車輪型移動ロボットのための環境認識システム —第3報：画像処理を用いた自己位置同定システムの導入—

An Environment Recognition System for a Wheel Type Mobile Robot with Rough Terrain Movement

- Third Report: Instrument of Self-Localization System using Image Processing -

○学 神田 敦司 正 石井 和男 (九工大)
正 佐藤 雅紀 (ふくおか IST)

Atushi KANDA, Kazuo ISHII, Kyushu Institute of Technology,
kanda-atushi@edu.brain.kyutech.ac.jp
Masanori SATO, Fukuoka IST

Recently, various mechanism have been developed combining linkage mechanisms and wheels, especially, the combination of passive linkage mechanisms and small wheels is one of main research trends, because, standard wheeled mobile mechanisms have difficulties on rough terrain movements. In our research, a 6-wheeled mobile robot employing a passive linkage mechanism has been developed to enhance maneuverability and achieved climbing capability over a 0.20[m] height of bump. In this paper, we propose environment recognition system for wheeled mobile robot which consists of multiple classification analyses like self-organizing map, and image processing for self-localization.

Key Words: wheeled mobile robot, environmental recognition, self-localization

1. 緒言

自律移動ロボットの実世界への進出が期待されてきている今日において、一般的に最も多く用いられている移動機構として車輪型の移動機構があげられる。車輪型の移動機構は他の移動機構と比較して、エネルギー効率がよく、機構、制御が簡易であり、長年の経験的な知識や技術の蓄積があるなどの特徴を持つ。しかし、一方で、一般的に慣性力を用いない場合、車輪系の1/3以下の高さしか乗り越えられない課題をもつ。そこで車輪型の移動機構の走破能力および、運用性の向上のため、これまで様々な機構[1][2][3]や制御システム[4]が考案されてきた。また、実環境下で運用するためにはロボットは環境内にどのような物体が存在するか、自身がどの位置に存在するかを把握する必要がある。

著者らはこれまでに走破性能に関する課題に対して、Shrimpを参考に試作した車輪型移動ロボット“Zaurus”を用いて、PID制御器とニューラルネットワークを用いた制御器について性能評価を行い[5]、良好な結果が得られている。図1、図2に試作したロボットの外観図及び、概略図を示す。

また、外部環境を認識し、環境に適した制御器、行動決定を選択するシステムの開発を行ってきた[6]。本システムはZaurusの受動リンク機構に着目し、リンク機構情報から走行中の地形の推定および行動選択を自己組織化マップ(Self-Organizing Map: SOM)を用いて、良好な結果を得ている。

これまで、移動ロボットを対象とし、内界情報から環境を推定するシステムを開発してきた。本論文では提案システムに自己位置同定器を持たせ、より実用的なシステムを提案する。自己位置同定手法として位置情報をもつテンプレートの特徴点と画像の特徴点を用いたマッチングを行う手法を採用し、提案システムの性能評価を行う。

2. 環境認識システム

2.1 システム概要

本論で提案する環境認識システムについて述べる。本システムは環境に応じて制御器や行動を切り替えることで効率

のよい制御を実現する。図3にシステムのコンセプトを示す。本システムは大きく2つの要素から構成される。

- ・ 環境認識システム
- ・ 特定環境に対する行動決定器

まずロボットが様々な地形を走破し、リンク情報および、各地点に置ける画像を取得する。環境認識システムはリンク情報と画像情報を用いて環境と自己位置を推定し、その環境に応じて行動を選択する。

Fig.1 Overview of Zaurus

Fig.2 Schematic of Zaurus

Fig 3 Concept of proposed system

2.2 自己位置同定システム

これまで、さまざまな自己位置同定手法が提案されてきている。屋外でも屋内でも使用可能である手法としてレーザーレンジやカメラを用いた手法は有効であると考えられる[6]。本研究ではカメラ画像を用いた自己位置同定システムを採用した。しかし、実環境下におけるカメラ画像には画像の形状の変化・太陽光の証明変動などによる影響が大きい。そこで本稿では、色情報を用いずに輝度値に高速フーリエ変換(Fast Fourier Transform: FFT)を行い特徴量の抽出を行う。画像処理手法におけるFFTとは、画像中の濃淡などの周期性のある成分を周波数のパワースペクトルとして抽出する可逆変換手法である[8]。本論文ではFFTで作成したパワースペクトル画像をテンプレートとした。テンプレートは各地点の画像のFFT後の特徴量と座標および向きの情報をもつ。マッチング手法として、特徴量のユークリッド距離が最小となるものを探索する手法を用いた。図4に撮影画像および、特徴量を示す画像を示す。特徴量を示す画像は画像の中心を原点とし、各軸は各方向の周波数を、色は白くなるにつれてパワースペクトル値が大きくなっている。図4が示すように、交差点においては路面の斜めの周波数が成分として検出されているのがわかる。

3. 検証結果

今回、システムの検証としてまず屋内で照明環境が一定の部屋で撮影した画像を用いた。図5に検証用施設の写真を示す。本施設には交差点、信号機など特徴的なオブジェクトが多数配置されている。テンプレート用の画像は、交差点および、信号機前とした。各地点において12方位の写真の撮影を行った。入力画像にはテンプレートと同じ道路上で向きが同じではあるが、位置の違う画像も含めている。これは、画像の拡大・縮小に関する検出能力を見るためである。今回は、動画ではなく画像を用いてシステム検証を行った。1枚あたりのマッチング時間はCore2Duo 1.66G[Hz]で2.5[sec]であった。

マッチングを行った結果、テンプレートのある画像について誤認識はなかった。また、テンプレートにない画像で、元画像に類似した画像は選ばれていなかった。テンプレート以外の画像を入力した場合は、図6に示す画像が多く選ばれる傾向が見られた。

4. 結論

自己位置推定手法として画像の特徴量を用いる手法を提案し、システムの基礎的な検証を行った。3章より現在のシステムではマッチング時間がかかりすぎるので、実機での運用は厳しい。また、テンプレートにない画像の場合、ある一つの画像が多く選ばれていた。これは、すべての画像の中でもっともオブジェクト数が少なく、種類は多かったからでないかと考えている。このことから、テンプレート量を増やす必要があると考えられるが、テンプレート作成には多大な時間が必要となる。

今度の課題として自己組織化マップを用いてテンプレートの補完を行うことで、テンプレート作成に必要な画像の撮影数の低減および、検証結果より拡大・縮小画像に関して誤認識を行うことがないため、回転方向の補完も行えるのではないかと考え、自己位置の推定精度の向上を図る。

謝 辞

本研究の一部は文部科学省の知的クラスター創成事業（第Ⅱ期）の援助で行われました。

文 献

- [1] Y. Kuroda, et. al. "Mobility Performance Evaluation of Planetary Rover with Similarity Model Experiment", IEEE International Conference on Robotics and Automation, CD-ROM, 2004
- [2] T. Estier, et. al. "An Innovative Space Rover with Extended Climbing Abilities", In Proceedings of Space & Robotics in Challenging Environments, pp. 333-339, ROBOTICS'2000
- [3] Thomas Thueer, et. al. "CRAB-Exploration Rover with Advanced Obstacle Negotiation Capabilities" Proc. Of the 9th ESA Workshop on Advanced Space Technologies for Robotics, 2006
- [4] Daisuke Chugo, et. al., "Development of a control system for an omni-directional vehicle with step-climbing ability", Advanced Robotics, Vol19, No.1, pp.55-71, 2005
- [5] Masanori Sato, Atushi Kanda and Kazuo Ishii: "Performance evaluation of a neural network controller system for a wheel type mobile robot", BrainIT III Kitakyushu, pp.169-163, 2007
- [6] Atsushi Kanda, Masanori Sato, Kazuo Ishii, "Environment Recognition System based on Multiple Classification Analyses for Mobile Robot", Journal of Bionic Engineering, vol.5 Suppl., pp.113-120, 2008
- [7] 根岸, 三浦, 白井: "全方位ステレオとレーザーレンジファインダの統合による移動ロボットの地図生成", 日本ロボット学会誌, Vol21, No.6, pp.110-116, 2003
- [8] 奥富正敏ら, "デジタル画像処理", CG-ART 協会

Fig 4 Power spectrum of crossing point image (Crossroad)

Fig 5 Experimental city

Fig.6 Most selected template picture