

# 福祉車両の走行支援情報提供システムの提案

## Driving Information Support System of Velfare Vehicle

武藤 裕美

Hiromi Mutou

安信 誠二

Seiji Yasunobu

筑波大学 機能工学系

Institute of Engineering Mechanics and Systems, University of Tsukuba

**Abstract** It is forced to Independent life in senior citizen because of the aging society and declining population of children. However, the decrease in physical strength cannot be avoided and long time walking becomes difficult. In recent years, electric wheelchair (welfare vehicle) paid much attention. If the use of wheelchair increasing, even if it is very convenient, there is the trouble due to acknowledgement and inappropriate decision. In order to minimize the danger when operating the wheelchair, the driving information support system like human's support (instructor) is developed using predictive fuzzy techniques.

### 1 はじめに

近年少子化、高齢化が進み、高齢者は人を頼らずに生活をするということを余儀なくされている。そのような生活の中で、身体能力の低下などを考え合わせると、高齢者にとって遠距離の移動は大変負担である。そこで、移動手段として近年注目されているのが福祉車両である。これは電動車椅子とよばれ、免許はいらず、車椅子と同じ扱いを受けるカートのようなものである。身体能力を補うという意味では便利な乗り物であるが、高齢者の知覚、判断能力の低下に伴う事故が危惧される。このような事故をふせぐためには、運転における困難さを減らし、状況に見合った指示を決定し、伝える運転支援が重要である。

福祉車両の運転支援システムは、人間が運転動作を教示することで車が自律運転を行う研究 [3] などが提案されている。これに対し、本研究の運転支援のモデルは、教習所の教官のように、運転に熟達したものが、認知、判断が劣るものに行う支援とする。つまり、運転操作を行う者は被支援者であり、操作の意思決定権は操作者にあるという立場の元で支援システムを提案する。

システムを構築する際に、重要となってくるのは人間の反応誤差に対する対応である。自動運転と比べ、人間の運転指示に反応した操作の誤差は大きい。また、操作者は基本的に支援指示を必ずしも聞き入れるわけではないというもとので、支援するという要求を満たさねばならない。それゆえ、誤差を小さくすることに主眼が置かれ、システムの厳密さを要求する「PID制御」や「最適制御」などの制御理論を用いることは難しい。そこで、人間のように柔軟な制御を実現可能とする「予見ファジィ制御」

[1] をシステムに適用することで、操作者の操作に柔軟に対応できるシステムを提案する。

### 2 支援

#### 2.1 支援の概念

飯島 [4] によると支援とは他者の意図を持った行為に対する働きかけであり、その意図を理解し、その行為の質の改善、維持または行為の達成をめざすものである。このとき働きかけを行うものを支援者と呼び、支援を受ける行為者を被支援者と呼ぶ。支援の一般的な特徴 [5] としては、

(a) 意図的である

何者かが行為の質の維持や改善の意図ないし指標を持って、意識的に実行する。

(b) 二次的である

目標を選び取ることは被支援者の役目である。

(c) 知識に依存する

支援は支援者の知識や経験によって巧みにも稚拙にも行われる。

ここで重要なのはあくまでも操作の主体は被支援者であるということである。支援システムにより、熟練者の技術のノウハウをとりいれつつ、最終判断は人間が行う。根底には人間の意思が最優先されるという概念が存在する。行為の中で被支援者がある目標に気が付いていなかったとしても、目標選択の主導権は被支援者にある。したがって支援は被支援者にとってわかりやすくかつ被

支援者の変動する目標に対応できなくてはならない。そのうえ、その性質を保証し維持する仕掛けが望まれる。また知識に依存するため、知識を拡充することによってよりよい支援を目指すことになる。

## 2.2 人間の行為にいたるまでのプロセス

支援システムを人間の支援者に見立てて構成するにあたって、まず人間の行為のプロセスを考察すると以下のようなプロセスを踏んでいると考えられる(図1)。

状況の認識→状況判断→目的決定→手段の決定→操作の決定→操作の実行である。

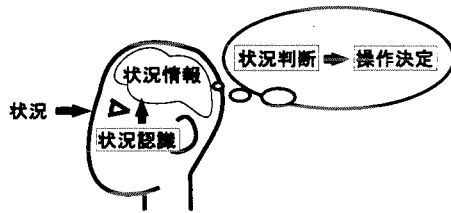


図1: 行為にいたるまでのプロセス

## 2.3 操作支援

一般的な機器操作の支援を考えると、支援者は前述の行為にいたるまでのプロセスを踏み、操作指示を出している(図2)。支援を決めるための状況判断と操作決定は支援者のもつ経験的知識に依存し、その知識によって様々な支援指示が存在する。それはまた被支援者の操作や技量によっても変化する。したがって支援システムに求められているのはその変化に対応する柔軟性である。

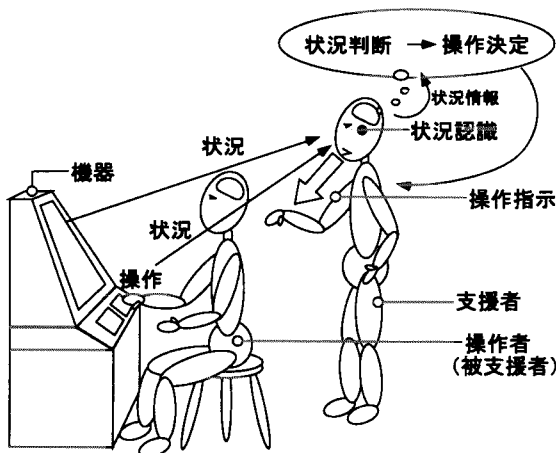


図2: 機器の操作支援のプロセス

## 3 予見ファジィ制御

システムの操作支援部で用いている予見ファジィ制御について述べる。この方式では、システム状態の観測値

をもとに、制御則に仮定された候補値について、制御目的となる被評価量を予見・予測し、多目的評価のファジィ推論を行い、最適な制御指令を決定する。具体的には、対象システムの特性を把握した操作者の経験則から、「もし(*If*) 制御入力  $\Delta u$  を  $C_i$  と変化した場合、評価指標  $x$  は  $A_i$  であり、評価指標  $y$  は  $B_i$  であるならば、(*then*) 制御入力  $\Delta u$  を  $C_i$  とする。」といった制御規則に基づき、もっとも望ましい状況に制御できる制御指令を選択していく。この予見ファジィ制御の制御則を一般的に示すと、

$$\begin{aligned} & \text{If}(\Delta u \text{ is } C_i \rightarrow x \text{ is } A_i \text{ and } y \text{ is } B_i) \\ & \text{then } \Delta u \text{ is } C_i \quad (i = 1, N) \end{aligned}$$

となる。図3に予見ファジィ制御の図を示す。この方式は対象システムの現在状況に応じて、その時点で適切な制御指令を決定する処理を行う。操作器が曖昧な操作を行う場合でも、その操作に対応することが可能である。また、制御目的を常に考慮しながら制御指令を決定するため、人間にとって制御状況がわかりやすいシステムの構築が可能である。

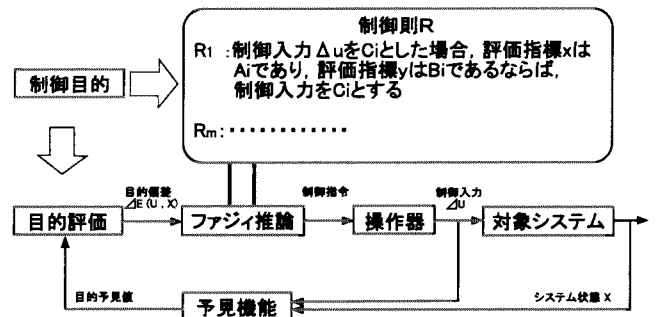


図3: 予見ファジィ制御

## 4 福祉車両概要

本研究で対象としている電動車椅子の仕様を表1に示す。また、図4は支援システムを搭載した電動車椅子の完成予定図である。状況情報をセンサで得、操作は簡単のためジョイスティックで行う。

表1: 電動車椅子の仕様

全長	ホイールベース	車幅	最小旋回半径
0.98m	0.80m	0.56m	1.25m

## 5 駐車制御

今回は、繰り返し動作等、制御が困難な駐車制御機能を取りあげて、支援システムを適用する。まず、人間の駐車制御の場合の車両操作について考察する。

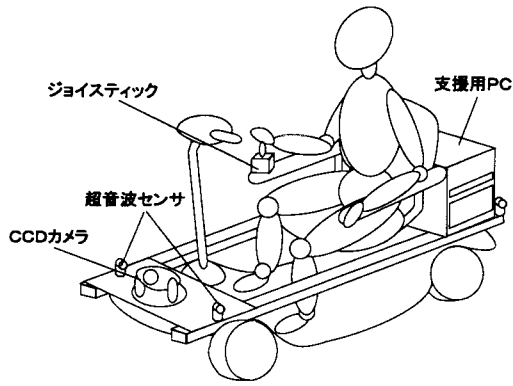


図 4: 支援システム搭載電動車椅子の完成予定図

### 5.1 人間の駐車制御

人間は車を運転する際、周囲の状況、車の状態を把握した上で目標到達を試みる。現在状況と目標とを比較し単純に一回の操作で到達が困難であると確認すると、到達するための戦略—例えば「車を車庫に寄せる」等を考える。その戦略を実行した場合、たどり着くであろう目標にフラグを立てて操作を行う。必要に応じて「もし現在状態が〜で、戦略による目標が〜であるならば途中目標を〜としよう。」などといった知識の元で、途中目標を設定し、到達を試みる。その場合、過去の経験より、「自分がどう操作すればどのように車が動くかを」知識として持ち合わせた上で、操作を行う。本研究において、戦略を遂行するためにたてる大局的な目標を戦略目標、戦略目標に到達するために途中に立てる局所的な目標を戦術目標と呼ぶことにする。

### 5.2 車の旋回拘束式

現在の自動車の状態を、後輪の車軸の中心の座標  $(x, y)$  と  $x$  軸と進行方向のなす角  $(\theta)$  で表す。左右前輪の蛇角の平均を操舵角  $(\phi)$  とし、前輪と後輪の距離 (ホイールベース) を  $L$ 、前輪の平均速度を  $v$  とする。このときアッカーマン・ジャントウの操舵機構による旋回時の運動方程式は以下となる。

$$\frac{dx}{dt} = v \cos(\phi) \cos(\theta)$$

$$\frac{dy}{dt} = v \cos(\phi) \sin(\theta)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{v}{L} \sin(\phi)$$

従って操舵角  $\phi$  速度  $v$  を一定に保った場合、現在の状態を  $(x_0, y_0, \theta_0)$  とすると、 $T$  秒後の状態  $(x_T, y_T, \theta_T)$  は次式のように計算できる。

$$x_T = \frac{L}{\tan(\phi)} \cos(kT) + x_0$$

$$y_T = \frac{L}{\tan(\phi)} \sin(kT) + y_0$$

$$\theta_T = kT + \theta_0$$

$$\text{ただし } k = \frac{v \cos(\phi) \tan(\phi)}{L}$$

これをもとに、途中目標—戦術目標を決定する。

## 6 走行支援情報提供システム

支援システムを支援者という人間に見立て、前述の機器操作支援のプロセス (図 2) に即してシステムを構成する (図 5)。

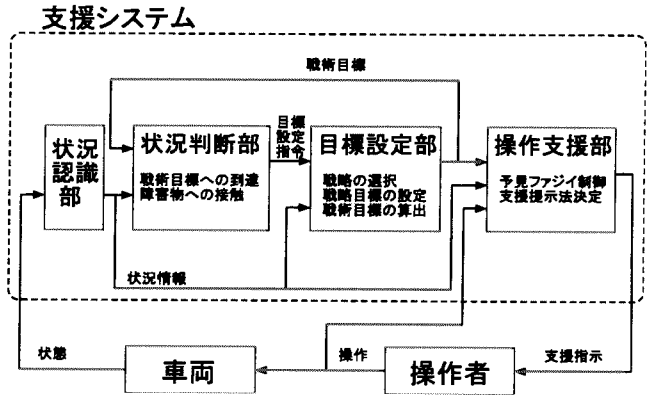


図 5: システム構成図

### 6.1 状況認識部

状況認識部は人間の五感に当たる。各センサから位置情報等を取り出す。

### 6.2 状況判断部

状況監視部では戦術目標への到達と、障害物への接触について監視する。到達もしくは接触の危険性がある場合、新たな戦術目標が必要であると判断し、目標設定部に目標設定指令を出力する。

### 6.3 目標設定部

目標設定部は、状況監視部から目標設定指令を受け、自動車の走行特性や最終目標との相対関係を考慮した目標を設定する。

目標設定の手順は以下ようになる。

1. まず、現在位置と最終目標の関係から、戦略を決定する。
2. 現在位置と戦略、可動領域から、戦略 (大局的) 目標を決定する。
3. 現在位置と戦略目標、車の走行特性から戦術 (局所的) 目標—前述の途中目標—を決定する。

ここで目的をなすための目標を決める指標となるのが熟練者の知識である。目標を決める知識を、ファジィ推

論を用いることにより組み込む。組み込む知識によってその時設定する目標は違うものになりうる。

## 6.4 操作支援部

戦術（局所的）目標が決まれば、次に人間が考えるのはその目標を達成する操作である。ここで、「今この操作を行えば～に到達するだろう。ならばこの操作を行う」といった知識に基づき、あらかじめルールとして決められた操作候補について、現在状態から実行した結果を元に評価を行い、最も高い評価を得たものを、その時最適な操作として決定、操作指示として被支援者に提示する。

### 6.4.1 曖昧な車両操作への対応

一口にハンドルを右に切るといっても、人によって切る度合いが違って来る。そのような感覚的な操作に対し、前述の予見ファジィ制御手法を取り入れることで対応する。0.1secの間隔で予見を行っているため目標にたどり着くよう指示した操作と外れる操作がなされたとしてもその度に予見しなおし、新たな操作候補を推論、決定する（図6）。

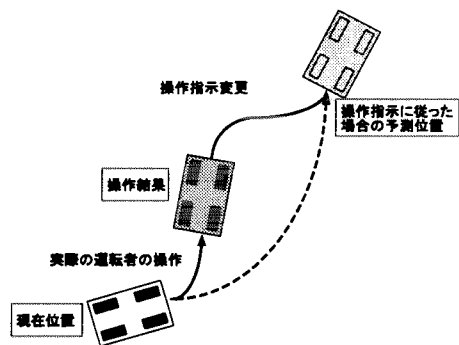


図6: 曖昧な車両操作への対応

### 6.4.2 操作支援提示法

- わかりやすさに重点を置くため基本的な指示は左、右、少し右、少し左、後進等といった具合に簡単な言葉を使った音声で出す。
- 操作者に操作の決定権があるという考えのもと、指示を提示し過ぎないようにする。つまり、ある程度安全である場合、支援情報を提示しない。
- 戦略（車庫に寄せる等）が変化する時、操作目的を明確にするため戦略を提示する。また、操作者が操作目的を知りたい場合、戦略を提示する。
- 車両操作が一定時間以上停止している場合、操作指示を詳しく提示する。（例：車庫に寄せます。ハンドルを少し左に切って進み次に少し右にきって下さい等）

## 7 おわりに

本稿では人間の言葉で表される知識を組み込み、状況に応じて人間の操作に対して柔軟に対応できる運転支援システムを提案した。現在、シミュレーション実験を行って有効性の検証をすすめている。今回は駐車制御に限ってルールを作成し、システムを適用したが、今後はさらに他の制御動作に関しても適用していく予定である。

## 参考文献

1. 安信 "ファジィ工学" 昭晃堂 (1991)
2. 日本ファジィ学会編、"ファジィ制御" 日刊工業新聞社 (1993)
3. 柴田、松本"人が搭乗しその場その場で行動を指示できるパーソナル視覚移動ロボット Hyper Scooter の開発"日本ロボット学会誌 Vol14 No.8,pp1128-1144(1996)
4. 飯島、"支援の定義"オフィスオートメーション学会支援基礎論研究部会報告書「『支援』概念の基礎づけに向けて」(1995) 第1部第2章
5. 小橋、"なぜ支援について考えたいのか"オフィスオートメーション学会支援基礎論研究部会報告書「『支援』概念の基礎づけに向けて」(1995) 第1部第1章
6. Lotif.A.Zadeh.Fuzzy sets.Information and control,Vol.8,pp.338-353,1965
7. S.Yasunobu,S.Saitou and Y.Suryana,"Intelligent Vehicle Control in Narrow Area based on Human Control Strategy"World Multiconference on Systemics,Cybernetics and Informatics,Vol.7,pp.309-314,2000

## 問い合わせ先

〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1  
筑波大学機能工学系  
知的制御システム研究室  
武藤 裕美  
TEL: (0298)53-6186  
E-mail:muou@edu.esys.tsukuba.ac.jp