

# 旗のはためく領域と旗の横の長さによる領域の変化

班員 太田 義信、大森 周、鹿島 健介、花島 涼太

担当教諭 小林 広典

キーワード：旗 はためき 整流器 扇風機 角度 定常波 相関関係 相似

We found out that rectangular flags move in specific spaces. These spaces looked like trapezoids and their longer side of the two parallel sides was on the pole of the flag. As the horizontal length of a flag was shorter, its bottom side became leveler but its top side did not change very much. Also, when the length was long, both sides hung down.

## 1 はじめに

先行研究では、旗を上から見たときのはためき方に関して多く研究されていたが、旗を横から見た時の研究はなかった。観察すると、横から見た長方形の旗は一定の領域内ではためくように見えた。そこで、はためきの起こる一定の領域の存在と旗の横の長さによる領域の変化について調べた。

## 2 実験1 はためく領域の存在を確認する

[目的]

旗を横から見たときに、旗がはためく領域が実際に存在するのかを調べる。

[実験方法]

旗は縦30cm横48cmのものを使用し、スタンドに固定してはためかせた。扇風機の風を使用し、風力はすべて「強」に設定した。

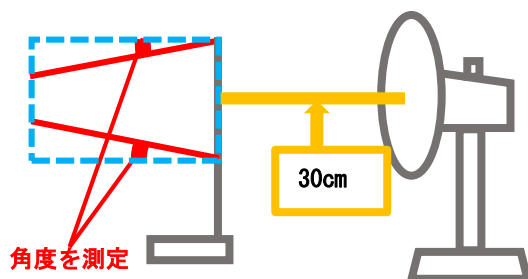


図1 実験1の様子

旗全体に風が当たるように高さを調整し、扇風機から30cm離して、旗をはためかせ、カメラを用いて旗の上部、下部の様子を写した10秒の

動画を30本ずつ撮影した。その後、水平を0°と定義し、旗の傾きを計測した。

[計測方法]

1秒を30分割し、0~300の間で乱数を生成し、コマ送り機能を使ってその値が示す瞬間の角度を測定した。1つの動画につき5回計測し、結果を平均して表(図2)にまとめた。

[結果]

	0°~5°	5°~10°	10°~15°	20°
上部	0	2	16	12
下部	2	26	2	0

図2 水平からの旗の傾きの分布

上部は10°以下の値にならず、ほぼ10°以上になった。つまり、上部には旗が折れ曲がるため変化が激しいが、旗のはためく領域は存在する。

下部は5°~10°に値が集中していたため、下部にも領域は存在すると考えられる。

### 3 実験2 旗の横の長さと領域

[目的]

旗の横の長さとはためく領域の間に関係があるのかを調べる。

[実験方法]

扇風機の風は渦を巻いているため、この実験から整流器を用いた。

整流器は、ストローを縦27本、横20本の計540本使用して自作した。また、切り込み口では吹き出す風が整わないため、平らな面を旗に向けた。



写真1 実験に用いた整流器

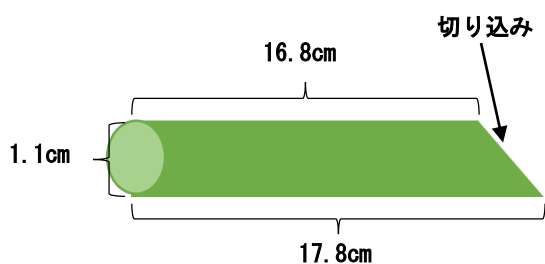


図3 ストロー1本のサイズ

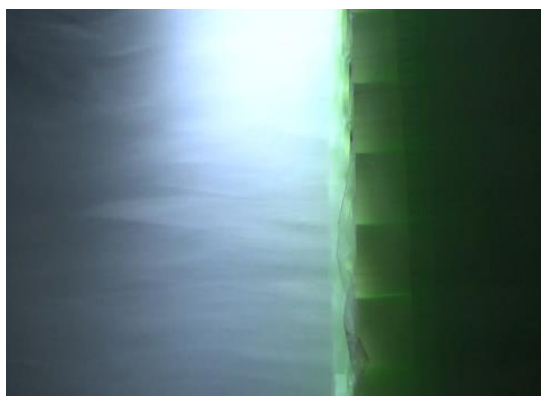


写真2 整流器を通る空気の流れ

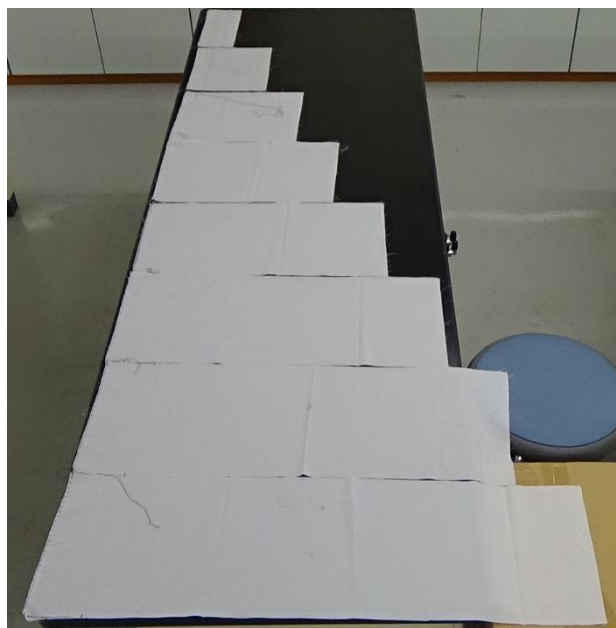


写真3 実験に用いた旗

左下の写真2からわかるように、風向きがまっすぐに補正されている。

実験に用いた旗は、縦はすべて30cm、横の長さを12, 24, 36, …と12cmから96cmまで12cmずつ変化させた。実験設備は実験1と同様にした。

[計測方法]

計測する角度は上部、下部ともに上向きを正とした。また、動画は一つの旗につき上部・下部で1分程度のものを1本ずつ撮影した。物差しに動画のバーを合わせ、0~150の間で乱数を生成し、乱数の示した数値だけ動画のバーをmm単位で進め、その時の角度を計測した。

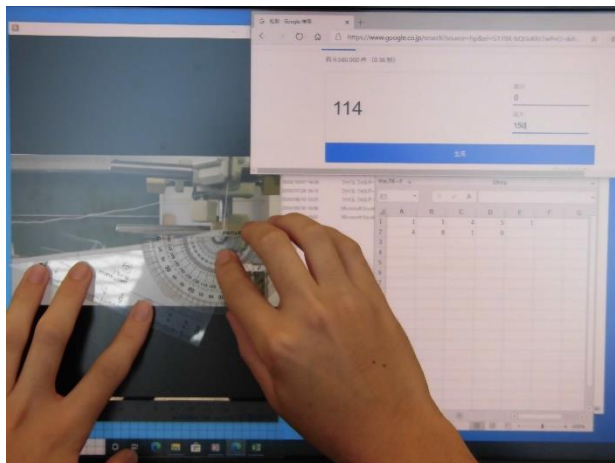


写真4 角度を計測する様子  
(動画のバーは114mm進めてある。)

[結果]

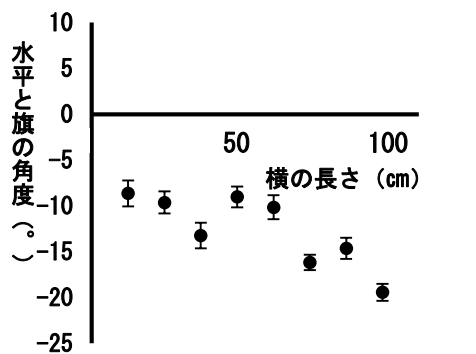


図4 水平からの上部の傾き

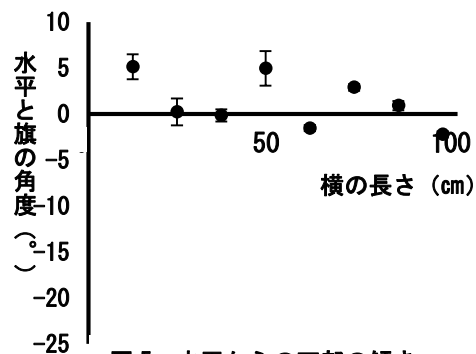


図5 水平からの下部の傾き

図4より、上部は60cmまでの角度はほぼ一定で、それより長くなると旗は下がった。

図5より下部は12cm, 48cm, 72cmのときに旗が周期的に上がっていることがわかる。

[考察]

上部で12~60cmまで値がほぼ一定なのは、実験3を踏まえて考察する。

下部では横の長さが短いと、大きい波ができないため水平に近づき、横の長さが十分に長いときは、周期的に旗の末端を自由端とする定常波が生じ、そのときに旗が上がったと考えられる。

上部と下部のどちらも横の長さが非常に大きくなると下がったのは、旗自身の重みによるものだと考えられる。

#### 4 実験3 旗の質量と領域

[目的]

旗の質量の影響を調べた。

[方法]

旗の大きさは変えず、旗の材質を変えることで質量だけを変化させ、旗の領域の変化を調べた。その後実験2のデータとの関係性を調べ、質量のみによる領域の変化を求めた。

旗は8.34g(実験1で用いた旗) 14.43g 27.20gの三つを用意し、実験2と同様の条件で計測した。

[結果]

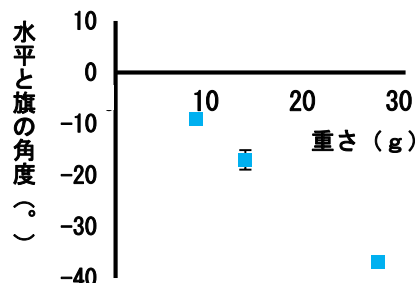


図6 水平からの上部の傾き

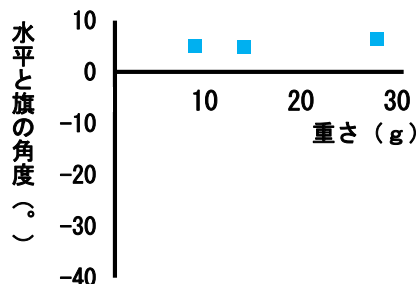


図7 水平からの下部の傾き

上部では重くなるほど折れて下がる角度が大きくなった。

下部では重さにかかわらず角度はほぼ一定だった。

[考察]

実験2の横の長さが十分に短いときと実験3の上部の角度は、どちらも上部が折れ曲がって下がる影響が大きかった。そのため、上部の角度について、重さと旗が折れ曲がって下がった距離の関係を、実験2と実験3のデータから求めた。

(旗が下がった距離)

$$= (\text{旗の横の長さ}) \times \sin(\text{上部の角度})$$

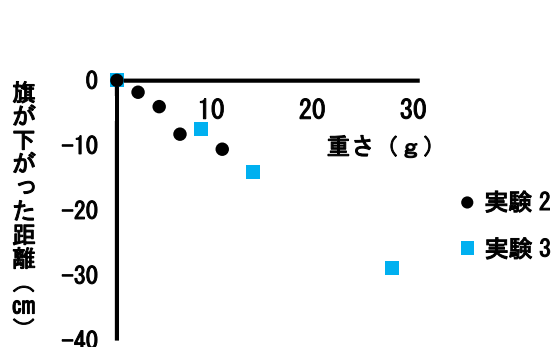


図8 実験2, 3で旗が下がった距離

図8より、旗が下がった距離には相関関係がみられ、実験2, 3での相関係数は等しかったとわかる。

つまり、横の長さにかかわらず、旗が下がった距離は重さによるみに相関関係を示した。

実験3の結果より、実験2で横の長さが短いと上部の角度がほぼ一定だったことについて考察する。実験3から、旗が折れ曲がって下がる距離は、横の長さが十分に短いと旗の質量にのみ比例するということが分かった。つまり、旗の横の長さを変えると、横の長さに比例して旗の質量が変わるため、横の長さと折れ曲がって下がる距離が比例するというのである。

したがって、右上の図9からわかるように、旗の上部に二辺の長さの比とその間の角がそれぞれ等しい相似な三角形が現れたため、上部の角度が一定であったと考えられる。

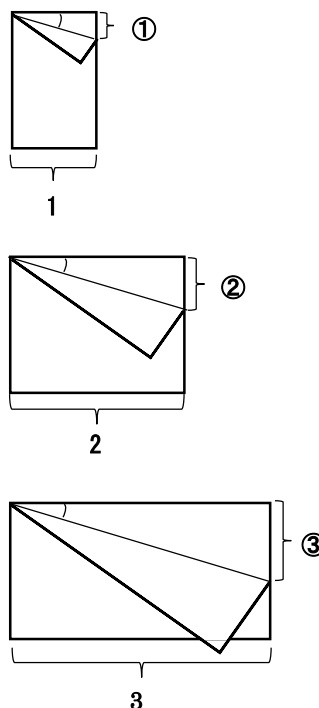


図9 旗の横の長さと折れ曲がる様子

## 5 結論

実験1より、旗のはためく領域は存在する。また、実験2、実験3より、はためく旗の上部は横の長さが短いと一定の角度で下がり、下部は定常波が生じるときに上がる。



写真5 はためく旗の様子