

論文要旨 (課程博士)
(和文)

東京工芸大学

学籍番号	1885001	氏名	渡邊 香
論文題目	自律移動ロボットのためのノイズと誘拐問題にロバストなリアルタイム自己位置同定法		

(2000字程度)

近年、競技ロボットにおける様々な技術課題を通じて、研究・開発の促進と成果の普及を目指した技術チャレンジが多く実施されており、このような技術チャレンジの一つとしてサッカーを題材とした競技ロボットコンテスト、RoboCup が開催されている。その中で RoboCup サッカー中型ロボットリーグでは、自己位置やボールの位置を含む周囲の状況を自身に搭載されているセンサのみで認識しなければならない。その中でロボットが自己位置を認識するためには、フィールド内のいかなる場所においても定常的に認識可能であること、及びフィールドの位置に依存した固有の特徴量を有する指標が必要である。これらの条件を満たす特徴物として、フィールド上の白線が挙げられるため、本研究では白線を用いた自己位置同定を行った。さらに、試合の状況は常に変化しており、ロボット自身も状況に応じて絶えずフィールド内を動き回らなければならない。また、実際の競技環境では、他のロボットや主審や副審などの人も存在するため、自己位置を認識する指標である白線が常にすべて見えるとは限らず、状況によってはロボットが真値とは全く異なる位置を自己位置として認識する誘拐状態になる可能性がある。そこで本研究では、RoboCup サッカー中型ロボットリーグにおいてノイズや誘拐問題にロバストなロボットの現在位置を特定する自己位置同定手法の構築を目的として研究を行った。

本論文は次の 5 章から構成されている。以下、各章に沿ってその要旨を示す。

第 1 章では、緒言として本研究の背景と本論文の概要を記述した。

第 2 章では、本研究で用いるロボットについて紹介を行った。ロボットには視覚システムとして、全方位カメラを搭載し、一度にロボットの周囲 360 度すべての情報を取得可能としている。さらに、ロボットの移動機構として、オムニホイールを用いた全方向移動機構を採用している。また、その他にも競技を成立するための機能の紹介を行った。

第 3 章では、ロボットに搭載されている全方位カメラから得られる白線情報を指標とする自己位置同定法の構築、及び精度検証を行った。本手法では、全方位カメラから得られた白線情報を正規化することで白線モデルを生成し、フィールドデータとの照合を行うことで自己位置を認識することを可能としている。具体的には、全方位画像から得た白線形状に基づく探索モデルと既知フィールドデータを照合する Model-based Matching 法をベースとして探索空間を形成し、自己位置を認識する問題を適合度関数の最適解探索問題に変換した。全探索法を用いて精度、及び探索時間の検証を行ったところ、平均誤差 12.8cm、最大誤差 36.1cm となり、高い精度で自己位置を認識できる手法であることを確認した。しかし、探索時間は 3000ms となり、実戦で用いるためには探索時間の長さが課題であることを認識した。

さらに、カメラ画像よりフィールド範囲、及び白線を抽出する際に必要となる色相調整について、調整者の熟練度による自己位置同定の精度の確認を行った。熟練者と初心者の調整結果から精度を確認したところ、熟練者は白線情報だけでなくフィールド範囲抽出においても自己位置同定結果の精度が高くなるようにパラメータ調整を行えるが、初心者は経験が少ないため、色相調整が不得手であり、結果として精度の低い自己位置同定結果となる可能性が確認できた。

学籍番号	1885001	氏名	渡邊 香
論文要旨 (2000字) その2			
<p>第4章では、ロボットの現在位置を特定する自己位置同定において、局所的探索能力の高さに起因して発生する誘拐問題を課題とし、GAの大域的探索能力を利用することで、誘拐状態からの復帰を実現した。GA処理における各種パラメータは、探索効率に大きな影響を及ぼすため、実験的検証を行った。高効率な最適化の実現のために、探索空間の特徴(最適化問題の特性)と誘拐状態を考慮した検証を行い、重要な探索パラメータセット(個体数・選択率・突然変異率)を慎重に決定した。最適パラメータを用いて精度、及び探索時間の検証を行ったところ、平均誤差13.4cm、最大誤差36.1cm、探索時間15msとなり、提案手法は全探索法と同等の精度で真値を探索可能であり、かつその処理をリアルタイムに実現できることを確認した。さらに、疑似的に誘拐状態を作り出し復帰性能を検証する実験を行ったところ、GAの大域的探索能力を利用するとともに、パラメータセットの設定に誘拐問題を考慮した環境を用いることで、リアルタイムな自己位置への復帰が実現できることを確認した。</p> <p>また、実際の競技環境では、味方も含め最大9台のロボットがフィールド内に存在しており、またロボット以外にも主審や副審などの人も存在する。そのような状況では白線は遮蔽により一部欠け、正確な自己位置同定が取れなくなる可能性がある。そこで、人工的なノイズを用いて、ノイズに対するロバスト性を検証した結果、実戦で想定されるノイズに対してロバストであることが確認できた。</p> <p>最後に、実際にロボットをフィールド上で動作させ、動的環境(動画像を用いた自己位置同定)における有効性の確認を行った。3パターンの走行を行い、いずれも自己位置が急激に変化することなく、連続性を保ったまま時系列で繋がり、設定した走行経路を正しく認識できていることが確認できた。</p> <p>第5章では、本論文のまとめとして、各章で得られた結論と成果についてまとめ、今後に残された課題と自己位置同定手法を用いた展望について言及している。</p> <p>(2189文字)</p>			

論文要旨 (課程博士)
(欧 文)

東京工芸大学

学籍番号

1885001

氏名

渡邊 香

論文題目

Real-time Self-localization Method Robust to Noise and Kidnapped Robot Problem for Autonomous Mobile Robot

(300語程度)

The landmark project RoboCup is a well-known international robotics challenge that aims to advance robotics and artificial intelligence (AI) research, with the end goal of developing robots able to play soccer autonomously. One of the important elements for an autonomous soccer playing robot is self-localization because the position information of the robot becomes a determinant of strategic behavior and cooperative operation. Although local searching is accurate, the lack of global searching results in the kidnapped robot problem.

In the kidnapped robot problem, the robot misrecognizes its own position information by convergence to a local maxima in optimization of self-localization. Thus, we propose a self-localization method that generates the searching space on the basis of model-based matching using information regarding the white lines on the soccer field of the RoboCup middle-size league (MSL), which has the largest field size (12×18 m). Here, the robot's position is recognized by optimizing the fitness function using a genetic algorithm (GA), which is an AI program that is well known as a parallel search and optimization process that mimics natural selection and evolution.

In this report, we adjust the parameter set of the GA by considering the kidnapped robot problem on the basis of preliminary experiments and evaluate the accuracy of the proposed self-localization method. We also verified the difference in accuracy for self-localization between specialists and beginners and found that accuracy is completely different depending on color calibration skill. Furthermore, experiments revealed that the proposed self-localization method is sufficiently robust to enable robots to play soccer. Finally, we verified that the proposed real-time self-localization method is robust to noise and the kidnapped robot problem due to using the global/local searching ability of the GA.

指導教授 氏名

鈴木秀和



学位論文に含まれる文献一覧

渡邊 香

申請者氏名

本論文に含まれる自著(共著を含む)文献の題名	発表者名(全員)	公表の方法	公表の時期
<ul style="list-style-type: none"> 査読付き論文 Real-time Self-localization using Model-based Matching for Autonomous Robot of RoboCup MSL	<u>Kaori Watanabe</u> , Yuehang Ma, Hidekazu Suzuki	Journal of Robotics, Networking and Artificial Life, Vol. 7, No. 2, pp. 98-102	2020年9月
<ul style="list-style-type: none"> 査読付き国際会議 Real-Time Self Localization for Autonomous Robot of RoboCup MSL	<u>K. Watanabe</u> , Y. Ma, T. Yoshida, H. Suzuki	ICAROB2020, OS22-1, pp. 94-97	2020年1月
Real-Time Self-Localization Using a Genetic Algorithm Based on Color Detection	<u>K. Watanabe</u> , Y. Ma, T. Yoshida, H. Suzuki	IWACIII2019, SUN4-A4	2019年11月
<ul style="list-style-type: none"> 査読なし国際会議 Accuracy Verification for Self-Localization Depending on Color Calibration Skill	H. Suzuki, <u>K. Watanabe</u>	Proceedings of 2nd International Symposium for Color Science and Art 2020, pp. 37-38	2020年3月
Real-Time Self-Localization Using a Genetic Algorithm Based on Color Detection	<u>K. Watanabe</u> , H. Suzuki	Proceedings of 1st International Symposium for Color Science and Art 2019, pp. 53-54	2019年3月