

ステアバイワイヤを用いた二輪車の実験的考察

日大生産工(院) ○末藤 孝 日大生産工 丸茂 喜高
日大生産工 景山 一郎

1. はじめに

1885年にダイムラー社から誕生して以来、二輪自動車(以下、二輪車)は身近な移動手段として自動車とともに広く普及してきた。二輪車は自動車と比べ軽量、低燃費、省スペースでありCO₂排出量も少ない⁽¹⁾⁽²⁾など多くの利点を持っているが、二輪車の操作方は自動車のそれとは異なり、例えば旋回時には車体を傾けるために一端逆方向へハンドルを操舵する必要がある。また、二輪車単体では不安定であり⁽³⁾、特に低速時での運転時において直立させるための入力を含めて行う必要があると共に、入力においてもステアリング操作の他に体重移動、ステップ反力、ニーグリップなど多くの要素があるため二輪車は自動車と比べ比較的操縦が難しい乗り物であると言える。

最近、自動車の分野では、機械的に結合されている操舵系を電氣的に置き換えることで、操舵系の設計自由度や運動性能を大きく向上させるステアバイワイヤ技術の有効性について検討されている。この技術により、前述の複雑な操縦を除去することで、操縦安定性の向上を図ることが検討され、簡易モデルによるシミュレーションで、その可能性が示唆された⁽⁴⁾。また、より詳細なモデルを用いたシミュレーションにより、その妥当性が確認された⁽⁵⁾。しかし、ステアバイワイヤ技術の二輪車への適用可能性を議論する上では、実車を用いた実験を行う必要がある。

そこで本研究では、二輪車におけるステアバイワイヤ技術の実現性を検証することをねらいとして、実験を行うための実験車両の構築を行ったので、報告する。

2. 車両構成

構築した車両の外観および構成をそれぞれFig.1, Fig.2に示す。誰にでも乗れる二輪車という観点から比較的軽量で省スペースな小型タイプの電動スクータをベースにして行った。車両の構成としては、ステアリング部分においてステアバイワイヤにより操舵トルクを出力するためのダイレクトドライブモータを取り付けると共に、モータコントローラなどはボックスにまとめ足元に設置している。またジョイスティックをステアリング付近に設置し、ライダーはこれにより操縦を行う。そしてDSPを用いて制御を行うためのPC及び、車両状態量を計測するジャイロセンサはシート後部に設けたケースに設置する形を取った。さらに転倒防止用としてアウトリガーを装着しており、実験実施時にはアウトリガーを上昇させて走行するものとする。

操作系のジョイスティックについては、左右に入力することで操舵トルクが制御され、前後に操作す



Fig.1 Experimental Vehicle

Experimental consideration by the Steer-by-Wire System for Two-wheeled Vehicle

Takashi SUEFUJI, Yoshitaka MARUMO and Ichiro KAGEYAMA

ることで、アクセル・ブレーキを行えるようになって
いる。本研究ではステアバイワイヤ技術の検討として、
ステアリングについてのみ制御を行うものとする。

3. 制御システムの概要

ライダーが目標となるロール角に対応した指令値を
ジョイスティックにより入力し、操舵軸に設置され
たモータにより操舵トルクを制御する。制御ロジッ
クとしては、DSPを用いると共にシステムの操作に関
してもGUIを作成することで、制御状態の確認や制御
パラメータの調整、車両状態量などの確認をリアル
タイムに行えるようにした。

ライダーからジョイスティックを通して入力された
指令値は、制御PCの方へ送られると共に搭載したジ
ャイロセンサから得た車両状態量によりPD制御を行
い、最終的に操舵トルクとしてステアリングモータ
へ出力する形となっている。このブロック線図を
Fig.3に示す。

ライダーが入力したジョイスティックの傾斜角 θ_{com}
に、ゲイン k_ϕ を掛けた値を目標ロール角 ϕ_{des} として

$$\phi_{des} = k_\phi \theta_{com} \quad (1)$$

となる。また目標ロール角の変化は比較的小さく、
その微分値は無視できるものとする、フィードバ
ック制御による操舵トルク τ_{fb} は(2)式ようになる。

$$\tau_{fb} = -K_\dot{\phi} \Delta\dot{\phi} - K_\phi \Delta\phi \quad (2)$$

ただし、 $\Delta\dot{\phi} = \dot{\phi}$ 、 $\Delta\phi = \phi - \phi_{des}$ である。

本来Fig.3のブロック線図にあるようにライダーの指
令入力に対応する状態からの偏差に対するフィード
バック制御の他に、指令入力に対するフィードフォ
ワード制御についても考えるべきであるが、まず直
立安定走行させることを第一に考え、今回はフィード
フォワード要素及びライダーからの目標ロール角指
令が入らないように設定を行った。またフィードバ
ック制御では目標ロール角と実ロール角の偏差を0
とするPD制御を行う。これにより車両のロール角が
0 となるように作用するため、直立安定化制御が実
現される。ジョイスティックの反力については、今
回は考慮していない。

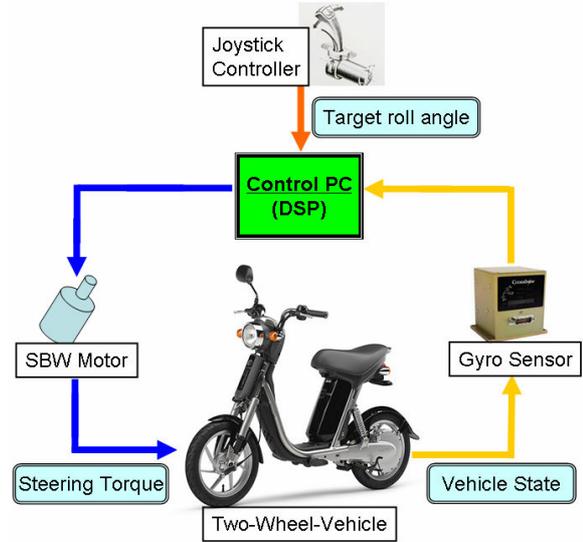


Fig.2 Configuration of SBW Vehicle

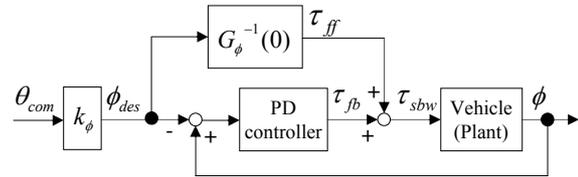


Fig.3 Block Diagram of Control System

4. まとめ

本研究では、二輪車のステアバイワイヤ技術の実現
性を検証することをねらいとして、実車走行実験を行
うための実験車両の製作ならびに制御システムの構築
を行った。今後、この実験車両を用いて、ステアバイ
ワイヤ技術の二輪車への適用可能性について検討を行
う予定である。

「参考文献」

- 1) 都丈広幸, 二輪車の燃費改善, ヤマハ発動機技
報, No.36, pp.4-9, 2003
- 2) 二輪車特別委員会, 21世紀の交通社会における二
輪車の役割に関する調査研究, 日本自動車工業会, 1999
- 3) 近藤政市ほか, 二輪車の安定性に関する理論的研究,
自動車技術, Vol.17, No.1, 1963
- 4) 丸茂喜高ほか, ステアバイワイヤによる二輪車の操
縦安定性向上に関する研究, 日本機械学会論文集C
編, 77巻717号, pp.1605-1612, 2006
- 5) 桑原健吾ほか, マルチボディシミュレーションによ
る二輪車用ステアバイワイヤの検証, 日本機械学
会, Dynamics and Design Conference 2007