

## ジョイスティック操作式自動車運転装置の開発

### A Car Drive System with a Joystick Interface for Disabled Persons

○ 和田 正義 (東京農工大学) 亀田 藤雄, 斎藤 征道 (株ニッシン自動車工業)

Masayoshi WADA, Tokyo Univ. of Agriculture and Technology  
Fujio KAMEDA and Yukimichi SAITO, Nissin Jidosha Kogyo Co. Ltd.

**Abstract:** This paper describes about a car drive system with a joystick interface. The drive system allows a disabled person to drive a car by him/herself using a joystick interface with small force and short stroke. The operation in sideways direction enables to rotate a steering wheel of a car, while that in back and forth direction to operate gas/brake pedals. However when a vehicle running in a very high speed, a wrong joystick operation, such as a sudden and wide steering, results in an accident quite easily. The other hand, quite sensitive steering control is required around the center of steering angle when a car runs along a straight line in high speeds. When parking a car, a large steering angle provides easier parking maneuverings to a driver. To satisfy these requirements, we propose a steering control method with variable steering sensitivity and steering limitation based on a vehicle velocity.

**Key Words:** Disabled persons, Wheelchair, Car driving, Joystick

#### 1. 緒言

本論文ではジョイスティック式自動車運転システムの設計と車両走行の安全性を確保する操舵制御について述べる。ジョイスティック式自動車運転システムは福祉車両の根幹となる機能を有する装置部分であり、ジョイスティックの指令に従い自動車のハンドルおよびアクセル・ブレーキペダルを電気モータで駆動するシステムである。移動ロボットなどと比較して高速で走行する車両に搭載してそのハンドルやペダルなどを直接制御することから、走行安全性の確保が最も重要である。

本報ではモータで回転制御するステアリングについて走行の安全性を確保する方法などについて報告する。

#### 2. ジョイスティック式運転装置のシステム構成

開発しているジョイスティック式自動車運転システムは、主に車椅子を日常的に使用する比較的重度の障害者を対象として、障害者自身による自動車の運転を可能とする装置である[1]。実際の車両に搭載した様子を図1に示す。同図では、2本のジョイスティックを使用するタイプを示している。(1本の2自由度ジョイスティックも可能。)右のジョイスティックは左右方向のみに操作が可能であり、その傾斜角度に比例して、ハンドルが電動モータにより駆動される。一方、左のジョイスティックは前後方向のみに操作が可能であり、その傾斜角度に応じて、アクセルあるいはブレーキのペダルがもう一つの電動モータにより駆動される。以下、本文ではステアリング制御について述べる。

##### 2-1 基本感度関数

通常の走行では、ジョイスティックの傾斜角度に応じてステアリングが回転駆動される。ジョイスティックの操作角度およびモータ軸の動作角度は、それぞれに備えられるポテンショメータの値から算出している。これらの情報を用いて、多重ループによるフィードバック制御系によりモータの角度制御を行っている。車両の低速走行状態においては、図2に示すように傾斜の異なる直線を組み合わせた関数を使用しており、可動範囲の中央付近では、緩やかな傾斜の直線、両端部では急な傾斜の直線を接続することでジョイスティックの100%可動範囲とステアリングの100%可動範囲を一致させている。



Fig.1 The developed joystick system installed on a van

##### 2-2 最大操舵角制限

高速走行時において不用意にジョイスティックが大きく操作された場合、車両のスリップあるいは転倒事故につながる恐れがあり危険である。そこで、走行速度が上昇するに伴い車両速度に応じた操舵角を制限する方法を導入した。これは、車両側からのパルス信号の周波数を測定することにより得た車両速度に応じて最大動作範囲を制限するものである。まず、車両速度に対する操舵輪の限界角度を車両の転倒モデルから算出した[2]。その式および関数の形状を図3に示す。車両の低速走行時には操舵角度の最大値は車両操舵輪の機械的な動作限界である約35度であり、図2において縦軸の100%はこの角度に相当する。車両速度の上昇に伴い図3に示す最大操舵角度は低下し、時速25km以上の速度になると計算値は35度以下になるので、ジョイスティックの最大操作に対応する操舵角度に制限が作用される。以降、実操舵角は車両速度に応じた最大制限角に制限されることで車両の安全性が確保される。

##### 2-3 可変感度関数

前節では、操舵最大角度の制限について述べた。しかしながら、最大値に至るまでの動作範囲において関数の形状も何らかの方法で変化させる必要が生じる。この可変方式により車両の操縦感覚が決定される。そこで、基本感度関

数を基準として走行速度が上昇するに伴い車両速度に応じたステアリング感度を可変にする機能を開発した。速度領域に伴い、操舵制限角度を満足しながら図2に示した3つの直線の傾斜を変化させるものである。まず、時速45km付近までは、両端の急な傾きをもつ直線のみの傾斜を変化させ、両端の直線が水平になるまで中央の直線の傾きを一定に維持する。それ以降は、両端の直線の低下に伴って中央の直線の傾きを低下するように変化させる。

この方法により、車両速度に応じて感度を可変にする。関数の変化の様子を図4に示す。

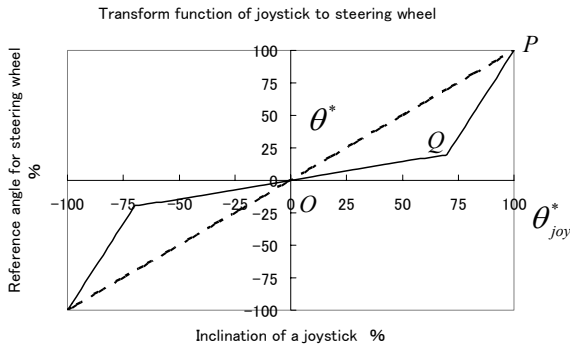


Fig.2 Joystick sensitivity function (under 25km/h)

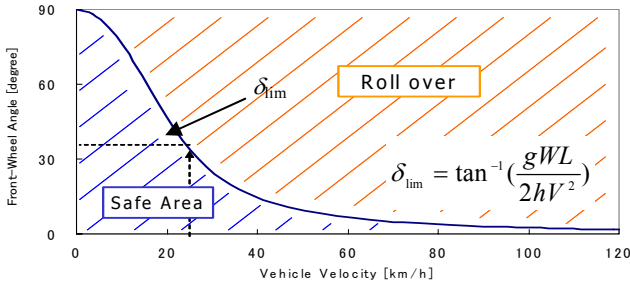


Fig.3 Theoretical steering limit against the vehicle velocity

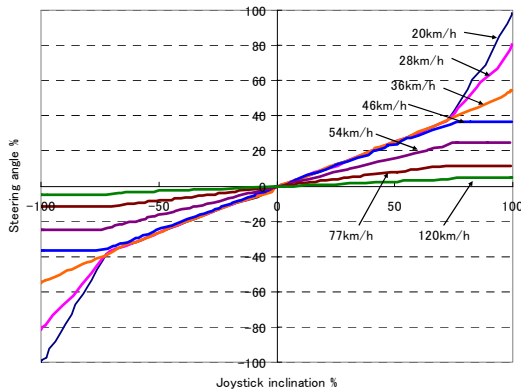


Fig.4 Steering sensitivity function varied by vehicle velocity

3. 走行実験

前節で説明した最大操舵角度制限、および可変感度関数を車両の制御装置にて実現し、走行テストを行った。走行データを図5に示す。走行開始後、約200秒までは時速25km以下での大きな操舵操作が見られる。一方、200秒以降では、車両が加速され高速走行に移行している様子が確認できる。走行開始後300秒から1000秒程度までは、時速70kmから80kmで安定した高速走行が実現できている。800秒付近では、時速80km以上の速度に達していることも確認できる。以上より、提案するシステムにより安定した高速走行が実現できることを

確認した。図6に走行試験の様子を示す。

さらに、システムの異常発生時や運転者の緊急事態の際に車両を即座に停止し安全を確保する目的で、空気圧による車両緊急停止システムを開発し車両に装備している。これはコンプレッサーにより圧縮された空気を用いて、空気圧シリンダーを作動させ、補助ブレーキペダル(教習所の教官が用いるのと同様の助手席に設置されるブレーキペダル)を動作させるものである。運転者が非常時にジョイスティック付近に設置された緊急停止スイッチを押すことで車両緊急停止システムが作動し、アクセルの解除と同時にブレーキの作動が即座に行われる。

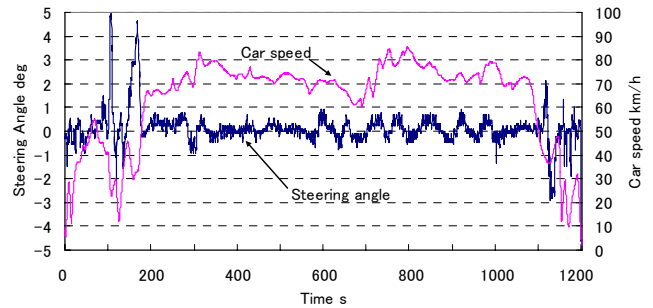


Fig.5 Experimental data of a high speed driving by a joystick



Fig.6 Screen shot of the test drive

4. 結論

本論文では、ジョイスティック操作により、ステアリングおよびペダルを電気モータで駆動することで車両を運転する装置について、特に車両の安全な高速走行を実現するために開発した、最大操舵角度制限機能、および可変感度関数機能について説明した。車両の動的モデルより最大操舵角を決定した。さらに、最大操舵角度を維持するように、最大値に至るまでの直線の傾きを可変にすることでジョイスティックステアリング角の感度を変化させる方法を考案し、実車両に実装した。

提案するステアリング制御方式を実装した実車両により、走行試験を行った。その結果、期待する安定した高速走行が実現可能であることを確認した。

参考文献

- (1) 和田正義, 亀田藤雄, "片手による自動車の運転を支援するジョイスティックシステム" 日本福祉工学会誌, Vol.11. No.2, pp.43-48, 2009
- (2) 和田正義, 亀田藤雄, 吉田修子, 斎藤征道 "ジョイスティック式自動車運転装置の操作感度に関する検討" 第16回ロボティクスシンポジウム予稿集pp.570-575, 2010.