

課題番号 : 4G-2102

体系的番号 : JPMEERF20214G02

環境アセスメントへの活用を目指した 鳥類およびコウモリ類の飛翔を識別する レーダ画像解析システムの開発

(研究実施期間 ; 令和3年度～令和5年度)

研究代表者 新潟大学 関島 恒夫

サブテーマⅠ 新潟大学 関島 恒夫

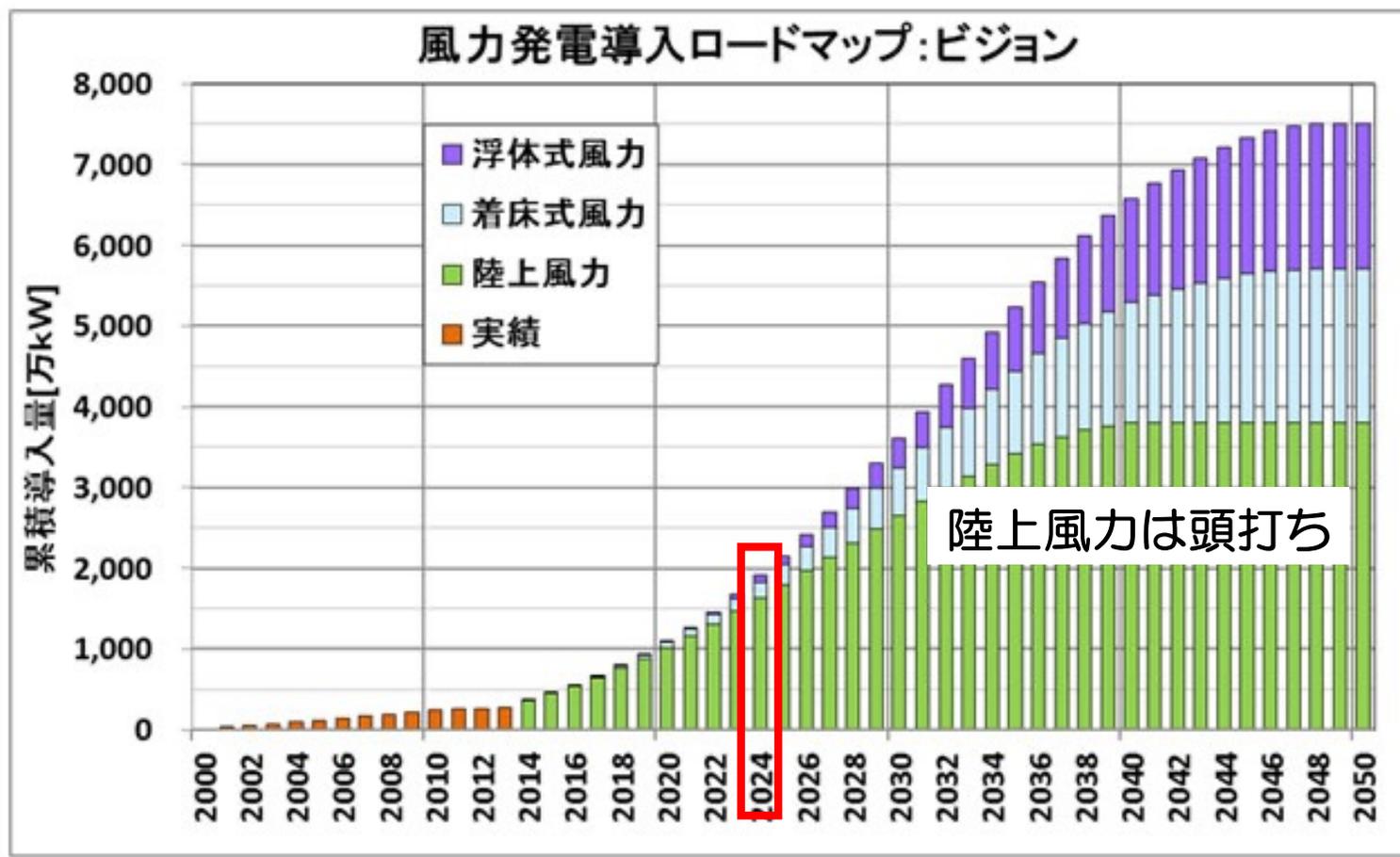
サブテーマⅡ 徳島大学 河口 洋一

サブテーマⅢ 日本気象協会 島田 泰夫



カーボンニュートラル2050の実現に向け

陸上風力から洋上風力の時代へ



引用：日本風力発電協会 <http://jwpa.jp/jwpa/vision.html>

洋上風力発電の導入促進に向けた国の取り組み

2019年4月 再エネ海域利用法の施行

2020年7月 促進区域指定に向けた一定の準備段階に進んでいる区域が整理

⇒ 北海道・青森・秋田・新潟・千葉・長崎など11区域



洋上アセス手法はまだ確立していない

「洋上風力発電所等に係る環境影響評価技術手法
に関する検討会」令和4年～

- ✓ 環境影響評価の**技術手法等の検討**
- ✓ 海域環境における基礎的な知見の蓄積

大気質
騒音
振動

水質

底質

流向
流速

水中音

重要な
地形

風車の影

動物
海藻草類
サンゴ群集

景観

人と自然
との触れ
あいの活
動の場

飛翔動物の把握に向けた

レーダシステムの活用

レーダ

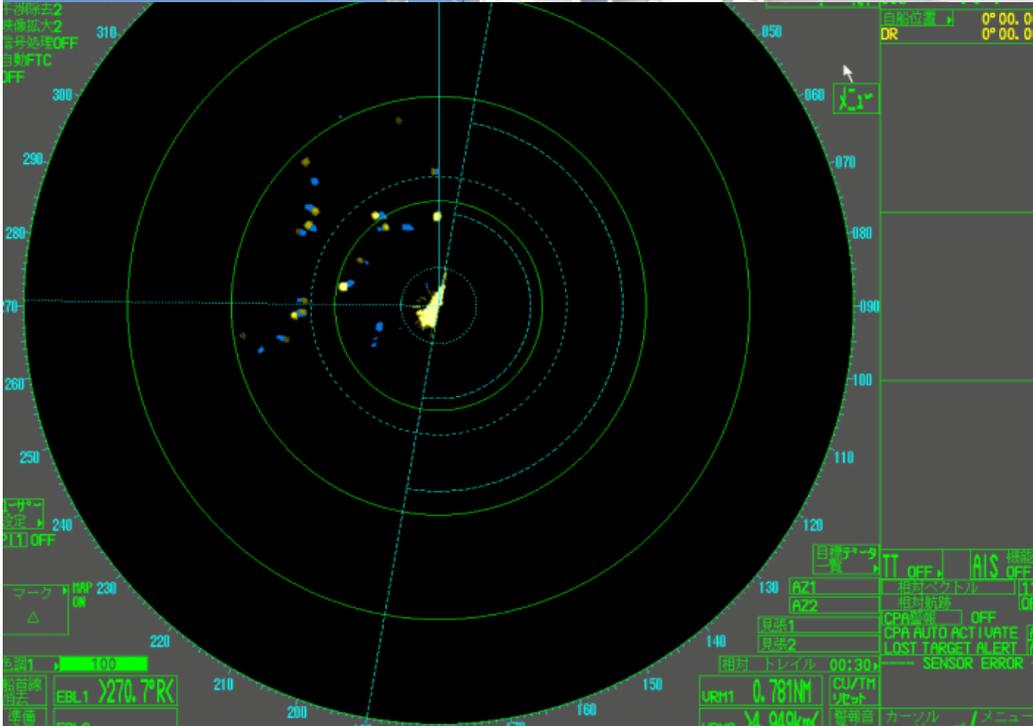
(Radio Detecting and Ranging)

自ら電波を発射し、その**反射波を捉える**ことにより、海上の船や鳥などの物標を捉える方法。



<課題>

レーダで捕捉されたエコーが何を表しているのか判断する術がない。





本申請課題の目的

船舶用レーダのSバンドおよびXバンドレーダを用い広範囲のエコー画像を取得した上で...

-  オプティカルフローに基づく新たな飛翔抽出方法を開発することにより**動体の軌跡を抽出**する。
-  GPSロガー等により飛翔軌跡を取得することで教師データを作成し、**AI学習による飛翔軌跡の種判別**を行う。
-  生物情報とリンクした飛翔軌跡をもとにした**衝突リスク評価の手法を開発**する。



研究目標

第1目標

取得されたレーダデータから、オプティカルフロー等を用いて新たな**動体軌跡抽出の手法を開発**する。

第2目標

第1目標で作成した動体軌跡に対し、GPSロガー・測距機等により得られた飛翔軌跡の教師データによるAI学習を行い、**鳥類もしくはコウモリ類を識別する手法を開発**する。

第3目標

教師データに基づくAI学習をさらに発展させ、**種レベルもしくは目レベルで飛翔軌跡を分別する手法を開発**する。



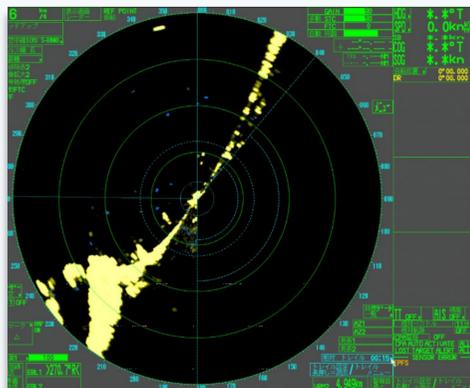
研究体制

風力発電アセスの課題

洋上での広域環境調査は困難



レーダ実用化に向けた
技術開発の強い要望



夜間の観察は困難



サブテーマⅠ 新潟大学
北海道大学

Sバンドレーダを用いた
鳥類に対する
環境アセスメント手法の検討

- ・GPSロガー等を用いた鳥類の飛翔軌跡の取得および種ごとの教師データ作成
- ・レーダデータを用いた鳥類の衝突確率の算出

サブテーマⅢ 日本気象協
会

レーダ画像から
飛翔軌跡をAI識別する
画像解析手法の確立

- ・取得されたレーダ画像に対する画像処理と、新たな動体軌跡を抽出する手法の開発
- ・教師データに基づくAI学習により鳥類およびコウモリ類の飛翔を分別する手法の開発

サブテーマⅡ 徳島大学

Xバンドレーダを用いた
コウモリ類に対する
環境アセスメント手法の検討

- ・衝突リスクの高いハイリスク種を指標とし、画像解析用の教師データ作成
- ・レーダデータを用いたコウモリ類の衝突確率の算出



解析の手順

Step1

レーダデータの取得と動体軌跡の抽出

(日本気象協会、新潟大G、徳島大)

- 北海道、宮城県、静岡県、愛媛県の全国5カ所でSバンドおよびXバンドレーダデータを取得.
- オプティカルフロー等を用いて、飛翔動物の動体軌跡を抽出

Step2

飛翔動物の教師データ作成 (新潟大G、徳島大、日本気象協会)

鳥類

- オオミズナギドリ、カモメ類、ウツウ、ウミスズメ
- ガン、ハクチョウ類
- サシバ、オジロワシ

コウモリ類

- ヤマコウモリの絶滅危惧種
- ヒナコウモリなどのハイリスク種

Step3

レーダ画像から飛翔軌跡をAI識別する

(日本気象協会)

- Step2で作成された教師データに基づくAI学習を行い、鳥類およびコウモリ類の飛翔を分別する.



レーダ特性と設定方法



周波数帯ごとのレーダの使い分け

Xバンドレーダ（検証機種：KODEN社製MDC-7910,MDC-7920）

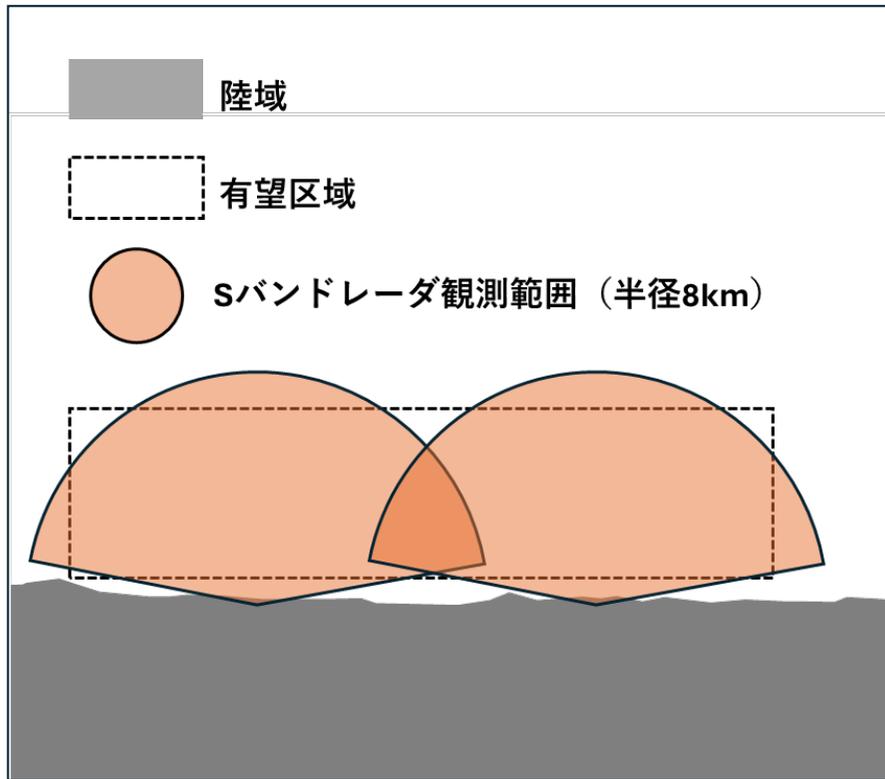
対象の大きさ（体重、群れサイズ）が正の効果、対象までの距離が負の効果をおよぼす。モデル式が作成できたことから、エコーの検出率が予測可能であり、**検出率の基準をつくることで個体の追跡が可能**である

Sバンドレーダ（検証機種：FURUNO社製FAR-2167DS）

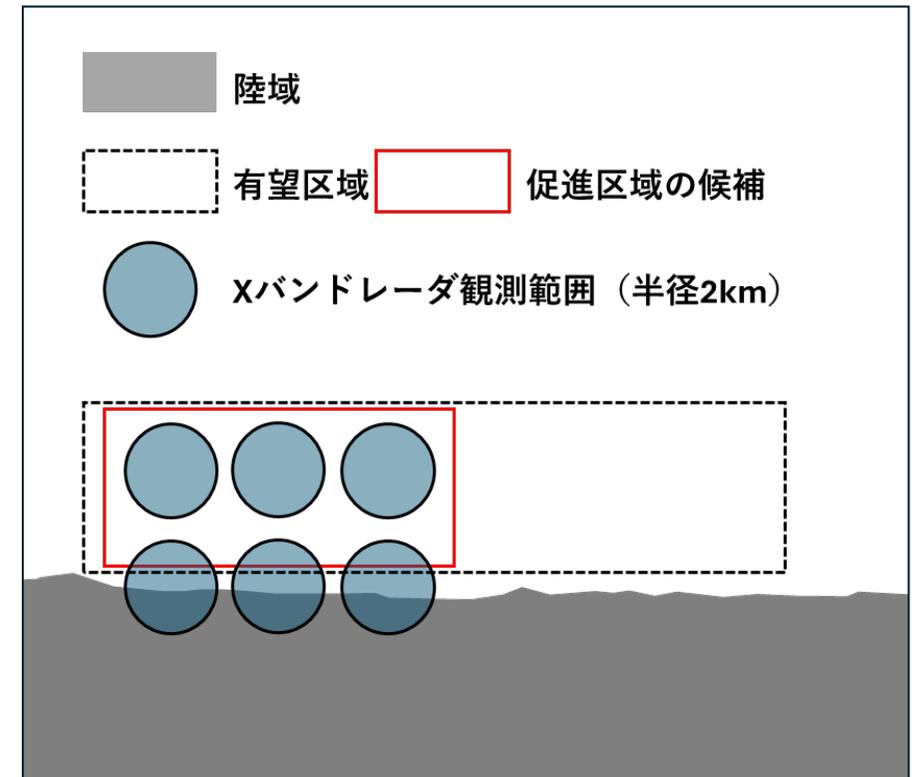
エコー検出率に対する統計的に有意な効果はみられず、検出率が安定していないため**個体の追跡が困難**である。しかし、**相対的に飛翔数を定量**することは可能である（オオミズナギドリ、サシバ、ハチクマで検証）



洋上アセスにおけるレーダ設置例



有望区域を対象とした
Sバンドレーダによる
広域なスクリーニング



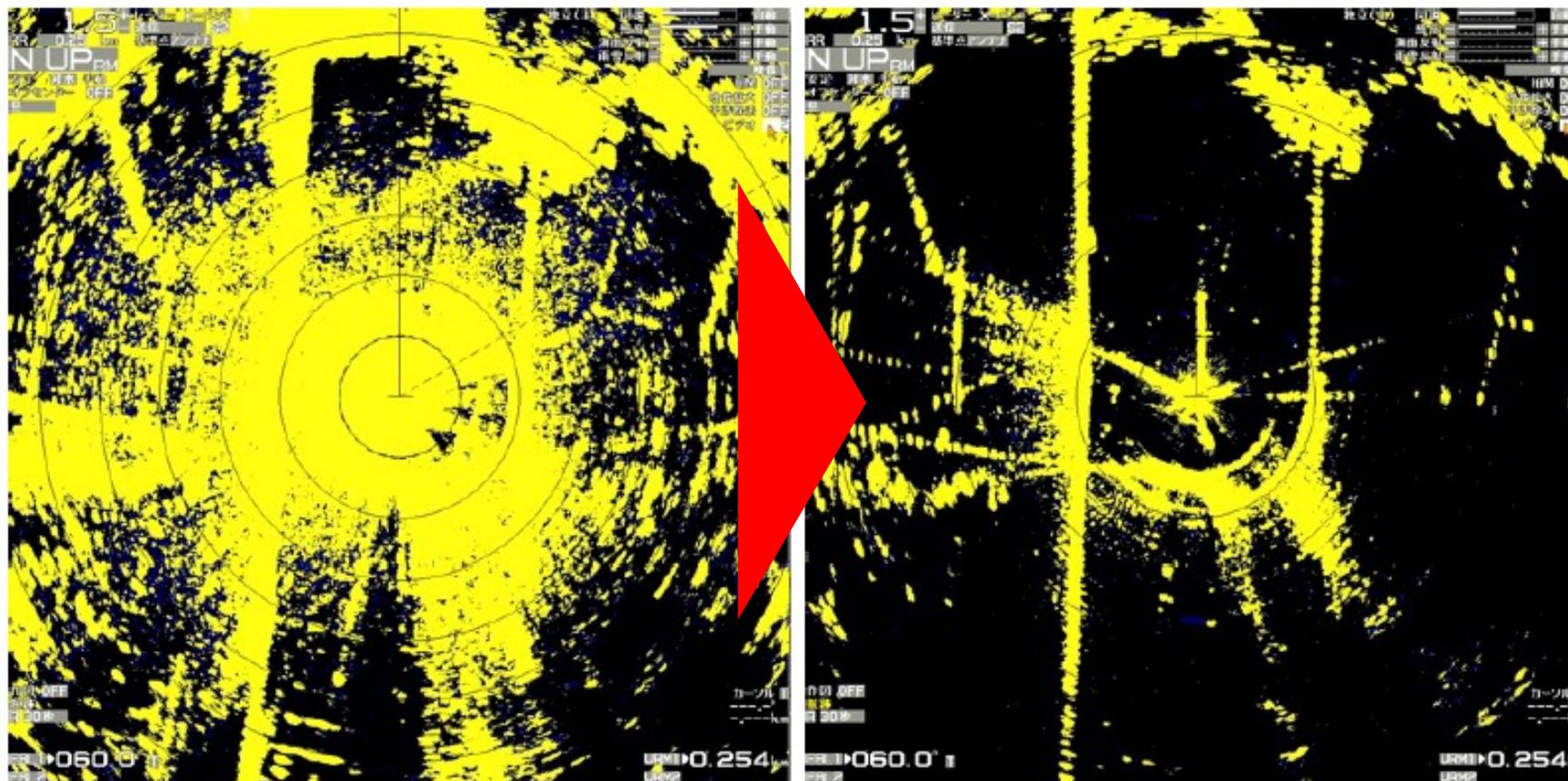
促進区域選定のための
Xバンドレーダによる
仔細な調査



床置きによるクラッタ除去

レーダ設置高 2m

レーダ設置高 40cm
(床置き)



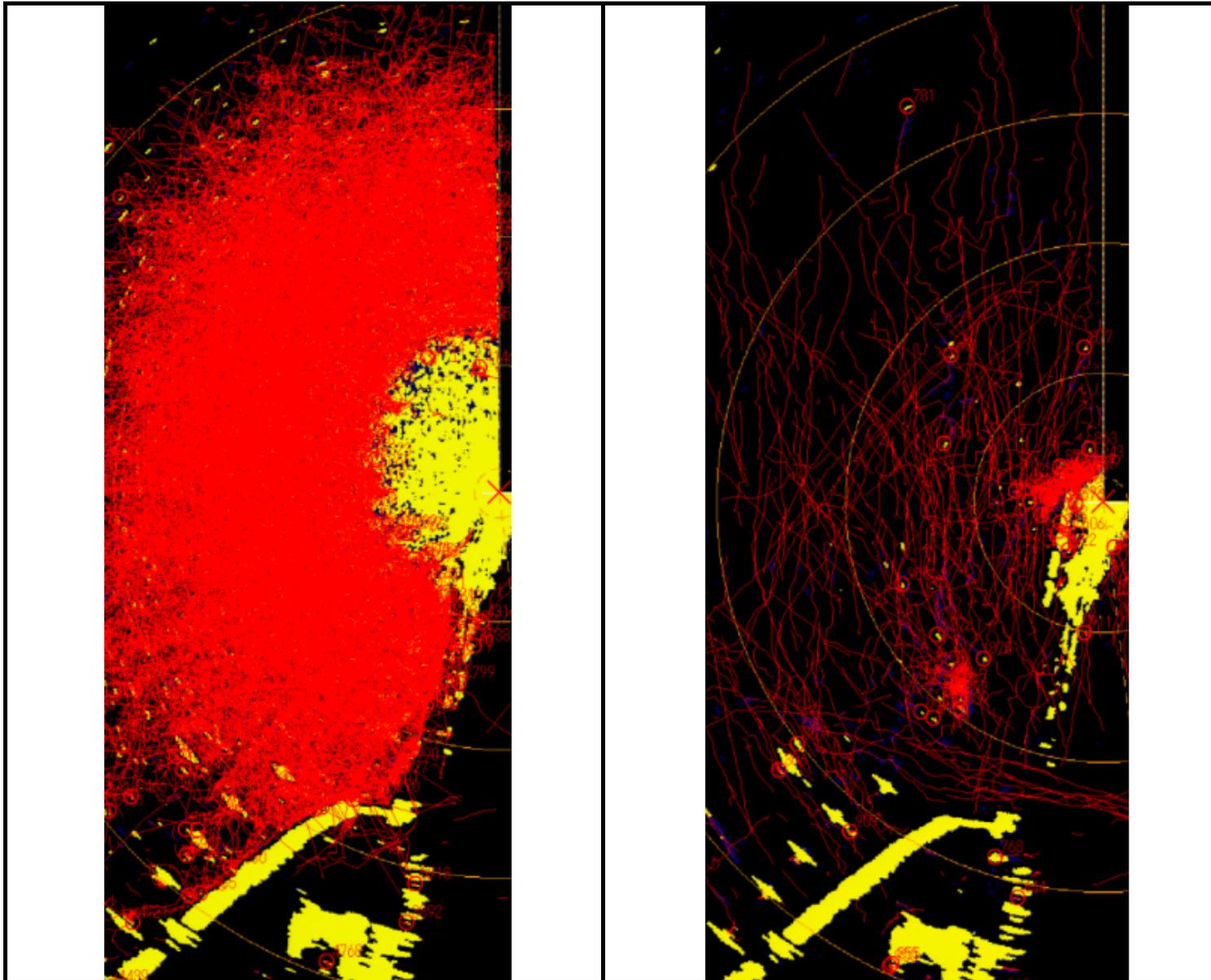
1km以内のクラッタが 70% 減少



波浪クラッタに対する配慮

悪天日

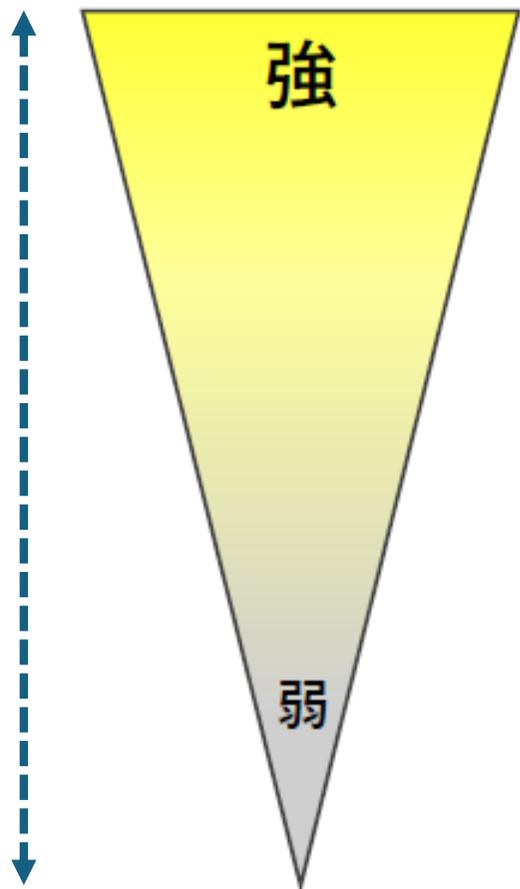
凧の日





レーダシステム最適化 (KODEN機種の場合)

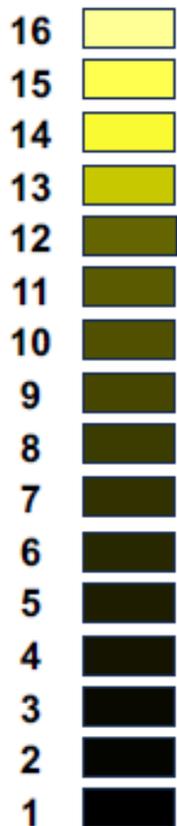
取り扱う信号強度



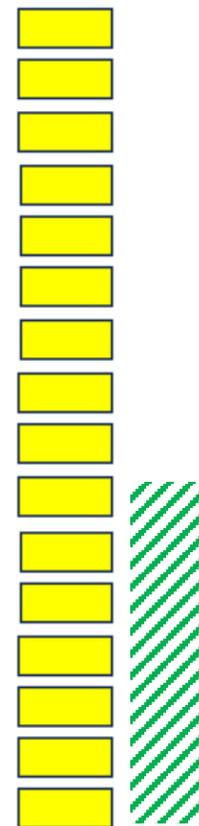
① ビデオ設定

② エコー色設定

デフォルト



変更後



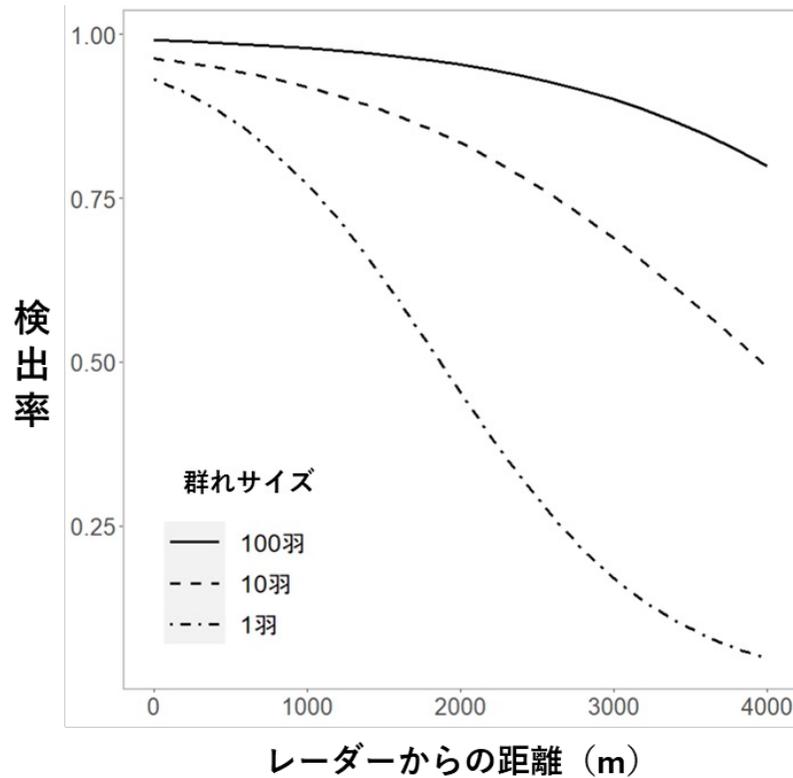
非表示
をOFF

③ 色消し設定

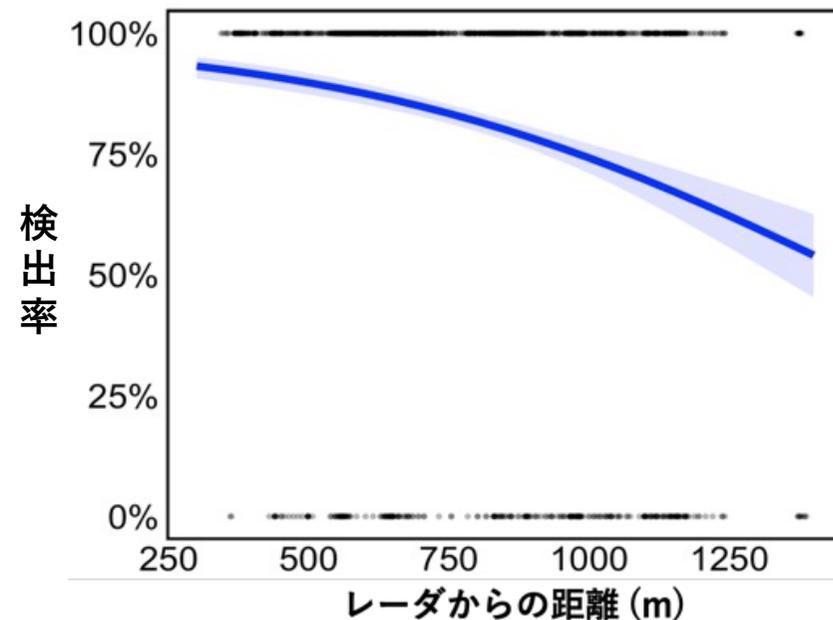


Xバンドレーダの検出可能範囲

鳥の検出率推定



コウモリの検出率推定



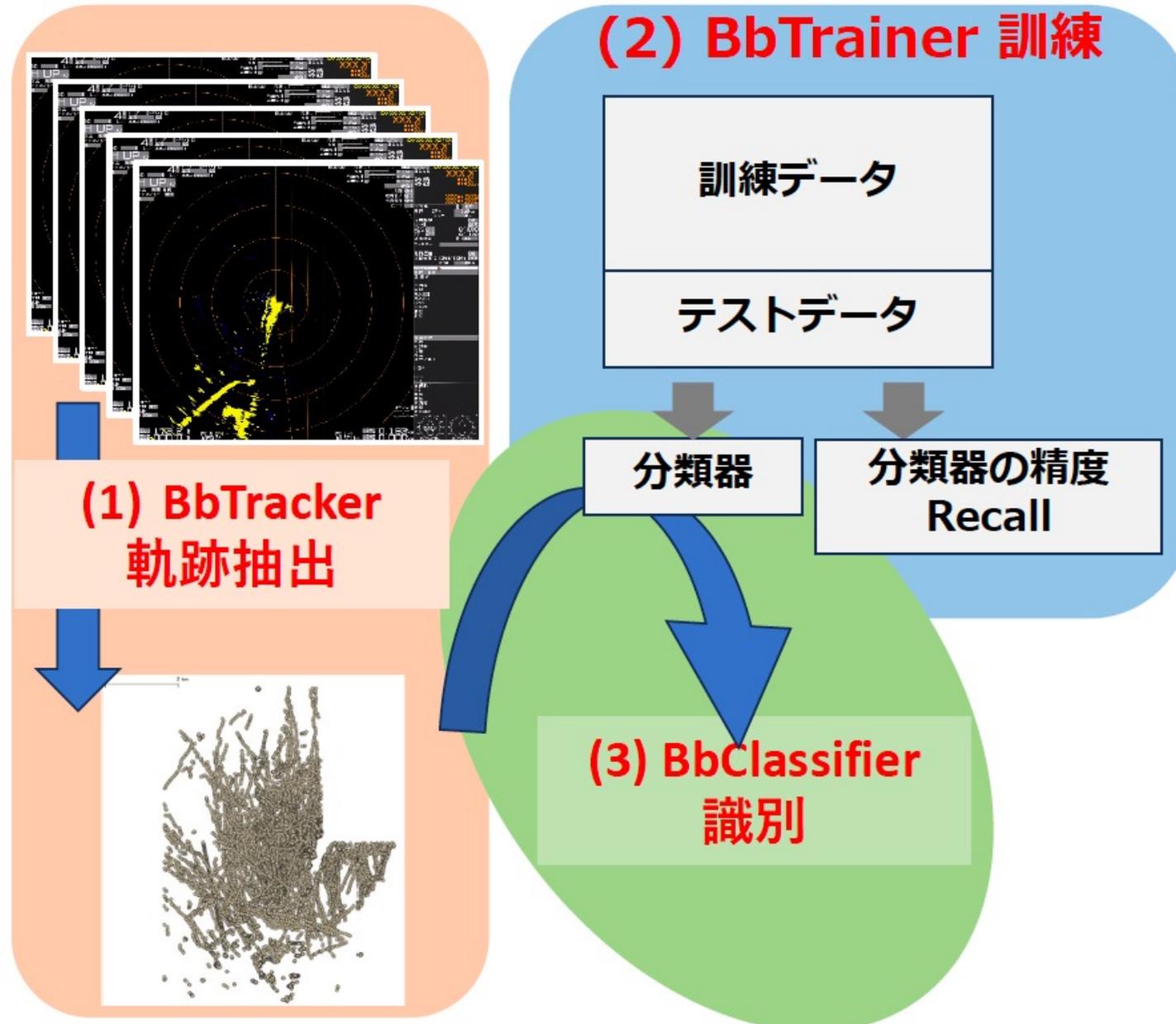
単独飛行する鳥は**2km**、群れ飛行する鳥は**4km**、
コウモリは**1.5km**までの範囲で検出率50%以上



レーダ画像から 飛翔動物を判別する



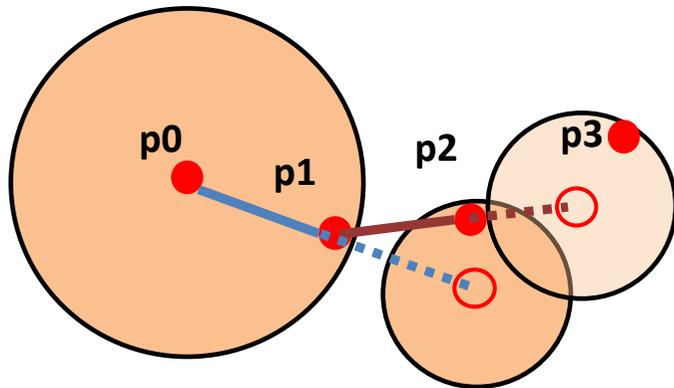
軌跡抽出からAI分類するまでの手順





トラッキング手法を改善する

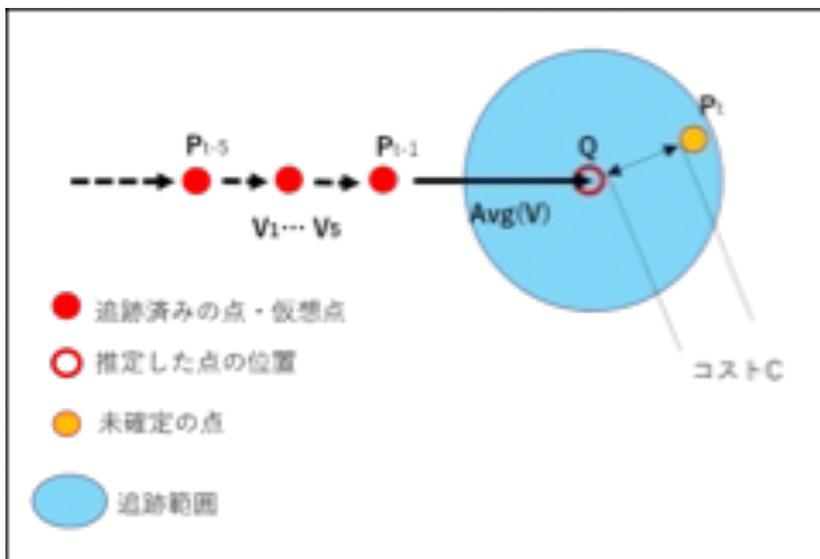
旧システムの探査方法



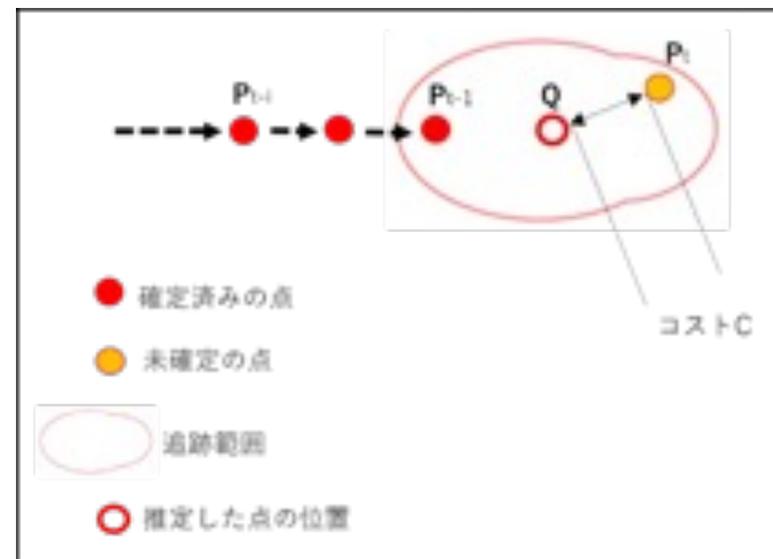
1. 物体の検査数を減らすため、一定数以上の物標を任意に削除
2. 等距離の延伸して、仮想点から探査円を描き、次点を発見を繰り返す

新システムの探査方法

<探査円方式>



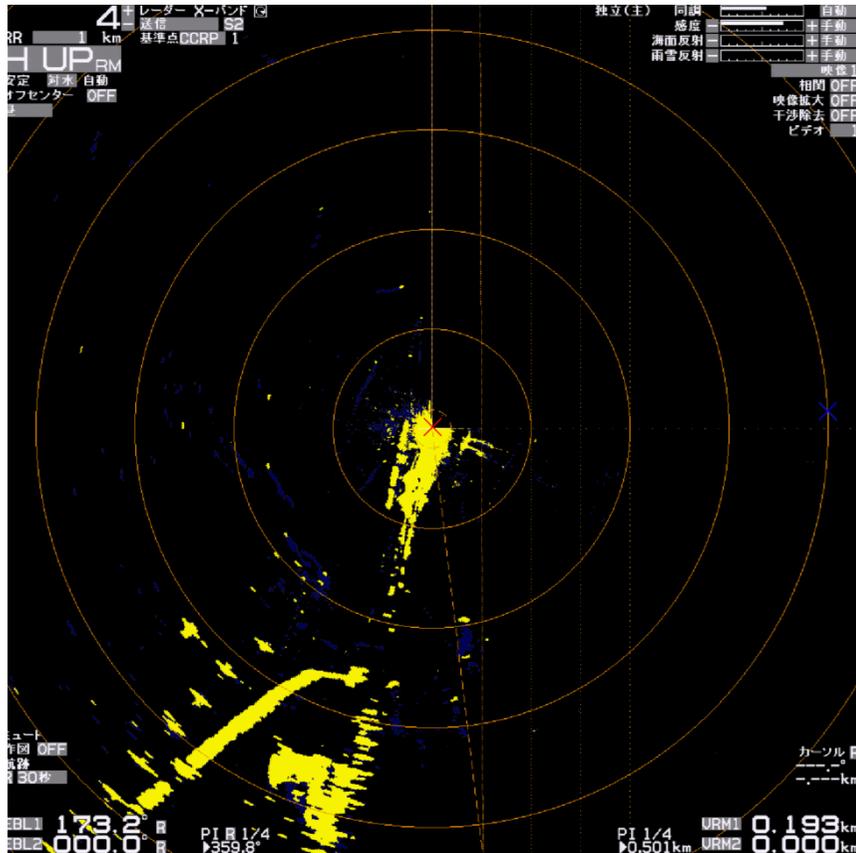
<確率楕円方式>



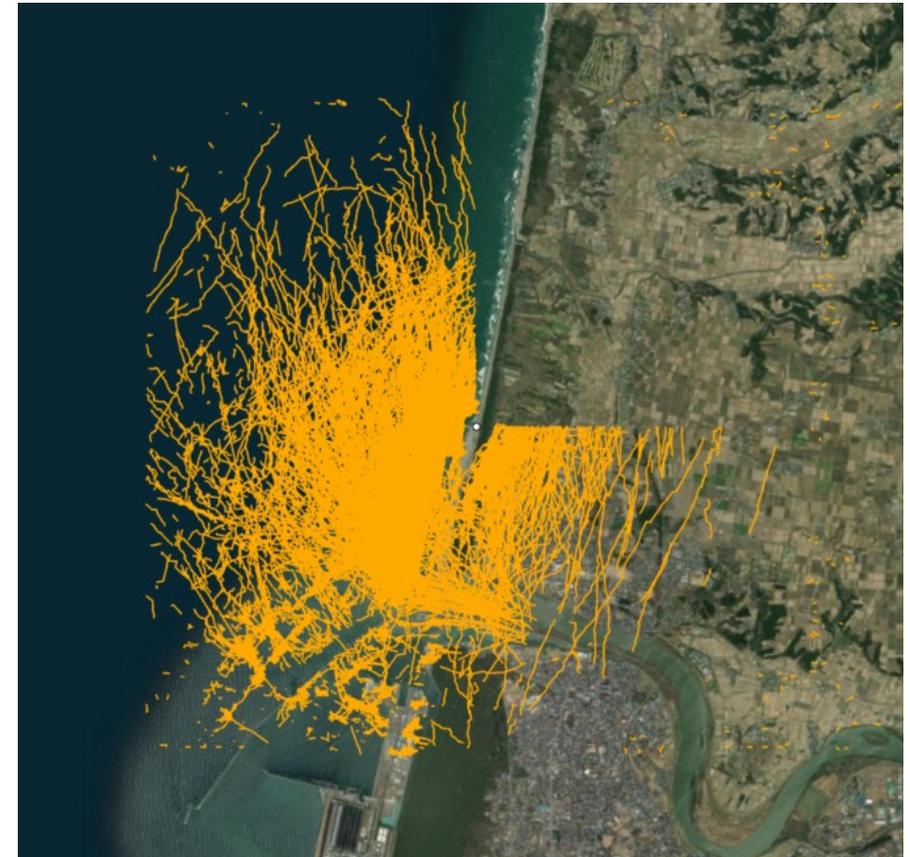


観測 & BbTrackerによるトラッキング

観測 & BbTracker



軌跡データの出力

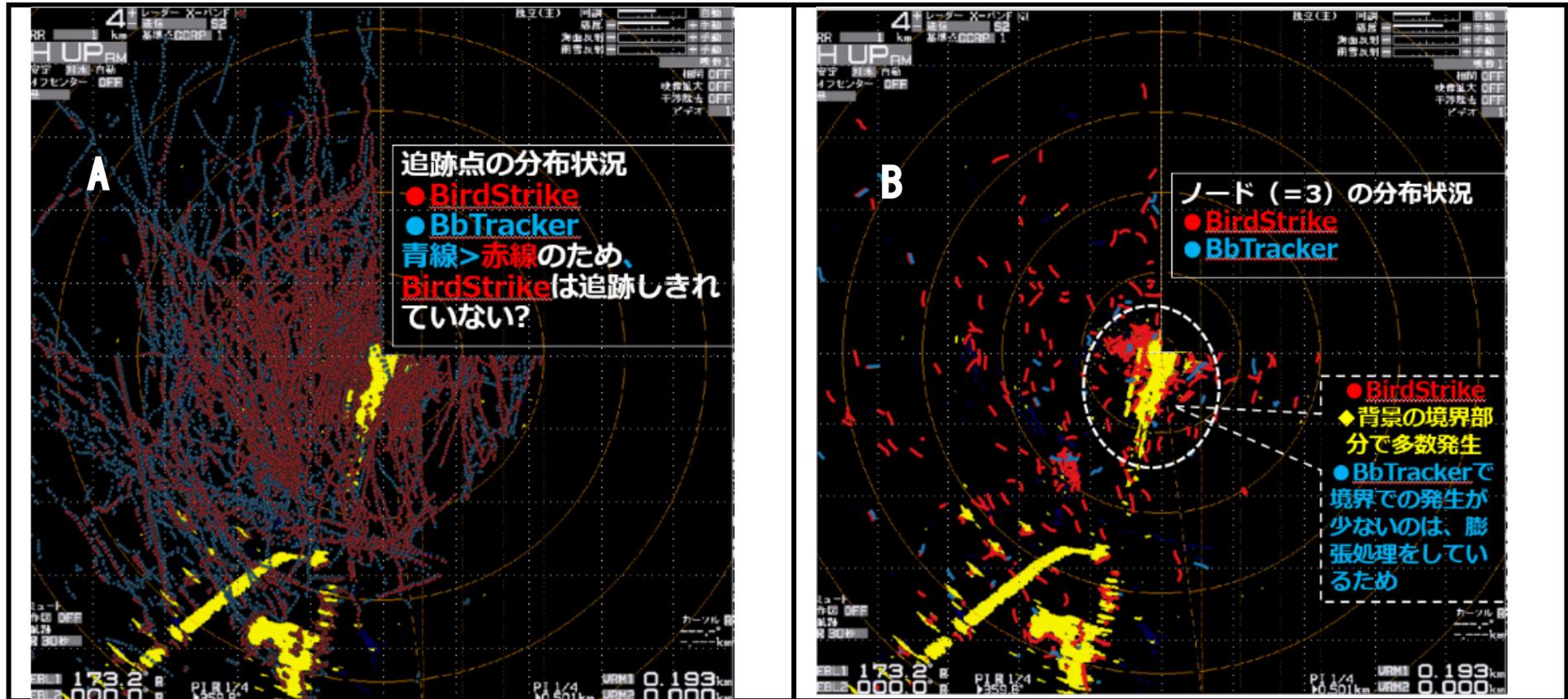


従来プログラムに比べ

- ✓ 各種パラメータ設定が容易に！
- ✓ 鳥の飛行速度や飛行パターンを反映
- ✓ 抽出点の増加および短断片の減少



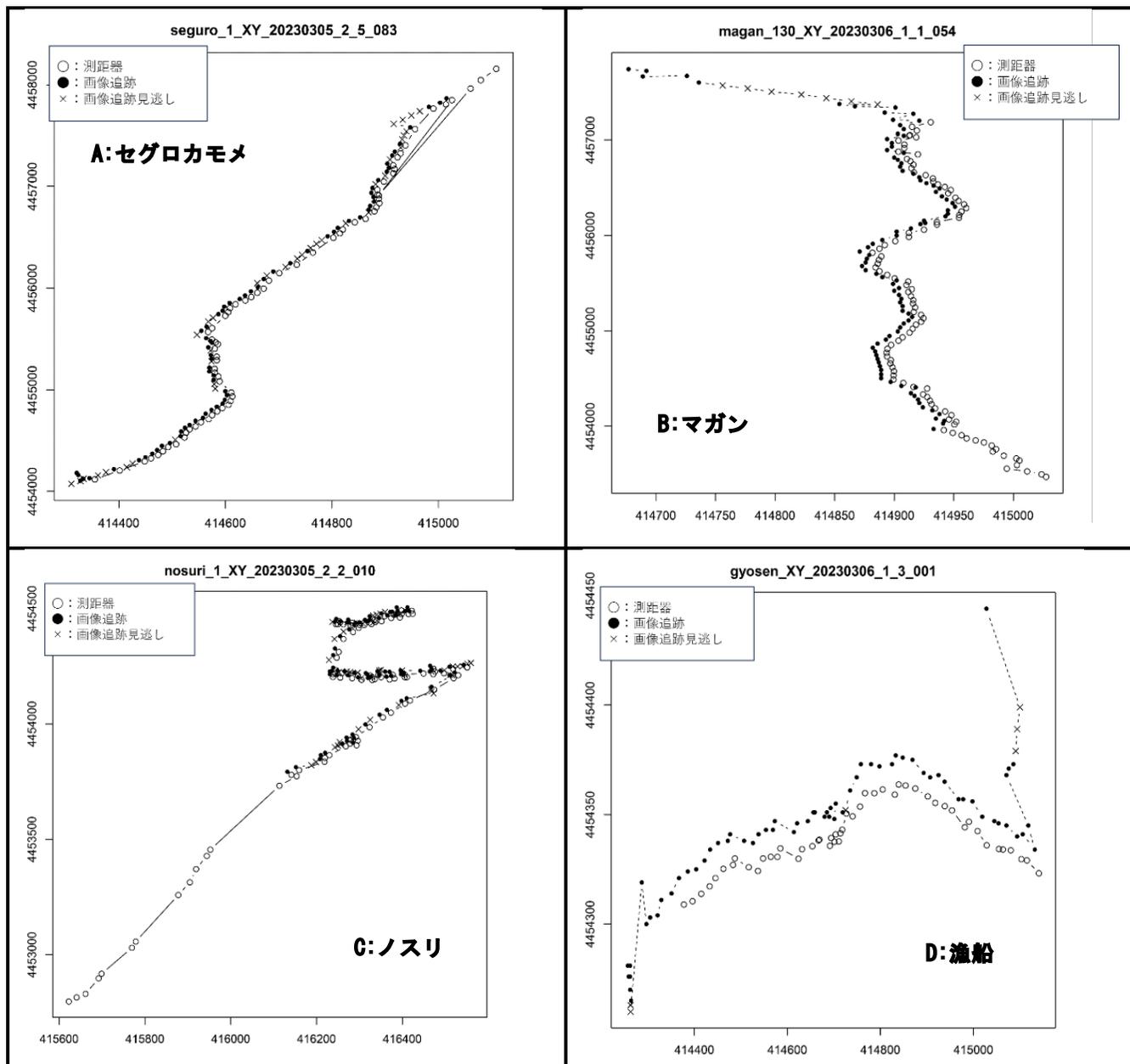
新旧プログラムによる軌跡の追跡状況



旧プログラムで追跡できなかった軌跡を
新プログラムは追跡



観測 & BbTrackerによるトラッキング



○ 測距器

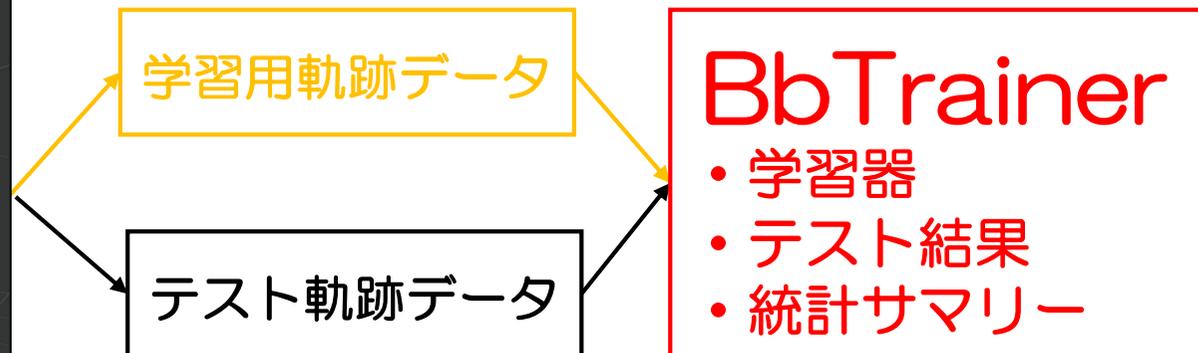
● 画像追跡

× 画像追跡見落とし



BbTrainerによるAI学習

既存のデータセット
+ 現地で追跡データ取得



能代での例として、現地データの追加により再現率は、

科 (Family) レベルでカモメ科 0.01 → 0.53

群 (Group) レベルで海鳥類 0.03 → 0.54



BbClassifierによるAI分類

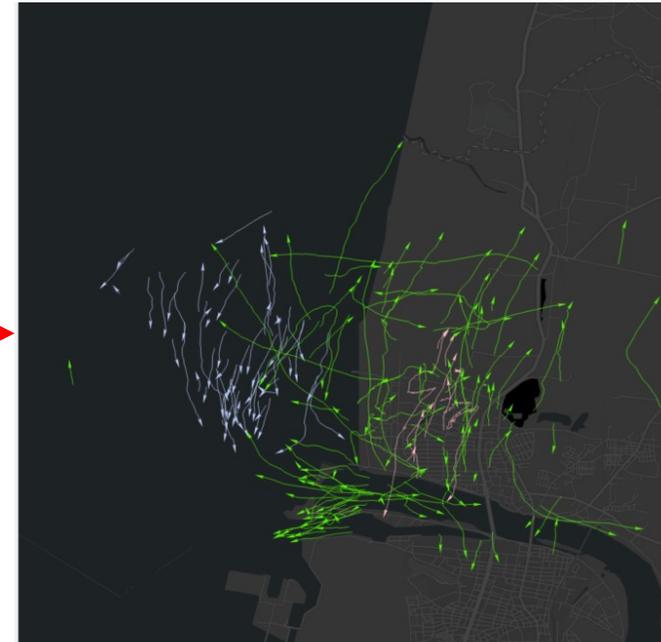
BbTrackerによる
未分類データ



BbTrainer
学習器

BbClassifier
分類器

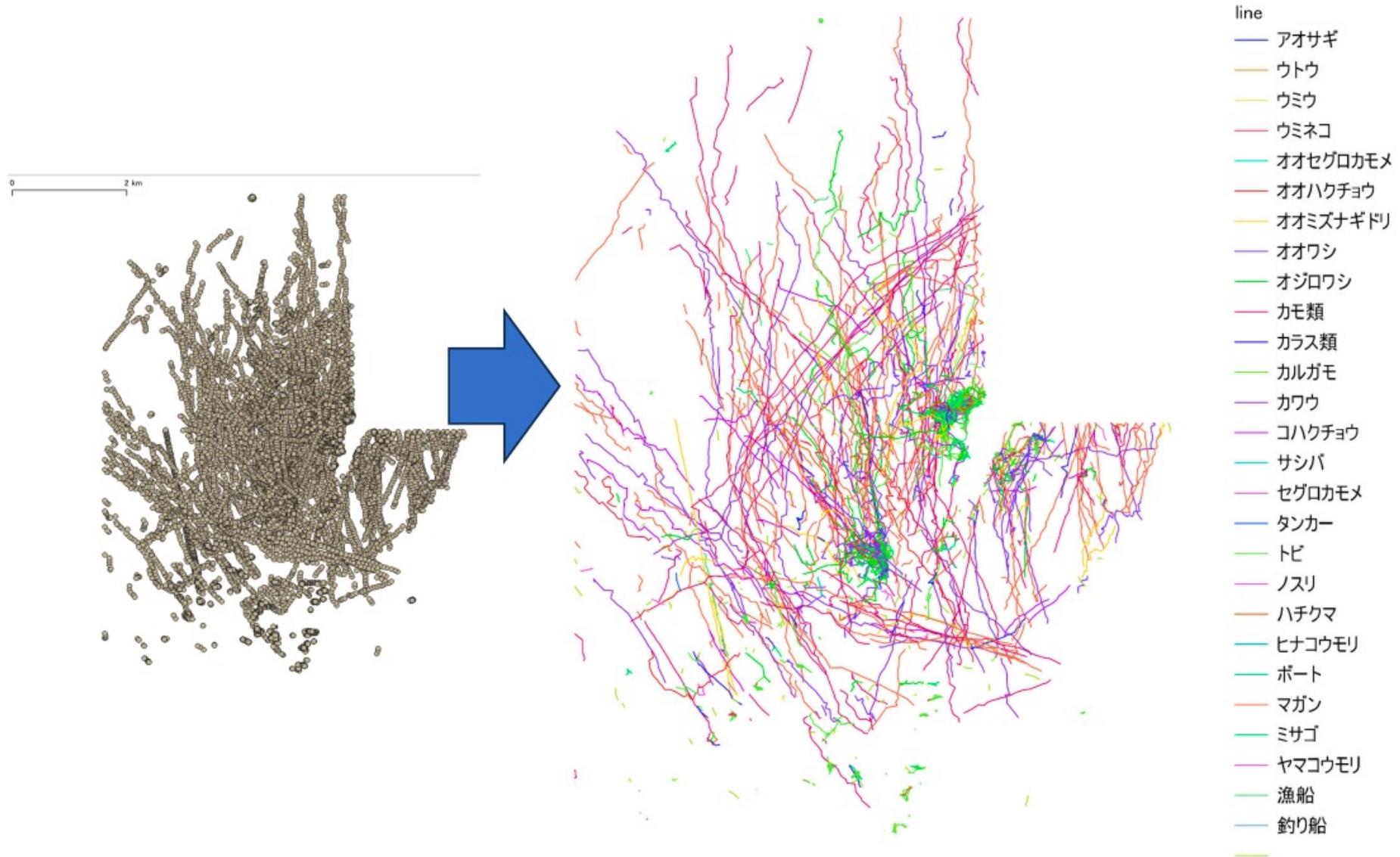
グループ分類された
軌跡データ



- 海鳥類
- 水禽類
- 猛禽類



Bbシリーズを用いてAI分類を試行

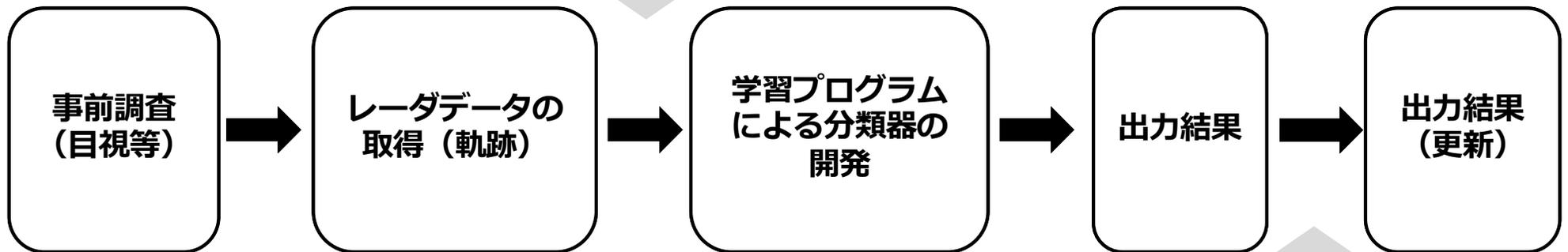




非軌跡データによる分類の高精度化

①種リストを作成し、出現候補種で分類器教師データをマスク

⇒ 判別率の向上

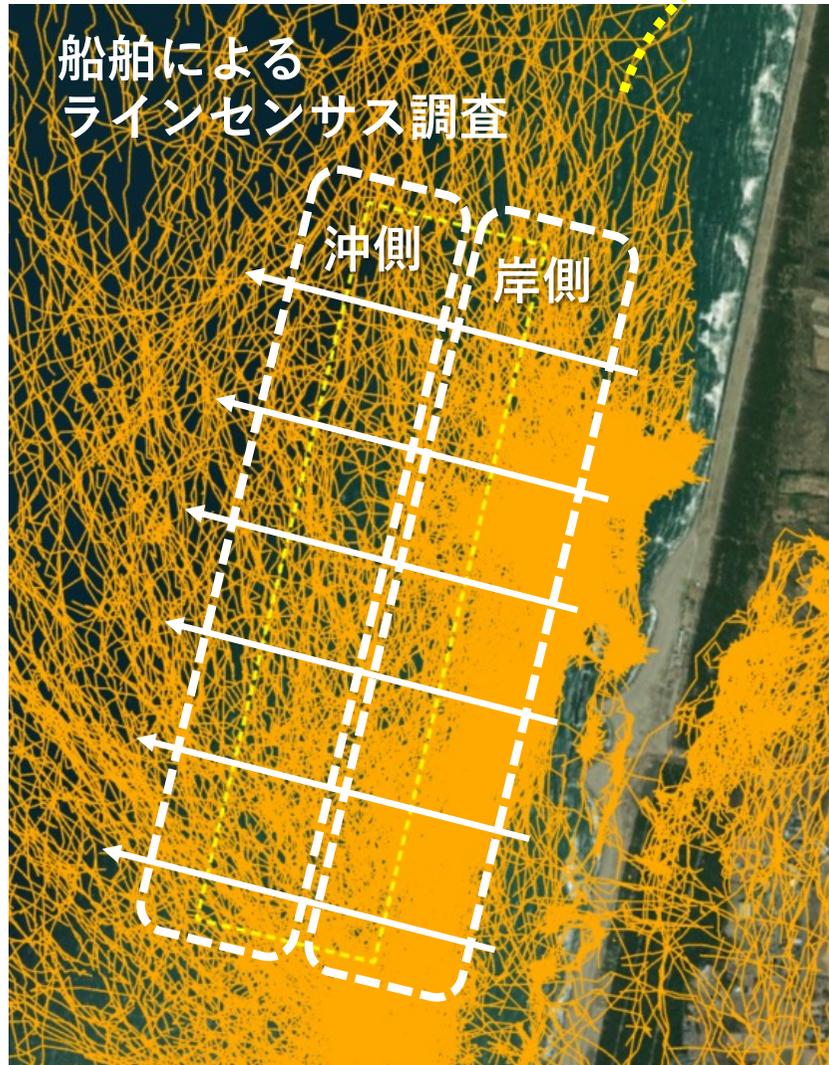


種レベルの
衝突リスク評価

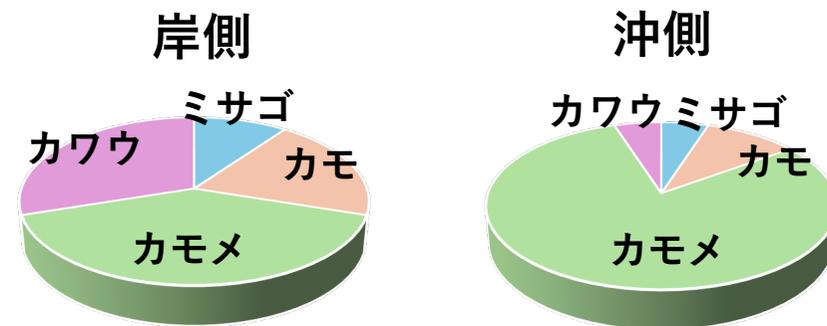
②ライントランセクト調査や測距器調査で明らかにした種構成比率で重み付け (条件付き確率)



目視データの種組成比で重み付け



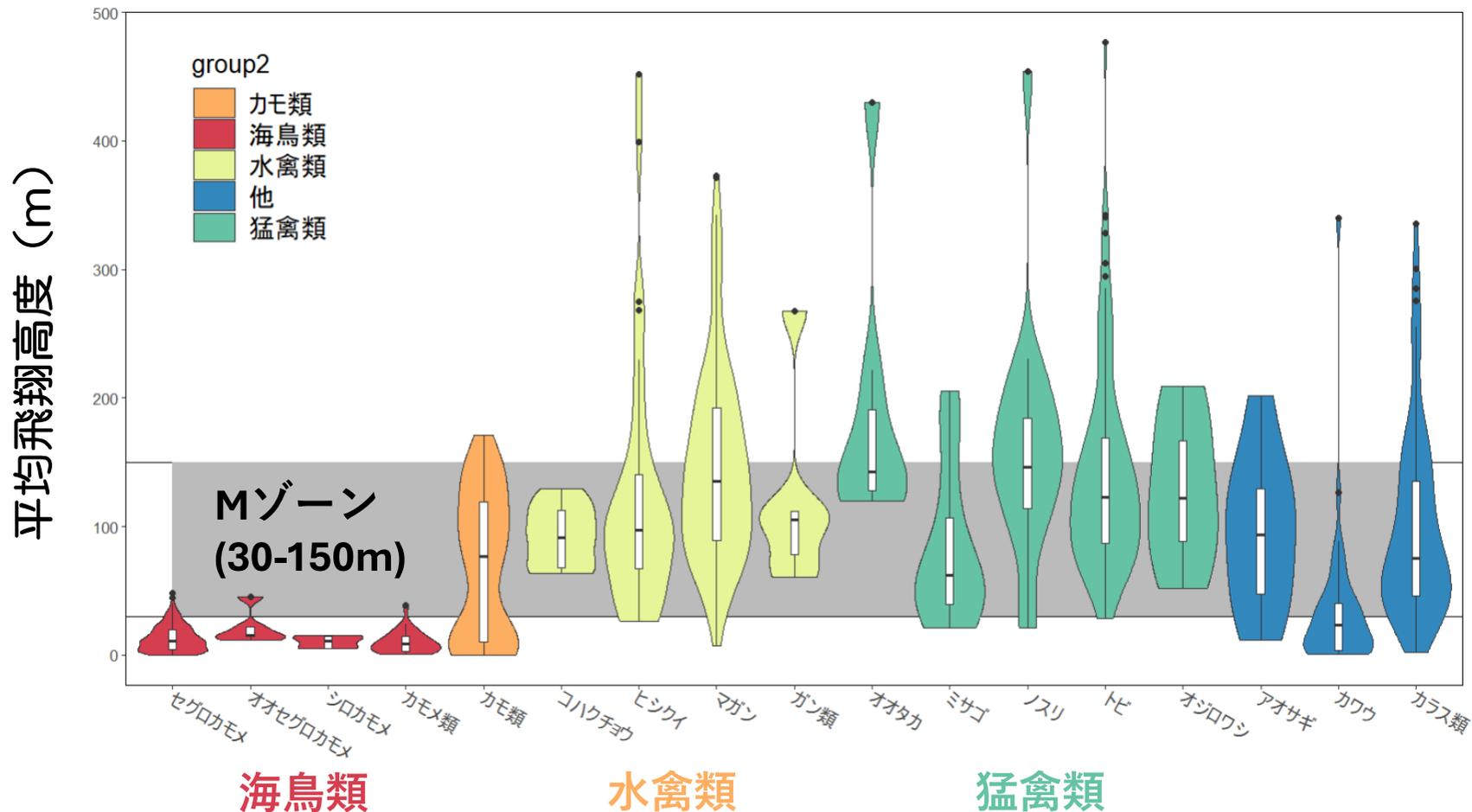
環境区分ごとの種組成比の算出



事業地の環境特性に応じた区分で、
AI分類後のデータに対し、
実際の出現確率で重み付けする



能代における鳥類の飛行高度の特徴



海鳥類はLゾーン、水禽類&猛禽類はM・Hゾーンを主に利用



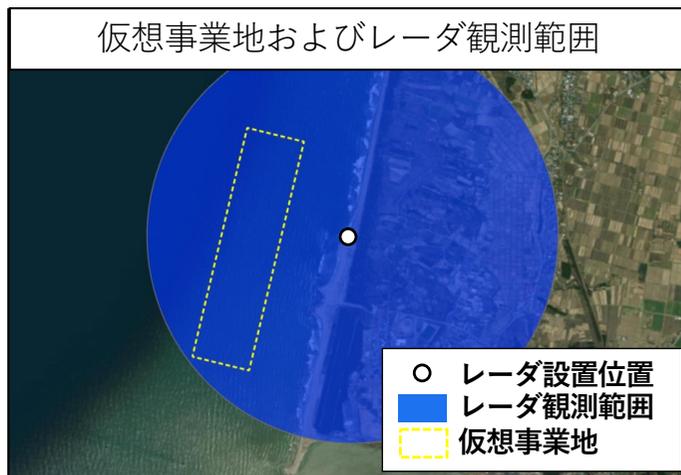
能代沖を想定した

仮想アセスを試みる

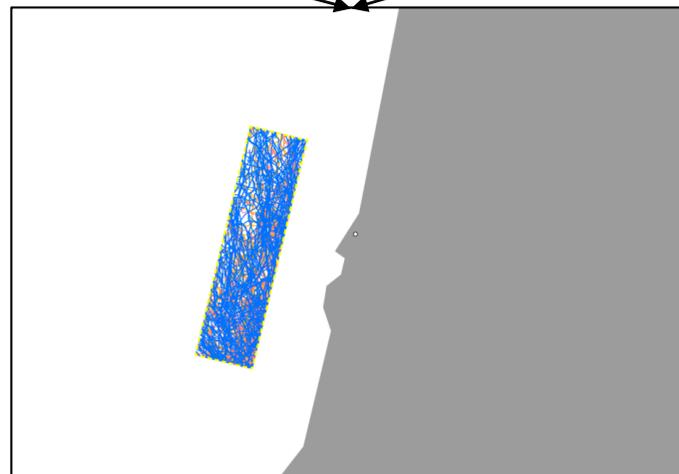
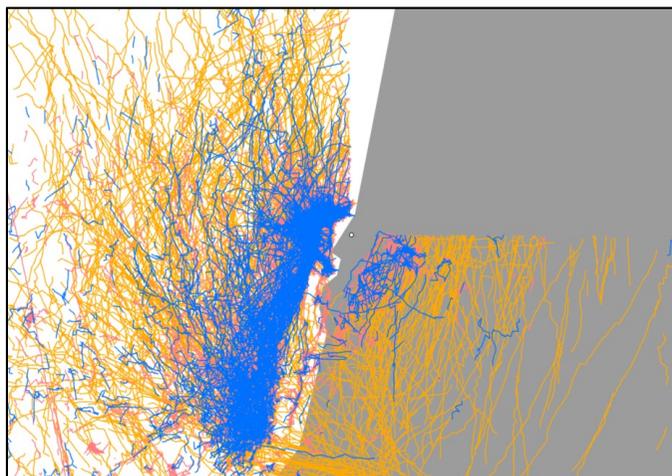


事業地内の軌跡長の算出

事業地対象エリア



AI分類後のデータ



事業地1.3km²あたり

海鳥類 84.0 km

水禽類 166.0 km

猛禽類 71.5 km



年間衝突数を算出する

飛翔軌跡長×現地の出現比

海鳥類	84.0 km	→	146km
水禽類	166 km	→	176km
猛禽類	71.5 km	→	0km

Mゾーン飛翔率

海鳥類	4%
水禽類	62%
猛禽類	82%

年間衝突数

海鳥類	13羽	(セグロカモメ、カワウ)
水禽類	234羽	(マガン、カモ類)
猛禽類	0羽	

「水禽類に対する影響が極めて大きい」



目標の達成状況

第1目標：エッジ処理などの画像処理技術に加え、オプティカルフロー等を適用した、新たな動体軌跡抽出の手法を開発する。

→ 鳥類・コウモリ類の飛行パターンを考慮した**トラッキング法を新たに開発した**ことで、高精度に動体軌跡を抽出できるようになった。

第2目標：第1目標で作成した動体軌跡に対し、GPSロガー・測距器等により作成された教師データに基づくAI学習を行い、鳥類あるいはコウモリ類の飛行であることを識別する手法を開発する。

→ GPSロガーおよび測距器で取得された膨大な飛行軌跡情報を教師データとして活用し、鳥類とコウモリ類の移動軌跡をAI学習により、**高精度に判別するプログラムを開発できた。**

第3目標：種ごとの教師データに基づくAI学習をさらに発展させ、種レベルもしくは目レベル（カモメ類、猛禽類など）で飛行軌跡を分別する手法を開発する。本目標を達成することにより、種もしくは目レベルの衝突リスク評価が実現できる。

→ 飛行動物の移動軌跡をAI学習により**目レベルで判別するプログラムを開発できた。**さらに、生物情報が紐付いた軌跡長をもとに、**衝突リスク評価を可能とした。**

⇒ **目標を上回る成果をあげた**



研究成果の発表状況

[査読付き論文] 6件

- Mikami K, Kazama K, Kazama M.T, Watanuki Y (2022) Mapping the collision risk between two gull species and offshore wind turbines: Modelling and validation. Journal of Environmental Management 316: 115220. Epub
- Kamata T, Sato H, Mukai H, Sato T, Yamada S, & Sekijima T (2023) Sensitivity analysis of collision risk at wind turbines based on flight altitude of migratory waterbirds. Ecological Solutions and Evidence, 4(2), e12222.
- Kumagai A, Kazama K, Mikami K, Watanuki Y (2023) Black-tailed gulls alter their flight height and airspeed according to wind conditions during their coastal commuting trips. Mar Ecol Prog Ser 723: 201–212, doi.org/10.3354/meps14431
- Kamata T, Sato T, Sekijima T (2024) Field validation of avian radar surveys: effects of differences in species and flock sizes on echoes. Scientific Reports (under review)

[口頭発表] 18件

- 鎌田泰斗、河村佳世、佐藤雄大、島田泰夫、河口洋一、関島恒夫、第26回応用生態工学会 (2023年9月21日 京都大学)、風力発電の環境アセスメントへの利用にむけたレーダー鳥調査手法の開発
- 佐藤雄大、河口洋一、赤坂卓美、第26回応用生態工学会 (2023年9月21日、京都大学)、船舶レーダーはコウモリの飛翔個体数を捉えることができるのか？

[国民との科学・技術対話] 4件

- 一般公開シンポジウム「レーダデータを用いた鳥類&コウモリ類の環境影響評価手法を考える」(2024年3月17日、ウェビナーによるオンライン開催、視聴者約200名)
- イヌワシフォーラム「猛禽類の頂点“イヌワシ”について」(注；講演の中で風力発電に対する鳥類の影響について紹介) (2022年7月23日、岩手県石巻地区森林組合研修センター)



ご清聴有り難うございました。