

〈山崎賞〉

### 38 「ボールを遠くへ飛ばすためには」 ～要因の分析とモデル実験～

#### 1 研究の動機

サッカーを小学校の時からやっているが、いつももっとボールを遠くに飛ばしたいと考えていた。中学校になってもなかなか思うように遠くに飛ばすことができず、同じチームになった3人で、ボールを遠くに飛ばすためにはどのような要因が関係しているか調べてみることにした。

#### 2 測定と分析 その1

##### (1) 助走距離と飛距離の関係

助走距離 4m と 8m では飛距離は変わらず、助走距離が少しでもあれば助走距離がないときより、遠くへ飛ぶ、ということがわかった。

##### (2) ビデオを使ったフォームの分析

一人ずつ体の大きさや骨格、筋肉の強さも違うため、比較することが困難だったがそれぞれ個性的なフォームがあることがわかった。

##### (3) 軸足の位置と飛距離

軸足の位置はほぼ一定であり、飛距離との関係はなかった。これは遠くへ飛ばそうとしているためであり、コントロールしたキックの場合には違いが出る可能性がある。

##### (4) 軸足の角度とボールの落ちた位置と目標との角度の関係

蹴る方向に軸足を向けるのが基本であり、これもばらつきは少なかった。

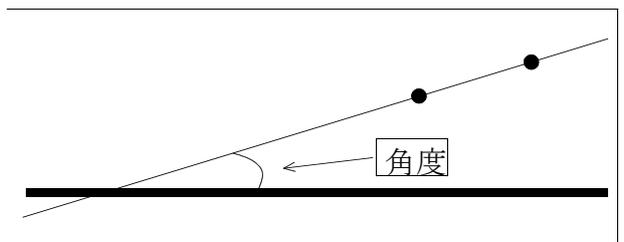
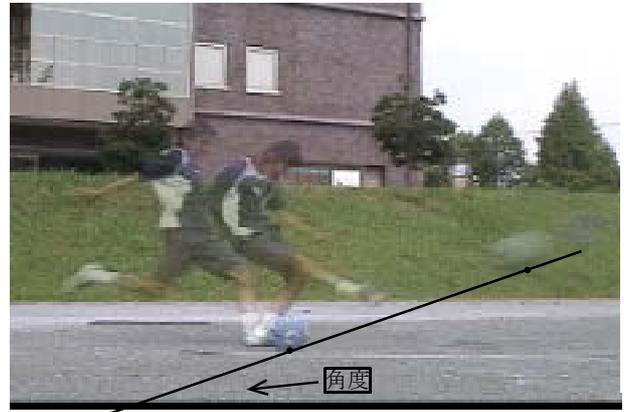
#### 3 地面とボールの飛び出した角度

ボールの飛び出した角度で飛距離が変わると思いを調べることにした

##### (1) 測定方法と角度の求め方

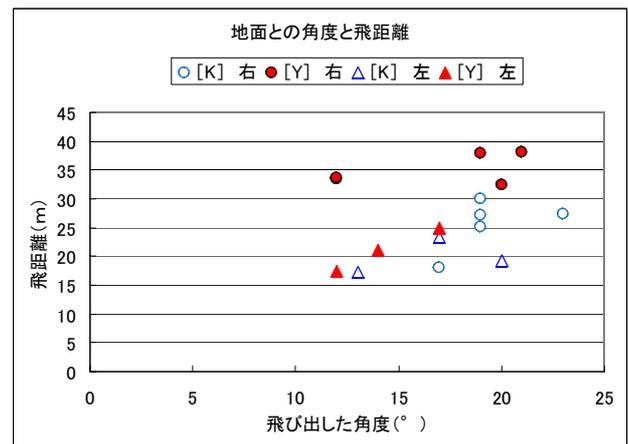
- ア ビデオの映像をコマ送りにし画像にする
- イ ボールの中心の下に点を取る
- ウ 飛び出した後のボールの中心の下に点を取る
- エ イとウで取った点を通る直線を引く
- オ 画像の下の両はじを直線で結ぶ

カ エとオの直線の角度を分度器で測る



##### (2) 測定結果

結果が下のグラフです。



例外もあるが、飛び出した角度が高い方が遠くに飛んでいるようである。しかし、角度だけでなくボールの飛びだしたスピードも関係してくるので、室内実験で確かめてみる必要がある。

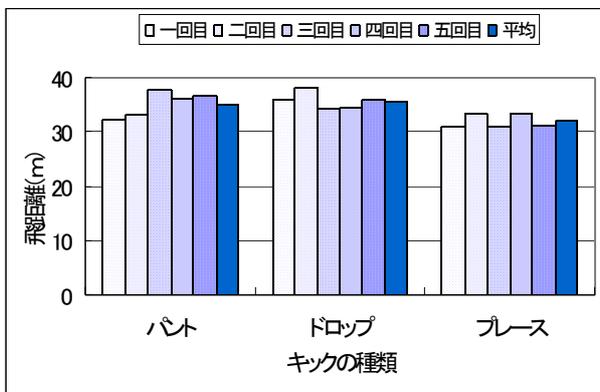
#### 4 ゴールキーパーのキックについて 以下のことについて行った。

- (1) キックの種類による飛距離の違い
- (2) 飛び出す角度と飛距離
- (3) キックの種類による滞空時間と飛距離
- (4) キックの種類による角度と滞空時間

ゴールキーパーが行うキックは主にプレースキック・ドロップキック・パントキックの三種類がある。

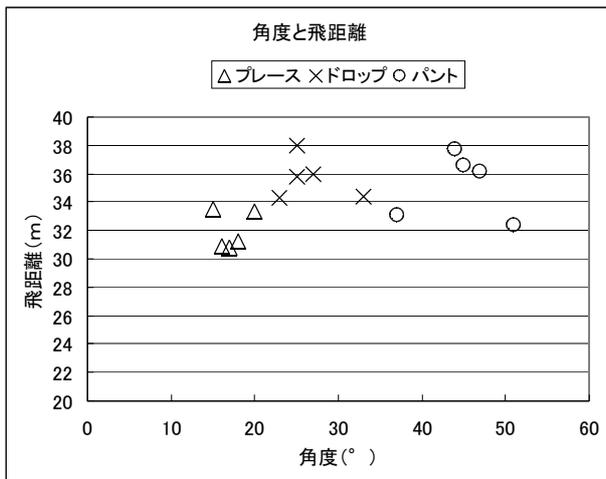
- (1) キックの種類による飛距離の違い

結果が下のグラフです。なお、ドロップキックやパントキックはキーパーである[S]しか上手く蹴ることができなかったため、測定は[S]のみで行った。



- (2) 飛び出す角度と飛距離

前のページと同じ方法でボールの飛び出す角度を求め、飛距離と比較してみることにした。結果が下のグラフです。



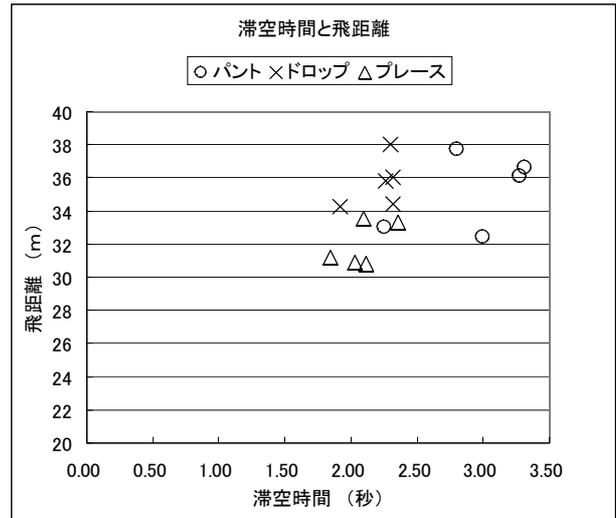
- ・ 全体的に角度が小さいと、飛距離も小さくなるのがわかる。

- (3) キックの種類による滞空時間と飛距離
- 速くて低いボールを蹴る場合もあつたり、滞空時間の長いボールを蹴る場合もあつたりす

る。そこで、滞空時間を測定し、飛距離や角度との関係調べてみた。

滞空時間は、ボールを蹴り出したときから、ボールが地面につくまでを二人がストップウォッチを使って計りました。人間が目を見て判断して測定するわけだが、二人の差がいずれの場合もほぼ 0.1 秒以内であり、思ったより正確であると考えられる。

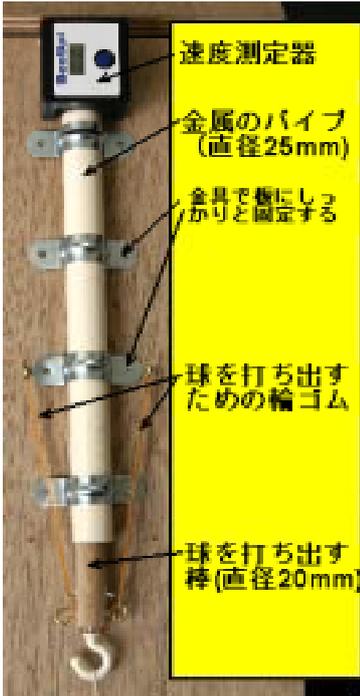
平均値を使って、キックの種類による滞空時間と飛距離の関係をグラフにした。



角度が飛距離と関係があるにしても、飛び出した時の速度との関係も大切である。同じ速度で角度を変えて飛距離を測定することができれば良いのだが、なかなかそのような実験を行うのは困難である。そこで、角度を一定にして、まずスピードと飛距離の関係を調べ、いろいろな角度で実験して比較してみることにした。

### (2) 実験装置

打ち出すようにして球を発射させる装置を考案した。



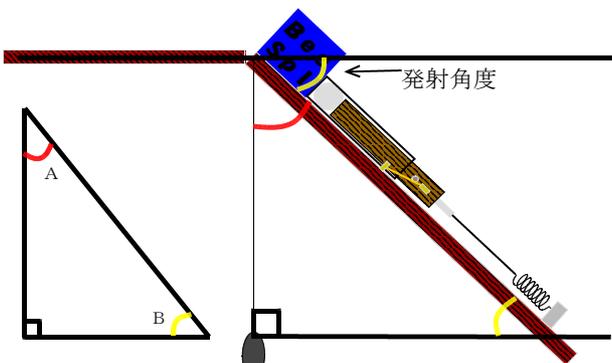
#### 発射装置の説明

- ・金属のパイプの中にボールを入れ、それを棒で打ち出す装置を考案した。
- ・輪ゴムの力を利用して棒を動かし、球を打ち出す。輪ゴムは2, 3回行ったら新しいものに替た。
- ・パイプは動かないようにしっかりと固定した。
- ・速度測定器はパイプの先端に固定し、発射装置から出てきた瞬間の球の速度を測定できるようにした。

し、発射装置から出てきた瞬間の球の速度を測定できるようにした。

### (3) 角度の求め方・作り方

- ・下の図より発射角度 (B) は、 $90-A$  で求められる。
- ・Aは板に対する重力の働く角度なので、重りをつるした糸と板の角度を、分度器を使って測る。



$$B = (180 - 90) - A \\ = 90 - A$$

- ・角度は台を使って板の下の位置を上下して変える。

- ・台は動かないよう、しっかりと固定する。

### (3) 飛距離の測定方法

いろいろな案を考えた。その中から簡単にできる方法として、低反発のクッションを使うことにした。発泡ポリスチレンという低反発素材のものであり、落下して数秒間は下の写真の通り、ボールの跡が残るので、その位置を落下地点として特定し、そこから発射装置までの距離を測った。



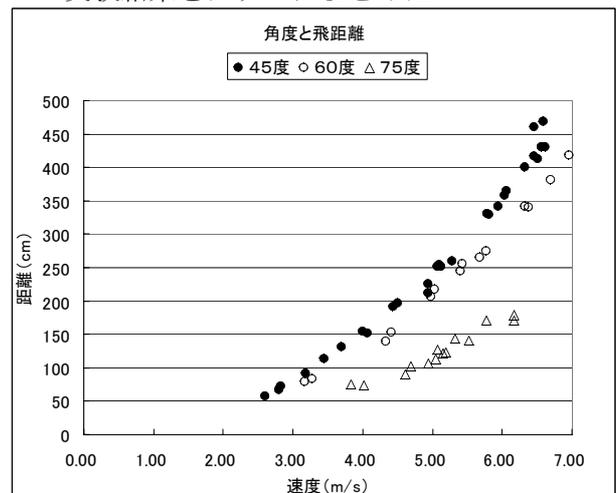
### (4) 発射速度の調節

発射装置の横に、1cm ごとに線を引いた紙を貼り、発射装置の棒の端をその線に合わせておおよかな速度を調節した。

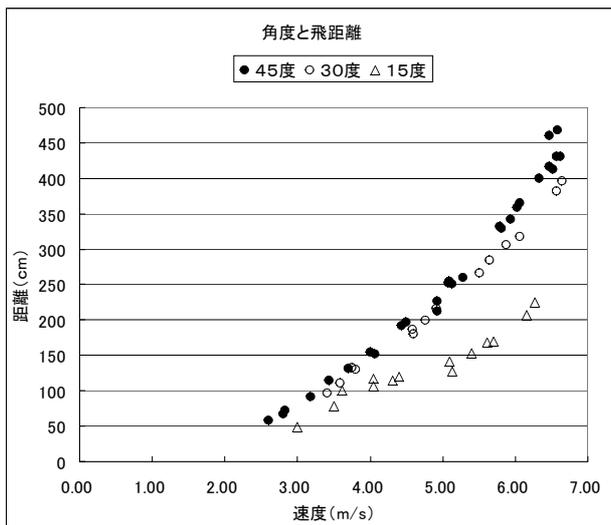
一つの位置で二回測定し、全部で7カ所測定しました。45度 は基準になると思ったので、詳しく調べる事にし、他の角度の倍の28回測定した。

### (5) 実験結果と考察

実験結果をグラフにまとめた



- ・45° の時が一番遠くに飛んでいる。
- ・45° と 60° はあまり変わらないが、75° は全然飛ばなかった。



- ここでも  $45^\circ$  が一番飛んでいる。
- 前のグラフと似ている。
- $15^\circ$  と  $75^\circ$ 、 $30^\circ$  と  $60^\circ$  は似ている

(6) まとめ

- 速度が速くなれば飛距離も伸びる。
- 速度と飛距離には何か関係があると思う。
- 速度が遅いときは飛距離は角度に大きな影響を受けないが、速度が速くなると角度の影響をより強く受けるようになる。
- 同じ速度なら、 $45^\circ$  が一番遠くへ飛び、角度が  $45^\circ$  から離れるほど飛ばなくなっている。

6 室内実験 2 ボールの軌道の分析

ボールがどのような軌道で飛んでいるかを調べてみることにした。

ビデオは1秒間30コマの静止画像で作られている。そこで、ボールが発射されてから着地するまでを静止画に分解し、ボールの軌跡を1枚の画像にまとめてみた。

(1) ボールの軌道の作成手順

- ア ビデオでボールの軌跡を撮影する。
- イ それをパソコンに入れる。
- ウ 1/30 秒の静止画として取り出す。
- エ その静止画の中からボールが発射される1つ前のコマから着地したときのコマまでを保存する。
- オ その静止画1つ1つのボールの位置に印をつける。
- カ その結果、ボールの飛んだ軌道が分かる。

(2) 同時にボールの重さの違いによる軌道の変化についても調べる。

発泡球とプラスチック球を使う。



発泡球 速度 5.40 [m/s] 距離 145 [cm]  
滞空時間 0.70 [秒]



プラスチック球 速度 4.41 [m/s] 距離 183 [cm]  
滞空時間 0.73 [秒]

- 発泡球はプラスチック球とは異なり、頂点を中心に線分を引いたときに左右が線対称になっていない。
- 発泡球はボールとボールの間が発射直後は大きいけど、しだいに狭まっている。

7 今後の課題

ストロボスコープを使い、いろいろな条件での軌道を作成して分析する。

- (1) 風の影響をどのように受けるか?
- (2) ボールの回転と軌道の関係