

# ボウリングのストライクになる 条件を求める。

2年9組 佐伯 宮寄 八幡 横山 李

# 1. 目的

私たちは、ピンのどの位置にどのくらいの速度でボールが当たればストライクになるかを、unityを用いたり、自分たちで計算することで、求めることを目標としている。

(unityではソフト内に内蔵された数式を用いたり、自分たちで数式を入力して、コンピューターに計算をさせることで、様々な物理シミュレーションができる。)

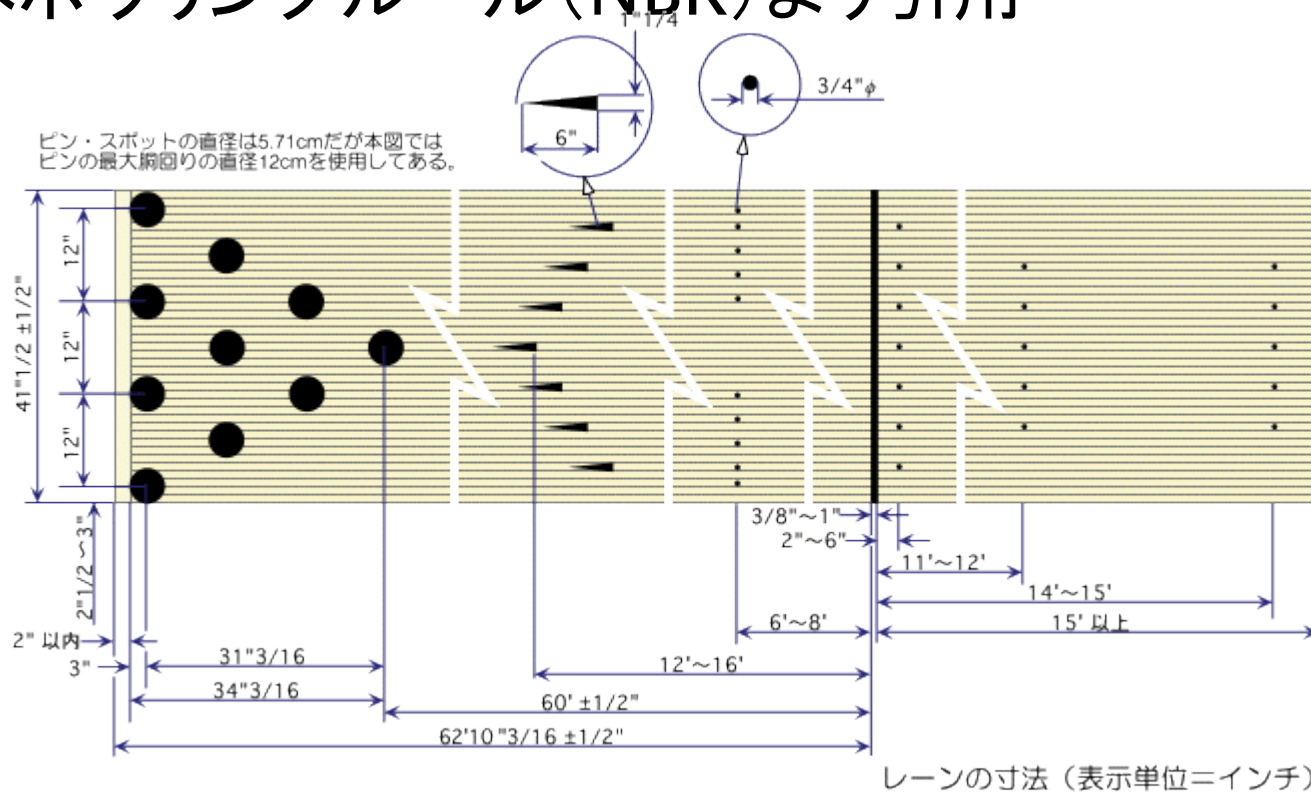
## 2. 研究方法1. 必要なパラメーターの測定

ボールの質量は一般的とされる13ポンド(5.897kg)とする。

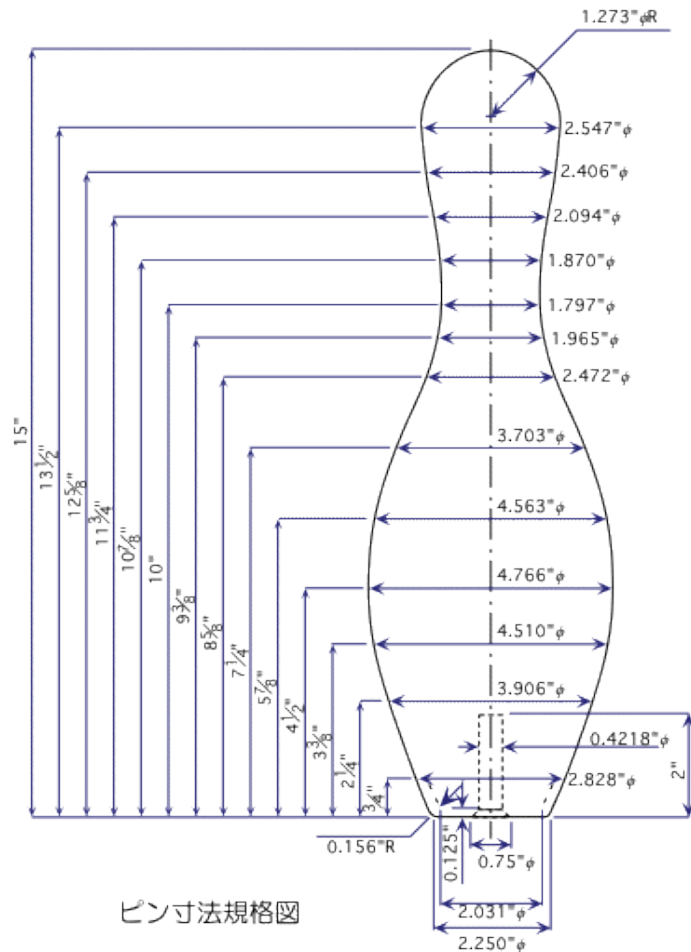
ボールの直径は21.8cm、円周は68.452cmとする。  
(ボールの直径は21.59cm~21.831cmと日本ボウリングール的一般競技規定において規定されている。)

## 2. 研究方法1. 必要なパラメーターの測定

レーンやピンとピンとの距離は下図のようになる。  
日本ボウリングルール(NBR)より引用



## 2. 研究方法1. 必要なパラメーターの測定



ボウリングのピンの大きさは図に示すようになる。

日本ボウリングルール (NBR) より引用。ピンの質量は、ピンを購入したため後日測定。

## 2. 研究方法1. 必要なパラメーターの測定

ボールと床の間の摩擦係数はボールをボーリング場で実際に転がし、スピードガンまたはスマホの連写機能で速度変化を調べることで、計測する。

ただし、実際のボーリング場では床に塗られたオイルにむらがあり、転がる場所によって摩擦係数が増減するため、その点については考慮する必要がある。

## 2. 研究方法1. 必要なパラメーターの測定

ボーリングのピンとボール、またはピンとピンの間の反発係数の測定方法としては二通り考えている。

1. 実際にボウリング場で速度変化を計測して返発係数を算出する。ただし、スピードガンでは、ボウリング場のような離れた距離で測定することは難しいのでこの方法では正確に算出できない可能性が高い。

## 2. 研究方法1. 必要なパラメーターの測定

ボーリングのピンとボール、またはピンとピンの間の反発係数の測定方法としては二通り考えている。

2. ボールやピンをばね等でつるし、衝突させ速度変化をスピードガン等で測定する。これは、実際にプロ野球のボールを点検する時に利用される反発係数の測定方法と同じである。私たちはこの方法を採用する予定である。



## 2. 研究方法2. unityの利用について

unityは私たちが1000万円以上の利益を上げない限り無料でありとても安価に利用できる。

数値(質量、速度など)を代入するだけで、コンピューターが自動的に計算を行うことが可能である。

ただし回転をボールに加えることができないなど、実際の運動と異なる部分が多いため、自分たちで計算式をプログラムする必要がある。

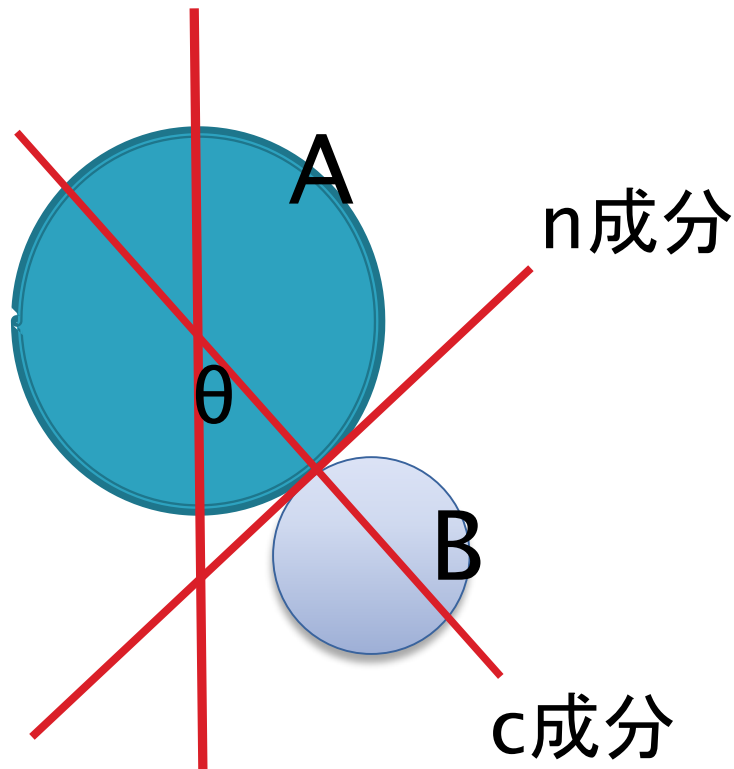
## 2. 研究方法 3. 計算式について

unityを用いる場合でも自前の計算式が必要なので計算式を作る必要がある

現在平面上での二物体の速度ベクトルの変化については式ができています。

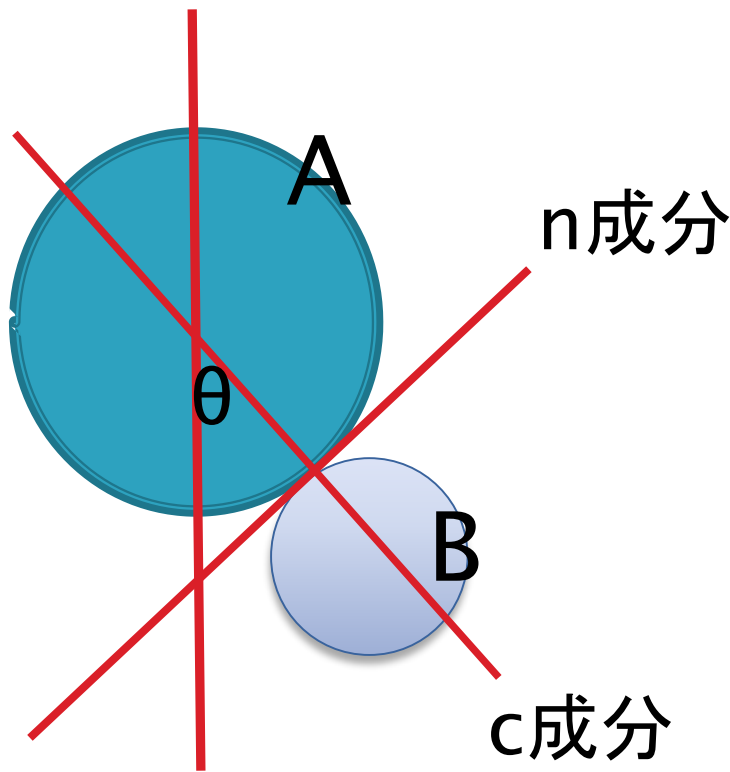
二物体をA,Bとしそれぞれの質量を $m, M(\text{kg})$ 、衝突前の速度を $v_a, v_b(\text{m/s})$ 、衝突後の速度を $v_a', v_b'(\text{m/s})$ とおく。反発係数を $e$ とおく。

## 2. 研究方法3. 計算式について



図のn成分、c成分の衝突後の成分速度を  $v_{a'n}$ ,  $v_{b'n}$ ,  $v_{a'c}$ ,  $v_{b'c}$  とおく。図の角を  $\theta$  とおく。

## 2. 研究方法3. 計算式について



運動量保存、反発係数の関係から次式が成立する。

$$mva^* \cos \theta + Mvb^* \cos \theta$$

$$= mva'n + Mvb'n$$

$$mva^* \sin \theta + Mvb^* \sin \theta$$

$$= mva'n + Mvb'n$$

$$va'n - vb'n$$

$$= -$$

$$e(va^* \cos \theta + vb^* \cos \theta)$$

$$vb'c - va'c$$

$$= -e(va^* \sin \theta + vb^* \sin \theta)$$

## 2. 研究方法 3. 計算式について

この四式から

$$v_a'n = \{(m - Me)v_a + M(1 + e)v_b\} \cos \theta / (m + M)$$

$$v_a'c = \{(m + Me)v_a + M(1 - e)v_b\} \sin \theta / (m + M)$$

$$v_b'n = \{m(1 + e)v_a + (M - em)v_b\} \cos \theta / (m + M)$$

$v_b'c = \{(1 - e)m v_a + (M + em)v_b\} \sin \theta / (m + M)$  とおける。これより成分速度が求まったため、衝突後の二物体の運動を数式で示せた。

ただしこの式は二次元でのみしか適用できずここから三次元にもっていくことが必要となる。

これに加えて、ピンの転倒する条件を数式で表すひつようがある。

### 3. 今後の予定

夏休み中

先ほど説明したパラメーターを測定しきる。  
unityについての全員の理解を徹底する。  
三次元にもっていく方法をまなぶ。

9月～11月

unityの利用や数式を用いた計算をすすめる

12月～2月

研究の完成と論文作成

## 4. 現在の課題

二次元ならば割と簡単だが、三次元は数式で表すのはかなり困難。かなり簡略化しないと表せないと考えている。

unityは自分たちでプログラムをしないと現実世界に近くならないので、プログラミングの知識を相当つけないといけない。

実証実験を行うことがかなり難しい

(ボウリングはほんの少しの変化で大きく結果が変わってしまうため、相当正確な発射台を作らないと正確な記録をとることができない。)

# 5. 参考文献

日本ボウリングルール

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjYye-HzN3xAhW0LqYKHZmnCWkQFjABegQIAxAD&url=https%3A%2F%2Fastro-bowl.sakura.ne.jp%2FNBR.html&usg=AOvVaw2pKaFdFHyl9yPimdcaYJoV>

二物体の衝突前と衝突後の速度

<https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.mars.dti.ne.jp%2Fsskc%2F2collisn.htm&psig=AOvVaw1eQa2u00eadoM0lhhHRmoS&ust=1626187866775000&source=images&cd=vfe&ved=0CAgQjhxqFwoTCMCarY7k3fECFQAAAAAdAAAAABAO>

unityについて

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjJiKL25N3xAhXGDaYKHZxID-8QFjAEegQIHRAD&url=https%3A%2F%2Fwww.slideshare.net%2Fnohinahidenari%2Funity-14860185&usg=AOvVaw2aynP92KCzjnHSrHJPwwEO>