

## 生成 AI による自動生成プログラムを用いた自由落下解析と教育的効果

## Freefall Analysis and Educational Effectiveness Using an Automatically Generated Program with Generative AI

中村 晃, 工藤 知草  
Akira NAKAMURA, Tomoshige KUDO  
金沢工業大学基礎教育部  
Email: n.akira@neptune.kanazawa-it.ac.jp

あらまし：自由落下する物体をデジタルカメラで高速度撮影し、得られた動画を生成 AI で作成したトラッキングプログラムで解析した取り組みを紹介した。この取り組みを通して学習者は物理の理解だけでなく、最近注目されている生成 AI を用いた自然言語処理によるプログラミング、データサイエンスに関する知識を互いに関連付けながら習得することができる。

キーワード：高速度撮影、自由落下、プログラミング、生成 AI

### 1. はじめに

スマートフォンでも高速度撮影ができるようになり、物理実験のデータ解析に適用されている。落下時間や振り子の周期をフレームレートから求める例がある。また、トラッキング機能を備えた解析ソフトを使って自由落下の解析をしている例<sup>(1)</sup>もある。これらは物理現象の理解に焦点を当てている。

一方、データ解析や、業務の効率化などでプログラミング能力が重要になり、2022 年度から高校でプログラミングを学ぶ情報 I が必修になった。ChatGPT 登場以降、このプログラミングも自然言語による指示で生成 AI が作成できるようになり、昨年あたりから生成 AI を用いたプログラミングが注目されるようになってきた。

以上の背景から、自由落下する物体を高速度撮影し、その動画から物体の運動を解析するプログラムを、AI を用いて作成してみた。この取り組みのなかから得られる学習内容を検討したので報告する。

### 2. 事前検討

#### 2.1 撮影する物理現象

手軽に実験できるテニスボールとポンポン玉の自由落下とした。

#### 2.2 動画撮影条件

- 使用カメラ：SONY DSC-RX100M7
- 撮影条件：960fps (1 秒間に 960 フレームで撮影)
- 動画の記録条件：60p (1 秒間に 60 フレーム)
- 撮影画像の画素数：1920 画素×1080 画素

#### 2.3 プログラムの実行環境

環境構築が不要の Google Colaboratory を用いた。使用言語は Python である。

#### 2.4 使用生成 AI

生成 AI として最も普及している ChatGPT を使用した。自然言語でプログラムの内容を指示すると、プログラムコードだけでなく、コードの解説、使用方法などの回答が得られる。

### 3. プログラムの作成

生成 AI で物体の位置情報を取得するためのトラッキングプログラムを作成した。テニスボールの自由落下の実験において使用したプロンプト(生成 AI への指示)を以下に示す。

黄色いテニスボールを自由落下させた。  
その様子を動画で撮影した。  
その動画から黄色いテニスボールの位置をトラッキングし、トラッキングした結果を CSV ファイルにしてダウンロードできるプログラムを作成してください。  
プログラムの実行環境は Google Colaboratory です。  
動画のファイル名は、free\_fall.MP4 です。  
トラッキングしている様子が分かるように 100 フレームごとに画像を出力してください。

トラッキングが適正に行われているか確認するために 100 フレームごとにトラッキングの状態を示す画像を出力させることにした。

生成 AI が回答したプログラムの内容は以下のとおりである。

- テニスボールの「黄色」を HSV 空間で抽出
- 輪郭を検出して中心座標を記録
- 100 フレームごとに追跡の様子を画像出力
- CSV でフレームごとの位置座標を保存しダウンロード可能

この記述を読むことによりトラッキング方法を学ぶことができる。また、プログラムコードに記載されているコメントも教材になる。理解できないコードコードは、生成 AI に質問すると詳しく解説してくれる。これも教材となる。プログラムの基礎的な知識は必要であるが、生成 AI がプログラミングの教師の役割を果たしてくれる。

このように生成 AI に自然言語で指示をすることにより課題解決のためのプログラムが作成できることを体験することは意義がある。

#### 4. トラッキングプログラムの実行

生成 AI が提案したプログラムを実行した。プログラムの修正なしで適正な結果が得られた。図1はトラッキングが適切にできているかを確認するために出力した画像である(トリミングしている)。黄色いテニスボールが赤色の矩形でカモまれており、正しくトラッキングされていることが確認できた。画像上の長さから実際の長さを算出できるように、落下方向と平行に紐をたらし、その紐に1メートルの間をあけて黒のビニールテープで目印を付けた。1mが925画素に相当している。

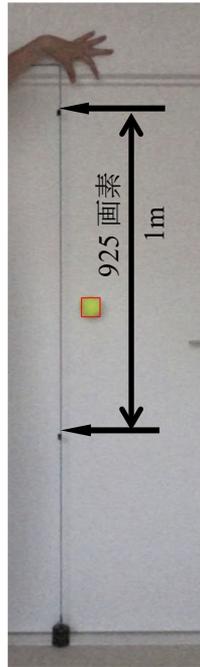


図1 動画の1コマ (1000フレーム目)

トラッキングで得られた CSV ファイルのデータの一部を表1に示す。表1で出力されている位置データの原点は右上で、xの正方向はボールの落下方向と同じで、yの正方向は図1では左向きになる。数値は原点からの画素数になる。表1のFrameの数値が1増加すると1/960秒時間が経過したことになる。図2はCSVのデータを加工せずにそのままグラフにしたものである。

フレームレート、画素、画像上の座標など動画や静止画の基本的な知識を習得することができる。

表1 CSV データの一例

Frame	x	y
1000	867	574
1001	870	575
1002	874	575
1003	876	574
1004	880	574
1005	884	574

※撮影は縦長で実施

#### 5. データ分析

重力加速度を求めるために CSV データより自由落下し始めたフレーム数を決め、不要なデータを削除した。その後、Frame 数を落下し始めてからの時刻 [秒]、x のピクセル数を落下距離に変換した。そのデータをグラフにしたものが図3である。図3の中に記述されている数式は、データを2次回帰分析した結果である。x<sup>2</sup>の係数の2倍が重力加速度になる。この場合、重力加速度は9.69m/s<sup>2</sup>となり約1.1%

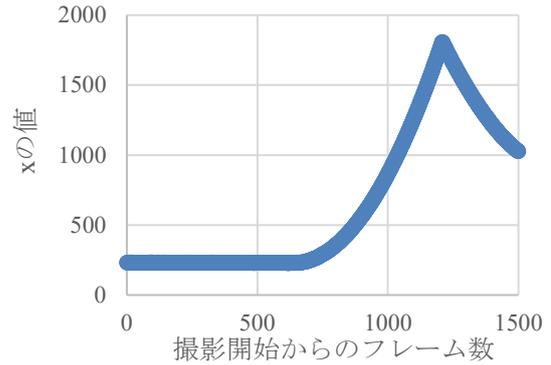


図2 CSV ファイルデータのグラフ

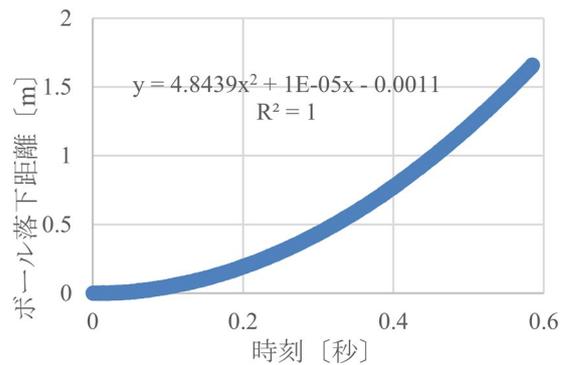


図3 データ変換後のグラフ

の誤差であった。ピンポン玉で同様の実験をし解析したところ、重力加速度は8.65 m/s<sup>2</sup>が得られた。10%以上の誤差が生じており、空気抵抗の影響が無視できないことが分かった。

物理法則だけでなく、座標変換、データのトリミング、2次回帰分析などのデータサイエンスの要素も学習できる。

#### 6. おわり

細長い棒の転倒現象についても解析を行った。色による識別ができなかったので、他のトラッキングプログラムを作成した。今回紹介した手法は回転運動などいろいろな物理現象の解析に応用することができる。また、この取り組みは物理と情報を同時に学ぶ科目横断的で、かつ、実践的であるので学習効果が高いと考えられる。

本研究の経費は、科学研究費助成事業 (JSPS 科研費 基盤研究(C)) 課題番号: 23K02721 によるもので、記して謝意を表す。

#### 参考文献

- (1) Lestari, D. A. P., and Handayani, I. D. : “The Concept of Free Fall Motion in Physics Practice Analysis Using Tracker Video Analysis (TVA) ”, 2023 International Conference on Technology, Engineering, and Computing Applications (ICTECA), pp. 1-5 (2023)