

ゴルフボールの飛距離シミュレーション 1

1. はじめに

ゴルフボールの表面を見ると凸凹が付いている．この凸凹はディンプル (dimple) と呼ばれ，これを付けることでボールの飛距離が伸びるといわれている．ここでは，PC を使ったシミュレーションによって飛距離がどの程度伸びるか確かめてみよう．



2. 数学モデル

コンピュータを使ってシミュレーションを行うためには，考えている現象の数学モデルが必要となる．ここでは，ゴルフボールの飛距離について考える．このとき，ゴルフボールの運動を表すには，どのような数学モデルが必要になるだろう．

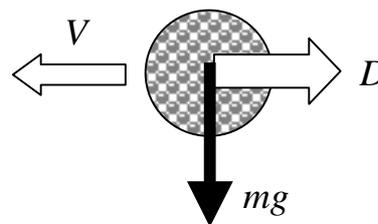
課題 1．次の点に注意してゴルフボールの運動を表す数学モデルを考えてみよう．

- (1) ゴルフボールが空中を飛ぶときの状態を想像してみよう．ボールにはどんな力が働いているだろう？
- (2) ゴルフボールの運動はどのような原理で表されるだろう？

3. ゴルフボールの運動方程式

課題 1 で考えた力のうち，ここではボールに働く重力と空気抵抗だけを考える (右図参照)．ゴルフボールのようにある程度速いスピードで動く物体に働く空気抵抗は物体の運動する速度の自乗に比例することが知られている (ニュートンの抵抗法則)．これを式で表すと，

$$D = kV^2 .$$



ここで， D は空気抵抗の大きさ， V は物体の運動する速度， k は比例定数とする．

今回，ゴルフボールの回転を考えていないので，ボールはある鉛直平面内を飛んでいくことになる (いわゆるフックやスライスといった飛び方はしない)．したがって，ボールの飛ぶ方向を x 方向，鉛直上向きを y 方向にとると，ボールの運動方程式は次式のように表される．

$$\begin{aligned} m \frac{d^2 x}{dt^2} &= -k(u^2 + v^2)^{1/2} u, \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} &= -k(u^2 + v^2)^{1/2} v - mg, \end{aligned}$$

ここで， (x, y) ， m はそれぞれボールの中心位置と質量である．また， (u, v) はボールの速度ベクトルで次式で表される．

$$u \equiv \frac{dx}{dt}, \quad v \equiv \frac{dy}{dt}.$$

課題 2．ここで示した運動方程式を導いてみよう．

さて，ここでは運動方程式を導く際に以下の仮定をしたことに注目しよう．

- (1) 実際のボールに働くさまざまな力のうち，特に重力と空気抵抗だけ考えた．
- (2) 実際のボールの軌道は 3 次元的であるが，ここでは平面内 (2 次元) であるとした．

このように，現実の現象のなかから重要と思われる要因だけを取り出すことを「モデルの簡単化」といい，シミュレーションを行う場合には重要な作業となる．

課題 3．ゴルフボールのシミュレーションで行った簡単化を例にして，「モデルの簡単化」の長所と短所について考えてみよう．