

動画像における落下ボールの速度計測に関する一検討

三谷 芳弘* 田中 一樹**

A Study on a Speed Measurement of a Fall Ball in Video

Yoshihiro Mitani* and Kazuki Tanaka**

Abstract : In this paper, a speed measurement method of a fall ball in video is proposed. A fall ball in a frame image is extracted by a subtraction method. The 3 subtraction methods(the background subtraction, 2 frames subtraction, and 3 frames subtraction methods) are used. Experimental results show that the proposed method is effective for measuring the speed of a fall ball.

Key words : video, moving object extraction, speed measurement, subtraction method, image processing

1 はじめに

本研究では、動画像における落下ボールの速度計測について検討する。動画像は、連続した静止画像からなる。動画像における落下ボールの速度計測は、動画像を連続した静止画像へと変換することからはじまる。これらの静止画像に現れる落下ボールを抽出することにより、フレーム間のボールの移動距離とフレーム間時間との関係から速度が求められる。画像内の落下ボールは、差分処理により抽出される。特に、差分処理は移動物体を抽出するという意味で重要である。

本研究では、画像処理技術[1]～[3]を用い、動画像における落下ボールの速度計測法を提案する。差分処理では、代表的な3つの方法について検討する。用いた3つの差分処理は、背景差分法、フレーム間差分法、3枚のフレーム間差分法である。実験結果より、本手法により動画像における落下ボールの速度計測が可能だと言える。

2 速度計測

2.1 提案手法

動画像における落下ボールの速度計測の方法について述べる。落下ボールが撮影された動画像は、連続した静止画像に変換される。ここで、落下ボールは、一秒当たり30フレームのビデオで撮影される。また、静止画像はカラー画像からモノクロ画像へ変換されたものが用いられる。図1は落下

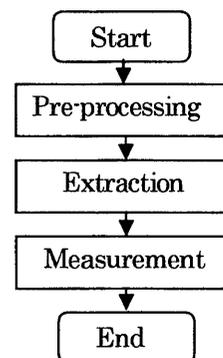


図1 落下ボールの速度計測のための提案手法

ボールの速度計測のための提案手法の手順を表す。落下ボールの速度計測法は、ノイズ除去のための前処理、落下ボール抽出のための差分処理を用いた抽出処理、落下ボールの速度の計測処理から順になる。まず、前処理では、ノイズの影響を小さくするために、平滑処理としてメディアンフィルタを用いる。メディアンフィルタを用いた平滑処理とは、注目画素を中心に3×3の近傍領域の濃度値の中央値を、注目画素の値とする処理である。これにより、ノイズとみなされる局所的に濃度値が大きいものを除去できる。つぎに、落下ボールの抽出のための差分処理では、2枚の画像の差分を取ることで、移動物体を抽出する。これにより、差分画像には移動物体が現れる。この差分画像を2値化することで移動物体が抽出される。ここで、2値化には、判別分析法が用いられる。また、差分処理において代表的な3つの方法が用いられる。このとき、抽出された移動物体は白画素(値255)で表される。最後に、2値化により移動物体が抽出された、あ

(2006年11月24日 受理)

* 宇部工業高等専門学校制御情報工学科

** 大分キャノン株式会社

(平成17年3月宇部工業高等専門学校制御情報工学科卒業)

るフレームの画像に対し、重心が求められる。ここで、あるフレーム f に対する重心 $g(f)$ は、白画素の位置を $(x_i, y_j)(i = 0, \dots, n-1)(j = 0, \dots, m-1)$ とすると、

$$g(f) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} x_i, \frac{1}{m} \sum_{j=0}^{m-1} y_j \right)$$

で与えられる。このような処理をすべてのフレームに対し行うことにより、フレーム毎に移動物体の重心が求められる。これらより、フレーム間の移動物体の重心から移動距離 l が求められ、またフレーム間時間 t との関係より、速度 v が求められる。ここで、移動距離 l は重心間のユークリッド距離で表される。

$$v = \frac{l}{t}$$

いま、フレーム間時間 t を $\frac{1}{30}$ (sec.) とし、1画素当たりの

実際の距離 l_{real} (m / pixel) とすると、速度 v は、

$$v(\text{km/h}) = \frac{l(\text{pixels})}{\frac{1}{30}(\text{sec.})} \times l_{real}(\text{m/pixel}) \times 3.6$$

で与えられる。

2. 2 差分処理

本研究で用いる、移動物体抽出のための、背景差分法、フレーム間差分法、3枚のフレーム間差分法、のそれぞれの概要[3]を示す。

2. 2. 1 背景差分法

屋内などの照明の影響が小さい状況下で撮影された動画像では、画像中の背景のみの背景画像が取得できる場合がある。このような場合、背景画像と動画像中のフレームとの差分を取ることで、移動物体を抽出することができる。

2. 2. 2 フレーム間差分法

屋外に設置されたカメラで撮影する場合、日照あるいは照明などの影響により、背景差分法では移動物体が容易に抽出できない場合がある。このような場合、動画像内の2枚の連続するフレーム間差分法を用いることにより移動物体を抽出することができる。フレーム間差分法は、背景差分法に比べ照明などの影響に対しロバストである。しかしながら、移動物体が静止している場合、移動物体が差分に表れないとい

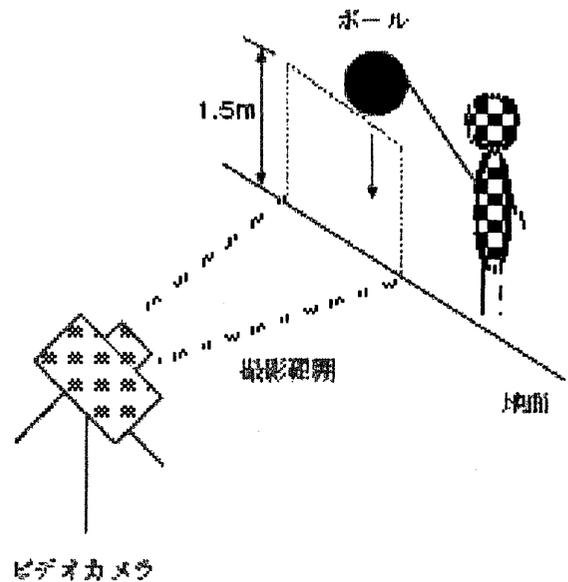


図2 撮影の様子

う欠点がある。

2. 2. 3 3枚のフレーム間差分法

2枚のフレーム間差分法により得られた画像の論理積をとることにより、中間画像の移動物体を抽出することができる。2枚のフレーム間差分法に対し、よりロバスト化を図っている。

3 計算機シミュレーション

動画像における落下ボールの速度計測のための提案手法の有効性を計算機シミュレーションにより調べる。動画像における落下ボールの抽出方法には、差分処理を用いた。本研究では、代表的な3つの差分処理、すなわち、背景差分法、フレーム間差分法、3枚のフレーム間差分法についてそれぞれ検討した。図2は撮影の様子を表す。撮影方法は次の通りである。落下ボールの撮影は、ビデオカメラを用いて夕暮れ時の屋外にて行った。その理由は、日照あるいは照明の影響をできるだけ小さくするためである。落下ボールの撮影については、ビデオカメラを三脚で固定し、地面より1.5mの高さからボールを自由落下させるシーンを10回撮影した。また、このとき、撮影画面内には長さの基準となるある棒を用意した。これにより、画像内の1pixel当たりの長さを算出する。撮影により得られた動画像は、1秒当たり30フレームで、その解像度は720×480である。これらを用いて、提案手法により落下ボールの10回の最大速度の平均値および標準偏差を求めた。ここで、最大速度とは、ボールが地面に着地する時点での速度のことである。

表1 3つの差分処理による平均の最大速度
(上段: 平均値, 下段: 標準偏差)

	最大速度(km/h)
背景差分法	18.02 0.59
フレーム間差分法	18.50 0.59
3枚のフレーム間差分法	17.81 0.60
理論値	19.53

表1は、実験結果である。表内、上段は平均値、下段は標準偏差を表す。なお、理論値は、初速度0の等加速度直線運動の式より算出される。実験結果より、3つの差分処理を用いた方法はそれぞれ落下ボールの速度を計測可能だと言える。なかでも、フレーム間差分法が理論値により近い値を示す。特に、背景差分法でも良好な結果が得られたのは、落下ボールの撮影状況が好ましいことが挙げられる。すなわち、屋外ながら夕暮れ時の太陽の直接当たらない日陰の日照の影響がなるべく小さい状況下で撮影が行われた。このような撮影状況が得られない場合、背景差分法では、移動物体だけでなく影あるいはノイズが抽出されてしまい、結果的に速度計測が困難となる。

4 むすび

本研究では、動画像における落下ボールの速度計測法を提案した。提案手法により、動画像における落下ボールの速度計測が可能であることが分かった。日照あるいは照明の影響が小さい状況下では、背景差分法でも比較的良好な結果が得られることが分かった。

今後の課題としては、移動物体の抽出方法に関する検討が挙げられる。本研究の抽出方法は、差分処理による単純な処理であったが、抽出対象の特徴を用いた抽出方法なども考えられる。また、日照あるいは照明などの影響に対し、よりロバストな速度計測法についての検討も今後の課題である。たとえば、文献[4]、[5]などのように、改良が加えられた背景差分法の検討が挙げられる。

参考文献

[1]高木幹雄, 下田陽久, 新編画像解析ハンドブック, 東京大学出版会, 2004.
 [2]安居院猛, 長尾智晴, 画像の処理と認識, 昭晃堂, 1992.
 [3]安居院猛, 長尾智晴, C言語による画像処理入門, 昭晃堂, 2000.
 [4]Q.-Z. Wu and B.-S. Jeng, Background subtraction based on logarithmic intensities, Pattern Recognition Letters, 23, 1529-1536, 2002.

[5]Qi Zang and Reihard Klette, Robust background subtraction and maintenance, Proceedings of International Conference on Pattern Recognition, ISBN:0-7695-2128-2/04, 2004.

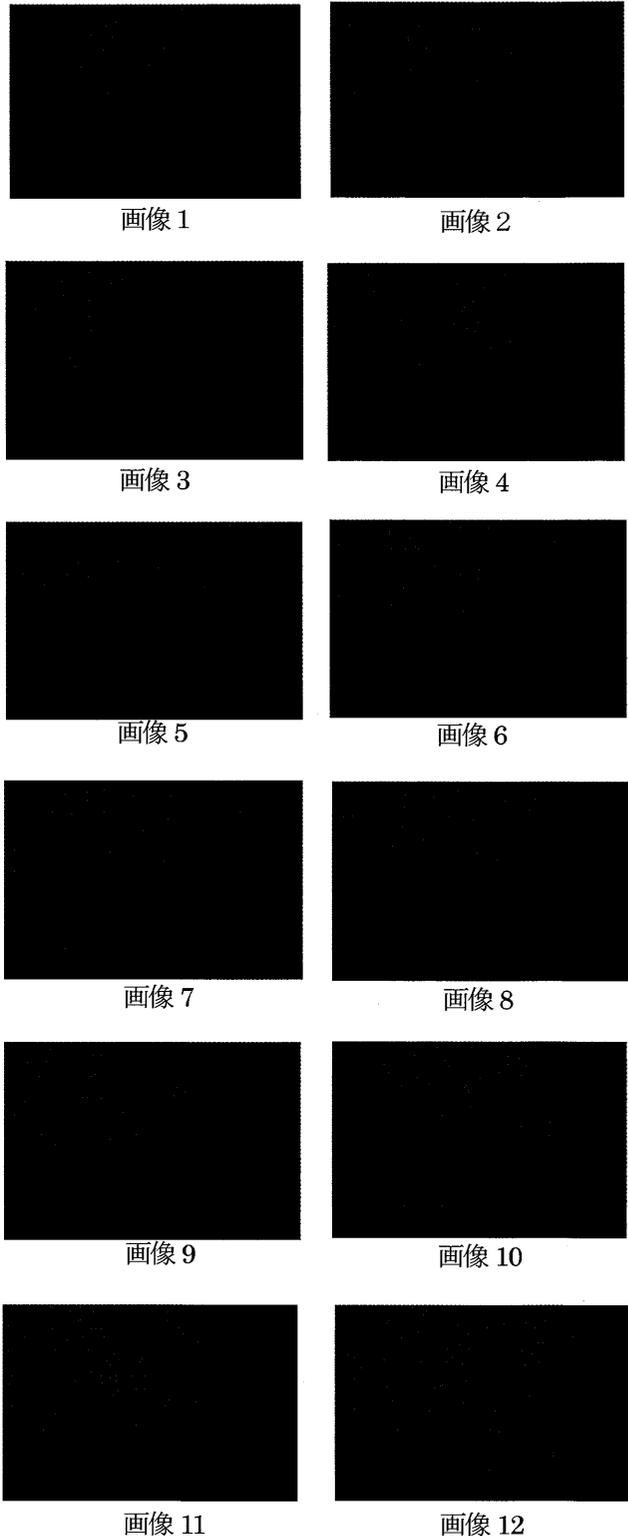
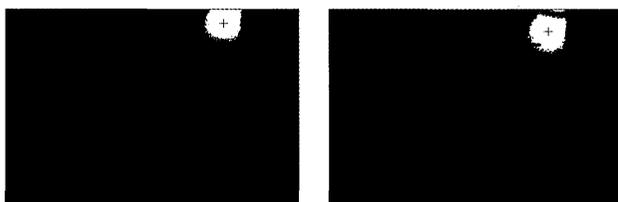


図3 原画像



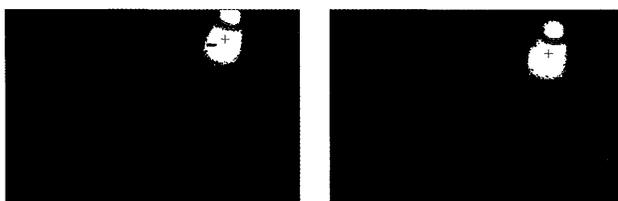
画像 1

画像 2



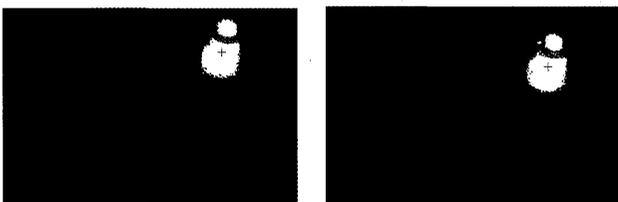
画像 3

画像 4



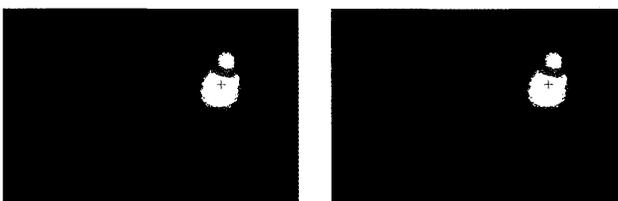
画像 5

画像 6



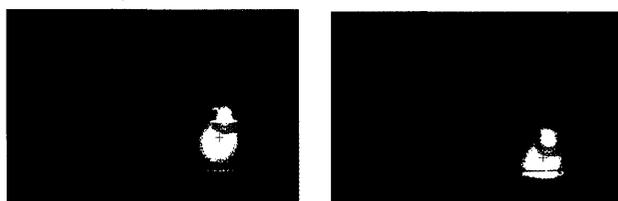
画像 7

画像 8



画像 9

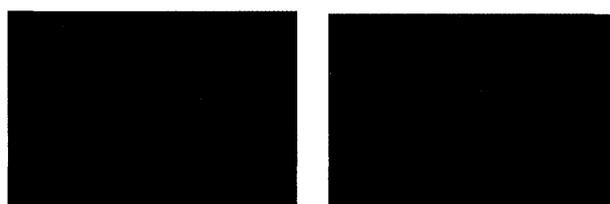
画像 10



画像 11

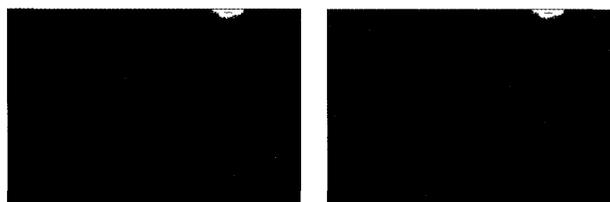
画像 12

図 4 背景差分法



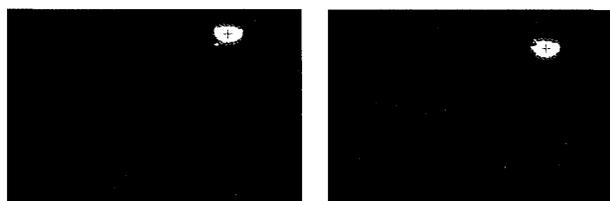
画像 1

画像 2



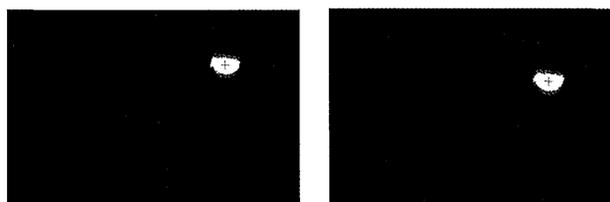
画像 3

画像 4



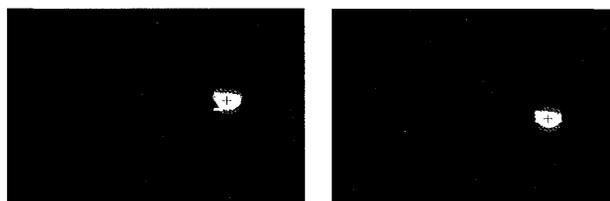
画像 5

画像 6



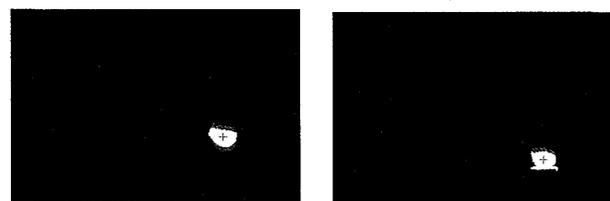
画像 7

画像 8



画像 9

画像 10



画像 11

画像 12

図 5 フレーム間差分法

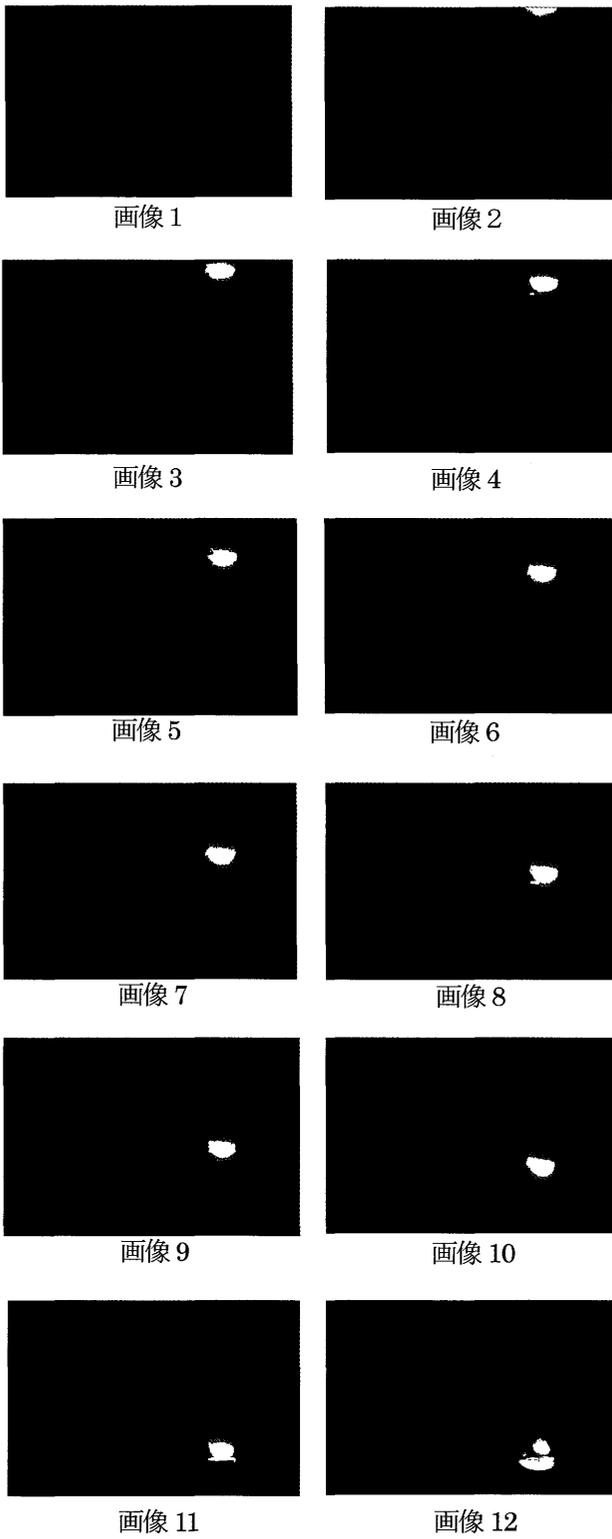


図 6 3枚のフレーム間差分法