

群飛行ロボットを用いた自動監視システム

An Autonomous Security System Using Multi-Flying Robots

細井 一弘 杉本 雅則
Kazuhiro Hosoi *1 Masanori Sugimoto *1

*1 東京大学大学院新領域創成科学研究科
Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo

The final goal of our project is to develop multiple autonomous flying robots that can monitor indoor environmental changes. Flying robots have freedom to move in a three-dimensional space, and monitor the large area from a higher view point. These advantages are helpful for a security system in a place with many obstacles and with many people. Therefore we develop an autonomous security system using multi-flying robots. For this purpose, we use indoor blimps as platforms of the multi-flying robots.

1. はじめに

近年、自律移動ロボットの研究は盛んに行われており、オフィスや工場での使用を目的とした産業用ロボットだけでなく、AIBO に代表されるようなペットや友人としての役割を果たすエンターテインメント性を持ったロボットなど多種多様のロボット開発されている。しかしながら、それらの大半は地上で活動するロボットを対象としており、空中や水中を移動するロボットの研究は前者に比べて多くはない。本稿ではこの後者のうち空中を移動するロボットについて取り扱う。

空中を移動する飛行ロボットは、地上ロボットに比べて次のような利点がある。

- 整地されていない場所や瓦礫が散乱した場所でも移動が可能。(3次元移動可能。)
- 高い位置から観測することで、一度に広域の情報を取得することができる。
- 屋内で使用する場合、天井付近を移動することで、人間の作業の邪魔にならない。(人間の生活空間とロボットの移動空間が分離)

このような大きな利点を持つ飛行ロボットは実用化に向けて様々な研究がなされてきた。主にヘリコプターや飛行機、飛行船を用いた屋外用のロボットで、かなりの技術力と予算が必要とされていた。しかも自律移動を実現しているものは少ない。これらの理由から屋外用自律飛行ロボットを開発するのは難しい。

屋内用飛行ロボット Zhang[1] は、屋外用に比べて規模が小さく風などの外界の影響も少ないので、比較的低コストで実現できる。また屋内用の自律型飛行ロボットが実現できた場合、

- 倉庫のように荷物が散乱した場所での作業支援。
- 段差のある出入口や階段を経由する場所へのナビゲーション。
- 博物館のように展示品によって多くの視覚ができる場所での監視。

連絡先: 細井 一弘, 東京大学大学院新領域創成科学研究科, 千葉県柏市柏の葉 5 丁目 1-5 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 基盤棟 杉本研究室, 04-7136-3891, 04-7136-3891, hosoi@itl.k.u-tokyo.ac.jp

- 曲芸飛行や編隊飛行を可能とするエンターテインメントロボット。

等さまざまな応用が考えられる。

本研究ではこれらの応用の中から飛行ロボットによる監視システムの実現を目指す。既存のセキュリティ・ロボットは大型のものが多く、一般家庭や多くの人が集まる博物館やショッピングモールといった場所での利用には向いていない。またカメラを搭載した家庭用の小型ロボットもあるが低い位置からの監視のため、視界が狭くなってしまいう問題がある。これに対して飛行ロボットによる高い位置からの監視は死角を少なくするだけでなく、博物館やショッピングセンターのように多くの人が入り出すような場所でも、邪魔にならないという利点もある。さらに複数台の飛行ロボットを統合して利用することで、効率の良い監視が期待できる。

上記のシステムの実現に向けて本研究では小型飛行船を用いることにする。監視システムは場合によっては定点観測も必要となるので、飛行船のように安定した浮力を保てる機構は大きなメリットになる。飛行船にはペイロードを始めとするいくつかの問題点がある。本研究ではこれらの問題点を踏まえ、自律行動・監視のためには超小型ワイヤレスカメラのみを用い、また自律的移動のための位置・方向推定や制御機構、監視のための不審者検出アルゴリズムを構築する。

2. システムの基本構成

まず 1 台の飛行船によるシステムの構成について述べる。

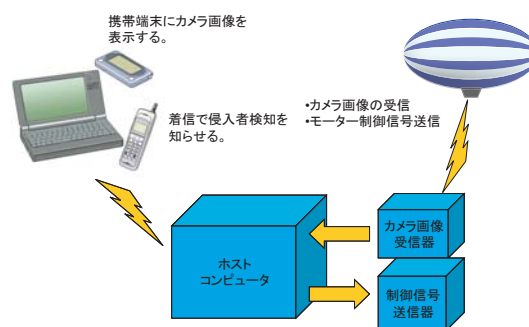


図 1: 基本構成

システムの基本構成は図 1 に示すように、主に飛行船、カメラ画像受信機、制御信号送信機、ホストコンピュータの4つから構成される。飛行船にはカメラが搭載されており、カメラから撮影された画像をカメラ画像受信機で受信し、A/D変換を通してホストコンピュータに送られる。ホストコンピュータの構成は図 2 に示す通りで、受信した画像を元に次の行動決定とまた環境の変化を読み取り、異常や不審者を発見した場合、ユーザの携帯端末に知らせる。

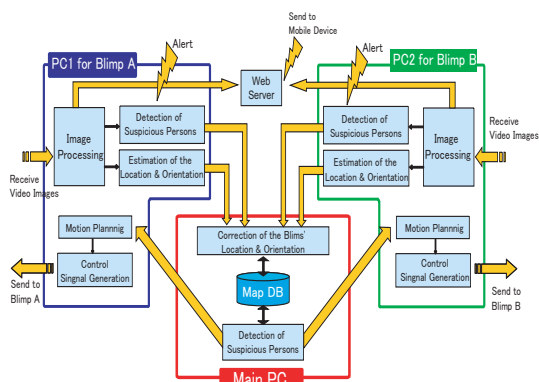


図 2: ホストコンピュータの構成

2.1 ハードウェア

飛行船には、市販の屋内用ラジコン飛行船 (タカラ ドリームフォース 02 スカイシップ) を用いる。飛行船のサイズは全長約 90cm でエンベロープ部に約 70 リットルのヘリウムを充填できる。ラジコン飛行船は浮力を得るためのエンベロープ部とモータ、プロペラ、制御信号受信機、バッテリーを統合した駆動部から構成される。さらに外界の情報を得るために、小型ワイヤレスカメラ (カメラ部) を搭載する。カメラはカメラモジュールと画像送信機が一体になっている。以上をまとめると飛行船は図 3 のように構成される。

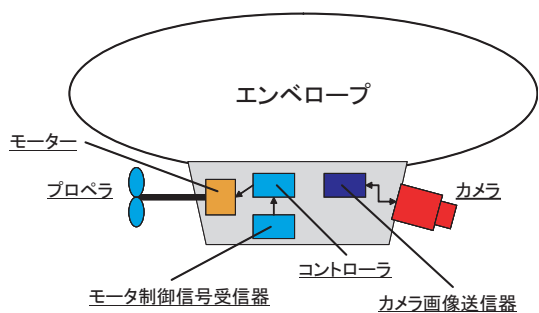


図 3: 飛行船の構成

3. シミュレータ

飛行船の内部構成を設計するにあたり、シミュレーションを用いた予備実験から制御系設計に関する知見を得る。

シミュレータはプロペラの推進力を入力とし、運動方程式を Runge-Kutta 法により数値解析して位置座標を求める。データの視覚化は DirectX を用いて飛行船の 3D モデルを表示する。また飛行船の Gondola 部分にカメラを設置したと仮定し

て、シミュレータ上の仮想環境でのカメラ映像を表示する。シミュレータ上での飛行船の自律移動には、このカメラ映像を利用して意思決定等を行う。シミュレータ上の飛行船の動作は、一般的な力学モデルに Zwaan の線形近似 [2] を用いて単純化した。

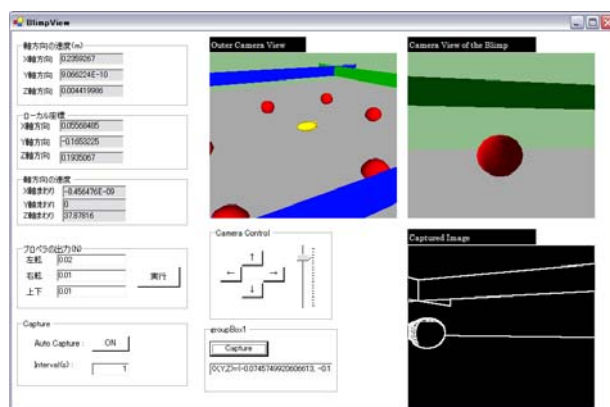


図 4: シミュレータ

4. おわりに

本稿では、飛行ロボットを複数台用いた群飛行ロボットによる屋内用監視システムについて提案した。飛行ロボットとしては屋内環境でも手軽に使える飛行船型ロボットを採用した。監視機構と自律移動機構を軽量で最小限のハードウェアで構成できるようにするため、超小型ワイヤレスカメラを用いて外部環境を観測することを提案した。また予備実験のためのシミュレータの構築について述べた。

今後の研究課題としては大きく分けて 2 つの課題がある。まず第一に飛行船の自律行動を実現することである。シミュレーションの結果から実機の内部機構を構築していく必要がある。具体的には 画像処理による位置・方向の推定、制御システム、自律移動に向けた行動の推定、群飛行ロボットによる位置補正などが挙げられる。実機に関しては、ひとまず 1 台のみで実装し、ある程度の方針を立て複数台での実装に移行する予定である。もうひとつの課題は、監視システムの実現に向けた監視機構を構築することである。具体的には不審者、不審物の発見機構や自動追尾機構等を検討している。

参考文献

- [1] Hong Zhang and James P. Ostrowski. Visual servoing with dynamics: control of an unmanned blimp. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Vol. 1, pp. 618-623, 1999.
- [2] Sjoerd van der Zwaan, Alexandre Bernardino, and José Santos-Victor. Vision based station keeping and docking for an aerial blimp. In *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems-IROS'2000*, pp. 614-619, 2000.