

## 6 最強ボール飛ばし 2011

### 1 研究の動機

4 歳からサッカーをしており、常に効率的にボールを遠くに蹴ることを考えてきた。「最強ボール飛ばし 2009」では、室内実験で 45 度の角度が最も遠くへ飛ぶことを検証した上で、プレイスで 30 本蹴り、距離・角度・ボールの初速度・ミート感覚・落下地点の関係を調べ、更にドロップで、45 度に近づくほど遠くへ飛ぶことを確認した。「同 2010」は、ボールの回転とミートポイントの研究から始めた。バックスピンの有効性を確かめ、室内実験でのミートポイントを中心より垂直方向に -8.5cm と算出した。これをふまえプレイスで 30 本蹴り、距離・角度・打点の関係を調べ、5 号球のミートポイントは中心より垂直方向 -9.5cm と割り出した。またパントで 30 本蹴り、45 度に近いほど遠くへ飛ぶことを再確認した。しかし、ミートの具合を自分の感覚から何段階かの数値に置き換えて計算したり、ビデオのコマ送りで画面上のボールの移動距離を見かけの速度として扱ったりするなど、正確さに不安を感じる部分があった。今年は速度計を使い、数値として速度と角度と飛距離の関係を調べる。

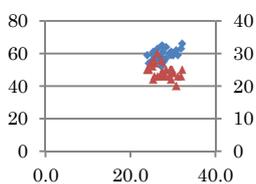
### 2 実験：速度と角度と飛距離の関係を調べる

- (1) 仮説 実生活での経験上ボールを蹴った時の初速度が速いほど遠くへ飛ぶ。過去 2 年の研究から角度は 45 度に近いほど遠くへ飛ぶ。
- (2) 方法 プレイスで 30 本蹴りボールの初速度と角度と距離を測る。45 度に近い角度でバックスピンをかけボールの中心より -9.5cm 付近を蹴るようする。速度計はプロギアのマルチスピード測定器 RED EYES POCKET (マイクロ波レーダー式)、ボールは 5 号球。
- (3) 結果 右の表①のようになった。

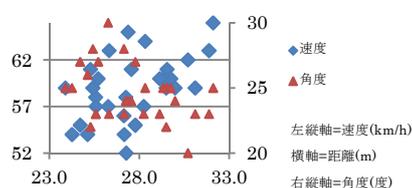
No. 1 は距離最大で速度も速い。No. 9 は距離最短で速度は平均より上。No. 29 は速度最低だが、距離は平均よりやや下。No. 5 は角度最高だが距離は平均以下。No. 7 は角度最低だが距離が平均以上。

速度が速いと飛距離が出るという予想はほぼあっているが、まだ確信はできない。角度に関しては予想と全く異なる。グラフで分析して、よりはっきりとした傾向をつかみたい。

A 距離に対する速度と角度の分布



B グラフAの拡大



表① 距離・速度・角度の結果

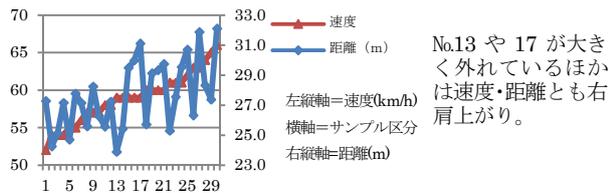
no.	距離m	速度 km/h	角度
1	32.10	66	25
2	27.77	55	27
3	29.54	61	25
4	27.37	65	24
5	26.26	57	30
6	25.57	58	23
7	30.70	62	20
8	25.71	60	27
9	23.88	59	25
10	27.55	61	24
11	24.70	55	27
12	29.49	59	22
13	29.98	59	24
14	31.10	59	23
15	28.32	64	25
16	27.24	58	24
17	25.28	61	22
18	25.58	57	23
19	28.24	57	23
20	27.14	56	28
21	24.25	54	25
22	27.15	54	23
23	29.74	60	25
24	26.31	63	23
25	25.12	54	26
26	29.32	60	25
27	29.12	60	23
28	25.41	59	28
29	27.27	52	24
30	31.87	63	23
平均	27.64	58.93	24.53
最大	32.10	66.00	30.00
最小	23.88	52.00	20.00

表①の色区分  
 濃い黄=最大値 薄い黄=2番目~5番目に大きな数値  
 濃い青=最小値 薄い青=2番目~5番目に小さな数値

速度はほぼ右肩上がり、速度が速いほど距離が遠いとわかるが、角度はむしろ右肩下がりに見える。予想した結果がでない、ソートをかけてデータを並び替え、速度と距離の関係、角度と距離の関係をそれぞれ調べた。

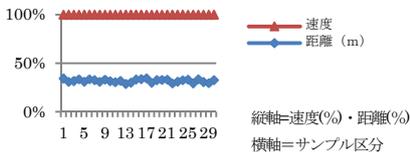
**速度と距離の関係 (表①に速度でソートをかける)**

**C 速度を基準として、速度と距離を折れ線グラフで重ねた**



No.13 や 17 が大きく外れているほかは速度・距離とも右肩上がり。

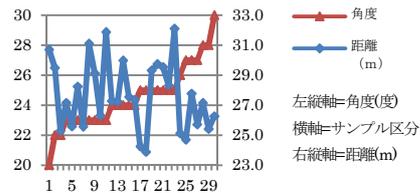
**D 速度を 100%とした時の距離の比率**



速度に対しての距離はほぼ一定している。グラフ C・D から、速度と距離の関係はほぼ比例しているといえる。

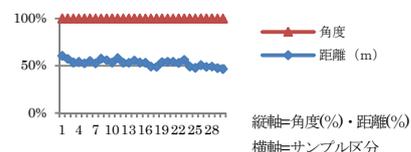
**角度と距離の関係 (表①に角度でソートをかける)**

**E 角度を基準として角度と距離を折れ線グラフで重ねた**



距離のばらつきがすごい。特に右は26度以上の落ち込み方が気になる。

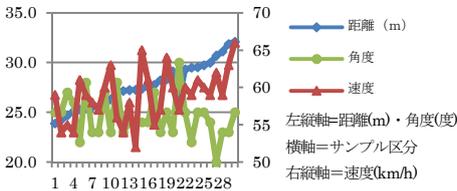
**F 角度を 100%とした時の距離の比率**



右の距離の落ち込みが、グラフ D とは異なる。グラフ E・F から、角度と距離の関係は比例といえない。

**距離から見た、速度・角度の関係 (表①に距離でソートをかける)**

**G 距離を基準として、速度と角度を折れ線グラフで重ねた**



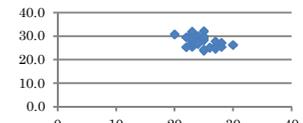
No.10 は角度が最高だが速度が低いから距離が短い。No.11 は速度が速いが角度が低いから距離は短い。No.16 は速度が2位だが角度が平均以下なので距離が短い等ずれがあっても納得のいくサンプルが多い中、やはり右下の角度だけおきざりのような落ち込みが気になる。

角度について疑問が消えないので、過去2年間の実験と比較した。

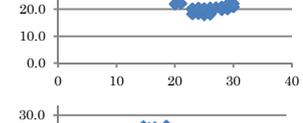
**表②過去3年間の角度と距離の関係 (角度でソート)**

2011			2010			2009		
no.	角度	距離	no.	角度	距離	no.	角度	距離
1	20	30.70	1	20	22.00	1	6	16.00
2	22	25.28	2	21	22.20	2	10	18.00
3	22	29.49	3	23	18.30	3	11	19.80
4	23	25.57	4	23	20.10	4	12	17.00
5	23	25.58	5	23	20.20	5	12	20.00
6	23	26.31	6	23	20.30	6	14	21.80
7	23	27.15	7	24	18.50	7	14	21.70
8	23	28.24	8	24	19.10	8	15	19.10
9	23	29.12	9	24	19.50	9	15	21.20
10	23	31.10	10	24	20.30	10	15	21.30
11	23	31.87	11	24	20.40	11	15	21.80
12	24	27.24	12	24	20.50	12	15	25.50
13	24	27.27	13	25	18.00	13	16	19.00
14	24	27.37	14	25	19.30	14	16	21.50
15	24	27.55	15	25	19.70	15	16	24.80
16	24	29.98	16	25	20.40	16	17	20.80
17	25	23.88	17	26	18.20	17	17	22.90
18	25	24.25	18	26	20.50	18	17	25.10
19	25	28.32	19	26	20.60	19	18	20.90
20	25	29.32	20	27	20.70	20	18	23.50
21	25	29.54	21	28	19.90	21	18	24.40
22	25	29.74	22	28	20.50	22	19	20.60
23	25	32.10	23	28	21.00	23	19	23.90
24	26	25.12	24	29	20.10	24	19	25.50
25	27	24.70	25	29	20.70	25	19	25.70
26	27	25.71	26	29	20.70	26	20	23.80
27	27	27.77	27	29	21.20	27	20	24.00
28	28	25.41	28	29	21.90	28	20	24.50
29	28	27.14	29	30	20.90	29	22	22.20
30	30	26.26	30	30	22.10	30	22	22.80
平均	24.53	27.64	平均	25.70	20.26	平均	16.23	21.96
最大	30.00	32.10	最大	30.00	22.20	最大	22.00	25.70
最小	20.00	23.88	最小	20.00	18.00	最小	6.00	16.00

**H 距離と角度の関係 2011**



**I 距離と角度の関係 2010**



**J 距離と角度の関係 2009**



2009・2010ともに右肩上がりなのにに対し、2011だけ違う。角度と距離は、角度が大きいほど距離が伸びる比例の関係と言えるが、2011は、角度がある点をさかいに距離が伸びなくなった。

このままでは、45度に近づくほど飛距離が伸びるといふこれまでの結論が間違いだったことになる。なぜ今年は26度以上になると、飛距離がガクッと落ちるのか考えてみた。すると、今年の実験では、ボールをセットするときに何度か押

2009・2010年ともに、ほぼ角度も距離も高い数値が下という分布になっている。し返され、置き直したことを思い出した。昨年まではそのようなことがなかったので、風が原因ではないかと考えた。サッカーでも、風がアゲインストの時、浮き球は落下地点が予想できないほど戻されるが、地べたをほうようなボールならそのまま進んでいく。26度以上のあたりで、せっかく初速度が速いボールの距離が伸びていないサンプルが多いのはアゲインストのせいだと考えた。

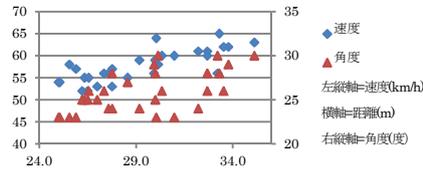
3 再実験：無風状態で、速度と角度と飛距離の関係を調べる

- (1)仮説 速度が速いほど、角度が45度に近づくほど距離は伸びる。
- (2)方法 無風の日を選び、最初の実験と同様にプレイスで30本蹴り初速度と角度と飛距離を測る。気候以外の諸条件は最初の実験と同じにする。
- (3)結果 右の表③のとおりである。

表③ 距離・速度・角度の結果

no.	距離	速度	角度
1	30.32	60	26
2	27.56	56	24
3	28.55	55	27
4	30.12	58	30
5	25.88	57	23
6	26.32	55	25
7	32.67	61	28
8	27.75	57	24
9	29.91	56	29
10	26.54	55	26
11	25.04	54	23
12	24.98	54	23
13	29.98	59	28
14	35.10	63	30
15	29.16	59	24
16	33.29	65	28
17	32.67	60	26
18	26.20	52	25
19	26.98	53	25
20	30.96	60	23
21	33.76	62	29
22	33.20	56	30
23	25.54	58	23
24	33.51	62	26
25	27.33	56	26
26	29.98	59	25
27	27.74	53	28
28	30.03	64	23
29	26.49	52	25
30	32.20	61	24
平均	29.33	57.73	25.87
最大	35.10	65.00	30.00
最小	24.98	52.00	23.00

K 距離に対する速度と角度の分布(拡大図)



No.14 は距離と角度が最大で速度は3位。No.12 は距離と角度が最小値、速度は平均以下だった。No.4 は角度が最大だが、速度が平均なので距離が平均よりやや上。No.28 は角度が最小値だが、速度が2位なので距離が30mをこえた。

速度、角度ともに右上がりのように見える。

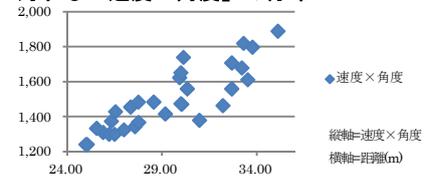
さらに数値として詳しく分析したい。例えば速度は速いのに角度が低い、またはその逆、さらに、両方大したことないけれど平均以上であるため、結果として距離が伸びたなどというサンプルも多くある。ゲームの世界で、キャラの総合的な強さを見るのに、攻撃力と防御力、スキルそれぞれの数値を足したり掛けたりする。これをヒントにして、速度と角度という異なる力をポイントのように考えて、数値をかけたり足したりして、距離という総合的なパラメータにどのように関わるのかを調べた。

表④ 表③に「速度×角度」「速度+角度」「速度×角度/45度」「速度+角度/45度」の数値を加えたもの

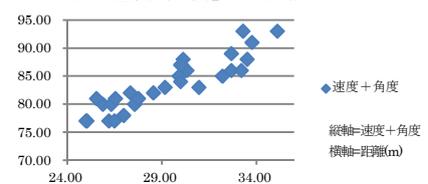
no.	距離	速度	角度	速度×角度	速度+角度	速度×角度/45	速度+角度/45
1	30.32	60	26	1,560	86.00	34.67	60.58
2	27.56	56	24	1,344	80.00	29.87	56.53
3	28.55	55	27	1,485	82.00	33.00	55.60
4	30.12	58	30	1,740	88.00	38.67	58.67
5	25.88	57	23	1,311	80.00	29.13	57.51
6	26.32	55	25	1,375	80.00	30.56	55.56
7	32.67	61	28	1,708	89.00	37.96	61.62
8	27.75	57	24	1,388	81.00	30.40	57.53
9	29.91	56	29	1,624	85.00	36.09	56.64
10	26.54	55	26	1,430	81.00	31.78	55.58
11	25.04	54	23	1,242	77.00	27.60	54.51
12	24.98	54	23	1,242	77.00	27.60	54.51
13	29.98	59	28	1,652	87.00	36.71	59.62
14	35.10	63	30	1,890	93.00	42.00	63.67
15	29.16	59	24	1,416	83.00	31.47	59.53
16	33.29	65	28	1,820	93.00	40.44	65.62
17	32.67	60	26	1,560	86.00	34.67	60.58
18	26.20	52	25	1,300	77.00	28.89	52.56
19	26.98	53	25	1,325	78.00	29.44	53.56
20	30.96	60	23	1,380	83.00	30.67	60.51
21	33.76	62	29	1,798	91.00	39.96	62.64
22	33.20	56	30	1,680	86.00	37.33	56.67
23	25.54	58	23	1,334	81.00	29.64	58.51
24	33.51	62	26	1,612	88.00	35.82	62.58
25	27.33	56	26	1,456	82.00	32.36	56.58
26	29.98	59	25	1,475	84.00	32.78	59.56
27	27.74	53	28	1,484	81.00	32.98	53.62
28	30.03	64	23	1,472	87.00	32.71	64.51
29	26.49	52	25	1,300	77.00	28.89	52.56
30	32.20	61	24	1,464	85.00	32.53	61.53

この4項目を右のグラフにする

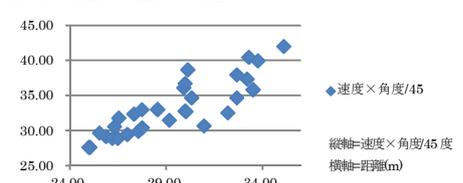
L 距離に対する「速度×角度」の分布



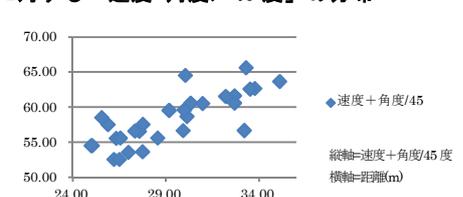
M 距離に対する「速度+角度」の分布



N 距離に対する「速度×角度/45度」の分布



O 距離に対する「速度+角度/45度」の分布



グラフ L、M、N、O ともにほぼ比例の形になった。速度、角度どちらの要素も、数値が高いほど距離が伸びることが確認できた。

(4)結論 ボールの初速度が大きいほど飛距離が伸びる。角度については、風の影響がなければ 45 度に近づくほど伸びることを再確認した。さらに、初速度が大きく 45 度に近い角度で蹴ったものがより飛距離が伸びると数値で確かめることができた。

#### 4 おわりに

##### (1)感想

ア 一昨年の研究では県科学賞を、去年の研究では山崎賞をいただいたが、2 年間「速度が測れたらな」とずっと思ってきた。今回速度計を用意できたので、ボールの速度を数字で出せたのが本当にうれしかった。

イ きちんとした数字で確認しようと思ったが、最初の実験ではこの 2 年の研究と異なる結果が出てあせった。風による影響と考え再実験し、ようやく仮説が正しいということを証明できてよかった。実験の時には、天候を含め色々な条件を同じにすることの大切さを痛感した。

##### (2)課題

ア 一昨年の実験で使用したサッカーボールは 4 号球、去年と今年は 5 号球である。また、この 3 年間で身長は 15cm 以上、体重は 8 kg 以上増え、サッカーの技術も向上しているため、飛距離が年々伸びているのは当たり前だと思う。3 年前から、自分ひとりではなく、同年代の人や、様々な年齢の人に実験を協力してもらって比べる対象を広げたら、もっと違う分析ができたのではないかと思うと悔しい。サンプルをもっと増やしていきたい。

イ さらに精度の高いスピードガンがあれば、足の振りの速度も調べることができたと思う。足の振りの速度と、ボールの速度と飛距離の関係も調べたい。

ウ 今年もデジタルカメラの映像をパソコンに取り込んで角度を調べたが、スーパースローが撮れるカメラなら、ミートの瞬間の足の当たり位置やボールのゆがみまで調べられるため、研究が広がると思う。

#### 5 参考文献

##### (1)書籍

「データを「見える化」する Excel グラフ大事典」寺田裕司（シーアンドアール研究所）

「ベッカムのボールはなぜ曲がるのか？」浅井武・斉藤健仁（技術評論社）

##### (2)インターネット

サッカーボールはどう飛ぶか

<http://www2s.biglobe.ne.jp/~ken-ishi/SoccerBall.htm>

大学サッカー選手におけるキックスピードと身体特性との関連について

[http://ir.lib.osaka-kyoiku.ac.jp:8080/dspace/bitstream/123456789/9872/1/KJ4\\_5801\\_119.pdf](http://ir.lib.osaka-kyoiku.ac.jp:8080/dspace/bitstream/123456789/9872/1/KJ4_5801_119.pdf)

以上