

ファジィ推論を用いたダーツ投げマニピュレータシステム

ASHIDA, Takatsugu / 廣田, 薫 / 井上, 雅彦 / 永田, 康紀 /
蜂巢, 史良 / 大谷, 正幸 / 芦田, 隆次 / HIROTA, Kaoru /
INOUE, Masahiko / NAGATA, Yasunori / HACHISU, Shiroh /
OTANI, Masayuki

(出版者 / Publisher)

法政大学工学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学工学部研究集報 / 法政大学工学部研究集報

(巻 / Volume)

27

(開始ページ / Start Page)

33

(終了ページ / End Page)

40

(発行年 / Year)

1991-02

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00003899>

ファジィ推論を用いたダーツ投げマニピュレータシステム

廣田 薫*・井上雅彦*・永田康紀**
蜂巢史良***・大谷正幸***・芦田隆次***

Fuzzy Controlled Darts Manipulator System

Kaoru HIROTA*, Masahiko INOUE*, Yasunori NAGATA**
Shiroh HACHISU***, Masayuki OTANI***, Takatsugu ASHIDA***

Abstract

A fuzzy controlled darts manipulator system is presented. The positional information between the target and the darts are given based on image processing and are fed into the fuzzy production system. The timing of darts throwing and the throwing directions are indicated by the fuzzy inference.

§ 1. 緒 言

現在、各方面で利用されているロボットは、正確な情報を前提として動作しているものがほとんどである。近年ロボットに対し、その場の状況に応じ対処できる知能的なロボットが求められるようになった。今回例にとり実験を行ったダーツ投げは、過去の経験が影響する大変複雑な高速運動である。

ダーツ投げロボットに関しては、これまでも逢坂、小野¹⁾ ²⁾によりファジィ制御法と学習制御法の制御性能の比較実験が行われている。その実験によればファジィ制御法は学習制御法とほぼ同等の制御性能が得られている。そこで制御方法をファジィ制御法に絞り実験を試みた。また¹⁾ ²⁾では縦方向の制御のみ行っているが、今回は縦方向の距離の差と横方向の距離の差両方を用いて制御している。これらの情報は画像処理により得ることにした。

* 工学部電気工学科計測制御専攻

** 工学部電気工学科計測制御専攻卒業（現在 日産自動車勤務）

*** マイコム株式会社研究開発部

§ 2. ダーツ投げマニピュレータのシステムの構成

図1にダーツ投げマニピュレータのシステムの構成図を示す。

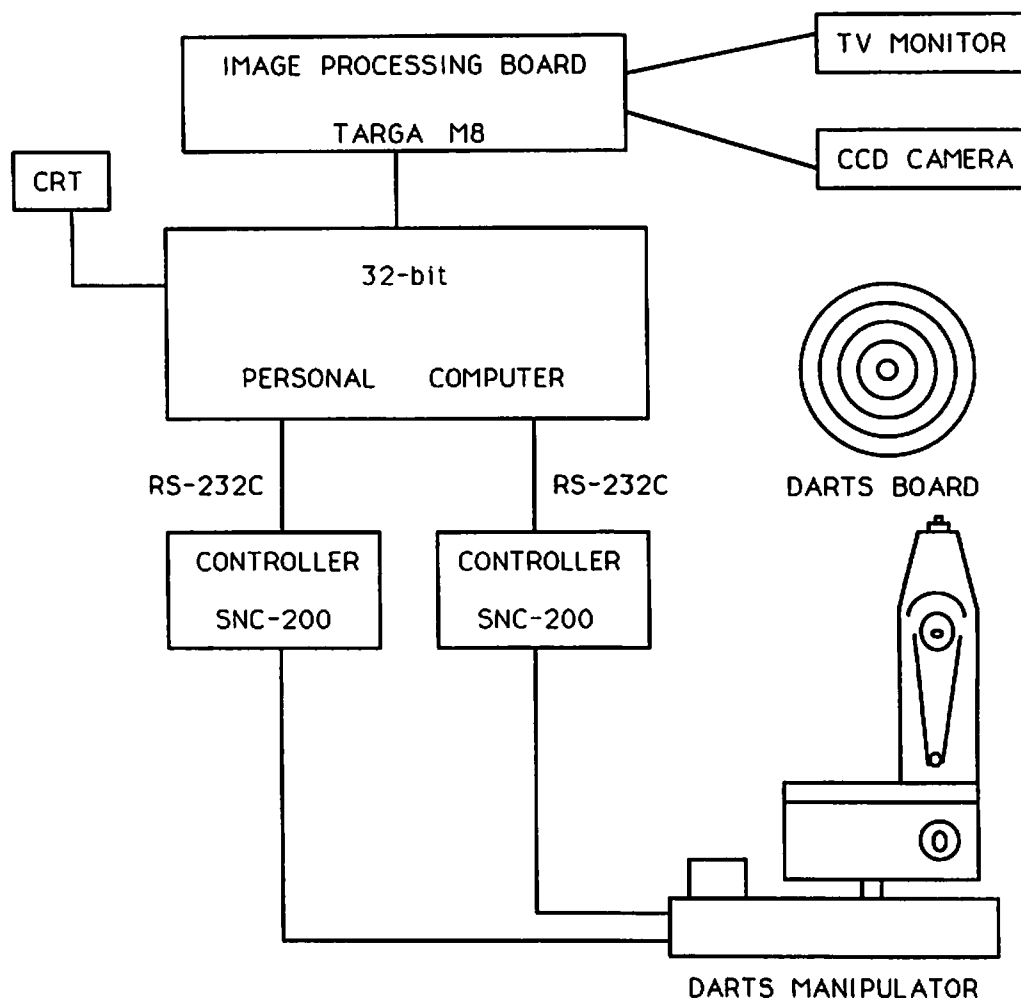


図1 ダーツ投げマニピュレータのシステムの構成図

使用機器

計算機 : 32-bit パーソナルコンピュータ 20MHz IBM対応 MYCOM製
CRT

画像部 : 画像処理ボード (TARGA M8) Truevision INC. 製
CCDカメラ
TVモニター

ロボット : ダーツ投げマニピュレータ

2軸コントローラ (SNC-200) × 2 (使用言語 G言語) MYCOM製

プログラムは処理速度を早めるため、画像処理部、推論部などの大半でC言語を使用している。

しかしC言語におけるRS-232Cの使用が複雑であるためダーツ投げマニピュレータの動作部のプログラムはQuick BASICを使用している。なおG言語はダーツ投げマニピュレータに使用している3つのステッピングモーターの制御を容易にするためのコントローラ専用の言語である。

図2にダーツ投げマニピュレータの右側面図と正面図を示す。

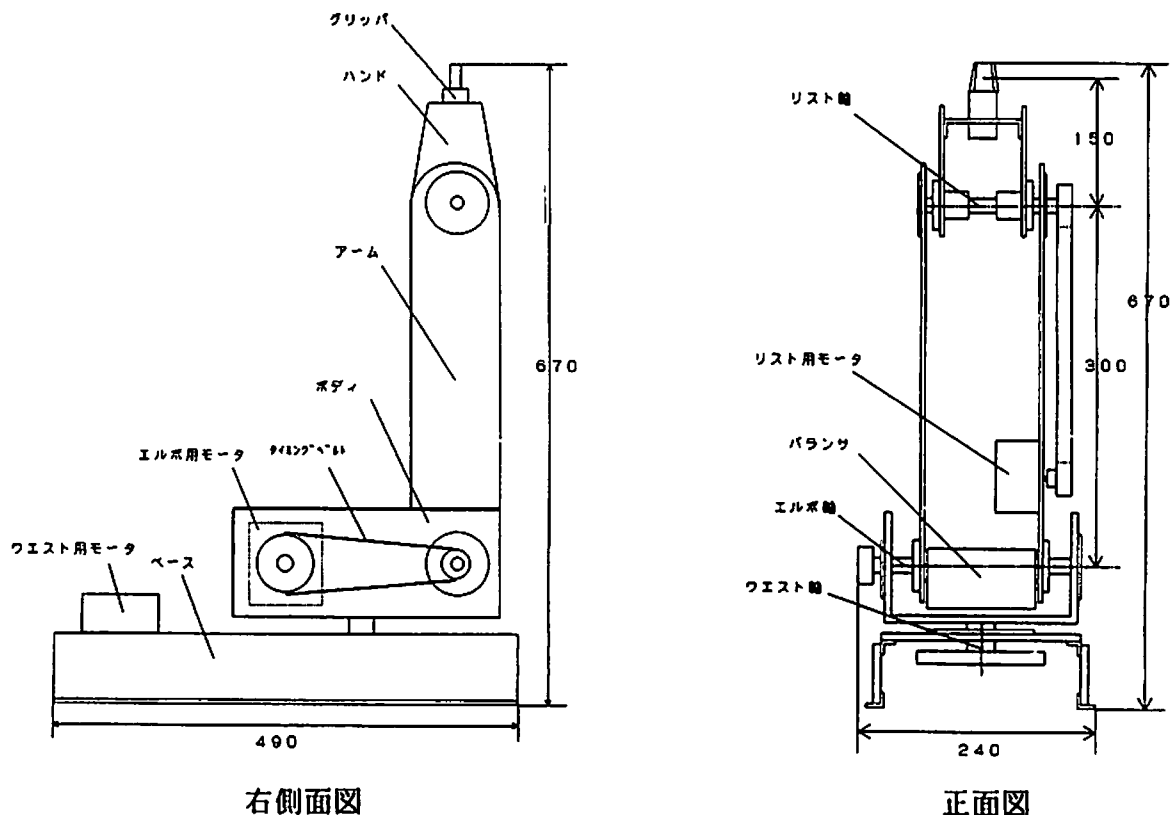
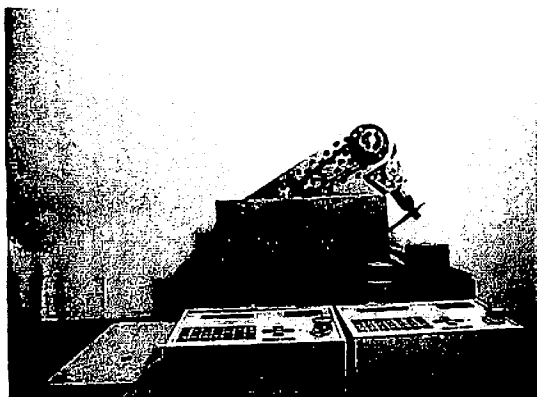


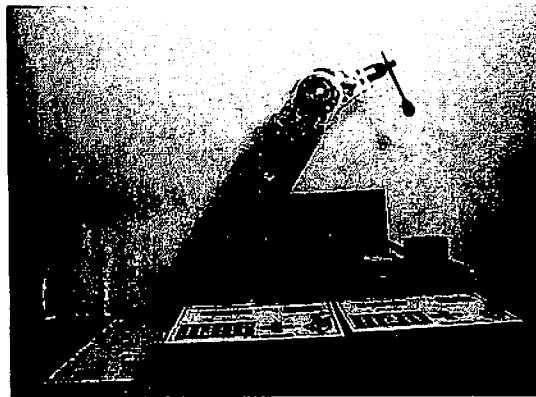
図2 ダーツ投げマニピュレータの設計図

マニピュレータは3自由度の垂直多関節型であり各軸はステッピングモーターを使用している。またこれらは2台の2軸コントローラで制御されている。コントローラへの指令はRS-232Cを通して送られる。マニピュレータの縦方向の操作量は主にグリップの開くタイミングを変えることにより制御している。リスト回転とエルボ回転の角速度はそれぞれ常に一定としている。グリップは0.01sec刻みで開くタイミングを変えることができる。グリップの開くタイミングを0.01sec変化させるとダーツボード上では約10cmの変化が生じる。グリップの開くタイミングだけでは的にあたる位置が荒くなってしまうので、より細かいダーツの射的位置の制御のため、投げ始めるときのアームのエルボ部の角度を変えることにした。0.72度刻み5段階に分けて設定してある。0.72度変化させるとダーツボード上では約2cm変化が生じる。横方向の操作量はウエストの回転角度を変えることにより制御している。ウエストの回転角度は0.72度刻みとなっている。0.72度変化させるとダーツボード上では約2cm変化が生じる。

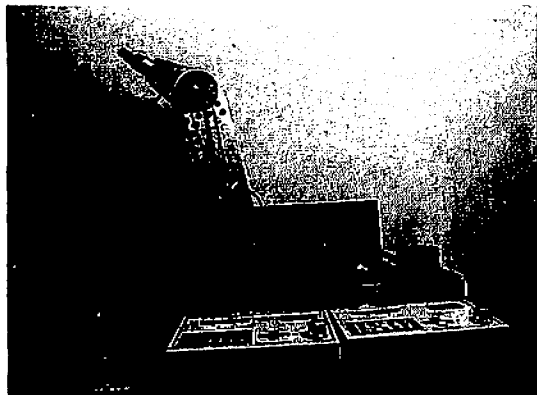
写真1にダーツ投げマニピュレータの動作の例を示す。



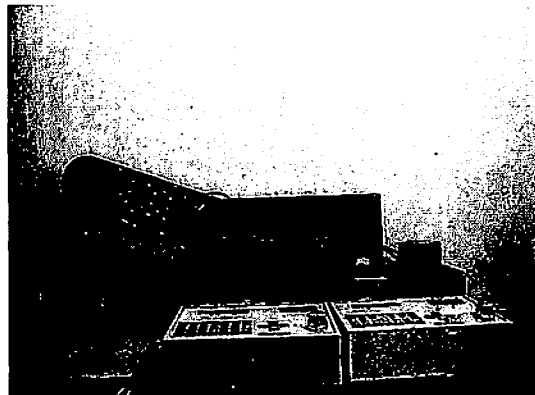
(1)



(2)



(3)



(4)

写真1 マニピュレータの動作

写真2にダーツ投げマニピュレータシステムの周辺環境を示す。

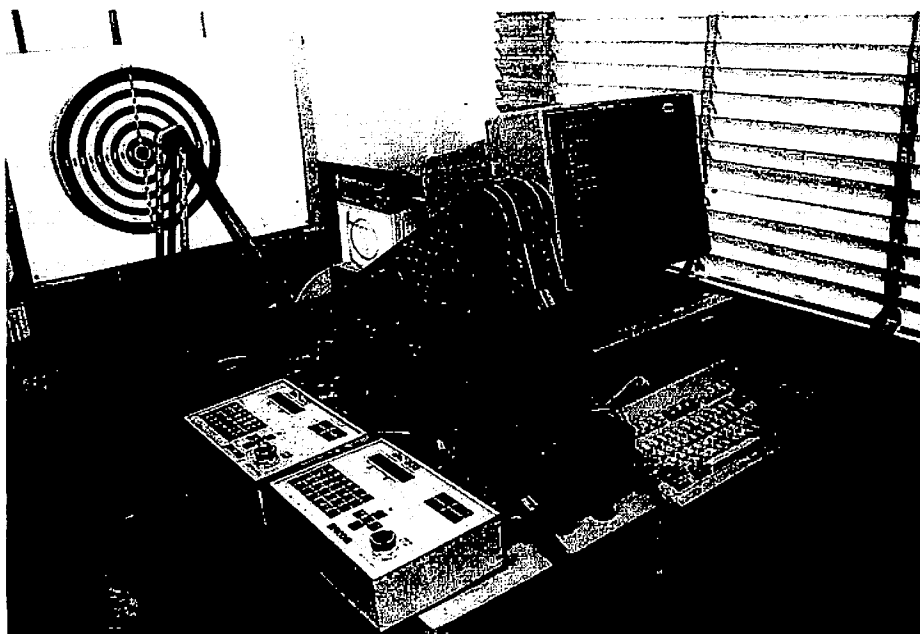


写真2 ダーツ投げマニピュレータシステムの周辺環境

的として直径44cm競技用のダーツボードを使用している。ダーツボードから120cm離れたところにダーツ投げマニピュレータ本体を設置する。またダーツボードから60cm離れたところにCCDカメラを設置する。画像を取り込み易くするためライトでダーツボードを照らしている。

§ 3. ダーツ投げマニピュレータシステムのアルゴリズム

図3にダーツ投げマニピュレータシステムのアルゴリズムを示す。

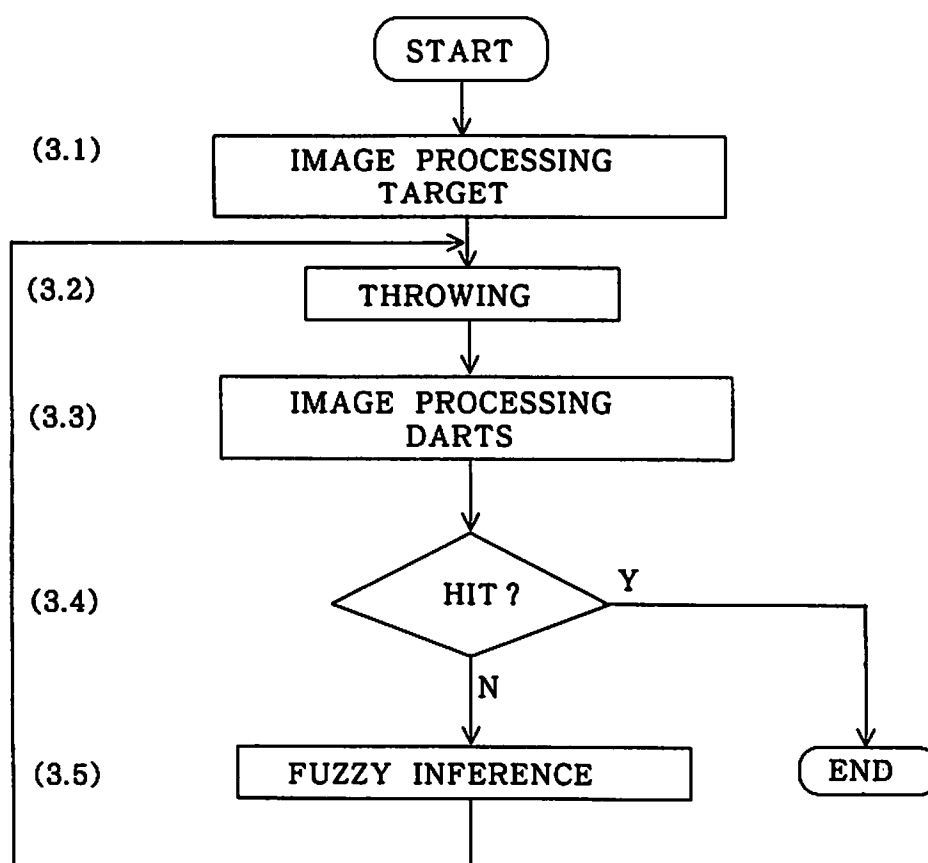


図3 ダーツ投げマニピュレータシステムのアルゴリズム

3-1 IMAGE PROCESSING TARGET

CCDカメラによりダーツボードを取り込む。ダーツボードは円形で白と黒の同心円環となっている。この画像は256×256画素で各8-bit（白-255, 黒-0）の濃淡値で表されている。そこでダーツボードの中心部（以後的と呼ぶ）の座標を求める。

3-2 THROWING

1回目は予め決められた値で投げる。2回目以降は3-5の推論部で推論された値を用いて投げる。

3-3 IMAGE PROCESSING DARTS

3-1で示したようにダーツボードは白と黒の同心円環となっているためダーツの色を中間色（薄い水色を使用している）とし、取り込んだ画像情報を3値化することによってダーツボードとダーツを区別する。3値化するとダーツボードの白と黒のすきまに中間色が現れる。これらはすべて雑音として排除している。写真2で示したようにダーツボードはCCDカメラにより下の方より取り込まれるので、射的されたダーツは画像上ではすべて下を向いている。よって画素を下の方より調べ1番最初の中間色の画素がダーツの先端の座標となる。

3-4 HIT?

この時点でダーツの先端座標が中心座標から半径1.5cmの範囲に入っていれば操作完了、入っていなければ3-3で得られた情報を3-5に引き渡す。

3-5 FUZZY INFERENCE

初心者がダーツ投げを行うとき、一度投げた射的位置により体の位置、腕の姿勢、放す位置などの修正を行う。射的位置が的より大きく離れていると大きく修正を行い、小さいと少なく修正する。この知識を基に7つのファジィ制御則を作成した。

IF E = PB THEN ΔU = NB

IF E = PM THEN ΔU = NM

IF E = PS THEN ΔU = NS

IF E = ZO THEN ΔU = ZO

IF E = NS THEN ΔU = PS

IF E = NM THEN ΔU = PM

IF E = NB THEN ΔU = PB

E: 的とダーツとの距離

ΔU : 操作量（横方向: ウェストの角度

縦方向: アームのポジション、ダーツを放すタイミング）

PB: Positive Big

PM: Positive Medium

PS: Positive Small

ZO: Zero

NS: Negative Big

NM: Negative Medium

NB: Negative Small

この7つの制御則を基にE, ΔUのメンバーシップ関数を作成した。図4, 5にメンバーシップ関数を示す。

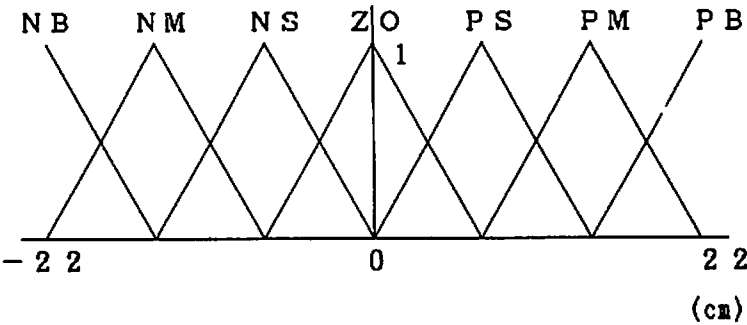


図4 前件部の入力変数（距離）メンバーシップ関数

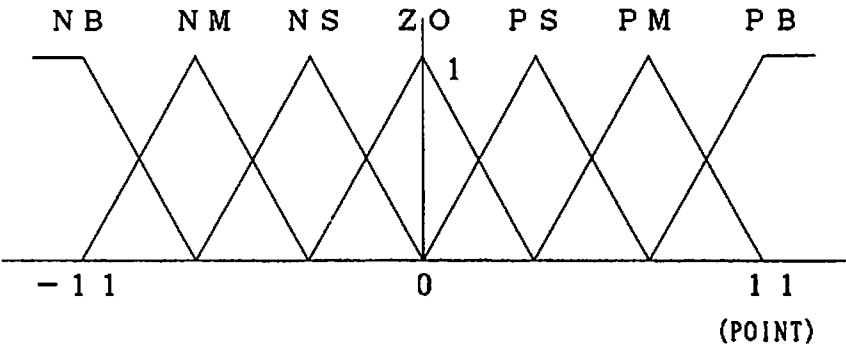


図5 後件部の出力変数（操作量）メンバーシップ関数

的の中心座標とダーツの先端座標を基に縦成分と横成分に分けて2回の推論を行う。推論の方法は一般的なmax－min合成法を用いている。これにより3つの操作量が求められる。
3－6 3－2に戻る

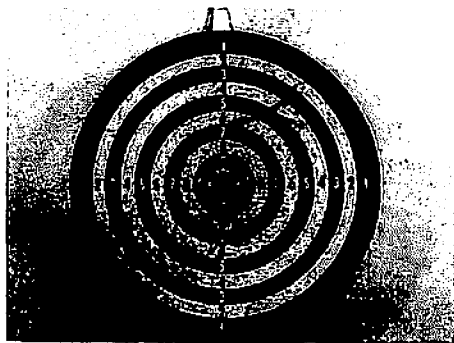
§ 4. 実験結果

ダーツ投げマニピュレータにより実験を試みた結果の例を表1、写真3に示す。

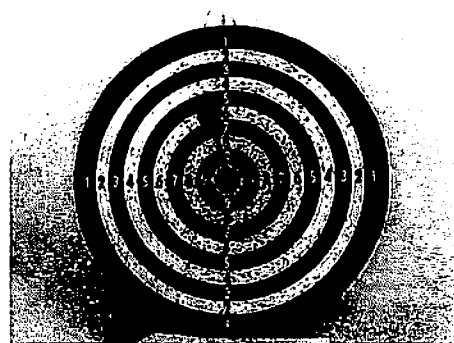
表1 ダーツ投げマニピュレータの実験の例

(水平、垂直) 的からの実測値：cm

	ケース1	ケース2	ケース3
1投目	(17.5, 12)	(－8.5, 16.5)	(－9.5, 6.5)
2投目	(0, 0)	(0, 0)	(0, －5)
3投目	(－, －)	(－, －)	(0, 0)



(1回目)



(2回目)

写真3 射的位置

射的実験を100回繰り返した結果2.1回の射的で命中させることが実現できた。

§ 5. 結 言

ファジィ推論を用いてダーツ投げマニピュレータを実行させた結果約2回の射的で命中させることを実現できた。

現在このマニピュレータは横方向の操作量はモーター1個であり線形である。また縦方向の操作量も線形である。そのためファジィ推論を使う必要性が必ずしもあるとはいえないが、今後、不規則な移動物体に当てるなどもっと複雑な運動をする物体に対して研究を進める予定である。

参考文献

- (1) 逢坂、小野：ダーツ投げロボットのファジィ制御、第31回自動制御連合講演会 No.3026 (1988)
- (2) 逢坂、小野：ダーツ投げロボットのファジィ制御に関する一実験、システム制御情報学会論文誌 Vol. 2, No.10, pp.357/359 (1989)
- (3) 永田：マニピュレータによるダーツ投げのファジィ制御、1989年度卒業論文
- (4) 廣田、井上、永田、大谷、蜂巢、芦田：ファジィ推論を用いたダーツ投げマニピュレータシステム、第6回ファジィシステムシンポジウム講演論文集、pp.563/564 (1990)