

小型飛翔ロボットの壁面への吸着静止維持

東京電機大学 ○池田隼悟, 小田哲也, 堀内敏行

要 旨

人の立入ることのできない屋内での情報収集を目的として、同軸二重反転ロータを持つ小型飛翔ロボットを研究開発中である。モータやバッテリーに負荷が掛かるため、ロボットを空中に長時間静止維持させることは難しい。そこで、吸盤を用いることで電源を使用せずに長時間壁面に吸着できるかと、離脱も可能かどうかを検証した。

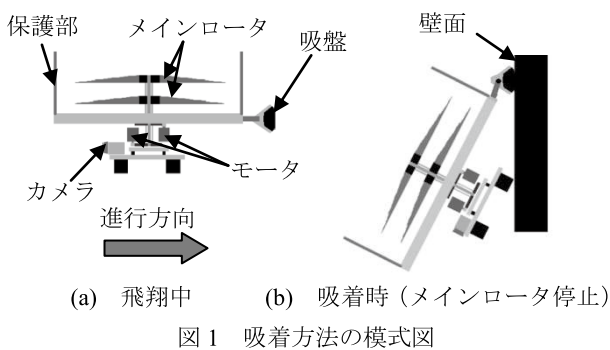
1. 研究の背景・目的

人間の入ることのできない狭い空間や、災害により半壊した建物内などの危険な場所での状況把握に役立てるため、屋内用の自律型小型飛翔ロボットを開発中である¹⁾。現場の観察や監視を行うためロボットをロータにより空中で長時間静止維持しようとする、モータやバッテリーに大きな負担がかかる。そこで本研究では、ロータの回転を止めても長時間壁面に吸着し、また離脱も可能な静止維持技術の確立を目指した。電源や複雑な機構を使用せずとも行えるようにするため、吸盤を用いる方式の検討を行った。表面に凹凸が施された壁面にもある程度対応できるよう検討を行った。

2. 壁面への吸着静止維持

2.1 吸着方法の検討

軽量且つ電源を使用せずにロボットを壁面へ吸着させる方法として、吸盤による方法を検討した。図1に吸着方法の模式図を示す。ロボットを吸盤から壁面に衝突させることで吸盤内部に負圧が発生し吸着する。吸盤は衝突時の衝撃からロボットを守るために装着した保護部に取り付ける。吸着後ロータの回転を止め、その場で静止維持させる。

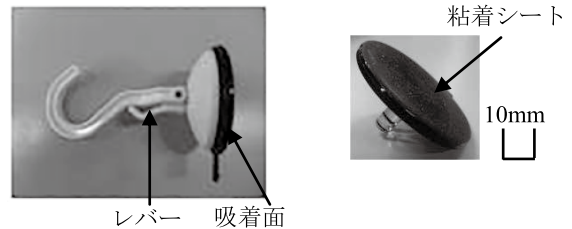


(a) 飛行中 (b) 吸着時 (メインロータ停止)
図1 吸着方法の模式図

2.2 壁面吸着用吸盤の検討

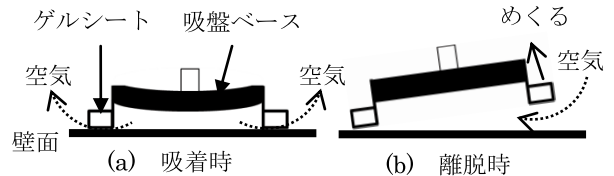
壁面への突入速度が速すぎると衝突時の力が大きく、作用反作用の法則により壁面からもその分逆向きの力が吸盤及びロボットに加わるため吸盤が壁面から離れてしまい、吸着を行えないことが考えられた。逆に突入速度が遅すぎると吸盤に力が加わり切らず吸着できない。そのため突入速度にあまり依存しないと思われるものを検討し、まず図2に示す市販の吸盤を試した。吸盤表面の粘着シート(ウレタン系エラストマ)のもつ粘着力により突入速度に

あまり依存せず吸着を行え、且つ対応可能な壁面の種類も増える。さらに、レバーを倒すことで吸盤が引っ張られ負圧が生まれる構造となっているため、より強い吸着力を得ることができる。レバーは、ロータの回転を停止したロボットが吸着した吸盤を軸にぶら下がる際に倒すことができる。



(a) 吸盤の外観 (b) 吸盤表面
図2 採用した吸盤

しかし、密着ジェルによる粘着力が原因で離脱が困難な状態になってしまった。離脱機構を新たに取り付けて離脱させることも検討したが、重量が増してしまう点や離脱機構で電源を必要としてしまうため得策とは言えなかった。また、剥がすと粘着力により壁面の塗装を剥がしてしまう、離脱できても表面に付着した汚れやゴミによって粘着力が落ち再吸着できないという問題も発生した。そこで、新たに機構を設けることなく離脱が行え、繰り返し吸着でき、且つ壁面の凹凸にもある程度対応できる吸盤表面を検討することにした。図3に検討した吸盤の模式図を、図4に改良した吸盤表面を示す。



(a) 吸着時 (b) 離脱時
図3 検討した吸盤の模式図

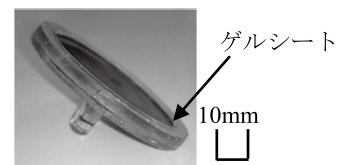


図4 改良した吸盤表面

レバーが下がることでさらに吸着力を得る構造はそのまま利用し、衝突の際に内部の空気が抜けて負圧が発生するよう吸盤表面だけを変更した。粘着シートを剥がして吸盤ベース（熱可塑性ポリウレタン）の円周上にスチレン系エラストマのゲルシートを配置し、ある程度の凹凸にも密着し対応できるようにする一方、端面をめくると空気が入って離脱できるようにした。

3. 実験用ロボット

図5に示すような二重反転ロータを揚力源とする飛翔ロボットを製作した。壁面への衝突に必要な推進力を生み出すため、重心移動機構²⁾を組み込む形でロボットを製作した。電源にはLi-Poバッテリー(11.1V, 1300mAh)を使用し、制御基板にはマイコン(mbed NXP LPC1768)を搭載した。ロータ類は市販のラジコンヘリコプタ(X.R.B-SR Shuttle)用の部品を使用した。保護部は鉄丸棒とアルミアングル材から成る矩形をしており、一辺に吸盤を取り付けた。表1に諸元を示す。

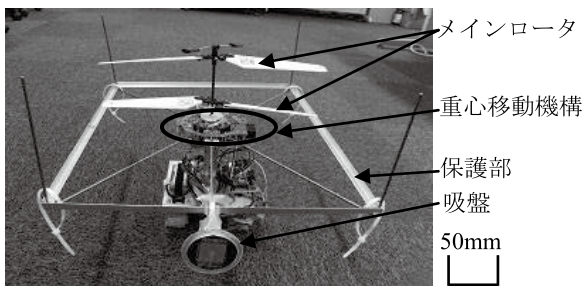


図5 製作した小型飛翔ロボット

表1 飛翔ロボットの諸元

項目	仕様
高さ	300mm
ロータ直径	350mm
総重量	827gf

4. 吸着実験

壁面への吸着実験を行い、吸着時間を測定した。壁面としては大学の一般教室の壁面を使用した。図6に使用した壁面を示す。表面はペンキ塗装が施されており凹凸が見られる。

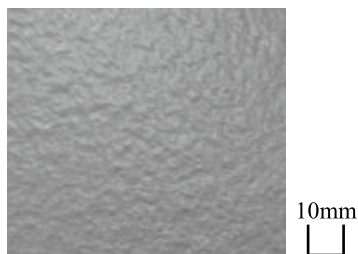


図6 使用した壁面

ロボットの左右への移動を制限するため、保護部をアルミアングルで製作したレールに乗せ、重心移動機構によってロータ面を傾けることで推力を生み出して前進させ、吸着させた。突入開始距離を壁面から80cmの距離とした。壁面に吸着後レールを機体保護部から外してロータの回転を止めた後、壁面から脱落するまでの時間を吸着時間と

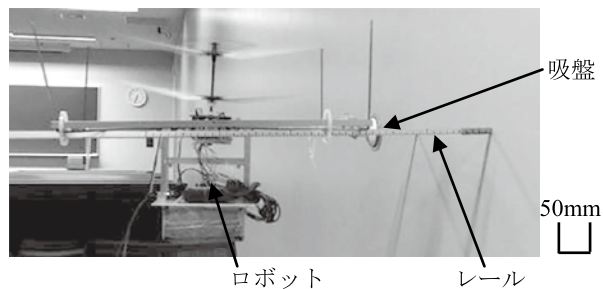


図7 壁面吸着実験の様子

して測定した。吸着実験の様子を図7に示す。

吸着時間を測定した結果、きちんと吸着できれば4時間以上落下しなかった。しかし、吸着できなかった結果もあったことから、突入速度や突入角度など吸着時の状況により吸着できる条件があると推測された。そこで、吸着に必要な突入速度を求めた。壁面に垂直に突入させた場合、突入速度を約15cm/s以上になると吸着に成功する確率が高く、吸着成功率は約73%であった。

5. 離脱実験

吸盤の下端に釣糸（ナイロン製）を取り付け、離脱時にロボットを上昇させて釣り糸で引っ張り上げることで吸盤を壁面から剥がすことを検討した。図8に示すように、吸着時は糸を緩ませておき、上昇時に糸を張ることで吸盤がめくられ空気が入って壁面から離脱する。

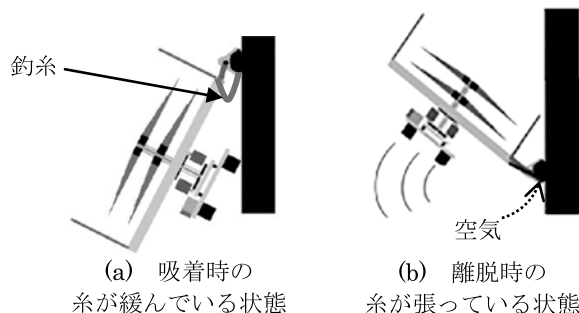


図8 離脱方法

壁面に吸着させロータの回転を停止した後、再度浮上させて離脱を試みた結果、毎回離脱することができた。しかし、ロボットの姿勢が不安定になってしまい離脱後安定して飛行させることができなかった。

6. 結言

本研究では、吸盤を用いてロボットを壁面に長時間吸着させたことと、壁面からの離脱を可能にした。今後、ヨー角等の角度を付けて壁に突入させた際に吸着状況がどう変わるかを検討していく必要がある。また、離脱後安定して飛行させること、壁面吸着をどのように自律して行わせるかということが課題である。

参考文献

- 1)木幡 他：搭載バッテリー電圧の常時検出による小型飛翔ロボットの高度自動制御の高精度化，精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集，pp.79-80, 2014
- 2)江田 他：重心移動機構を搭載した飛翔ロボットにおける水平方向加速度算出システムの実装，精密工学会北海道支部学術講演会論文集，pp.7-8, 2013