OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	走行ロボットの床面吸引による仮想重量の増加の研究
Author(s)	加納, 弘嗣
Citation	平成29年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書. 2018
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/68112
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

申請先学部　　学部　採択番号　No４

平成２９年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書

<table>
<tr><td>ふりがな
氏　　名</td><td>かのう　ひろし
加納　弘嗣</td><td>学部
学科</td><td>工学部
応用理工学科</td><td>学年</td><td>３年</td></tr>
<tr><td rowspan="3">ふりがな
共　同
研究者氏名</td><td>なか　りょうすけ
中　亮介</td><td rowspan="3">学部
学科</td><td>工学部
応用理工学科</td><td rowspan="3">学年</td><td>３年</td></tr>
<tr><td>いせ　　なおき
伊勢　尚輝</td><td>基礎工学部
システム科学科</td><td>３年</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>年</td></tr>
<tr><td>アドバイザー教員
氏名</td><td colspan="2">石川　将人</td><td>所属</td><td colspan="2">工学研究科
機械工学専攻</td></tr>
<tr><td>研究課題名</td><td colspan="5">走行ロボットの床面吸引による仮想重量の増加の研究</td></tr>
<tr><td>研究成果の概要</td><td colspan="5">研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。（先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。）</td></tr>
</table>

1. 研究目的

ロボコンにおいて、足回りは最も重要な要素であり、足回りの性能がロボットの性能に直結する。そのため、今回は床面を吸引することにより、機体重量を増やすことなく、タイヤの接地圧を大きくし（仮想重量の負荷）、ロボットの加速性能・制動性能の向上を目的として研究を進めた。

2. 設計・研究方法

2-1. 機構

足回りは、全方位の並進移動および回転移動を自由に行えるオムニホイールを、正方形状に 4 輪配置したものを作成した。そして、床に接触する面以外の 5 面を板材で密閉し、側面に排気用のダクテッドファンを取り付けた。機体全体を構成するフレームは、軽量かつ強度があり、加工も容易なアルミ材を主に用いて作成した。車体全体を密閉するための板材には、内部の様子も容易に観察できる軽量の透明 PET 材を用いた。機体の外観を図 1、図 2 に、諸元を表 1 に示す。

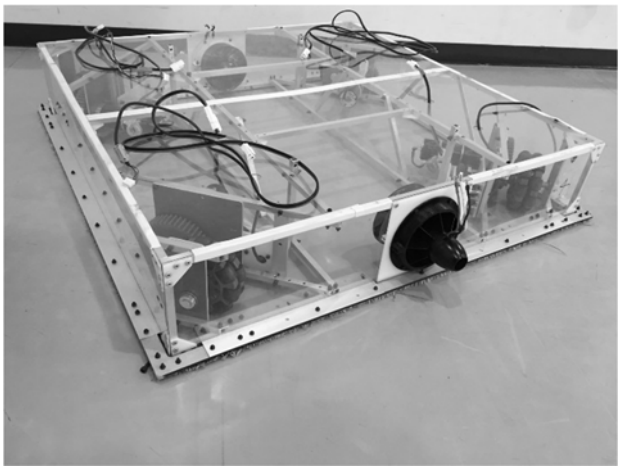

図 1　機体の外観 1

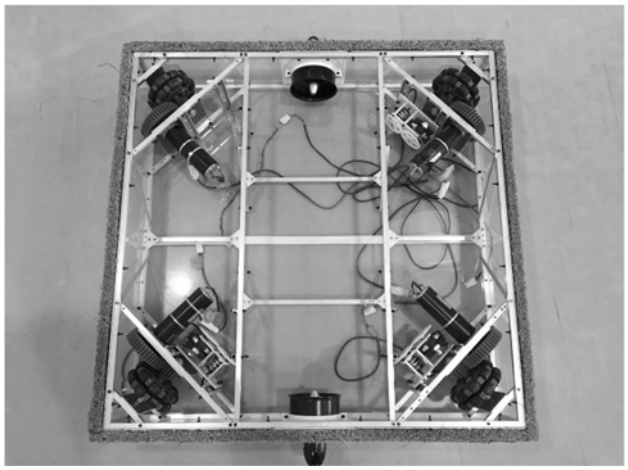

図 2　機体の外観 2

表１　機体の諸元

全体寸法	800[mm] x 800[mm] x 150[mm]
重量	約 16 [kg]
足回り用モータ	MAXON 社 RE40　減速比 26:1 4 個
足回り用オムニ	Nexus robot 社 100mm ダブルプラスチックオムニホイール 4 個
排気用ダクテッドファン	Freewing 社 90mm Metal EDF 12 blades with 3748-1450 KV 2 個

吸引のメカニズムとしては、ダクテッドファンを駆動させることで足回り内部の空間が減圧され、大気圧との差によって機体全体が床面に押し付けられるというものである（図 3）。密閉した外枠と地面との接触面には人工芝を張り付けた。これは密閉空間内に流入する空気を制限しながらも、地面との接触を最小限にし、移動時の抵抗を減らすためである。

また、機体には自己位置推定に基づく自立走行を行うためのエンコーダを搭載した。オムニホイールを用いた足回りは、滑りやすくモータの 1 回転がそのまま移動距離に反映されることはないそのため、駆動用のモータとは独立したエンコーダユニットを取り付けた。

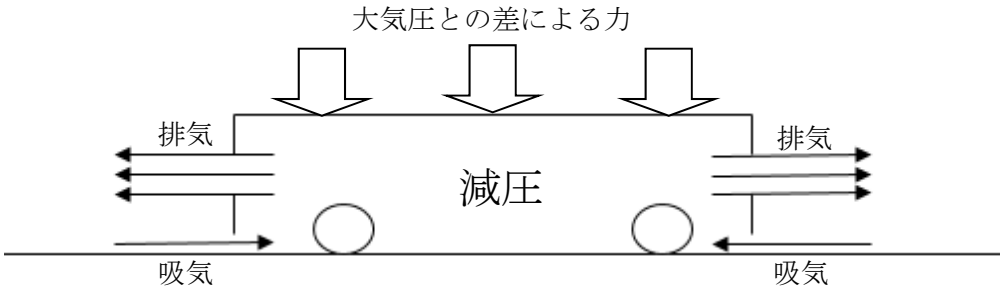

図 3　吸引のメカニズム

2-2. 回路

回路として、ロボット制御のためのメインマイコンに LPC1769 を用いた。このメインマイコンを用いてエンコーダの値を読み取り、モータ制御式の演算を行い、自己位置推定を行った。モータの制御は独自開発したモータードライバを用いた。また、吸引機構に使用したブラシレスモータは最大電流 100A であったので、安全のため耐電流 60A となるようにヒューズを挟みケーブル、コネクタを 80A 程度まで耐えるものにした。なお、ブラシレスモータドライバの制御は ArduinoUNO を用い、メインマイコンとシリアル通信を行って制御可能とした。

2-3. 制御

自己位置推定と走行のための２つの力学モデルについて記す。自己位置推定は３つのエンコーダを、走行は４つのモータを使用した。モデル変数を図 4 に示す。

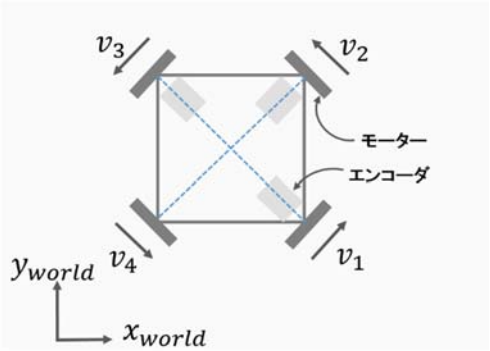

図４　力学モデル

自己位置推定:

$$\begin{pmatrix} v_x^{world} \\ v_y^{world} \\ \omega \end{pmatrix} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} C_\theta & -S_\theta & 0 \\ S_\theta & C_\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_{45}^{-1} & -C_{45}^{-1} & 0 \\ 0 & C_{45}^{-1} & -C_{45}^{-1} \\ R^{-1} & 0 & R^{-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{pmatrix}$$

走行:

$$\begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{45} & C_{45} & R \\ -C_{45} & C_{45} & R \\ -C_{45} & -C_{45} & R \\ C_{45} & -C_{45} & R \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_\theta & S_\theta & 0 \\ -S_\theta & C_\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_x^{world} \\ v_y^{world} \\ \omega \end{pmatrix}$$

但し, θ は姿勢角を表し, $C_\theta = \cos(\theta)$, $S_\theta = \sin(\theta)$ とする.

位置の PID 制御から目標速度を計算し、上記の式に代入することで実装した。

3. 研究内容

3-1. 床面吸引による仮想重量の測定

床面吸引によって、どれだけの力でロボットが地面に押し付けられているのかを測定するために、４つの体重計に、クランプで固定した 4 枚のコンパネ板とロボットをのせ、吸引機構を作動させた状態で、ロボットを持ち上げた。約 58[kgf]の力を掛けたところで、コンパネ板がロボットから離れた。ロボットの重量が 16[kg]であるので、増加した仮想重量は、約 42[kg]であることがわかった。これにより理論的には吸引機構によって、ロボットは約 3.6 倍の加速力を得られることとなる。また、この増加した仮想重量は、ロボット本体の重量よりも大きいため、図 5 のように板の裏にロボットを逆さ釣りすることもできた。

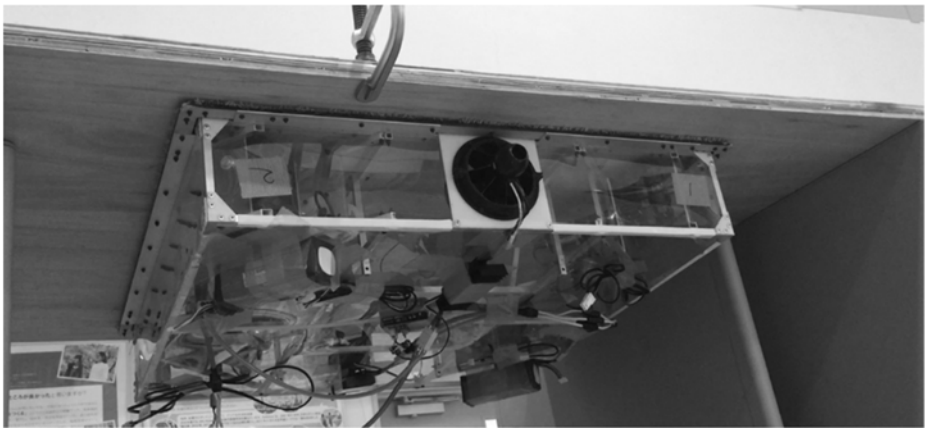

図 5　板の裏に張り付くロボット

3-2. 床面吸引を行うことによる移動抵抗の測定

ロボットを斜面上におき、吸引機構を作動させない場合とさせた場合で、ロボットが斜面を滑りだす角度を測定した。実験結果は、作動させない場合：2.5[deg]、作動させた場合：11.5[deg]であった。ここから計算すると、床面吸引を行った場合移動時に最高で 3kgf の抵抗（動摩擦＜静止摩擦のため）が余分に働くことがわかった。この移動抵抗はモータの出力トルクと比較すると小さいので、床面吸引を行うことによる移動抵抗はほとんど無いといえる。

3-3. 走行性能の比較

吸引あり、なしの場合それぞれでロボットに 10[m]の直線区間を走行させ、両者を比較することで、吸引時における足回りの性能を評価した。0[m]から出発し、10[m]で止まるように任意のタイミングにブレーキをかけたところ実験結果は図 6、図 7 のようになった。

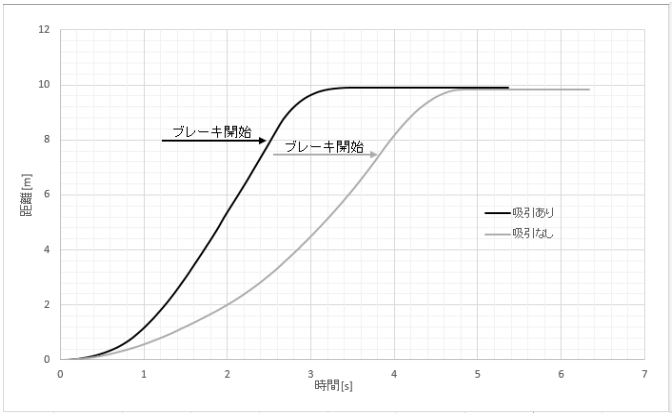

図 6　吸引の有無による走行性能の比較 1

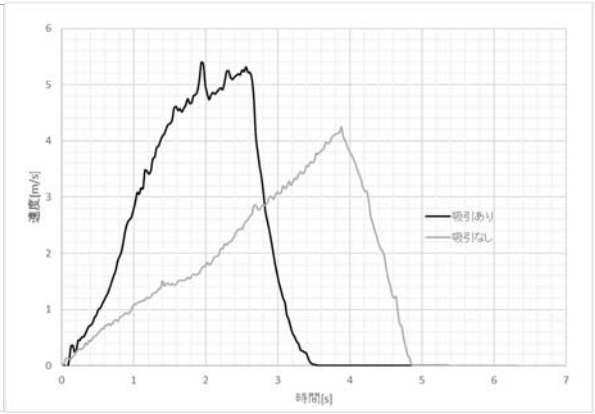

図 7　吸引の有無による走行性能の比較 2

・加速性能

図 7 より吸引ありの場合となしの場合のおおよその最高加速度を算出すると、吸引ありの場合は 4[m/s]（0.5[s]～1.0[s]）、なしの場合は 1.2[m/s]（2.0[s]～2.5[s]）であり、吸引によって加速性能が 3.3 倍向上していることがわかる。これは仮想重量の増加から導いた理論値と概ね一致した。

・制動性能

図 6、図 7 より吸引ありの場合は 8.0[m]でブレーキをかけているのに対し、吸引なしの場合は 7.4[m]であることが読み取れる。（制動距離はそれぞれ 2.0[m]、2.6[m]）またブレーキ時の速度はそれぞれ 5.4[m/s]、4.3[m/s]であることが読み取れる。制動距離が速度の 2 乗に比例することを考えると、制動性能は約 2 倍に向上していると考えられる。

4. まとめ

床面を吸引することによって、足回りの加速性能、制動性能が格段に向上することがわかった。今後の展望としては、圧力損失等を考慮した機体設計や空気流入量の最適化を行うことでより性能の良い足回りの製作をしていきたい。