

1 最強ボール飛ばし2010

1 研究の動機と目的

去年の研究で、ボールの飛距離を伸ばすには45度が最適であるとわかったが、実際45度ではうまく蹴れなかった。またボールの回転とミートポイントが飛距離に与える影響という課題が残った。今年はその課題を明らかにした上でグラウンド実験を行い、最強のボール飛ばしを研究する。

2 研究内容

I 基礎実験

A 回転について：ボールの回転と曲がり方について確かめる。

① 回転すれば曲がるのか？ 実験〈トイレットペーパーの芯を糸の回転で落とす〉

【方法】芯の端から2cmのところを糸を止め①内巻き②外巻き③巻かない、の3種類の方法で糸を持って20回ずつ落下させ、垂線とのずれをはかる。糸は50cmと100cmを用意する。

【予想】ボール投げの経験から、回っている方向に曲がって落ちる。

【結果】予想どおり内巻きの際は内側に回転し向こう側に曲がって落ち、外巻きの際は手前側に曲がって落ちた。

・回転しながら動くものが曲がるのが確かめられた。

平均	内巻き	外巻き	巻かない
50cm	4.65	-4.45	1.8
100cm	6.975	-6.475	2.65

①垂線とのずれ(向こう+手前が-) cm

② 球体で確認 実験〈ビーチボールと扇風機〉

【方法】円周40cmのビーチボールにビニールひもをつるし、時計回り・反時計回りにそれぞれ回転させ、扇風機の風を送る。風は弱、普通、強の3種類。

【予想】これも回転している方向に曲がっていくと思う。

【結果】時計回り(右回り)の時は右側にビーチボールが寄り、反時計回りの時は左に寄った。風の強さを変えると、強いほどすぐ片側に寄る。

・回転するボールに風を送ると、回転する方に曲がるのがわかった。

③ やはりバックスピンか？ 実験〈ピンポン玉投げ〉

【方法】ピンポン球を手に乗せ20回ずつ上投げと下投げで飛距離を比べる。上投げではバックスピンの、下投げではトップスピンのかかる。手には力を入れずに90度の角度を1秒で自然に上げ下ろしする。

【予想】経験から上投げの方が遠くに飛ぶと思う。

【結果】上投げの方が平均70cmも遠くに飛んだ。

・上投げ=バックスピンのほうが、飛距離が出るのが確認できた。

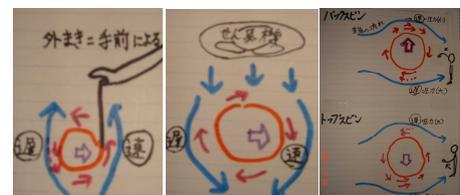
	上投げ	下投げ
平均	299.05	229.25

③ピンポン飛距離 cm

ここまでの基礎実験で、回転するものは回転方向に曲がることと、バックスピンのほうが遠くに飛ぶことが確認できた。しかし理由がわからないので、本やインターネットでその仕組みを調べてみた。

<<調べ学習<なぜボールは曲がるのか>>>

ベルヌーイの定理とマグヌス効果について調べ、回転するボールは、回転の方向のそばを流れる風が速くて、圧力が下がり、その結果回転する側に曲がるということがわかった。



実験①②③の模式図

B 打点について：ボールのミートポイントと飛距離の関係を調べる。

実験<ビーチボールのミートポイント>



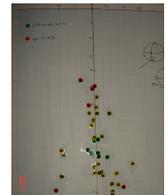
【方法】円周 40cm のビーチボールの下半分に座標を取る。自作のすりこぎ

発射台（右写真）で同じ力でビーチボールに当てる。発射台の角度は 45 度。すりこぎの先にシールを貼り打点を確認する。着地点の距離と、中心から下と左右のずれを記録する。

【予想】中心よりやや下に当たった時が一番飛ぶ。

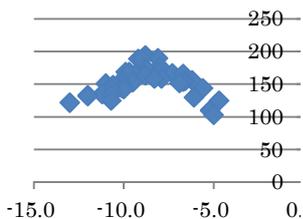
【結果】・縦方向は-8cm から-9cm が一番飛んだ。ミートポイントを-8.5cm とすると、ビーチボールの円周が 40cm だから中心よりほぼ斜め下になる。角度で表わすと、 $20\text{cm} : 90\text{度} = 8.5\text{cm} : X\text{度}$ 、 $X = 38.25\text{度}$ となる。縦方向は中心から下に 38 度ほど下がビーチボールのミートポイントといえる。

- ・横方向は左右に 0.5cm 以内がよく飛ぶ。角度で表わすと $20\text{cm} : 90\text{度} = 1\text{cm} : X\text{度}$ 、 $X = 4.5\text{度}$ となる。横方向は中心より底に引いた垂線から 4.5 度がミートポイントといえる。
- ・実験結果をグラフにした。縦のミートポイント-8.5cm と距離の関係を a に、横のミートポイント 0cm と距離の関係を b に、縦と横のずれの合計と距離との関係を c にまとめた。

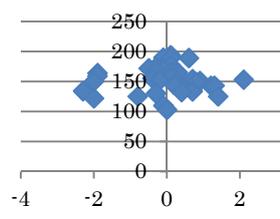


打点の分布

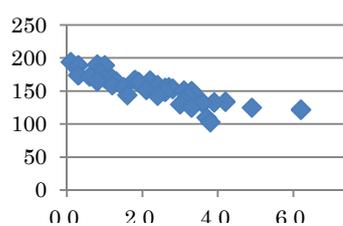
a 縦と距離



b 横と距離



c (縦+横) と距離



単位は、いずれも、縦が m、横が cm。C ではミートポイントからの縦横のずれが大きくなるほど距離が短くなるのがわかる。

II グラウンド実験

A 実験<プレイスで飛ばせ！>

室内実験確をふまえて、まずは静止した状態で蹴るプレイスで実際に蹴ってみる。

【方法】プレイスで 30 本、ボールを同じ位置に置いて、バックピスをかけて、ミートポイントである中心から下 40 度付近を蹴り、距離と着地点の中心からのずれをはかる。右足の親指の付け根にシールを貼り打点を確認し、デジカメとビデオで撮った映像から角度を求める。ボールは円周 75.2cm の 5 号球。

【予想】バックスピんがかかり、ミートポイントが捕らえられれば、距離が伸びる。

【結果】

	距離	着地点のずれ	打点 (縦)	打点 (横)	角 度	基準値との差	縦差+ 横差		距離	着地点のずれ	打点 (縦)	打点 (横)	角 度	基準値との差	縦差+ 横差
1	18.5	2	-7.5	3	24	2	5	16	18.3	1.8	-7.6	3.1	23	1.9	5
2	19.7	1.5	-9.9	2.1	25	0.4	2.5	17	19.5	1.3	-10	2.2	24	0.5	2.7
3	21.2	3.4	-10.7	8.1	29	1.2	9.3	18	21	3.2	-10.8	8.2	28	1.3	9.5
4	20.3	3.5	-10.3	6.3	24	0.8	7.1	19	20.1	3.3	-10.4	6.4	23	0.9	7.3
5	22.2	-0.6	-9.5	4.7	21	0	4.7	20	22	-0.8	-9.6	4.8	20	0.1	4.9
6	20.7	1.1	-10.5	4.7	29	1	5.7	21	20.5	0.9	-10.6	4.8	28	1.1	5.9
7	18.2	-0.1	-13.4	2.6	26	3.9	6.5	22	18	-0.3	-13.5	2.7	25	4	6.7
8	20.6	0.6	-10	7.5	26	0.5	8	23	20.4	0.4	-10.1	7.6	25	0.6	8.2
9	20.7	1.7	-8.3	2.7	27	1.2	3.9	24	20.5	1.5	-8.4	2.8	26	1.1	3.9
10	20.9	1.7	-10.4	4.5	30	0.9	5.4	25	20.7	1.5	-10.5	4.6	29	1	5.6
11	20.1	1.6	-10	5	29	0.5	5.5	26	19.9	1.4	-10.1	5.1	28	0.6	5.7
12	20.4	3.3	-10.4	6.2	24	0.9	7.1	27	20.2	3.1	-10.5	6.3	23	1	7.3
13	20.5	5	-10.6	8.5	24	1.1	9.6	28	20.3	4.8	-10.7	8.6	23	1.2	9.8
14	22.1	1.3	-9.4	4.8	30	0.1	4.9	29	21.9	1.1	-9.5	4.9	29	0	4.9
15	19.3	0.6	-9.8	2.2	25	0.3	2.5	30	19.1	0.4	-9.9	2.3	24	0.4	2.7

打点はシールの位置を、ボール正面中央から縦方向は下に-、横方向は右が+としたもの。左右のずれは着地点の中央からのずれ。右が+。一番飛んだ縦-9.5cm、横 0cm を基準値とする。

一見距離にあまりばらつきがなかった。次に「距離と角度」「距離とミートポイント」の点から分析する。

d 着地点の距離と角度

下中央がキック位置。グラフの縦は距離。横は左右のずれ。

角度 25 度以上が黄色、25 度以下は緑のシール。

- ・25 度以下は左右にぶれているが多い。

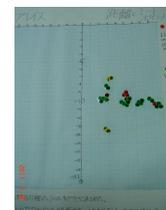
e 距離とミートポイント

上のゼロがボールの正面中央。中央からボールの底までは 18.8cm。左右は右がプラス。21m 以上が赤、19m～21m までが緑、19m 以下は黄色いシール。

- ・縦方向は-9cm～-10cm のあたりが一番飛んだ。



d 着地点の距離と角度



e 距離とミートポイント

さらに数字をグラフで分析してみる。

① ミートポイント（縦）と距離の関係

横軸が距離。縦軸は中心からの打点の縦方向のずれ。

- ・-9cm～-10cm 付近の距離が大きい。

② ミートポイント（横）と距離の関係

横軸が距離。縦軸は中心からの横方向のずれ。数値が高いほど右寄り。

- ・右利きのためか、全部右寄りになった。距離との関係はうまくつかめなかった。

③ ミートポイントと基準値とのずれ

基準値(縦方向-9.5cm、横方向0cm)とのミートポイントとのずれと、距離の関係。横軸は距離。縦軸は基準値との(縦差+横差)。

- ・横が右ばかりのせいか、室内実験のような分布にはならなかった。

④ ミートポイントと角度の関係

横軸は、縦方向のミートポイント。縦軸は角度。

- ・やはり基準値(-9.5cm)あたりが高角度がでた。

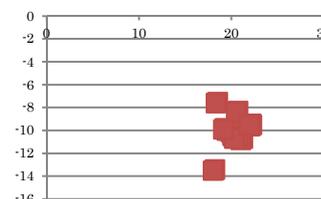
※特徴的なサンプル

実験No.14：距離=22.1m (2位) ミートポイント=縦-9.4cm、横4.8cm (基準値との縦差0.1cm、2位) 角度=30度 (角度1位=最高)

実験No.5：距離=22.2m (1位) ミートポイント=縦-9.5cm、横4.7cm (基準値との縦差0cm、1位) 角度=21度 (角度30位=最低)

- ・この2つは1、2位の距離でミートポイントも基準値に近い。しかし、角度が正反対の結果だった。No.5で距離が出たのが謎である。

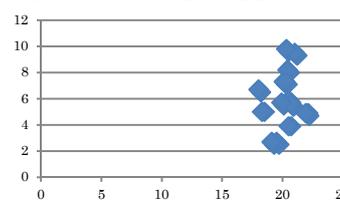
①ミートポイント（縦）と距離の関係



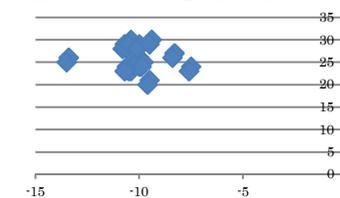
②ミートポイント（横）と距離の関係



③ミートポイントと基準値とのずれ



④ミートポイントと角度の関係



B 実験<パントでリベンジ!>

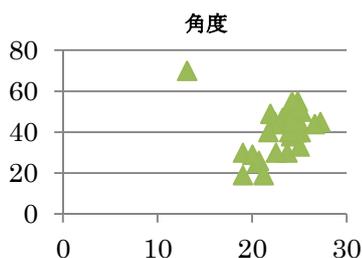
去年の蹴り方(プレイス、ドロップ)ではうまく45度で蹴れなかったので、パントを試してみる。パントとは、手に持ったボールを落としダイレクトに蹴る方法。

【方法】パントで30本蹴り、距離と着地点の中心からのずれと映像から角度を測る。ボールが最初から動いているので打点が測れない代わりにミート感覚を記録する。

【予想】45度に近い角度のボールの距離がより遠くへ飛ぶ。

【結果】・次頁表参照。最高距離27.2mの角度が45度だった。最低角度は19度、距離は30本中23位。

・40度～50度の時飛距離がでることがわかった。



角度と距離の関係をグラフにまとめた。縦軸は角度、横軸は距離。1つ例外はあるがそれ以外は40～50度で距離が出ている。

※特徴的なサンプル

No.5 距離=27.2m (1位)、角度=45度!

No.15 距離=19.0m (23位) 角度=19度 (30位=最低角度)

3 まとめ

I 室内実験

A : 回転するボールは回転方向に曲がる。

B : 円周 40cm のビーチボールにおけるミートポイントは中心より垂直方向に-8.5cm。

II グラウンド実験

A : プレイス : 円周 75.2cm のボールのミートポイントは中心より垂直方向に-9.5cm。この付近を蹴った時距離が長く、角度も大きい。

B : パント : 45度の角度で蹴った時、もっとも距離が長かった。

	パント		ミート	角度
	距離	着地点		
1	22.4	-6.5		45
2	20.5	5.5	ミス	25
3	19	6.5		30
4	24.1	4		38
5	27.2	1.7		45
6	26.6	1.8		44
7	25.1	-0.8		40
8	23.2	-0.5		47
9	23.7	4.5		30
10	21.9	-4.2	左にずれた	49
11	20.7	3.2	力不足	26
12	20	4.8	ミス	29
13	21.7	1.5	力不足	40
14	24.9	-0.4		45
15	21.2	2.4	上を蹴った	19
16	22.9	3.1	力不足	44
17	19	5.8	ミス	19
18	23.8	-1.2	力不足	47
19	24.2	-2.5		49
20	25	3.8		33
21	24.7	-0.2	ミス転んだ	40
22	22.5	0.8	力不足	30
23	23.9	1.6		40
24	24.8	3.3		55
25	25.2	1.2		50
26	24.6	-0.3		50
27	13.1	-9.2	ミス	70
28	24.9	-4.4		52
29	24.2	4.1		55
30	24.1	0.2		45

4 課題と感想

- ① ミートポイントは、室内実験の方がグラウンド実験よりやや上だった。ボールの重さや発射との蹴りの違いによるものか、確認できなかった。
- ② 室内実験の結果からバックスピンのみでプレイスを蹴ったが、トップスピンでも実際に蹴って、距離の比較をすればよかった。
- ③ プレイスでミートポイントが全部右側に寄った。利き足のことを考えなかった。
- ④ プレイスで一番距離が長かったのは、一番角度が小さかった。最適な角度に遠いのに距離が1位なのかわからない。
- ⑤ 去年の課題であった、回転とミートポイントの影響を確認し、パントでは一番距離が出るのは45度の角度であることが証明できた。より正確な研究の為に、速度計や解析度の高いデジカメ等を用意して再挑戦したい。

5 参考文献

本) 「500円で必ずうまくなるサッカーキック」学研パブリッシング
「橋元の物理をはじめからていねいに」東進ブックス
「マンガで分かる流体力学」武居 昌宏
「かんたんExcel 2010」技術評論社

インターネット) 函館新聞 Let's Try 理科実験 <http://www.infosnow.ne.jp>
バレーボールガイド 心技体 <http://www.volleyball.gr.jp>
蹴球研究所 <http://yj55x.blog105.fc2.com>