

## ファジイ制御によるロボット姿勢制御と軌道追跡

**3 N-8**

馬 培軍、里野 光、金子 裕良

埼玉大学工学部

山根 敏

舞鶴工業高等専門学校

大嶋 健司

埼玉大学工学部

**1. 緒言** 平面上にパイプを溶接する場合のロボットの知能化について考察する。すなわち、溶接線に対してロボット手先姿勢を一定に保ちながら軌道の追跡を行う。ここではライン状レーザとCCDカメラにより溶接線を検出する。手先の運動方程式は複雑となるので、姿勢制御と溶接線追跡には式を必要としないファジイ制御を用いる。このとき、最適なファジイ変数を求めるためにニューラルネットワークと最急降下法を用いる。追跡実験においてファジイ制御の有効性を確認する。

**2. 溶接線のセンシングと追跡システム** 5軸の多関節ロボットによる軌道のセンシングと追跡システムの写真を図1に示す。手先姿勢は平面とパイプの中間の角度に保つ。CCDカメラは進行方向に対して前方に固定し、レーザはカメラと手先の間に固定する。典型的なレーザ光の画像を図2に示す。画像処理によりV字を構成する左右の直線の交点（溶接線位置）とその傾き角度 $\alpha_1$ と $\alpha_2$ を求める（図3）。

**3. ファジイ制御システム**  $\phi$ 軸、手先先端の高さおよび $\theta$ 軸をファジイ推論により制御する。 $\phi$ 軸が平面に対して45度であるとき図3のように $\beta=\alpha_2-\alpha_1=0$ であるが、 $\phi$ 軸の角度が変わると $\beta$ が変化する。図3、図4に示すように手先の高さが変わると $e_h$ が変化する。真上から見たパイプと手先の位置関係を図5に示す。手先は、その姿勢を追跡線に垂直に保ったまま一定速度で移動する。追跡線と手先位置の距離を偏差 $e$ により表す。これと偏差の変化分 $\Delta e$ から手先付け根軸 $\theta$ の回転角度 $\Delta \theta_n$ を推論する。以上の知識よりファジイ制御システムを3つのファジイ推論器から構成し、これを図6に示す。

**4. ファジイ変数のためのパラメタ調整** 最適なファジイ変数のパラメタ $k_e$ 、 $k_{de}$ 、 $k_\theta$ を決定するためにニューラルネットワークを用いた新しい調整法を提案する。追跡性能を調べるために評価関数 $J$ を導入する。これは200周期の偏差 $e$ の2乗和で

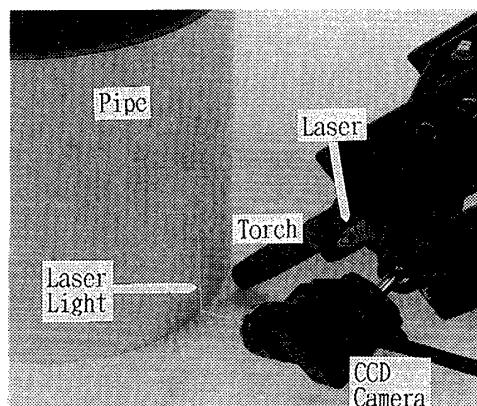


図1 溶接線の検出・追跡システム

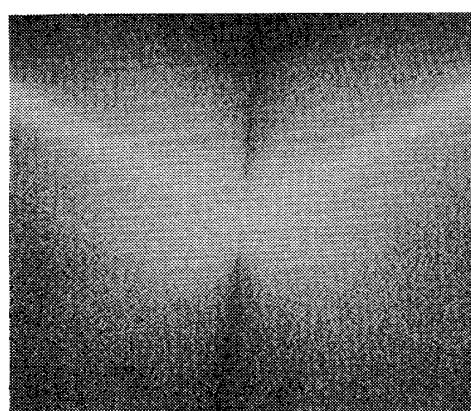


図2 典型的なレーザ光の画像

Fuzzy control of seam tracking and torch posture with arm type robots.  
Peijun Ma\*, Hikaru Satono\*, Yasuyoshi Kaneko\*, Satoshi Yamane\*\*, Kenji Ohshima\*  
\*Electrical Engineering, Saitama Univ.  
255 Shimo Okubo, Urawa, Saitama 338, Japan.  
\*\*Electrical Engineering, Maizuru College of Tech.  
234 Shiroya, Maizuru, Kyoto 625, Japan.

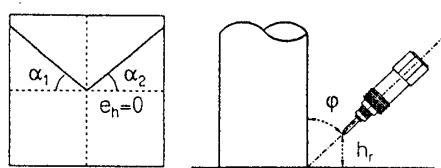


図3 φ軸と高さの制御

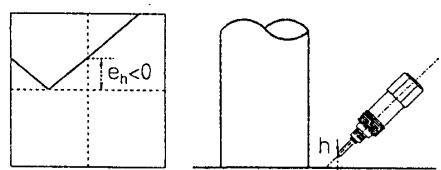


図4 手先高さの制御

ある。図7に示すニューラルネットワークをロボットのモデルとして用いる。パラメタ  $ke, kde, k\theta$  を種々変えた27個の教師信号を用いて、ニューラルネットワークを学習した。その結果、中間層のユニット数は7となった。

図7のニューラルネットワークの出力  $J$  が最も小さくなるように、最急降下法の概念を用いてパラメタ  $ke, kde, k\theta$  を調整する。

**5.追跡実験** 直径217mmのパイプに対して追跡実験を行った。図8に示すように良好な追跡結果が得られた。また、高さとφ軸角度を一定に保つことができた。さらに、図9に示すように手先進行と共にめらかにθ軸は回転した。

**6.結言** パイプと平面を溶接する場合の多関節ロボットによる手先姿勢および溶接線追跡のファジィ制御について考察した。このときファジィ変数をニューラルネットワークと最急降下法により調整した。実験により、この追跡方法の有効性を確認した。

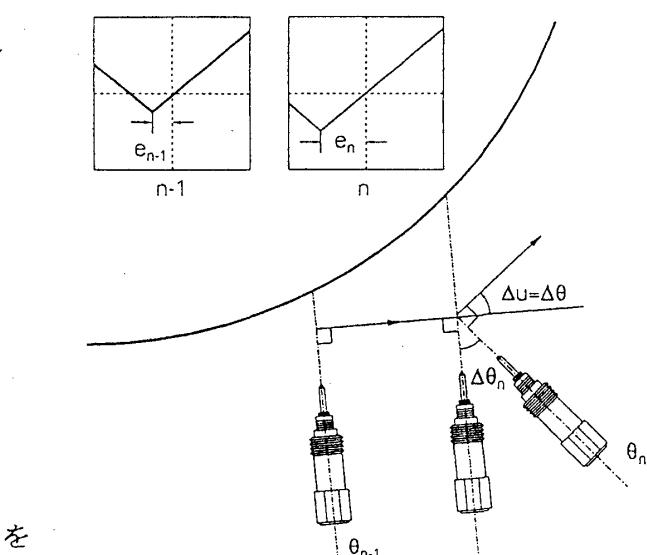


図5 θ軸の制御

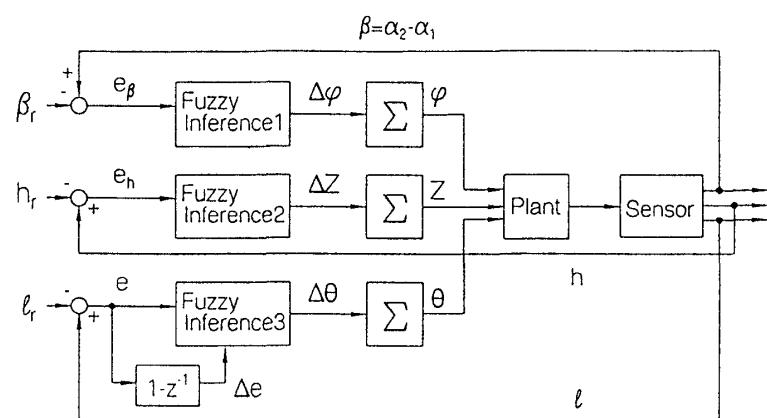


図6 ファジィ制御器

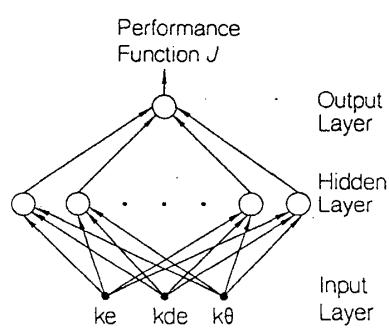


図7 ニューラルネットワーク

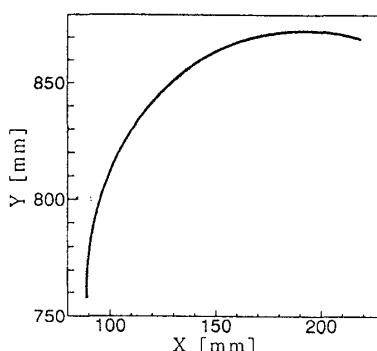


図8 溶接線追跡結果

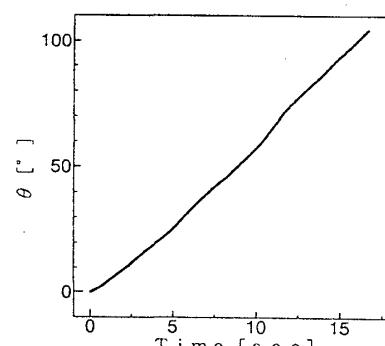


図9 θ制御結果