

平成 29 年度卒業論文

画像分類を用いた

複数の小動物の同時追跡

宮崎大学 工学部 情報システム工学科

北川 遼哉

指導教員 椋木雅之

目次

1. はじめに	1
2. 画像分類を用いた小動物追跡	2
2.1 小動物追跡の困難性.....	2
2.2 従来手法の問題点.....	3
3. SCMA 法を用いた小動物追跡	4
3.1 小動物追跡の流れ.....	4
3.2 マウス画像の切り出し.....	5
3.3 特徴抽出.....	6
3.4 SCMA 法を用いた小動物の識別	7
3.5 識別結果を用いた追跡.....	9
4. 小動物追跡実験	10
4.1 実験手順.....	10
4.2 マウス画像の切り出し評価実験.....	13
4.3 SCMA 法による識別の評価実験	15
4.4 2匹のマウスの追跡実験.....	17
4.5 従来研究との比較.....	21
4.6 4匹のマウスの追跡実験.....	22
5. おわりに	25

1. はじめに

畜産農業において、家畜の伝染病は深刻な問題である。宮崎県では過去に、口蹄疫や鳥インフルエンザなどの伝染病により多大な損害が発生している。家畜の伝染病は、野生動物から感染することが多い。そのため、飼育小屋付近の野生動物の生態把握は、家畜の伝染病対策において重要な研究課題の一つとなっている。このような背景のもと、本学農学部の坂本講師らの研究グループは、動物の生態把握の研究を行っている。坂本講師らは、人手で動物の追跡・観察を行っているが、多くの時間と労力が必要となり、多量の観察データに基づく分析が行えていない。

そこで、動物の生態把握の手助けのため、パーティクルフィルタを用いた小動物追跡手法[1]が提案された。この手法は、追跡対象を見失ったとしても、検出を同時に行うことで再度追跡を開始することができる。しかし、急な動きによるマウスのぼけによる誤検出により、対象を誤ったまま追跡を開始するなどの問題があった。

本研究では、動画像内のすべての小動物を、画像分類手法を用いて識別することで追跡対象を検出し、その検出結果を用いて追跡を行う手法を提案する。

2. 画像分類を用いた小動物追跡

2.1 小動物追跡の困難性

小動物に限らず動物は、1匹にいる場合と、複数匹にいる場合では行動に変化が見られる。生態把握をするためには、複数の小動物がいる状況で、個々を識別、追跡する必要がある。小動物の場合、個体それぞれがよく似ていることが多く、激しく動き回る、重なり合いによりオクルージョンが発生するなど、追跡が難しい対象である。本研究では、特にマウス（正式名称はデグー）を対象とした追跡を行う。マウスは個々の色が似ている場合が多い。また、マウスに着色をしてもすぐにマウスが自ら色を落としてしまうという問題が発生する。さらに、わかりやすい目印をつけることは、マウスにとって大きなストレスとなるためできない。これらの要因が追跡を困難とさせている。

2.2 従来手法の問題点

[1]では、パーティクルフィルタと AKAZE 特徴量を用いた小動物追跡の手法を提案している。二匹のマウスのうち一方をターゲット画像として与え、物体の拡大・縮小・回転や焦点ぼけの変化への耐性が強い AKAZE 特徴量と、オクルージョンに強く一度追跡物体を見失っても再度追跡することができるパーティクルフィルタを組み合わせ、追跡を行っている。この手法では、オクルージョンが起こった直後、誤検出が発生した場合に追跡対象を間違えたまま追跡を行うという問題点がある。

この問題に対処するために、画像分類手法を用いて追跡を行う。画像分類を用いて常に識別を行うことで、ある瞬間に追跡対象を間違えたとしてもすぐに修正することが可能になる。また、複数の小動物を同時に識別することで、誤識別が起きた場合の対処も可能となる。本研究では、追跡を行う複数のマウスを既知のクラスとし、テストデータが追跡対象のどのマウスに似ているか分類することで、マウスの追跡を行う。

3. SCMA 法を用いた小動物追跡

3.1 小動物追跡の流れ

本研究では、動画像（図 1）を与え、各フレームから各マウスが写っている部分を切り出し、特徴量を抽出する。この抽出した特徴量を、Sparse Collaborative Mean Attraction (SCMA) 法[2]を用いてクラス分類することで個体を識別し、識別結果を用いて小動物追跡を行う。



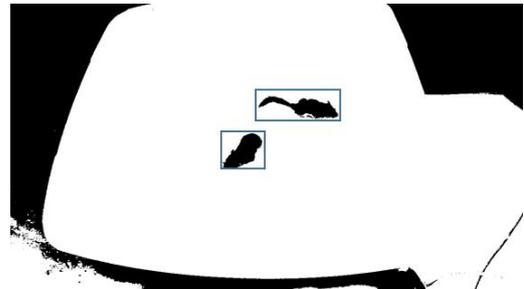
図 1 動画像の例

3.2 マウス画像の切り出し

特徴量を抽出するため、動画像の各フレームからマウス 1 匹が写った領域を画像として切り出す。(図 2) 本研究では、模様のない白い箱にマウスを入れて撮影した実験用動画を用いる。グレースケールに変換した実験用画像にガウスぼかしを適用した画像を二値化し、マウスの輪郭が収まる矩形(外接矩形)を取得し、外接矩形を切り出すことでマウス画像を取得する。この時、取得する外接矩形の面積の範囲を指定することでマウス以外が取得されないようにする。また、外接矩形の左上と右下の座標をマウスの座標として取得する。



(a) 濃淡とガウスぼかしを適用



(b) 二値化と外接矩形取得

図 2 切り出しの流れ

3.3 特徴抽出

マウス画像の識別では、画像から抽出した特徴量に基づいて分類を行う。特徴抽出（図 3）には、Deep Learning フレームワークである Caffe[3]で ImageNet 画像[4]を学習したモデル(bvlc_reference_caffenet)[5]を用いる。このモデルは、ILSVRC2012 の 1000 カテゴリ、120 万画像の訓練用データを用いて構築されたもので、学習済みのモデルが公開されている。本研究では、モデルの中間層(fc7)の出力である 4096 次元のデータを画像の特徴量として使用する。

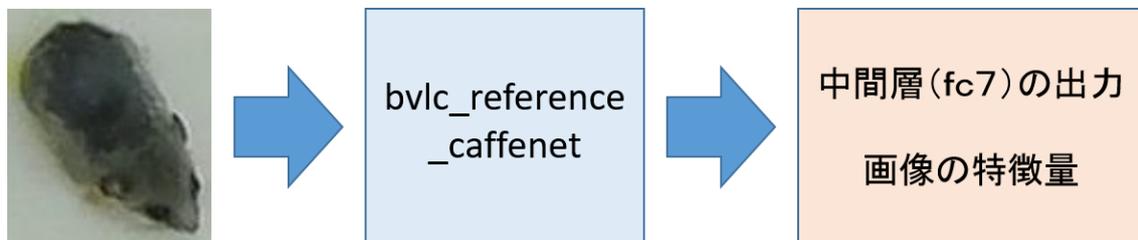
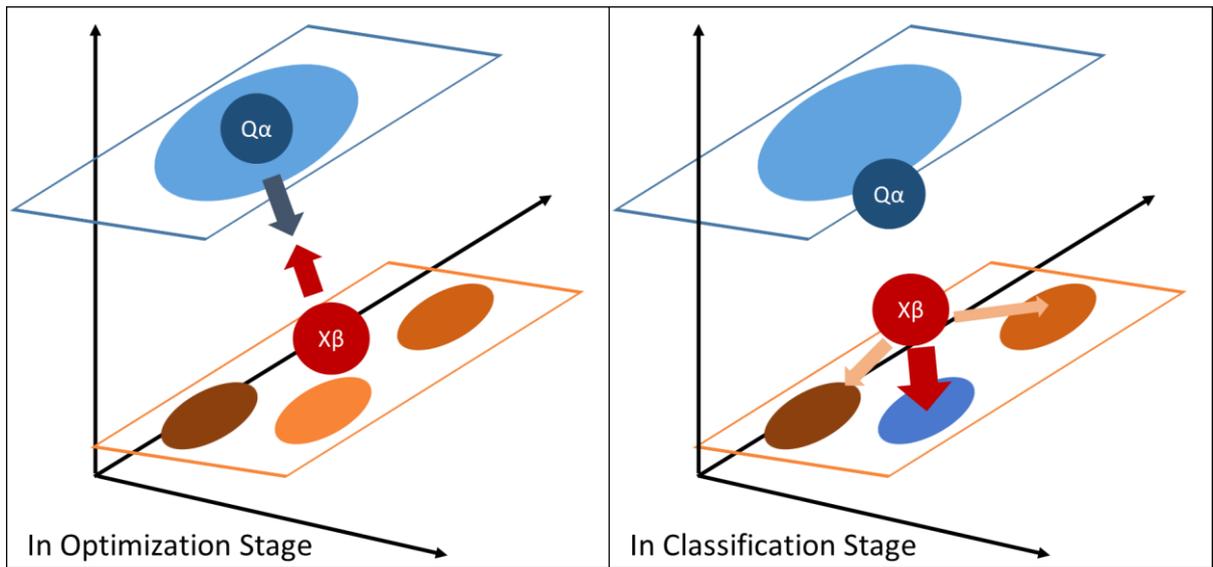


図 3 特徴抽出

3.4 SCMA 法を用いた小動物の識別

マウス画像から抽出した特徴量と、あらかじめ用意しておいたマウスの訓練用画像から抽出した特徴量を用いて識別を行う。SCMA 法[2]は、未知のテストデータを複数の既知のクラスのいずれかに分類する手法である。既知のクラスは、そのクラスに属する 1 枚以上の訓練用画像の特徴量集合として与えられる。テストデータも、テスト画像の特徴量として与えられるが、複数のテスト画像の特徴量を 1 組として、組を一括して既知のクラスに分類することができる。SCMA 法は、テストデータの代表点を既知のクラス全ての訓練用画像で近似する最適化段階と、この近似に最も貢献したクラスを選択する分類段階の 2 段階からなる。図 4 に SCMA 法のイメージ図を示す。図 4 の $Q\alpha$ と $X\beta$ は、それぞれテスト画像の代表点と訓練用画像の近似点である。SCMA 法は訓練用画像が少ない場合においても正解率が高いため、本研究では、SCMA 法を画像分類に用いて追跡を行う。

本研究では、テストデータであるマウス画像を、訓練用画像として与えたマウスのクラスのいずれかに分類しどのマウスか識別するために SCMA 法を用いる。訓練用画像は複数枚与えることができ、複数枚にすることで識別率を向上させることができる。



(a) 最適化段階

(b) 分類段階

図 4 SCMA 法のイメージ図

出典：[2]より引用

3.5 識別結果を用いた追跡

マウス画像の切り出しの際に取得した座標データと、SCMA法を用いて判定した識別結果を用いて小動物の追跡を行う。 n 匹のマウスの追跡では、 n 枚のマウス画像が切り出され、 n 種類に識別された場合は識別結果を追跡結果として出力する。切り出された画像が n 枚未満の場合(図5(a))や、 n 枚のマウス画像が n 種類未満(図5(b))に識別された場合は、前のフレームの識別結果と重心座標を用いて、追跡結果を位置合わせする。前のフレームのマウスの重心座標と、位置合わせするフレームのマウスの重心座標の二点間の距離を求め、座標が近いものを追跡結果とする。



(a) 切り出し画像が2枚未満



(b) 識別した結果が2匹未満

図5 位置合わせをする場合の例

4. 小動物追跡実験

4.1 実験手順

実験用動画は、模様のない白い箱にマウスを入れて撮影したものである。箱の中にはマウスが隠れることができるものはなく、マウス以外は存在しない。さらに、ゲージの中には影ができないようにし、光の反射、映り込みが発生しないようにする。実験用動画として、模様が大きく違う 2 匹のみをゲージに入れた場合（動画 1）、模様がよく似た 2 匹のみをゲージに入れた場合（動画 2）、動画 1,2 のマウスを合わせた 4 匹をゲージに入れた場合（動画 3）で実験を行った。動画サイズはすべて 1280×720 となっている。マウス 1 匹のサイズは小さいもので 100×80 ほど、大きいもので 200×200 ほどとなっている。追跡画像の例を図 6 に示す。これらの実験用画像は、本学農学部 坂本講師より提供頂いた。

訓練用画像は、元の動画から人手で取得し、1 匹につき 4 枚の向きが異なるマウス画像を用意した。動画 1 の訓練用画像を図 7 に、動画 2 の訓練用画像を図 8 に示す。動画 3 では、訓練用画像として図 7,8 のマウス A からマウス D の 4 匹の画像を用いる。

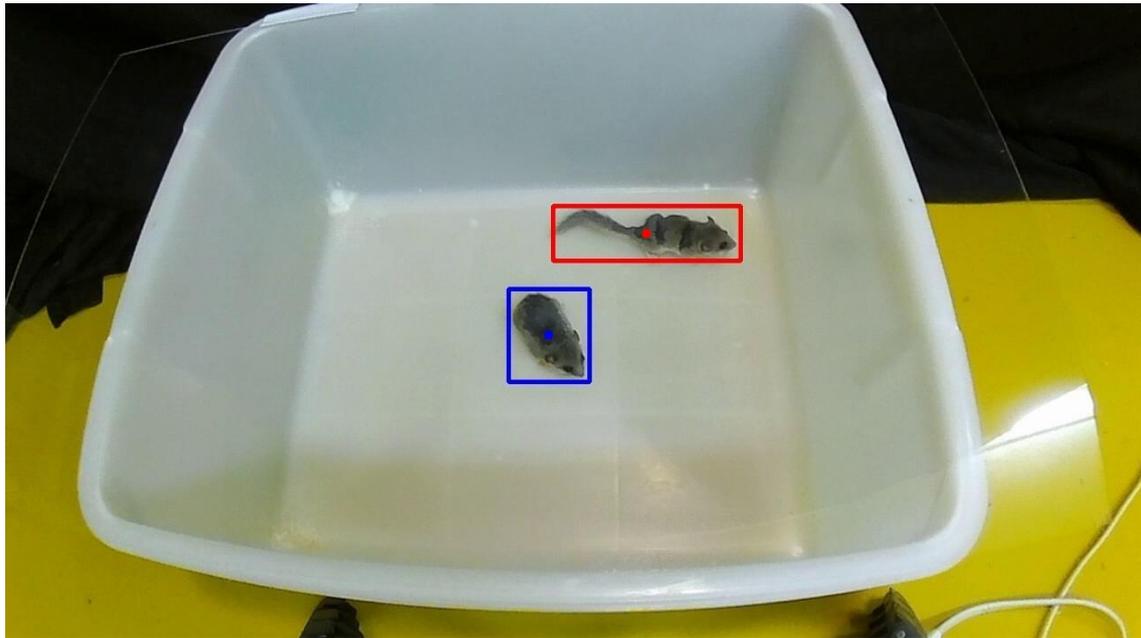


図 6 追跡画像の例

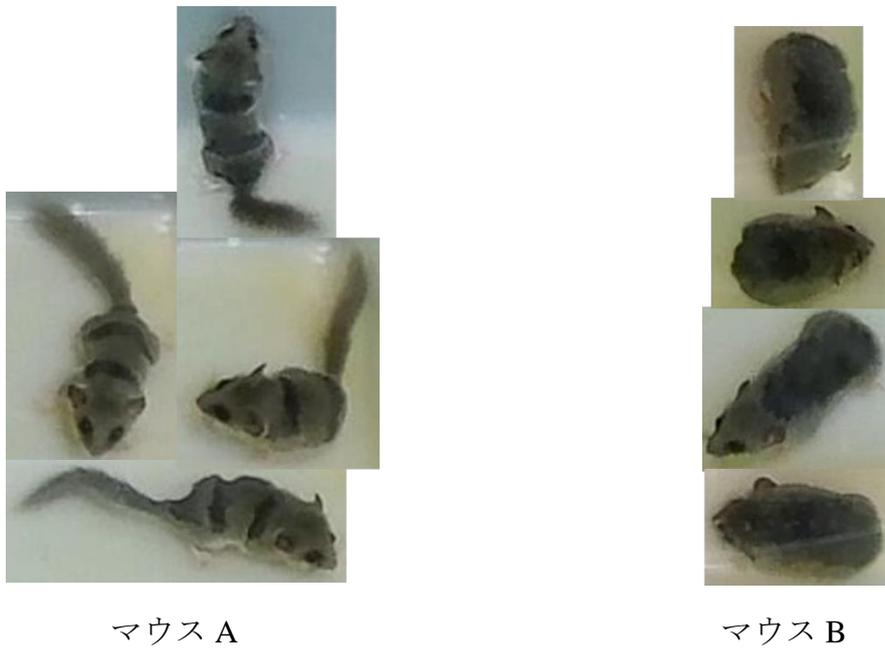


図 7 動画 1 の訓練用画像 (4 枚)



マウス C



マウス D

図 8 動画 2 の訓練用画像 (4 枚)

4.2 マウス画像の切り出し評価実験

マウス画像の切り出しプログラムによって切り出された画像が、マウスを映しているかを評価する。実験に使用した画像では、切り出せなかったマウスが極少数であったため、適合率は考えないこととする。

再現率の評価には、Jaccard 係数を用いる。Jaccard 係数は、集合 X と集合 Y に対して、

$$\frac{|X \cap Y|}{|X \cup Y|}$$

で求まる。集合 X を切り出しプログラムにより切り出されたマウス画像の左上と右下の座標、集合 Y を人手で取得した左上と右下の座標として、Jaccard 係数を求める。Jaccard 係数は 1 に近づくほど X と Y は似ていると言える。本実験では、Jaccard 係数が 0.5 以上のものを再現できたとみなす。再現率は

$$\frac{\text{再現できたマウスの画像枚数}}{\text{人手で切り出した正解の画像の枚数}}$$

で求める。

評価実験には動画 1 を使用し、マウス A の画像を 1,073 枚、マウス B の画像を 1,076 枚取得し、再現率を評価する。切り出す外接矩形の面積の範囲

は 3,000 から 25,000 とした。マウス A とマウス B それぞれの再現率を表 1 に示す。

マウス A は高い再現率となった。マウス B の再現率が低い原因として、マウス B はマウス A よりも身体が小さく、切り出し画像にマウス A とマウス B が両方写っていた場合に、マウス B の体の大きさに比べて切り出し画像が大きいことが多かったことが挙げられる。しかし、再現できていないと評価された切り出し画像に関しても、マウスが写らなかったわけではなく、マウスの大きさよりも切り出し画像が大きくなってしまったものであったため、切り出しの結果をもとに識別・追跡を行う。

表 1 切り出しプログラムの再現率

マウス	再現率
A	94.5%
B	78.7%

4.3 SCMA 法による識別の評価実験

SCMA 法を用いたマウスの識別率を評価する。本実験では、動画 1 と動画 2 を用いる。マウスが隣り合っている画像や、重なり合っている画像を除き、マウス 1 匹のみが切り出されている画像を用いて SCMA 法による識別の評価を行う。動画 1 のマウス A とマウス B は 820 枚ずつ、動画 2 のマウス C とマウス D は 52 枚ずつ用意し、識別を行った。訓練用画像を 1 匹につき 1 枚から 4 枚まで変えながら実験を行う。訓練用画像が 4 枚未満の場合は、4 枚の中から訓練用画像を選び、全ての訓練用画像の組み合わせを用いて識別した上で、平均をとって識別率を計算する。動画 1 ではマウス A とマウス B の訓練用画像を与え、動画 2 ではマウス C とマウス D の訓練用画像を与える。実験結果を表 2 に示す。

動画 1 のマウス A とマウス B は模様の区別がつきやすく、識別率は高くなっている。一方、動画 2 のマウス C とマウス D は模様の区別が難しく、体勢によって模様が見えないことも多い。したがって識別率が低くなっている。また、訓練用画像枚数は多くなるにつれ識別率が高くなることがわかった。マウス C とマウス D は同じフレームから訓練用画像を取得したが、マウス D は他のマウスに比べて、それぞれの訓練用画像による識別率のばらつきが大きくなった。そのため、訓練用画像を 4 枚にした場合、3 枚以下の場合と比べて識別率が下がったと考えられる。

表 2 SCMA 法を用いた動画 1 と動画 2 のマウスの識別率

	1 枚	2 枚	3 枚	4 枚
マウス A	64.5%	78.5%	86.8%	86.6%
マウス B	98.4%	98.4%	99.4%	99.6%
マウス C	53.2%	62.0%	68.5%	74.1%
マウス D	63.9%	61.1%	61.1%	59.3%

4.4 2匹のマウスの追跡実験

2匹のマウスが映っている動画1と動画2を用いて追跡実験を行う。評価には、マウスの重心の座標を用いる。人手で決めた正解の座標と、追跡結果の切り出し画像の重心の座標との距離を比較する。この距離の平均値を求め、定量評価とした。また、追跡処理は動画1では500フレームから20000フレームまでの全フレーム、動画2では7100フレームから19000フレームまでの全フレームに対して適用し、定量評価は100フレーム毎に行った。

動画1のマウスAと動画2のマウスCの追跡結果を図9,10に示す。図の縦軸は重心誤差を示し、横軸は処理を行うフレームを示している。定量評価の結果を表3に示す。また、位置合わせをする前の段階で、2匹の識別が正しいフレーム数と、2匹の識別ができなかったフレーム数、さらに重なり合いや隣り合いにより切り出し画像が1枚のフレーム数を表4に示す。

動画1の方が、模様の区別が付きやすいためよい結果が得られた。一方のマウスが急な動きや模様が見えにくい体勢をとっていた場合など、うまく識別できなかった場合があったものの、もう一方のマウスを同時に識別することで、位置情報を用いて修正ができた。しかし、マウスが重なり合ったり、隣り合ったりしている場合、切り出した画像は追跡対象よりも大きくなるため、重心位置がずれ、誤差が生じた。また、4.3節と表4から分かるように、動画2ではマウスCとマウスDの識別が難しく、マウスCとマウス

D の識別に失敗し、逆に識別したまま位置合わせを行ってしまうことがあり、誤差が生じてしまった。

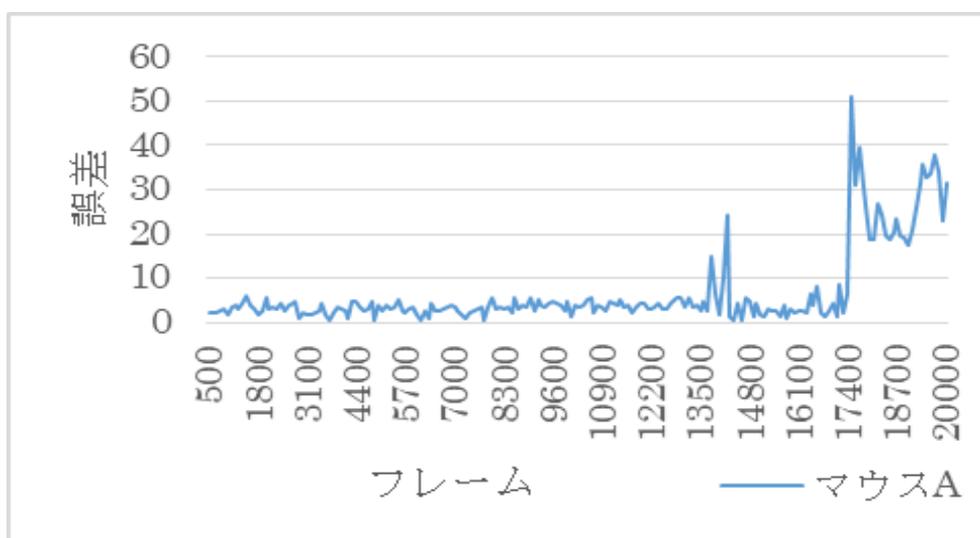


図 9 動画 1 のマウス A の追跡誤差

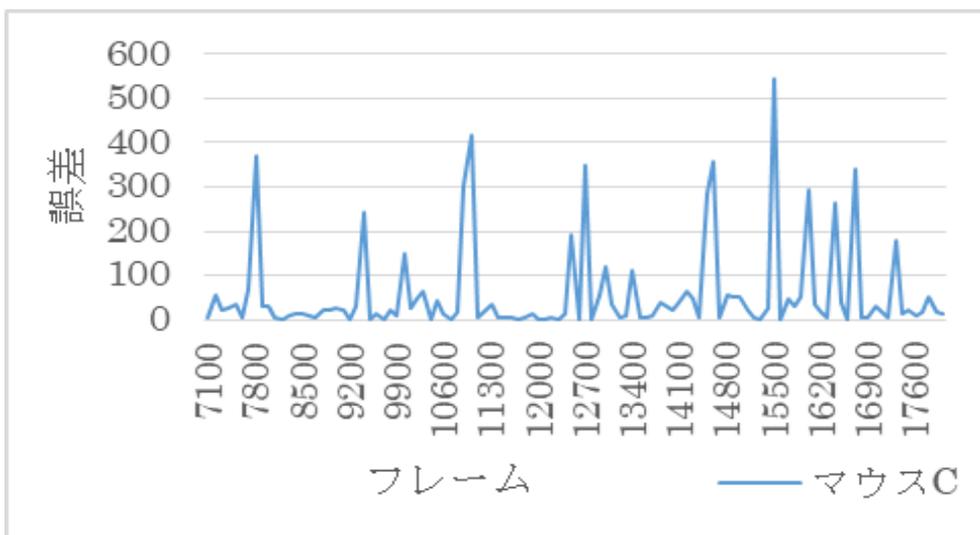


図 10 動画 2 のマウス C の追跡誤差

表 3 訓練用画像 4 枚での定量評価

マウス	平均誤差
A	6.7
B	4.3
C	57.6
D	67.4

表 4 位置合わせをする前の識別結果

	2匹の識別に成功	2匹の識別に失敗	切り出し画像1枚
動画1	170	1	24
動画2	21	33	65

4.5 従来研究との比較

比較のために、2.2 節で挙げた従来研究[1]に記載されている定量評価の結果を表 5 に示す。ただし、表 5 は x 座標のみの誤差を評価したもので、重心誤差はこれより大きくなる可能性がある。

2 匹のマウスの追跡に関しては、提案手法が従来手法に比べ、動画 1 では良い結果を示している。しかし、動画 2 では 2 匹の識別が難しく、従来手法と同程度の誤差となった。

表 5 従来手法[1]での x 座標での定量評価

マウス	平均誤差
A	50.6
C	55.1

4.6 4匹のマウスの追跡実験

4匹のマウスが写った動画3を用いて識別、追跡実験を行う。4匹が重なり合うことなく、4匹とも切り出すことができた27,100フレーム目を開始フレームとし、300フレーム分について実験を行った。処理は全フレームに対して行い、10フレーム毎に正解を人手で付与して定量評価を行った。マウスAの追跡結果を図11に示す。定量評価の結果を表6に示す。また、位置合わせをする前の段階で、4匹の識別が正しいフレーム数と、4匹の識別ができなかったフレーム数、さらに重なり合いや隣り合いにより切り出し画像が4枚未満のフレーム数を表7に示す。

マウス4匹の場合は、表7から分かるように、重なり合いが起こっているフレームが多い。さらに、2匹の場合とは違い、重なり合いが起こった場合にどのマウスが重なっているか判断するのが難しい。また、SCMA法では重なり合いが起こっていない場合でも、4匹それぞれを識別することが難しく、識別結果と位置情報を正しく一致させることに失敗した。間違った位置情報を用いてその後も位置合わせをしてしまうため、4匹を正しく識別できるまで追跡対象を間違えたまま追跡していた。

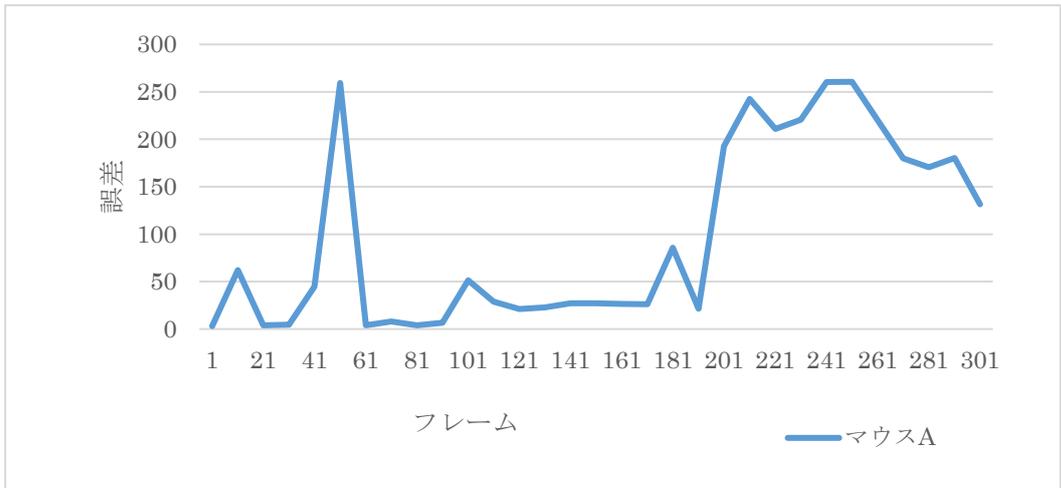


図 11 マウス A の追跡結果

表 6 マウス 4 匹の場合の定量評価

マウス	平均誤差
A	176.5
B	67.5
C	69.6
D	185.2

表 7 位置合わせをする前の識別結果 (動画 3)

	4 匹の識別に成功	4 匹の識別に失敗	切り出し画像 4 枚未満
動画 3	1	8	28

5. おわりに

本研究では、SCMA 法による画像分類結果と位置合わせを用いることで、小動物の追跡を行う手法を提案した。定量評価より、2 匹の区別が容易な動画に対しては、提案手法が有用であることを示した。しかし、2 匹の区別が困難な動画や、4 匹のマウスの動画の場合、提案手法では識別精度が低く、重なり合いが起こったマウスがどのマウスなのか判別が難しいということが分かった。

今後の課題として、切り出された画像の大きさや、訓練用画像にマウスの重なり合った画像を追加することにより、切り出し画像が 1 匹だけのものか 2 匹以上重なり合っているものかを判別することが挙げられる。

謝辞

最後に、本研究を行うにあたりご指導いただいた椋木雅之教授に感謝いたします。また、本研究のきっかけを与えてくださり、実験用動画提供をしていただいた坂本講師に感謝いたします。SCMA 法を用いた実験に協力をしていただいた椋木研究室の荻原弘樹さんに感謝いたします。日常の議論を通じて多くの知識や示唆をいただいた椋木研究室の皆様や情報システム工学科の友人たちにお礼申し上げます。本研究は、科研費基盤 (C) 17K00240 の助成を受けて行いました。

参考文献

- [1]岡崎浩佑, 阿山駿希, 椋木雅之:尤度計算に AKAZE 特徴量を利用したパーティクルフィルタによる小動物追跡,平成 29 年度電気・情報関係学会九州支部連合大会,(2017).
- [2]荻原弘樹, 椋木雅之:スパース最適化を用いた Collaborative Mean Attraction 法による画像分類の特性調査,平成 29 年度電気・情報関係学会九州支部連合大会,(2017).
- [3]Y.Jia, E.Shelhamer, J.Donahue, et.al.: Caffe: Convolutional Architecture for Fast Feature Embedding, MM '14 Proc. ACM on Multimedia pp.675-678,(2014).
- [4]L.Fei-Fei:ImageNet:crowdsourcing, benchmarking and other cool things, CMU VASC Seminar, (2010).
- [5]http://dl.caffe.berkeleyvision.org/bvlc_reference_caffenet.caffemodel