

知的画像処理による3次元移動ロボットの制御 Control of Robot Helicopter by Using Intelligent Mobile Image Processing

石川仁史[†]
Hitoshi Ishikawa

宮原彬[†]
Akira Miyahara

長山格[‡]
Itaru Nagayama

1. はじめに

日本は地震や台風などの自然災害が発生しやすい国土である。災害時における緊急避難・救助活動では、被災状況や交通状況を速やかに把握することが重要となる。このとき、航空機や人工衛星で上空から俯瞰撮影した画像を用いて地上の被害状況・交通状況等を把握できれば、速やかな搜索・支援活動が可能になる。

一方、近年の技術革新に伴ってレスキューロボットや道案内ロボット、小惑星探査ロボットなど、移動ロボットの研究開発が多数行われている [1][2]。自律的に環境情報を処理して移動するロボットでは、対象物認識と環境に応じた判断機能の実装が重要である。特に、ヘリコプター型ロボットは広範囲を飛行可能である等、運動性能が高いため災害救助時の観測機や搜索機として活用できる。我々の研究室では、ヘリコプター型ロボットにおいて、俯瞰視点からの一般物体認識能力を備えた知的制御ソフトウェアシステム (ISGOR-V: Intelligent Software with Generic Object Recognition at Bird's View) の研究・開発を行っており、これが実用化されれば様々な状況での活用が期待される。

本研究では、海難救助や被害観測における搜索を支援・自動化することを目的として、ヘリコプター型ロボットを用いた基本的な自動搜索支援システムを開発する。すなわち、Haar-like 特徴に基づいた検出器を用いて、俯瞰視点から特定の対象を識別する機能の構築を試みた。本発表では、一般物体認識能力を構築する予備実験として、Haar-like 識別器による特定の平面記号を対象とした識別実験について報告する。

2. ヘリコプター型ロボットシステム

図1に本研究室において開発中のヘリコプター型ロボット制御システムの概要を示す。ヘリコプター型ロボットとして AR Drone (Parrot 社) を採用しており、これには前方と下方を撮影するカメラが搭載されている。制御用計算機を直接ヘリコプター型ロボットに搭載することは、現時点では積載量過重となって現実的でない。そのため、ロボットと制御用計算機を常時無線接続することにより一体として運用されるシステムとなっている。制御用計算機はヘリコプター型ロボットからの各種センサー信号を受信するとともに、飛行方向、高度、着陸、離陸などのコマンドを送信することが可能であり、ヘリコプター型ロボットを自由にコントロールできる。また、制御用計算機の ISGOR-V システムは C 言語で記述されており、ニューラルネットワークやファジィ推論器、事例ベース推論システム等を実装することができる。

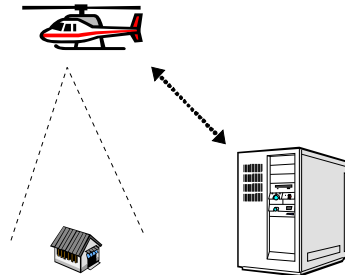


図1: ヘリコプター型ロボットシステム概要

ここで、制御用計算機の ISGOR-V は、ロボットから送信される各種センサー信号およびカメラ映像を解析して、目標となる物体・記号等を自動探索・識別するとともに適切な行動を推論し、制御コマンドを指令する。ところが、一般に搜索時は上空からの俯瞰撮影となるため通常の物体認識とは異なる困難が生じる。すなわち、カメラ視点位置が3次元的に変化するため目標物体の種別や状況の見え方が大きく変動し識別が困難になる。従って、なんらかの方法で、3次元自由視点認識機構を実現する必要がある。そのため、本稿では Haar-like 特徴検出器とカスケード識別法に注目し、これを用いて実現することを試みた。





3. 目標識別器の構成

3.1. Haar-like 特徴による基本識別器

Haar-like 特徴とは、画像における特徴量として、近接する2つの矩形領域 r_1, r_2 の明度差を式 (1) により求めることで得られる特徴量 ($H(r_1, r_2)$) であり、図2のようなパターンが用いられる [3][4]。ここで $S(r)$ は、領域 r の明度和を求める関数である。図2のパターンは、P.Viola らによって提案された基本パターンを R.Lienhart らが拡張設計したものであり優れた検出精度を持つ。また、多数の特徴検出器の出力を高速処理するため、これらの特徴検出結果はカスケード構成された棄却過程を経て認識候補が絞り込まれる [3]。本研究では、R.Lienhart らによって提案された手法を用いてヘリコプター型ロボットの基本識別器を構築した。

$$H(r_1, r_2) = S(r_1) - S(r_2) \quad (1)$$

3.2. 搜索ターゲットの訓練

搜索ターゲットとして、「」、「」、「」、「」の数種類の目標マークを用いた。これらを図3に示す。これらの形状は、一般的に識別しやすく単純な構造であることから、特徴検出器と識別器の性能評価および分析に有用であると考えて採用した。これらの目標マー

[†]琉球大学工学部情報工学科, Department of Information Engineering, University of the Ryukyus, 1 Senbaru Nishihara, Okinawa 903-0129

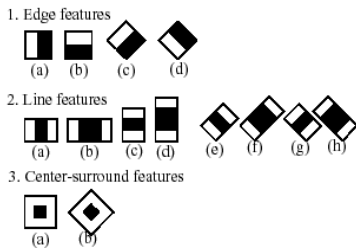


図 2: Haar-like 特徴

クを様々な位置から撮影し、識別器の訓練用データを作成するとともに識別器の訓練を行う。識別器は様々なサイズの入力に対して棄却する (F) か棄却しない (T) かを決定し、棄却しなければ入力を次段へ送る。最終的に残ったものが出力結果となる。ここで、識別器を複数用意して目標マーク毎に訓練し、個々の目標マークの検出に対応する複数の識別器を構築する。これによって得られた複数の訓練済み識別器の出力を統合し、最も確からしさの高い識別器の出力を認識結果とする。これを図 4 に示す。一方、Haar-like 特徴による訓練は、検出対象となるオブジェクトとオブジェクト以外の多数の背景データを用いて実行されるが、矩形状のオブジェクト以外に対しては反応しにくいという性質が知られている [6]。そのため、矩形状以外の対象に対する検出能力の向上も検討する必要がある。



図 3: 搜索目標マーク

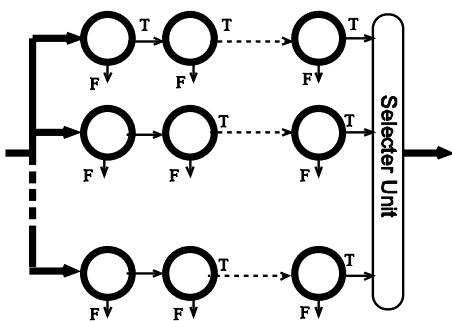


図 4: cascade selector 構成

4. 実験

フロア上に「」,「」,「」,「」の目標マークを配置し、それぞれの上空をヘリコプター型ロボットに飛行させて撮影データを収集する。飛行中の下方カメラ画角は約 60 度であり、下方に配置された目標マークはその範囲内で歪曲して撮影される。一方、前方に取

り付けられたフロントカメラ (画角約 90 度) はヘリコプター型ロボットの進行方向を撮影するので、飛行高度によって目標マークからの仰角が変化する。従って、図 5 のようにカメラに映る形状も変形するので、一般に識別は困難になる。さらに、飛行方向の違いによっても撮影される目標マークの形状は変化する。本稿では、このような視点位置を変えて撮影したマーク画像群を対象として、識別実験を行った。目標マークの形状変形の程度は回転角と仰角に依存するので、形状変化と識別率を比較検討することが出来る。



図 5: カメラ視点位置変化に伴う目標マークの変形例 (の場合。左:真上, 中:高々度, 右:低高度)

5. 結果とまとめ

撮影時の目標マークの見え方によって識別精度は変化する。ここで、識別精度に影響を与える要素として目標マークの上部方向を 0 度としたときの撮影角度で識別精度を評価した。その結果、目標マークの形状毎に識別率に有意差があり、識別器によって容易に識別可能なものと識別困難なものがあることが明らかになった。このような識別困難な目標マークに対応する特徴点を新たに用いる必要がある。識別結果の詳細は講演で詳述する。

今後の課題として、高精度な識別性能を達成すること、およびコーナーや鋭角形状が多い立体物の識別に関しては Haar-like 特徴だけでは困難である可能性が高いので、SIFT 等の局所特徴量を用いた手法を検討する。また、飛行中の撮影ぶれやピンぼけの影響を軽減する手法についても検討する必要がある。

参考文献

- [1] 小島篤博, 山内仁, 小枝正直: "レスキューロボットコンテストにおける計算機システムの開発", FIT2008, 講演論文集, Vol.4, pp.363-364(2008)
- [2] 幸喜奈月, 長山格, : "画像センシング情報に基づく自律移動ロボットの障害物回避に関する研究", FIT2004, 講演論文集, I-013, pp.27-28(2004)
- [3] Paul Viola and Michael J. Jones. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features. IEEE CVPR, 2001.
- [4] Rainer Lienhart and Jochen Maydt. An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection. IEEE ICIP 2002, Vol. 1, pp. 900-903, Sep. 2002.
- [5] 三田雄志, 金子敏充, 堀修, : "顔検出に適した Joint Haar-like 特徴の提案", 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2005) 論文集, pp.104-111, July 2005.
- [6] Gary Bradski, Adrian Kaehler, "Learning OpenCV", Oreilly Associates Inc.(2008)