

論文の内容の要旨

論文題目 走行中における自動車の等価二輪モデルのパラメータ値推定

氏 名 李 昇勇

自動車の高性能の要求が高まることに従い、車両制御の高度化を実現するため、交通制御システムや運転支援システムの技術(例：自動隊列走行、衝突被害軽減ブレーキ、レーンキープアシスト等)が注目されている。車は車両積載状態と車両走行条件によって車両パラメータが大きく変わる。車両条件に合わない車両パラメータで車両制御を行うと、安全運転に影響を与える場合がある。車両走行状態に合う精密な車両制御を行うためには、車両パラメータを正確に把握し、車両制御に反映させるのが重要である。特に運送用大型トラックは毎走行時に積載状態が変わるので、走行中に車両パラメータを把握する必要があり、車両パラメータ同定が重要になる。本研究では車両パラメータ中で、車両制御に重要な車両パラメータである車体重量、車体重心位置、ヨー慣性モーメント、コーナリングスティフネスに対し、車両パラメータを推定する同定検討を行った。

車体質量と車体重心位置の同定については、25tクラスの4軸大型トラックを用いて、停車時に荷重によるサスペンション変化量を利用する同定手法を利用し、高い精度の車両質量と車体重心位置の推定ができることを示した。

ヨー慣性モーメントとコーナリングスティフネスの同定については、絶対速度が計測できるGPSセンサとDual Kalman Filterアルゴリズムを用いて、走行中に車両のヨー慣性モーメントとコーナリングスティフネスを推定する同定手法を提案した。Dual Kalman Filterアルゴリズムは車両状態量を推定しながら車両パラメータ推定を行うアルゴリズムで、図1のように状態推定用Kalman filterとパラメータ推定用Kalman filterの二つのKalman filterが連結されている仕組みである。状態推定用Kalman filterで得られた状態推定値はパラメータ推定用Kalman filterに入力されパラメータの推定に使われる。パラメータ推定用Kalman filterで求められたパラメータ推定値は、次の時刻の状態推定用Kalman filterにフィードバックされ、次の時刻の状態推定に使われる。この過程を繰り返して行い、毎時刻の状態推定値とパラメータ推定値が求められるアルゴリズムである。Dual Kalman filterアルゴリズムは計測値と状態推定値の誤差を最小になるように、状態の推定用Kalman filterとパラメータ推定用Kalman filterで、状態推定値とパラメータ推定値が毎時刻更新しながら最適な状態推定値とパラメータ推定値を求めることでロバスト安定性を持つ推定ができるものである。

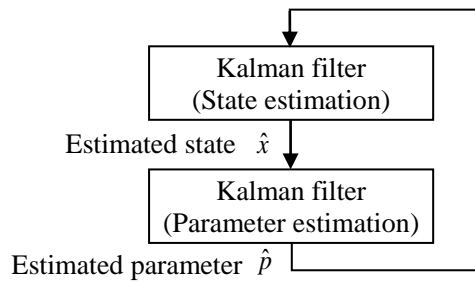


図 1 Dual kalman filter algorithm

Dual Kalman Filter アルゴリズムによる車両パラメータの同定手法の妥当性を確認するため、一般車両を利用した実車実験と大型トラックモデルを利用した数値解析を行った。

図 2 と図 3 は一般車両を利用した実車実験での同定手法によるヨー慣性モーメントの推定結果とコーナリングスティフネスの推定結果を示す。推定値の収束性を検討するため、ヨー慣性モーメントの真値(J_{ref})とコーナリングスティフネスの真値(K_{ref})に対し、パラメータ初期設定値を真値より高い初期値と真値より低い初期値に設定し、同定手法によるパラメータ推定検討を行った。点線は真値より高い初期値からのパラメータ推定結果で、一点鎖線は真値より低い初期値からのパラメータ推定結果を示す。同定手法からの推定結果は多数のレーンチェンジが必要であり、より少ないレーンチェンジ回数で推定するため、推定予測手法を提案し、図 2 と図 3 でヨー慣性モーメントの予測結果(J_{Pre})とコーナリングスティフネスの予測結果(K_{Pre})を求めた。ヨー慣性モーメントの推定結果は図 2 のように、推定予測手法によって 4 回のレーンチェンジで、真値と比べて 2.3% 誤差の推定値が求められた。そしてコーナリングスティフネスの推定結果は図 3 のように、推定予測手法によって 3 回のレーンチェンジで、真値と比べて -4.5% 誤差の推定値が求められた。このように推定予測手法によってより少ない回数で性能高い推定結果が求められることを確認し、同定手法の有効性を確認した。

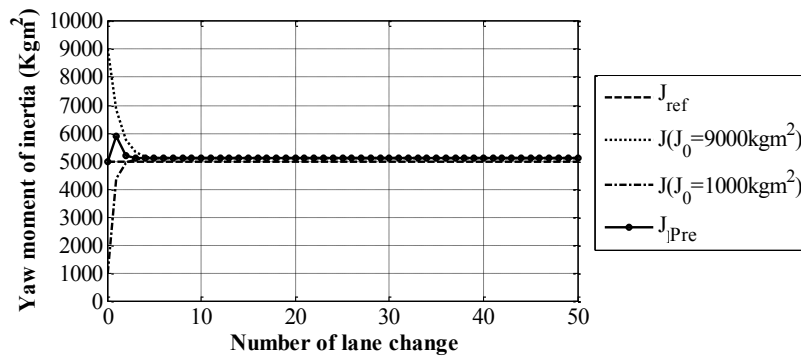


図 2 ヨー慣性モーメント推定の予測結果

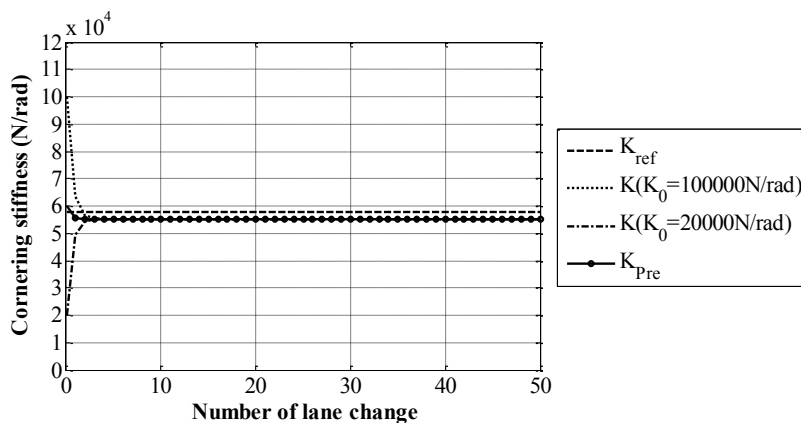


図3 コーナリングスティフネス推定の予測結果

数値解析による大型トラックのヨー慣性モーメントとコーナリングスティフネスのパラメータの同時推定検討を行い、その推定結果を図4と図5で示す。推定値の収束性を検討するため、ヨー慣性モーメントの真値(J_R)とコーナリングスティフネス真値(K_R)に対し、パラメータ初期設定値を真値より高い初期値(J_H , K_H)と真値より低い初期値(J_L , K_L)に設定し、同定手法によるパラメータ推定検討を行った。点線は真値より低い初期値(J_L , K_L)からのパラメータ推定結果で、一点鎖線は真値より高い初期値(J_H , K_H)からのパラメータ推定結果を示す。同定手法からの推定結果は多数のレーンチェンジ(70回)が必要である。より少ないレーンチェンジ回数で推定値を求めるため、推定予測手法を適用し、図4と図5のように少ないレーンチェンジ(10回)で、ヨー慣性モーメント推定予測値(J_{Pre})とコーナリングスティフネス推定予測値(K_{Pre})を求めた。ヨー慣性モーメント推定値とコーナリングスティフネス推定値は真値と比べて8%誤差と2.3%誤差の推定結果が得られた。このように推定予測手法によってより少ない回数で性能高い推定結果が求められることを確認し、同定手法の有効性を確認した。

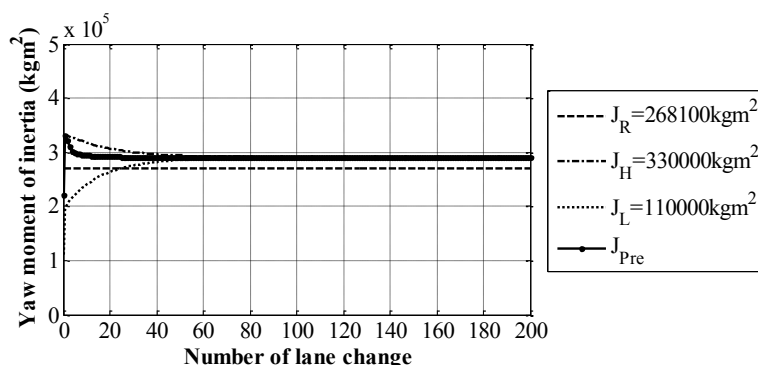


図4 二つのパラメータの同時推定結果(ヨー慣性モーメント推定結果)

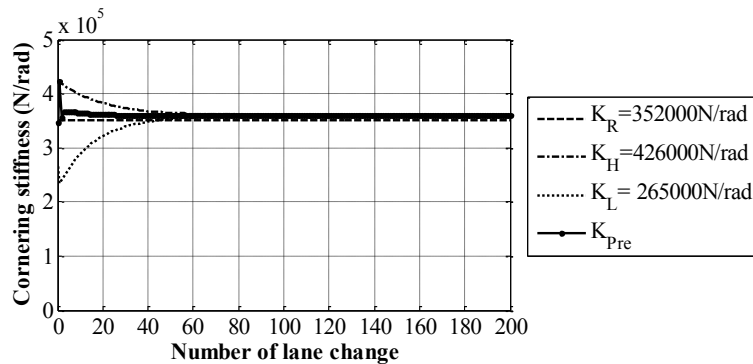


図5 二つのパラメータの同時推定結果(コーナリングスティフネス推定結果)

<本研究のまとめ>

- ・大型トラックが出発する前に、どの籍載条件でもサスペンションの変化量を利用する同定手法によって、高い精度の車両質量と車体重心位置の推定ができることを示した。
- ・一般乗用車の実車実験を通じて、平面道路だけではなく、カントがあるコーナリング区間の道路でも、性能の高いパラメータ推定ができることを示した。
- ・大型トラックに対しては数値解析による車重変化時の同定検討と車速変化時の検討を行い、同定手法による十分な性能のパラメータ推定が可能であることを示した。
- ・提案する同定手法によって、ヨー慣性モーメントのみの同定、コーナリングスティフネスのみの同定、もしくはその両方の同時同定ができることを示した。

<今後の課題>

- ・実際道路上に展開するためには、1回のレーンチェンジ、もしくは1度の曲線区間の通過だけで十分な精度を持つパラメータ同定ができることが望ましく、その改善案の検討が必要である。
- ・大型トラックに対し実車実験による同定案の妥当性検討が必要である。
- ・様々な走行条件(例：雨天時の路面状態、カントのある道路上の走行等)の実車実験による有効性検討が必要である。
- ・GPS センサから絶対速度が上手く計測できなかった場合(例えば、トンネル中を走行、GPS 受信の干渉等)、GPS 計測を補足する代案の検討が必要である。