

夜間の赤外映像からの動体検出手法

A moving object detection technique for a nighttime infrared video image

○小林佳太・丹波澄雄

Keita Kobayashi, Sumio Tanba

弘前大学大学院 理工学研究科

Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

Key word : 動体検出 (Motion Detection)、背景差分法 (Background Subtraction)、
フレーム間差分法 (Frame Subtraction)

036-8561 青森県弘前市文京町 3

弘前大学大学院 理工学研究科

Tel.0172-39-3725 FAX.0172-39-3722

Email. tanba@cc.hirosaki-u.ac.jp

1. はじめに

ある特定の地域に生息する動物の生態に関する情報を得ることは、その地域の自然環境を把握する上でとても重要である。動物の自然状態での生態を知るためには、人間が関与していない状況下での長時間の観察が必要であり、そのため、録画装置を設置して長時間の撮影をする必要がある。通常、動物が映っている時間は撮影時間に比べて非常に短く、観察映像から目視で動物を発見する作業は困難である。特に、夜間の映像から動物を発見することは、専門的な知識を持った人でも時間と根気、熟練を要する。

本研究では、高画質ビデオカメラによって撮影された自然環境の赤外映像から動物を検出する手法を提案し、実験する。

2. 背景差分法を用いた提案手法

背景差分法は、事前に背景画像を作成し、入力画像との差分画像から動体を抽出する方法である (図 1)。背景画像は、指定した複数枚のフレームを用いて、各画素における平均値や最頻値、中央値等により作成される。

また、時間経過に伴う照明条件の変化に対応させるために、背景画像の更新を行う。これにより、照明の変化には対応できるが、動領域に関しては、本来、背景でないにもかかわらず、その画素値を用いて更新するため、背景差分法により動体が検出されない場合が生じる。

本提案手法では、複数枚の入力画像 g_i を用いて、(1)式から背景平均画像 $\bar{\mu}$ を作成。自然環境下では背景が変動するのが当然であるため、(2)式から背景平均画像 $\bar{\mu}$ の各地点の明るさの度合を示す背景標準偏差画像 σ を作成することにした。背景平均画像 $\bar{\mu}$ と背景標準偏差画像 σ は、動体のいない N 枚の画像(最初から数えて 60 枚程度)をもとに作成した。(3)式で入力画像と背景平均画像 $\bar{\mu}$ の差分を背景標準偏差画像 σ で割り、標準残差画像 z_i を作成した。標準残差は、値が 1 以上の時に何らかの変化があったものと判断するため、各標準残差画像 z_i の画素値が 1 以上の画素数の変動から動体検出を行う。

$$\bar{\mu} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g_i \quad \dots (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (g_i - \bar{\mu})^2} \quad \dots (2)$$

$$z_i = \frac{|g_i - \bar{\mu}|}{\sigma} \quad \dots (3)$$



図 1. 背景差分法

$$\sigma_g = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (c_{i,g} - \bar{\mu}_g)^2} \quad \dots (6)$$

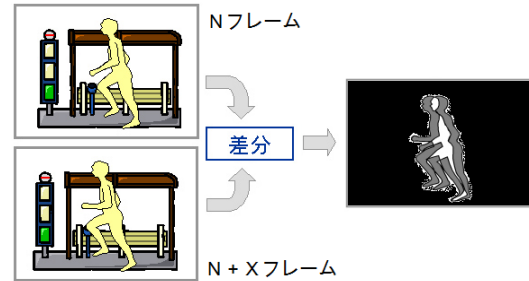


図 2. フレーム間差分

3. フレーム間差分法を用いた提案手法

フレーム間差分法は、2枚のフレーム間の差分画像から動体を検出する方法である(図2)。処理が簡単であるが、動体の動きが小さい場合や動体が背景と同じ輝度値の場合には、検出されないことがある。

本提案手法では、(4)式より、ある一定のフレーム間隔 x で連続した2枚の入力画像から差分画像 s_i を作成し、その画素値を 0~5 (A)、6~10 (B)、11~15 (C)、…とグループに分け画素数 $c_{i,g}$ を集計する (i : 差分画像、 g : グループ名 (A,B,C,…))。動体のいない N 枚 (最初から数えて 60 枚程度) 分の差分画像の集計結果から、(5)式と(6)式を用いて、差分画像の画素値毎の平均画素数 $\bar{\mu}_g$ とその標準偏差 σ_g を求める。その後、全ての差分画像を対象に以下の検出条件をあてはめ、それを満たす画像番号から動体の検出期間を特定する。

検出条件:

ある画素値のグループにおける画素数が $(\bar{\mu}_g + \sigma_g)$ 以上の差分画像が連続し、その連続した差分画像の中に画素数が $(\bar{\mu}_g + 3\sigma_g)$ 以上の差分画像がある。

$$s_i = |g_{i+x} - g_i| \quad \dots (4)$$

$$\bar{\mu}_g = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N c_{i,g} \quad \dots (5)$$

4. 使用したデータについて

今回の実験で使用した映像は、2009年9月14日と18日に撮影された夜間の赤外映像の一部です。カワネズミという小動物が水辺を移動する映像であり、2つの映像を1秒当たり30フレームの画像に分割し処理した。

表 1. 使用した映像について

	9月14日	9月18日
フレームレート	30fps	30fps
画像枚数	200枚	228枚
画像サイズ	1280×720	1280×720



図 3. カワネズミ

5. 結果

(1)2009年9月14日の映像について

(a)背景差分法

図. 4~8 (図の横軸は差分画像の番

号であり、縦軸は標準残差に基づいて閾値処理された結果の画素数である。)を比較すると、図. 5 (標準残差が 1 以上 2 未満の画素数) 以外は差分画像の 1~61 枚目の範囲、61~161 枚目の範囲、161 枚目以降の範囲で画素数の分布が階段状になっている。1~61 枚目の差分画像は動体が存在していない画像として利用しているため、それ以降の差分画像で画素数が増加していることは、画像に何らかの変化が生じているといえる。

図. 10~17 は処理の過程で生成された画像である。図.11 より、水による光の反射を抽出し、図.13 と図.16 に適用することで、図. 14、図. 17 で示されるように動体の位置が推定可能である。

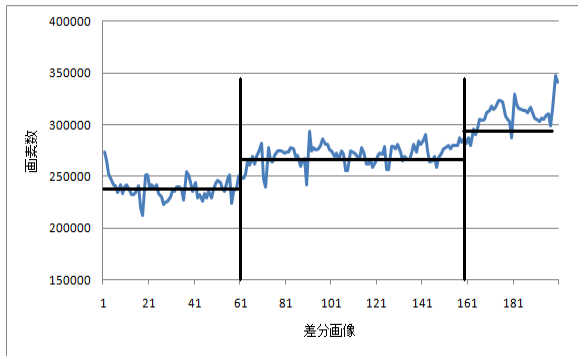


図 4. 標準残差が 1 以上の画素数

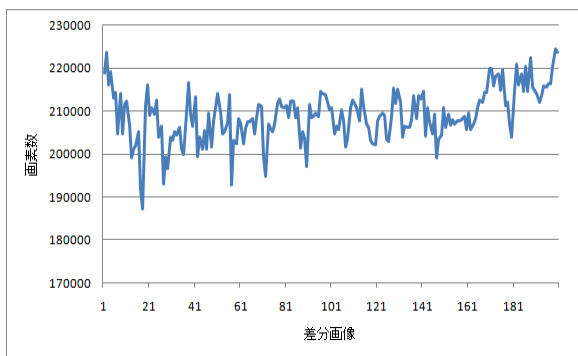


図 5. 標準残差が 1 以上 2 未満の画素数

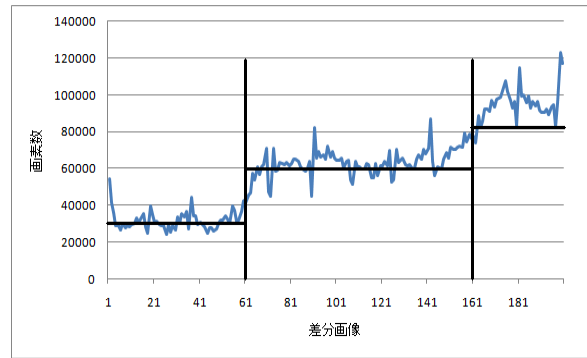


図 6. 標準残差が 2 以上の画素数

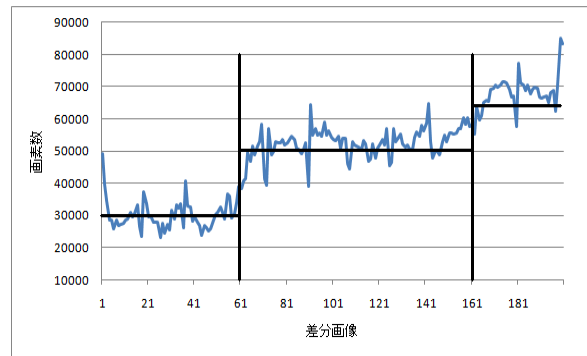


図 7. 標準残差が 2 以上 3 未満の画素数

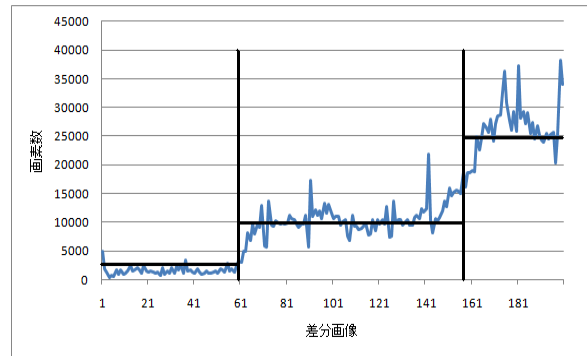


図 8. 標準残差が 3 以上の画素数

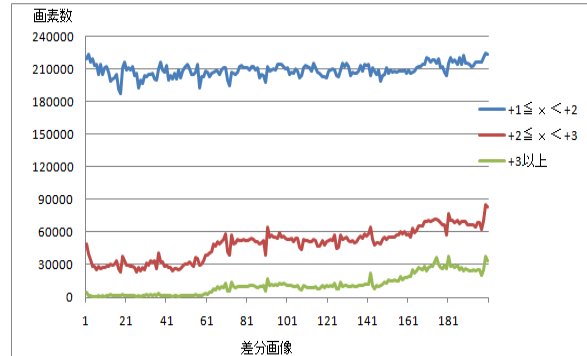


図 9. 図 5,7,8 をまとめたグラフ



図 10. 背景平均画像



図 14. 98 フレーム目の標準残差画像



図 11. 背景標準偏差画像



図 15. 169 フレーム目の入力画像



図 12. 98 フレーム目の入力画像



図 16. 169 フレーム目の背景差分画像



図 13. 98 フレーム目の背景差分画像



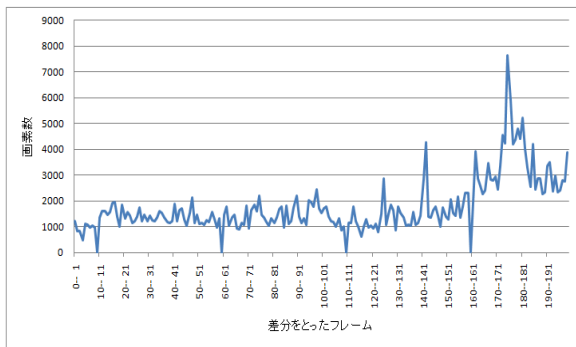
図 17. 169 フレーム目の標準残差画像

(b) フレーム間差分法

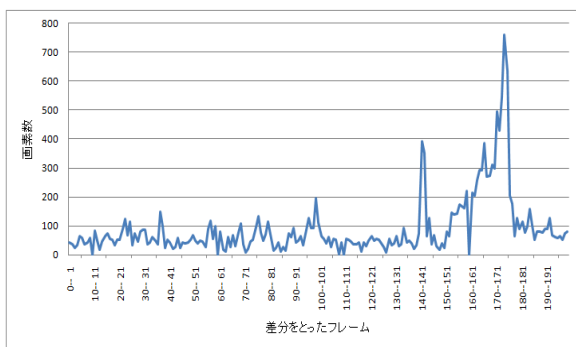
図. 18~20 の(i) (差分が 6 以上 10 以下) を比較すると、差分画像の画素値の範囲が同じでも処理した時間間隔が異なれば、グラフの形も異なることがわかる。しかし、図. 18~20 の(ii) (差分が 21 以上 25 以下) を比較すると図.18 の(ii)を除き、中央部分 (90~100 フレーム) と右側部分 (150~180 フレーム) の突起が共通している。グラフに大きな突起が現れているということは、そのフレーム間の変化が大きかったことを示している、つまり、画像中で著しい変化があったことを示している。表 2 は動体が存在していたと思われるフレームをまとめた結果である。。

表 2. 動体の検出期間

1 回目の検出期間	90~100 フレーム
2 回目の検出期間	160~180 フレーム

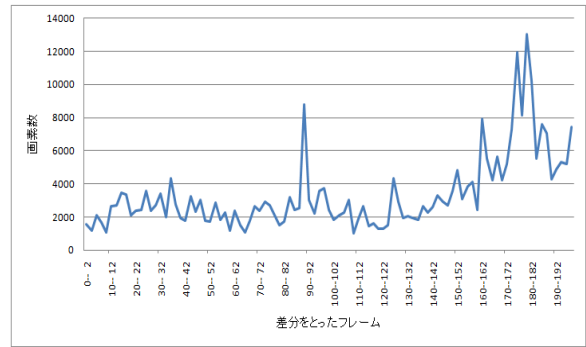


(i) 差分が 6 以上 10 以下
 $(\bar{\mu}_g = 1285.3, \sigma_g = 382.3)$

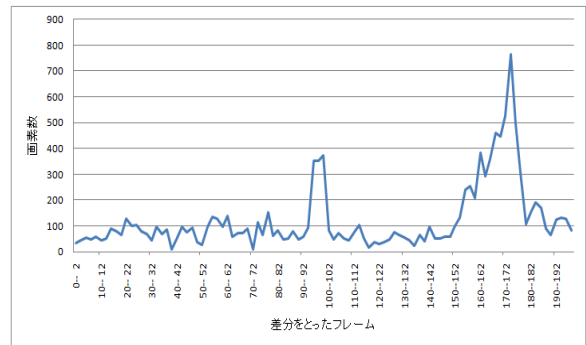


(ii) 差分が 21 以上 25 以下
 $(\bar{\mu}_g = 55.2, \sigma_g = 28.6)$

図 18. 1/30s 間隔で処理した場合の画素数の変化

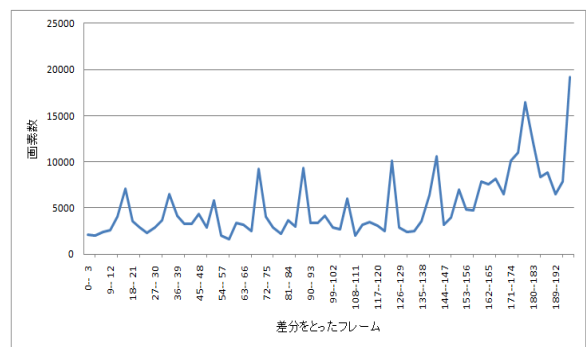


(i) 差分が 6 以上 10 以下
 $(\bar{\mu}_g = 2390.2, \sigma_g = 772.4)$

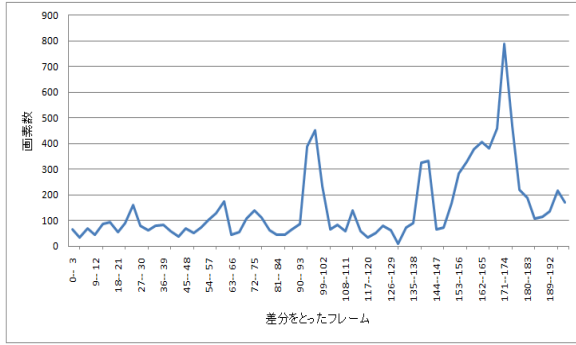


(ii) 差分が 21 以上 25 以下
 $(\bar{\mu}_g = 73.4, \sigma_g = 31.0)$

図 19. 1/15s 間隔で処理した場合の画素数の変化



(i) 差分が 6 以上 10 以下
 $(\bar{\mu}_g = 3481.3, \sigma_g = 1476.4)$



(ii)差分が 21 以上 25 以下
 $(\bar{\mu}_g = 76.4, \sigma_g = 29.4)$
 図 20. 1/10s 間隔で処理した場合の画素数の変化

(2)2009 年 9 月 18 日の映像について
 (a)背景差分法

図. 21~25 (図の横軸は差分画像の番号であり、縦軸は標準残差に基づいて閾値処理された結果の画素数である。)を比較すると、図. 23~25 は差分画像の 1~61 枚目の範囲と 61 枚目以降の範囲で画素数の分布が 2 つに分かれているように見える。1~61 枚目の差分画像は動体の存在していない画像として利用しているため、それ以降の差分画像で画素数が増加しているということは、画像に何らかの変化が生じているといえる。9 月 18 日の映像では背景全体の動きが大きかった (図. 11 と図. 28 を比較) ため、画素数の変動も大きくなっている。

図. 27~34 は処理の過程で生成された画像である。図.28 より、水による光の反射を抽出し、図.30 と図.33 に適用することで、図. 31、図. 34 で示されるように動体の位置が推定可能である。

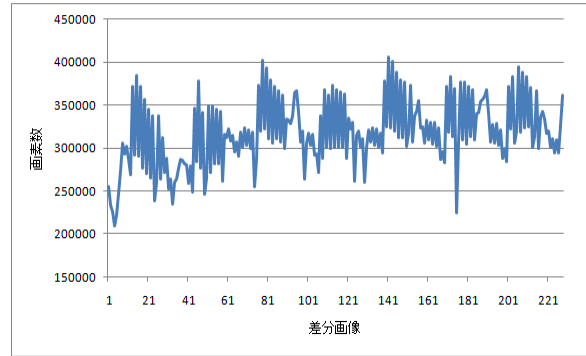


図 21. 標準残差が 1 以上の画素数

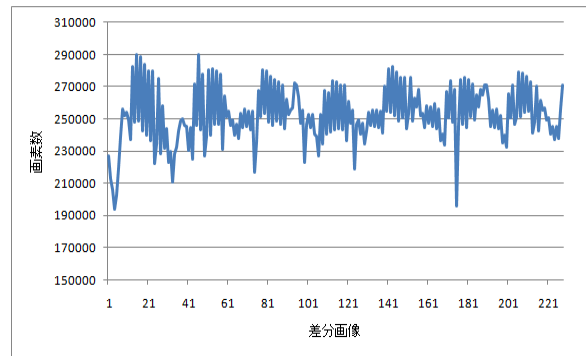


図 22. 標準残差が 1 以上 2 未満の画素数

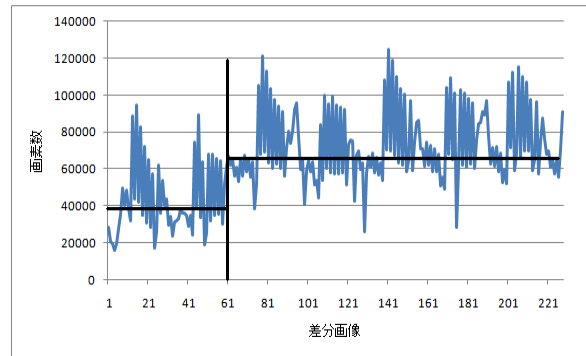


図 23. 標準残差が 2 以上の画素数

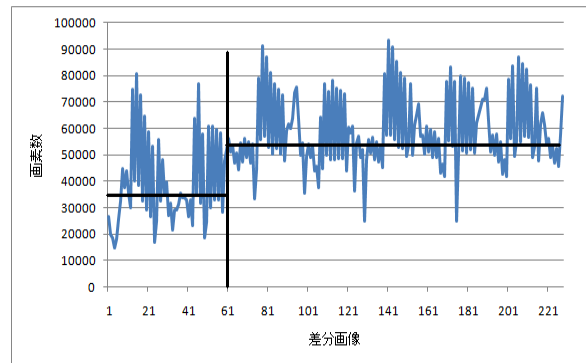


図 24. 標準残差が 2 以上 3 未満の画素数

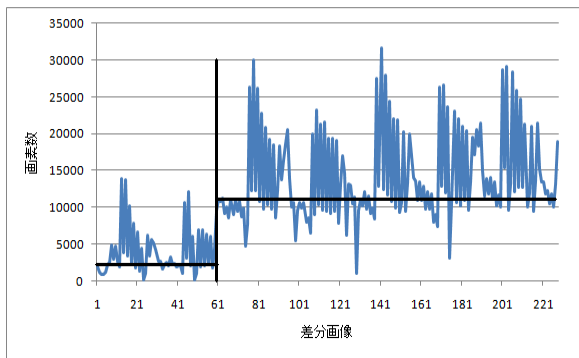


図 25. 標準残差が 3 以上の画素数



図 29. 105 フレーム目の入力画像

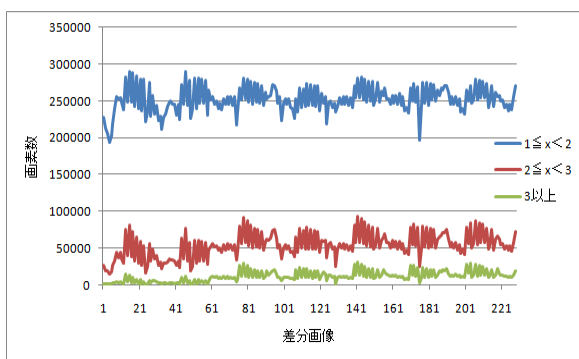


図 26. 図 22,24,25 をまとめたグラフ

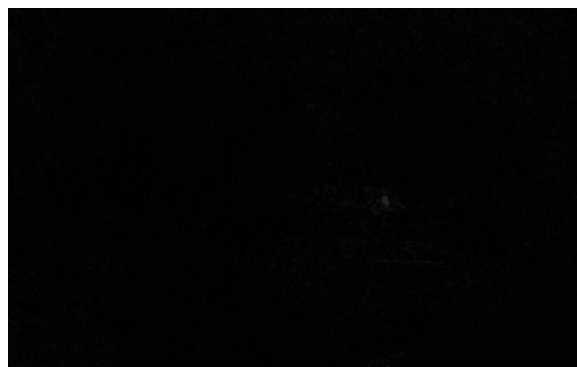


図 30. 105 フレーム目の差分画像



図 27. 背景平均画像

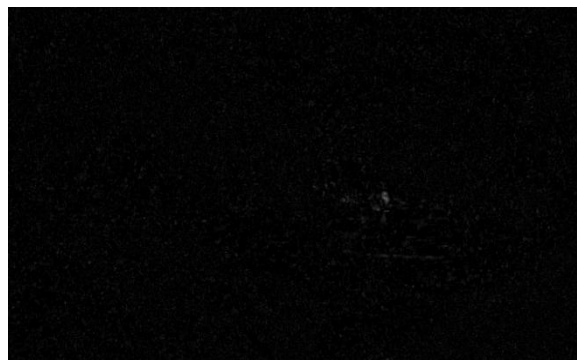


図 31. 105 フレーム目の標準残差画像



図 28. 背景標準偏差画像



図 32. 203 フレーム目の入力画像

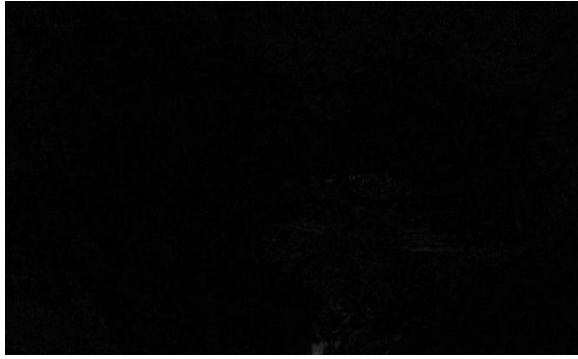


図 33. 203 フレーム目の差分画像

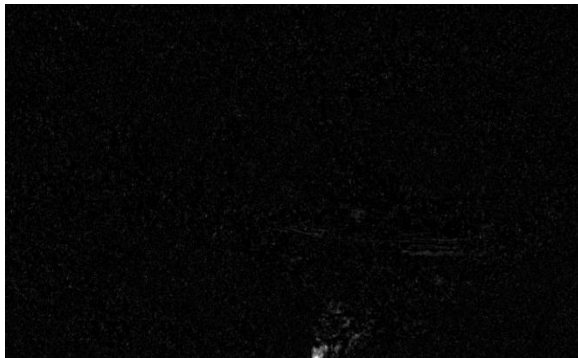


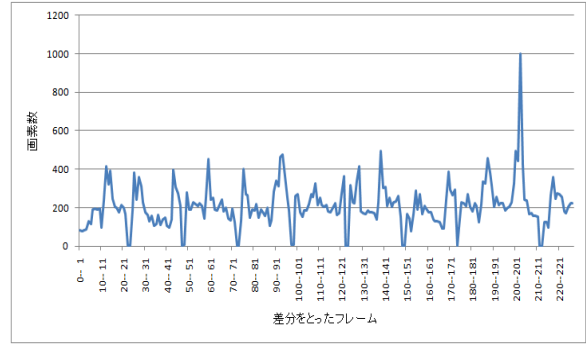
図 34. 203 フレーム目の標準残差画像

(b) フレーム間差分法

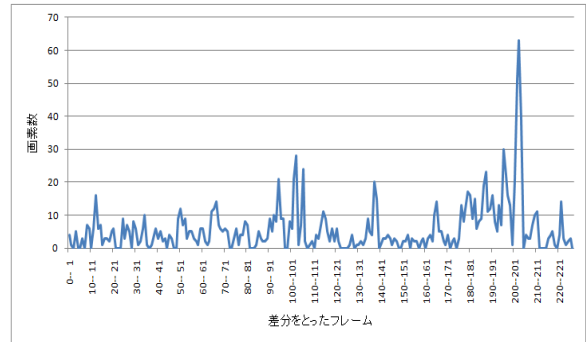
図. 35~37 の(i) (差分が 21 以上 25 以下) を比較すると、動体が存在しない 0~60 フレームまでの画素数の変動と、60 フレーム以降の画素数の変動でグラフの形の変化が著しい所が見当たらない。しかし、図. 35~37 の(ii) (差分が 41 以上 45 以下) を比較すると、中央部 (90~110 フレーム) と右側部分 (180~210 フレーム) の突起が共通している。表 3 は動体が存在していたと思われるフレームをまとめた結果である。

表 3. 動体の検出期間

1 回目の検出期間	90~110 フレーム
2 回目の検出期間	180~210 フレーム

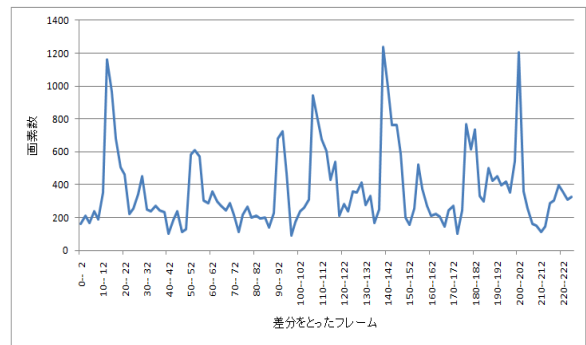


(i) 差分が 21 以上 25 以下
 $(\bar{\mu}_g = 197.3, \sigma_g = 105.5)$

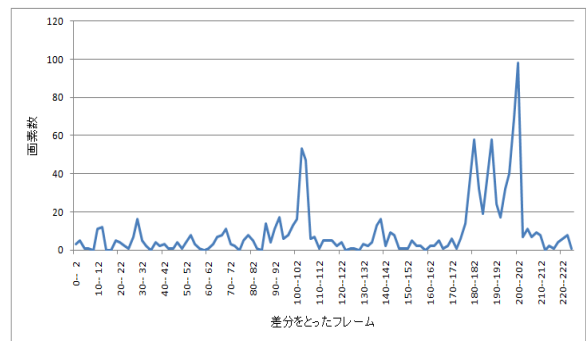


(ii) 差分が 41 以上 45 以下
 $(\bar{\mu}_g = 3.8, \sigma_g = 3.6)$

図 35. 1/30s 間隔で処理した場合の画素数の変化



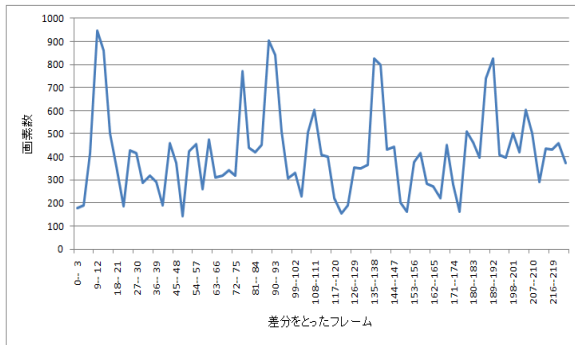
(i) 差分が 21 以上 25 以下
 $(\bar{\mu}_g = 424.1, \sigma_g = 290.4)$



(ii)差分が 41 以上 45 以下

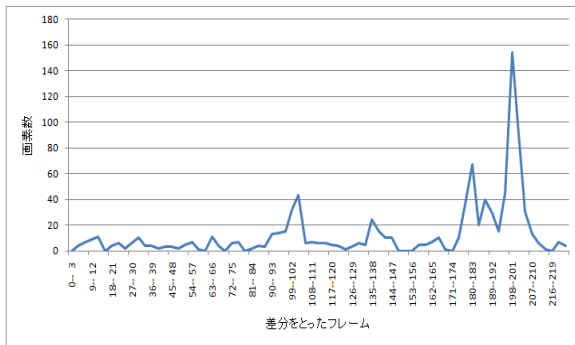
$$(\overline{\mu}_g = 4.5, \sigma_g = 4.8)$$

図 36. 1/15s 間隔で処理した場合の画素数の変化



(i)差分が 21 以上 25 以下

$$(\overline{\mu}_g = 448.3, \sigma_g = 252.3)$$



(ii)差分が 41 以上 45 以下

$$(\overline{\mu}_g = 4.9, \sigma_g = 3.4)$$

図 37. 1/10s 間隔で処理した場合の画素数の変化

6.まとめ

本研究より、以下のことが明らかになった。

(1)背景差分法

背景標準残差が 3 以上の画素数をカウントすることで、動体の有無は判定できるが検出期間は特定できない(図.8, 図.25)。しかし、処理した画像により動体の位置の把握が容易に行える(図.14, 図.17, 図.31, 図.34)。

(2)フレーム間差分法

処理の時間間隔やカウントする差分画像の画素値の範囲によって、動体の検出期間をより詳しく特定

できる。しかし、特定した検出期間の画像のどの位置に動体が存在しているかは把握できない。

今後の課題は、より長時間の映像に対し提案手法を適用し、動体検出の実験を行う。また、撮影に用いた投光器の明るさの変化に対する補正方法についての検討も行う。

参考文献

- [1] 會田明生「白神観測動画像からの小動物の検出に関する研究」電情フォーラム 2010 講演論文集
- [2] 改訂版図解リモートセンシング(日本測量協会)