

ビリヤードの衝突特性
徳島県立城南高等学校応用数理科3年
賀古泰生・筒井大智・廣橋凜汰朗・三谷尚輝・和気陸人

1. 研究の概要

実験1では、無回転ボールの衝突を再現し、手玉の初速は振幅によって変化させ、反発係数を求める。反発係数は、衝突した球は1に近くなり、振幅が大きいほど小さくなった。実験2では、手玉を衝突前の速さを1:2:3にするため、手玉を5cm、20cm、45cmの高さから転がしての玉に衝突させ、反発係数を求める。転がる球の反発係数は無回転の球の反発係数より小さくなった。実験3は、的球に当てる角度や当てる位置によつて的球がポケットに入る散らばり方や手玉がポケットに入らない散らばり方を調べた。金属レール上1mの高さから手玉を転がし、3、6、10個の正面、1/2ずれ、25°の角度からのブレイクショットを再現し、各球の散らばりを記録する。ブレイクは的玉の中心を外さないことが大切だと分かった。角度は目的によって使い分けができる。

In experiment 1, we reproduced collision of non-rotating ball. The initial speed of the ball changed by the amplitude And, We find coefficient of restitution. It was about 1 And, the larger the amplitude become the smaller coefficient of restitution become .In experiment 2, In order to make the speed of the ball before the collision a three-two-one ratio. The ball rolled from a height of 5cm, 20cm, and 45cm to collide with the target ball, and the coefficient of restitution. Coefficient of restitution of rotating ball is smaller than that of non-rotating ball. In experiment 3, We roll the cue ball from the rail from 1 meter high and collide it with 3, 6, 10 balls from the front, and then collide it sliding it half a ball from the center, and lastly simulate the break shot from a 25 degree angle. Record the places that he balls stopped on a 25cm graphed paper and calculate the scatter. We understand that it was important that break shot do not remove center of ball. The angle can used properly depending on the purpose.

2. 研究動機

先行研究でボウリングでのストライクが起きる確率の研究があり、球を当てる角度によって、ストライクになる確率が変わっている結果を見て、ビリヤードにおいても、当てる角度によって、的玉[当てられる球]がポケットに入る確率が変わるのではないかと最終的に、ビリヤードに活用できると思い、この研究を行おうと思った。

3. 研究の仮説

ビリヤードのブレイクの球の当て方を変えて実験を行い、衝突の特性を調べて、確実にポケットに入るような手玉の当て方が存在すると予想した。

4. 実験装置

ビリヤード球、鉄製スタンド、ストップウォッチ、ストロー、テグス、金属製レール両面テープ 鉄製の物差し、ハイスピードカメラ、模造紙（目盛り付き）、メジャー、ポリスチレンシート（厚さ5mm）

5. 実験1

(ア) ビリヤードボールにつけたストローにテグスを通し、スタンドに長さが55 cmになるようにつるし、無回転ボールの衝突を再現し、反発係数を求めた。手玉の初速は振幅を10 cm、15 cm、20 cmに変え変化させる。(図1)

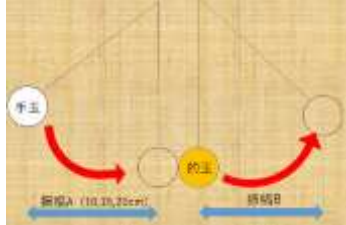


図1

反発係数は、振幅(的玉)/振幅(手玉)で求め、図2の結果になった。

図2

振幅A[cm]	10	15	20
振幅B[cm]	9.5	14	18
反発係数	0.95	0.93	0.90

無回転で衝突した球の反発係数は1に近くなり、振幅が大きいほど反発係数が小さくなるので、1次元(直線上)での衝突の再現が困難となる。

6. 実験2

(ア) 図3の装置を用いて、手玉を衝突前の速さを1:2:3にするため、手玉を5 cm、20 cm、45 cmの高さから転がしての的玉に衝突させ、反発係数を求める。



図3

(イ) $V1 \rightarrow$ 手玉の衝突直前の速度 $V2 \rightarrow$ 的玉の衝突後の速度とし、結果は図4となった。

	試行回	1	2	3	4	5	平均
5cm	v1[m/s]	0.80	0.80	0.80	0.74	0.77	0.78
	v2[m/s]	0.50	0.50	0.48	0.54	0.54	0.51
	反発係数	0.63	0.63	0.60	0.73	0.70	0.66
20cm	v1[m/s]	1.48	1.42	1.48	1.48	1.48	1.47
	v2[m/s]	1.11	1.15	1.11	1.30	1.20	1.17
	反発係数	0.75	0.81	0.75	0.88	0.81	0.80
45cm	v1[m/s]	2.22	2.66	2.50	2.66	2.35	2.48
	v2[m/s]	1.76	2.31	2.14	1.87	1.67	1.95
	反発係数	0.79	0.87	0.86	0.70	0.71	0.79

図4

(ウ) 転がる球の反発係数は無回転の球の反発係数より小さくなった。また、実験1より実験2の反発係数が小さい要因としては2点考えられる。1つ目は、実験2では縦回転で衝突した手玉が衝突し、的球を逆回転にしたから、2つ目は、実験2ではボールとレールとの間に摩擦が発生し、エネルギーが減少したからである。

7. 実験3

(ア) 金属レール上1 mの高さから手玉を転がし、3, 6, 10個の正面、 $\frac{1}{2}$ ずれ、 25° の角度からのブレイクショットを再現し、カーペット上で各球が静止した位置を、25cmの方形枠で散らばり方を記録する。



(イ) 的玉の配置を図5とし、正面の時の実験結果は、的玉3球、6球、10球を図6, 7, 8とした。

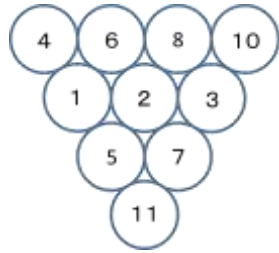


図5

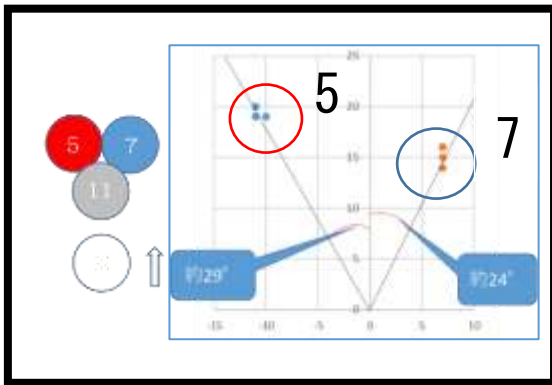


図6

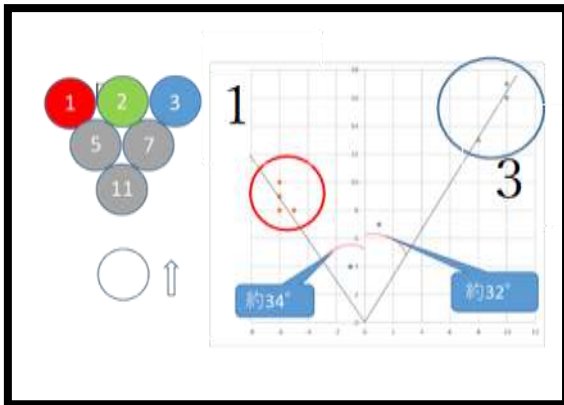


図7

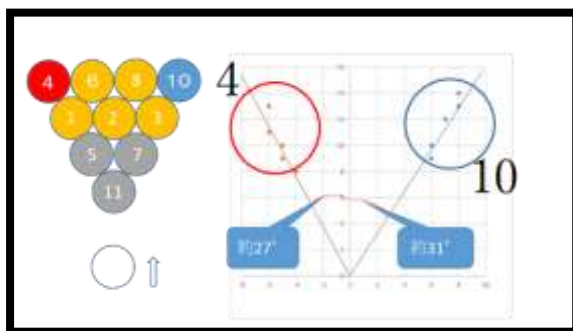


図8

考察

奥両端の的玉2球が大きな運動を持つ。6球の場合の的玉の角度が一番大きくなるのは、2球以外に前方へ進む球があるためと考えられる。

(ウ) $\frac{1}{2}$ ずらす当て方はピリ

ヤードの半径を r とすると、手玉を r ずらして当てることである。(図9)

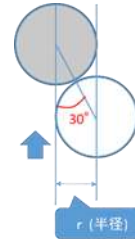


図9

$\frac{1}{2}$ ずれの実験結果は、3球、6球、10球を図10、11、12とした。

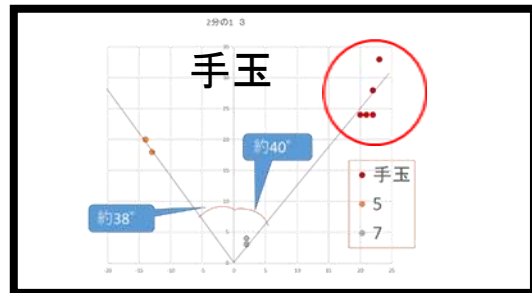


図10

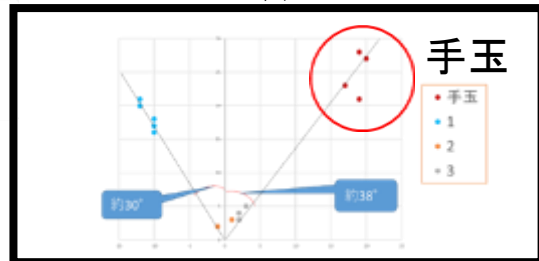


図11

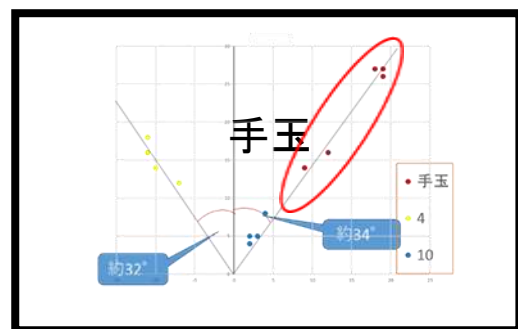


図12

考察

手玉が全体の $\frac{1}{2}$ 程度の運動量を持つための玉の運動量は他に比べて小さい。

手玉が約 40° の方向に進むので直接奥のポケットに入る可能性がある。

(エ) 25° の当て方は、正面からの入射角を 25° とすることだ。 25° は手玉が的玉に当てることができる最大の角度だからである。(図13)

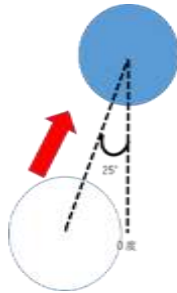


図13

25° の実験結果は、3球、6球、10球を図14, 15, 16とした。

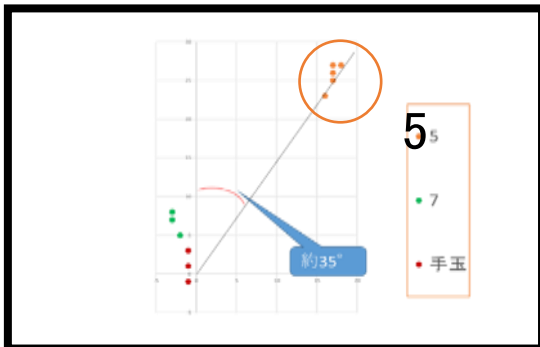


図14

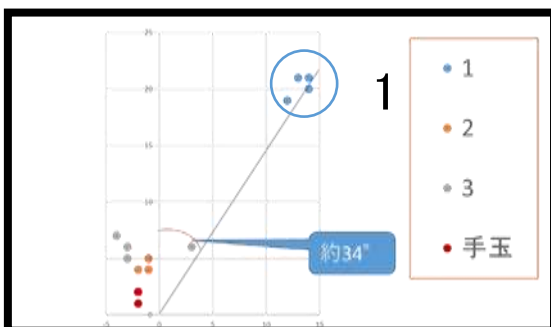


図15

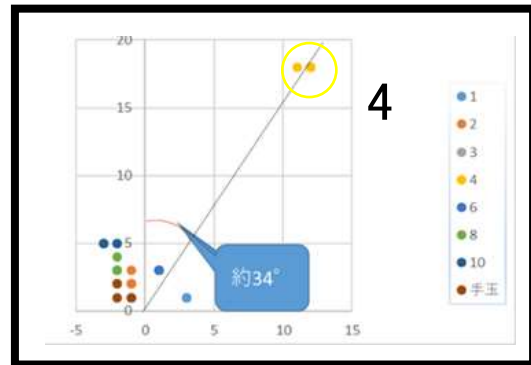


図16

考察

的玉1球のみが大きな運動量を持つ。

(オ) 結論

- ・的玉の中心をずらしてブレイクするメリットはない。
- ・ブレイクする角度は目的によって使い分けができる。

8. 今後の課

実験3で9球（ナインボール）の時の実験を行い、ポケットに入る角度を調べる。壁に一回当たった時にポケット（穴）に入る角度を調べる。また、実際のビリヤード台でポケットに高確率で入る角度を調べる。

9. 参考文献

『物理学 上巻』 芝亀吉

『物理と化学のコンセプト』 Leslie A.

Hewitt 著 小出照一郎 吉田義久

『改訂版 物理』 数研出版