

物理で見る俺らのロマン ～身近な素材で実現させる～

物理班:横山天仁、北室晴一、松岡風詩、大塚柊弥

要約

We have a question why we cannot walk on the water although we have many developed technologies. We decided to study this research because we thought that new activities would appear, and the tourism industry would develop more if we can walk on the water. We derived which shape of shoes can make us stand stably on the water with calculation and experiments.

Then, we made shoes with the design we derived from foam polyethylene.

Moreover, we tried to walk forward on the water as we do on the land.

In this study, we experimented if we could stand on the water on two legs and start to walk from the standing position with the shoes so that we will be able to walk on the water.

1. 研究の動機と目的

高度に発展した現代の技術を以て、生身の人間が水の上を歩くことができないことに疑問を感じ、もし人間が水の上を歩くことができれば、新たなアクティビティーが生まれて観光産業がより発展するのではないかと考え、今回の研究に至った。「着脱が容易」「人間を安定して支えることができる」この二つの課題を解決するには足に履物のようなものを固定すれば良いと考え、身近な素材を用いて人間が水上で回転せず静止できるような履物の形状について、計算と実験によって導き出した。さらに水上で静止した状態から陸上で歩くように前進できるのかを検証した。

本研究では、水上で二足歩行を可能にするため、物体が水上で回転せず静止する形状を同密度同体積の発泡ポリエチレンで導き出し、導き出した形状を元に人間規模の履物を作成し、実際に人間が水上で二足で静止できるか、また静止状態から歩行に移せるかを確認する実験を行った。

2. 研究手法

《実験1》

500gのおもりを乗せたとき、回転せず支えることができる形状を、同体積、同密度という条件の下、発泡ポリエチレンを加工して調べる。本実験では直方体、四角錐、三角柱の模型を作り、桶に浮かべ、水で満たした500mLペットボトルを乗せたときに回転するかどうかで、安定度合いを調べる。

《実験2》

実験1で導き出した形状に基づき、人間の体重(60kg)を支えることができる大きさに拡大したときの履物のサイズを求め、発泡ポリエチレンを主に使い履物を作成する。履物は左右の足にそれぞれ一つずつ装着するため、片足で30kgを支えることができる体積(30,000cm³)で作る。発泡ポリエチレン同士の接着面にはボンドや発泡ウレタンを使用する。足と履物の固定にはすずらんテープを用いる。この履物を用いて、人が水上に立って静止することができるか、移動に移すことができるかを高津高校の25mプールで調べる。

《実験3》

土台の形状の違いによる水上での安定感の違い(回転の有無)を同体積、同密度の発泡ポリエチレンで作られた直方体と四角錐でそれぞれ行う。物体を置く位置を土台の底面の中心から遠ざけたときに直方体と四角錐とではどちらが回転しにくいかを調べる。

3. 結果

《実験1》

本実験で検証した直方体、四角錐、三角柱の中で最も回転せず、安定した形状は四角錐であった。

《実験2》

人間を支える浮力を得る履物は片足、縦×横×高さ=112×50×18 cmの四角錐にすればよいと分かった。実際に高津高校の25mプールで実験したところ、水の上で倒れたり回転することなく二足で安定して立つことができた。また、陸上のように足を踏み出して歩けたとは言えないが、ペダルを漕ぐように左右の足を交互に踏むことでわずかに前進することができた。

《実験3》

底面積を一定にした場合は直方体のほうが安定し、高さを一定にした場合は四角錐のほうが安定した。底面積が大きく、高さが小さい形状が安定することがわかった。

表1

直方体	高さh cm	底面積s cm ²	s/h	s/h(B)=1とした ときのs/h
A	6.00	85.3	14.2	1/3
B	3.46	153	44.2	1
C	2.00	256	128	3
D	1.15	443	385	9

表2

○ …安定した ✕ …安定しなかった

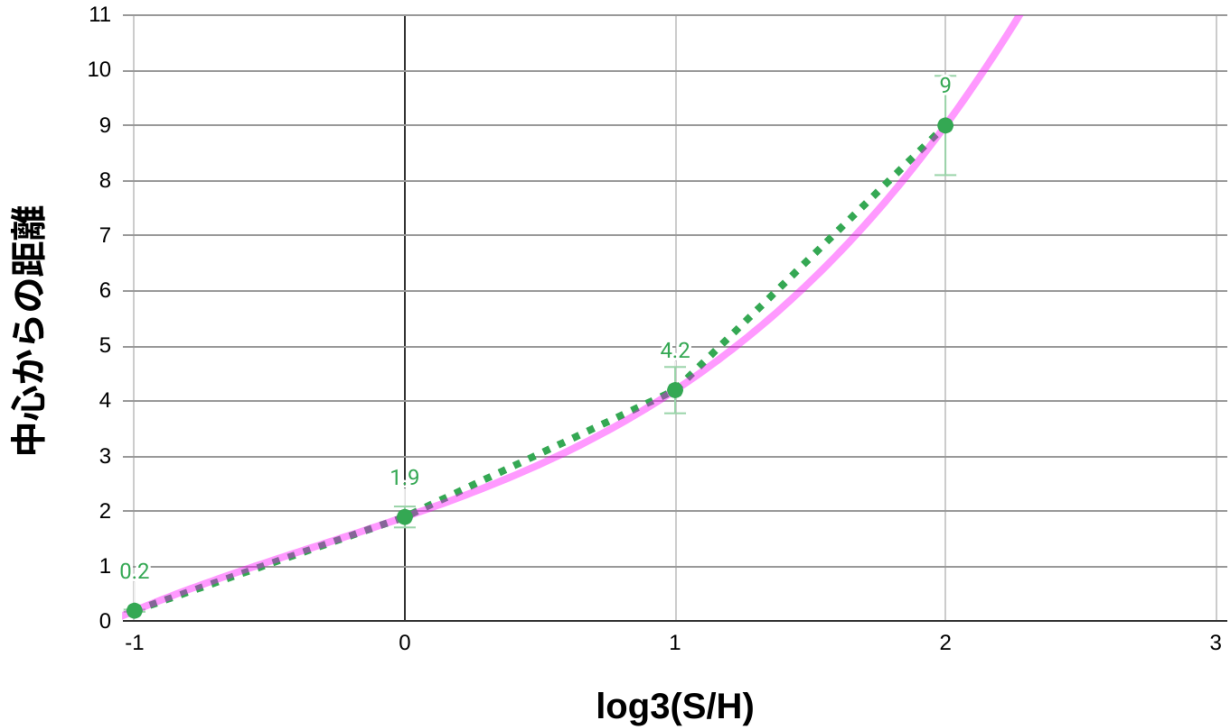
中心からの 距離	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	○	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕
B	○	○	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕
C	○	○	○	○	○	✕	✕	✕	✕	✕	✕
D	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	✕

4. 考察

水上で陸上のように左右の足を交互に踏み出して歩くには、足と履物の固定を強める、水からの反作用を受けやすくするために履物に水かきのような構造を加えるなどして、より推進力を得る必要がある。また、形状の違いによる水上での安定感の違い(回転の有無)を調べる追加実験を同体積、同密度の四角錐と直方体で行うと、底面積を一定にした場合では直方体のほうが安定し、高さを一定にした場合では四角錐のほうが安定したことから、水上での安定度には底面積と高さの2つの観点絡んでいるということが分かった。

また、実験3より物体の高さ(h)が小さく底面積(s)が大きいものが安定するため、底面積と高さの比をs/hとし、上記の表1のBのs/hを1とするS/H(表1中ではs/h)をおく、x軸にlog₃(S/H)、y軸におもりの中心からの距離をとってグラフを作成する。

グラフ



上記のグラフより、S/Hが限りなく大きくなると、おもりが中心からより遠くに離れても安定することがわかる。したがって底面積が限りなく大きく、高さが限りなく0に近いものが最も安定する。

5. 結論

身近な素材(ビート板)を用いて水の上で静止した状態から足を踏み出して陸上のように歩くことはできなかったが、水上を前方に少しずつ移動することはできた。このことから自然条件などを考慮し、水を押し出し推進力が得られるような履物の構造を再検討することや他の動力の使用を慮ることで水上歩行は実現可能になると考えられる。また新たなアクティビティを生む可能性については肯定することができると私達は考えた。

6. 参考文献ならびに参考Webページ

水面を走るのに必要な脚力は？【物理エンジン】<https://www.youtube.com/watch?v=EKFudr9FO0E>

海と船なるほど豆辞典: https://www.kaijipr.or.jp/mamejiten/fune/fune_15.html

広島観音アリーナ: <https://www.kanon-marina.co.jp/sea/knowledge/boat/bilge/>