

クローラ型農用車両の自律走行 —ファジィ理論を応用した走行制御—

岩手大学農学部 ○齋藤 雅憲・武田 純一

[キーワード] クローラ型車両, ファジィ理論, ファジィ制御, 自律走行, シミュレーション

1. はじめに

現在, 日本農業では農業従事者の高齢化・減少が深刻であり, それに伴う労働力不足が問題となっている。これを改善するために機械化・自動化が考えられ, これらが実現されれば省力化や農業生産性の向上が期待できる。

そこで, 本研究では農用トラクタ, コンバイン, 運搬車などに用いられているクローラ型車両のうち, 左右のクローラの速度差によって滑らかな運動が可能である, ハンドルを有する油圧 2 ポンプ 2 モータ式の車両を想定し最終的には自律走行を目的としている。今回は, 人間が制御する時の曖昧さを取り入れるためファジィコントローラを設計し, 車線変更についてシミュレーションを行い, その基礎特性を把握した。

2. 理論

1) クローラ型車両の走行制御理論

図 1 のように, 対象とした車両の運動モデルを横並び 2 輪モデルとした。この際, クローラと地面の間の滑りは考慮しないものと仮定した。

車両方程式は, ϕ を駆動輪の回転角, r を駆動輪の半径, d を輪距, a を輪距の 1/2, v を車両速度, θ を車両の姿勢角とすると次のように表される。

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \frac{r}{2} \begin{bmatrix} \cos \theta & \cos \theta \\ \sin \theta & \sin \theta \\ 1/a & -1/a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\phi}_r \\ \dot{\phi}_l \end{bmatrix}$$

2) ファジィ理論

ファジィ理論は, 1965 年にカリフォルニア大学の L.A.Zadeh が提唱した理論で, 曖昧さや主観性を取り入れた理論である。

このファジィ理論を制御分野に応用したものがファジィ制御であり, 1974 年にロンドン大学の E.H.Mamdani がスチームエンジンの制御に初めてとりいれた。ファジィ制御には IF A THEN B の形のファジィルールを用いる。入力値を前件部に代入し, その合致する度合い(適合度)により後件部の適用の度合いを調整して, 制御出力を決定するものである。

3. シミュレーション

今回のシミュレーションでは, 現在位置から目標ラインまでの距離の誤差 y_e と姿勢角の誤差 θ_e を入力とし, それぞれ 3 つのファジィ集合を作成し, 出力はハンドルを有する車両を想定しているのでハンドル角 α として, 5 つのファジィ集合を作成した。また, ルールは 9 通りのファジィルールを用いることにした。さらに, 推論法には処理速度が速い簡略化法を採用した。

これらの条件から実際のプログラムでは, メンバシップ関数の値を適宜変化させ, α , θ , 車両の位置 y のそれぞれがどのように変化するかを検証した。図 2 はシミュレーションのフローチャートである。また, 評価関数 $J = \sum (y_e^2 + \theta_e^2)$ を用いて, この値が最小となる最適なメンバシップ関数を探索した。

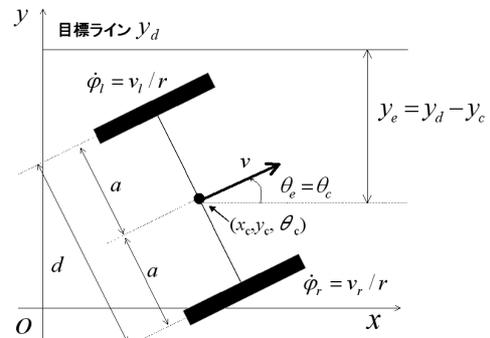


図 1 クローラ型車両の運動モデル

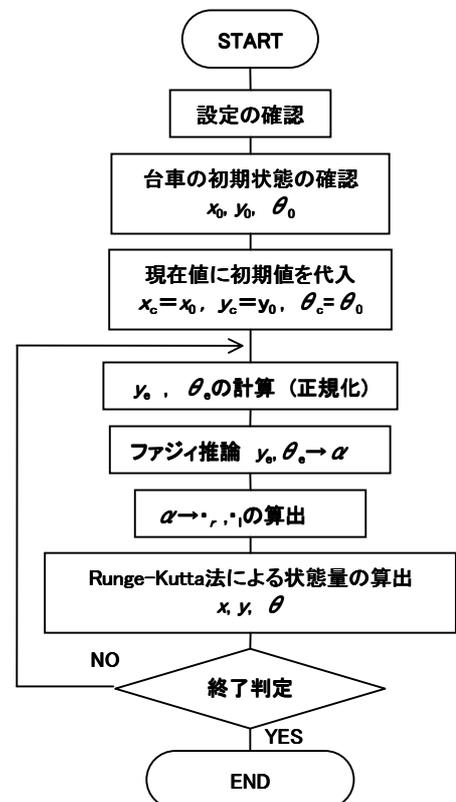


図 2 シミュレーションのフローチャート

4. 結果および考察

シミュレーション時に、図3のようにメンバーシップ関数を定めると、時間 t - 位置 y の変化は大きく分けて4つの場合があることが確認された。まず図4において、基本形のように目標ラインをオーバーシュートしてから目標ラインで収束する場合、case1のようにオーバーシュートして目標ラインではないところで収束する場合、case2のように目標ライン上にオーバーシュートせずに収束する場合、case3のように収束せずに振動する場合である。 θ 、 α に着目するとcase3の場合にはどちらも振動している。図5において、基本形よりもcase1、case2の方が収束が早い。また、case2の方がcase1よりも滑らかな θ の変化となっている。この傾向は、図6の α の変化にもついても同様であり、case2の変化はcase1の変化に比べて滑らかである。

これらから、姿勢角誤差を規定するメンバーシップ関数がcase3のように0で閉じていない場合には y 、 θ 、 α のいずれも振動的な挙動を示すことが分かり、メンバーシップ関数は0で閉じている必要があることが分かった。また、距離誤差を規定する関数がcase1のように大きいと目標ラインとは異なる位置に収束することから、このメンバーシップ関数もある程度閉じていることが望ましいと考えられる。結論として、今回のシミュレーションからcase2のようなメンバーシップ関数を用いることにより、滑らかな制御が可能であることが確認できた。

最後に、今後の課題として実車実験を行い今回のシミュレーションの結果と比較することおよび、最適なメンバーシップ関数をより早く正確に探索する方法を見い出すためニューラルネットワークや遺伝的アルゴリズムとの融合について検討していきたい。

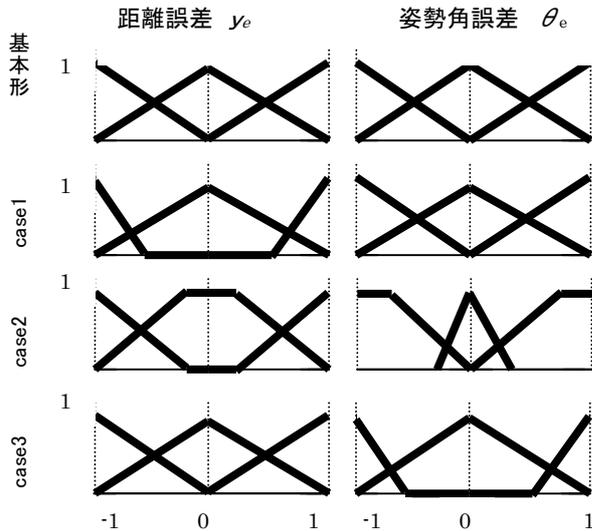


図3 メンバーシップ関数の概形

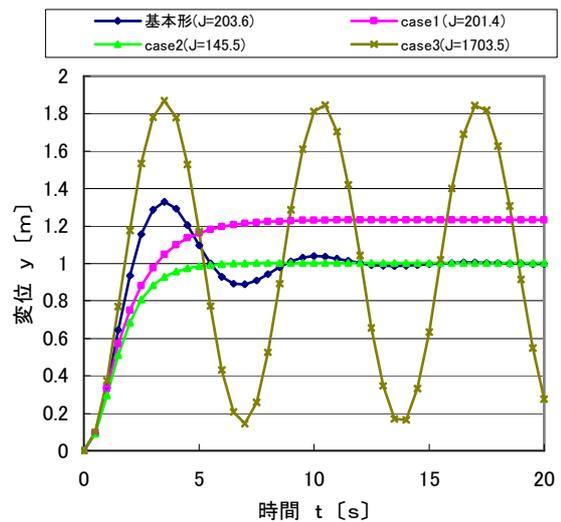


図4 時間tと位置yの関係

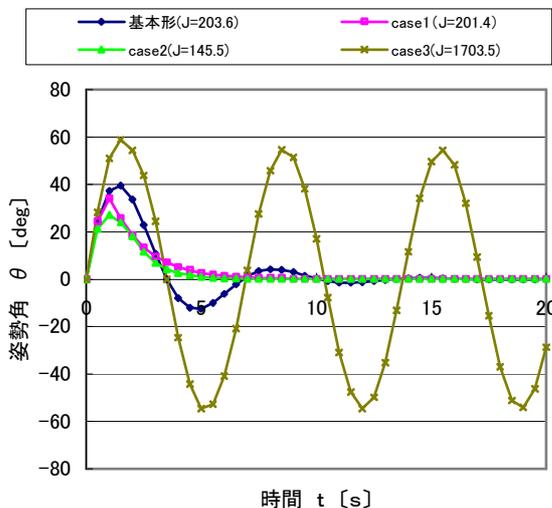


図5 時間tと姿勢角 θ の関係

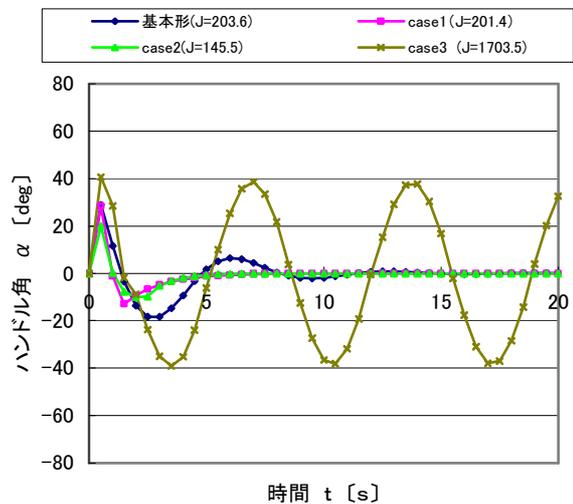


図6 時間tとハンドル角 α の関係