

1-406 小脳演算モデル型学習コントローラによる移動ロボットの半自律走行システムの構築

Construction of Half-autonomy Path Tracking Control by Online Learning using CMAC for an Omni-directional Mobile Robots

○大西 諒 (高松高専) 和田 一吉 (高松高専) 黒住 亮太 (広島大学)
藤澤 正一郎 (高松高専) 山本 透 (広島大学)

Ryo OHNISHI, Takamatsu National College of Technology, 355-Chokushicho, Takamatsu 761-8058, Japan
Kazuyoshi WADA, Takamatsu National College of Technology
Ryota Kurozumi, Hiroshima University
Shoichiro FUJISAWA, Takamatsu National College of Technology
Toru YAMAMOTO, Hiroshima University

In this paper, we have structured a distance operation system that has online learning function using CMACs. And we propose to incorporate a half-autonomy path tracking system to support human's operation in it. A final target is that we structure a system that a robot supports human's operation. This time as a preceding stage, we experiment the system that human supports robot's operation. The results of experiment have shown one possibility.

Key Words: CMAC, Online learning, Path tracking control, Visual servoing, Omni-directional mobile robot

1. はじめに

近年、コンピュータには数GHz時代が到来し、処理能力の向上にはめざましいものがある。それに伴い、過去には難しかったテレオペレーション技術の研究が普及しつつある。また、宇宙環境での船外作業やNY世界貿易センタービル倒壊現場におけるテレオペレーション技術の利用など、様々な場面においてその必要性が高まってきている。今後、この技術の研究開発はますます盛んになると考えられる。

しかし、テレオペレーションにおいて、すべての動作を操縦者の技術に頼る遠隔操縦では、長時間の作業を行う場合、多大な疲労とストレスに襲われる可能性がある。さらに、失敗が許されない状況において作業をする場合、遠隔操縦という制約された環境で正確な操縦を行うのは困難を要すると思われる。そこで、テレオペレーションの一部に自律型システムを導入することで、操縦者の負担を軽減することが可能ではないかと考えた。

自律型のテレオペレーションシステムの研究は盛んに行なわれている。半自律型のテレオペレーションシステムに関する研究は今後の課題といえる⁽¹⁾。そこで本稿では、マニュアル操縦が可能なシステムに学習機能を有するシステムを追加した半自律走行システムを提案する。しかし、今回のように学習機能を追加したシステムでは何についてトレーニングを進めるかが重要となってくる。そこで、将来において人間の動作をロボットが補助するという半自律システムを構築することを目標とし、その前段階としてロボットの動作を人間が補助するという方法で実験を行った。そのため、今回は操縦者の指示した経路を学習によって得るということを目指す。

2. システム構成

本研究で利用するシステムには、どの方向にも無理なく移動が可能な全方向移動ロボットを用いた。また、ビジュアルサーボシステムを利用し、遠隔操縦及びフィードバック制御を行った。移動ロボットを制御するために、入力された目標値に対して行った学習結果を出力するCMAC⁽²⁾⁽³⁾を用い、マニュアル操縦を行うためにジョイスティックを用いた。今回利用したシステムの構成を図1に示すと共に、これらのシ

ステムの構成について説明する。

2.1 ビジュアルサーボシステム ビジュアルサーボとは、画像情報に基づくフィードバック制御系のことで、未知の環境で自律的に作業する知能ロボットの制御機構の中核となる。ビジュアルサーボ系は、環境認識と運動制御の二つのプロセスに分けることができる⁽⁴⁾。まず、カメラなどを通して取り込まれた映像が処理を行うシステムに読み込まれる。そして、その情報に基づき一連の処理プログラムで処理させた結果を運動の制御信号として出力するようになってい。今回のシステムでは、ロボットに取り付けられた2つのマーカーを用いてロボット本体の2次元座標位置、及び車体姿勢角を算出するようになっている。その情報がフィードバック制御システムによって処理され、ロボットの制御信号として利用されるようになっている。

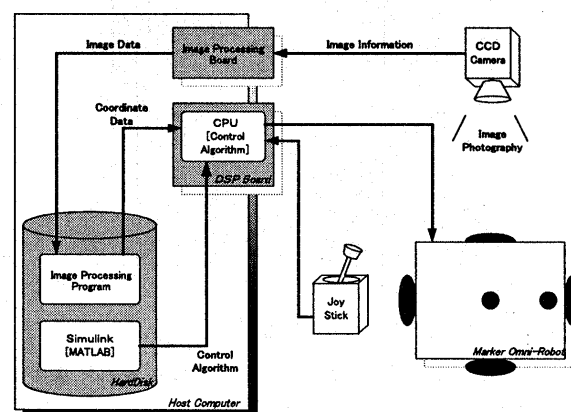


Fig.1 Diagram of System Constitution

2.2 フィードバック制御システム ビジュアルサーボシステム内のフィードバック制御システム部は、Simulink及びDSPを用いて構成されている。ビジュアルサーボシステムの画像処理プログラムから送られてきたロボットの位置情報を、CMACを有するプログラムによって処理させる。そして、その結果をロボットの制御信号として利用し、ロボットの動向がカメラによって取り込まれるようになっている。

2.3 CMAC CMAC (Cerebellar Model Arithmetic Computer) とは、分散共有メモリ構造を持つ“表参照方式による非線形関数学習法”である。このモデルの概要を図2に示す。CMACの特徴として挙げられる点は、いくつかある。最初挙げられる点は、入力ベクトルが一連の写像関係で処理されることである。写像に必要な関数を f_1, f_2, f_3 とすると、これらを用いて式(1)で表すことができる。

$$h = f_3 \circ f_2 \circ f_1 \quad P \equiv h(s) \quad (1)$$

次に、入力信号をコード化することによって高精度を要する変量を、多数個の低精度信号路を利用して伝達するという点である。これによって、計算に必要となるメモリ量を低減することができる。そして最後に挙げられる点は、入力信号がわずかに変化した場合、そのコードも少ししか入れ替わらないという点である。これは、入力されたデータの汎化を可能にするというCMACの中でも重要な特徴である。

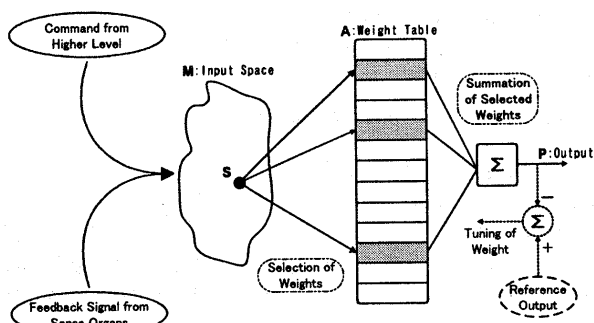


Fig.2 Conceptual figure of CMAC

2.4 全方向移動ロボット 全方向移動ロボットには、車輪の円周上に車軸と平行に多数のローラを取り付けた特殊な車輪を使用している。この車輪を、車体周囲に4つ取り付けており、それらを独立制御することによって全方向移動を実現する。図3に、全景写真を示す。

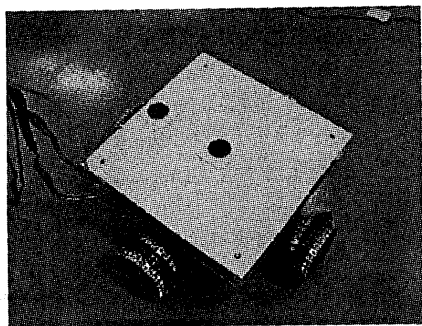


Fig.3 Picture of Omni-directional Mobile Robot

3. ロボットによる走行実験と結果

このシステムの性能を検証するため、ロボットによる走行実験を行った。

3.1 入力制御信号 ロボットの制御に必要な目標値信号は、X軸・Y軸方向の走行制御信号および本体の姿勢角制御信号の3種類である。これに対し、操縦者がジョイスティックからマニュアル操作で入力できる信号はX軸・Y軸方向移動信号、そしてZ軸回転信号である。今回の実験では、操縦者がマニュアル操作で行った走行経路を入力信号とした。なお、姿勢角制御信号に関してはマニュアル操縦の入力を行うが、目標値はそれに関係なく傾きゼロ度を保つように一定値のゼロを入力とした。これらの入力に対し、移動後のロボットの位置、及び姿勢角の情報がCCDカメラから取込まれ

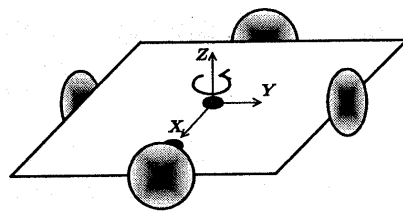


Fig.4 Figure of joystick inputs signals

CMACを介して学習される。その結果が走行信号として出力される。

3.2 走行結果 初期設定として、姿勢角はゼロ度、走行開始位置は原点とした。また、姿勢角制御に用いたCMACに関しては、走行制御に干渉する可能性があるために性能を抑制した。図5に、学習開始から約15分後の走行結果を示す。なお、破線は目標値信号であり、それに対する学習結果を実線で示してある。ジョイスティックの操作による入力が困難であったため、目標値信号に多少のぶれが生じてしまった。

図5は、比較的簡単な走行経路で実験を行った結果である。入力にぶれがあるため、学習する際に細かな変化に影響されて走行経路に振動が発生している。しかし、経路自体は正確に走行できていることがわかる。よって、システムに入力された信号はCMACを介し、マニュアル操縦で入力された経路に近い走行できる結果を、学習によって得ていることが分かった。

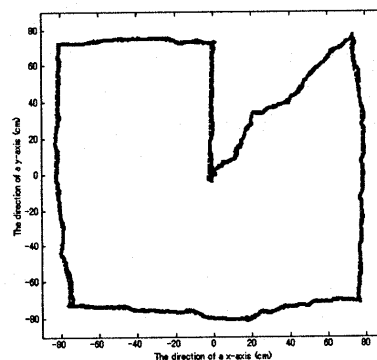


Fig.5 Result of path tracking experiment

4. 今後について

今回の実験より、操縦者がマニュアル操作した経路を学習によって習得し走行できるシステムを構築できた。それと同時に、システムの動作を検証することができた。また、学習結果に従って走行しているロボットに対して、ジョイスティックを用いて操縦しようすると、一定以上の移動ができないことが分かった。これは一種のフィルタの役割を果たしている。このフィルタの応用についても今後の応用を考えている。

今後の課題としては、ジョイスティックをマニュアル操作する時の人的スキルの問題、車体本体に内界センサを搭載することなどである。これらの課題解決が、半自律システムの実際の応用につながると考える。

参考文献

- (1) 田所諭, NY 世界貿易センタービル事件におけるロボティクスの貢献, 機械学会誌 Vol.105, No.1002, p.374, 2002.
- (2) J.S.Albus, ASME, J.of Dynamic Systems, Measurement, and Control, vol.97, no.9, pp.220-233, 1975.
- (3) T.Yamamoto and M.Kaneda, IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E82-A, No.5, pp.856-860,1999.
- (4) 東京大学大学院情報理工学研究所 石川橋本研究室 HP, <http://www.k2.t.u-tokyo.ac.jp/servo/index-j.html>.