

## ノート

## 宙返り可能なバルーンロボットの研究開発

小林 祐介\*<sup>1)</sup> 佐々木 智典\*<sup>1)</sup> 益田 俊樹\*<sup>1)</sup> 森田 裕介\*<sup>1)</sup>坂下 和広\*<sup>1)</sup> 横山 幸雄\*<sup>2,3)</sup>

Research and development of somersaulting balloon robot  
 Yusuke Kobayashi\*<sup>1)</sup>, Akinori Sasaki\*<sup>1)</sup>, Toshiki Masuda\*<sup>1)</sup>, Yusuke Morita\*<sup>2)</sup>  
 Kazuhiro Sakashita\*<sup>3)</sup>, Yukio Yokoyama\*<sup>3)</sup>

キーワード：飛行案内ロボット, 宙返り, 重心移動機構, 姿勢制御

Keywords: Flying guide robot, Somersault, Balancing mechanism, Attitude control

## 1. はじめに

本研究では、「案内」、「見守り」、「警備」などのサービスで用いることが可能なロボットの開発を目指している。人との距離が近い、あるいは接触が必然となるため、移動ロボットには高い安全性が求められている。従来、アクチュエータの力やトルクは設計上のトレードオフの関係から移動ロボットは質量が大きくなってしまい、衝突した際の安全性に問題がある。そこで、軽い材料で飛行ロボットを作ることによって、より安全性を高められると考えられ、人と接触しても怪我が少ない気嚢を用いて内部に気体を充填する飛行船型（以下バルーンとする）に着目した。しかし、バルーンは、運動性能が低いため鈍重であり、障害物などへの回避能力が低く運用に限界があるため、「案内」や「見守り」などでの用途に課題がある<sup>(1)</sup>。そこで、バルーンの利点である軽量性を損なわずに、エネルギー消費が限りなく少なくその場で旋回できる機構の設計および試作を行い、ロボットに搭載した際の動作検証を行ったので報告する。

## 2. 重心移動機構

運動性能を向上させたバルーンロボットを実現するには、従来方法とは違う簡単な運動で姿勢を変えられる機構が必要になる<sup>(2)</sup>。そこで、浮心と重心の関係より、機体の重心側に着目した。重心を移動させたときに発生する力のモデルを図1に示す。シンプルにするため、球形状で計算した。初期状態では、浮心と重心は中心で同じ位置にある。風船の外周に重量  $M$  kg の錘を取り付けたとき、重心位置は  $G_1$  に移動する。 $G_1$  から下向きに  $Mg$  N の力が働き、 $B$  から上向きに浮力  $F$  N が働き、重心は浮心に対して鉛直下方に移動しようとする力が働く。この力を式 (1) で表す。

$$(ZG_1) \times Mg = (BG_1) \sin \theta \times Mg \quad (1)$$

ただし  $g$   $m/s^2$  は重力加速度、 $ZG_1$ 、 $BG_1$  は距離とする。

式 (1) より浮心位置を動かさず、重心位置を移動させることで、運動性能が向上できないかと考えた。重心位置が自由に移動可能になれば、姿勢制御が可能となり運動性能が向上すると考え、ピッチ方向とロール方向の重心を移動させ姿勢制御するために図2の機構を試作した。

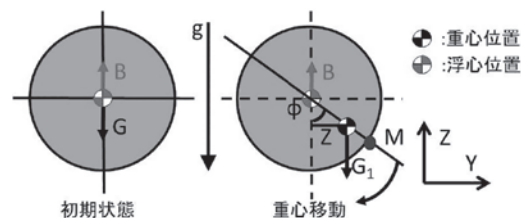


図1. 重心移動により発生する力モデル

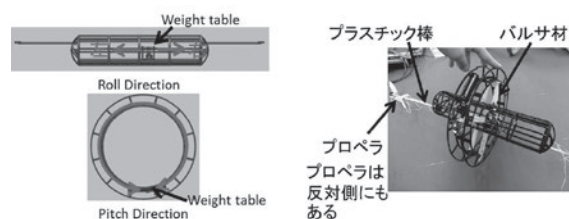


図2. 試作した重心移動機構

本機構は、それぞれの方向に姿勢制御に用いる錘台を搭載しており、矢印の方向に動くことで重心が移動する。錘台を  $360^\circ$  回転させることでピッチ方向の重心を移動でき、錘台を左右方向に移動させることでロール方向の重心の移動ができる。

## 3. バルーンロボットの実装

上記の機構を二つ組み合わせた機構を3次元造形装置で試作した。本機構は、推進用プロペラを2つ搭載している。姿勢・駆動制御基板は、Arduino Pro Mini (ATMEGA324搭載)、

事業名 平成26年度 基盤研究

\*<sup>1)</sup> ロボット開発セクター\*<sup>2)</sup> 機械技術グループ\*<sup>3)</sup> システムデザインセクター

Bluetoothモジュール, デュアルモータドライバ (推進用プロペラ制御用), モータドライバ (重心移動制御用), 9軸センサモジュール (3軸加速度, 3軸角加速度, 3軸地磁気) で構成されている。制作した基板を図3 (1) に示す。9軸センサの値から, 機体の上下, 左右, 前後方向とピッチ, ヨー, ロール方向の推定を行うことができる。姿勢推定の例を図3 (2) に示す。

気嚢材料は, アルミ蒸着フィルム 560 mm × 1,000 mm を用いた。アルミ蒸着フィルムは, ガスバリア性が高く, ヘリウムが抜けにくいのが利点である。フィルムをカットし, 溶着にて気嚢を製作した。その結果, 浮力が約75 gとなった。この気嚢を組み合わせてバルーン本体を製作した。浮力は300 g以上である。今後, 案内に使う機材やバッテリーの高容量化などで重量が増す可能性があるため, 浮力は余裕を持たせた。重心移動機構を搭載し試作したロボットを図4に示す。

#### 4. 評価

従来方法は, バルーンの気嚢内にバロネットといわれる空気嚢を設け, 膨張・収縮させることでヘリウムの体積を変化させ, 浮心を移動させることで船体のピッチ方向を調節している。そのため, 流出入する装置が必要になり, 機体が重く, エネルギー消費も多い。本研究では, 式(1)を基にした重心移動機構としているため, 図5に示す通りに錘台を移動させるだけで, ピッチ方向を制御できる。約3秒で宙返り可能であり, 理論通りの動きを得ることができている。また機構を軽量化させ旋回に用いるモータが1つで済むため, エネルギー消費が少なく, 1回の充電で約2時間の飛行ができる。その結果, 案内ロボットとして使用可能であると考えられる。

#### 5. まとめ

本研究では, 軽量の移動ロボットの開発に向けて, ロボットを軽量化できる飛行船 (バルーン) 型の重心移動機構, 制御システムの開発を行った。独自の重心移動機構の設計・試作により, その場での宙返りなどのアクロバットな動きが可能となった。また, 制御システムの開発では, 制御基板を新規に製作し, 姿勢と推進機構の制御を行うことを可能とした。今後は, 案内用のセンサを搭載するために機構の軽量化, 案内用のシステム開発を行う。

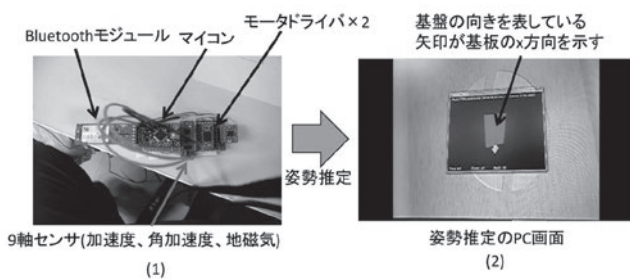


図3. 制御基板

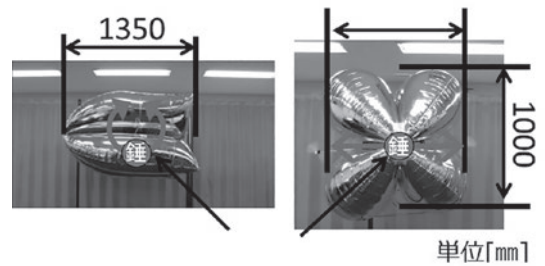


図4. バルーンロボット

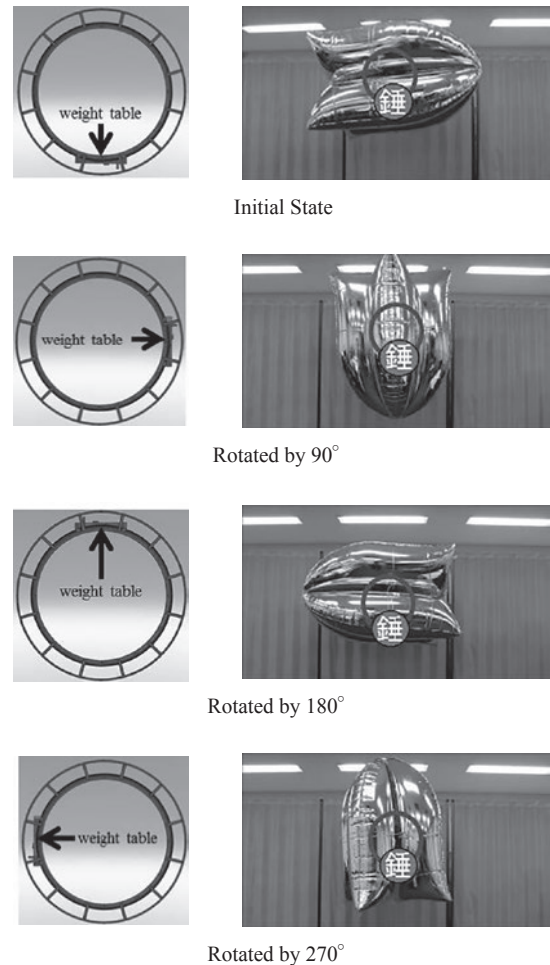


図5. ロボットの動作

(平成27年7月24日受付, 平成27年8月14日再受付)

#### 文 献

- (1) 小林, 益田, 坂下: 「空中における三次元移動型ロボットの開発」, 一般社団法人日本機械学会ロボティクスメカトロニクス部門, 2A1-B04 (2014)
- (2) 益田, 森田ほか: 「飛行装置及び駆動装置」, 特願2013-159010