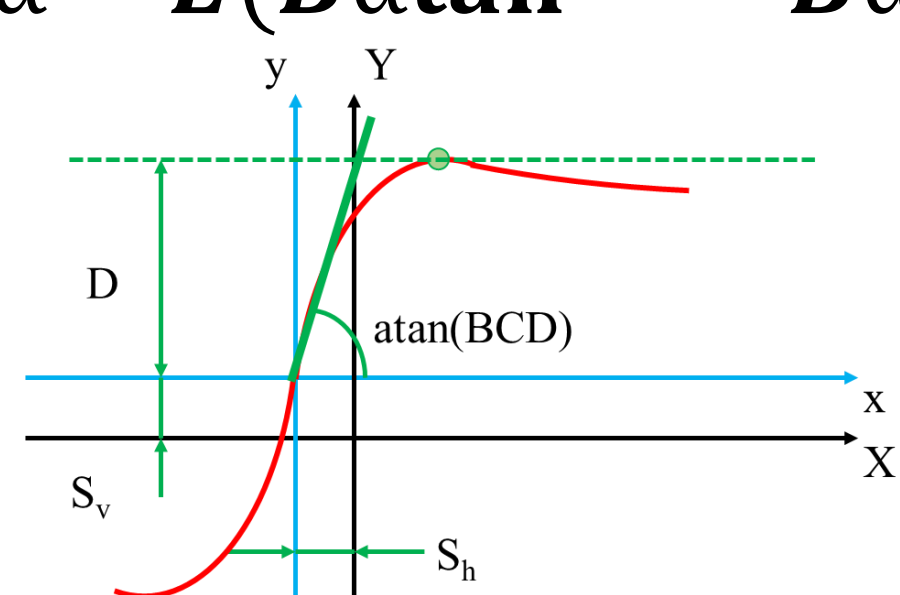
BCDの傾きより想定される最大静摩擦係数と最大摩擦係数(係数D相当)、ロック μ より相関関係を調査した。

その相関関係より4点目のロック μ を精度よく推定することにより、多くの条件で精度の向上を確認した。

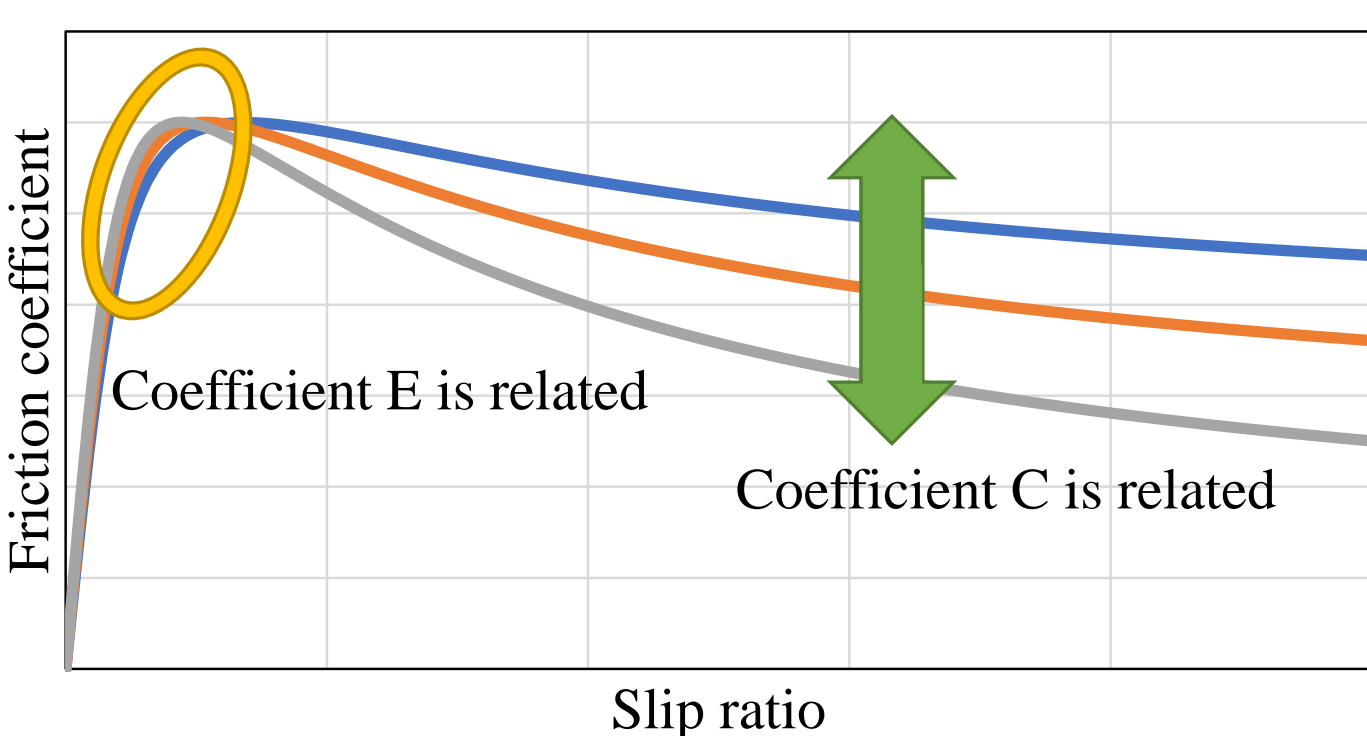
$$y = D \sin[C \tan^{-1}\{B\alpha - E(B\alpha \tan^{-1} - B\alpha)\}] + Sv$$

$$\alpha = x + Sh$$

B : BCDは線形領域での傾き
 C : 曲線全体の形状係数
 D : 最大摩擦係数
 E : 最大値手前の形状係数



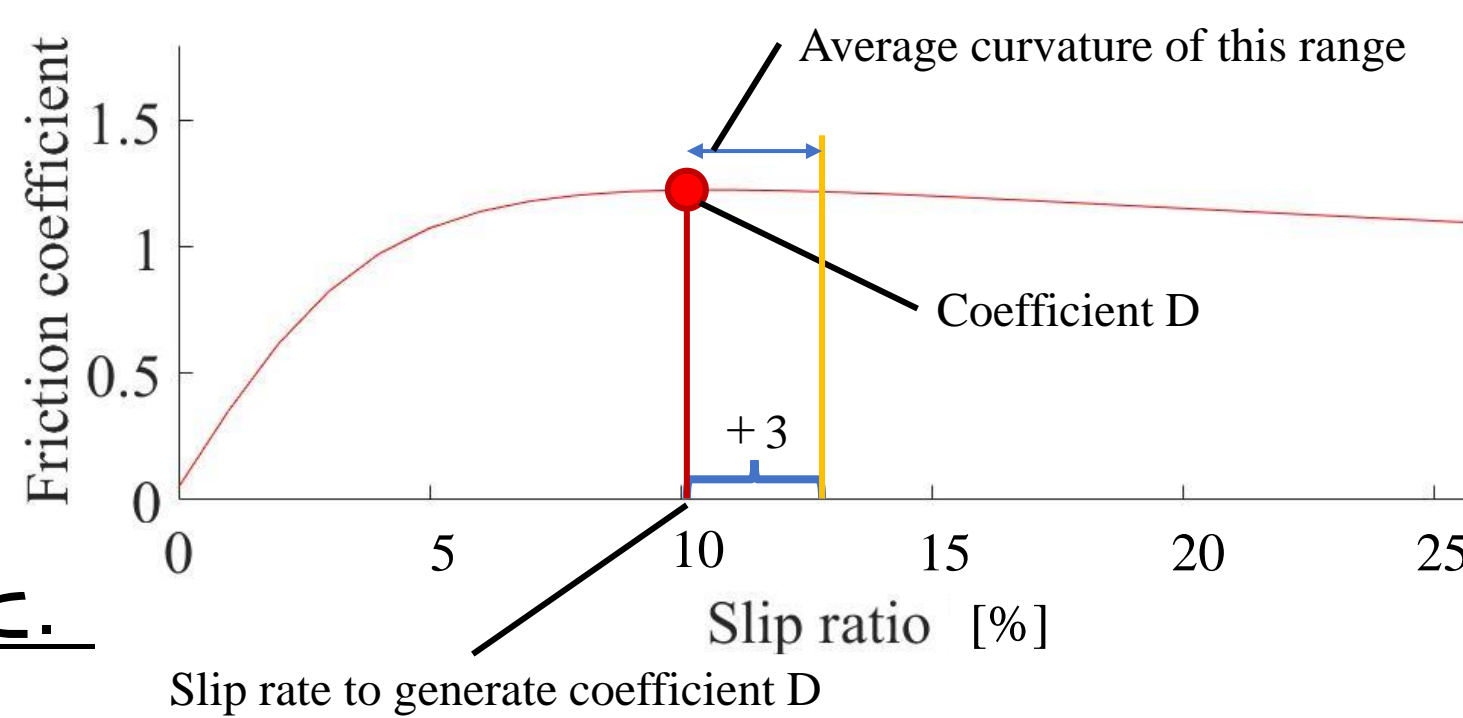
4. 路面摩擦特性の曲率とMFタイヤモデルの各係数との相関関係



高いスリップ率での精度低下が挙げられている。MFタイヤモデルの各係数との関係性...

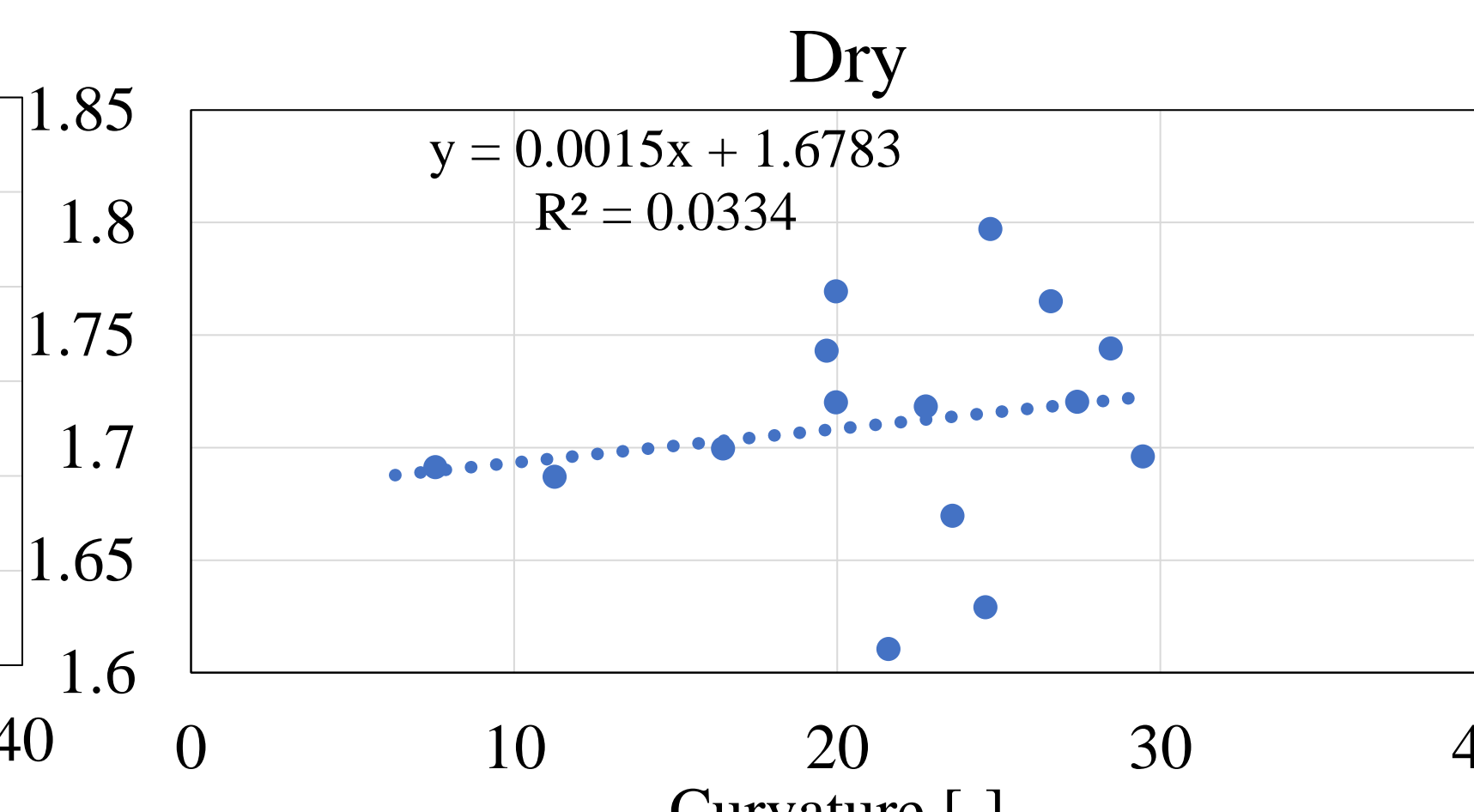
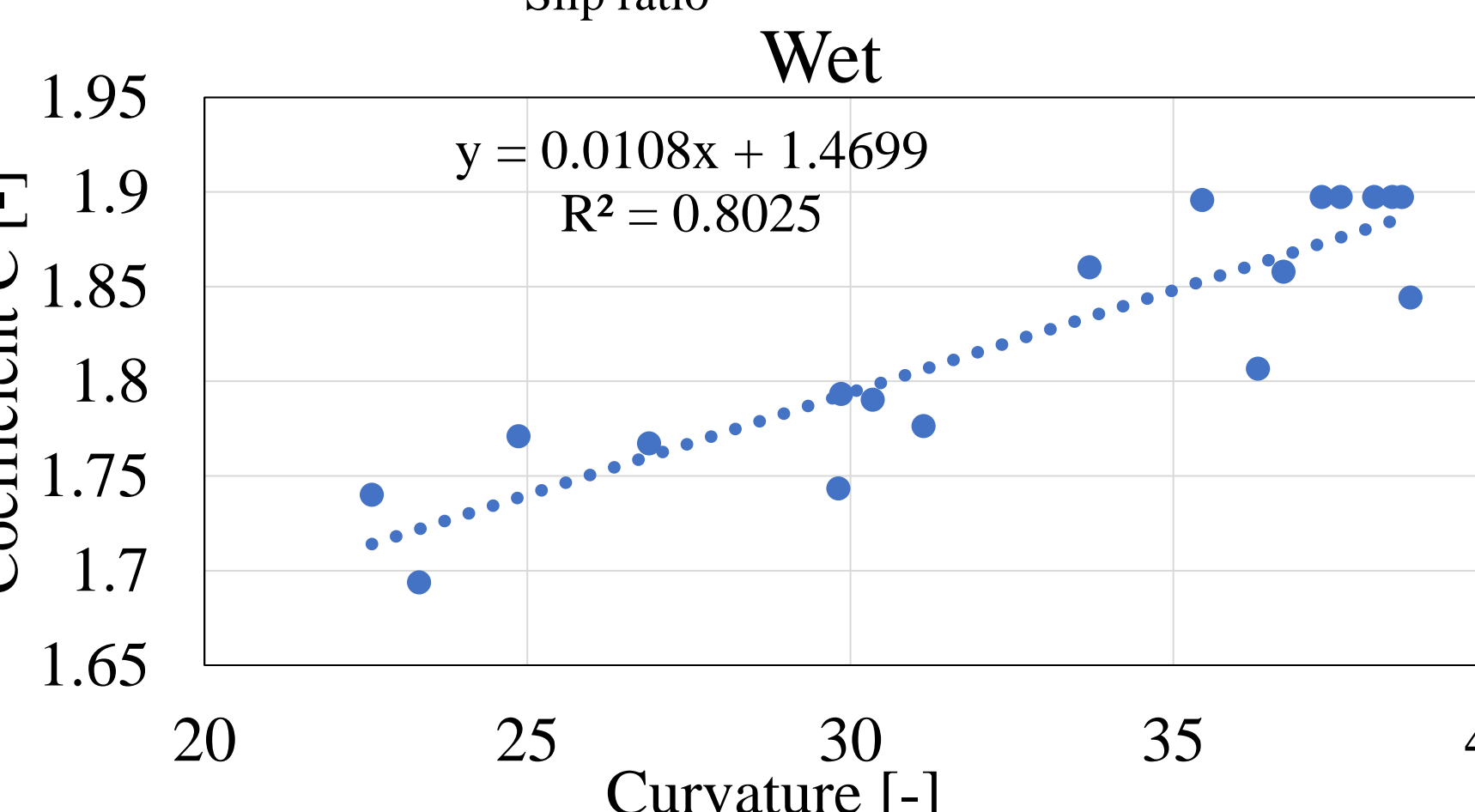
- ・係数Eは最大値付近の曲率
- ・係数Cは高いスリップ率での曲率

この内、今回は係数Cと曲率との相関を調査した。



平均曲率を算出する上で、様々な範囲でその相関関係を調査した。

その結果、最大摩擦係数を発揮しているスリップ率を原点として、-0[%]、+3[%]の範囲で強い相関が確認できた。



先進路面摩擦データベースを構築する上で天候変化を加味する必要があるため、ドライ路面とウェット路面に分けて確認した。

その結果ウェット路面では求めた曲率に対する分散が高く、推定精度を低下させている原因であると考えられる。