

東京都立科学技術高等学校 科学技術科第1分野 第3学年

有馬 大貴・松橋 伸幸・内田 陽

篠田 智哉・蓮實 雄大・坪田 尚洋

指導教諭 佐々木 義秀

1. はじめに

人間にとって高所での作業は危険を伴うものである。この作業をロボットが行ってくれば人間への危険は軽減されると考え、壁登りロボットについて研究することにした。

2. 製作過程

今回研究した壁登りロボットの製作過程は以下のとおりである。

- ①壁に吸い付くための吸引方法の考案・製作
- ②吸引力の実験と吸引装置の決定
- ③壁を登るための駆動方法の考案・製作
- ④駆動実験と駆動装置の決定
- ⑤壁登りロボットの組立・動作実験
- ⑥実用性の判定

3. 吸引装置の製作

(1) 基礎研究・実験

吸引力とはどのような方法で生み出すことができるのか、基礎実験(図1)を行い、吸引装置製作の手掛かりとした。

(2) 吸引方法の考案

基礎実験から、吸引力は密閉された容器内から空気を吸出し圧力を下げ、大気圧との圧力差によって生じる力であることが分かっ

た。

そこで、プロペラを回転させて容器内の空気を吸い出す方法で壁にロボットを吸い付かせる方法を考案した。

(3) 吸引装置の製作と実験及び考察

①吸引装置1号

【製作】市販用のプロペラと容器を用いて、吸引装置1号を製作した(図2)。

【結果】壁に吸い付かせることはできなかった。

【考察】プロペラの吸引力が弱すぎたことと吸引装置が重かったことが原因であった。

②吸引装置2号

【製作】吸引力の強い掃除機を使い吸引装置2号の製作をした。掃除機のホースにカネライトフォームで作った吸引板を取り付けて壁に吸い付くか実験した(図3)。

【結果】壁に吸い付かせることに成功した。さらに、ペットボトルを吊り下げ、耐久実験を行ったところ、約2kgまでの荷重に耐えることができた。

【考察】掃除機は何か特別な方法で吸引していると考え、掃除機を分解した。掃除機の吸



図1 吸引力の基礎実験



図2 吸引装置1号



図3 吸引装置2号

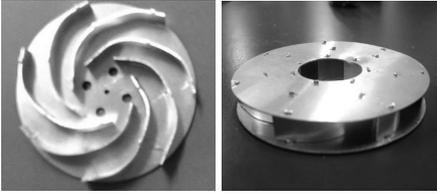


図4 後向き羽根

引部には渦巻状の「後向き羽根」が使われていることが分かった。

③吸引装置3号

【製作】 ロボットの吸引装置の実用化に合わせ、後向き羽根の部品をレーザー加工機で切り出し、直径60mm、厚さ7mmの後向き羽根を製作した(図4)。

吸引装置本体は、アクリルでモーターケースを製作し、モーターに羽根を取り付けケネライトフォームを吸引板とした(図5)。

【結果】 吸引装置を地面に平行にした板の上に置き吸引させる。徐々に板を立てて行ったところ45度の状態まで板に吸い付いていられることができた。

【考察】 吸引力が弱いので、一度に吸い出す空気の量を増やせば吸引力も増すと考え改良を行うことにした。

④吸引装置4号

【製作】 羽根の厚さ10mm、15mm、20mmの羽根を製作し実験を行った(図6)。

結果、厚さが増すと吸引力が向上するので厚さ20mmの羽根を使用することにした。

さらに吸引力を向上させるには、後向き羽根の回転数を高くする必要がある。

そこで4種類のモーターに後向き羽根をつけて、一番回転数が高いモーターを使用することにした。



図6 左から7mm、10mm、15mm、20mm

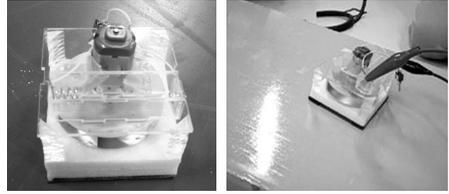


図5 吸引装置3号と実験風景

表1の実験結果からRE-280を使用することに決定した。RE-280と羽厚20mmの後向き羽根を使って吸引装置4号を製作した(図7)。

【結果】 本体が振動し60度までしか板に吸い付くことができなかった。

【考察】 垂直な壁に吸い付くためにはこの振動を抑え気密性を向上させる必要があると考え振動吸収材を使用することを検討した。

⑤吸引装置5号

【製作】 壁と吸引板の間に振動吸収材を入れ吸引装置5号を製作した(図8)。

【結果】 振動を抑えることができ、垂直な状態でも吸い付くことができた。さらに、180度の状態でも吸い付くことが可能となった。

【考察】 吸引力が不足し、衝撃を与えるとすぐに落ちてしまうことから、吸引板を改良し吸引力を向上させることにした。

⑥吸引装置6号

【製作】 吸引板の面積が大きい方が大気圧に押される力が増え吸引力が強くなる。

そこで、直径70mm・90mm・150mmの円形と150mm×150mmの正方形のものを製作し、同じ吸引装置に取り付け吸引力の比較実験を

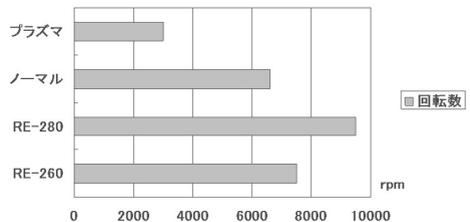


表1 モーター比較データ



図7 吸引装置4号



図8 吸引装置5号と実験風景



図9 実験装置6号と吸引力の測定方法

行った。より正確な吸引力を測るためにデジタルはかりを用いた(図9)。

吸引装置を載せた状態で表示を0にし、吸引力を発生させて装置を上引っ張る。はかりと吸引装置が離れた時の目盛りを記録する。

【結果】 150mm×150mmの吸引板が最も強い吸引力を発生した。

【考察】 駆動部の動きを考慮して直径150mm、吸引力1,125gの吸引板を吸引装置に使用することにした(表2)。

また、吸引装置の能力を具体的に表すために、減圧できる圧力を計算で求めた(式1)。

$$\text{式1 } P = \frac{F}{A} = \frac{1.125 \times 9.8}{\frac{\pi}{4} \times 0.15^2} = 623.89 \text{ [Pa]}$$

吸引装置内部と大気圧との圧力差Pは約623.89Paであることが分かった。

4. 駆動装置の制作

(1) 基礎研究・実験

駆動方法として以下の①～⑤の内容を調査し、芋虫型、蜘蛛型、ねじジャッキ型について基礎研究と実験を行った。

- ①芋虫型(マジックハンドを使用)
- ②すり足型(エレベータの機構を使用)

③蜘蛛型(メカモロボットを参考)

④引きずり型(相撲ロボットを参考)

⑤ねじジャッキ型(車載ジャッキを参考)

今回はロボットの駆動方法として芋虫型を検討することにした。

(2) 芋虫型駆動装置の製作

①駆動装置1号

【製作】 駆動装置にはアクリル製のマジックハンドを使用した(図10)。

【考察】 アームの幅が広く摩擦抵抗が大きいことと回転軸間隔が狭いため、スムーズに稼動しなかった。

②駆動装置2号

【製作】 アームの幅を狭く、回転軸間隔を広げ駆動装置2号を製作した(図11)。

【考察】 動きがスムーズになり可動部分にはこのマジックハンドを使用することにした。

③クランク機構

【製作】 マジックハンドを伸び縮みさせるため、モーターの回転運動を上下運動に変えるクランク機構を製作した。動力にはモーターを使用し、市販されている減速機を用いて減速とトルクの向上を図った。クランク部は直径50mmの円盤をアクリルで作り、円盤とク

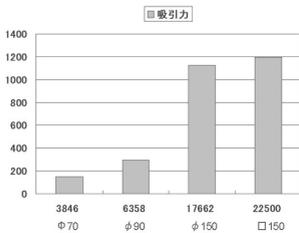


表2 面積別吸引力データ

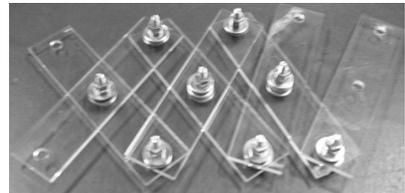


図10 初期のマジックハンド

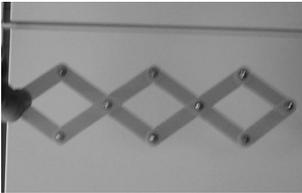


図11 改良したマジックハンド

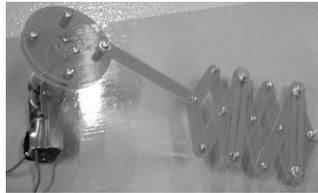


図12 可動装置全体

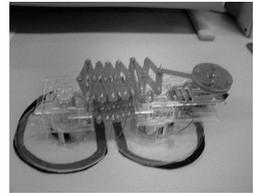


図13 芋虫型の壁登りロボット

リンクを一体化し駆動装置とした(図12)。

5. 壁登りロボットの組立・動作実験

(1) 芋虫型壁登りロボット

製作した吸引装置と駆動装置を組み立てて芋虫型の壁登りロボットを製作した(図13)。

【仕様】 ①本体重量575g ②全長は縮み状態で260mm ③伸び状態で最大310mm

【結果】 ロボットは垂直状態でも壁に吸い付いたが、移動は行えなかった。

【考察】 吸引力がマジックハンドでロボットを上へ押し上げる力よりも強く動かすことができなかった。この結果から、この駆動装置では移動できないことが分かった。また自由に方向を変えることができない欠点を改善するために、基礎研究で行った蜘蛛型を使用することにした。

(2) 蜘蛛型壁登りロボット

【製作】 市販されている蜘蛛型のロボットを参考に駆動装置を製作した。

【考察】 重心が吸引部より離れモーメントが増加し、重量が増えたことで、壁に吸い付くことができなくなった。

しかし、方向を自由に換えられ、段差を乗り越えられる可能性が確認できた。このこと

で、壁登りロボット製作の方向性が見えたことは大きな収穫であった。

(3) ねじジャッキ型壁登りロボット

【製作】 自由に方向を変える機能の研究は一時中断し、基礎研究から確実に壁に登ることができるねじジャッキ型を製作した(図14)。

【結果】 ねじを正転、逆転させることでアームを効かし、壁に登ることができた。

【考察】 吸引部の取り付け位置によって壁に登っている途中に吸引部が傾いてしまうことが判明した。そこで可動軸の固定位置を図15のように変更した。

変更後は、吸引装置の傾きも無くなり、安定した吸引が行えるようになった。

吸引力は電圧を調整することで自由に変えられるので、吸引部の傾き防止に役立つことも分かった。

6. 今後の課題

- ① 全方向に移動可能なロボットの製作
- ② コストの削減
- ③ 平面以外の場所での使用
- ④ 電源を本体に搭載する
- ⑤ 安全性の向上
- ⑥ 吸引力の向上



図14 ねじジャッキ型ロボットの動作方法

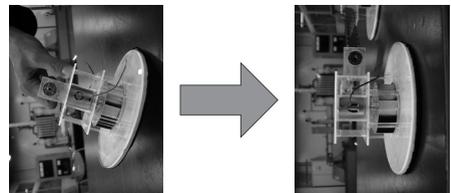


図15 取り付け位置の変更