

オプティカルフローを用いた進化型飛行船ロボットの行動獲得 Behavior Acquisitions of an Evolutionary Blimp Robot by Using Optical Flow

摂南大学 ○七野 慧, 片田 喜章

○ S. Shichino and Y. Katada, Setsunan University

Abstract Blimp robots, whose weights are lighter than air using levitation gas such as helium gas, have attracted much research interest in recent years. However, the dynamics of these robots is too complex because their behaviors are dependent on environmental state such as surrounding temperature and pressure. One approach to overcoming these problems would be to employ evolutionary robotics approach where robot control systems are designed by using evolutionary techniques for obtaining successful and robust behaviors. In this paper, experiments were conducted using a real blimp robot equipped with a camera to evolve vision-based navigation capabilities.

1 はじめに

3次元空間を移動できるロボットのプラットフォームとして機体内部に比重の軽い機体を充填して空中を漂いながら移動する飛行船ロボットが注目されている [1]. 特にヘリウムを充填して中性浮力に基づき空中移動を行う小型飛行船ロボットは、移動するために必要なエネルギーコストが小さく、また静穏であるため、屋内での観測活動などに応用が期待されている。一方で、飛行船ロボットは、大きな浮力を実現することが困難であり、ペイロードに制限があるために十分な駆動装置やセンサーなどを搭載することが困難である。また、慣性が大きく、環境内の微小な空気の流れに影響を受け、制御が容易ではないという問題をもつ。これに対し、ロボットが環境との相互作用を通して自らの振舞いを獲得していく進化ロボティクスアプローチは小型飛行船ロボットの制御に有効であると考えられる [2].

一般的に進化ロボティクスを含む自律ロボットの研究では、センサーとしてカメラを用いる場合が多い。この時、取得した画像情報から設計者が明示的に対象を抽出するように処理を行う。しかし、この方法は設計者のもつ問題の知識に依存し、本来、自律ロボットの研究が目指す適応性・頑健性を妨げる恐れがある。そこで、我々の研究グループでは文献 [3] で3次元空間をより速く移動することを目的とし、オプティカルフローを用いた進化型飛行船ロボットの行動獲得実験を行った。その結果、最終世代において、速く移動する個体を多く獲得したが、空間中で大きく位置を変えずに旋回もしくは回転を続けてしまう個体も見られた。その原因として、定義した適応度関数が、試行中の速度の大きさを平均していることが考えられる。そこで、本稿では文献 [4] を参考に

前進・旋回用モーターの出力差が小さくなるように適応度関数を変更し、飛行船の行動獲得について実験を通して検証する。

2 飛行船の行動獲得

2.1 実験環境

Fig.1(a) に実験環境を、Fig.1(b) に実験に用いる飛行船ロボットを示す。飛行船ロボットはバルーン・プロペラユニット・カメラから成る。プロペラユニットは市販の飛行船の本体を使用している。バルーンは直径 800mm、プロペラユニットの重量は約 55g(カメラを含む)、駆動用として前進・旋回用に 2つ、上昇・下降用に 1つ合計 3つの DC モーターを備え、プロペラにそれぞれ接続されている (Fig.1(c)). 機体下部に無線 CMOS カメラを搭載する。カメラ画像の受信および ANN の出力によるモーターコマンドの送信は無線を介して外部に設置したデスクトップ PC から行う。飛行船ロボットシステムにおける制御の流れを以下に示す。

1. 飛行船ロボットに搭載されたカメラから送信される画像データを受信機で受信する
2. 受信した画像データを PC に取り込み、画像処理を行う
3. 画像処理の結果から ANN により行動出力を決定する
4. 決定された各プロペラへの出力は送信機からプロペラユニットへ送信される
5. 受信した出力値を元にモーターを駆動する

2.2 ロボットの入出力

本稿ではロボットの入力にフレーム間の各画素について、濃淡をもとにその対応点を求め、速度ベクトルを計算するオプティカルフロー [6] を用いる。Fig.1(a) の環境でオプティカルフローを入力として飛行船ロボットの移動速度の最大化を目指す。ただし、環境中の対象を明示的に抽出するといった処理は行わない。また、カメラ



(a) experimental environment



(b) blimp robot



(c) DC motors with propellers

Fig. 1: Experimental setup for a blimp robot

により取得した画像の中心部およびその周囲の動きを求めるために、Fig.2のように画像を9分割し、分割したセル毎にオプティカルフローによる速度ベクトルの大きさの平均を計算し、ANNの入力とする。本実験では3つの駆動用モーターの出力は正回転・停止の2種類を用いる。ANNの出力値 x が $x > x_{err}$ の場合に正回転、 $x < x_{err}$ の場合に停止とする (本実験では $x_{err} = 0.2$ と設定する)。

2.3 実験設定

飛行船ロボットの初期位置を環境中央、高さは床面より約1mとする。世代数50世代、個体数は25個体とし、各個体につき2試行を行う。ロボットの制御器として、ANN[3]を用いる。入力ノード数は $N_i = 9$ (9つに分割

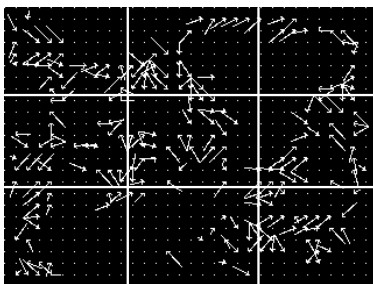


Fig. 2: Divided image with optical flow

したセル内における速度ベクトルの大きさの平均)、出力ノード数は $N_o = 3$ (前進用左右モーター・上昇用モーター)、中間ノード数は $N_h = 1$ とする。したがって、遺伝子長は $L = 52$ となる。進化手法として拡張型遺伝アルゴリズムの1つである OperonGA(OGA)[5]を用いる。ANNの結合荷重の符号を変数とし、コーディングを行う[3]。点突然変異率を $q = 1/L$ とする。OGAでは遺伝的操作として点突然変異に加えて5つの遺伝的操作を用いる。これらは結合、分割、重複、欠失、逆位とよばれ、各パラメータは文献[5]における推奨値を参考に、 $(g_{con}, g_{div}, g_{dup}, g_{del}, g_{inv}) = (0.3, 0.3, 0.6, 0.3, 0.3)$ を使用する。選択法としてトーナメント選択を行い、エリート戦略を適用する。OGAでは強い選択圧が推奨されていることから、トーナメントサイズを6に設定する。次の適応度関数を用いて適応度を計算する。

$$Fitness = \left(\frac{\sum_{t=1}^{MaxStep} \sum_{i=1}^n |v_i(t)|}{n \cdot MaxSpeed} \right) \times (1 - \sqrt{|O_R - O_L|})$$

ここで、 v_i は各画素における速度ベクトル、 O_R 、 O_L は前進・旋回用モーターへの出力値、 n は画素数、 $MaxSpeed$ はその画素の計算上取り得る速度の最大値であり、 $MaxStep$ は1試行の最大ステップ数である。オプティカルフローをANNの入力に用いる場合はセルに分割したが、評価に用いる場合は画像全体から速度ベクトルの大きさを求める。

3 おわりに

本研究では、より速く移動することを目的とし、オプティカルフローを用いた進化型飛行船ロボットの行動獲得実験を行った。本稿提出時に実験が終了せず、結果がまとまらなかったため、実験を継続している。シンポジウムでの発表までに実験を完了し、本研究の結果をまとめる予定である。

参考文献

- [1] 川端, 羽田, 浅間: 軽航空機 (LTA) ロボティクス, 日本ロボット学会誌, Vol.24, No.8, pp.901-905, (2006)
- [2] J.C. Zufferey, D. Floreano, M. van Leeuwen, and T. Merenda: Evolving Vision-based Flying Robots, In Proceedings of the 2nd International Workshop on Biologically Motivated Computer Vision (BMCV'2002), Lecture Notes in Computer Science, pp.592-600, (2002)
- [3] 片田, 永松, 森川: 簡易コーディングを用いた進化型ロボットの実際環境における行動獲得, 第17回インテリジェント・システム・シンポジウム講演論文集, pp.237-242 (8,2007)
- [4] D. Floreano and S. Nolfi: Evolutionary Robotics: The Biology, Intelligence, and Technology of Self-Organizing Machines, MIT press, pp.68-79, (2000)
- [5] 片田, 大倉, 上田: Neutral Networks を含む適応度景観における遺伝的アルゴリズムの進化ダイナミクス, システム制御情報学会論文誌, Vol. 17, No. 5, pp.187-195 (2004)
- [6] 安居院, 長尾: C言語による画像処理入門, 昭晃堂, (2000)