

電気自動車のコーナリングスティフネスオンライン推定実験

◎ 裾坂昭生 (長岡技術科学大学) 藤本博志 (横浜国立大学) 野口季彦 (長岡技術科学大学)

1.はじめに

筆者らはこれまでに、推定困難な車両パラメータと考えられていたコーナリングスティフネスの推定法を提案し、オフラインで良好な推定結果が得られた⁽¹⁾。本論文では、オンライン推定実験を行い、推定結果が路面状況を反映して妥当な値になることを確認したので報告する。

2.コーナリングスティフネス推定アルゴリズム

車体のローリングを無視し、一定速度で走行している四輪車を車軸に対して等価的な前後二輪の車両で置き換えると、車両の水平面内における運動方程式は次式となる。

$$mV \left(\frac{d\beta}{dt} + \gamma \right) = -2 \left\{ C_f \left(\beta + \frac{l_f}{V} \gamma - \delta \right) + C_r \left(\beta - \frac{l_r}{V} \gamma \right) \right\} \quad (1)$$

$$I \frac{d\gamma}{dt} = \left\{ -2C_f \left(\beta + \frac{l_f}{V} \gamma - \delta \right) l_f + 2C_r \left(\beta - \frac{l_r}{V} \gamma \right) l_r \right\} + N_z - N_d \quad (2)$$

ただし、 m は車両重量 (kg)、 V は車両速度 (m/s)、 β はすべり角 (rad)、 γ はヨーレート (rad/s)、 δ は舵角 (rad)、 I はヨー軸回りの車両慣性 (kgm^2)、 l_f 、 l_r はそれぞれ車両重心から前輪軸、後輪軸までの距離 (m)、 C_f 、 C_r は前輪、後輪のコーナリングスティフネス (N/rad) であり、 N_d は路面状況の変化、横風などによる外乱モーメント (Nm)、 N_z は2つのインホイールモータの駆動力差により生成されるヨー軸回りのモーメント (Nm) である。(2)右辺の括弧内でタイヤに発生するトルクを N_t とし、さらに $N_{dt} = N_d - N_t$ とおくと、(2)は、

$$I \frac{d\gamma}{dt} = N_z - N_{dt} \quad (3)$$

と定式化できる。モデル簡単化のため重心から前輪軸、後輪軸までの距離を $l_f = l_r = l$ 、前輪、後輪のコーナリングスティフネスを $C_f = C_r = C$ と仮定すると、

$$N_{dt} = -C \left(-\frac{4l^2}{V} \gamma + 2l\delta \right) + N_d \quad (4)$$

と表わされる。(4)の括弧内を ζ とすれば、Fig. 1 の外乱オブザーバ出力から、

$$\hat{N}_{dt} = -C\zeta + e \quad (5)$$

となる。ここで、 e は N_d とオブザーバ誤差からなる項で、これが十分小さいかホワイトであれば、最小二乗法により C の推定が可能となる。(5)からわかるように、ヨーモーメントオブザーバの出力と直接検出できるパラメータ δ 、 γ 、 V から容易に C を推定できる⁽¹⁾。

3.オンライン推定実験結果

実験はアスファルトの乾燥路面と濡れた路面で行い、20 (km/h)で走行中に舵角 δ を正弦波上に入力している。このとき、ヨーレートの制御系を動作させていないので、制御入力 N_z は0とした。ヨーモーメントオブザーバの帯域は3.0 (rad/s)とし、車両慣性のノミナル値 I_n は160 (kgm^2)としている。推定には逐次形最小二乗法を採用しており、(5)

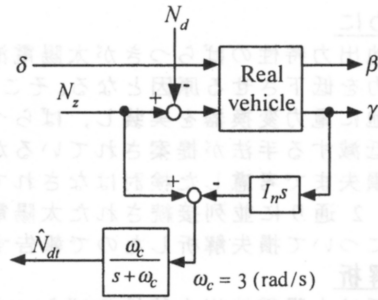


Fig.1. Yaw-moment observer.

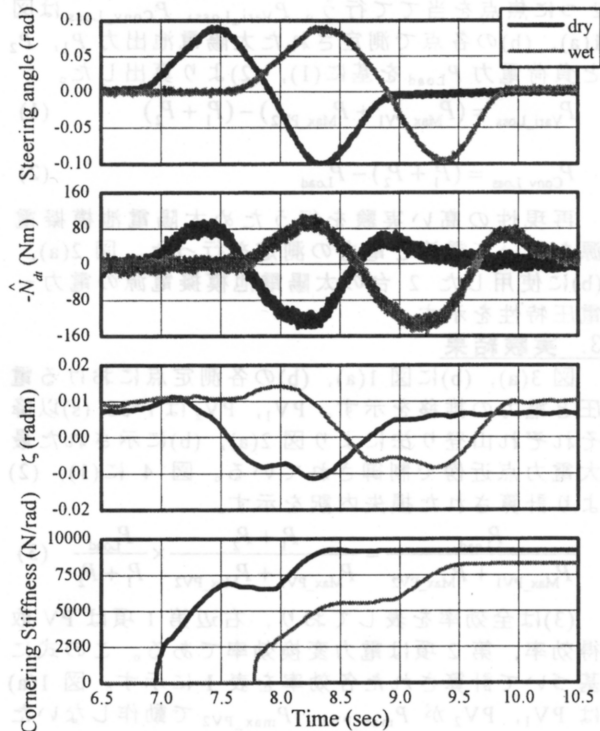


Fig.2. Estimation result of experiment.

の出力である \hat{N}_{dt} に閾値を設け推定に有効な信号が来なくなると、推定値を更新せずそれまでの値を保持するようにしている。また、 ζ の生成にも \hat{N}_{dt} と同じローパスフィルタを採用している。Fig. 2 に推定実験結果を示す。推定結果から、ほぼ同じ舵角を与えているにもかかわらず、乾燥路面では9200 (N/rad)、濡れた路面では8300 (N/rad)という異なった推定値が得られた。

4.まとめ

本論文では、乾燥路面と濡れた路面でオンライン推定を行い、路面状況による推定値の変化を比較検討した。推定実験結果から、濡れた路面ではコーナリングスティフネスが小さくなり、すべりやすくなることが数的に立証された。

文 献

(1) 裾坂, 藤本, 野口:「ヨーモーメントオブザーバを用いた電気自動車のコーナリングスティフネスの推定」電学産応, pp.551-552 (2003)