

1. 研究の概要図

この応募用紙に記載する研究の概要を以下の枠内に図式を用いて、概要図を作成してください。

研究課題名	壁面移動のための板ばねを用いた受動吸盤の研究開発
-------	--------------------------

【研究背景】

近年、高層ビルが立ち並び、建設や清掃などの人間による高所壁面での作業が増えている。しかし、それらは落下の危険を伴うため、安定した壁面上での固定装置が求められている。既存の方法として、フラットな非磁性体の壁面に対する固定方法としては、ポンプを用いた能動吸盤[1]が開発されている。

【問題点】

既存の壁面移動装置や固定装置には能動吸盤が用いられており、ポンプなどで吸盤内部の空気を吸引し続けることで、吸着力を維持していた。そのため装置にポンプやそのための電源を搭載する必要があり、その重量を補償する為にさらに大規模なポンプや電源が必要になるという悪循環に陥っている。それに対し一部の研究で、エネルギーを消費せず軽量の受動吸盤を用いた壁面移動の装置が開発されているが[2]、受動吸盤は壁面移動において重要な吸着力の持続という点では大きく劣っている。受動吸盤の場合、吸盤の空気流入がそのまま吸着力の低下につながってしまうためである。また、能動吸盤と違い、受動吸盤は外部から力を加えないと吸着の開始・解除が行えないため、何かしらの吸着の開始・解除を行う機構が必要になる。つまり、現時点で壁面固定に適した吸着装置は完成されていないと言える。

【解決方法】

本研究室では吸着装置の軽量化と省エネ化を目指し、受動吸盤に注目した。ただし、従来の受動吸盤は、吸着中の体積が一定なため空気流入により吸着力が減衰してしまう。そこで、本研究室では図1に示す、板ばねを用いて受動吸盤を徐々に大きくしていく機構（以下：新受動吸盤）を提案した。

本研究で提案した新受動吸盤の動作は以下に示す通りである(図2)。

1. 吸盤を壁面に置き 板ばねを反転(飛び移り座屈)する
2. 板ばねが吸着面を変形させ、吸着面内部の圧力が下がり吸着が開始する
3. 空気流入が発生し、吸盤の吸着力が低下する
4. 吸着面の吸着力とばねの力が釣り合う点まで板ばねが変形し、吸着面の容積を増やして吸着力の維持を行う
5. ばねを初期方向に反転させることで任意に解除する

【研究目的】

本研究では以下の項目を満たす受動吸盤を研究開発することを目的とする。

- ・ 受動吸盤の吸着力が長時間維持
- ・ 任意に吸着の開始・解除が可能

そして研究成果より新受動吸盤の試作機を製作し、最終的に建設現場のゴンドラや作業員に導入可能な状態にすることを本研究の目標とする。

【研究方法】

本研究の新受動吸盤を設計するには、新受動吸盤の吸着力に関する「板ばね」と「空気流入」に関して解明する必要がある。本研究で用いるばねは上下2か所に安定点がある特殊な状態（座屈状態の板ばねや皿ばね等）で用いるが、これらの反転前後の動作や反力を導出する方法は確立されていない。また、各吸盤素材と壁面環境での空気流入に関する計測方法やデータなども存在していない。よって本研究ではまず「板ばね」のシミュレーション及び空気流入速度に関するデータ取得を行い、そこから新受動吸盤の吸着力解析や各壁面への最適化を行う。

【特色と独創的な点】

従来の吸盤の研究では、アクチュエータや吸盤構造を工夫することで軽量化を行い高効率化しているものがほとんどである。それらに対して本研究は吸着維持にアクチュエータもエネルギー消費もないため、効率や軽量化はもちろん、振動や騒音などの問題も解決することが可能である。

[1] R. Lal Tummala, "Climbing the Walls Presenting" IEEE Robotics & Automation Magazine2002

[2] Yu Yoshida, "A Wall-Climbing Robot without any Active Suction Mechanisms" IEEE ROBIO 2011

【研究経過及び得られた結果】

現段階でばねの各形状ごとの動作・反力シミュレーション、圧力センサを用いた検証用壁面での空気流入速度および吸盤吸着力の推定方法を確立している。そしてばねと吸着面の釣り合いより新受動吸盤の最適化を行い試作機を製作した。最適化の理論値と試作機を用いた実測値、及び従来の受動吸盤との吸着力変化を比較し、新受動吸盤が従来の吸盤より吸着力を維持することを確認した[3][4]。

[3]Takahiro Matsuno, "Development of a Suction Cup with a Disc Spring", IEEE ICRA 2013

[4]Takahiro Matsuno, "Study on Air Inflow of a Passive Suction Cup", IEEE ROBIO 2013

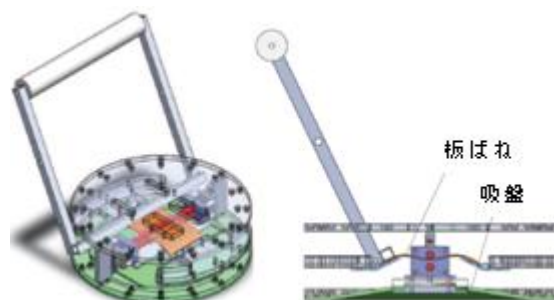


図1 新受動吸盤の構造

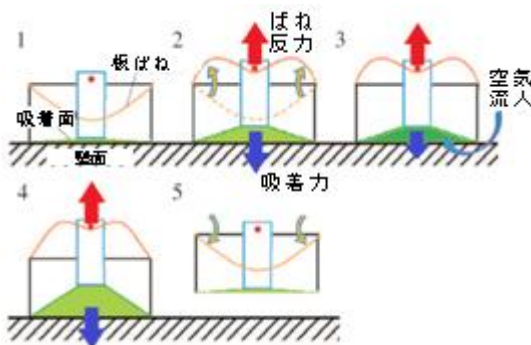


図2 新受動吸盤の動作概要