

### 物理の力でゲームに挑戦

～ 力学的エネルギー～

物理基礎 監修

川角 博

#### 今回学ぶこと

今回は、運動エネルギー、位置エネルギー、力学的エネルギー保存の法則等を実際の問題解決場面で使ってみます。知識は実際に使えることが大切です。しかも、具体的に使うことで、その理解が深まり、知識を活用する過程で新たな疑問にも気づきます。この疑問を解決することを通して、主体的で目的意識を持った学習ができます。

#### 今回のポイント

- ① ゲームの課題とその解決すべき問題を見つける
- ② 物理法則を活用して解決への道筋を見つける
- ③ 再現性の大切さと観察眼

### ゲームの課題とその解決すべき問題を見つける

ゲームは、およそ7mの距離をプラスチックのレールでつなぎ、与えられた条件をクリアしながら球を通過させ、的に到達させようとするものです(図1)。球は、与えられた「範囲内」から静かに放すことしかできません。

この課題は、以下の三つです。

- (1) 大小二つのループをどうやってクリアするか？
- (2) コース途中を時速5km未満の最低速度で通過する。ただし、測定は一旦降下した後でなければいけません。(スタート時はかなり低速だがそこで測定してはいけない)
- (3) ゴール地点で球がコースを飛び出した後、高得点的に当てる。

(1)をクリアするためには、ある程度以上の速さでループを通過しなければなりません。(2)は、(1)と相反した条件で、いかにして速さを小さくするかの工夫が必要です。(3)では、的の位置が決まっており、そこに落とすためには、速さと飛び出す高さが決まってきます。

なお、第二回戦では、相手の的を前後20cmまでずらすことが許されているので、そこまで含んで作戦を決定する必要があります。これも課題の一つとみなして(4)としましょう。

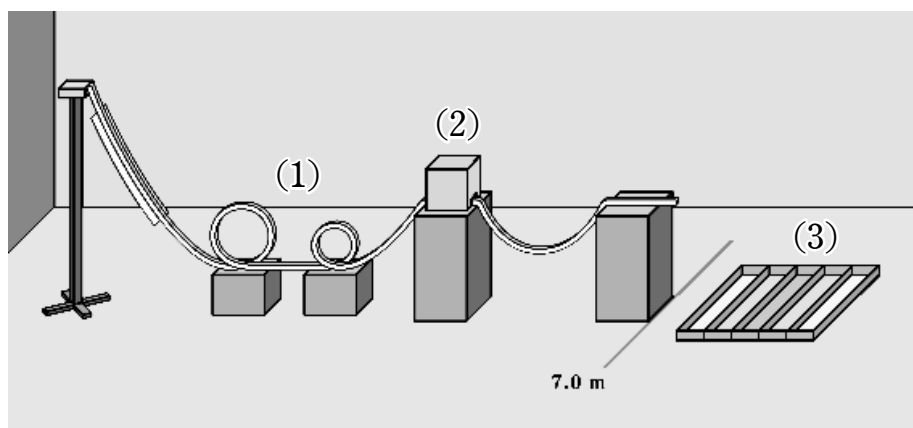


図 1

## 物理法則を活用して解決への道筋を見つける

球を放す高さの範囲が決まっているので (図 2), 最初に与えられる力学的エネルギーは, この「範囲」に制限されます。このエネルギーをどう活用するかが最大のポイントとなります。上記 (1) ~ (4) への対応を考えましょう。

- ◀ (1) は, 大きな運動エネルギーが必要です。その為に, 位置エネルギーから運動エネルギーへの上手な変換をしなければいけません。例えば, コース中の低い位置にループを配置すると, スタート地点との高低差が大きくなり, 運動エネルギーが増えますね。
- (2) の場合, 転がっている球は大きな運動エネルギーを持っています。コースの低いところでは特にスピードが速いので, 運動エネルギーを減らす必要があります。一方で, (3) で球を勢いよく飛び出させるためには, 再度スピードを増す必要があるので, 力学的エネルギー全体を減らさずに減速させるのが好ましいでしょう。つまり, 絶妙の高さまでコースを上げて, 運動エネルギーを位置エネルギーに変換するのです。ただし, 高くし過ぎると坂を登れなくなってしまいます。そして, 何度やっても同じくらい減速できるようコースを組み立てられれば, 高得点を獲得できる確率が高くなります。
- (3) のゴール地点の「飛び出し」では, (1) と (2) のためにコースに上り下りができるので, もはや計算尽くで球の着地点を決定するのは困難となります。ここは, 飛び出す高さを調整して, 試行錯誤で導き出すしかないでしょう。

(1) ~ (3) の作戦がうまくいったとしても, (4) を忘れてはいけません。2 回戦で相手チームがゴール地点の的を前後 **20 cm** も動かせるのです。例えば, 球のスタート位置を「範囲内」(図 2) の最も高い位置にしてコース全体を完成させたとします。すると, 2 回戦で的を遠くに離されてしまったら, 飛び出した球が的に届かないかもしれません。スタートの位置エネルギーを大きくしたくても, すでに限界点からスタートしているので対応できず, 2 回戦が不利になります。

1 回戦でスタート位置を「範囲内」の上の方にして戦うと, そのような事態に陥ります。ぎりぎりの条件で唯一の最適解を求めるのではなく, ある程度の柔軟性を持ったコース設計が必要なのです。例えば, 最初に球を放す位置を, 「範囲内」の中間くらいにしておけば,

2回戦での的を移動されてもその変化に対応しやすいと考えられますが、コース途中の調整でも対応できるかもしれません。

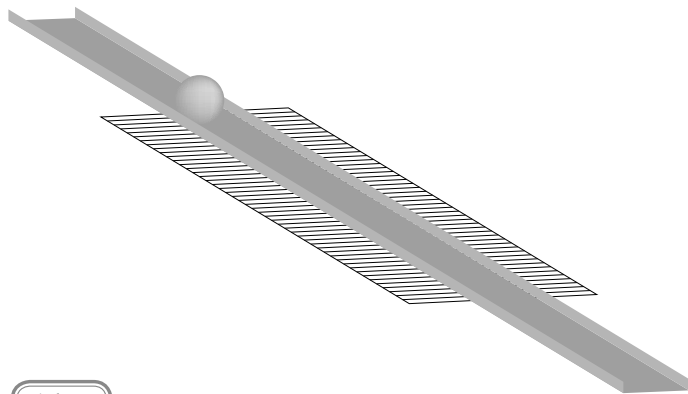


図 2

## 再現性の大切さと観察眼

物理学が優れているのは、既知の法則から演繹的に得られた解の再現性が高いことにあります。より再現性の高い解を得るには、様々な情報が必要となります。気まぐれのように変な結果が得られたとき、それは何かのメッセージです。見過ごしてはいけません。今回のゲームでは、最初に与えられた球の力学的エネルギーが、様々な原因で失われて行くことに、再現性が影響しています。つまり、ほぼ同じ高さから同じコースに球を転がしたにもかかわらず、結果が大きく異なることがあるのです。その原因をとことん追求してみるのも良いでしょう。

力学的エネルギーが失われることを避けるのは困難です。この失われ方のブレによる、結果への影響をいかに少なくするかが、全体構造のポイントとなっています。

球がコースを転がっていくときの様子をしっかりと観察すると、レールが変形・振動していることに気づきます。特にループでの変形は顕著です。この変形を小さくすれば、繰り返し球を転がした時の再現性が高くなります。

再現性を確保するには、いつも同じ条件のコースを確保する工夫が必要なわけです。

このようなことは、実際にやってみて気づくことが多いものです。考えるだけでなく、実際にやってみることで、これまでの理解が深まり、さらに新たな発見や理解が生まれます。

---

---

---

---

---

---

---

---