令和 5 年度（2023 年度）

ヒグマ個体識別手法等検討検証事業報告書

ヘアトラップに代わるヒグマ個体識別手法の検討

～カメラトラップによる生息密度推定の実現に向けて～

令和 6 年 2 月

北海道

目次

1.はじめに‥‥‥

1. はじめに

本プロジェクトは、令和 4 年度(2022 年度)ヒグマ個体識別手法等検討検証事業にて北海道が開発した個体識別システムを活用し、更なる効率化や精度の向上を行う。又、システムが効果的に働く撮影方法も検討し、カメラトラップの実現に向けた手法を構築する。

[現状課題確あ認と事前分析]

北海道で実施されたヘア・トラップ調査時の動画の他、本事業のメンバーである佐藤教授（酪農学園大学）や、事業に御協力いただいた羅臼町などから入手した動画などを事前に検証し、現状課題と対応方針を明確化してプロジェクトを実施した。

課題分類	内容
データ課題	・令和 4 年度モジュールの判定に必要な鮮明な顔画像自体が少ない ・対象個体までの距離が近すぎる為、局部画像になっている ・鉄条網などの他の物体とヒグマ個体が重なっている ・距離が遠すぎており特徴抽出が難しい
技術的課題	・実行速度が遅い（100 本以上の動画の場合、前処理だけでも数日必要） ・画像セットなどの手作業部分があり操作ミスがおきやすい ・顔画像での特徴抽出になっているがデータ入手が難しい ・機械判断の精度が悪い場合、元動画か再検証になる（効率が悪い）

図 1.動画分析結果の課題

対応分類	内容
撮影方法	判断に適した画像を入手する為の、具体的な撮影アングルやカメラ設置方法を検討する
技術的強化	・システム全体の効率化（手作業部分の低減） ・顔以外の画像による個体識別方法の検討（アルゴリズムの向上） ・人的意思決定支援機能の実装

図 2.対応方針

対応方針に基づき下記プロジェクトチームを組織化､それぞれのチームで検討･開発を行った。

・アルゴリズム開発（アルゴリズム高度化・効率化）
・システム開発（アプリケーション化による効率化と意思決定支援）
・効果的なカメラトラップ実現に向けた設置方法の検証（フィールド検証）

アルゴリズム開発やシステム開発の効果を測定する検証動画は、事前検証動画からノイズが少なく他物体との干渉が少ない動画から、47 ファイル(2.6GB)・10 地点・10 個体分を抽出した。

２.アルゴリズム開発

本プロジェクトを進めるにあたって、本プロジェクトと主な目的が一致している動物の個体識別の事例を調査した。Lahiri ら[1]は野生のシマウマの縞模様を 2 値化し、代数的手法に基づく Eigenface と差分画像特徴のマルチスケールヒストグラムのマッチングによって個体識別を行った。これらの個体が持つ肌の模様を特徴とした判定はいくつか例があり、Burghardt らが実施したケープペンギンの個体識別[2]や Kittle らが実施したスリランカヒョウの個体識別[3]などがある。身近な個体識別の例であり、研究が進んでいる分野に人物認識がある。この手法は顔のキーとなるパーツ（目、鼻先など）の座標から顔の特徴を学習し、識別を行う。これらの識別に使う学習モデルは Amazon Recognition[4] などの多くのクラウドサービスなどでも利用することができ、商用利用も進んでいる。今回の対象であるヒグマはツキノワグマのような特徴的な模様を持つ個体ではないため、毛や肌といった特徴を使った個体識別は困難だと考える。そこで人物認識と同じアルゴリズムを動物に使った事例の調査を行った。

[学習モデルの選定]

2022 年に機械学習モデルの精度を競い合う web サイトの一つである kaggle[5]にて、”Happywhale – Whale and Dolphin Identification[6]”というクジラやイルカの個体識別の精度を競いあうコンペティションが行われた。こちらのコンペティションの結果は、日本の AI ベンチャー企業である株式会社 Preferred Networks[7]のチームが優勝した。こちらのコンペティションの優勝した解法、その他の上位解法の大半が ArcFace[8]という人物認識に使われている学習モデルをクジラやイルカの画像で再学習した学習モデルを使用していた。本プロジェクトでは、こちらの ArcFace をヒグマの画像に適用し、個体識別を試みることに決定した。

[ArcFace]

ArcFace とは、Jiankang らによって提案されたメトリックラーニングを用いた人物認識の学習モデルである。メトリックラーニングとは、同じカテゴリの画像間の距離（metric）に基づいてクラスが分離するように計算する手法である。この手法の特徴として、少ないサンプル数のクラス分離が行える他、新規のクラスを既存のクラスとの距離に応じて発見することができる点にある。今回のヒグマの例で言えば、学習に使用するために集めたヒグマ以外にも新種の個体が今後設置されるカメラに映る可能性があるため、新規のクラスを発見できることは非常に大きなメリットと言える。

こちらの学習モデルを使用するにあたって、まずは比較的容易なオープンデータセットを用いて実装に不備がないかどうかの確認を行う。cifar10[9]と呼ばれている画像分類タスクにてベンチマークによく使用されるデータを使用した。このデータセットは、”象，飛行機，猫” といった様々な種類のクラスが 10 クラスあり、画像枚数は 5 万枚ほどである。このデータセットを ArcFace で学習した結果を 2 次元に可視化したグラフを以下に示す。散布図の色がそれぞれのク

ラスを示しており、それぞれの画像データがクラスごとに密集している様子がわかる。これまでの手法をヒグマの画像に適用し、精度の検証を行う。

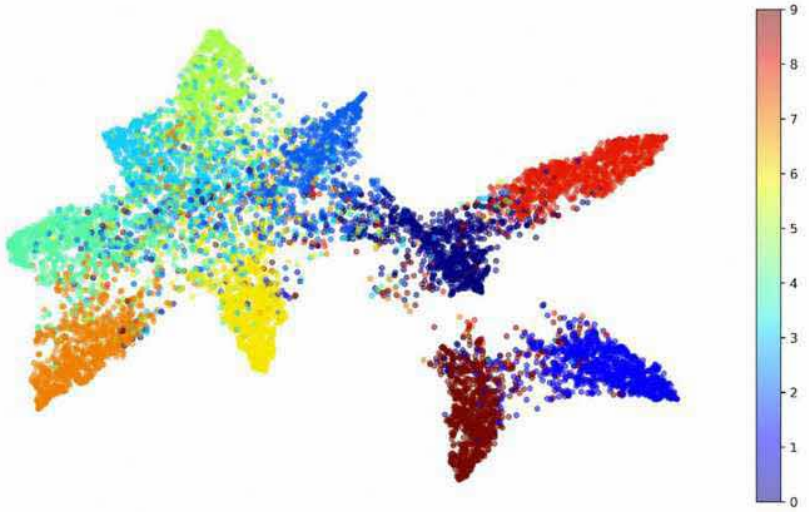

図 1 cifar10 を ArcFace で学習した結果

[ヒグマの個体識別の学習と推論]

・ヒグマ画像の前処理について

入力画像に対応するヒグマの正解個体番号を酪農学園大学の佐藤先生の協力の下、ラベルとして付与した。ヒグマのデータについては撮影環境の制約などから学習に十分な量を収集することが出来なかった。この課題については、現在接近センサとアラートなどで対応を行い、ヒグマの画像を増やす予定である。今回の学習では、機械学習手法で使われるデータオーグメンテーション（画像の水増し）手法を用いて学習に必要な画像枚数を確保する。主な手法はアフィン変換、グレイスケール、水平方向に対する反転、カラージッターと呼ばれる手法を用いた。ヒグマの画像が目視で確認したときに大きく崩れることのない程度変換出来るようにパラメータを設定し、学習に対する 1 エポックごとに乱数を用いて各前処理手法を適用するかどうかを決定した。

・学習のフロー

ヒグマの画像と個体識別ラベルを使用し、特徴量抽出を行う。特徴量抽出には ArcFace を使用したニューラルネットワークを使用し、それぞれの個体ごとの特徴量が分散されるような 512 次元の特徴量群が出力できるように学習を行う。学習に使うモデルは学習分類タスクで高精度を達成している EfficientNet と ResNet を使い、これらのモデルと ArcFace を用いて特徴量抽出モデルを作成する。また、出力した特徴量は人間が目視で確認できるように特徴量圧縮手法である UMAP を使用して 2 次元に描画する。

図 2 学習のフロー

・検索のフロー

検索対象となる画像を 2. で学習させた特徴量抽出モデルを使い、512 次元の特徴量を出力する。その特徴量が学習に使用したどの個体の特徴量に似ているのかを判定し、似た特徴が多い個体識別ラベルを推論結果とする。特徴量の近似を求める手法として、k 近傍法アルゴリズム（k-NN）を使用した。また、学習に使用していない個体が推論対象になった場合、それぞれの個体の特徴量距離が遠くなる性質を利用し、特徴量距離に一定のしきい値を設け、しきい値を超えた場合（＝学習に使用した画像の特徴と大きく離れている）にその推論対象を”新個体”として判定を行う。

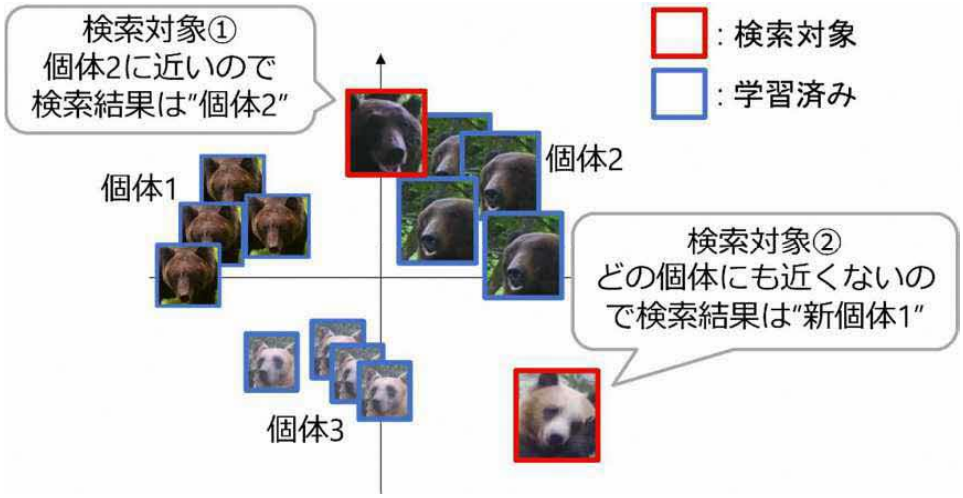

図 3 検索のフロー

[昨年度からの改良点]

昨年度に開発したヒグマ個体識別モデルは、ヒグマの顔画像を学習に使用した。顔に着目した

理由は 2 つある。第一に、顔はヒグマの個体識別における個々の差（特徴量の差異）が顕著に分かる部位であるためである。現在、社会実装が進んでいる人物認識技術も、一般的に顔の特徴(ランドマーク)で識別を行っている。第二に、背景画像の影響を最小限に留めるために顔のみを対象としたが、これによって全身に存在する特徴量の一部を失うこととなる。特に、身体の体毛の模様などは個体識別における重要な判断基準の一つとなり得る。そこで今年度は背景除去を行った上でヒグマの全身画像を使用した判別モデルの作成に取り組む。

はじめに、ヒグマの個体識別における背景の有無が精度に与える影響を検証した。この検証を行うためには、設置したカメラで撮影された膨大な数の映像からヒグマが映っている動画を目視で確認する必要がある。さらに、ヒグマ以外の背景部分を切り取るという作業が必要になる。これらの作業は毎年繰り返す必要があり、大きな時間的コストを要する。そのため、これら 2 つの作業を自動化するモジュールを開発した。

[videoBearDetector の開発]

「videoBearDetector」は、動画ファイルが保存されたフォルダ内の映像から、ヒグマが含まれている動画のみを自動で抽出し、ヒグマが含まれる動画とヒグマが含まれない動画を分類する機能を持つ。このヒグマ検出機能には「YOLOv8[10]」というモデルを使用している。この実装により、山や森などに設置されたトレイルカメラが捉えた映像を、人の手を借りずにヒグマの映像の有無を確認できるようになる。使用しているライブラリの都合により、このモジュールはオープンソースとして公開している[11]。

図 4 videoBearDetector の概要図

[trimBearImage の開発]

「trimBearImage」は、ヒグマが映された動画ファイルが保存されているフォルダから、ヒグマ以外の背景を除去してヒグマのみの画像を切り取る機能を持つ。背景除去には「YOLOv8」を使用した。動画から画像への変換頻度は、デフォルトで 1 秒間に 2 枚の画像を生成するように設定した。この設定はパラメータ化されており、ヒグマの動きの活発さなどに応じて調整が可能である。使用しているライブラリの都合により、このモジュールはオープンソースとして公開している[11]。

図 5 trimBearImage の概要図

[背景有無による精度評価]

ヒグマの個体識別において背景情報が精度にどれほど影響を与えるかの検証を行った。この検証を行うために、背景があるヒグマ画像と背景がないヒグマ画像の 2 つのデータセットを作成した。このデータセット作成には、上記で示したモジュールを使用した。

学習には前年度の学習モデル精度の評価が高かったバックボーンに EfficientNet-B7 を使用した ArcFace を使用した。また、その結果の識別度合いを目視で確認するため、UMAP を使用して 2 次元に描画を行った。

図 6 は、背景あり画像を ArcFace で学習した結果を 2 次元空間に描画した図である。色とラベルがついている点がそれぞれの個体を示しており、5 個体の識別を行った。結果は、それぞれの個体がクラスタごとに分かれている様子が確認できた。また、テストデータに対する正答率は 100%であった。懸念点としてあげられることとしては、ヒグマが後ろ向きになっている画像などに対しても正しく判定していることもあり、ヒグマではなく背景画像を学習してしまっている懸念があった。

上記の懸念を取り除くために、ヒグマの背景除去による精度評価も同様に実施した。図 7 は、背景なし画像を ArcFace で学習した結果を 2 次元空間に描画した図である。こちらは先程の実験同様に 5 個体による識別を行った。結果として、それぞれの個体がクラスタを形成していることが確認できたが、複数の個体が一つのクラスタを形成している箇所も確認できる。混合クラスに含まれる画像の例として、後ろ姿が映されている画像が比較的多く存在した。正答率としては、94.59%と高い数値を示していた。今回の検証からヒグマの背景除去によって、ヒグマ固有の特徴量による分類が行えたと考えられる。

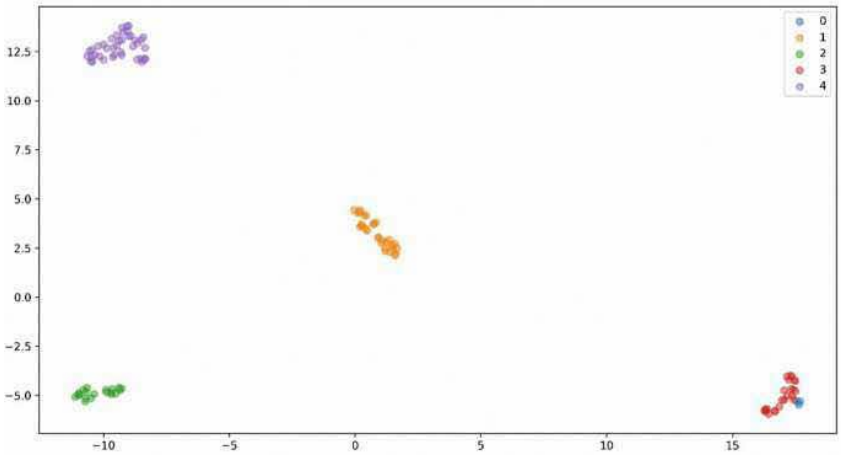

図 6 ヒグマの背景あり画像を ArcFace で学習した結果

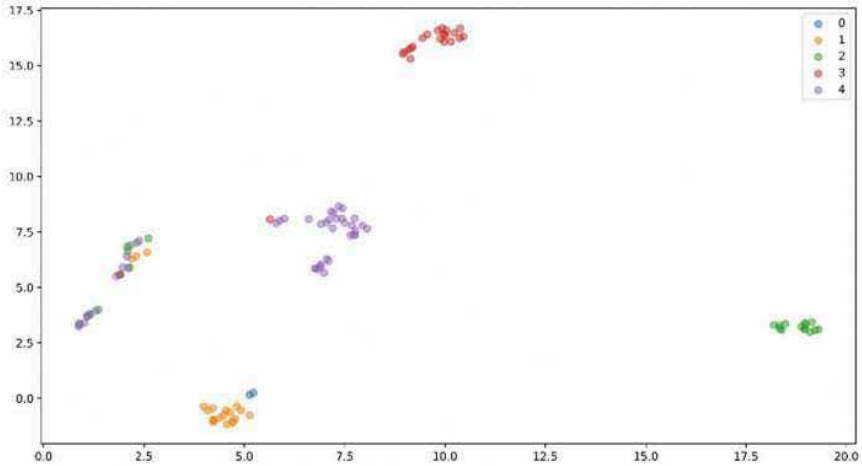

図 7 5 個体の背景なしヒグマ画像を ArcFace で学習した結果

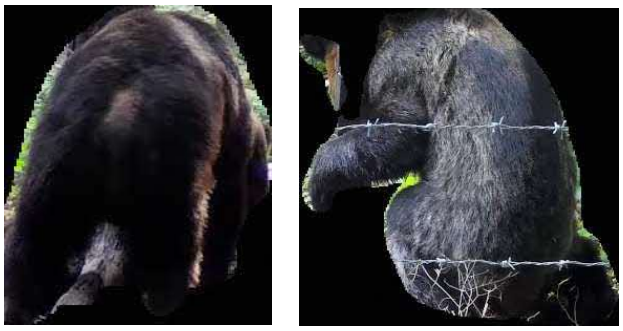

図 8 混合クラスタに含まれる不正解画像の例

[背景なし画像を用いた 10 個体による分類]

次に、5 個体から 10 個体に個体数を増やした場合の変化を確認する。図 9 は、10 個体の背景なし画像を ArcFace で学習した結果を 2 次元空間に描画した図である。結果から、5 個体と同様にまとまったクラスタと混合クラスタが存在した。正答率は 99.34%と高い数値であった。今回使用した ArcFace のような特徴間距離を学習に使用しているため、クラスの増加による精度の悪化は確認されなかった。以上の結果から、本システムで採用しているアルゴリズムがヒグマの個体識別に有効であることを確認した。以上の結果から、精度向上に向けた背景除去の検証を行った結果、全身画像を使用したヒグマの個体判別が可能になった。

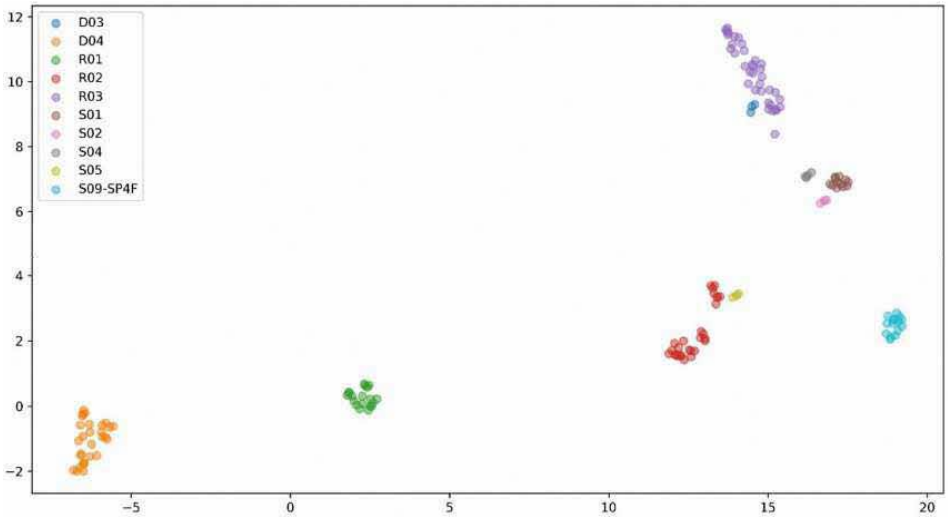

図 9 10 個体の背景なしヒグマ画像を ArcFace で学習した結果

[1] Lahiri, Mayank, et al. "Biometric animal databases from field photographs: identification of individual zebra in the wild." Proceedings of the 1st ACM international conference on multimedia retrieval. 2011.

[2] Burghardt, Tilo, et al. "Automated visual recognition of individual african penguins." Fifth International Penguin Conference. 2004.

[3] Kittle, Andrew M., Anjali C. Watson, and T. Saminda P. Fernando. "The ecology and behaviour of a protected area Sri Lankan leopard (Panthera pardus kotiya) population." Tropical Ecology 58.1 (2017): 71-86.

[4] Amazon, Amazon Rekognition, https://aws.amazon.com/jp/rekognition/, (参照: 2023/02/03)

[5] Kaggle, Kaggle, https://www.kaggle.com/, (参照: 2023/02/03)

[6] Kaggle, Happywhale – Whale and Dolphin Identification, https://www.kaggle.com/c/happy-whale-and-dolphin, (参照: 2023/02/03)

[7] Preferred Networks, 株式会社 Preferred Networks, https://www.preferred.jp/ja/, (参照:

2023/02/03）
[8] Deng, Jiankang, et al. "Arcface: Additive angular margin loss for deep face recognition." Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2019.
[9] cifar-10, The CIFAR-10 dataset, https://www.cs.toronto.edu/~kriz/cifar.html, （参照: 2023/02/03）
[10] ultralytics, YOLOv8, https://github.com/ultralytics/ultralytics, (参照: 2024/02/09)
[11] tmori9, bear_module, https://github.com/tmori9/bear_module, (参照: 2024/02/09)

３.システム開発

令和４年度のモジュールより精度が向上し、全身画像での判定も可能になったアルゴリズムを用いて効率的に個体識別判断を行うシステム開発を行う。更に、自然環境の影響や撮影アングル不良といった機械判断が低下する場合に備え、目視判断も交えながら複合的に判断できるシステムに発展させる。

[ＵＩ]

AI 分野のモジュールは Linux®と呼ばれる OS で動作する仕組みが大半である。その為、令和 4 年度のモジュールも Linux®OS の基本 UI であるコマンド画面が基本になっている。
こうしたコマンド操作には一定の慣れが必要な事からミスを誘発し効率を阻害する事も予想される為、一般的な Windows ®GUI で動作できる仕組みでアプリケーション化した。合わせて所定位置への画像のコピーといった付帯作業も可能な限り自動化されるよう効率化を行った。

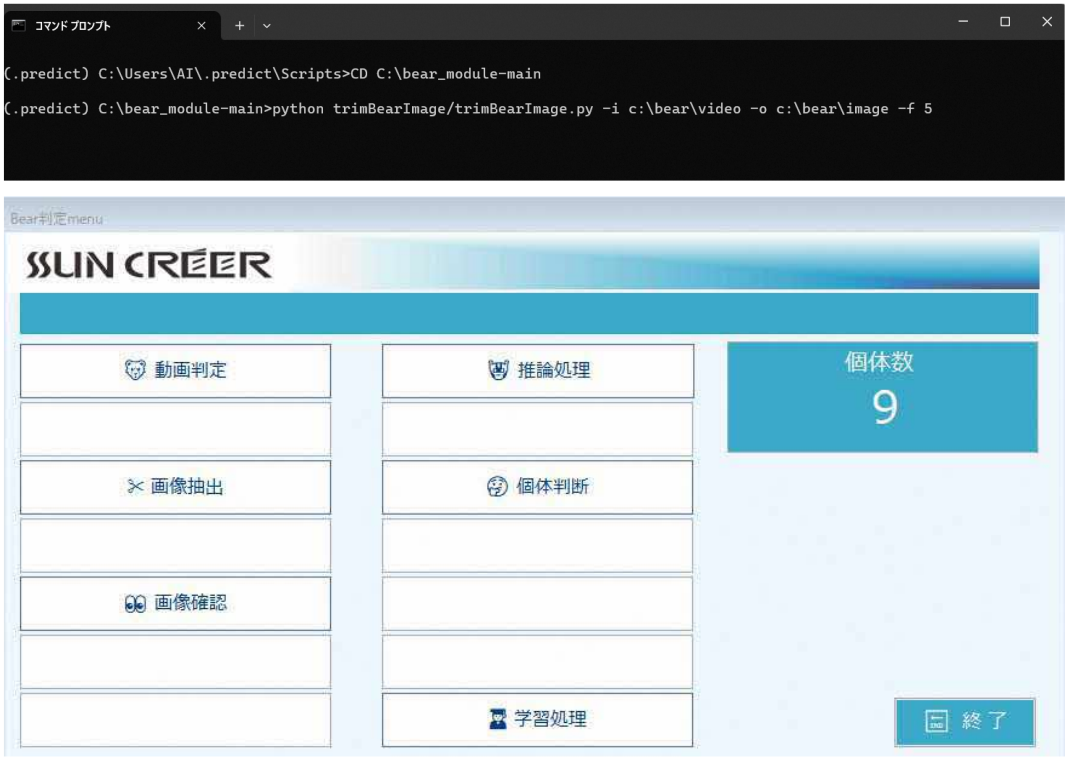

図 1.　上.従来の実行画面例　下.新操作メニュー

[処理フロー]

システムの概要処理フローは以下である

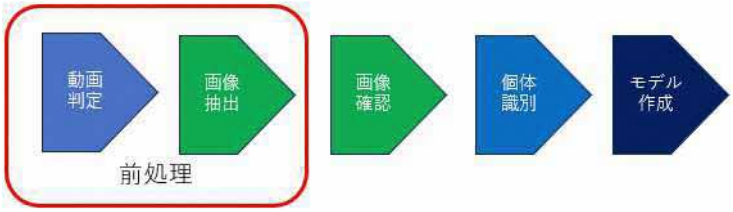

図 2.概要処理フロー

令和４年度モジュールから、青は大幅見直し、緑は新規作成を行った。課題であった事前作業である前処理部分の時間短縮を行う為、元々一つであった動画抽出と画像抽出は分離した。これによりヒグマ動画が撮影されていない動画の解析時間を省くことができ、動画数が多くなるほど画像抽出までのトータル時間が短くなる。

※詳細なフロー・実行手順は、別途資料の“個体識別システムフロー”を参照

[動画判定用アプリケーション]

アルゴリズムチームが開発した VideoBearDetector を用いて、所定フォルダ内にセットされている動画全てを、ヒグマ動画とヒグマ動画以外を自動で選別するアプリケーションを開発した。選別された動画のファイル名は、以下の規則でファイル名を自動変更している。これによりファイル名から撮影日時と位置情報(カメラ ID から)が把握可能になった。

ファイル名＝撮影日_+撮影時間_+カメラ ID_+元ファイル名

・結果例：2023/7/26 16:03 に D04 カメラで撮影
元ファイル名　　：BB030012.MOV
分析後ファイル名：20230726_160354_D4_BB030012.MOV

[画像抽出アプリケーション]

アルゴリズムチームが開発した trimBearImage を用いて、動画からヒグマ画像を自動抽出するアプリケーションを開発した。画像はＡＩ分析用と人的判断用の２種類を抽出する。

・ＡＩ分析用　―　背景を自動除去した画像
・人的判断用　―　背景を除去しない背景も含む画像

人的判断用に背景を除去しない画像も抽出を行う理由は、他の対象物と比較する事により、体長といった個体情報を把握する目的や、子供のヒグマが同時に映りこむケースや局部画像などの誤判定要素の原因を目視にて判断させやすくする為である。

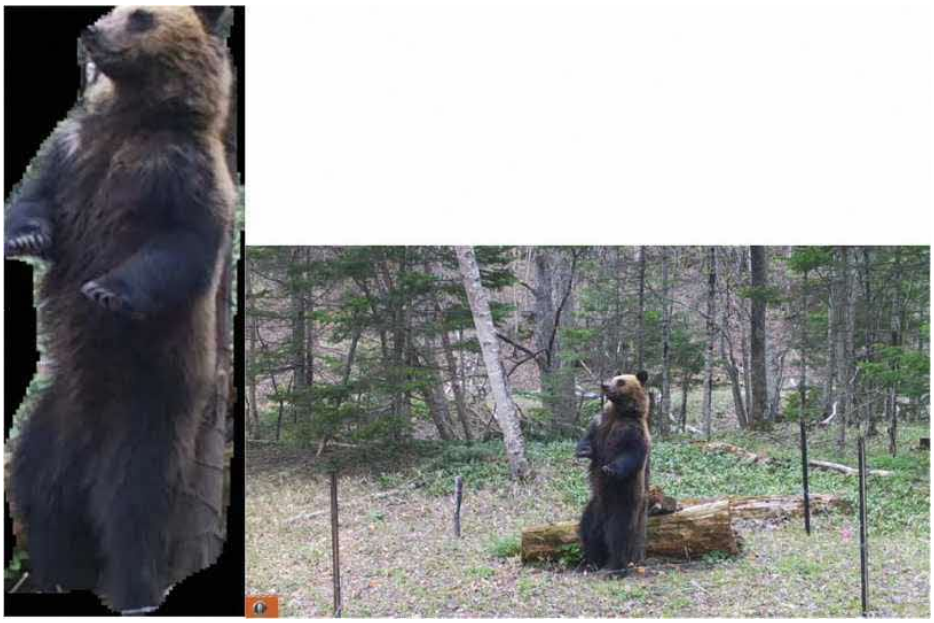

図 3.左.AI 判定用　右.人的判断用

抽出された画像は、出没日時毎のフォルダに自動で整理されるように配慮した。この対応によってカメラ毎・出没日付・時間毎に、ヒグマ出没状況を把握する事も可能になっている。

図 4.分類済画像フォルダ

画像を抽出する際、令和 4 年度のモジュールでは、フルフレームレートで抽出されていたが、同じポーズが大量に抽出されてしまい作業効率が悪化する傾向があった。その課題に対応する為、画像のフレームレートは変更できるように **trimBearImageh** は開発されている。抽出時間と後工程の画像選別効率を重視する場合、1～2FPS で十分な事も予想されるが損失も考慮し 5FPS をデフォルトに設定した。

［人的確認用画像判定アプリケーション］

抽出された画像を用いて人的判断を支援するアプリケーションを開発した。機械判断結果の妥当性確認や、精度が低い場合の人的判断支援を行うために使用する。特徴的な斑紋・部位がある個体などは、目視で個体推定できる場合も考えられる為、機械判断工程を省けるように即座に識別済み個体として登録できる配慮も行った。

図 5.実行操作画面

・画像確認

Windows®エクスプローラー機能によるサムネイル画像表示や、Windows®純正の画像ソフトを用いて画像を確認する機能

・体長確認

まわりの対象物と比較する事により、体長を推測可能な機能(図 6)

・VIEWER 連動

事前に設定した画像ビューワーソフトを実行し確認する機能

※XnView [1]といった、優れた画像処理ソフトウエアと連動する事により、より効果的な画像判断が可能

・代表画像選択

代表的な画像を選択する機能（個体推定時の画面表示に使用）

・個体特定

得られた情報から即座に識別済個体として個体判断画面に遷移する機能

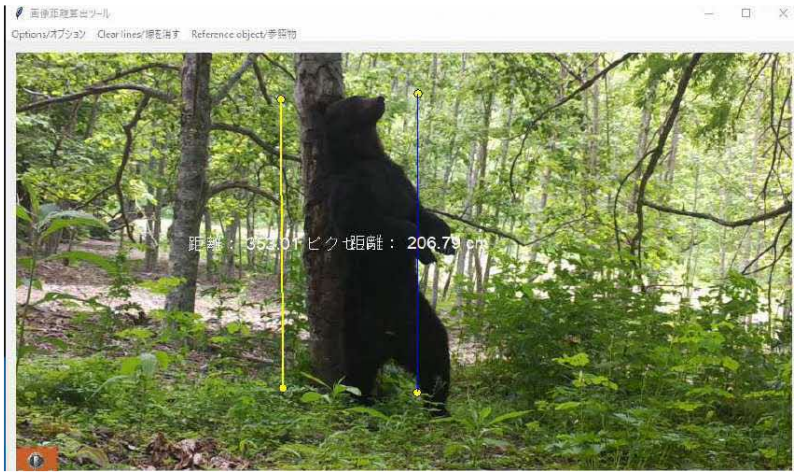

図 6.体長確認モジュール

［推定と個体判断］

抽出された画像を用いて機械判定と効率的な判定を行うため、令和 4 年度モジュールを見直しアプリケーション化した。出没場所の情報(カメラ ID・緯度・経度・MAP)の付加や、近似個

体画像の表示、推定体長・年齢・性別も同時に記録できるようにした。これにより、対象個体と近似個体の体長・年齢・性別といった情報比較も可能にした。判断した結果は個体番号毎・出没時間毎にフォルダを作成し画像をセットしている。

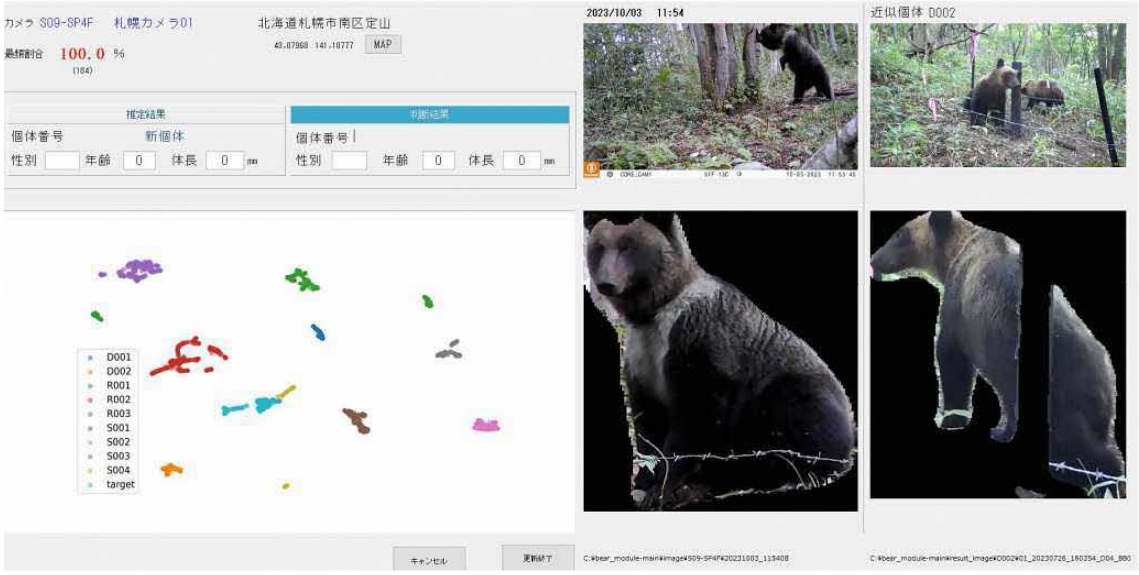

図 7.判定結果画面

・表示内容の詳細

- カメラ情報
  撮影元のカメラＩＤ、カメラ名、緯度・経度(位置情報)
- 最頻割合○○○%
  判定画像１枚毎に１番近い個体を推定し、一番多く推定された個体の全体に締める割合を表示
- 推定結果
  推定個体のＩＤ・名称・性別・年齢・体長を表示
- 判断結果
  最終判断した個体のＩＤ・名称と合わせて推測した性別・年齢・体長を入力
- 散布図(UMAP)
  対象画像と判断済個体画像の特徴を、人間が目視で確認できるように距離を点でプロットした散布図画像上
  全体画像を表示（上部に撮影日時を表示）
- 画像下
  背景除去画像を表示
- 推定個体画像上
  推定結果個体の全体画像
- 推定個体画像下

推定結果個体の背景除去画像

・判断方法例

最頻割合が 80%以上の場合は、推定結果の個体であると予想される。最頻割合が 50%を下回っている場合は、推定個体の確率が低い為、画像確認により得られた情報から複合的に判断する。

［モデル作成］

判断結果の画像を使用し、判定用の辞書(モデル)を作成・強化する処理。対象画像と類似している場合や極端なアングルでの画像の場合は、モデルの精度を悪くする可能性もある為、慎重な選択が必要。アプリケーション化する事により画像セットなどは効率化した。

[システム結果]

アルゴリズムチームが使用した内容と同じ 47 ファイルの動画(2.6GB)にて動作確認を行った。学習モデルに使用する画像の選択は、アルゴリズムチームの情報は入れず操作員の主観で行った。結果は下図の通り個体毎の特徴差がはっきりしており最頻割合 70%～100%の間で有効に判断可能であった。しかし、判断に影響は及ばさなかったが、R002(緑)個体の散布図は、立位・座位・背中といった姿勢違いによるものと思われるバラツキが見られた。この動画は、広角なアングルと滞在時間が長い事から様々な姿勢が撮影されている特徴があった。

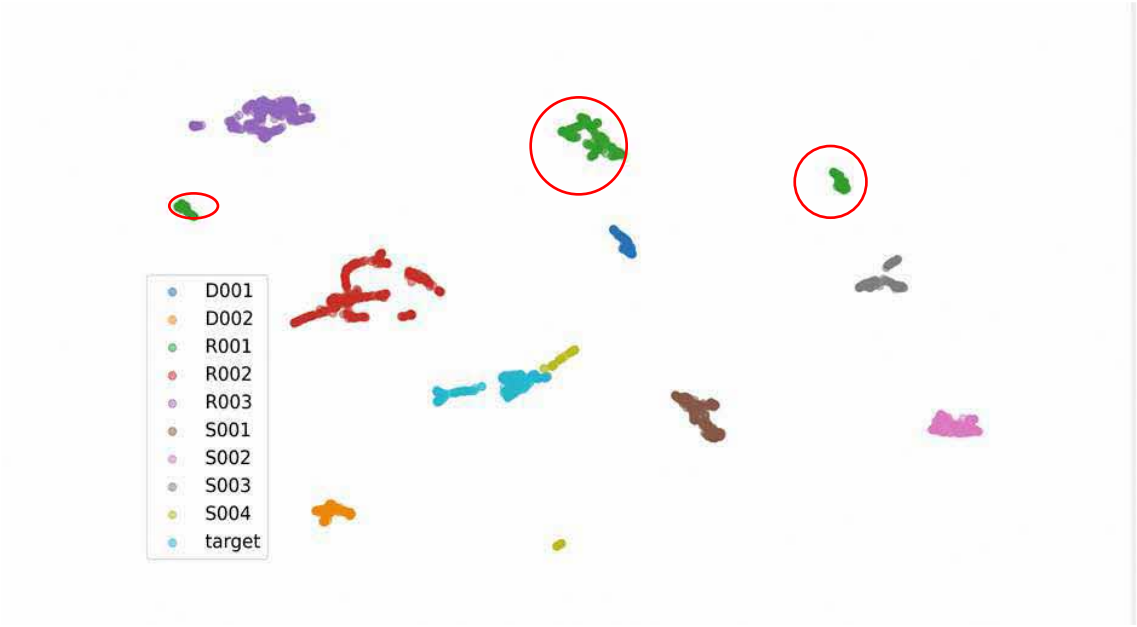

図 8.最終結果（10 個体目の判断状況）※赤丸は R002

[課題と総括]

本システムの開発によって、個体識別を効率的に行うアプリケーション化がされており、特に時間がかかる判定用画像の抽出といった前処理作業は大幅に時短化されている(図 9)。しかし、

本格的な調査では、これより 10 倍程度の動画数から 3 倍以上の個体数を把握する事が必要である。そのような条件で、効果的に本システムを活用するには、システム結果でも見られたデータのバラツキを抑えるため、撮影アングルを均一化する事が望ましい。次項で解説するカメラ設置手法にそった設置が重要になる。又、体長が小さい子供個体は草木の映り込みが多く、特徴も少ないため、撮影及び機械判断両方に課題がある。

対象	処理時間
令和 4 年度	動画判定＆画像抽出時間＝80min 顔画像抽出時間＝240min 前処理時間合計＝310min
令和 5 年度	動画判定時間＝3min 動画抽出時間＝85min 前処理時間合計＝88min

図 9.令和 4 年度モジュールとの前処理時間比較

[展望]

本システムを活用し、判断方法や撮影技法も向上させながらトライアルアンドエラーを行うことにより、課題の克服や精度向上が期待できる。加えて出没位置・出没日時といった情報が、静止画と共に記録できる機能を利用し、一定区間内のヒグマの出現頻度、個体の移動状況といった観測を効率的に行うツールとしての活用も期待できる。

種類	分類方法
動画記録	ヒグマ動画を、カメラ毎・日時毎・ファイル名毎に自動分類
静止画記録 1 地点別出没記録	ヒグマ画像を、カメラ毎・日時毎・ファイル名毎に自動分類 エリア別の時系列出没頻度が把握可能
静止画記録 2 個体別出没記録	ヒグマ画像を、個体毎・日時毎・ファイル名毎に自動分類 個体別の行動パターンが可能

図 10.種類別自動分類機能

参考文献

[1] XnSoft, Image Viewer, https://www.xnview.com/en/, (参照: 2023/02/23)

４.カメラトラップの設置と実現に向けて

[カメラトラップへの誘引]

ヒグマは、森林内に低密度で単独で生活しているため、その姿を撮影するためには、単に無作為にカメラトラップを設置するのではなく、工夫が求められる。また撮影された画像から個体識別を行うためには、比較可能な情報をより多く得られるよう、より鮮明な画像で、かつ共通点の多い姿勢などを撮影することが求められる。そのためには、ヒグマをカメラトラップ前に誘引し、一定時間滞在してもらうことが望ましい。

誘引物を利用して撮影される行動には一定のバイアスがかかることが想定されるが、検出率を上げるためには効果的であり(Preez et al. 2014; Braczkowski et al. 2016)、さらに滞在時間を延ばすことにより、カメラトラップで撮影された情報を基に体サイズや性別、繁殖状態などの情報を得ることも可能である(Higashide et al. 2013; Zheng et al. 2016; Magoun et al. 2011)。特に行動観察ではなく、個体識別を主目的とする調査においては誘引の利用は有効な方法といえる。また北海道においては、誘引に餌を用いることは、森林作業者や一般入林者への安全上の懸念から土地管理者の理解が得られない場合もあるため、森林内にもこれまであった木質防腐剤の匂いによる誘引が推奨される(Sato et al. 2020)。

ヒグマは立木等に背中を擦りつける背擦り行動を行うことが知られており(Green and Mattson 2003; Sato et al. 2014)、この行動を誘引することで、カメラ前での滞在時間を増加させることができる。ただしヒグマが自然に背擦る行動を行う木の分布には偏りがあるため、人口的に木杭を設置し、そこに匂いで誘引することで、背擦りを行わせることができる（Sato et al. 2020)。

[背擦りトラップの活用]

Sato et al.（2020）による木質防腐剤を塗布した杭を利用した方法は以下の通りである。杭は長さ 2m 直径 15cm のカラマツ間伐製の木杭を用いる。手動ドリルなどを用いて地面に直径 10cm の穴を掘り、木杭を立てて、掛矢などで叩き 30cm ほど埋設する。地面を叩き固めヒグマが寄りかかっても倒れない程度の強度とする。木杭上部に環境配慮型クレオソート（クレオソート油 R、吉田製油所製、の効果を確認済み。JIS 認証、家庭用品規制法適合商品）を刷毛等で塗布、または飲料用アルミ缶容器等に小分けにしておいたものから滴下する。その分量はおよそ 50ml 程度である。杭上部に塗布することで、杭上部へのヒグマの関心を寄せ、立ち上がって擦りつける行動を誘発する狙いがある。塗布時に地面にこぼすと、ヒグマの関心が地面に集中するため、できる限りこぼさないように注意する。

杭の設置地点はなるべく平坦で、カメラ方向の足場が安定しており、立ち上がりやすい場所を選ぶと、安定した背擦る行動を行うことができる。また周囲に立木があると、杭ではなく、立木に背擦りしてしまうことがあるため、立木からは数 m 離れた場所を選ぶことが望ましい。

背擦りトラップを訪問した個体が木杭に身体を擦りつける様子、特に 2 肢立ちで腹面をカメラに向けて擦る様子を撮影することで、立ち上がり身長、胸部斑紋の色と形状、外部生殖器などの情報も得ることができる。一方カメラに対して側面や後方で背擦り行動が行われると、ヒグマを誘引できているにもかかわらず、撮影できる情報量が低下する。これを防ぐため、背後に枝を積むことで杭の裏側に回り込むのを防止する。

[カメラトラップの設置方法]

背擦りトラップを活用したカメラトラップ設置例を図 1 に示した。

背擦りトラップに誘引したヒグマを効果的に撮影するため、適切な方法でカメラトラップを設置することが求められる。まずカメラトラップの仕様により、カメラの画角やセンサー感度が異なるため、仕様に応じて、適切な距離で設置する事が重要である。現地で試験撮影を行い、目的とする範囲を確実に撮影できるように調整を行う。

背擦りトラップを活用して撮影を行う場合、ヒグマのオス成獣の立ち上がり身長の測定を考慮すると、背擦りトラップを中心に地際から高さ 2m50cm までが画角に入るように設置すると、すべての個体の立ち上がり姿を画角に収めることができる。また背擦りトラップ前面での四肢歩行状態の撮影も考慮すると、背擦りトラップの地際より 1m ほど手前の地面までが画角に含まれることが望ましいこの場合のカメラ設置高さは、100～120cm 程度になる。ただし、立木の角度や平坦ではない地形の場合もあるため、この限りではない。所定の画角を確保することを優先して設置する。

カメラの設置は、杭などを使用するよりも、立木を使用することが望ましい。木杭、鉄杭などはヒグマの関心を呼び、倒されたりかじられたりするリスクが高い。また、カメラの固定に可動式のマウントを活用する場合、画角の微調整は容易になるが、可動部位があるとヒグマによる破壊のリスクが高まることから避けた方が良い。

さらに詳細個体識別情報として、四肢歩行時の顔の撮影のため、背擦りトラップへの接近および立ち去りの方向を想定して、60～80cm 前後の高さでの 2 箇所の顔撮影用カメラを追加設置、つまり 1 つの背擦りトラップに 3 基のカメラ設置が推奨される。

顔撮影用カメラの設置にあたっては、可能であれば本試験のセッション前に予備セッションを行い、背擦りトラップへのヒグマの接近方向や立ち去り方向を確認しておくと、撮影効率を高める設置位置を予め知ることができる。複数年の調査が行われる場合には、過去のデータを基に位置を修正することもできるだろう。この際の設置方向は、互いの LED フラッシュが干渉して撮影されるヒグマの画像が白飛びしないよう、撮影方向が 90 度以下になることが望ましい。

細かな留意点として、カメラトラップに、背擦りトラップに塗布するクレオソートの匂いが付着すると、ヒグマがカメラトラップに関心を示し、かじったり、落下させたり、画角を変えてしまったりする。このようなことがないよう、背擦りトラップの設置者とカメラトラップ設置者で作業を分ける、使い捨て手袋等を利用する、調査地への運搬時にも同様の配

慮をする等、カメラトラップに人為的な匂いを付けないことに細心の注意を払う必要がある。

カメラトラップを設置する際の予備撮影時に、背擦りトラップ前面で縦方向、横方向に3m 程度のスケールで事前撮影しておくことにより、撮影された個体の体サイズに関する指標とすると、個体識別の際にも有効な情報が得られる。

[カメラトラップの見回り]

カメラトラップの見回りは、搭載する SD カード容量、電池の種類（リチウム電池推奨）により決まる他、エゾシカ等ヒグマ以外の野生動物の生息密度、春から夏にかけての林床植生の繁茂スピードにも影響を受ける。カメラ設置時にはもちろん、見回り時にも草刈りや枝払いなどをこまめに行い、カメラトラップへの映り込みやセンサー検知範囲内で誤作動を誘発する植物の除去を行う必要がある。

クレオソートの塗布頻度は、カメラトラップの見回り頻度よりも少なくても問題ない。設置時のみの塗布でも 3 ヶ月程度の調査セッション中は十分効果が持続する。

従来のヘアトラップ法と比べると、被毛採取に要するよりも SD カード交換と電池交換で作業が完了するため現地での作業時間はより短時間で可能である。

[今後の課題と展望]

カメラトラップによるヒグマの生息密度推定に求められる地点数や地点密度に関する十分な知見はまだない。ヘアトラップ法で採用されている方法を用いて試験していくことになるだろう。今後、大規模カメラトラップ調査による試験が行われれば、調査対象面積、カメラ地点数や密度を変えてシミュレーションを行うことで、生息密度推定に求められる最適な調査デザインが提案できるようになるだろう。

カメラトラップ法による画像個体識別に基づく個体数推定では、識別個体の体サイズや太り具合、繁殖の有無など、DNA 個体識別では得ることのできない情報を同時に得ることができる。これらの情報を追加解析することにより、地域個体群の状態に関する追加情報が得られる利点がある。

これまで、カメラトラップ法では撮影の技術は進み、カメラ価格の低下とカメラ性能の向上もあり、従来よりも得られる情報量が増加している一方で、撮影した動画の確認に要する時間と労力が律速段階となっていた。AI による個体識別はもちろん、事前の画像ファイルの確認と必要情報の抽出と整理の自動解析が進むことは、大きなブレイクスルーとなるだろう。こうした技術を用いることで、最低限のトラップ数によるモニタリングを長期継続することで、個体識別まで行わずに撮影努力量あたりの撮影頻度（Relative Abundance Index、RAI）を指標として個体数動向を長期的にモニタリングするという方法も、動画確認の作業を自動化することで簡易に実施できるようになるだろう。振興局職員や市町村職員、被害防除実施隊員、関心ある市民などによるカメラ設置や見回りによる、市民科学的なヒグマ個体

群モニタリングの全道 5 地域個体群での同時実施も実現可能性が出てくるだろう。これは従来北海道が行ってきた広域痕跡調査に加えて、新たな個体数指数として活用できる可能性がある。

一方で、ヘアトラップ法による DNA 多型を用いた個体識別には、個体情報に加えて、性別、出生地、血縁関係など、カメラ画像では十分な根拠の得にくい情報も得ることができる。5 年に一度程度の個体数（生息密度）推定では、背擦りトラップを用いたカメラトラップ法にヘアトラップを併設することで、DNA 情報を伴う個体数推定を行うことができる。またこの併用により、ヘアトラップに被毛を残した個体の特徴をカメラトラップ動画から明らかにすることもでき、相互参照することで寄り詳細なデータを得ることができると期待される。

[引用文献]

Braczkowski, A. R., Balme, G. A., Dickman, and A. (2016). 2016. "Scent Lure Effect on Camera-Trap Based Leopard Density Estimates." PloS. One, 11: E0151033.

Green, G. I., and D. J. Mattson. 2003. "Tree Rubbing by Yellowstone Grizzly Bears *Ursus arctos*." Wildlife Biology 9: 1–9.

Higashide, D., Miura, S., &. Miguchi, and H. (2013). 2013. "Evaluation of Camera-Trap Designs for Photographing Chest Marks of the Free-Ranging Asiatic Black Bear, *Ursus thibetanus*." Mammal. Study, 38: 35-39. .

Magoun, A. J., Long, C. D., Schwartz, M. K., Pilgrim, et al. 2011. "Integrating Motion-Detection Cameras and Hair Snags for Wolverine Identification." Journal of Wildlife Management, 75: 731-739.

du Preez, B. D., Loveridge, A. J. &. Macdonald, and D. W. 2014. "To Bait or Not to Bait: A Comparison of Camera-Trapping Methods for Estimating Leopard *Panthera pardus* Density." Biological. Conservation, 176: 153-161.

Sato, Y., Kamiishi, C., Tokaji, T., Mori, et al. 2014. "Selection of Rub Trees by Brown Bears (*Ursus arctos*) in Hokkaido, Japan." Acta Theriologica 59: 129–37.

Sato, Y., Nakamura, H., Kobayashi, K., Sekiguchi, M., Ishibashi, Y. & Itoh, T. 2020. "Evaluation of the Effectiveness of Scented Wooden Posts for DNA Hair Snagging of Brown Bears." Mammal Study, 45: 213–18.

Zheng, X., Owen, M. A., Nie, Y., Hu, et al. 2016. "Individual Identification of Wild Giant Pandas from Camera Trap Photos–a Systematic and Hierarchical Approach." Journal of Zoology, DOI: 10.1111/jzo.12377.

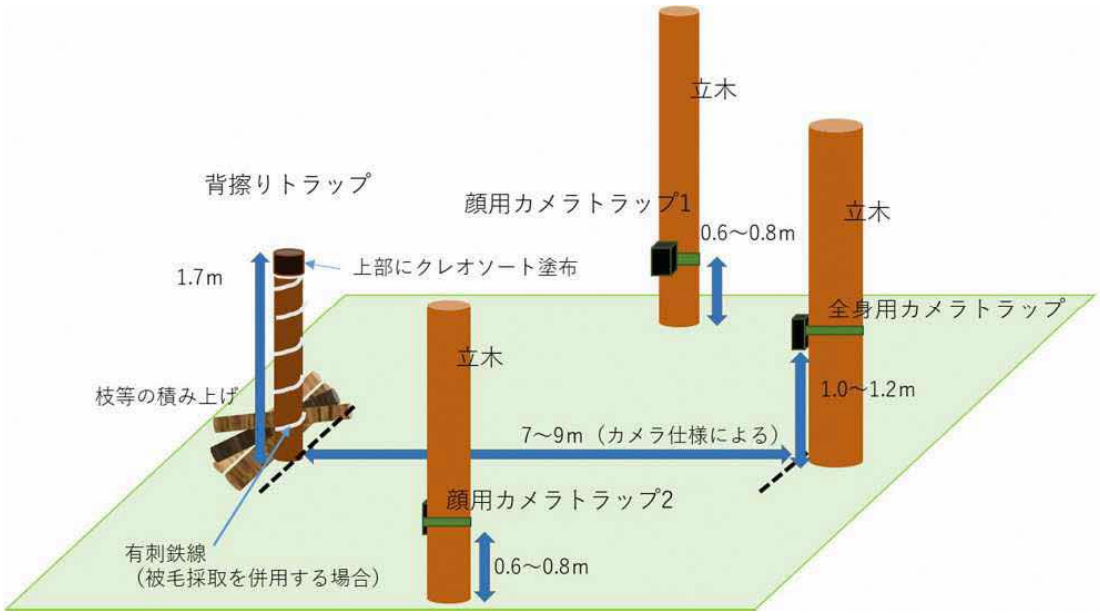

図 1. カメラトラップ設置例