

マグナス力と流体の温度との関係

～このボール、浮きます～

大阪府立生野高等学校「探究Ⅱ 物理8班」

1. 要旨

回転しながら回転軸に垂直な方向に進む球体（以後、回転球と呼ぶ）に、進行方向に対して垂直な向きの力が働く現象「マグナス効果」に関する研究。

移動する回転球に働くマグナス力を定量することは困難なため、風洞装置を作製し、回転球を移動させる代わりに回転軸に垂直に風を送り、回転球とモーターを含む「回転球装置」全体の重さを測定した。

風速は固定して送風し、モーターの回転数を変化させて回転球装置の重さ測定し、回転数が0のときの回転数装置の重さとの差を求めマグナス力とした。

今回は、流体（送る風）の温度を変化させた場合にマグナス力が変化するか否かに着目して実験を行った。そのため送風機と風洞装置の間に加熱部を作製した。

2. 動機・目的

野球やサッカーでボールを回転させて投げたり蹴ったりすると、ボールの軌道が変化することはよく知られているし、我々も実際に部活動（野球部・サッカー部）を通して、幾度も経験してきた。我々は、ボールの変化する様子が季節で異なるのではと感じ、ボールの軌道を変化させるマグナス力が空気の温度によって変化するのかなど確かめようと思った。

3. 研究方法

(1) 実験装置

① 「回転球装置」の作成

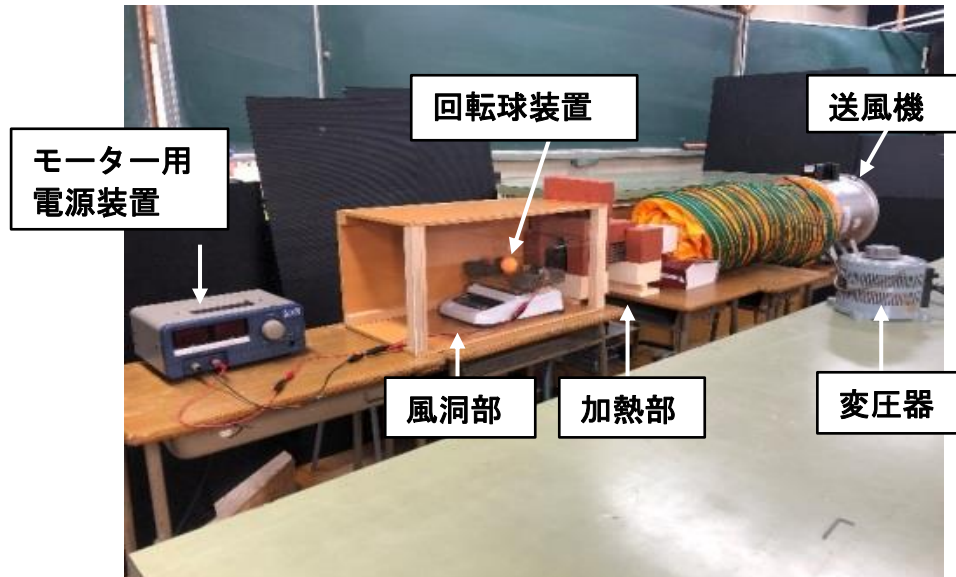
（写真1）のように、直径5[cm]の発泡スチロール球に中心を通る回転軸を取り付け、回転軸の両端にモーターとベアリングを取り付ける。このモーターとベアリングを木製台に取り付ける。



（写真1）「回転球装置」と重さ測定の様子

② 風洞装置の作製

(写真 2) のように、電源 ⇒ 変圧器 ⇒ 送風機 ⇒ 加熱部 ⇒ 風洞部 (中に電子天秤と「回転球装置」) ⇒ モーター用電源装置 を設置する。



(写真 2) 風洞装置と風洞部内の「回転球装置」

このとき、「回転球装置」の回転軸は風の向きと垂直な方向にする。

加熱部は、直径 6mm 長さ 25cm の銅パイプ 200 本の束、耐火レンガで作製し、銅パイプ束を下からガスバーナーの炎で加熱した。

(2) 実験方法

- ① 加熱部をガスバーナーで加熱する。
- ② 送風機から風洞装置に風を送る。
- ③ 「回転球装置」近くで風洞内空気 (風) の温度と風速を測定する。
- ④ モーターに電流を流し、発砲スチロール球を回転させ、電子天秤で「回転球装置」の重さを測定する。

風速を 7[m/s] に固定して、上記①～④を温度・回転数を変えて行う。

4. 結果

ここでは、発砲スチロール (回転球) の回転数は、モーター用電源の電圧で代替した。また、電子天秤で測定した [g] 単位の重さは [N] 単位に計算して変換している。

(1) 風洞内空気 (風) の温度が常温 (22℃) の場合

「回転球装置」の重さは、電源電圧が 0[V] の場合 3.8896[N] (=A とする。以下同様) 電源電圧が 1.5[V] の場合 3.8833[N] (=B)、電源電圧が 2.0[V] の場合 3.8911[N] (=C) 電源電圧が 2.5[V] の場合 3.8774[N] (=D)、電源電圧が 3.0[V] の場合 3.8739[N] (=E) だった。

よって、マグナス力は（表 1）に示す通り、 $A-B=0.64[N]$ 、 $A-C=-0.15[N]$ 、 $A-D=1.22[N]$ 、 $A-E=1.57[N]$ だった。
回転数が大きいほどマグナス力が大きくなる傾向が見られた。

（表 1）

常温(22°C)		風速：7[m/s]			
回転数[V]		風ありの重さ × 0.01 [N]	風なしの重さ × 0.01[N]	マグナス力 × 0.01[N]	
0	A	388.96	387.72	A-A	0.00
1.5	B	388.33		A-B	0.64
2	C	389.11		A-C	-0.15
2.5	D	387.74		A-D	1.22
3	E	387.39		A-E	1.57

(2) 風洞内空気（風）の温度が常温（60°C）の場合

「回転球装置」の重さは、電源電圧が 0[V]の場合 3.8911[N] (=A)、
電源電圧が 1.5[V]の場合 3.9053[N] (=B)、電源電圧が 2.0[V]の場合 3.8955[N] (=C)
電源電圧が 2.5[V]の場合 3.8926[N] (=D)、電源電圧が 3.0[V]の場合 3.8886 [N] (=E)
だった。

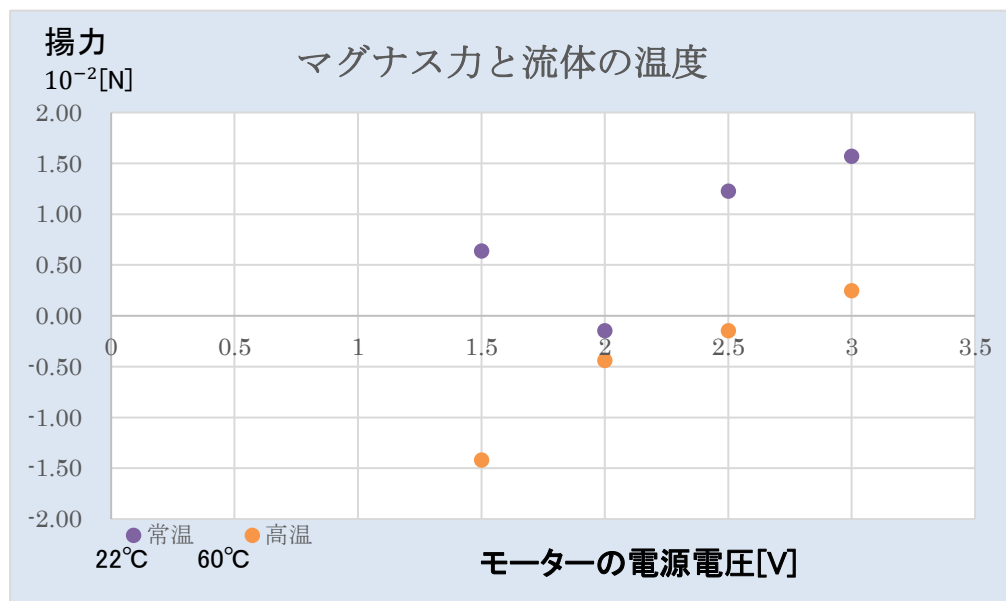
よって、マグナス力は（表 2）に示す通り、 $A-B=-1.42 [N]$ 、 $A-C= -0.44[N]$ 、
 $A-D=-0.15 [N]$ 、 $A-E=0.25 [N]$ だった。
回転数が大きいほどマグナス力が大きくなる傾向が見られたが、「負のマグナス力」
が観測された。

（表 2）

高温(60°C)		風速：7[m/s]			
回転数[V]		風ありの重さ × 0.01 [N]	風なしの重さ × 0.01[N]	マグナス力 × 0.01[N]	
0	A	389.11	389.89	A-A	0.00
1.5	B	390.53		A-B	-1.42
2	C	389.55		A-C	-0.44
2.5	D	389.26		A-D	-0.15
3	E	388.86		A-E	0.25

(表 1) (表 2) の結果をグラフにしたものが、(グラフ 1) である。

(グラフ 1)



常温 (22℃)、高温 (60℃) のいずれの場合も、回転数が大きいほどマグナス力が大きくなる傾向にある。流体の温度が高温の場合、常温の場合より揚力が小さくなるのみでなく「負のマグナス力」が測定された。

5. 考察 (課題)

回転しながら回転軸に垂直な方向に進む物体に、進行方向に対して垂直な向きの力 (マグナス力) が働くことが確認できた。また、流体の温度によりマグナス力の差がみられたが、今回の実験では温度差も小さく 2 種類のみの結果であったこと、「負のマグナス力」が測定されたことから、「マグナス力が流体の温度により変化する。」傾向は見られるが、結論付けることは難しい。

風洞装置・回転するボールの重さ測定方法など、実験装置・実験方法のさらなる改良が必要である。これらの改良により、流体の温度とマグナス力との関係が確認されれば、マグナス風車による風力発電の効率計算に役立つかもしれないと考えている。

6. 参考文献

日本機械学会編、石綿良三・根元光正著 「流れのふしぎ」 (講談社)