

## 制御方法の改善による二重反転回転翼飛翔ロボットの高度自動維持性能の向上

東京電機大学 ○桑原広樹 堀内敏行

### 要 旨

人間の入ることのできない狭い空間や危険な屋内空間の状況把握に役立てるため二重反転回転翼飛翔ロボットを開発中である。本講演では微分回路を付加した制御方法の改良により超音波センサを用いた高さ維持能力が向上したことを報告する。超音波センサにより検出した位置情報と微分して得た速度情報に基づいて二重反転回転翼の回転数を変え、高さ制御を行った。その結果、約 1m の高さを ±20cm 以内の精度で 100s 間自動維持することができた。

### 1. 研究の背景・目的

人間の入ることのできない狭い空間や危険な場所での状況把握に役立てるため、屋内用の小型飛翔ロボットを開発中である。過去の研究では、水平加速度の検出と重心位置制御を用いた水平位置の維持<sup>1)</sup>や、補助翼と磁気センサを用いた方位維持が検討された<sup>2)</sup>。しかし、これらの過去の研究では、高度制御を手動で行っており、意図する高さの維持には熟練が必要で、ロボットに搭載したカメラの映像などを基に遠隔操縦することはさらに困難であった。ロボットを操縦しやすくするためには、高度も自動維持できるようにする必要がある。方法として他機関から GPS で高さを検出してメインロータ回転数で制御する方法などが報告されているが<sup>3) 4)</sup>、筆者らは超音波距離センサを用いた高度自動維持制御を検討している<sup>5)</sup>。ここでは、超音波距離センサを用いた高さ自動維持の制御方法を改良し、高度維持能力の向上を検討した。具体的には超音波距離センサを用いた制御に微分回路を加えて速度も判断条件とする制御方法に改良した。

### 2. 超音波センサを用いた高さ制御

#### 2.1 超音波センサの特性確認

図 1 に実験で使用した超音波センサ(浅草ギ研, PING)の外観を示す。

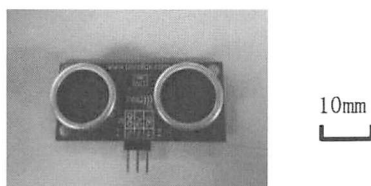


図 1 超音波センサの外観

測定対象物までの距離を超音波が跳ね返ってくる時間で測定する仕組みであり、センサの最大測距範囲は 3m である。

飛翔ロボットの下方に存在する物質の種類によってセンサの出力に誤差が出ることが懸念されたため、様々な材質の床に対

しての距離出力を調査した。結果を図 2 に示す。一般的に利用されている床の材質ではほぼ誤差なく測定可能であることが分かった。一番誤差が大きくなった場合でも、絨毯床の 2m 地点の誤差 4cm であった。

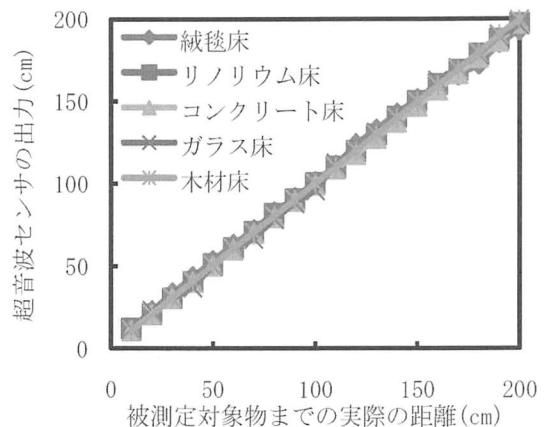


図 2 床材の違いによる超音波センサ出力の変化

飛翔ロボットが傾くことによって多少の誤差が出ることが念頭に置けば、検討した超音波センサは高さ測定に有用であることが分かった。

#### 2.2 微分回路の付加

高度自動維持の制御回路に微分回路を組み込み、制御能力の向上をはかった。微分回路の外観を図 3 に示す。超音波距離センサの出力を、抵抗とコンデンサ、オペアンプからなる微分回路によって微分し、ロボットの上下動の速度を得た。

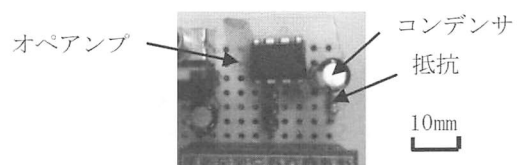


図 3 制御基板に取り付けた微分回路

### 2.3 高度制御実験

揚力を得るための二重反転メインロータとジャイロセンサ出力に基づいて方位を自動維持制御するための補助翼を有する飛行ロボットを飛行実験用に製作した。製作した飛行ロボットを図4に示す。寸法は350×350×225mm、重量は240gfである。超音波センサで測定した高さに応じてマイコン(Atmel, ATmega32)でアンプ(GWS, ICS600Li)に信号を送ってメインロータの出力を制御した。

操縦機から送信されたパルス信号を、飛行ロボットに搭載された受信機(BLUE BIRD, BL-9)で受信してパルス幅を測定した結果、操縦機のジョイスティックの傾きに応じて1.12~1.92msに変化した。そこで、マイコンから同様のパルスを出し、メインロータ出力を変化させてロボットの高さ方向の位置を維持した。

図5に制御フローチャートを示す。速度 $V < 0$ はロボットが下降中であることを意味する。実験は平らなリノリウム床上で行った。高さ制御実験中の飛行ロボットを図6に示す。また、ロボットの床面からの高さの経時変化を図7に示す。地上から100cmの高さに維持するという目標に対し、 $100\text{cm} \pm 20\text{cm}$ の範囲に100s間自動維持できた。

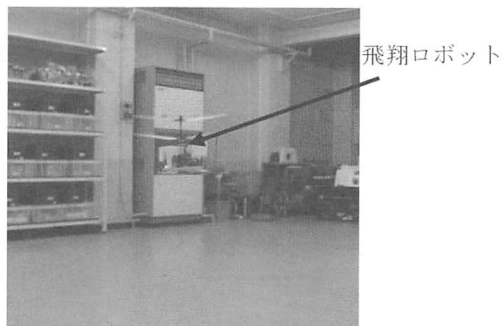


図6 高さ制御実験中の飛行ロボット

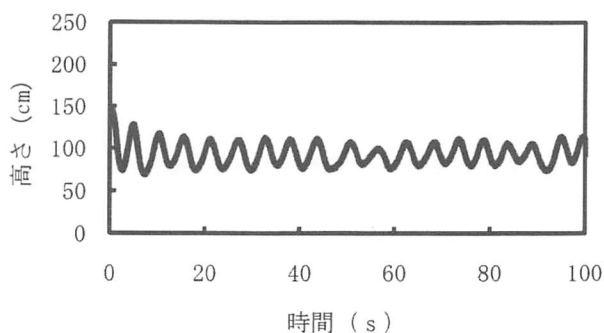


図7 高さ自動維持制御の実験結果

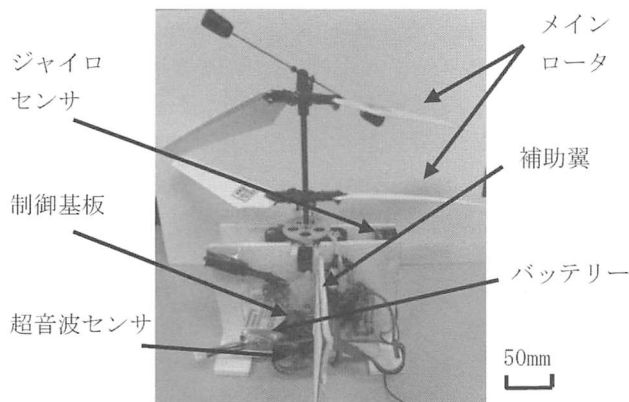


図4 高さ制御実験用に製作した飛行ロボット

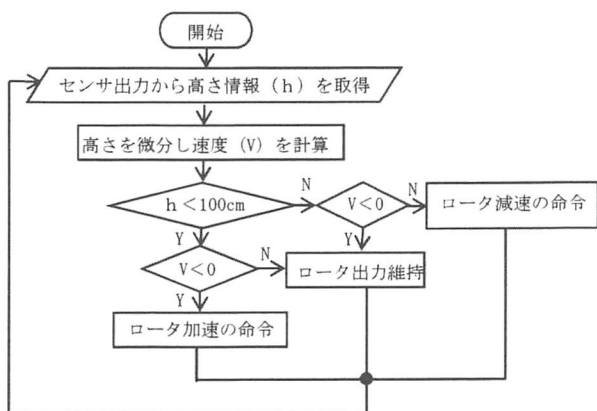


図5 高さ制御のフローチャート

### 3. 結言

超音波センサとマイコンを用いた高度自動維持制御系に微分回路を加え、高さ方向の手動操作無しで目標高さの $\pm 20\text{cm}$ 以内に約100s間維持することができた。今後、さらに高度維持精度を向上させ、より安定した飛行を実現したい。

### 参考文献

- 1) 桑原広樹, 宇野真矢, 篠田大地, 関博, 長倉朋子, 堀内敏行: 加速度センサを用いた飛行ロボットの水平面内自動静止維持に関する検討, 2010年度精密工学会東北支部学術講演会講演論文集(2010)16.
- 2) 宇野真矢, 大塚慎一郎, 堀内敏行: 地磁気方位センサを用いた小型飛行ロボットの方角制御, 第26回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, (2008)RSJ08-0212.
- 3) 羽沢健作, 辛振玉, 藤原大悟, 野波健蔵: ラジコンヘリコプタの姿勢制御・ホバリング制御, 日本機械学会論文集, **68**, 675(2002)148.
- 4) 羽沢健作, 辛振玉, 藤原大悟, 野波健蔵: ホビー用小型無人ヘリコプタの自律制御, 日本機械学会論文集, **70**, 691(2004)33.
- 5) 桑原広樹, 長倉朋子, 篠田大地, 関博, 堀内敏行: 超音波センサを用いた二重反転回転翼飛行ロボットの高高度自動維持, 2010年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集(2010)25.