

B3-4 魚眼カメラを用いた全天周ビジョンシステムによる 自律移動ロボットのナビゲーション

福井大学 工学部 知能システム工学科 進化ロボット研究室
日比野 文則 (指導教員：高橋 泰岳, 前田 陽一郎)

1. 緒言

近年、複雑な環境下でも自律的に行動する自律移動ロボットに関する研究が盛んに行われている。例えばサッカーを題材にした RoboCup 中型ロボットリーグでは周囲 360 度の全周環境を取得するためにオムニミラーを用いた全方位カメラ [1] がよく用いられる。オムニミラーを用いた全方位視覚システムを用いた研究は従来より多くあり、当研究室でもマルチ全方位ビジョンシステム (MOVIS) [2] を提案している。しかし、オムニミラーを用いた全方位視覚システムは、オムニミラーを地面に向け下からカメラで撮影する構成の場合、自身より水平面上側の情報を得ることはできず、周りに人物や移動物体が多く集まった場合にオクルージョンが発生し、安定した自己位置同定が困難になる場合がある。

一方で天井方向の視覚情報は、オムニミラーを用いた全方位視覚システムによる周囲視覚情報に比べて、他の移動体によるオクルージョンが少なく、安定的に取得しやすいという利点がある。天井には照明をはじめとしてエアコンやスピーカーなど、特徴となり得るものがある場合が多い。紙ら [3] は天井の照明を用いたナビゲーションと大域的な自己位置同定を行い、福田ら [4] は天井エアコンの空気の吹き出し口 (アネモ) をランドマークとし、自己位置及び姿勢の補正を行っている。しかし、天井の照明やエアコンなどは規則的に配置されていることが多く誤認識しやすいという欠点がある。

そこで本研究では、魚眼カメラとオムニミラーを用いた全方位カメラを組み合わせ、水平・垂直にほぼ全周の環境を取得可能にした全天周ビジョンシステムにより、周囲の変化に対してロバストなナビゲーション手法を提案する。本報告ではロボカップサッカーフィールド内において、魚眼カメラのみを用いたシステムの性能評価を行った。

2. 魚眼カメラによるナビゲーション手法

本研究で報告する魚眼カメラによるナビゲーション手法の処理を示す。本報告では回転方向の動きは考慮せず、並進のみを扱う。

2.1 テンプレート画像の取得

天井を映したテンプレート画像を、フィールド上で格子状に複数点取得する。この画像は魚眼カメラで撮影するため、魚眼画像である。テンプレート画像の例を図 1 に示す。

2.2 オプティカルフローの検出

計測地点の画像とテンプレート画像とのオプティカルフローをブロックマッチング法を用いて求める。

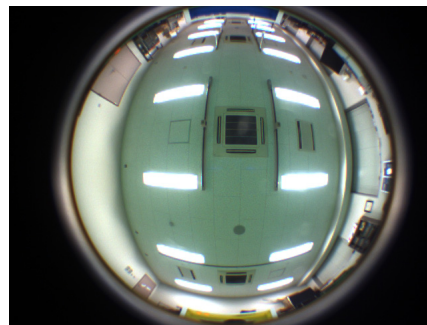


図 1 テンプレート画像の例

2.3 現在地の特定

画像間の類似度を求めるため、得られた動きベクトルのばらつき具合を評価値として求め、どのテンプレート画像の位置に近いかを求める。評価値は式 (1)(2) により求める。

$$E_i = \sum_{j=0}^N |v_j|^2 - k \sum_{j=0}^N v_j \cdot \bar{v} \quad (1)$$

$$\bar{v} = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^N v_j \quad (2)$$

E : 評価値、 N : サンプル点の数、 v : 動きベクトル、 k : 重み係数、 \bar{v} : 動きベクトルの平均

今回は $k = 1$ とした。評価値 E は動きベクトルのばらつきが少ないことを示し、現在地の画像とテンプレート画像が一致していることになるため、小さいほど良い。

3. 実環境における実験

魚眼カメラを用いた天井方向の視覚情報によるナビゲーション手法の有効性を検証するため実環境における実験を行った。

3.1 実験方法

本システムを搭載したロボットを図 2 に示す。ロボットには魚眼レンズ、カメラ、ノートパソコン、全方向移動機構が搭載されている。また実験は研究室に設置されているミニチュアサッカーフィールドで行った。

テンプレート画像はあらかじめ 1メートル毎に、図 3 の黒丸の地点において取得した (以下ポイント (y,x) と表記する)。その後、テンプレート画像取得位置と同じ全 35 箇所にロボットを置いて実験を行った。

3.2 実験結果

検出したオプティカルフローを描画した画像の例を図 4 に示す。またローカライゼーション実験の結果の

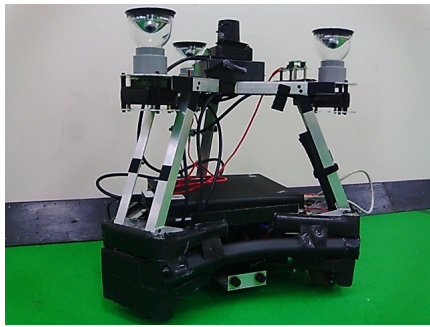


図2 サッカーロボット

ク認識による自律移動ロボットのナビゲーションと位置補正実験),” 日本機械学会論文集 (C編), 60巻, 573号, pp.1743-1750 (1994)

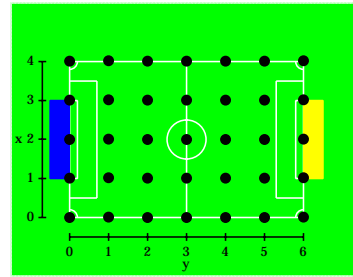


図3 テンプレート画像取得位置

一部を図5、6に示す。図5では、ポイント(0,0)において評価値が小さい、つまり現在地が(0,0)であるとうまく求められていることがわかる。図6においてもポイント(5,1)において評価値が小さくなっている。他のポイントにおいても同様の結果が得られた。

3.3 考察

今回の実験ではうまく位置を特定することができたが、例えば図5においてポイント(0,0)付近、特に $x=0$ の列では全体的に評価値が小さくなっている。これは、この付近では特に天井の視覚情報が似ているため、評価値が小さくなったと考えられる。

天井の視覚情報のみでも位置を特定できた理由としては、まず幅広い視野を持つ魚眼カメラを用いたことが挙げられる。天井には蛍光灯やエアコンなどが比較的規則正しく配置されている。狭い視野しか持たないカメラの場合は蛍光灯しか映せないこともあり、その場合は複数のポイントにおいて似たような結果が出ることもありうる。しかし魚眼カメラの場合はほぼ天井全体を見渡すことが可能なため、天井全体をランドマークとして利用できることが考えられる。

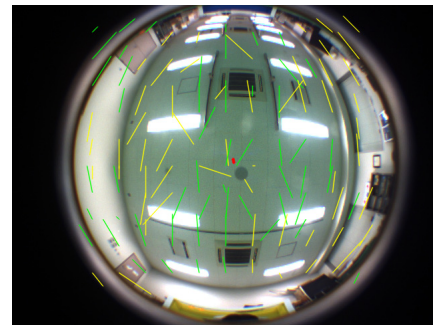


図4 検出したオプティカルフロー

4. 結言

本研究では、魚眼カメラと全方位カメラを組み合わせた全天周ビジョンシステムによるロバストなナビゲーション手法を提案し、今回は魚眼カメラのみを用いたシステムの性能評価を行った。実験より、天井の視覚情報のみでも位置を特定できることがわかった。今後の課題として、実機によるナビゲーションを行う、全天周ビジョンシステムを構築するなどが挙げられる。

参考文献

- [1] 山澤一誠, “ミラーを用いた全方位カメラの原理と特徴,” 情報処理学会研究報告, 2001(4), pp.155-160 (2001)
- [2] 井戸大介, 前田陽一郎, “MOVISによる物体認識および動的自己位置同定手法,” 第24回日本ロボット学会学術講演会, CD-ROM, 1B22 (2006)
- [3] 紙弘和, “天井画像を用いた屋内ナビゲーション,” 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科修士論文 (2001)
- [4] 福田敏男, 伊藤茂則, 太田伸之, 新井史人, 阿部靖則, 田中幸悦, 田中祥夫, “自律移動ロボットの視覚によるナビゲーションシステム(天井のランドマー

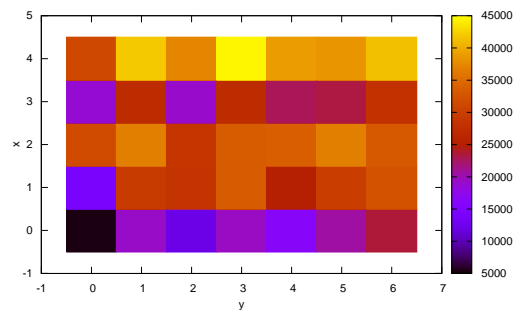


図5 ポイント(0,0)における評価値

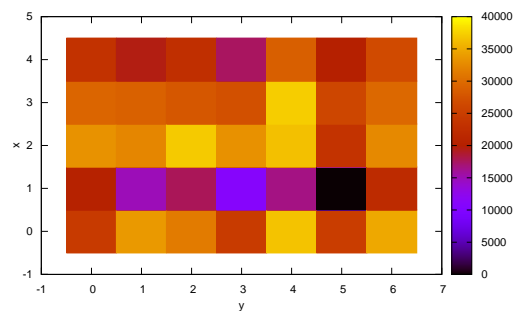


図6 ポイント(5,1)における評価値