

えっ！？島が浮いてる？浮島現象を科学するⅡ

～シミュレーションから迫る浮島の発生原理～

熊本県立宇土高等学校 3年 徳丸亮汰 小林 瑞 本田琢磨 新宅草太
2年 米田直人 村上聖真 吉田大暉 西川幸輝
1年 徳丸幸樹 堀田舞衣 橋本直大 西田琉花

【研究概要】 浮島の研究を始めて今年で7年となる。今年以下の3つを目的として研究を行った。

- 「1. 浮島の発生・観測条件の確認」 野外観測、室内での再現実験から浮島の発生条件として①気温と海水温の温度の差がある、②観測点の高さが低い、③適切な距離がある、④対象付近の温度差がある、の4つがあることがわかった。
- 「2. シミュレーションによる光路の可視化」 オリジナルの温度プロファイルを用いた光路シミュレーションから見るもの高さによって見え方が異なることが分かった。また、観測点の高さが低いほど消失部、反転部は拡大し、より浮いて見えることがわかった。
- 「3. 風による影響の解明」 様々な風速を吹かせた時の流体・光路シミュレーション。風速0.5m/sの時に温度層が最も厚くなり、浮き具合も最大となる。

1 浮島現象とは

・光の屈折による下位蜃気楼



図 観測した逃げ水現象

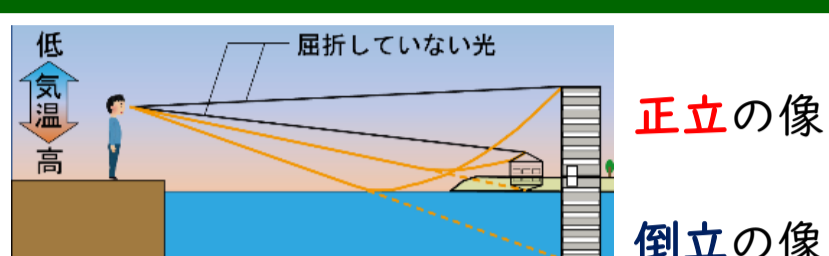


図 下位蜃気楼の説明

2 研究の目的

- これまで部の先輩方が観測、再現実験を行い、浮島の発生、観測条件について考察していた。今回は以下の3つを目的とする。
- ①野外観測、再現実験から浮島の発生・観測条件を確認する
- ②シミュレーションによる光路の可視化を行い、浮島現象が見える仕組みを科学的に説明する
- ③風が浮き具合に与える影響を調べる

3-1 野外観測

(1) 観測方法



図 観測方向、観測場所の様子

(2) 結果

①夏と冬の違い

温度差：4.0℃ 浮き具合 大

図 冬の浮島 2023/12/25 6:59 (気温5.8℃ 海水温9.8℃)

温度差：2.4℃ 浮き具合 小

図 夏の浮島 2023/09/10 6:00 (気温25.2℃ 海水温27.6℃)

②一日の時間での違い (朝か昼か)

温度差：2.4℃ 浮き具合 大

図 朝の浮島 2023/09/10 6:00 (気温25.2℃ 海水温27.6℃)

温度差：-0.4℃ 浮き具合 小

図 昼の浮島 2023/09/09 14:44 (気温34.4℃ 海水温34.0℃)

③高さによる違い

高さ：9m 浮き具合 小

図 観望所で見つ浮島 2023/10/06 7:04

高さ：1m 浮き具合 大

図 海岸で見つ浮島 2023/10/06 6:47

④距離による違い

図 2023/10/06 7:04撮影

図 2023/10/06 6:47撮影

図 2023/10/06 6:33撮影

遠い ← 近い

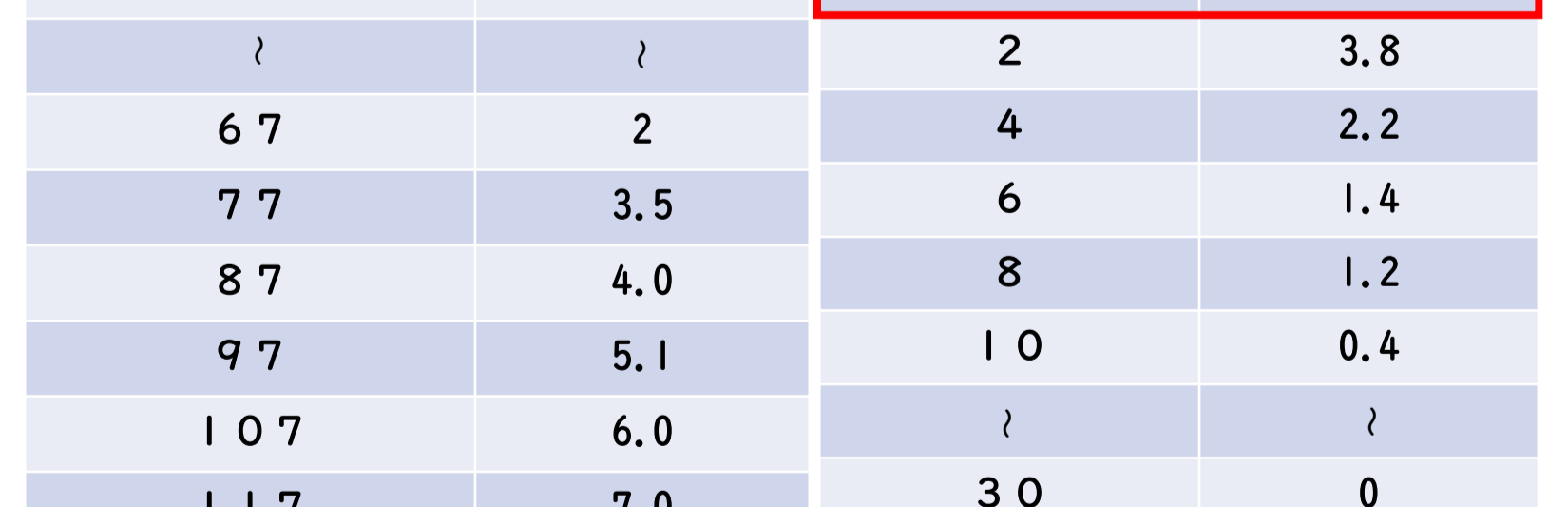
①時期：冬の早朝

②観測点の高さ：海面近く

③対象までの距離：約10km

3-2 再現実験

(1) 実験方法



変数	共通条件	
①ヒーターの温度	室温[℃]	17
②観測点の高さ	ヒーターの温度[℃]	97
	観測点の高さ[cm]	0
	ヒーターの長さ[cm]	400

(2) 結果

①ヒーターの温度

ヒーターの温度[℃]	浮き具合[個分]	観測点の高さ[mm]	浮き具合[個分]
17	0	0	5.1
}	}	2	3.8
67	2	4	2.2
77	3.5	6	1.4
87	4.0	8	1.2
97	5.1	10	0.4
107	6.0	}	}
117	7.0	30	0
127	6.8		

②観測点の高さ

・観測点が低くなるほど浮いて見える。
・しかし、限界があり、高すぎると対象が揺らぎ見えづらくなる。

③観測点の高さ

・観測点が低くなるほど浮いて見える。
・温度差が大きくても、観測点の高さが高ければ浮島を見ることはできない。

(3) まとめ

①ヒーターの温度

・ヒーターの温度が高くなるほど浮いて見える。
・しかし、限界があり、高すぎると対象が揺らぎ見えづらくなる。

②観測点の高さ

・観測点が低くなるほど浮いて見える。
・温度差が大きくても、観測点の高さが高ければ浮島を見ることはできない。

(4) 観測での確認

温度差：4.0℃ 浮き具合 小 潮位：353cm

温度差：0.9℃ 浮き具合 大 潮位：394cm

図 温度差が大きい時の浮島 図 観測点の高さが低い(潮位が高い)時の浮島 (23/12/25 7:50 気温5.8℃ 海水温9.8℃) (24/02/10 9:45 気温9.8℃ 海水温10.7℃)

実際の観測でも、観測点の高さが高ければ温度差が大きくても浮き具合が小さくなる。

3-3 光が屈折する範囲

(1) 方法

装置でヒーターの位置、観測点の高さを変えて浮き具合を調べた



装置の模式図

観測点の高さ 0 mm 観測点の高さ 6 mm

動かしたヒーター	浮き具合 [個分]	動かしたヒーター	浮き具合 [個分]
⑧	2.8	⑧	2.8
⑦	4.6	⑦	3.8
⑥	1.6	⑥	0
⑤	1.6	⑤	2.6
④	3.6	④	3.2
③	3.0	③	2.6
②	3.2	②	2.8
①	5.2	①	3.0
	4.4	①	2.6

図 何も動かしていないとき (6 mm)

図 ②を動かしたとき (6 mm)

①下位蜃気楼の発生には、対象付近の気温差が重要である。
②観測点の高さが高くなると光が屈折する位置が対象側に近づく。

4-1 浮島の発生原理

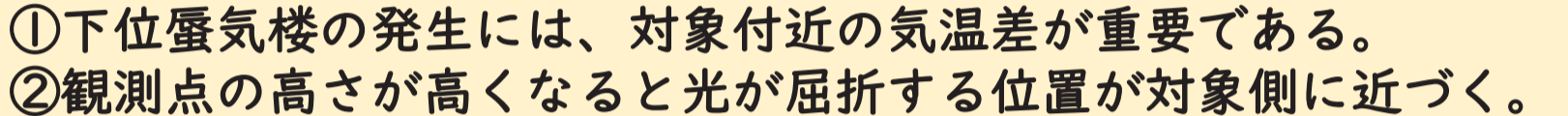


図 ヒーター上の気温の鉛直分布

→ヒーターの温度が高くなると 気温変化する空気層 ("温度層" と呼ぶ) の厚さが厚くなる。
→温度差による密度差で光は屈折するため、蜃気楼が発生する。

図 温度計測の様子

①見える
②反転して2つ見える

通常 反転の境界面=消失線 (Vanishing Line) 反転の幅=浮き具合

<シミュレーションによる説明>

①温度差による見え方の違い ①光源の高さによる見え方の違い



図 下位蜃気楼の光路図 (左から等温大気、観測点 3m、5m)

②観測点の高さによる見え方の違い

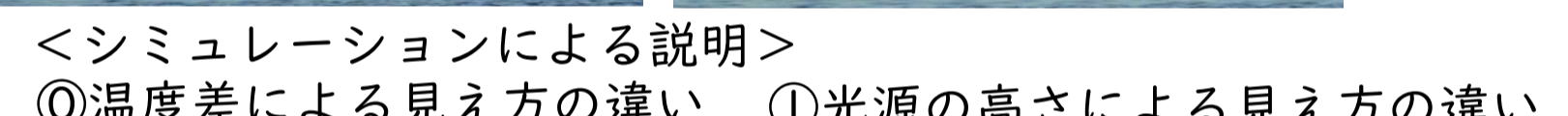


図 観測点の高さの変化による光路図 (左から光源の高さ 5m、3m、1m)

・対象物の高さにより見え方が異なる
・観測点の高さが低いほど消失部、反転部が大きくなる

5 風による影響

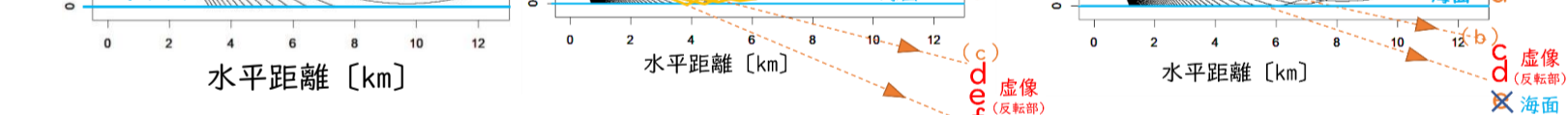


図 シミュレーションモデルの概念図とParaviewによるモデルの可視化



図 OpenFOAMによって得られたプロファイル 図 風速と温度層厚の関係グラフ

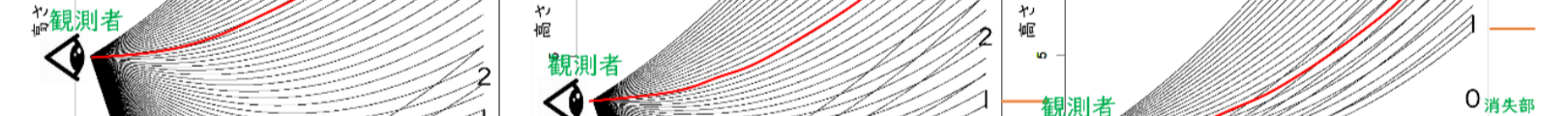


図 得られた温度プロファイルを蜃気楼のシミュレーションに入れ込んだ図

風速約0.5m/sの風 (微風) を海上に吹かせたとき、温度層の厚さと蜃気楼の浮き具合が最大となる。

6 まとめ・今後の展望・謝辞・参考文献

浮島の発生条件 (これまでの浮島の観察と今回の実験から)

- ① 気温と海水温の温度差がある・・・12月、1月の早朝
- ② 観測点の高さが低い・・・満潮時の海岸
- ③ 適当な距離がある・・・10km程度の距離

■ 視程による影響を明らかにする
■ 一日の中の海水温の変動を明らかにする

本校教諭の本多先生に多大なるご指導、ご助言を頂きました。深く感謝申し上げます。

◆川合秀明、北村祐二、柴田清孝 (2020、下位蜃気楼の光路計算マダガスカルで見た蜃気楼)

◆気象庁 ◆国土地理院 ◆熊本県水産研究センター ◆総合物理2 (数研出版株式会社)

◆蜃気楼を操ろう (秋田県立横手高等学校) ◆蜃気楼のすべて! (日本蜃気楼協議会)