

# ホバークラフトの製作

岩手県一関第一高校理数科3年  
菅原清也 菊池太陽 佐藤歩夢  
高木侖 長尾遼 畠山翔太郎

## 要約

ホバークラフトは安定して浮上させることが難しい。安定して浮上するホバークラフトを製作したいと思いこのテーマを設定した。小型のホバークラフトを製作、圧力の式からホバークラフトの浮上の仕組みを考えた。その後、安定して浮上させるために重心を考慮して新たなホバークラフトを製作し、安定して浮上させることに成功した。

## ABSTRACT

It is difficult to hover hovercraft stably. I set this theme in order to create a hovercraft that will surface stably. We made a small hovercraft and considered mechanism of hovering by using the system of the pressure. After that, we succeeded in producing a new hovercraft in consideration of the center of gravity in order to make it hover stably, and make it hover stably.

### 1. はじめに

ホバークラフトは操縦性に関し一般船舶と異なった次のような特徴を持ち、空気圧により浮上し水面上を航走するため、一般船舶に比べ抵抗、特に水から加わる抵抗が小さい。このことが高速走航を可能にする要因であるが、この水による抵抗が小さいことは前進方向だけでなく全ての方向に関しても同様であり、そのため横方向に関しても滑り易いという特性を持つ。(吉野, 森谷, 八木, 山下 1993)

私たちはホバーボードに興味をもち、現在の科学では超電導を使いそれに近いものはできているが、身近なものでは決してないことを知り、大分などで運用されていた

ホバークラフトから近いものを作ろうと考えた。

私たちは小型のホバークラフトを製作し、安定して浮上させ、その浮上の仕組みを求めることで、その仕組みをもとに大型化したホバークラフトを製作することができるという仮説を立てた。

### 2. 実験方法

2.1 小型のホバークラフトを製作する。

2.2 浮上の仕組みを数式的に表す。

2.3 安定性の向上を目指す。

### 3. 実験. 考察

3.1 小型のホバークラフトを製作する。

下敷きが通過した状態を浮上したと定義する。(約 0.5mm)

〈ホバークラフトの製作〉

ホバークラフトの風を送り出す部分は強力なものである必要があるため掃除機のモーター（日立 cv-w 55）を採用した。スカート部分は送り込まれた空気の逃げ道を限定することで隙間から常に強い空気を噴出させ、機体を空中に浮上させるという役割を担っており、浮き輪が身近にあり、なおかつその役割を担うことができる浮輪をスカート部分として採用した。その他の材料は安価で手に入りやすいものとして以下のものを採用した。

- ・プラスチック容器 (PP)
- ・発泡スチロール板

また、各部分を接着するうえで空気がスカート部以外から漏れないようにする必要があるので空気を通さないものとしてシリコン接着剤を使用した。以上の材料を使用して製作した質量 1.96kg の小型のホバークラフトは浮上した。

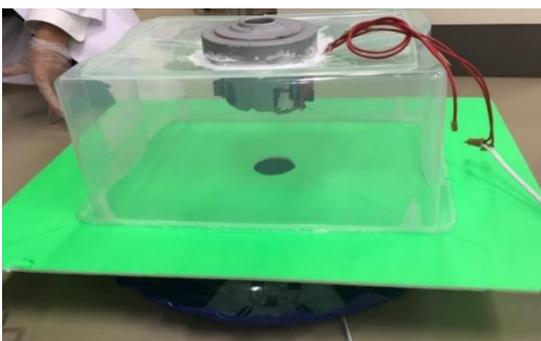


Fig.1 A small hovercraft which we made.

3.2 浮上の仕組みを数式的に表す。

〔実験方法〕

ロケットは内部の圧力を上げることで水浴を生み出し浮上する。私たちはこの原理をホバークラフトにも応用できると考え、圧力の式での数式化を試みた。圧力の測定には携帯の圧力測定アプリ「Barometer」を使用し、スカート内部の圧力を測定した。

「Barometer」では、hPa 表記で小数第一位までしか測ることができないため、それ以降の値はすべて 0 として考えた。

式は、 $P = F / S$ 。この式を変形して  $F = P S$ 。この時の  $F$  が機体の質量  $m g$  にうちかてば良いので、 $m g = P S$  と変形することができ、この式を使って浮上に必要な力を求めた。 $P$  は圧力、 $F$  は推力、 $S$  は断面積、 $m$  は質量、 $g$  は重力加速度である。

〔実験〕

実験結果は下図のようになる。

Fig.2 Measurement result Difference with theoretical value at a mass of 2.15 kg.

2.15 kg時	1回目	2回目	3回目
稼働前	1007.8hPa	1009.0hPa	1001.9hPa
稼働中	1010.1hPa	1011.4hPa	1003.3hPa
測定値	1.4hPa	1.4hPa	1.4hPa
理論値 (145.16Pa) との差	0.0516hPa	0.0516hPa	0.0516hPa

この結果は重りのない状態（機体質量 2.15 kg）で行ったものである。1回の測定で3回測り、その3回の平均値を1回の記録として表記している。

この結果から理論値と測定値がほぼ同じ値を示しているので、式が正しいと分かる。次にこの式の確実性を高めるために重り 1 kg（機体質量 3.15 kg）、重り 2 kg（機体質量 4.15 kg）で実験した。

Fig.3 Measurement result Difference with theoretical value at a mass of 3.15 kg.

3.15 kg時	1回目	2回目	3回目
稼働前	1008.7hPa	1009.1hPa	1001.9hPa
稼働中	1010.7hPa	1011.0hPa	1003.9hPa
測定値	2.0hPa	1.9hPa	2.0hPa
理論値 (202.83Pa) との差	0.0283hPa	0.0383hPa	0.0283hPa

Fig.4 Measurement result Difference with theoretical value at a mass of 4.15 kg.

4.15 kg時	1回目	2回目	3回目
稼働前	1009.1hPa	1008.6hPa	1002.0hPa
稼働中	1011.7hPa	1011.1hPa	1004.6hPa
測定値	2.6hPa	2.5hPa	2.6hPa
理論値 (267.57Pa) との差	0.0757hPa	0.1757hPa	0.0757hPa

重り 1 kg（機体質量 3.15 kg）、重り 2 kg（機体質量 4.15 kg）の時でも理論値と実測値の値が近似している。

#### 〔結果と考察〕

質量が 2.15kg、3.15kg、4.15kg のいずれの場合でもスカート内部の圧力の上昇した値は理論値との誤差はほとんどなかった。この結果からホバークラフトが浮上する仕組みはスカート内部の圧力上昇により生まれた推力によるものだと考えられる。

#### 4.3 クラフトの安定性の向上

実験 i、ii において浮上しているクラフトに細かな振動が見られた。私たちはクラフトの重心がスカート部の中心に来てないことによってスカート部分から出る風の量が一定ではなくなり、それによって細かな振動が見られたのではないかという仮説を立てた。

#### 〔実験方法〕

その仮説を立証するためにクラフトからスカートを取り外しクラフトの重心を求め、その重心にスカートの中心を合わせ、振動の有無を観察する。

#### 〔実験〕

重心を求めるために、スカート部分を外し、下図のように、二方向から糸でつるし、二線の延長線上の交点を求めた。また、私たちの力ではクラフトの重心を3次元でとらえることが難しかったので、スカートを取り付ける位置を平面と見た2次元で重心を調べた。



Fig.5,6 Expecting with yarn from two directions and find the center of gravity.

その重心に合わせて再度スカート部分を設置しクラフト2号を製作し、振動の有無を観察したところ、クラフト2号からは私たちの仮設の通り細かな振動は見られなかった。

その後、実験の信憑性を高めるため下図のように、1つ250gの重りを発泡スチロール版の四つ角のうち3つに置き、あえて機体の重心をスカート部分の中心からずらしてクラフト2号を稼働させ、振動の有無を観察した。

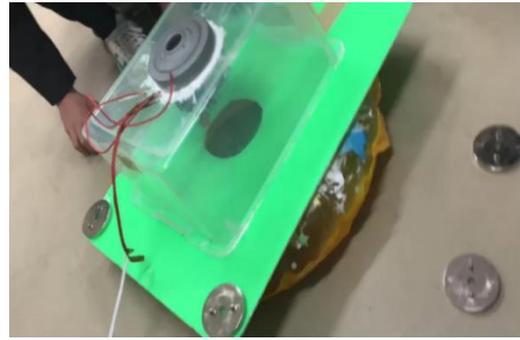


Fig.7 Put a weight on 3 out of 4 corners and Shift the position of the center of gravity

その結果クラフトは実験 i、ii 中に見られた細かな振動が見られた。

重心をスカート部の中心に合わせた時と中心からずらした時の振動の差を加速度センサー用いて比較した。結果は以下の図のようになる。

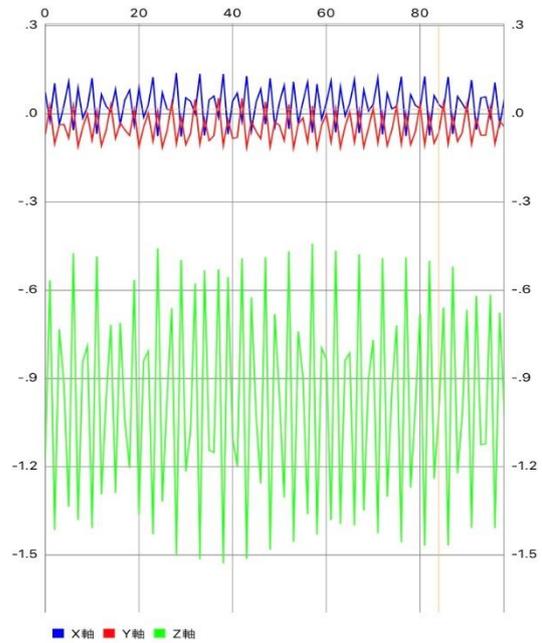


Fig.7 The magnitude of the vibration measured by the accelerometer with the center of gravity shifted

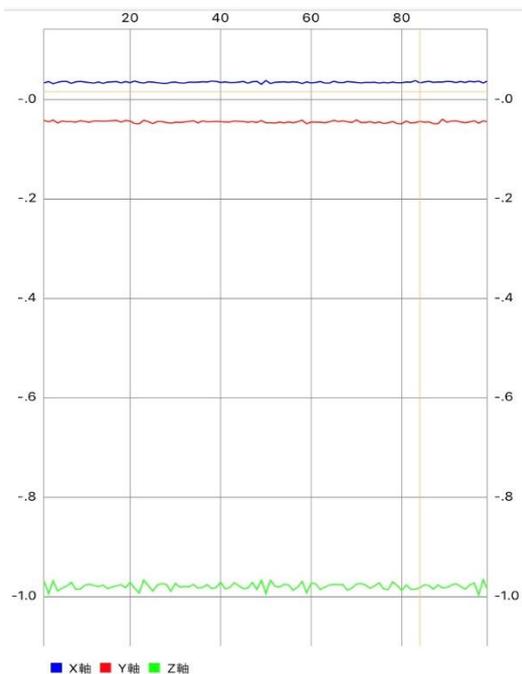


Fig.8 The magnitude of the vibration measured by the accelerometer with the center of gravity at the center of the skirt

図から重心をスカート部の中心に合わせた時振動はごくわずかであったのに対し、重心位置をずらすと振動は大きくなる。

〔考察〕

クラフト2号は我々の定義に沿って浮上し、細かな振動は観測されなかった。また、あえて重心をスカート部分の中心からずらして稼働させた際には細かな振動が確認された。以上二つの結果より、細かな振動の原因は重心のずれによるものだという我々の結論は正しく、ホバークラフトを安定して浮上させるためには重心を考慮する必要があるという結果が得られた。

5. 今後の展望

スカート部分で風が360度均等に流れるためにスカートの中心がクラフトの重心線上にあることで安定することが分かった。そのことより、実用化する場合にものを乗せることによりクラフトの重心がずれ不安定な状態に陥ることが考えられる。そこで重心のずれが機体に及ぼす影響の大きさについて調べたい。また、私たちの小型のホバークラフトは水上に浮かせる機会がなかったため水上でも安全に浮上するとは言い切ることができてない。今後は水上での使用も視野に入れていきたい。

謝辞

これまで指導して下さった柿木先生、川村先生、朝倉先生に深く御礼を申し上げます。

参考文献

吉野亥三郎、森谷周行、八木光、山下進 (1993) ホバークラフトの操縦性シミュレーションについて  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjasnaoe1968/1993/174/1993\\_174\\_365/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjasnaoe1968/1993/174/1993_174_365/_pdf/-char/en)

竹内淳 (2014) . 高校数学でわかる流体力学 講談社出版

久保田浪之介 (2007) . トコトンやさしい流体力学の本 日刊工業新聞社出版

岩村田高校(2015) 工業科課題研究 ホバークラフトの製作  
<https://www.youtube.com/watch?v=Rtv7mVg9kek>