

1. 緒言

4WS, スタビリティコントロールなど車両姿勢制御を行うためには車両状態と路面状態(車体横すべり角, 路面摩擦係数)を知ることが必要となる. それらを計測するためには特殊なセンサが必要である. しかし, このようなセンサを車両に搭載することが困難な場合がある. このような場合は, 計測の容易な加速度情報などから推定することが可能である. 主な推定法としてはオブザーバやカルマンフィルタなどが挙げられる. これらの手法は多くの応用例²⁾が報告されている. しかし, これらの手法は通常, 単一モデルに基づき推定を行うので対象のシステムの構造・運動パターンの変化に対応できない. そこで, 複数のモデルを用意しそれらに対応するマルチモデル推定法という手法が考案されている. マルチモデル推定法もいくつかの手法が存在するが, その中でもIMM(Interacting Multiple Model)法³⁾は最もシステムの構造変化の推定に適しているといわれている.

本研究では, 車両の横すべり角を推定するにあたり路面状態の変化に対応するためにIMM法を用いた方法を提案する. IMM法はシステムモード間の遷移を考慮した手法である. 本研究では, 路面摩擦係数により複数のモードをあらかじめ定めて, それぞれのモードに対応する推定値から, 車両の状態推定と同時に路面摩擦係数の推定を行う方法を提案する.

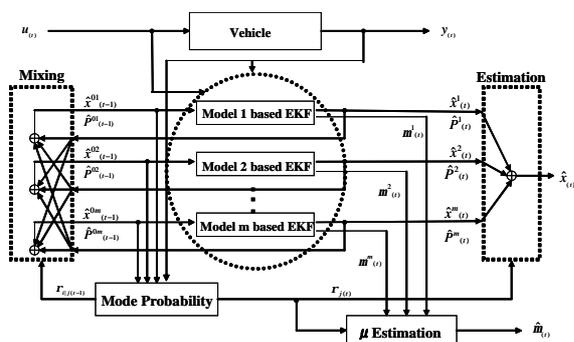


Fig.1 IMM estimator for vehicle and road state estimation

2. IMM法による推定アルゴリズム

IMM法のアルゴリズムを図1に示す. IMM法は主に, フィルタ部, ミキシング部, 推定値の結合部に分かれている. フィルタ部は入力値や観測情報などから推定を行う部分である. 横すべり角の推定には, EKF(拡張カルマンフィルタ)を用いている. システムモードは路面摩擦係数の違いにより複数のモードを考える. ミキシング部はモード間の遷移を考慮し, 相互関係を持たせフィルタの入力値などを算出する部分である. ここで観測残差からモードの適合度を示す生起確率を求める. 推定値の結合部は生起確率と各EKFの推定値を掛け合わせ, 確率的に結合し最終的な推定値を得る部分である.

3. シミュレーション

3.1 車両モデルとタイヤモデル

前章で得られたIMM法による推定アルゴリズムの有効性を, シミュレーションにより検証した. 使用した車両モデルは図2に示す平面二輪モデル. タイヤモデルには図3に示す非線形性を持つタイヤモデル⁴⁾を使用した.

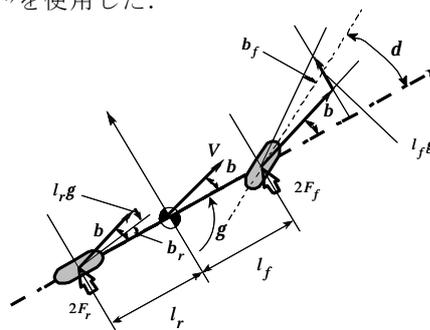


Fig.2 Vehicle model

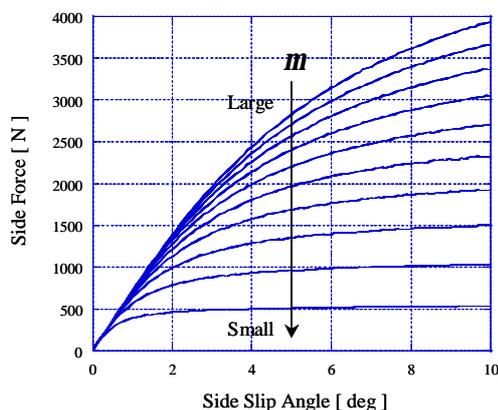


Fig.3 Tire characteristics

3.2 シミュレーション条件

50[km/h]で走行している車両に対し、前輪実操舵角を振幅6[deg]、周波数0.25[Hz]の正弦波状に与え、緊急回避を行うダブルレーンチェンジを想定したシミュレーションを行った。観測情報は横加速度とヨーレートで車体重心で計測するものとした。サンプリング周期は0.01[s]とし、タイヤにはプラントノイズが加わり、観測値には観測ノイズが加わるものとする。路面摩擦係数は操舵中に変化するとし、シミュレーション開始後0~2秒間は $\mu = 0.8$ (アスファルト乾燥路面を想定)、2~4秒間は $\mu = 0.3$ (アスファルト水膜路面を想定)、4~6秒間は $\mu = 0.55$ (アスファルト湿潤路面を想定)とした。タイヤモデルは路面摩擦係数 μ を1.0~0.1を0.1間隔で10個のモードを設定し、それぞれをモード1, 2, ..., 10とした。モード間の遷移の確率を示す遷移行列は急激な路面摩擦係数の変化はないものとしてモード間の遷移がない場合を高確率とした。また、IMM法の有効性を比較するため、単一のEKF($\mu = 0.8$ モデル)による推定も行った。

4.シミュレーション結果

シミュレーションの結果を入力値(前輪実操舵角)、観測値(横加速度、ヨーレート)、推定値(横滑り角、路面摩擦係数)、生起確率の順に図4に示す。横滑り角は単一のEKFでは推定ができていないが、IMM法では路面摩擦係数の変化に対応して精度の良い推定が行われている。また、路面摩擦係数も精度の良い推定が行われている。生起確率は、1~2秒の間ではモード1~3、2~4秒の間ではモード8、4~6秒ではモード5、6と真値に近いモードが高い値を示しており、IMM法による推定が良好に行われていることが分かる。

5. 結言

本研究では横加速度とヨーレートの観測値からIMMを用いて横滑り角と路面摩擦係数を推定するシミュレーションを行った。IMM法は状態量の推定だけでなく生起確率を注視する事でシステムの変化を捕らえる事が可能であることを示した。今後は前後方向などより複合的な車両モデルを用い、より現実的な車両状態量や路面状態の推定を行うIMM法の構築を行う。

「参考文献」

- 1) http://www.onosokki.co.jp/HP-WK/whats_new/catalogs/products/LC_series_4.pdf
- 2) 毛利ほか, 拡張カルマンフィルタを用いた車線追従制御の検討, 自動車技術会学術講演前刷集, No.115-00,(2000)
- 3) Y.Bar-Shalom, and X.Rongli, and Thiagalingam Kirubarajan, "Estimation with Applications to Tracking and Navigation", Wiley Interscience
- 4) 永井ほか, 「非線形領域における車両横滑り角の推定に関する研究」, 日本機械学会第5回交通・物流部門大会講演論文集, No.96-51,(1996),pp.135-138

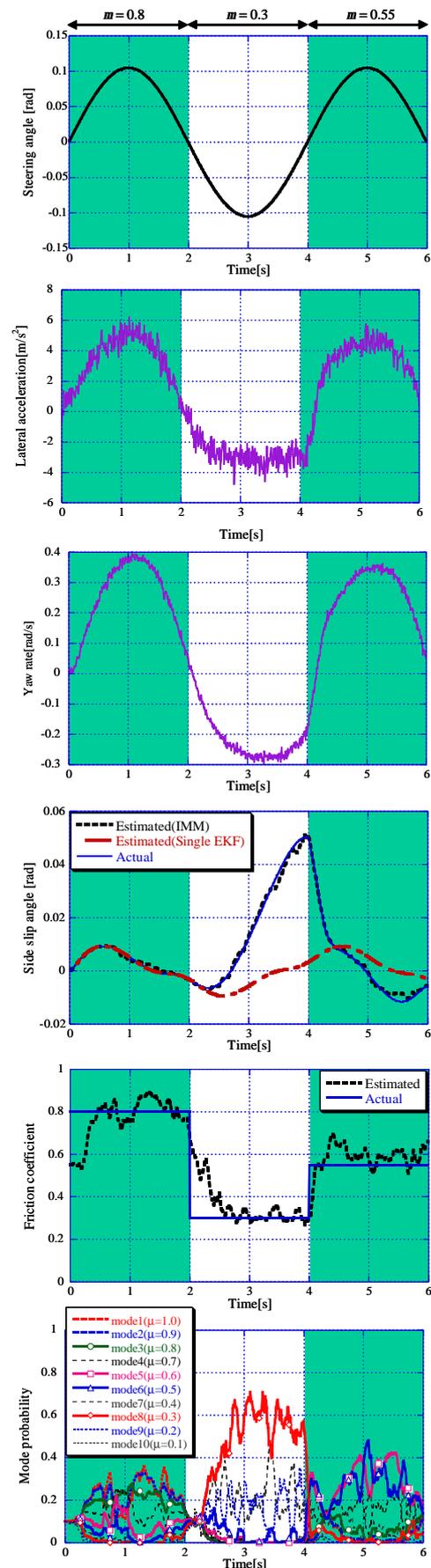


Fig.4 Simulation results