

コンピュータビジョンによるリアルタイム運動解析システムの高精度化 High-accuracy real-time object motion analysis system used computer vision

中川 玄, 藤井 研一

Gen NAKAGAWA, Ken-ichi FUJII

大阪工業大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology

Email: m1m12a13@st.oit.ac.jp

あらまし：力学の教育・学習用途に、実験実施および解析を行なう物理実験の統合的ソフトウェアを開発している。コンピュータビジョンを用いてボール等の物体の運動軌跡の自動認識と、その運動解析をリアルタイムに行うソフトウェアが開発済である⁽¹⁾。その精度を改善し、評価した結果について報告する

キーワード：物理教育、実験、コンピュータビジョン

1. はじめに

物理学を学ぶ上で、実験を用いた学習は重要である。しかし、高等教育において学習者全員が自らの手によって十分に実験を行うことは困難である⁽²⁾。本研究では、PC を利用し、学校や自宅等の場所を選ばず、また、特殊な機材を必要とせずに力学の学習を目的とした物理実験が可能なソフトウェアの開発を行っている。

すでに PC と Web カメラを用いて、ボール等の物体の運動を撮影し、物体の運動軌跡や位置・速度・加速度のグラフをリアルタイムに得ることができるソフトウェアを開発し、改善に努めている⁽¹⁾。

物理実験に使用するためには、時間および空間精度が要求されるが、本ソフトウェアの時間精度は、PC や Web カメラの性能に依存する。また、空間精度は撮影環境等に依存する。この空間精度を評価し、向上を目指した。

2. 像抽出と運動解析

物体の運動を解析するために、ソフトウェアはまず解析対象の物体を抽出し、その位置を取得する。通常、コンピュータビジョンを用いて正確な物体の抽出を行おうとする場合、ブルーやグリーンなどの単色背景を用い、照明も影や光を考慮し見かけの色が変わらないよう工夫する。これらを準備し、環境を整えるには非常に手間がかかるが、本ソフトウェアは手軽に実験を行うために、特別な撮影環境の前提が不要となるよう設計されている。

物体を抽出するために、物体が撮影画面上に映っていない背景画像と、物体の RGB の色情報を用いる。背景画像の明るさ（明度）から変化があり、物体の色情報と似た色情報を持つ画素に、物体が存在するものとして物体を抽出する。この抽出像の重心を、物体の中心として解析を行う。

ソフトウェア実行時の初期設定として、ユーザーは背景と物体の色情報を設定する。背景画像を取得するために1回のキー入力、画面上での色情報の設定のために1クリック、最短で2つの操作で設定を完了することができる。色情報の細かい設定をユーザーが行い、精度を向上させることも可能である。

設定を終了し解析を開始すると、カメラのフレームレートに応じてリアルタイムに画面上に情報が表示される。表示内容は物体の軌跡と、縦方向の位置・速度・加速度のグラフ、横方向の位置・速度・加速度のグラフである。図1はソフトウェア実行時の画面である。右上にボールの軌跡が表示され、放物運動であることが分かる。左下に横方向のグラフ、右下に縦方向のグラフが表示される。図2は縦方向のグラフを拡大したものであり、位置が緑の点、速度が青い線、加速度が赤い線で表示されている。

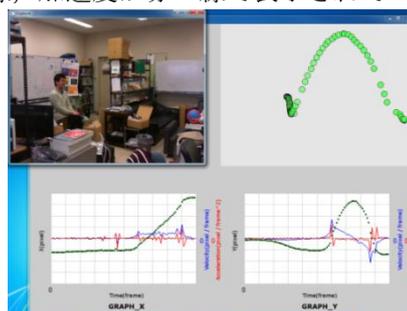


図1 解析画面

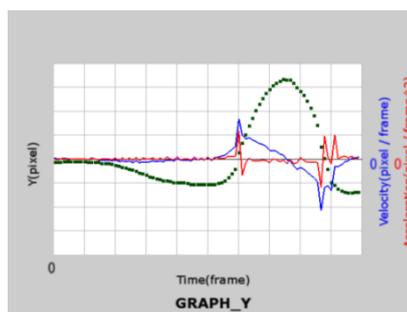


図2 縦方向のグラフ

3. 測定精度

背景の煩雑さや、照明の反射による運動物体の白とびや濃い影が存在すると、運動物体の中心座標を正確にとらえることは難しくなる。もちろん、撮影環境を整え、色情報の設定を細かく行うなど、手間をかければ精度の上昇が見込める。しかし、手軽に実験を行えるというメリットは少なくなる。

本研究では、画像処理技術の面から、撮影環境整

備等によるユーザーの負担を増やさずに、精度を向上させることを目的として開発を進めている。このため、CV 技術によるクロージングとオープニングを用いたノイズの除去と抽出像の欠損を補完する機能を追加した。そして、これらの追加機能を使った場合、どれほど精度が向上したかの評価を行った。

4. 評価

4.1 評価方法

異なる3つの解析方法を比較し、精度の評価を行う。1つ目の解析方法は、開発したソフトウェアの手法を用いて、設定を背景と色のみ行った従来の方法。次に、ノイズ除去と欠損の補間といった新しく追加された機能を使用した方法。最後に、物体を円としたときの中心座標を、1フレームずつ目視により確認する方法である。

開発したソフトウェアは、撮影とリアルタイムに解析を行うため、同一の運動を異なる手法で解析し、結果を比較することはできない。そのため、撮影し保存された映像に対して、本ソフトウェアと同じ手法を用いた解析を行えるソフトウェアを開発した。

目視により確認した座標を正確な座標と仮定し、この座標とソフトウェアにより得られた座標の比較を行う。時刻 t における目視とソフトウェアを用いて得られた計測値の差を a_t 、差の時間平均を \bar{a} と置くと、式1によりばらつき s が得られる。ばらつきが小さいほど精度が良いと考えられる。

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=0}^n (a_t - \bar{a})^2} \quad (1)$$

4.2 解析対象

背景が測定精度に与える影響を実験的に検証した。異なる背景での青色ボールの斜方投射時の撮影結果を図3に示す。左図は単調な背景(パターンA)での測定を、右図は様々な物体を有する複雑な背景(パターンB)での撮影映像である。撮影された映像は横640pixel、縦480pixelで、1秒間30frameで記憶されている。よって、物体は640*480(pixel²)の座標系の中で運動し、位置が変化する。



図3 撮影内容

5. 結果

いずれの背景においても物体抽出は可能であり、軌跡が放物線を描くことが示された。また、得られたデータから高さの時間変化のグラフを作成した。パターンA背景での結果を図4に、パターンBでの結果を図5に示す。横軸は実験開始からのフレーム

数、縦軸は物体の高さ座標である。また、曲線1は改善前のソフトウェアによる結果で、曲線2は階前後の結果、曲線3は目視で画像から座標を確認した結果である。

各環境と設定で得られた値から出した評価結果を表1に示す。表1に示したばらつきの値より、パターンBでは明瞭な差が改善により生じており、今回追加された機能で精度が向上したことがわかる。

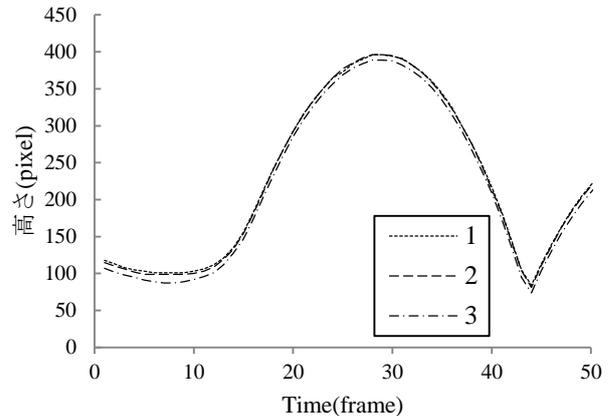


図4 解析結果 (パターンA)

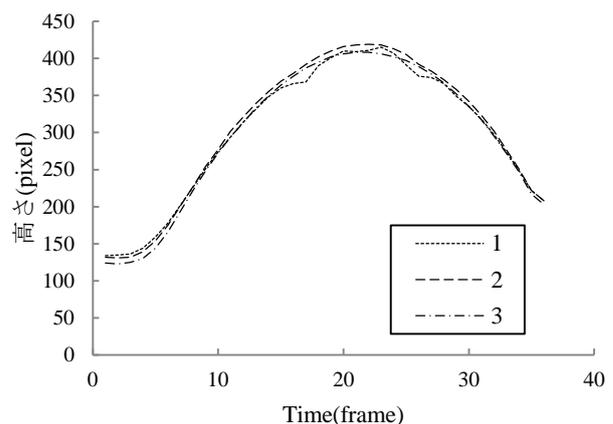


図5 解析結果 (パターンB)

表1 評価結果

背景	白い壁		煩雑な部屋	
	追加機能未使用	追加機能使用	追加機能未使用	追加機能使用
差の最大値 (pixel)	14	12	19	12
ばらつき (pixel)	2.02	1.30	7.75	2.43

参考文献

- (1) 中川玄, 高田直照: “コンピュータビジョンを用いた運動解析ソフトウェアの開発”, 2012年春 JSiSE 学生研究発表会, pp.124-125(2012)
- (2) 藤井研一, 中島伸明, 中川玄, 松下潤: “コンピュータビジョンを用いた運動検出と物理教育への応用”, 教育システム情報学会第36回全国大会講演論文集 pp.302-303 (2011)