

B5-3 移動ロボットのための全天周視覚システムによる 人間指示認識システムの開発と評価

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
吉田 享平 (指導教員：高橋 泰岳, 前田 陽一郎)

1. 緒言

近年、ロボットが日常生活において人間と接する機会が増え、より身近になってきている。人とロボットのインタラクションにおいて、直感的なインターフェースがユーザにとって重要となる。例えばロボットのナビゲーションタスクにおいて、ジョイスティックやゲームパッドなどはユーザがロボットの運動機能を理解し、物理インターフェースに慣れた上で操作せねばならず、ユーザが操作に慣れるまでに時間がかかる。しかし、指さしならば人間の直感的な指示が簡単にできると考えられる。

従来のジェスチャ認識に関する研究では、人間と対面式 [1] であるものが多い。これらはロボットが人間と同じ高さだと想定されているからである。しかし、現在家庭内で使うことを想定されているロボットはSONYのAIBOやNECのPaPeRoなど人間より背が低く、従来の方法はそのままでの適用が難しい。

一方で、カメラを天井方向に向け、移動ロボットの自己位置同定やナビゲーションを行う研究 [2] がある。天井方向にカメラを向けると、他の移動体によるオクルージョンが比較的少なくなり、安定的にランドマーク画像取得が可能となる。魚眼レンズを天井方向に向けて搭載すれば、背の低いロボットが広い視野角を持って人間の指示を観測できる。

そこで本研究では、魚眼カメラと全方位カメラを組み合わせた水平・垂直にほぼ全周環境を取得可能な全天周視覚システムを用い、指さしによる直感的な操作法を提案する。

2. 全天周視覚システム

本研究室で提案している全天周視覚システムの概略を図1に示す。魚眼カメラを天井方向に、全方位カメラを地面方向に取り付けることによって、魚眼カメラで上方、全方位カメラで下方の画像を取得することができる。取得された画像を図2,3に示す。これにより、ロボット単体で環境変化に順応しながら人間指示を認識して移動することが可能となる。

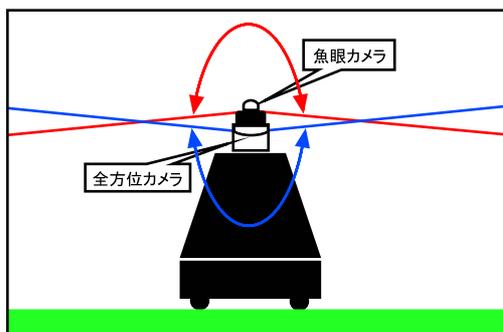


図1: 全天周視覚システム (横から見た図)

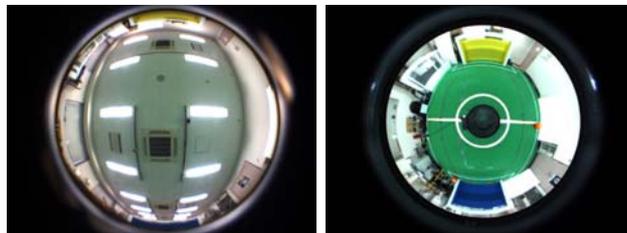


図2: 魚眼カメラ画像

図3: 全方位カメラ画像

3. 人間指示認識システム

本報告では、事前研究として魚眼カメラのみを用いたシステムの構築を行う。ユーザに指定の色のマーカーを着用させ、取得した画像から青色と赤色の領域を抽出し、最大青色領域をユーザの手先、最大赤色領域をユーザの胴体として認識する(図4参照)。ロボットは手先と胴体が重なる位置まで移動を行い、その地点を目標到達地点とする(図5参照)。

本研究で使用するサッカーロボットは、図6で示すオムニホイールを用いた全方向移動機構のものを使用する。 x, y 座標はロボットの右、前方向を表し、平面上を回転 w を含む v_x と v_y のどの方向にも移動できる。ナビゲーションのための移動ベクトル $\mathbf{u} = (v_x, v_y)$ を以下の式で設計する。

$$\mathbf{u} = k(\mathbf{x}_h - \mathbf{x}_b) \quad (1)$$

k は制御ゲイン、 \mathbf{x}_h と \mathbf{x}_b は画像から抽出した手先と胴体のそれぞれの中心ベクトルを表す(図7参照)。実際の天井画像上では物体は左右逆に投影されるため、移動ベクトル \mathbf{u} を計算する際は天井画像上における x 座標は反転する。また回転速度 w は、ナビゲーション実験に直接関係しないので0とした。

しかし式(1)では、ロボットとユーザの距離に比例してベクトルが小さくなり、ロボットの移動速度が遅くなってしまふ。そこで式(2)に示す補正を行う。

$$\mathbf{u} = k(\mathbf{x}_h - \mathbf{x}_b) \frac{S_{max}}{S} \quad (2)$$

S_{max} は事前実験から得られたカメラが取得できる最大赤色ピクセル値、 S は現在カメラが取得した赤色ピクセル値である。 S_{max} を S で割り、式(1)に掛けることによって移動ベクトルが大きくなり、移動速度を補正できる。

4. ナビゲーション実験

提案手法の有効性を検証するため、実験室内のミニチュアサッカーフィールドにおいて3つの実験を行った。

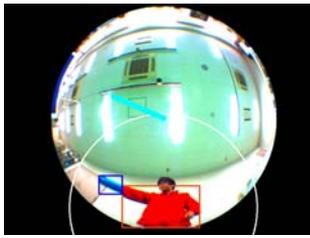


図 4: 抽出結果

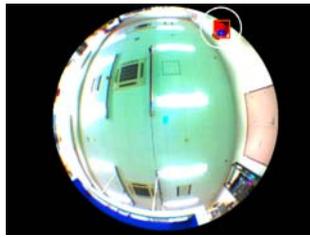


図 5: 目標到達地点

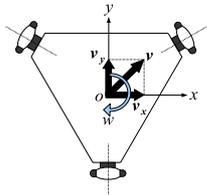


図 6: 全方向移動機構

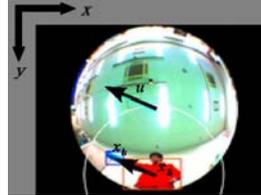


図 7: 移動ベクトル

4.1 固定点へのナビゲーション精度

実験環境を図 8 に示す。ユーザはオレンジ色の地点に立ち、サイドラインと垂直方向に体を向け、0.5m 間隔の格子状領域の各交差点を指さす。ユーザがさし示した地点とロボットが移動して収束した地点との誤差を計測する。実験結果を図 9 に示す。フィールド x 軸負方向における誤差は x 軸正方向における誤差よりも大きくなった。これはフィールドの x 軸負方向を指さした場合に腕が交差し、手先と胴体との距離が短くなったため誤差が大きくなったと考えられる。

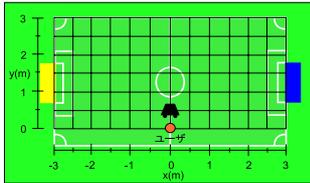


図 8: 実験環境

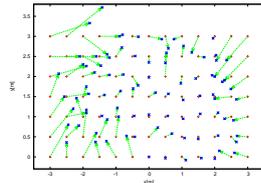


図 9: 実験結果

4.2 経路上のナビゲーション実験

実験環境を図 10 に示す。サッカーフィールドに描かれた長方形の経路に沿って指さしを行った。経路のサイズは $2.6\text{m} \times 1.7\text{m}$ でユーザは経路を 10 周する。実験結果を図 11 に示す。緑の線が経路、赤色の線がロボットの軌跡を表している。ロボットは経路上をはみ出すこともあるが、全体的にはユーザの指さした経路に沿ってナビゲーションできることがわかった。

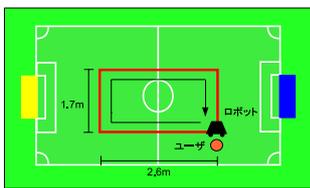


図 10: 実験環境

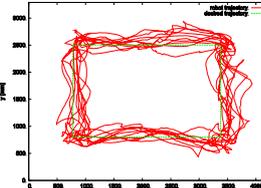


図 11: 実験結果

4.3 比較実験

指さしによる直感的な操作法の有効性を検証するため、他の操作法との比較実験を行った。実験は 20 代前半の男女 11 名が行い、「指さし」「ジョイスティック」「ゲームパッド」でロボットを操作してもらった。被験者にはアミューズメント性、操作性、嗜好性を 5 段階評価で評価してもらった。評価結果を図 12,13,14 に示す。操作性では、使い慣れている「ゲームパッド」の評価が

高かったものの、「指さし」による操作方法が全体を通して一番高い評価を得られた。

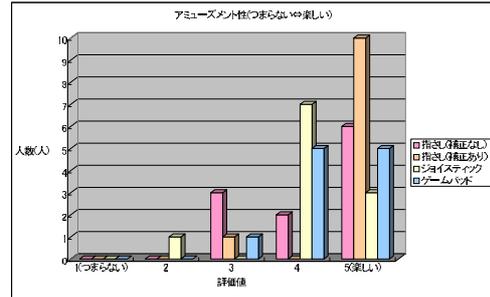


図 12: アミューズメント性

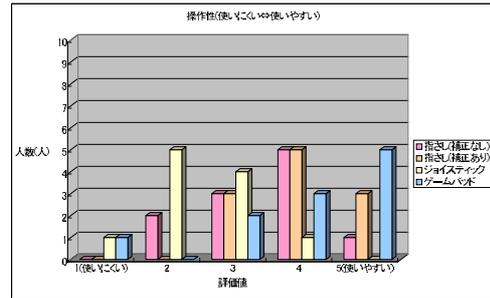


図 13: 操作性

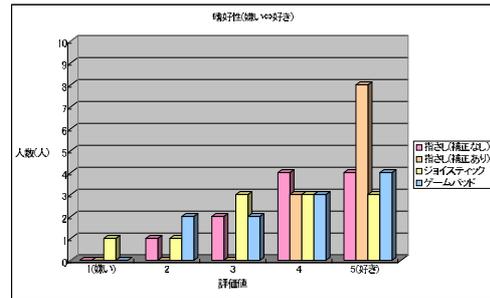


図 14: 嗜好性

5. 結論

本研究では全天周視覚システムを用いた人間指示認識システムを提案し、本報告では魚眼カメラのみのナビゲーション実験を行った。実験結果から、直感的なインタフェースを行うのに指さしによるナビゲーション手法は有効であることが示された。ナビゲーション精度が向上すればさらに良い印象評価結果が得られると考えられる。また、現段階ではロボットが移動するまでユーザが指をさし続けなくてはならず、ユーザは特色色の上着と手袋を着用する必要がある。今後の課題として、ユーザの指示動作からロボットが方向と距離を推定することなどが挙げられる。

参考文献

- [1] 岡 隆一, 西村 拓一, 矢部 博明, “ジェスチャ動作の動画画像からのスポッティング認識について,” コンピュータビジョンとイメージメディア, pp.54-68(2002)
- [2] 日比野 文則, 高橋 泰岳, 前田 陽一郎, “天井画像の局所特徴量に基づく自律移動ロボットの自己位置同定,” FAN2010, S7-2-3(2010)