

ファジィ制御指令を用いた知的協調制御システム

An Intelligent Cooperative Control System Based on Fuzzy Control Instruction

岡本 嘉章
Yoshiaki OKAMOTO

安信 誠二
Seiji YASUNOBU

筑波大学大学院
University of Tsukuba

1 はじめに

近年、高齢社会に向けて、人の動作、操作を支援するようなコンピュータ機器が期待されている。そのような人の支援を行う場面では、人協調型の制御システムの確立が必要になる[1]

しかしながら、通常制御系において、コンピュータからの制御指令は一つであるため、周囲の状況の変化に柔軟な対応した支援を行なうことは困難である[2]

本研究では、現在の状態における制御指令を一つのファジィ集合として扱い、ファジィ制御指令として利用することで知的協調制御システムを構築する。このシステムによって周囲の状況に柔軟に対応した人の支援を行う。また、このシステムを車両の運転に適用し、実験を行う。

2 ファジィ制御指令を用いた人との協調手法

ファジィ制御指令とは、制御指令のファジィ集合である。そのファジィ集合は、制御指令候補とそのメンバシップ値から構成される。制御指令候補のメンバシップ値は各制御指令候補を選択した際の制御目的の満足度である。これを、列挙型のメンバシップ関数で表現すると、図1のように表現できる。

このファジィ制御指令を人との協調に利用する。コンピュータは現在の状態におけるファジィ制御指令を計算する。これによって、人が操作したとき、その操作に対してメンバシップ値が求まる。そのメンバシップ値に応じた評価・判断結果を人に伝達する。その伝達手段として、インピーダンス制御を用いた力覚情報を用いる。この力は人の操作に対して最適指令へ行こうとするコンピュータの指令の強さを表す。

このようにファジィ制御指令を用いて、人間はコンピュータよりの力を感じながら操作することでコンピュータの指令と協調した制御を行うことが可能である。

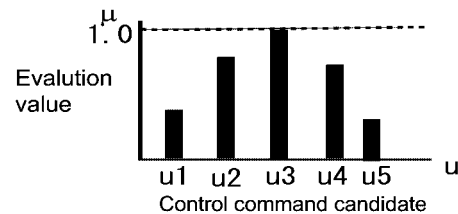


図1：ファジィ制御指令

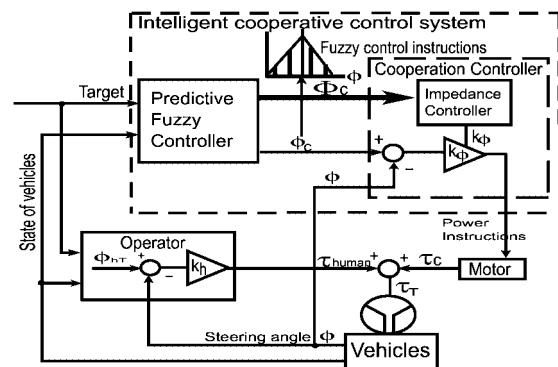


図2：System configuration

3 システム構成

人とコンピュータの協調手法を組み込んだ知的協調制御系を構築した。そのシステムを車両の運転に適用した。システム構成を図2に示す。

知的協調制御系ではコンピュータの意志として操作者の力に対して最適指令へ行こうとするコンピュータの指令の強さを表す力を決定し、この力を発生させるようにモータに指令を出す。この知的協調制御系は「予見ファジィ制御器」、「協調制御器」の2つから成り立っている。

3.1 予見ファジィ制御器

予見ファジィ制御器では予見ファジィ制御方式[3]を用いてファジィ制御指令を決定する。まず、「ハンドルを右に切る」、「ハンドルを左に切る」といったいくつかの操作候補を用意する。用意した各操作候補に対して現在の状態から車両の将来状態を予見する。各

⁰第47回知的制御研究会(SIC2005-1)(2005.7.9@法政大学)

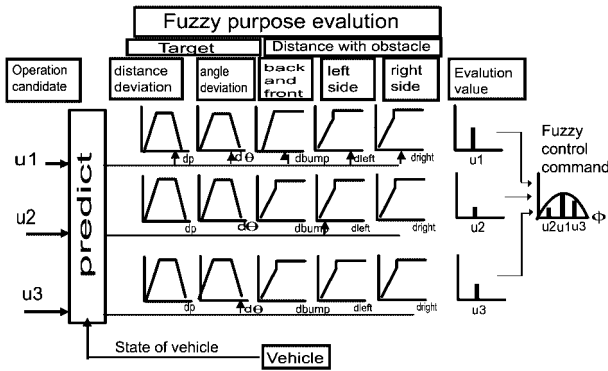


図 3 : Decision of fuzzy control instruction

操作候補に対しての予見結果を目標との偏差（距離、角度、壁との距離（前後方向、右方向、左方向）をファジィ目的評価することで評価値を求める。その求めた各操作候補に対しての評価値の集合をファジィ制御指令 Φ_c とする。また、ファジィ制御指令のなかでの最も評価値の高い最適な操作指令を ϕ_c とする。その決定過程を図 3 に示す。

3.2 協調制御器

協調制御器ではコンピュータの指令の強さを表す力 τ_c を決定する。その力はインピーダンス制御により、剛性係数 k_ϕ 、粘性係数 d_ϕ 、人間が操作する操舵角 ϕ と最適操作指令 ϕ_c から次式のように決定する。

$$\tau_c = k_\phi * (\phi_c - \phi) \quad (1)$$

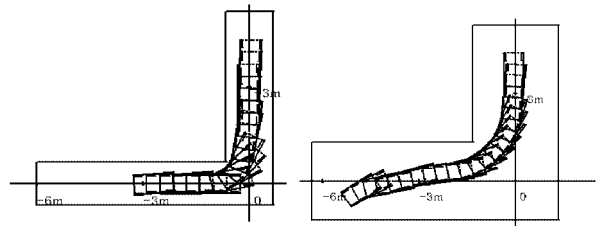
式 (1) で協調に用いる剛性係数 k_ϕ は予見ファジィ制御器で決定したファジィ制御指令 Φ_c から決定する。現在の舵角 ϕ と予見ファジィ制御器よりのファジィ制御指令 Φ_c から、現在の操作者の操作角 ϕ の評価値 ω_ϕ を求める。また、予見ファジィ制御器で決定した最適操作指令 ϕ_c の評価値 ω_{ϕ_c} を用いて、次式より剛性係数 k_ϕ を決定する。

$$k_\phi = \omega_{\phi_c} - \omega_\phi \quad (2)$$

4 実験

先に述べた知的協調制御系を用いてシミュレーション上で車両の走行実験を行った。

車両の走行軌跡を (a) 道幅が狭い場合 (b) 道幅が広い場合について図 4 に示す。図 4(a) の 25 秒時点と 35 秒時点のファジィ制御指令とインピーダンスは図 5 の通りになり、周囲の状況により変化しているのを確認した。また、図 4(a)(b) それぞれの協調運転の舵角とコンピュータの指令を図 6 に示す。図 6(a)(b) を比較すると道幅の狭い場合の方がコンピュータの指令に協調運転の舵角が追従しているため、インピーダンスの影響がより大きくなることが確認できた。



(a) 道幅が狭い場合 (b) 道幅が広い場合

図 4 : 協調運転の車両の軌跡

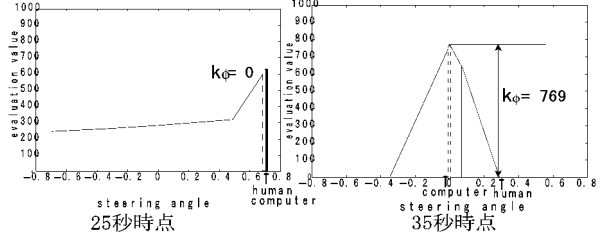
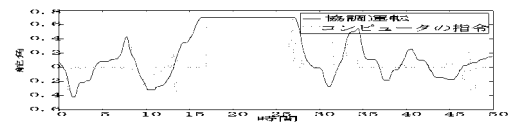
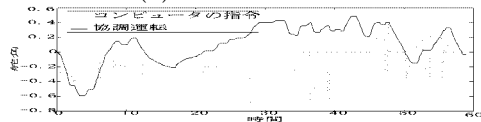


図 5 : ファジィ制御指令とインピーダンス



(a) 道幅が狭い場合



(b) 道幅が広い場合

図 6 : 協調運転の舵角とコンピュータ指令

5 おわりに

本研究では、ファジィ制御指令を用いて知的協調制御システムを構築した。このシステムは予見ファジィ制御を用いてファジィ制御指令を求め、人の操作に対してコンピュータの指令を力によって伝達した。また、このシステムを車両の運転に適用した。今後、実機実験によって本手法の有効性を確認して行く予定である。

参考文献

- [1] A. Inoue, T. Murakami, Trajectory Control of Human Cooperative Wheelchair Type Mobile Robot, 19th Fuzzy System Symposium, pp.285-288, 2003
- [2] S. Yasunobu, Y. Okamoto, An Intelligent Cooperative Control System Based on Predictive Fuzzy Control, Proceeding of SICE Annual Conference 2004 in Sapporo, pp.1896-1900, 2004
- [3] S. Yasunobu, S. Miyamoto, and H. Ihara, A Fuzzy Control for Train Automatic Stop Control, T.SICE, Vol.E-2, No.1, pp.1-9, 2002