

ヨーモーメントオブザーバを用いた
小型電気自動車の走行安定化制御法

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

筆者らはインホイールモータを搭載した左右二輪独立駆動電気自動車に関して、車両の走行安定化制御法を提案し、雪面などの悪条件下で提案法の有効性を検証してきた。しかし、インバータから発生する放射ノイズの影響によりヨーモーメントオブザーバの帯域を広げることができなかったため、十分な走行安定化制御特性が得られなかった^[1]。

そこで、本論文では新しく構築した駆動システムを用いて乾燥路面での走行安定化制御の実験を行い、良好な制御特性を確認したので報告する。

2. 走行安定化制御法

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な前後二輪の車両で置き換えると、水平面内における車両の運動方程式は次式で表される。

$$mV \left(\frac{d\beta}{dt} + \gamma \right) = 2Y_f + 2Y_r \quad (1)$$

$$I \frac{d\gamma}{dt} = (2Y_f l_f - 2Y_r l_r) + N_z - N_d \quad (2)$$

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)、 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) である。 Y_f, Y_r は前輪、後輪のコーナリングフォース (N) であり、タイヤの特性に依存する非線形変数である。また、 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) 右辺の括弧内ではタイヤに発生するトルク (Nm) を N_i とし、さらに $N_{di} = N_d - N_i$ とおくと次式のように簡単化される。

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

(3) についてヨーレートを検出し、Fig.1 に示されるヨーモーメントオブザーバを構成すれば、外乱モーメントは抑圧されて系がノミナル化される。

$$\gamma = \frac{1}{I_n s} N_{in} \quad (4)$$

ただし、マイナーな制御系により車輪は完全な粘着状態を保つと仮定し、任意の駆動力モーメントを発生できるものとしている^[1]。

3. 実験結果

乾燥路面を 20 (km/h) で走行中に実験者が操舵によって故意に外乱モーメントを入力し、この外乱モーメントに対する制御系の抑圧効果を確認した。ヨーモーメントオブザーバの帯域は 5.5 (rad/s) とし、 $\gamma^* = 0$ としている。車両慣性のノミナル値 I_n は 160 (kgm^2) として

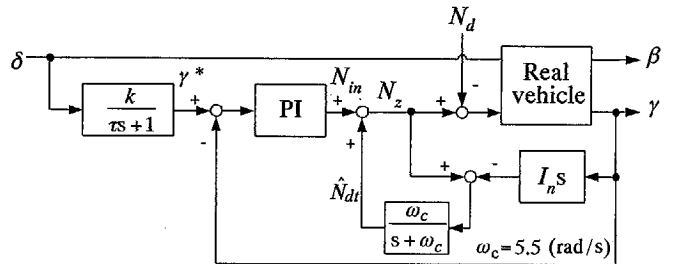


Fig.1. Block diagram of vehicle stability control based on yaw-moment observer.

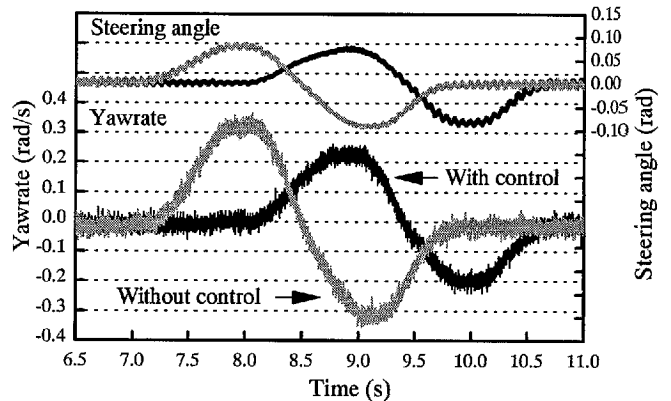


Fig.2. Experimental result of Yaw-moment observer.

いる。また、実験は乾燥路面で行っているため完全な粘着状態と考え、マイナーな制御系である車輪速の粘着制御は施していない。実験でのトルク指令値は制御あり、なしの場合も同様である。Fig.2 に実験結果を示す。グラフ上側の波形が舵角 δ で、下側の波形がヨーレート γ である。同図より同じ舵角を与えているにもかかわらず、提案法によりヨーレートが最大 35% 低減され車両の走行安定性が改善されていることが確認できる。

4. まとめ

本論文では、新しく構築した時間遅れのないシステムを用い、乾燥路面において二次元の走行安定化制御実験を行った。旧システムに比べオブザーバの帯域を広げることが可能となり、走行安定性を改善することができた。今後は、コーナリングスティフネスのオンライン推定やその推定値を用いた走行安定化制御に関する検討を行う。

文献

[1] 齋藤, 藤本, 野口: 「スリップ及びヨーモーメントオブザーバを用いた電気自動車の操縦安定化制御法」 電気学会産業計測制御研究会 IIC-02-53 (平 15)
[2] 永井, 王: 「左右駆動力の配分制御による電気自動車の運動制御」 電気学会論文誌 Vol.116-D, No.3 (平 8)