

Date _____

ボールはなぜ曲がるか

1年B組

Name 赤津 颯一

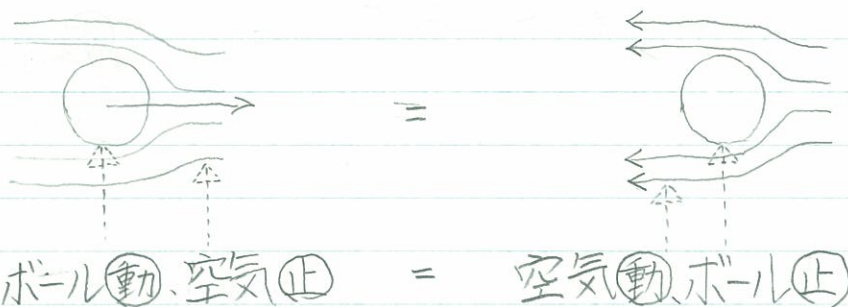
1. はじめに

W杯のデンマーク戦、2つのフリーキックが決まった。1つ目は本田の左足から放たれた無回転シュート、2つ目は遠藤の右足からの回転するシュートでゴールネットをゆらした。どうして無回転シュートはブレ、ボールが回転すると曲がるのだろうか。そこで、どのような条件だと、無回転のボールは大きくブレ、回転するボールは大きく曲がるのかを実験し、なぜそうなるのかを調べ考えようと思った。

2. 計画

ボールを蹴って空中を飛ぶのと同じような効果を得られるようにするため、次のように実験をしようと思った。

① 蹴って動いているボールに見たてて、扇風機でボールに風をあてる。



② 蹴って回転するボールに見たてて、モーターでボールに回転を与える。
ボールは回転しやすいよう、軽いものにする。

③ 空中で自由に動けるボールに見たてて、下に台車をつけ、ある程度自由に動けるようにする。

次頁のように簡単な設計図を書いた。

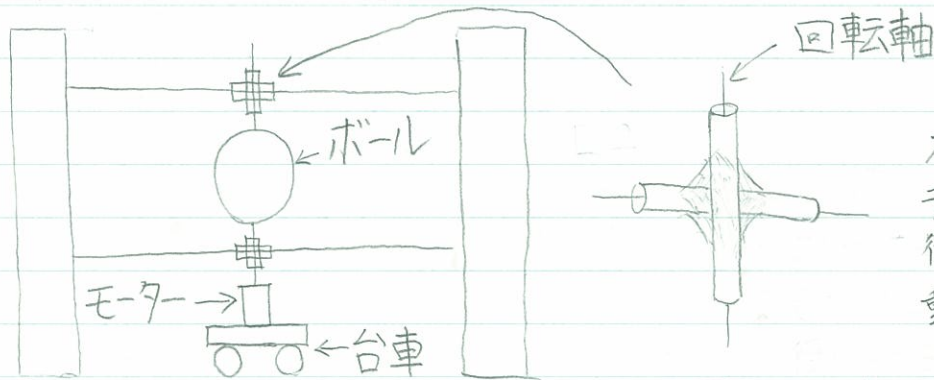


図1-1 設計図

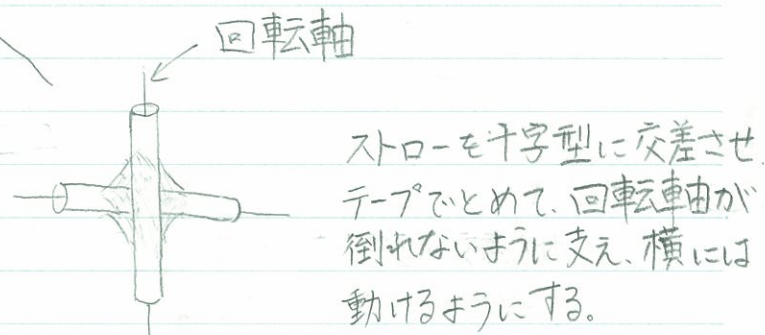


図1-2 軸を支える部品

また、次の3つについて実験で調べることにした。

- ① 風の強さでボールの動きがどのように変わるか。
- ② ボールの大きさでボールの動きがどのように変わるか。
- ③ ボールの回転数でボールの動きがどのように変わるか。

なお、無回転の場合も観察し調べることにする。

3. 準備

設計図に従って東急ハンズや100円ショップで材料を買いそろえた。



写真1-1 材料 その1



写真1-2 材料 その2

写真1の材料を使って、下のような部品を作った。



写真2-1 台車

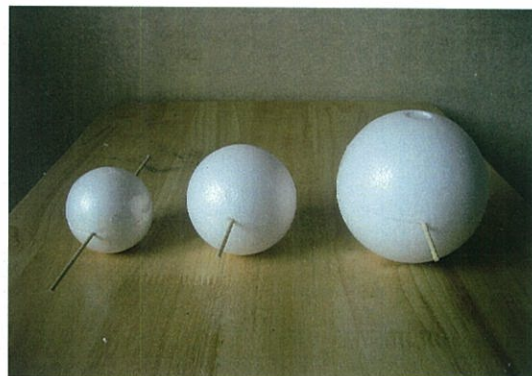
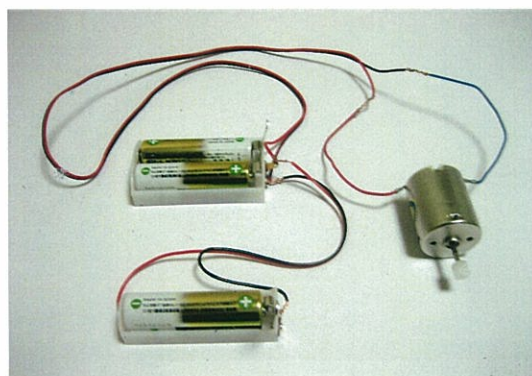


写真2-2 回転軸付きボール



電池ボックスを並列につなぎ、3Vと1.5Vを切り換えできるようにした。

写真2-3 モーター回路

これらを組み合わせて、実験装置ができあがった。

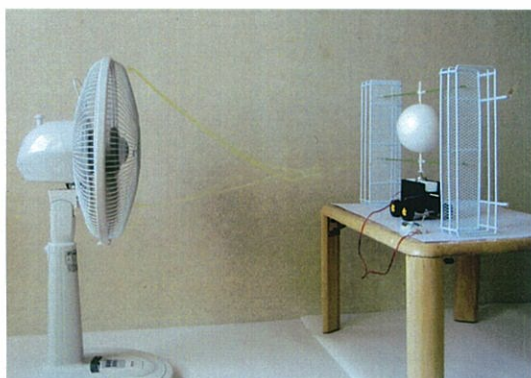


写真3 実験装置

4. 実験

前頁の写真のように実験を開始した。
風の向きと直角方向に台車を置き、ボールを回転させて、動きを観察する。

4.1 動く向きの方則(回転するボール)

電池を逆向きに入れ換え、ボールの回転方向を変えると
動く向きが逆になることが観察できた。動く方向は次のようになる。



図2 動く向きの方則

4.2 改良

動く向きは確認できるが、次のような問題もあり、動きの強さなどを調べるのは、
難しかった。

- ① 扇風機を上下すると、結果が変わることがある。
- ② 空回りして、ボールがうまく回転しないことがある。
- ③ 動きの強さの測り方が分からない。

そこで、検討を加え、装置を改良することにした。

(1) 風を整える

問題①から、扇風機の風を調べると、写真4-1のように上と下で向きが変わっている。そこで長いダンボールの箱を使って、少しでも気流を整えることにした。(写真4-2)



写真4-1 扇風機の風の向き

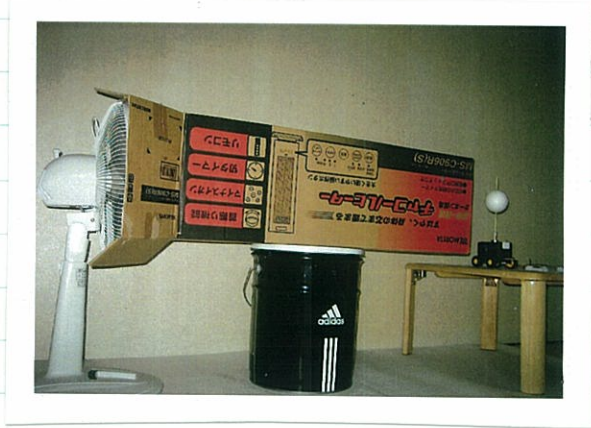


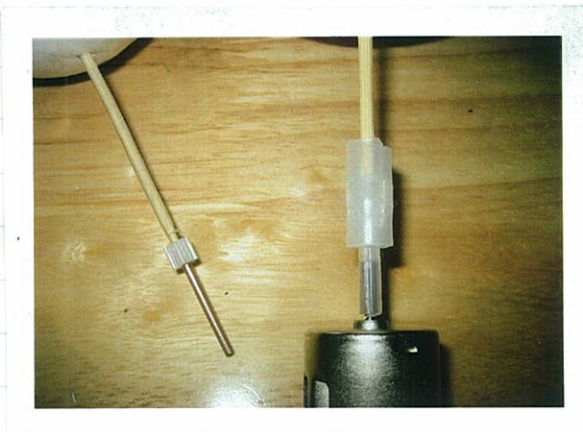
写真4-2 風のリネル

(2) 回転を伝える

空回りは、モーター軸と、回転軸(竹串)のつなぎ部品の問題だった。そこで3種のビニール材料を組み合わせ、回転をしっかりと伝える部品に作り直した。

①旧

竹串を削って
ギアに差し込んで止めた。



②新

竹串がピッタリ入るビニール傘の先と
モーター軸がピッタリ入る
スポイトの中央部を
ビニールの管でおさえてつなげた。

写真5-1 新旧つなぎ部品

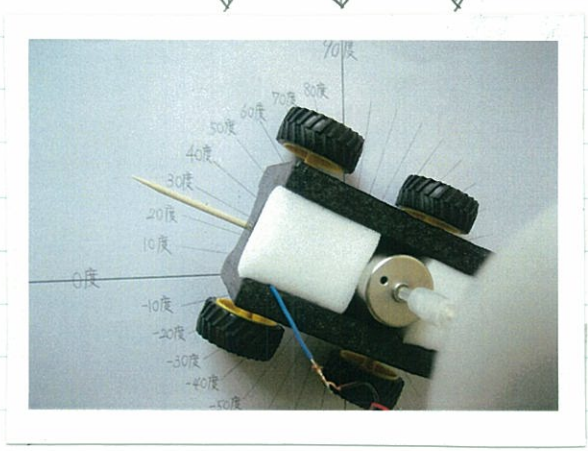
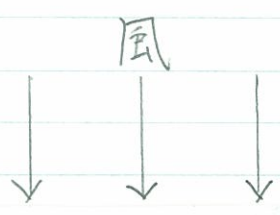
この結果、ガイドレールがなくても、自立して回転できるようになり、実験がとて簡単になった。



写真5-2
自立型回転ボール

(3) 動きの強さを測る

動く速度、時間、長さなど考えたが、どれも測るのが難しい。そこで、動く力が強ければ風に向かってでも、動けるハズと考え、風に向かう角度を調べることにした。何度まで動くか動かないかを調べればよくなった。台車には方向針を新たに付け、さらに角度を書いた台紙を用意した。



風に対して垂直な方向を0度として、風に向かう角度を決め、台車を置き、動くかどうかが調べる。写真6は25度の場合。

写真6 台紙と方向針付き台車

4.3 実験結果(回転ボール)

改良版の実験装置で、
次のように条件を変え、
動き出す最大の角度を調べた。

① ボールの大きさ
→ 3種のボールを
使い分ける: 大 / 中 / 小

② 風の強さ
→ 扇風機の風量スイッチを
切り換える: 強 / 中 / 弱

③ 回転数
→ 電池の電圧を切り換える: 高(3V) / 低(1.5V)



写真7 改良実験装置

測定結果は、次のようにまとめた。

【 回転数 : 高 】

動き出す角度		ボールの大きさ		
		大	中	小
北 極 風	強	27°	30°	28°
	中	30°	30°	29°
	弱	30°	30°	30°

【 回転数 : 低 】

動き出す角度		ボールの大きさ		
		大	中	小
北 極 風	強	20°	20°	20°
	中	20°	20°	20°
	弱	20°	20°	19°

表1 測定結果(回転ボール)

なお、動き出す勢い(速度)や距離は、ボールが大きく、風が強い(表の左上方向)ほど、強くなるように感じた。弱い風での小さいボールの実験は、かすかな動きで動き出すかを判断した。

4.4 実験結果(無回転ボール)

ボールを回転をさせず、風にさらして観察した。結果は以下。

- ① ボールは前後左右どちらにも震えるが、動かない。
- ② 震え方(震えの幅と震えの頻度)は、下の表のように感じられた。

【 無回転 】

震え方		ボールの大きさ		
		大	中	小
七強の風	強			
	中			
	弱			

震えの幅: 左上ほど大きい
震えの頻度: ほとんど同じ

表2 観察結果(無回転ボール)

5. 考察

5.1 回転するボール

実験の結果、回転するボールについて、以下が分かった。

- ① 回転するボールは流れと直角の方向に(横に)動く。
図2「動く向きの方則」を参照。

- ② ボールの回転数を上げると、横への動きが大きくなる。表1
 - ③ ボールの大きさや風の強さを変えても、横への動きは、ほとんど変化しない。表1
- 「測定結果(回転ボール)を参照」

参考文献2をもとに考えると、①は図3のように説明できる。
なお、このような回転によって円柱や球の軌道が曲がる現象を、「マクダス効果」と呼ぶらしい。

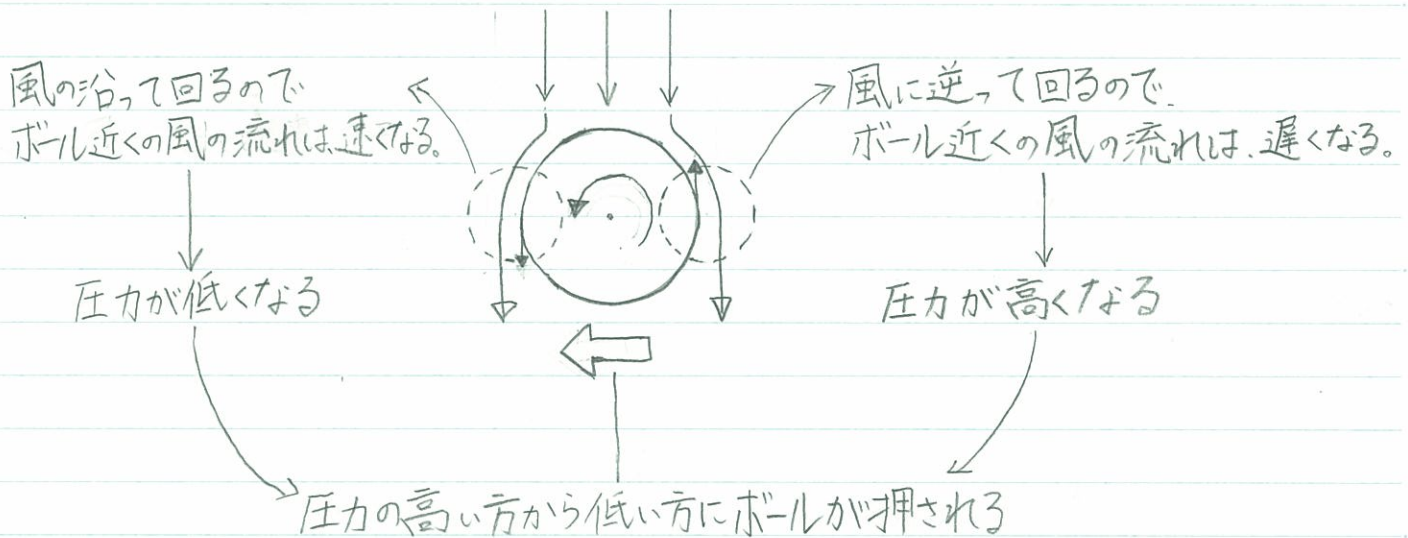


図3 ボールが曲がる原理

図3のように考えると②も理解できる。回転を上げると
風に逆らう度合/沿う度合も増すので、速度差と圧力差がより大きくなり、
よりボールが押されると考えられる。

良く分からないのが③で、風が強ければ、横に動かす力も強いと
思われるが、実際には横に動く度合(角度)は同じである。
これは、次のように説明できるのではと考えた。

①風が強ければ、横に動かす力も強くなるが、ボールを押す力も強くなる。
これが打ち消し合って、動き出す角度は変わらない。

②同じようにボールが大きいか、横に動く力も大きいが、風から受ける
後に押される力も大きく、打ち消し合って、同じ角度になる。

5.2 無回転ボール

無回転ボールは、不規則にブレると言われる。表2で観察した震えが、このブレに相当すると考える。ただ、もともと扇風機の風に震えがある可能性もあり、これ以上は分からなかった。

6. おわりに

サッカー部員の私にとって、「フリーキックで曲げるには、スピードより回転」というのが分かっておもしろかった。無回転の原理は、まだ調べ考える必要があるが、回転ボールがどうして曲がるかは分かった。

実験は計画や準備が大変だが、自分で工夫すれば成果につながることに、実感できた。

参考文献

1. 中学生 理科の自由研究「チャレンジ」
株式会社 永田書店 発行
2. 流れのふしぎ - 遊んでわかる流体力学のABC -
日本機械学会編
石綿良三 根本光生 著