

物体の放物運動のビデオ映像解析による空気抵抗の計測

情報システム工学科 3 年 市原大資 指導教官 村本健一郎教授

1. はじめに

空間に投げられた 2 種類のピンポン球(公式試合用の直径 40mm、旧公式試合用の直径 38mm、共に重さ 2.7g)の放物運動の軌跡を撮影し、作成したシミュレーションプログラムの出力結果との比較を行い、空気抵抗を測定する。

研究を進めるにあたり、撮影に用いる機器の扱い方を習得すること、動画および静止画の基本を知ること、画像計測のためのプログラミングを行うことなどを目的とした。

2. 研究方法

2.1.シミュレーションプログラムの作成

以下の x 軸、y 軸に対する運動方程式を Runge-Kutta 法という数値解析法で、C 言語を用いてとく。

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -\mu V_x$$
$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = -mg - \mu V_y$$

2.2.動画の撮影

シャッタースピードは 1/4000 秒に設定し、ホワイトボードを背景に、黒く塗ったピンポン球を投げ上げ、撮影した。

2.3.撮影した映像の解析

撮影した NTSC 方式の動画(avi 形式)を 1 フレームごとに画像(bmp 形式)に分割し、2 値化・フィールドずれを修正し、投げ上げたピンポン球の初速度、角度を計測する。bmp 画像のサイズは 720pixel*480pixel、解像度は 72pixel/inch である。

2.3.1.画像処理

動画を分割し、図 1 のようなフィールド画像を得る。これらの画像を 2 値化したものが図 2 である。さらにフィールドのずれを修正したものが図 3 である。



図 1:フィールド画像

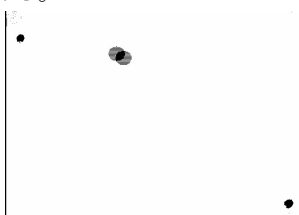


図 2:2 値化画像

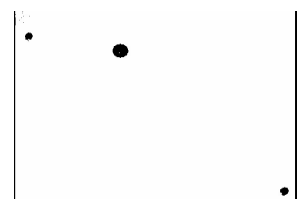


図 3:最終修正画像

2.4.中心座標の割り出し

左から黒のピクセル数をカウントし、一番黒のピクセル数が多いラインの真ん中のピクセルを中心座標とする。

2.5.空気抵抗の測定

以上より得た質量・初速度・打ち上げ角度を用いて、プログラム実行結果との比較を行い、空気抵抗 μ の値の測定を行う。

3.研究結果

38mm ボールの初速度は 2.001[m/s]、角度は 56.98 度であり、シミュレーションプログラムとの比較の結果、空気抵抗 μ は 0.00069 とわかった。

40mm ボールの初速度は 2.190[m/s]、角度は 57.80 度であり、シミュレーションプログラムとの比較の結果、空気抵抗 μ は 0.0011 とわかった。

次に、実測軌跡(赤線)と上記値でのシミュレーション値での軌跡(青線)をそれぞれ示す。

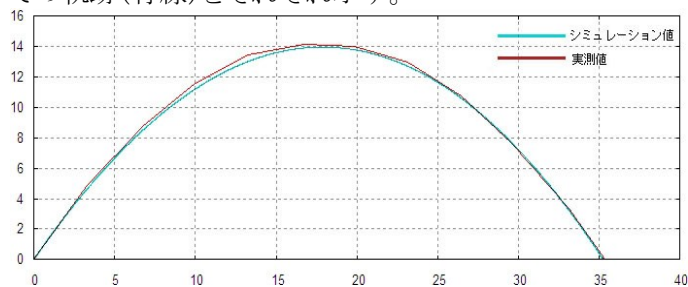


図 4:38mm ボールの実測・シミュレーション比較

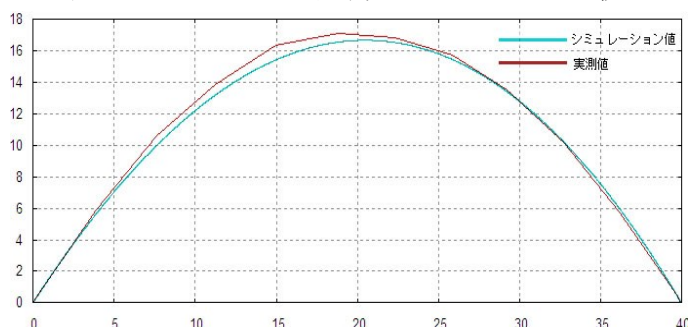


図 5:40mm ボールの実測・シミュレーション比較

4.考察

わずか 2mm の違いでも、直径が大きいほうが抵抗値 μ は大きいことが分かった。また、軌跡の比較で、プログラムで色々な μ を入れた軌跡と実測軌跡の比較プログラムを作成することも、可能だったと思われる。

5.まとめ

本研究を通じて、動画・静止画の形式や構造、またカメラ等の機器の使い方を新しく学ぶことができ、画像処理について興味を持つことができた。