

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.907

March 2016

## 新技術等を用いた猛禽類の調査手法に関する技術資料

防災・メンテナンス基盤研究センター 緑化生態研究室  
研究官 上野 裕介  
室長 栗原 正夫

The Technical Report of Surveying Techniques of Raptors Using New Technology

Landscape and Ecology Division  
Researcher Yusuke UENO  
Head Masao KURIHARA

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

## 新技術等を用いた猛禽類の調査手法に関する技術資料

防災・メンテナンス基盤研究センター 緑化生態研究室

研究官  
室 長

上野 裕介  
栗原 正夫

The Technical Report of Surveying Techniques of Raptors Using New Technology

Research Center for Land and Construction Management Landscape and Ecology Division  
Researcher Yusuke UENO  
Head Masao KURIHARA

### 概要

本資料は、環境影響評価などで対象となる機会の多い猛禽類について調査の効率化・高度化を目的に、近年開発された様々な動物調査技術を整理し、その中から猛禽類調査に活用可能な技術を、実地検証の結果もふまえとりまとめたものである。

キーワード: 猛禽類、調査技術、GPS、赤外線サーモカメラ、船舶レーダー、音声解析

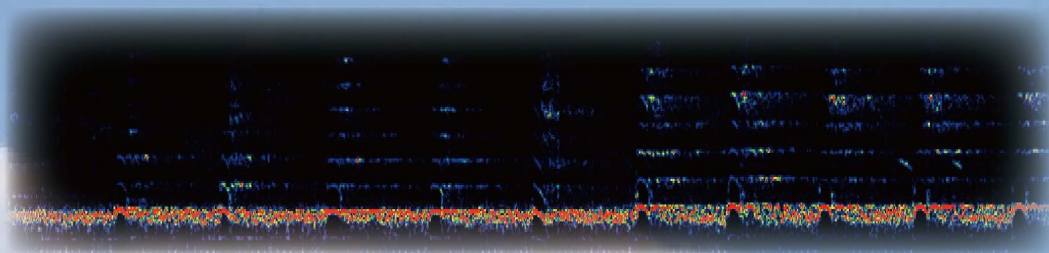
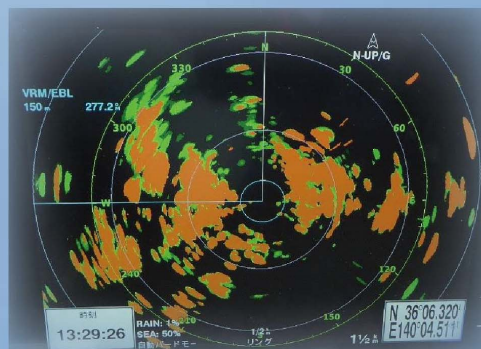
### Synopsis

This document is the technical report of surveying techniques of raptors, which are often candidate of conservation under environmental assessments in public works (e.g., road projects). In this document, authors organized the information about bird survey techniques using advanced equipment and technologies, and examined several survey techniques in the field among them.

Key Words: Raptor, Surveying Technique, GPS, Infrared Thermal Camera, Rader, Sound Analysis

# 新技術等を用いた猛禽類の調査手法に関する技術資料

The Technical Report of Surveying Techniques of Raptors Using New Technology



平成 28 年 3 月

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management,  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, JAPAN

表紙写真(本資料で紹介した技術)







## はじめに：本資料のねらい

---

国内に生息する猛禽類の多くは、希少種かつ生態系の上位種であり、道路やダム、河川改修、宅地造成、緑地整備などの様々な場において環境保全措置が求められる生物の一つでもある。国直轄の道路事業においても、全国各地で猛禽類の生息状況のモニタリング調査と環境保全措置が実施されてきた。

従来型の猛禽類のモニタリング調査では、経験豊富な調査員が現地踏査を行い、対象種を発見し、双眼鏡などで行動観察や繁殖状況の確認を行ってきた。一方、これらの調査には、多くの人員と期間、費用を必要とすることに加え、地形や植生によっては思うように調査ができない状況もあった。

近年、動物調査の分野において、様々な先端機器や技術を用いた調査手法が考案されている。国総研では、各種の公共事業における効果的な環境保全措置と、野生動物の効率的・効果的なモニタリング手法の確立を目指しており、これら新技術を活用した調査手法についても研究を行っている。

このような背景のもと、本資料は、環境アセスメント等における猛禽類のモニタリング調査の効率化・高度化に有益と考えられる各種の先端機器、技術を整理した他、一部の技術については現場での活用を想定し、実証試験を行った成果をとりまとめたものである。具体的には、赤外線サーモカメラ（2機種：一般用、動物調査用）、船舶レーダー、小型GPS内蔵の位置追跡装置を用いて猛禽類の発見と追跡調査の有効性について検証を行った結果、ならびに猛禽類（オオタカ）の生息有無や繁殖行動を音声解析によって機械的に判定するための技術開発を行った結果を掲載している。

なお、本資料は、道路事業等における猛禽類のモニタリング調査を実施する際の参考となる技術を取りまとめたものであり、一部には試行段階のものも含まれている。そのため、必ずしも記載されている先端機器や技術を新たに行うことを推奨するものではない。一方で技術の進歩は早く、本資料で取り上げたような技術が、数年後には広く普及している可能性もある。そのため実際に用いる際には、現地の状況や調査の目的、コストと得られる成果を勘案し、手法を選んでほしい。

環境保全措置の手法や仕組みも、時代背景に合わせて、効果的・効率的なものへと変化させていく必要がある。本資料がそのような取り組みの一助となり、我が国の豊かな自然環境の保全に資することを期待している。



# 新技術等を用いた猛禽類の調査手法に関する技術資料

## 目 次



### はじめに:本資料のねらい

---



### 1 猛禽類調査への新技術の適用

---

.....1- 1

1.1 猛禽類調査に求められる調査技術

.....1- 1

1.2 野生動物のモニタリング技術一覧

.....1- 8

1.3 猛禽類の調査に活用可能なモニタリング技術一覧

.....1- 9



### 2 新技術の実用化に向けた野外試験

---

.....2- 1

2.1 野外試験の概要と目的

.....2- 1

2.2 GPS 搭載型電波発信機(GPS-TX)

.....2- 2

2.3 赤外線サーモカメラ

.....2- 9

2.4 レーダー

.....2-19



### 3 音声解析を用いた猛禽類の生息判定技術

---

.....3- 1

3.1 音声解析を用いた生息判定技術の開発の背景と目的

.....3- 1

3.2 音声解析を用いたオオタカの生息判定技術の開発

.....3- 2

3.3 オオタカの生息判定技術の活用場面と活用上の留意点

.....3-19

<巻末> 新技術等を用いた猛禽類調査に関する文献リスト



# 1. 猛禽類調査への新技術の適用

## 1-1 猛禽類調査に求められる調査技術

猛禽類調査に関する手引き類は、これまでもいくつか出版されている。ここでは、以下の 8 種の手引き類において示されている調査項目を整理した（表 1-1-1）。

1. 猛禽類保護の進め方 -特にイヌワシ、クマタカ、オオタカについて-,平成 8 年 8 月,環境庁自然保護局野生生物課
2. 猛禽類保護の進め方(改定版), -特にイヌワシ、クマタカ、オオタカについて-,平成 24 年 12 月,環境省自然環境局野生生物課
3. 国総研資料 第 721 号 (道路環境影響評価の技術手法「13-動物、植物、生態系」の環境保全措置に関する事例集),平成 25 年 3 月,国土交通省国土技術政策総合研究所
4. ダム事業におけるイヌワシ・クマタカの調査方法(改訂版),平成 21 年 3 月,(財)ダム水源地環境整備センター
5. サシバの保護の進め方,平成 25 年 12 月,環境省自然環境局野生生物課
6. オオタカの営巣地における森林施業,平成 10 年 7 月,(社)日本森林技術協会
7. オオタカの営巣地における森林施業 2,平成 20 年 12 月,(社)日本森林技術協会
8. オオタカの人工代替巣設置に関する手引(案),平成 20 年 1 月,(財)道路環境研究所

これら整理結果を見ると、調査項目は 11 に分類でき、調査では「個体位置の確認」、「繁殖状況の確認」、「個体の生息確認」、「個体の識別」に関する技術が必要とされていることがわかる。

なお、上記 1~8 の各手引きの概要と記載内容は表 1-1-2 に示した。また、道路事業と関連が深い上記 1~5 の手引きに記載の調査内容の詳細については、図 1-1-1~5 に示した。

表 1-1-1 手引き類に記載された猛禽類の調査項目と必要とされる技術

調査項目	必要とされる技術			
	個体位置の確認	繁殖状況の確認	個体の生息確認	個体の識別
① 生息状況の調査 (生息情報の収集・現地調査)			●	●
② 営巣場所の特定			●	●
③ 繁殖状況の確認		●		
④ 行動圏の特定	●			●
⑤ 営巣中心域の特定	●			
⑥ 営巣期高利用域の特定				
⑦ 非営巣期高利用域の特定				
⑧ 採食地の推定	●			
⑨ 環境保全措置検討のための調査				
⑩ モニタリング (工事影響の評価)		●		
⑪ 営巣環境の把握	●	●	●	



表 1-1-2 参照した各手引きの概要

No.	資料名称	概要	対象種			
			イヌワシ	クマタカ	オオタカ	サシバ
1	猛禽類保護の進め方 -特にイヌワシ、クマタカ、オオタカについて-	イヌワシ、クマタカ、オオタカについて、「保護の現状と保護対策の基本方向」、「生息状況」、「 <u>保護のための調査</u> と保護方策」、「今後の課題」が記載されたものである。	●	●	●	
2	猛禽類保護の進め方 (改定版)-特にイヌワシ、クマタカ、オオタカについて-	「猛禽類保護の進め方」(平成8年8月)について、 <u>最新の情報を基に調査方法、解析方法等の見直し</u> が行われたものである。	●	●	●	
3	国総研資料 第721号 (道路環境影響評価の技術手法「13.動物、植物、生態系」の環境保全措置に関する事例集)	「道路環境影響評価の技術手法」(平成25年3月)の参考として、環境保全措置の事例をとりまとめられたものである。猛禽類については、「希少猛禽類の保全の概要」、「 <u>環境影響評価の進め方(オオタカ、サシバの場合)</u> 」、「環境保全措置の事例」、「事後調査の事例」、「希少猛禽類の対策事例」が記載されている。			●	●
4	ダム事業におけるイヌワシ・クマタカの調査方法(改訂版)	ダム事業におけるイヌワシ・クマタカの調査方法をとりまとめたものである。ダム事業におけるイヌワシ・クマタカ調査の進め方として、「 <u>工事前における調査方法</u> 」、「 <u>工事期間中の調査方法</u> 」、「 <u>完成後の調査方法</u> 」が記載されている。	●	●		
5	サシバの保護の進め方	「猛禽類保護の進め方(改定版)」(平成24年12月)の別冊として、サシバの「生息状況」、「 <u>保護のための調査</u> と保全措置」、「今後の課題」が記載されたものである。				●
6	オオタカの営巣地における森林施業	オオタカ等の猛禽類が生息する場所における、林業施行の方針をとりまとめたものである。「人工林・二次林に生息する猛禽類の一般的生態」、「人工林等の管理」、「森林施業の実施上留意すべき事項」が記載されている。 <u>調査方法は、留意すべき事項として記載されている程度</u> である。			●	
7	オオタカの営巣地における森林施業2	オオタカの生息環境の改善に寄与する森林の取り扱いなどをとりまとめたものである。「オオタカの生息環境の改善に寄与する施行のあり方」、「モデル地区における森林施業の考え方」、「森林施業実施上の留意事項」が記載されている。 <u>調査方法は、記載されていない</u> 。			●	
8	オオタカの人工代替巣設置に関する手引(案)	オオタカの人工代替巣設置に係る方法等を取りまとめたものである。「架巣適地林の抽出」、「架巣木の選定」、「架巣高の設定」、「オオタカ誘導のための「擬似枝設置」方法」を記載。架巣適地林の抽出基準や方法、架巣木の選定基準が記載されている。 <u>調査方法は、記載されていない</u> 。			●	

注) 赤字は調査方法についての記載状況。調査方法については、主にNo1~5を参照した。





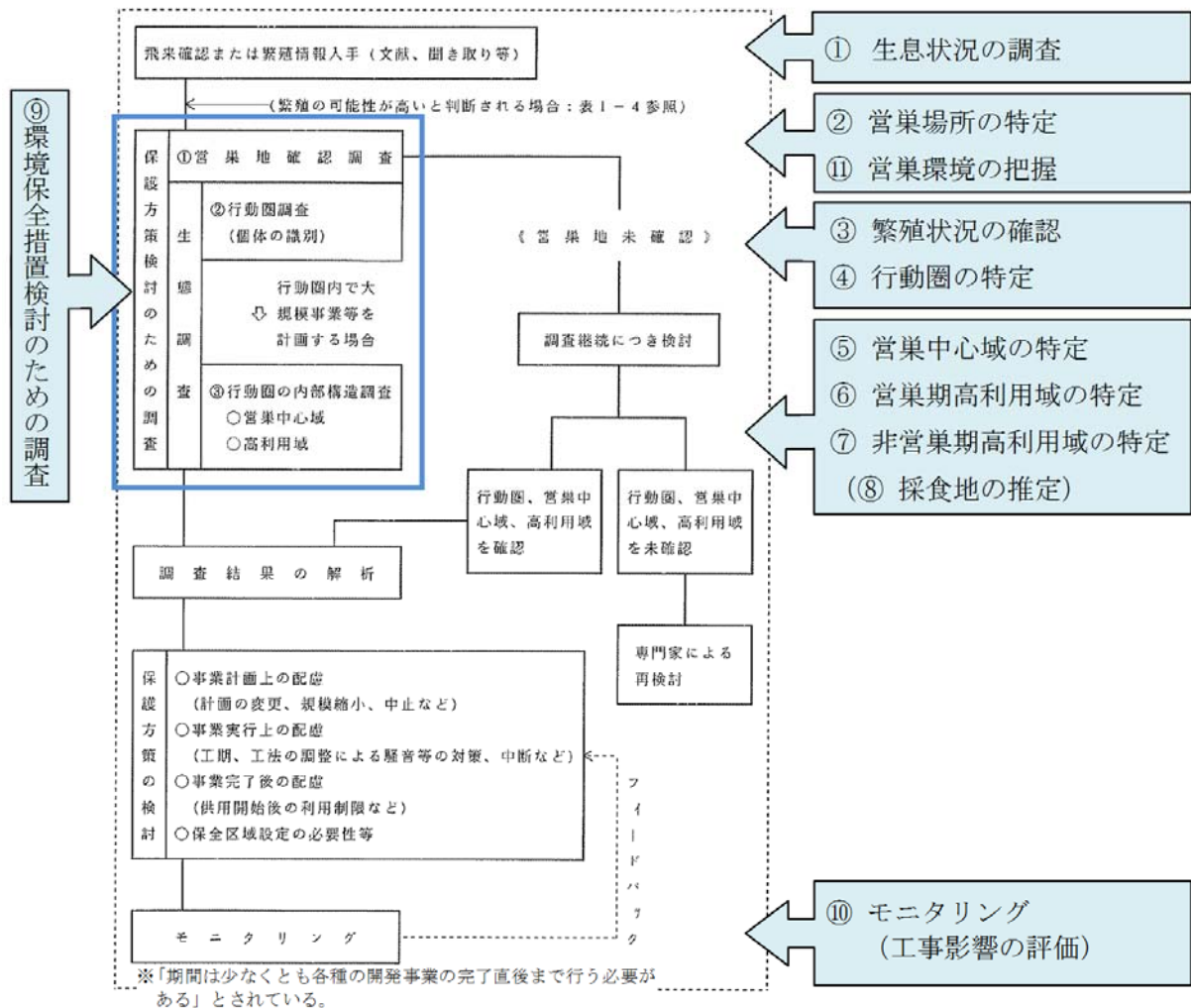
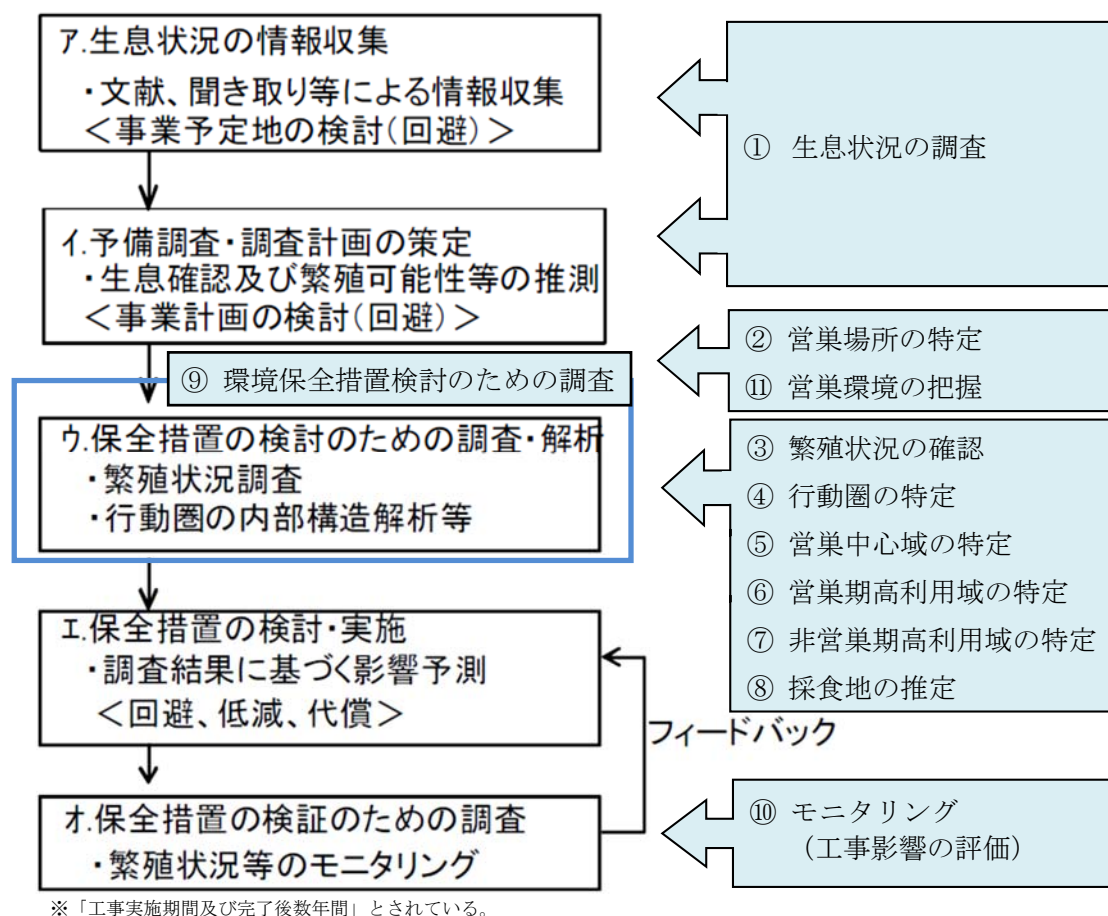


図 1-1-1 「猛禽類保護の進め方」における調査内容

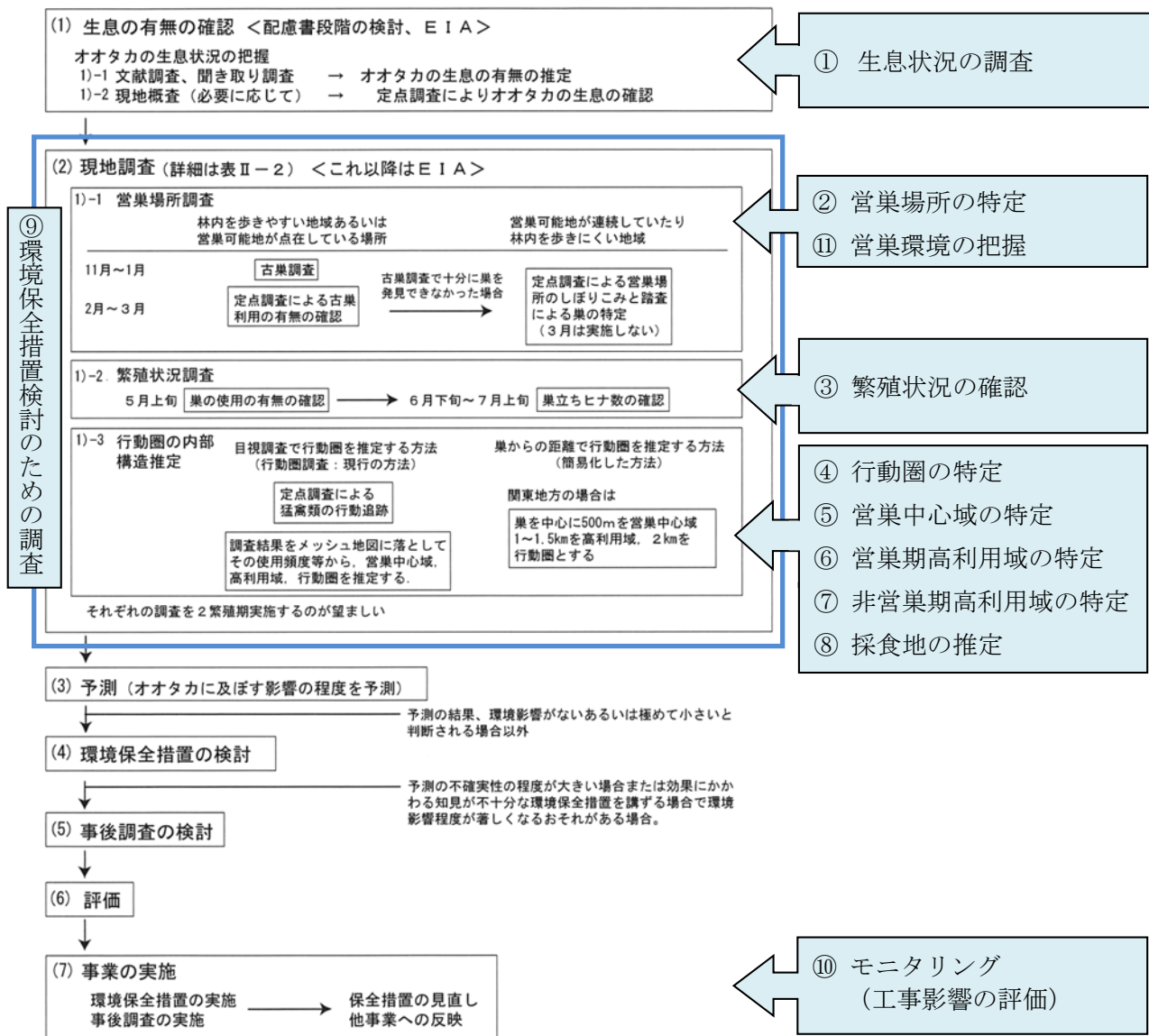
初版の「猛禽類保護の進め方」（平成 8 年 8 月）においては、⑨環境保全措置検討のための調査が、②～⑦及び⑩の調査項目により構成されている。また、⑧採食地の推定については、明確な記載はない。⑩モニタリングについては、「工事完了直後まで」とされている。



注)「猛禽類保護の進め方(改訂版)」(平成24年12月)に加筆。

図1-1-2 「猛禽類保護の進め方(改訂版)」における調査内容

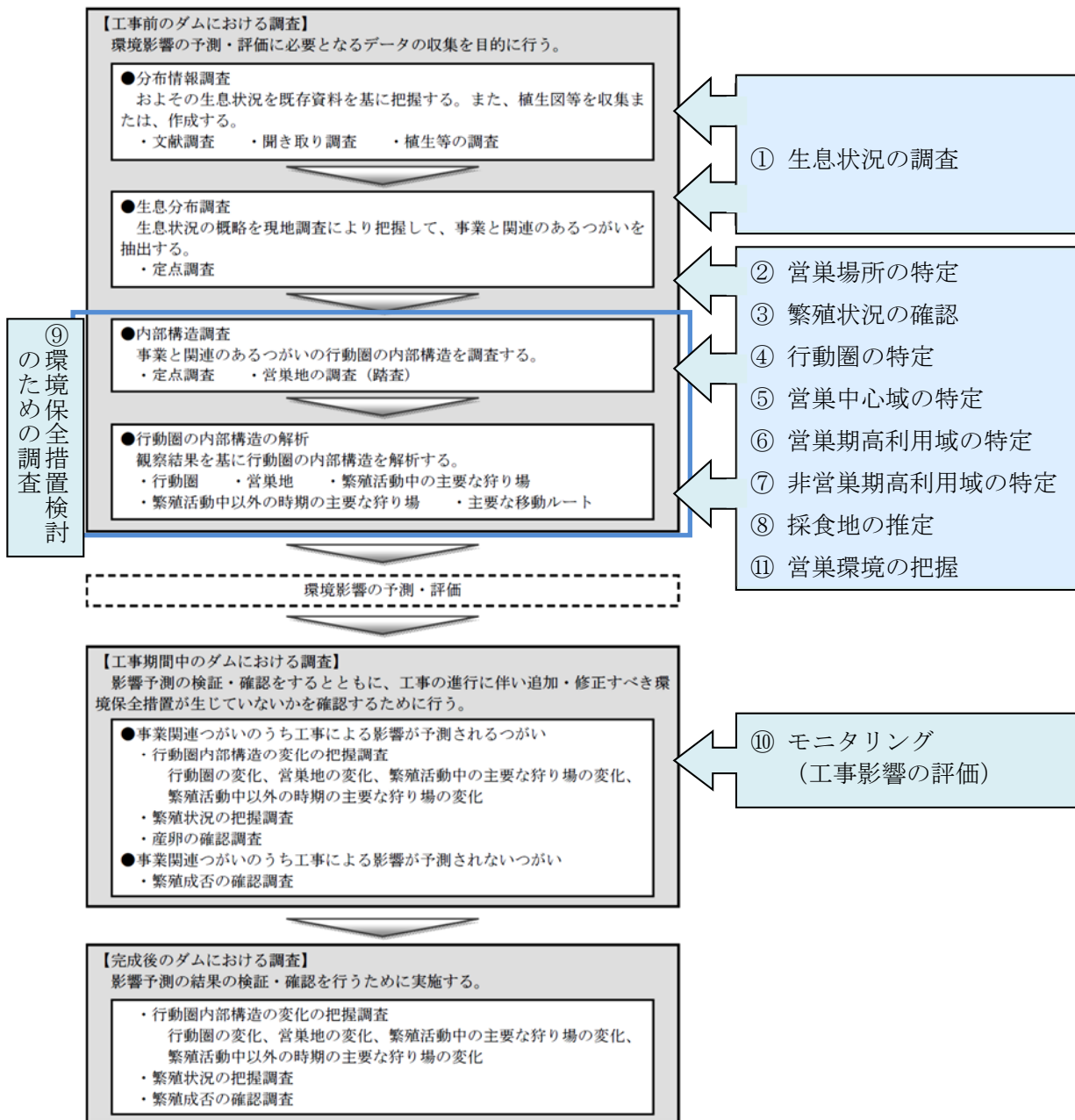
「猛禽類保護の進め方(改訂版)」(平成24年12月)においては、①生息状況の調査から、⑨環境保全措置検討のための調査までの間に、生息確認及び繁殖可能性の推測を行い、事業計画の検討(回避)を行うための予備調査が位置づけられているものの、その内容については明確な記載はない。⑨環境保全措置検討のための調査については、初版と同様②～⑧及び⑩の調査項目により構成されている。改訂版では、⑧採食地の推定について明記された。⑩モニタリングについては、「工事実施期間及び完了後数年間」とされている。



注) 「国総研資料 第721号」(平成25年3月)に加筆。

図 1-1-3 「国総研資料第721号」における調査内容

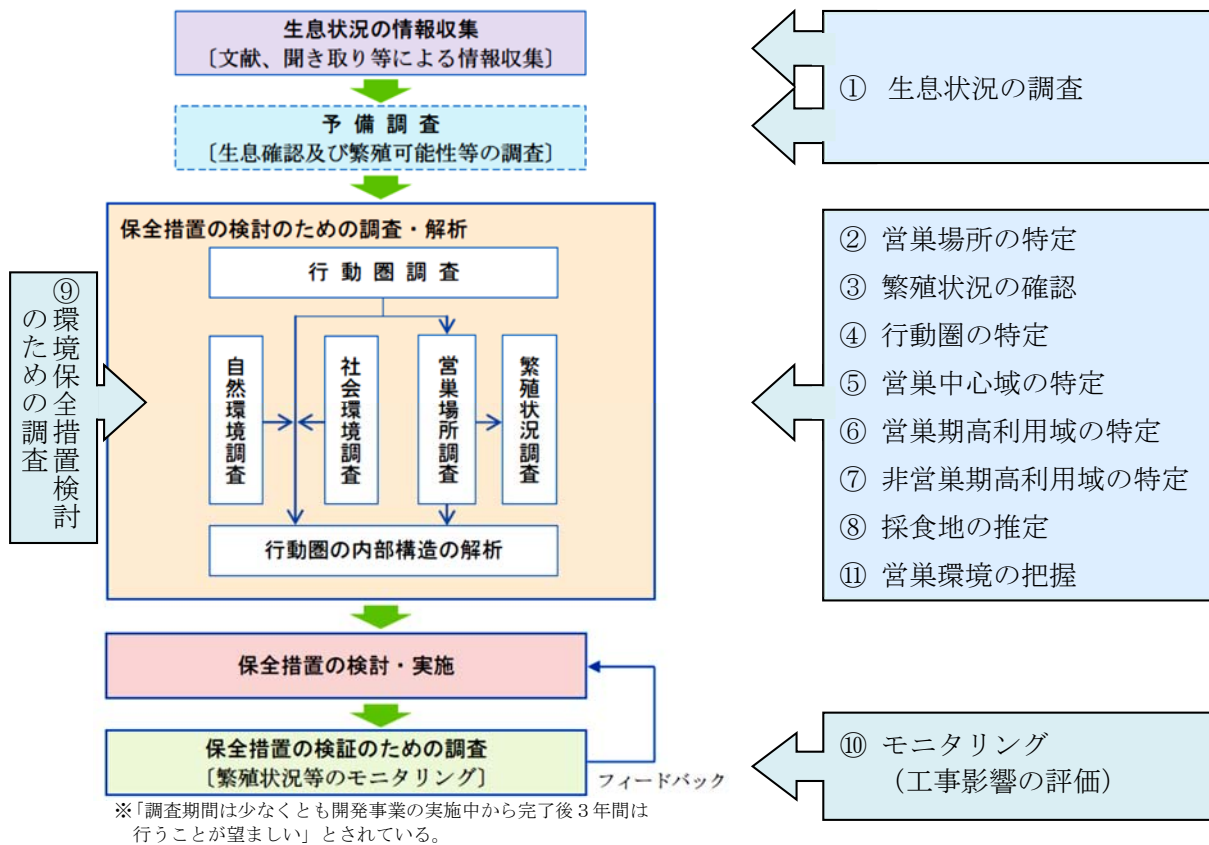
「国総研資料 第721号」(平成25年3月)においては、①生息状況の調査において必要に応じた現地概査が位置づけられている。⑨環境保全措置検討のための調査については、②~⑧及び⑪の調査項目により構成されている。⑩モニタリングについては、時期、期間等についての記載はない。



注) 「ダム事業におけるイヌワシ・クマタカの調査方法（改訂版）」（平成 21 年 3 月）をもとに作成。

図 1-1-4 「ダム事業におけるイヌワシ・クマタカの調査方法（改訂版）」における調査内容

「ダム事業におけるイヌワシ・クマタカの調査方法（改訂版）」（平成 21 年 3 月）においては、①生息状況の調査として、分布情報と生息分布調査が位置づけられており、生息分布調査は、定点調査により事業と関連のあるつがいの抽出までとしている。⑨環境保全措置検討のための調査については、②～⑧及び⑪の調査項目により構成されている。⑩モニタリングについては、工事期間中と、完成後の調査を区別している。事業関連つがい（工事区域や湛水区域にイヌワシの行動圏やクマタカのコアエリアを含むつがい）を対象に、工事期間中は影響予測の検証・確認、環境保全措置の効果の確認・見直し等を目的とし、完成後は影響予測の検証・確認、今後のダム事業への反映を目的としている。



注) 「サシバの保護の進め方」(平成 25 年 12 月) に加筆。

図 1-1-5 「サシバ保護の進め方」における調査内容

「サシバの保護の進め方」(平成 25 年 12 月) においては、①生息状況の調査から、⑨環境保全措置検討のための調査までの間に、サシバの生息確認と事業予定地周辺でのサシバの繁殖の可能性を調査する予備調査が位置づけられている。⑨環境保全措置検討のための調査については、②～⑧及び⑪の調査項目により構成されている。⑩モニタリングについては、「調査期間は少なくとも開発事業の実施中から完了後3年間を行うことが望ましい」とされている。



## 1-2 野生動物のモニタリング技術一覧

近年、動物調査の分野において、様々な先端機器や技術を用いた調査手法が考案されている。ここでは実用あるいは試験段階にある動物のモニタリング手法の中で、猛禽類の調査にも援用可能と考えられる技術を整理した（表 1-2-1）。

各新技術は用途別に、1. 動物の位置を確認する（位置追跡装置）、2. 個体の状態記録（バイオリギング装置）、3. 遠隔監視・記録システム、4. 個体識別手法、5. その他、に大別される。

表 1-2-1 動物のモニタリング技術（猛禽類調査において援用可能と考えられる技術を抜粋）

技術の用途	番号	技術名称	概要
動物の位置を確認する（位置追跡装置）	1	テレメトリー	対象個体に装着した発信機から電波を調査員が受信機を用いて、ほぼリアルタイムで把握する。
	2	GPS (Global positioning system)	発信機の位置を GPS で記録する。データは発信機の回収後に確認可能。
	3	GPS 搭載型電波発信機 (GPS アルゴス)	発信機の位置を GPS で記録する。データはアルゴシステムを通して最短で数時間、通常 3~4 日程度の間隔での位置把握が可能。地球上のどこでも位置が把握可能。
	4	GPS-GSM	発信機の位置を GPS で記録する。データは携帯電話会社の電波 GSM (Global Systems for Mobile Communications)
	5	ジオロケータ	明るさを記録するデータロガーの一種で、日長、南中時刻から渡りの経路が推定できる。
	6	ATS (アドバンスドテレメトリスシステム)	設置した受信基地局から三角測量の原理を用いて、対象個体に装着した発信機の位置をリアルタイムで把握する。
	7	GPS 搭載型電波発信機 (GPS-TX)	対象個体に装着した GPS で位置を測位する。緯度・経度・高度を無線でリアルタイムに伝送し、基地局で対象個体の位置情報を受信し、記録/可視化。
	8	レーダー	船舶レーダーに映る鳥類からの反射エコーを捉えて、2km 程度までの飛翔軌跡を追跡する。
個体の状態記録 (バイオリギング装置)	9	加速度センサー ジャイロセンサー	一定時間の間に対象個体の速度がどれだけ変化したか対象個体の角度や角速度を測定する。飛翔、停止状態にあるかがわかる。
	10	装着型小型カメラ	対象個体の頭頂部などに小型カメラを装着して、対象個体から見える周辺の状況を撮影する。
	11	温度計・心拍計	巣内などに設置して、体温や心拍数を記録する。
遠隔監視・記録システム	12	CCD カメラ	巣の直近に CCD カメラを設置して、巣内の様子を動画で撮影する。
	13	インターバルカメラ	巣の直近にカメラを設置して、巣内の様子を静止画で撮影する。
	14	動物検知カメラ	赤外線で検知して、動物の動きがあった場合に静止画・動画の撮影を行う。
	15	振動検知センサー	揺れを記録。
	16	如意棒	先端にカメラがついた棒を伸ばして、巣内の様子をのぞく。
	17	UAV (Unmanned Aerial Vehicle)	カメラを搭載したヘリコプターを飛ばして、巣の上方から撮影を行う。
個体識別手法	18	標識	標識を装着して個体識別を行う。
	19	鳴き声録音 (音声解析)	捕獲を行わずに、鳴き声を採取して声紋解析を行い、個体識別を行う。
	20	IC タグを装着して個体識別を行う。	
	21	遺伝子解析 (マイクロサテライトマーカー)	DNA を用いて個体群の交流関係や親子関係を把握する。
	22	遺伝子解析 (ミトコンドリア DNA)	ミトコンドリアの DNA を用いて、個体群の交流関係を把握する。
その他	23	安定同位体	残留物等を分析して、安定同位体によって、どのような餌資源に依存するかが推定できる。
	24	サーモカメラ	個体から発せられる赤外線カメラで探知する。
	25	鳴き返し (コールバック)	対象種の鳴き声を大音量で流して、生息状況の確認をする。

注) これらの整理にあたっては、Google 検索や Jdream の文献検索サービス等を用いて、動物のモニタリング手法に関する研究や事例収集を行い、猛禽類調査に活用可能な新技術を抽出した。

### 1-3 猛禽類の調査に活用可能なモニタリング技術一覧

前項で挙げた各技術のうち代表的なものについて、猛禽類調査での活用場面（個体の位置を確認する、繁殖状況等を確認する、生息を確認する、個体の識別精度を高める）と活用が想定される調査項目、実用レベルを整理した（表 1-3-1～27）。また、これらの技術を用いた既往研究については、巻末の文献リストに収録した。

表 1-3-1 各技術の猛禽類調査での活用場面と実用レベル

活用場面	活用が想定される調査項目	技術の名称	実用レベル <sup>注)</sup>			
			I	II	III	IV
個体の位置を確認する	④行動圏の特定	テレメトリー				●
	⑤営巣中心域の特定	GPS				●
	⑧採食地の推定	GPS 搭載型電波発信機				●
	⑩モニタリング	(GPS アルゴス)				
		ATS (アドバンスドテレメトリスシステム)			●	
		GPS 搭載型電波発信機 (GPS-TX)			●	
		レーダー(1)(リアルタイム通知)		●		
		レーダー(2)(自動追尾)	●			
繁殖状況等を確認する	③繁殖状況の確認	加加速度センサー・ジャイロセンサー			●	
	⑩モニタリング	CCD カメラ(1)(常時監視用)				●
	⑪営巣環境の把握	CCD カメラ(2)(一時確認用)				●
		インターバルカメラ				●
		センサーカメラ				●
		装着型カメラ	●			
		如意棒カメラ				●
個体の生息を確認する	①生息状況の調査	赤外線サーモカメラ			●	
	②営巣場所の特定	UAV (ドローン)				●
	⑪営巣環境の把握	UAV + 赤外線サーモカメラ		●		
		鳴き声録音 (音声解析)		●		
		鳴き返し (コールバック)		●		
個体の識別精度を高める	①生息状況の調査	標識				●
	②営巣場所の特定	マイクロチップ			●	
	④行動圏の特定	遺伝子解析				●

注) I：将来的な技術進歩によっては、活用可能性あり。

II：技術の開発段階。活用実績がほとんどないため、技術的な有効性の検証が必要。

III：研究レベルでの活用実績はあるが、道路事業等における活用実績は乏しい。

IV：道路事業で活用の実績あり、または一般的な調査手法として確立されている。

表 1-3-2 「1. 個体の位置を確認する」技術の名称と概要

No.	技術名称	取得可能なデータの種類	データ位置精度	データ取得範囲	データ回収方法	装着機材の例		備考
						記録間隔/稼働期間	重量	
1	テレメトリー	・位置：電波の方向から推定（現場で調査した結果を図面上に位置記録）	・数 m～数十 m ・地形や植生の状況にかなり左右される。	・調査員が追跡できる範囲から 1km 程度以内の範囲	・再捕獲不要 ・機器が発する電波を受信 ・ほぼリアルタイム受信	調査員が探索したタイミング/2ヶ月	14g	熟練した追跡技術が必要
2	GPS	・位置：衛星データを取得（緯度経度） ・高度：GPS 自記データ		・地球全域	・再捕獲要（データ発信機能なしの場合） ・機器に蓄積されているデータを回収	1時間/5日（記録回数100回）	1g	
3	GPS 搭載型電波発信機（GPS アルゴス）	・位置：衛星データを取得（緯度経度） ・高度：GPS 自記データ		・地球全域	・再捕獲不要 ・機器が発する電波を衛星経由で受信 ・最短で数時間後、通常 3～4 日後	1日に 1～5 回/半永久（記録回数制限無）	5g	衛星通信のための登録・利用料が発生
4	ATS（アドバンスドテレメトリスシステム）	・位置：電波の方向から推定（自動解析）		・受信局設置範囲（数 km 程度）	・再捕獲不要 ・機器が発する電波を受信	5分間隔/2ヶ月	14g	テレメトリーに用いられる発信機を装着
5	GPS 搭載型電波発信機（GPS-TX）	・位置：衛星データを取得（緯度経度） ・高度：GPS 自記データ		・受信局設置範囲（数十～数百 km 程度） ・電波の遮蔽範囲を除く	・リアルタイム受信	1時間間隔/10日（記録回数200回）	13.5g	見晴らしのよい場所に受信局を設置
						1時間間隔/30日（記録回数700回）	24g	
6	レーダー	・位置または高度（2台使用で同時に位置と高度の把握事例あり）	・数 m～数百 m（探知する距離の設定による） ・地形や植生の状況にかなり左右される。	・機器の回転面から、また 20 度の角度幅 ・電波の遮蔽範囲を除く	・捕獲不要 ・反射波の受信 ・リアルタイム	2.5 秒間隔/観測期間中	不要	

表 1-3-3(1) 新技術等の内容

<p>実用レベル <b>IV</b> 実用</p>	<h2 style="margin: 0;">個体の位置を確認する</h2>	
<p>名 称</p>	<h3 style="margin: 0;">① テレメトリー</h3>	
<p>概 要</p>	<p>確認したい個体を捕獲し、発信機を取り付け、発信機からの電波を頼りに個体の位置を把握する。</p>	
<p>技術とデータの特徴</p>	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 目視確認が難しい林内においても、ある程度の位置の把握が可能である。</li> <li>・ 対象個体の位置がほぼリアルタイムで把握可能。</li> </ul> <p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ データは、調査員の追跡期間のみ取得できる。</li> <li>・ 追跡には熟練した技術が必要である。</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; background-color: #e0e0e0;"> <p style="margin: 0;">捕獲・機器取付</p> </div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;"> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; background-color: #e0e0e0;"> <p style="margin: 0;">常時追跡</p> </div>
<p>調査のイメージ</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>(1) 捕獲して発信機を装着する</b></p>  <p style="font-size: small;">発信機は、布製のベルトで背負わせるように装着する。ベルトを縫い付ける糸の劣化速度で脱落のコントロールを行うこととしている。</p> <p style="text-align: center;"><b>図(1) 装着のイメージ</b></p> <p><b>(2) アンテナで追跡する</b></p> <p>車や徒歩で追跡しながら、三角測量の要領で位置を特定する。特定した位置を図面に落とす。(熟練した技術が必要)</p>  <p style="font-size: small;">アンテナと電波の方向が合致するとメータが振れる、信号音が大きくなるといったことで、個体がいる方向を確認する。もう一点からも方向を確認することでおよその位置を推定する。</p> <p style="text-align: center;"><b>図(3) 追跡のイメージ②</b></p> </div> <div style="width: 45%;">  <p style="text-align: center;">写真(1) 使用する発信機(例)</p>  <p style="text-align: center;">図(2) 追跡のイメージ①</p>  <p style="text-align: center;">写真(2) 追跡のイメージ</p> </div> </div>	
<p>必要機材(例)</p>	<p>電波発信機、アンテナ、受信機 (捕獲用罟など別途)</p>	

表 1-3-3(2) 新技術等の内容

実用レベル IV 実用	個体の位置を確認する	
名 称	① テレメトリー	
準備期間	主に許可手続きのために最低半年程度（ <u>種の保存法</u> ：1ヶ月以上、 <u>鳥獣保護法</u> ：1ヶ月以上、 <u>文化財保護法</u> ：2～3ヶ月程度、 <u>電波法</u> ：半年以上）	
制約条件	調査対象種	<ul style="list-style-type: none"> <li>電池容量とのトレードオフとなるが、発信機は様々な動物に装着できるサイズ（最小1g程度）が開発されてきており、基本的には<u>すべての種で発信機の装着が可能</u>。</li> <li>猛禽類向けで実用化されている例としては、重量約14g、電池寿命約2ヶ月、実用通信距離1kmが実現している。</li> </ul>
	調査対象地	周辺の地形や植生の状況（特に森林や谷間）によっては位置測位の精度が低下する。
	法規制	なし
	許可手続き	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>種の保存法</u>に基づいて、国内希少野生動植物種の指定種を捕獲する場合は、環境省に捕獲等の申請を行う。</li> <li><u>鳥獣保護法</u>に基づいて、国指定鳥獣保護区内や希少鳥獣に該当する種を捕獲する場合は環境省、それに該当しない場合は対象箇所を含む自治体に捕獲許可を提出する。</li> <li><u>文化財保護法</u>に基づいて、天然記念物に指定される種の場合は、文化庁または教育委員会に現状変更許可を提出する。</li> <li><u>電波法</u>に基づいて、技術基準適合証明取得済みの機械を使用するのであれば許可申請の手続きは必要ない。証明が無いものについては、特定実験試験局による運用の場合は、総務省の地方通信局と周波数帯の割り当てについて協議し、申請を行う。技術基準適合証明を取得する場合は、総務省に機械の設計等に関する技術資料を提出し、使用する機械について点検を受ける。</li> </ul>
	技術者の確保	捕獲、追跡が行える技術者の確保。
	猛禽類への影響	捕獲・機器装着を伴うため、個体に対して負担がかかる。
	概算費用	導 入
運 用		人件費：追跡2人×必要日数
データ整理		確認した位置を現場で図面に記録して持ち帰り、室内でGIS等に入力し位置情報等を整理する。
導入効果	費 用	特定の個体を追跡するということが目的であれば、広く定点を配置する必要がなく、コストダウンにつながる可能性がある。
	精 度	目視では確認できない範囲にいる個体についてもおおよその位置（誤差数百m）を把握することができる。
調達方法	国 内	国内メーカーあり。輸入代理店あり。リースなし。
	国 外	アメリカ、イギリス、ニュージーランドなど多数。リースなし。
国内外における適用事例	堀江ら（2007）栃木県におけるオオタカ雄成鳥の行動圏の季節変化 日本鳥学会誌 56(1):22-32	





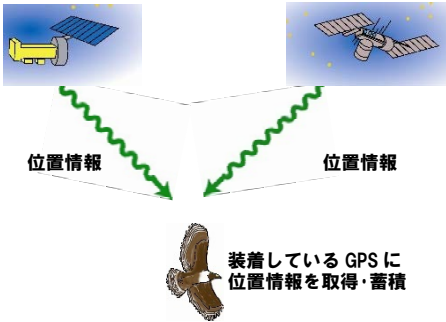
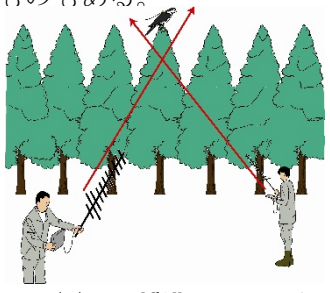
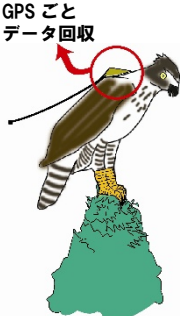

<p>実用レベル <b>IV</b> 実用</p>	<h2 style="margin: 0;">個体の位置を確認する</h2>	
<p>名 称</p>	<h3 style="margin: 0;">② GPS (Global Positioning System)</h3>	
<p>概 要</p>	<p>確認したい個体を捕獲し、取り付けた GPS で位置情報を取得する。</p>	
<p>技術とデータの特徴</p>	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・目視確認が難しい林内においても、ある程度の把握が可能である。</li> <li>・調査員が追跡しなくてもデータが取得可能である。</li> </ul> <p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・データを回収するためには機材を回収する必要がある。</li> <li>・成鳥の捕獲は、特に熟練の技術が必要。</li> <li>・データ発信の機能はない。</li> </ul>	
<p>調査のイメージ</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>(1) 捕獲して発信機を装着する</b></p>  <p>発信機は、布製のベルトで背負わせるように装着する。ベルトを縫い付ける糸の劣化速度で脱落のコントロールを行うこととしている。</p> <p style="text-align: center;"><b>図 (1) 装着のイメージ</b></p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>(2) 位置情報は GPS で自動取得</b></p>  <p>装着している GPS に位置情報を取得・蓄積</p> <p>放鳥後は、装着した GPS が衛星からの位置情報を自動取得。位置情報が、装着した GPS に蓄積される。</p> <p style="text-align: center;"><b>図 (2) 位置情報取得のイメージ</b></p> </div> </div> <p><b>(3) 再度捕獲してデータを回収</b></p> <p>装着した GPS に一定期間データを蓄積させた頃に、GPS からの電波情報をもとに位置を確認しながら、同個体を再度捕獲し機材を回収する。</p> <p>機種によっては近くまで行くと捕獲しなくても、データをダウンロードできるものもある。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 30%;">  <p style="text-align: center;"><b>図 (3) 再捕獲のイメージ</b></p> </div> <div style="width: 30%;">  <p style="text-align: center;"><b>GPSごとデータ回収</b></p> </div> <div style="width: 30%;">  <p style="text-align: center;"><b>写真 (1) 捕獲鳥のイメージ</b></p> </div> </div>	
<p>必要機材 (例)</p>	<p>GPS、GPS 回収 (探査用) のための電波発信機・アンテナ・受信機 (捕獲用罟など別途)</p>	

表 1-3-4(2) 新技術等の内容

実用レベル IV 実用	個体の位置を確認する	
名 称	② GPS (Global Positioning System)	
準備期間	主に許可手続きのために最低半年程度 ( <u>種の保存法</u> : 1 ヶ月以上、 <u>鳥獣保護法</u> : 1 ヶ月以上、 <u>文化財保護法</u> : 2~3 ヶ月程度、 <u>電波法</u> : 半年以上)	
制約条件	調査対象種	<ul style="list-style-type: none"> <li>電池容量とのトレードオフとなるが、発信機は様々な動物に装着できるサイズ (最小 1g 程度) が開発されてきており、基本的には<u>すべての種で発信機の装着が可能</u>。</li> <li>鳥類向けで実用化されている例としては、重量約 1g、電池寿命約 2 ヶ月、実用通信距離 1km が実現している。</li> </ul>
	調査対象地	周辺の地形や植生の状況 (特に森林や谷間) によっては位置測位の精度が低下する。
	法規制	なし
	許可手続き	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>種の保存法</u>に基づいて、国内希少野生動植物種の指定種を捕獲する場合は、環境省に捕獲等の申請を行う。</li> <li><u>鳥獣保護法</u>に基づいて、国指定鳥獣保護区内や希少鳥獣に該当する種を捕獲する場合は環境省、それに該当しない場合は対象箇所を含む自治体に捕獲許可を提出する。</li> <li><u>文化財保護法</u>に基づいて、天然記念物に指定される種の場合は、文化庁または教育委員会に現状変更許可を提出する。</li> <li><u>電波法</u>に基づいて、技術基準適合証明取得済みの機械を使用するのであれば許可申請の手続きは必要ない。証明が無いものについては、特定実験試験局による運用の場合は、総務省の地方通信局と周波数帯の割り当てについて協議し、申請を行う。技術基準適合証明を取得する場合は、総務省に機械の設計等に関する技術資料を提出し、使用する機械について点検を受ける。</li> </ul>
	技術者の確保	捕獲が行える技術者の確保。(設置・回収の 2 回必要)
	猛禽類への影響	捕獲・機器装着を伴うため、個体に対して負担がかかる。
概算費用	導 入	発信機: 1 台数万~数十万円、受信機: 1 台 5~10 万円、 アンテナ: 1 本 1~5 万円 人件費: 捕獲 2 人×1~7 日
	運 用	人件費: データ回収 2 人×1~7 日
	データ整理	発信機の回収または、遠隔でダウンロードによりデータを回収し、室内で GIS 等により位置情報を整理。
導入効果	費 用	特定の個体を追跡するということが目的であれば、広く定点を配置する必要がなく、コストダウンにつながる可能性がある。
	精 度	目視では確認できない範囲にいる個体についてもおおよその位置を把握することができる。
調達方法	国 内	国内メーカーあり、輸入代理店あり。リースなし。
	国 外	アメリカ、イギリス、ニュージーランドなど。リースなし。
国内外における適用事例	É. Caron-Beaudoin ら(2013) Combined usage of stable isotopes and GPS-based telemetry to understand the feeding ecology of an omnivorous bird, the Ring-billed Gull ( <i>Larus delawarensis</i> ) Canadian Journal of Zoology vol.91(689-697)	

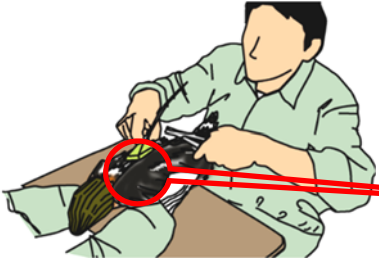
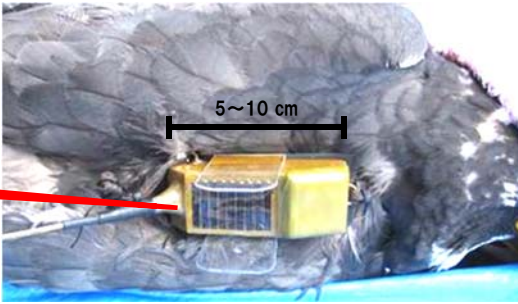
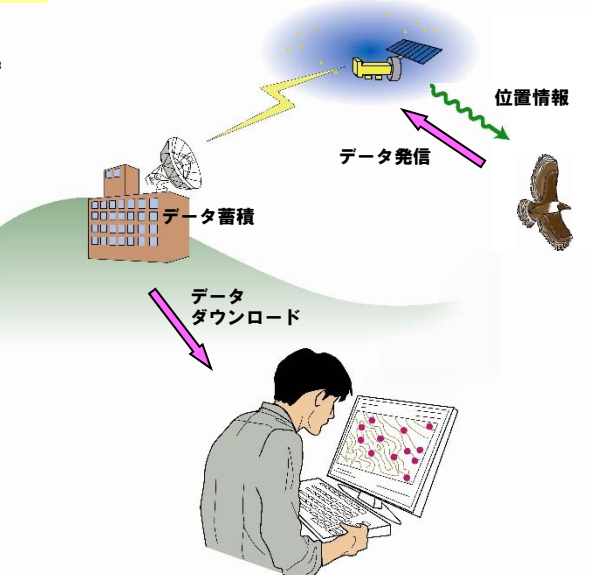
<p>実用レベル <b>IV</b><sub>実用</sub></p>	<h2 style="margin: 0;">個体の位置を確認する</h2>	
<p>名 称</p>	<h3 style="margin: 0;">③ GPS 搭載型電波発信機 (GPS アルゴス)</h3>	
<p>概 要</p>	<p>確認したい個体を捕獲し、取り付けた GPS で位置情報を取得する。データはアルゴス衛星に送られたものを、遠隔でダウンロードして確認する。</p>	
<p>技術とデータの特徴</p>	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・目視確認が難しい林内においても、ある程度の把握が可能である。</li> <li>・調査員が追跡しなくてもデータが取得可能である。</li> <li>・機材を回収する必要がない。</li> <li>・<b>地球規模でのデータ取得</b>が可能。</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p><b>捕獲・機器取付</b></p> <p>↓</p> <p><b>GPS による位置情報の自動取得</b></p> <p>↓</p> <p><b>衛星を介してデータを自動ダウンロード</b></p> </div>
	<p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・データ送信にも電力を消費するため、電池・発電容量の制限で、現在取得できるデータは一日に数回程度である。</li> </ul>	
<p>調査のイメージ</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>(1) 捕獲して発信機を装着する</b></p>  <p>発信機は、布製のベルトで背負わせるように装着する。ベルトを縫い付ける糸の劣化速度で脱落のコントロールを行うこととしている。</p> <p style="text-align: center;"><b>図(1) 装着のイメージ</b></p> </div> <div style="width: 45%;">  <p style="text-align: center;"><b>写真(1) 装着のイメージ</b></p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>(2) 位置情報は GPS で自動取得</b></p> <p>装着した GPS により位置情報は自動で取得。定期的アルゴス衛星に情報が送信される。</p> <p>現在、太陽電池使用により長期間にわたる情報取得・送信が可能となっている。</p> </div> <div style="width: 45%;">  <p style="text-align: center;"><b>図(2) 情報取得イメージ</b></p> </div> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p><b>(3) 室内で分析</b></p> <p>アルゴス衛星からアルゴスデータ処理センターに送信され蓄積されている情報を、ダウンロードして、室内で分析する。</p> </div>	
	<p>必要機材 (例)</p>	<p>GPS 発信機 (捕獲用罠など別途)</p>

表 1-3-5(2) 新技術等の内容

実用レベル <b>IV</b> 実用	<b>個体の位置を確認する</b>	
名 称	<b>③ GPS 搭載型電波発信機 (GPS アルゴス)</b>	
準備期間	許可手続きのために 2~3 か月程度 ( <u>種の保存法</u> : 1 ヶ月以上、 <u>鳥獣保護法</u> : 1 ヶ月以上、 <u>文化財保護法</u> : 2~3 ヶ月程度)、 <u>アルゴスシステムの利用申請</u> (1 ヶ月)・ <u>電波法</u> (2 ヶ月)。海外製は <u>機器の入手</u> にも時間を要する場合がある (2~3 か月程度)。	
制約条件	調査対象種	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発信機は重量 (最低 5g) があるが、装着は<u>ほとんどの猛禽類に可能</u>である。</li> <li>・猛禽類向けで実用化されている例としては、重量約 5g、太陽電池式が実現している。</li> </ul>
	調査対象地	周辺の地形や植生の状況 (特に森林や谷間) によっては位置測位の精度が低下する。
	法規制	なし
	許可手続き	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>種の保存法</u>に基づいて、国内希少野生動植物種の指定種を捕獲する場合は、環境省に捕獲等の申請を行う。</li> <li>・<u>鳥獣保護法</u>に基づいて、国指定鳥獣保護区内や希少鳥獣に該当する種を捕獲する場合は環境省、それに該当しない場合は対象箇所を含む自治体に捕獲許可を提出する。</li> <li>・<u>文化財保護法</u>に基づいて、天然記念物に指定される種の場合は、文化庁または教育委員会に現状変更許可を提出する。</li> <li>・<u>日本では総代理店のキュービックアイ社に依頼</u>し、アルゴスシステムへの利用申請および電波法による免許申請を行う。</li> </ul>
	技術者の確保	捕獲が行える技術者の確保。
	猛禽類への影響	捕獲・機器装着を伴うため、個体に対して負担がかかる。
概算費用	導 入	機材費: 発信機 1 台数十万円程度 人件費: 捕獲 2 人×1~7 日
	運 用	通信費: アルゴス衛星受信費用 20 万円/月
	データ整理	アルゴスシステムのサイトからデータをダウンロードし、GIS 等により位置情報を整理。
導入効果	費 用	特定の個体を追跡するということが目的であれば、広く定点を配置する必要がなく、コストダウンにつながる可能性がある。
	精 度	目視確認できない範囲にいる個体についても、ある程度行動を追跡することができる。
調達方法	国 内	国内メーカーあり、輸入代理店あり。リースなし。
	国 外	アメリカなど。リースなし。
国内外における適用事例	学術研究 (渡り鳥の衛星追跡) や全国の道路事業における猛禽類調査など。	





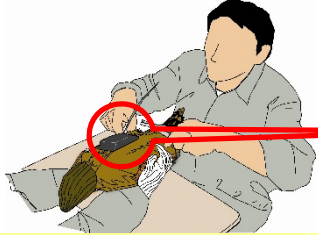
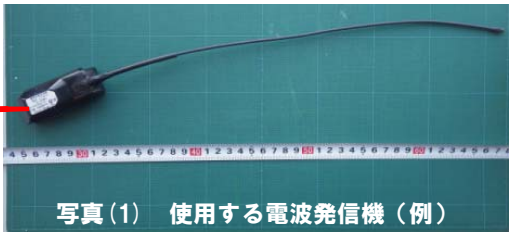
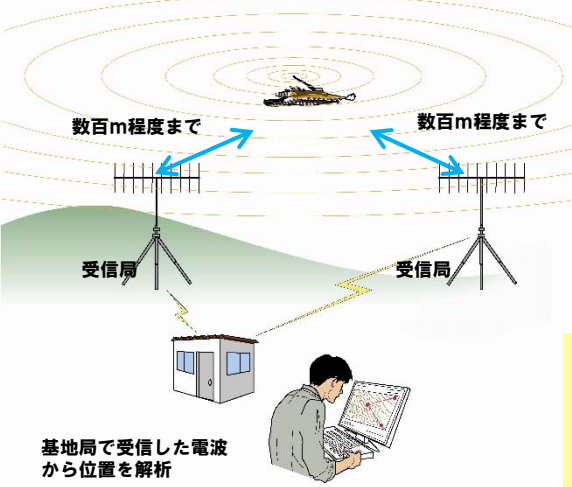

<p>実用レベル <b>Ⅲ</b> 研究</p>	<h2 style="margin: 0;">個体の位置を確認する</h2>	
<p>名 称</p>	<h3 style="margin: 0;">④ ATS (アドバンスドテレメトリシステム)</h3>	
<p>概 要</p>	<p>(国研) 土木研究所が開発したシステムで、対象個体に装着した電波発信機の位置を、設置した受信局を通してリアルタイムで把握する。</p>	
<p>技術とデータの特徴</p>	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 目視確認が難しい林内においても、ある程度の把握が可能である。</li> <li>・ 調査員が追跡する必要はない。</li> <li>・ 対象個体の<u>位置のリアルタイム把握</u>が可能。</li> <li>・ <u>地形に合わせた受信局の設置が可能</u>。</li> </ul> <p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>広範囲のデータ取得にはむかない</u>。</li> <li>・ 発信機の小型電池容量に限界があるため、長期間のデータ取得が困難。</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; background-color: #e0e0e0;"> <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">捕獲・機器取付</p> </div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 5px;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; background-color: #e0e0e0;"> <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">発信機からの電波を受信局で自動取得</p> </div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 5px;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #e0e0e0;"> <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">位置を解析して自動リアルタイム把握</p> </div>
<p>調査のイメージ</p>	<p style="text-align: center;"><b>(1) 捕獲して電波発信機を装着する</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>図 (1) 装着のイメージ</b></p> <p>発信機は、布製のベルトで背負わせるようにして装着する。脱落時期は、ベルトを縫い付ける糸の劣化速度で調整する。</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>写真 (1) 使用する電波発信機 (例)</b></p> <p>電波発信機は、一般的なテレメトリーで使用するものと同じ。軽量で、小型猛禽類への使用も可能。</p> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;"><b>(2) 発信機からの電波を受信・解析する</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>図 (2) 情報取得イメージ</b></p> <p>基地局で受信した電波から位置を解析</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>写真 (2) 基地局の設置イメージ</b></p> <p>受信局ひとつひとつのカバー範囲は、数百m程度と狭いが、発信機からの電波の受信方位を複数の基地局で同時に解析することで、リアルタイムで位置を把握することができる。また地形を考慮した配置によって、より詳細な追跡が可能となる。</p> </div> </div>	
<p>必要機材 (例)</p>	<p>受信局、電波発信機、閲覧用携帯端末 (捕獲用罟など別途)</p>	



表 1-3-6(2) 新技術等の内容

実用レベル Ⅲ 研究	個体の位置を確認する	
名 称	④ ATS (アドバンスドテレメトリシステム)	
準備期間	主に許可手続きのために最低半年程度 ( <u>種の保存法</u> : 1ヶ月以上、 <u>鳥獣保護法</u> : 1ヶ月以上、 <u>文化財保護法</u> : 2~3ヶ月程度、 <u>電波法</u> : 半年以上)	
制約条件	調査対象種	<ul style="list-style-type: none"> <li>電池容量とのトレードオフとなるが、発信機は様々な動物に装着できるサイズ (最小 1g 程度) が開発されてきており、基本的にはすべての種で発信機の装着が可能。</li> <li>猛禽類向けで実用化されている例としては、重量約 14g、電池寿命約 2ヶ月、実用通信距離 1km が実現している。</li> </ul>
	調査対象地	周辺の地形や植生の状況 (特に森林や谷間) によっては位置測位の精度が低下する。
	法規制	なし
	許可手続き	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>種の保存法</u>に基づいて、国内希少野生動植物種の指定種を捕獲する場合は、環境省に捕獲等の申請を行う。</li> <li><u>鳥獣保護法</u>に基づいて、国指定鳥獣保護区内や希少鳥獣に該当する種を捕獲する場合は環境省、それに該当しない場合は対象箇所を含む自治体に捕獲許可を提出する。</li> <li><u>文化財保護法</u>に基づいて、天然記念物に指定される種の場合は、文化庁または教育委員会に現状変更許可を提出する。</li> <li><u>電波法</u>に基づいて、技術基準適合証明取得済みの機械を使用するのであれば許可申請の手続きは必要ない。証明が無いものについては、特定実験試験局による運用の場合は、総務省の地方通信局と周波数帯の割り当てについて協議し、申請を行う。技術基準適合証明を取得する場合は、総務省に機械の設計等に関する技術資料を提出し、使用する機械について点検を受ける。</li> </ul>
	技術者の確保	捕獲が行える技術者の確保。
	猛禽類への影響	捕獲・機器装着を伴うため、個体に対して負担がかかる。
概算費用	導 入	発信機: 1台 5~10万円、人件費: 捕獲 2人×1~7日 受信局の設置: 非売品
	運 用	現地電源
	データ整理	受信局からダウンロードし、データを GIS 等に読み込んで整理。
導入効果	費 用	特定の個体を追跡するということが目的であれば、広く定点を配置する必要がなく、コストダウンにつながる可能性がある。
	精 度	目視確認できない場合でも、行動をリアルタイムに追跡することができる。
調達方法	国 内	国立研究開発法人 土木研究所
	国 外	なし
国内外における適用事例	傳田ら(2001) 野生生物調査のためのマルチテレメトリシステムの開発とその応用 日本生態学会誌 vol.51(215-222)	

表 1-3-7(1) 新技術等の内容

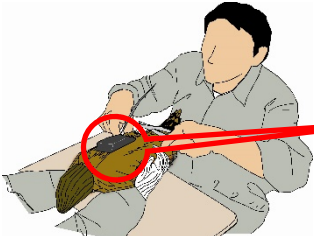
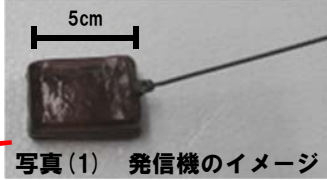

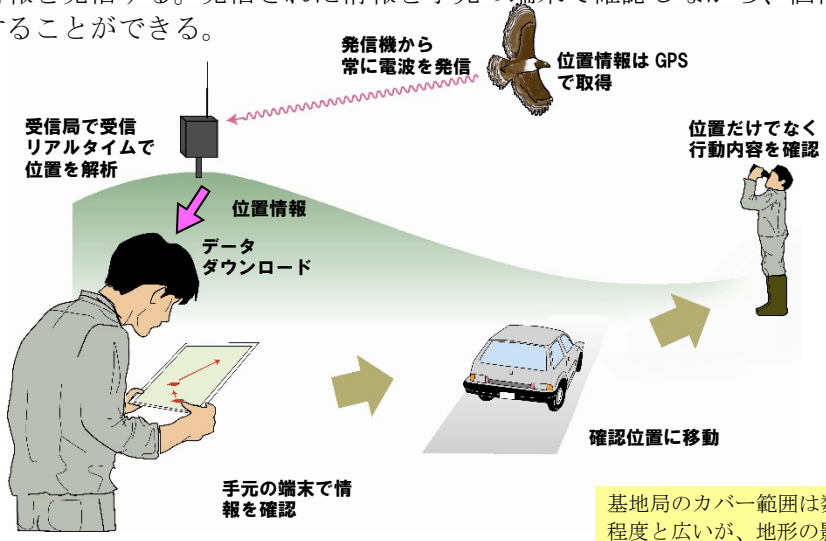
<p>実用レベル <b>Ⅲ</b> 研究</p>	<h2 style="margin: 0;">個体の位置を確認する</h2>	
<p>名 称</p>	<h3 style="margin: 0;">⑤ GPS 搭載型電波発信機 (GPS-TX)</h3>	
<p>概 要</p>	<p>対象個体に装着した電波発信機の位置を、設置した受信局を通してリアルタイムで把握する。</p>	
<p>技術とデータの特徴</p>	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 目視確認が難しい林内においても、ある程度の把握が可能である。</li> <li>・ 調査員が追跡する必要はない。</li> <li>・ 対象個体の<u>位置のリアルタイム把握</u>が可能。</li> </ul> <p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>比較的広範囲なデータ取得が可能</u>。</li> <li>・ 渡りなど地球規模でのデータ取得はできない。</li> <li>・ 発信機の小型電池容量に限界があるため、長期間のデータ取得が困難。</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; background-color: #f0f0f0;"> <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">捕獲・機器取付</p> </div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 5px;"> <p>↓</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; background-color: #f0f0f0;"> <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">発信機からの電波を受信局で自動取得</p> </div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 5px;"> <p>↓</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #f0f0f0;"> <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">位置を解析して自動リアルタイム把握</p> </div>
<p>調査のイメージ</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>(1) 捕獲して発信機を装着する</b></p>  <p>発信機は、布製のベルトで背負わせるように装着する。ベルトを縫い付ける糸の劣化速度で脱落のコントロールを行うこととしている。</p> <p style="text-align: center;"><b>図(1) 装着のイメージ</b></p> </div> <div style="width: 45%;">  <p style="text-align: center;">写真(1) 発信機のイメージ</p> <p style="font-size: small;">比較的軽量のため、小型の猛禽類への装着が可能。ただし、電池式のため調査期間は限定的。</p>  <p style="text-align: center;">写真(2) 装着のイメージ</p> </div> </div> <p><b>(2) 捕獲して発信機を装着する</b></p> <p>発信機からの短波を受信局で受信し、リアルタイムで距離と方向を解析、情報を発信する。発信された情報を手元の端末で確認しながら、個体を追跡することができる。</p>  <p style="text-align: center;"><b>図(2) 調査のイメージ</b></p> <div style="margin-top: 10px;"> <p style="font-size: small;">基地局のカバー範囲は数十～百 km 程度と広いが、地形の影になる部分のデータ取得はできない。</p> </div>	
<p>必要機材 (例)</p>	<p>受信局、電波発信機、閲覧用端末 (捕獲用罟など別途)</p>	

表 1-3-7(2) 新技術等の内容

実用レベル Ⅲ 研究	個体の位置を確認する	
名 称	⑤ GPS 搭載型電波発信機 (GPS-TX)	
準備期間	主に許可手続きのために最低半年程度 ( <u>種の保存法</u> : 1 ヶ月以上、 <u>鳥獣保護法</u> : 1 ヶ月以上、 <u>文化財保護法</u> : 2~3 ヶ月程度、 <u>電波法</u> : 半年以上)	
制約条件	調査対象種	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発信機の重量があるため、大型の猛禽類に限られる。</li> <li>・猛禽類向けで実用化されている例としては、重量約 25g、120 分間隔のデータ取得、電池寿命 40 日、実用通信距離 12km 以上が実現している。</li> </ul>
	調査対象地	周辺の地形や植生の状況 (特に森林や谷間) によっては位置測位の精度が低下する。
	法規制	なし
	許可手続き	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>種の保存法</u>に基づいて、国内希少野生動植物種の指定種を捕獲する場合は、環境省に捕獲等の申請を行う。</li> <li>・<u>鳥獣保護法</u>に基づいて、国指定鳥獣保護区内や希少鳥獣に該当する種を捕獲する場合は環境省、それに該当しない場合は対象箇所を含む自治体に捕獲許可を提出する。</li> <li>・<u>文化財保護法</u>に基づいて、天然記念物に指定される種の場合は、現状変更許可を文化庁または教育委員会に提出する。</li> <li>・<u>電波法</u>に基づく申請は不要。ただし一部機材の使用については、アマチュア無線従事者及びアマチュア無線局免許が必要。</li> </ul>
	技術者の確保	捕獲が行える技術者の確保。
	猛禽類への影響	捕獲・機器装着を伴うため、個体に対して負担がかかる。
概算費用	導 入	発信機: 1 台 5~10 万円、人件費: 捕獲 2 人×1~7 日 受信局の設置: 1 台 50 万円
	運 用	現地電源 (位置情報取得には調査員不要。追跡、行動確認要員は別途。)
	データ整理	受信局からダウンロードし、データを GIS 等に読み込んで整理。
導入効果	費 用	特定の個体を追跡するということが目的であれば、広く定点を配置する必要がなく、コストダウンにつながる可能性がある。
	精 度	目視確認できない場合でも、行動をリアルタイムに追跡することができる。
調達方法	国 内	国内メーカーあり。リースなし。
	国 外	なし
国内外における適用事例	ハト、カラス、猛禽類、クマ、シカなど	

表 1-3-8(1) 新技術等の内容

<p>実用レベル Ⅱ 技術検証</p>	<h2>個体の位置を確認する</h2>	
<p>名 称</p>	<h3>⑥ レーダー(1) (リアルタイム通知)</h3>	
<p>概 要</p>	<p>船舶レーダーに映る鳥類からの反射エコーを捉えて、数 km 程度先までの飛行軌跡を追跡し、リアルタイムで調査員に鳥の接近を知らせる。</p>	
<p>技術とデータの特徴</p>	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>調査員が事前に接近する個体の存在を知ることができるため、見落とし防止や調査精度の向上に寄与する。</li> </ul>	
	<p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>レーダーの映像からだけでは、鳥の種類はわからない。</li> <li>リアルタイムでの<b>情報解析・発信システムは実用化されていない</b>。</li> </ul>	
<p>調査のイメージ</p>	<p>山の上などの周囲が広く見渡せる場所に設置したレーダーによって、接近する鳥類を察知する。レーダーによって捉えられた鳥類の情報は、リアルタイムで調査員に通知し、事前に接近方向等を把握することができる。</p> <p style="text-align: center;"><b>図(1) 調査のイメージ</b></p>	
<p>必要機材 (例)</p>	<p>レーダー、携帯端末</p>	

表 1-3-8(2) 新技術等の内容

実用レベル Ⅱ 技術検証	個体の位置を確認する	
名 称	⑥ レーダー(1) (リアルタイム通知)	
準備期間	なし	
制約条件	調査対象種	森林内を主な行動範囲とする種には不向き。
	調査対象地	山岳地や森林地域などの遮るものが多い場所では、レーダーによって探知できる範囲は狭まる、また谷部では反射により精度が低下する。
	法規制	なし
	許可手続き	なし
	技術者の確保	陸上特殊無線技士免許(2級)取得者 (レーダー稼働時には現地に常駐している必要がある)
	猛禽類への影響	なし
概算費用	導 入	レーダー：数百万円 解析専用ソフトウェア：アルゴリズム特許未発売
	運 用	陸上特殊無線技士(2級)1名×必要日数、現地電源
	データ整理	なし
導入効果	費 用	2.5秒で1回転し、位置画像を取得。
	精 度	発見率、識別精度の向上
調達方法	国 内	国内メーカーあり。リースなし。
	国 外	リースなし。
国内外における適用事例	<ul style="list-style-type: none"> <li>個体の飛翔記録についての事例は、主に風力発電に係る環境影響評価関連業務として多数あり。</li> </ul>	





表 1-3-9(1) 新技術等の内容

実用レベル <b>I</b> 技術開発	<h2 style="margin: 0;">個体の位置を確認する</h2>	
名 称	<h3 style="margin: 0;">⑦ レーダー(2) (レーダー+自動追尾)</h3>	
概 要	船舶レーダーに映る鳥類からの反射エコーを捉えて、数 km 程度先までの飛翔軌跡を追跡し、あわせて確認された個体を自動追尾カメラで撮影する。	
技術とデータの特徴	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調査員が追跡することなく、自動的に飛翔している猛禽類の位置と種類が判別できる。</li> </ul>
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自動抽出・撮影についてはソフト、ハードともに要開発</li> </ul>
調査のイメージ	<p>山の上などの周囲が広く見渡せる場所に設置したレーダーによって、接近する鳥類を察知する。レーダーによって捉えられた鳥類を、自動追尾カメラにより撮影を行う。撮影された映像を室内で確認し種や行動を分析する。</p> <div style="border: 1px solid black; background-color: #ffffcc; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">                 レーダーの縦回しと横回しを組み合わせることで、水平・垂直位置の測定が可能となる。(アメリカでの実例あり)。             </div>  <p style="text-align: center;"><b>図(1) 調査のイメージ</b></p>	
必要機材(例)	レーダー、自動追尾カメラ (要開発)、自動検知システム (要開発)	

表 1-3-9(2) 新技術等の内容

実用レベル I 技術開発	個体の位置を確認する	
名 称	⑦ レーダー(2) (レーダー+自動追尾)	
準備期間	なし	
制約条件	調査対象種	主に森林内を行動範囲とする種には不向き。
	調査対象地	山岳地や森林地域などの遮るものが多い場所では、レーダーによって探知できる範囲は狭まる、また谷部では反射により精度が低下する。
	法規制	なし
	許可手続き	なし
	技術者の確保	陸上特殊無線技士免許(2級)取得者 (レーダー稼働時には現地に常駐している必要がある)
	猛禽類への影響	なし
概算費用	導 入	レーダー：数百万円 解析専用ソフトウェア：アルゴリズム特許未発売 解析結果の自動発見システム：要開発 自動追尾カメラ：要開発
	運 用	陸上特殊無線技士(2級)1名×必要日数、現地電源
	データ整理	同定識別の要員は別途。
導入効果	費 用	現地調査員の削減。
	精 度	発見率、識別精度の検証が必要。
調達方法	国 内	国内メーカーあり。リースなし。
	国 外	リースなし。
国内外における適用事例	なし。	

表 1-3-10(1) 新技術等の内容

実用レベル <b>Ⅲ</b> 研究		<b>個体の位置を確認する</b>	
名 称		<b>⑧ レーダー(3) (目視記録の精度向上)</b>	
概 要		船舶レーダーに映る鳥類からの反射エコーを捉えて、数 km 程度先までの飛翔軌跡を追跡し、正確な高度を検証する。	
技術と データ の特徴	長所	・ 調査員が目視で記録する高度や位置の情報に正確性をもたせることができる。	
	短所	・ レーダーの映像からだけでは、鳥の種類はわからない。	
調査の イメージ		山の上などの見渡せる場所に設置したレーダーによって接近する鳥類を察知する。レーダーによって捉えられた鳥類の情報と調査員による目視記録とあわせることで、正確な飛行位置と高度を把握することができる。これにより、精度の良い事業影響評価や分析ができる。 <p style="text-align: center;">図(1) 調査のイメージ</p>	
必要機材 (例)		レーダー	

表 1-3-10(2) 新技術等の内容

実用レベル <b>Ⅲ</b> 研究	<b>個体の位置を確認する</b>	
名 称	<b>⑧ レーダー(3) (目視記録の精度向上)</b>	
準備期間	なし	
制約条件	調査対象種	主に森林内を行動範囲とする種には不向き。
	調査対象地	山岳地や森林地域などの遮るものが多い場所では、レーダーによって探知できる範囲は狭まる、また谷部では反射により精度が低下する。
	法規制	なし
	許可手続き	なし
	技術者の確保	陸上特殊無線技士免許（2級）取得者 （レーダー稼働時には現地に常駐している必要がある）
	猛禽類への影響	なし
概算費用	導 入	レーダー：数百万円 解析専用ソフトウェア：アルゴリズム特許未発売
	運 用	陸上特殊無線技士（2級）1名×必要日数、現地電源
	データ整理	（GIS化、解析は別途。）
導入効果	費 用	高さ情報を把握するために、別途多方向から観察が必要な場合については、調査員の削減につながる可能性がある。
	精 度	飛翔位置の精度の向上
調達方法	国 内	国内メーカーあり。リースなし。
	国 外	リースなし。
国内外における適用事例	・個体の飛翔記録についての事例は、主に風力発電に係る環境影響評価関連業務として多数あり。	



表 1-3-11 「2. 繁殖状況等を確認する」技術の名称と概要

No.	名称	取得可能なデータ	機材の設置方法	データの取得範囲	データの回収方法	記録間隔/稼働期間	備考
1	加速度センサー、ジャイロセンサー	速度、角度(飛翔、停止等の状態)	対象個体に装着	目視範囲外の個体の行動を記録	再捕獲等により、機材を回収	連続/1~7日程度	電波法と捕獲許可の手続きが必要
2	CCD カメラ(常時監視用)	撮影画像(動画・静止画)	巣の直上や近くの枝など、巣内が観察できる位置に設置	観察対象の巣のみ	携帯電話回線から転送	連続撮影/連続稼働	撮影時間に応じ解析時間が必要
3	CCD カメラ(一時確認用)				定期的に現地に通り、データを回収		
4	インターバルカメラ						
5	センサーカメラ		巣が見える位置に三脚等で設置	観察対象の巣のみ	センサー作動時のみ/2週間程度~連続	枝葉の動きなど、対象個体以外にも反応	
6	如意棒カメラ		先端にカメラがついた伸縮自在の棒で、巣内を撮影	調査員がアクセスできる場所で、高さ約 20m までの巣に限定	撮影後に画像を回収	任意/数十分程度	巣内の個体に、一時的に影響を与えるおそれがある
7	装着型小型カメラ		対象個体に装着	目視範囲外の個体の行動を記録	再捕獲等により、機材を回収	連続/1~7日程度	捕獲許可の手続きが必要



表 1-3-12(1) 新技術等の内容



<p>実用レベル <b>Ⅲ</b> 研究</p>	<h2 style="margin: 0;">繁殖状況等を確認する</h2>	
<p>名 称</p>	<h3 style="margin: 0;">① 加速度センサー・ジャイロセンサー</h3>	
<p>概 要</p>	<p>一定時間の間に対象個体の速度がどれだけ変化したか、また対象個体の角度や角速度を検出する。飛翔、停止状態にあるかがわかる。</p>	
<p>技術とデータの特徴</p>	<p>長所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調査員が追跡することなく、<u>目視確認できない範囲にいる対象個体の行動を推定</u>することができる。</li> </ul>
	<p>短所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 位置追跡装置と組み合わせないと、どこにいるのかは不明。</li> <li>・ データを回収するためには機材を回収する必要がある。 (GPS アルゴス等の遠隔でデータ取得ができる機材に組み込まれていれば、回収の必要なし。)</li> </ul>
<p>調査のイメージ</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>(1) 捕獲して発信機を装着する</b></p>  <p>発信機は、布製のベルトで背負わせるように装着する。ベルトを縫い付ける糸の劣化速度で脱落のコントロールを行うこととしている。</p> <p><b>図(1) 装着のイメージ</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>(2) 再捕獲して機器を回収する</b></p>  <p><b>写真(1) 捕獲罟のイメージ</b></p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p><b>図(2) 取得可能な情報のイメージ</b></p> <p>急降下した場合には、狩りなど採餌に関する行動である可能性が高い。 また、長時間動きがない場合には、止まりや巣内抱卵等である可能性が考えられる。</p> </div>	
	<p>必要機材 (例)</p>	<p>加速度センサー・ジャイロセンサー</p>

表 1-3-12(2) 新技術等の内容

実用レベル <b>Ⅲ</b> 研究	<b>繁殖状況等を確認する</b>	
名 称	<b>① 加速度センサー・ジャイロセンサー</b>	
準備期間	主に許可手続きのために最低半年程度（ <u>種の保存法</u> ：1ヶ月以上、 <u>鳥獣保護法</u> ：1ヶ月以上、 <u>文化財保護法</u> ：2～3ヶ月程度、 <u>電波法</u> ：半年以上）	
制約条件	調査対象種	様々な動物に装着できるサイズが開発されてきており、 <b>基本的にはすべての種で装着が可能。</b>
	調査対象地	なし
	法規制	なし
	許可手続き	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>種の保存法</u>に基づいて、国内希少野生動植物種の指定種を捕獲する場合は、環境省に捕獲等の申請を行う。</li> <li>・<u>鳥獣保護法</u>に基づいて、国指定鳥獣保護区内や希少鳥獣に該当する種を捕獲する場合は環境省、それに該当しない場合は対象地域の自治体に捕獲許可を提出する。</li> <li>・<u>文化財保護法</u>に基づいて、天然記念物に指定される種の場合は、更許可文化庁または教育委員会に現状変を提出する。</li> <li>・<u>電波法</u>に基づいて、技術基準適合証明取得済みの機械を使用するのであれば許可申請の手続きは必要ない。証明が無いものについては、特定実験試験局による運用の場合は、総務省の地方通信局と周波数帯の割り当てについて協議し、申請を行う。技術基準適合証明を取得する場合は、総務省に機械の設計等に関する技術資料を提出し、使用する機械について点検を受ける。</li> </ul>
	技術者の確保	捕獲が行える技術者の確保。
	猛禽類への影響	捕獲・機器装着を伴うため、個体に対して負担がかかる。
概算費用	導 入	センサー：一台数万円 人件費：捕獲 2 人×1～7 日
	運 用	人件費：再捕獲 2 人×1～7 日
	データ整理	機材を回収し、データを整理
導入効果	費 用	特定の個体の狩り場や止まりといった行動把握が目的であれば、広く定点を配置する必要がなく、コストダウンにつながる可能性がある。
	精 度	行動が目視確認できない場合でも、ある程度の行動の内容が推定できる可能性がある。
調達方法	国 内	国内メーカーあり、輸入代理店あり。リースなし。
	国 外	アメリカ、イタリアなど。リースなし。
国内外における適用事例	海獣類や鳥類等の様々な分類群で用いられている。	

表 1-3-13(1) 新技術等の内容

<p>実用レベル <b>IV</b> 実用</p>	<p><b>繁殖状況等を確認する</b></p>	
<p>名 称</p>	<p><b>② CCD カメラ (1) (常時監視用)</b></p>	
<p>概 要</p>	<p>猛禽類の巣、餌場、工事現場等の直近に CCD カメラを設置して、常時、雛の成長や餌運びの状況等を動画によって記録・把握するものである。</p>	
<p>技術とデータの特徴</p>	<p>長所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査員の目視確認では判別困難な餌の種類や雛の成長状況がわかる。</li> <li>・調査員が常時監視する必要がない。</li> </ul>
	<p>短所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・映像確認は自動化されておらず、映像を再生して目視での確認が必要。</li> <li>・高所でのカメラ設置作業には、危険が伴う。</li> <li>・巣近くでのカメラの取付け作業は、基本的に非繁殖区に行く。</li> <li>・事前にカメラを設置しておいた巣が、利用されない場合がある。</li> </ul>
<p>調査のイメージ</p>	<p>木に登って、巣の直上にカメラを設置する。携帯電話回線に接続することで、遠隔から映像確認を行うことが可能となる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="383 873 710 1120"> <p><b>写真(1) 設置作業イメージ</b></p> </div> <div data-bbox="718 873 1029 1120"> <p><b>写真(2) 設置状況イメージ</b></p> </div> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p><b>図(1) 設置作業イメージ</b></p> <p>木登り手法はいろいろ。より安全性の高い手法を選ぶ。</p> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p><b>図(2) 設置状況イメージ</b></p> <p>電源、ネット回線・携帯電話が通じる環境などが必要。</p> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p><b>写真(3) 撮影イメージ</b></p> <p>繁殖への影響を避けるため、巣近くへのカメラの取付けは、基本的に非繁殖期に行う。営巣後に設置しなければならない場合には、繁殖つがいに重大な影響を及ぼさないよう、十分に配慮する必要がある。</p> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p><b>図(3) 画像確認イメージ</b></p> <p>携帯電話回線を使ってデータを転送することで、オンタイムで映像を確認することができる。</p> </div>	
<p>必要機材 (例)</p>	<p>ケーブル付きカメラ、モバイルルーター、映像確認用の PC</p>	

表 1-3-13(2) 新技術等の内容

実用レベル <b>IV</b> 実用	繁殖状況等を確認する		
名 称	<b>② CCD カメラ (1) (常時監視用)</b>		
準備期間	地権者の了承および、データの転送方法によっては通信の契約手続きが必要。		
制約条件	調査対象種	人が登れる場所であれば、すべての猛禽類の巣で可能	
	調査対象地	人が近づいて機材設置ができない場所は困難	
	法規制	なし	
	許可手続き	地権者交渉	
	技術者の確保	木登り士	
	猛禽類への影響	既に営巣中の巣に設置する場合には、設置にあたり影響を与える可能性が高い。(要注意)	
概算費用	導 入	機材費：十万円、人件費：2人×2回（1ヶ所設置・撤去） モバイルルーター：一万円	
	運 用	人件費：データ確認・回収 1人×2回/月、現地電源	
	データ整理	映像は持ち帰り室内で分析する。携帯電話回線を使ってデータを転送することで、オンタイムで確認が可能。	
導入効果	費 用	（地上の現地調査員の配置だけでは把握できない情報が得られる。）	
	精 度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 定点観察時だけの一時的な情報ではなく、常時リアルタイムに情報が取得できる。</li> <li>・ 巣の中が地上からは見えない場合でも、餌や雛の状態等をかなり詳細に把握することが可能。</li> </ul>	
調達方法	国 内	特注品。リースなし。	
	国 外	なし	
国内外における適用事例	道路事業への適用事例多数あり。 松江ら（2006）オオタカ( <i>Accipiter gentilis</i> )の営巣密度に影響する環境要因 ランドスケープ研究 69(5)		



表 1-3-14(1) 新技術等の内容

<p>実用レベル <b>IV</b> 実用</p>	<p style="text-align: center;"><b>繁殖状況等を確認する</b></p>	
<p>名 称</p>	<p><b>③ CCD カメラ (2) (一時確認用)</b></p>	
<p>概 要</p>	<p>あらかじめ猛禽類の巣の直近に CCD カメラを設置しておき、必要な時にカメラのケーブルにモニターをつなぎ、巣の使用状況や雛の成長段階の確認を行う。</p>	
<p>技術とデータの特徴</p>	<p>長所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地上から目視確認できない巣の中の様子が分かる。</li> <li>・カメラのみを設置するため、設備投資や維持管理が安価かつ簡便。</li> </ul>
<p>短所</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・高所の設置作業には危険が伴う。</li> <li>・影響を及ぼす可能性が高いことから、カメラの取り付けは非繁殖期。カメラを設置した巣が利用されない場合がある。</li> <li>・常時記録型ではないため、確認に行った時の情報しか取得できない。</li> </ul>
<p>調査のイメージ</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>写真(1) 設置作業イメージ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>写真(2) 設置状況イメージ</p> </div> </div> <div style="background-color: #ffffcc; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>繁殖への影響を避けるため、巣近くへのカメラの取付けは、基本的に非繁殖期に行う。営巣後に設置しなければならない場合には、繁殖つがいに重大な影響を及ぼさないよう、十分に配慮する必要がある。</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>写真(3) 撮影イメージ</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>図(1) 設置作業イメージ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>写真(4) 画像取得機器イメージ</p> </div> </div> <div style="background-color: #ffffcc; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>普段は CCD カメラだけを装着しておき、繁殖確認を行うために現地に行った時に画像を取得する。電源、記録媒体、ネット環境等の整備が不要であることから、コストがかからず、事前に複数箇所に設置しておくことが可能となる。</p> </div> <div style="background-color: #ffffcc; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>木登り手法はいろいろ。より安全性の高い手法を選ぶ。</p> </div>	
<p>必要機材 (例)</p>	<p>ケーブル付きの CCD カメラ、映像確認装置</p>	



表 1-3-14(2) 新技術等の内容

実用レベル <b>IV</b> 実用	<b>繁殖状況等を確認する</b>	
名 称	<b>③ CCD カメラ (2) (一時確認用)</b>	
準備期間	地権者の了承。	
制約条件	調査対象種	人が登れる場所であれば、すべての猛禽類の巣で可能
	調査対象地	人が近づいて機材設置ができない場所では困難
	法規制	なし
	許可手続き	地権者交渉
	技術者の確保	木登り士
	猛禽類への影響	既に営巣中の巣に設置する場合には、設置にあたり影響を与える可能性が高い。(要注意)
概算費用	導 入	機材費：1台1万円、人件費：2人×2回（1ヶ所設置・撤去）
	運 用	人件費：データ確認・回収 1人×2回/月、現地電源
	データ整理	現地で確認・記録。
導入効果	費 用	（地上の現地調査員の配置だけでは把握できない情報が得られる。）
	精 度	巣の中が地上からは見えない場合でも、餌や雛の状態等を把握することが可能。
調達方法	国 内	国内メーカーあり。リースあり。
	国 外	多数。
国内外における適用事例	道路事業への適用事例多数あり。	

表 1-3-15(1) 新技術等の内容

<p>実用レベル <b>IV</b> 実用</p>	<p style="text-align: center;"><b>繁殖状況等を確認する</b></p>	
<p>名 称</p>	<p><b>④ インターバルカメラ</b></p>	
<p>概 要</p>	<p>巣の直近にカメラを設置して、巣の様子を一定間隔で撮影する。</p>	
<p>技術とデータの特徴</p>	<p>長所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調査員が監視していない期間も、営巣状況のデータが取得できる。</li> <li>・ 設置が容易、機器が安価であるため大量に設置しやすい。</li> </ul>
	<p>短所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 静止画のため、動画に比べて得られる情報量がかなり少ない。</li> </ul>
<p>調査のイメージ</p>	<p>巣が見える場所（地上等）にカメラを設置し、定期的にデータの回収を行う。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="414 840 957 1444" style="text-align: center;"> <p>一定間隔での撮影</p> <p>対象や箇所が特定されていれば、簡単に設置・記録が可能。 簡便・安価のため、複数箇所へ設置しやすい。</p> </div> <div data-bbox="973 940 1396 1444"> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="462 1478 734 1523"> <p><b>図(1) 調査のイメージ</b></p> </div> <div data-bbox="1005 1478 1324 1523"> <p><b>写真(1) 機器設置イメージ</b></p> </div> </div>	
	<p>必要機材 (例)</p>	<p>インターバルカメラ</p>



表 1-3-15(2) 新技術等の内容

実用レベル <b>IV</b> 実用	<b>繁殖状況等を確認する</b>	
名 称	<b>④ インターバルカメラ</b>	
準備期間	地権者の了承。	
制約条件	調査対象種	すべての猛禽類で可能
	調査対象地	人が近づいて機材設置ができない、巣が見渡せない場所は困難。
	法規制	なし
	許可手続き	地権者交渉
	技術者の確保	特殊な技術は不要。
	猛禽類への影響	機器設置時に近寄ることで、既に営巣中である場合は影響を与えるおそれがある。
概算費用	導 入	機材費：1台1万円、人件費：2人×2回（1ヶ所設置・撤去）
	運 用	人件費：データ確認・回収 1人×2回/月
	データ整理	映像は持ち帰って確認する必要がある。撮影間隔によりデータ量が大きく変化する。
導入効果	費 用	観察対象や箇所が特定されている場合には、現地調査員の削減につながる。
	精 度	巣の利用状況程度の把握が可能。
調達方法	国 内	国内メーカーあり、輸入代理店あり。リースあり。
	国 外	アメリカなど。リースなし。
国内外における適用事例		

表 1-3-16(1) 新技術等の内容

実用レベル <b>Ⅱ</b> 技術検証		<b>繁殖状況等を確認する</b>	
名 称		<b>⑤ センサーカメラ</b>	
概 要		物体の動きを検知するセンサーカメラを巣の近くに設置し、巣内で動きがあったタイミングで自動撮影を行う（動画または静止画）。	
技術と データ の特徴	長 所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調査員が監視していない期間も営巣状況のデータが取得できる。</li> <li>・ 解析の効率が大幅にアップする。</li> </ul>	
	短 所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 枝葉の揺れなど、対象個体以外の動きにも反応する。</li> <li>・ 将来的には対象個体の動きに特化して反応する<b>検知システムの開発が必要</b>。</li> </ul>	
調査の イメージ		巣が見える場所（地上等）にカメラを設置し、定期的にデータの回収を行う。 <p style="text-align: center;">図(1) 調査のイメージ</p>	
必要機材 (例)		センサーカメラ	

表 1-3-16(2) 新技術等の内容

実用レベル Ⅱ 技術検証	繁殖状況等を確認する	
名 称	⑤ センサーカメラ	
準備期間	地権者の了承。	
制約条件	調査対象種	すべての猛禽類で可能
	調査対象地	人が近づいて機材設置ができない、巣が見渡せない場所は困難。
	法規制	なし
	許可手続き	地権者交渉
	技術者の確保	特殊な技術は不要。
	猛禽類への影響	機器設置時に近寄ることで、営巣中である場合は影響を与えるおそれがある
概算費用	導 入	機材費：1台1万円、人件費：2人×2回（1ヶ所設置・撤去）
	運 用	人件費：データ確認・回収 1人×2回/月、長期間設置する場合には現地電源が必要
	データ整理	室内で検知システムによって切りだされた映像を確認する。
導入効果	費 用	観察対象や箇所が特定されている場合には、現地調査員の削減につながる。
	精 度	巣の利用状況程度、場合によっては雛の成長状況の把握が可能。
調達方法	国 内	国内メーカーあり、輸入代理店あり。リースなし。
	国 外	アメリカなど
国内外における適用事例		





表 1-3-17(1) 新技術等の内容

<p>実用レベル <b>IV</b> 実用</p>	<p style="text-align: center;"><b>繁殖状況等を確認する</b></p>	
<p>名 称</p>	<p><b>⑥ 如意棒カメラ</b></p>	
<p>概 要</p>	<p>先端にカメラがついた伸縮自在の 20m 程度の棒を伸ばして、巣内の様子を覗く。無線通信付きのカメラを用いると、手元で画像確認しながら撮影が可能となる。</p>	
<p>技術とデータの特徴</p>	<p>長所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・巣の中が地上からは見えない場合でも、簡単、安全、確実に繁殖の有無を確認可能。</li> </ul>
	<p>短所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・営巣中である場合は、一時的に鳥を驚かすおそれがある。</li> </ul>
<p>調査のイメージ</p>	<p>巣の直下で如意棒を伸ばし、巣内の様子を観察する。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>現地までは人力で担いでいくことが可能。</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>先端にカメラを設置し伸ばす。</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="margin-top: 20px;">  <p>写真(1) 使用状況のイメージ</p> </div> <div style="margin-top: 10px; background-color: #ffffcc; padding: 5px;"> <p>無線付きのカメラであれば、手元の端末で画像を受信し、確認しながら撮影を行うことができる。</p> </div> <p style="text-align: center;"><b>図(1) 調査のイメージ</b></p>	
<p>必要機材(例)</p>	<p>如意棒、カメラ</p>	



表 1-3-17(2) 新技術等の内容

実用レベル IV 実用	繁殖状況等を確認する	
名 称	⑥ 如意棒カメラ	
準備期間	なし	
制約条件	調査対象種	すべての猛禽類の巣で可能
	調査対象地	地上から 20m 程度までで、調査員がアクセスできる場所にかげられた巣に限られる。
	法規制	なし
	許可手続き	なし
	技術者の確保	特殊な技術は不要。
	猛禽類への影響	営巣中である場合は一時的に影響を与えるおそれがある。
概算費用	導 入	機材費：1 台 10 万円～
	運 用	人件費：2 人×1 回
	データ整理	映像を現場で確認。
導入効果	費 用	（地上の現地調査員の配置だけでは把握できない情報が得られる。）
	精 度	巣の繁殖状況についての情報が確実に取得できる。
調達方法	国 内	特注品
	国 外	
国内外における適用事例	道路事業において多数の事例あり。	



表 1-3-18(1) 新技術等の内容


実用レベル <b>I</b> 技術開発	<h2 style="margin: 0;">繁殖状況を確認する</h2>	
名 称	<h3 style="margin: 0;">⑦ 装着型小型カメラ</h3>	
概 要	鳥の頭や尾羽根などに小型カメラを装着して、対象から見える周辺の状態を撮影する。	
技術とデータの特徴	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・単なる位置や行動内容だけでなく、生態や行動についての新たな知見が得られる可能性がある。</li> </ul>
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データを回収するためには機材を回収する必要がある。</li> <li>・捕獲が必要である。</li> <li>・映像の内容については、詳細な解析が必要。</li> </ul>
調査のイメージ	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p style="font-size: small;">カメラにデータを蓄積させるタイプの場合は回収が必要である。</p>  </div> <div style="flex: 2; text-align: center;">  </div> <div style="flex: 1; background-color: #ffffcc; padding: 5px; font-size: small;">                 樹林内のどのような場所を選んで飛行しているのか、営巣場所の位置づけ等についての新たな知見も把握できる可能性がある。また、餌の視認から捕獲までの一連の状況や捕獲効率等についても把握できる可能性がある。             </div> </div> <div style="margin-top: 20px; text-align: center;">  <p><b>図(1) 調査のイメージ</b></p> </div>	
必要機材 (例)	超小型カメラ	



表 1-3-18(2) 新技術等の内容

<b>実用レベル</b> <b>I 技術開発</b>	<b>繁殖状況を確認する</b>	
<b>名 称</b>	<b>⑦ 装着型小型カメラ</b>	
<b>準備期間</b>	主に許可手続きのために2~3か月程度（ <u>種の保存法</u> ：1ヶ月以上、 <u>鳥獣保護法</u> ：1ヶ月以上、 <u>文化財保護法</u> ：2~3ヶ月程度）	
<b>制約条件</b>	<b>調査対象種</b>	いっそうの小型化・軽量化が可能となれば、すべての猛禽類で使用できる可能性はある。
	<b>調査対象地</b>	なし
	<b>法規制</b>	なし
	<b>許可手続き</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>種の保存法</u>に基づいて、国内希少野生動植物種の指定種を捕獲する場合は、捕獲等の申請を環境省に行う。</li> <li>・<u>鳥獣保護法</u>に基づいて、国指定鳥獣保護区内や希少鳥獣に該当する種を捕獲する場合は環境省、それに該当しない場合は自治体に捕獲許可を提出する。</li> <li>・<u>文化財保護法</u>に基づいて、天然記念物に指定される種の場合は、現状変更許可を文化庁または教育委員会に提出する。</li> </ul>
	<b>技術者の確保</b>	捕獲が行える技術者の確保。
	<b>猛禽類への影響</b>	捕獲・機器装着を伴うため、個体に対して負担がかかる。
<b>概算費用</b>	<b>導 入</b>	機材費：データ回収システム、ソフトハードとも要開発 人件費：捕獲2人×1~7日（装着時）
	<b>運 用</b>	人件費：捕獲2人×1~7日（回収時）
	<b>データ整理</b>	映像を持ち帰って確認する。
<b>導入効果</b>	<b>費 用</b>	（地上の現地調査員の配置だけでは把握できない情報が得られる。）
	<b>精 度</b>	生態・行動に関する全く新たな知見が得られる可能性がある。
<b>調達方法</b>	<b>国 内</b>	要開発
	<b>国 外</b>	要開発
<b>国内外における適用事例</b>	少数の研究事例があるのみ。	

表 1-3-19 「3. 個体の生息を確認する」技術の名称と概要

No.	技術名称	取得可能なデータの種類	生息確認の方法等	機材設置場所・設置方法など	データ取得範囲	データ回収方法	備考
1	赤外線サーモカメラ	熱赤外線画像	個体から発せられる熱赤外線を手持ちのカメラの画像で探知	手持ちあるいは三脚等に固定して撮影	目視の範囲		葉に隠れた個体等は、発見できない
2	UAV (ドローン)	撮影画像 (動画・静止画)	カメラを搭載した UAV を飛ばして、巣の上方から撮影	UAV にカメラを搭載して撮影	昼間の目視できる範囲、かつ飛行高度 150m 以下	機材から直接回収または無線により転送	飛行時に、個体を警戒させるおそれがある
3	UAV+赤外線サーモカメラ	熱赤外線画像	サーモカメラ搭載の UAV を飛ばし、巣のある林の上方から撮影	UAV にサーモカメラを搭載して撮影			
4	鳴き声録音 (音声解析)	音声	録音機械で鳴き声を録音することで、生息の有無を把握	調査地に、マイクを設置し、録音を行う	鳴き声が届く範囲	機材から直接回収	人力での解析抽出では多大な労力が必要となるため、鳴き声の自動抽出のソフトウェアの開発が必要
5	鳴き返し (コールバック)	対象種の生息有無と位置、個体数など	録音しておいた対象種の鳴き声を大音量で流すことで、近くにいる個体が鳴き声に反応することがある	調査地に、スピーカーを設置し、録音しておいた鳴き声を再生			調査員による聞き取り





表 1-3-20(1) 新技術等の内容

<p>実用レベル <b>Ⅲ</b> 研究</p>	<h2>個体の生息を確認する</h2>	
<p>名 称</p>	<h3>① 赤外線サーモカメラ</h3>	
<p>概 要</p>	<p>個体から発せられる熱赤外線を手持ちのカメラの画像で探知する。</p>	
<p>技術とデータの特徴</p>	<p>長所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査員による視認が困難な場合であっても、熱源として感知できる可能性がある。(個体発見確立の向上)</li> </ul>
	<p>短所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>値段による機器の性能差が大きく、精度が良い機器を調査に活用するのは現実的ではない場合がある。</li> <li>一般に入手可能な機器精度では、葉に隠れた個体は発見できない。</li> </ul>
<p>調査のイメージ</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="399 761 1037 1523" style="width: 45%;"> <p>葉陰になるなど、視認が難しい場合でも、熱源として感知できる可能性がある。</p> </div> <div data-bbox="1021 761 1388 1523" style="width: 45%;"> <p>写真(1) 撮影画面(例)</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>葉陰になるなど、<b>視認が難しい場合でも、熱源として感知</b>できる可能性がある。</li> <li>熱源での動体検知であれば、<b>風による葉の揺らぎ等が除外</b>されることから、有効なシステムとして開発できる可能性が高い。</li> <li>機器により感度に大きな差があり、実際に実用化にあたっては、<b>必要十分な感度を検証</b>しておく必要がある。</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>図(1) 調査のイメージ</b></p> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <p>写真(2) サーモカメラ(例)</p> </div>	
<p>必要機材(例)</p>	<p>サーモカメラ (別名：サーマルカメラ、サーモグラフィ)</p>	

表 1-3-20(2) 新技術等の内容

実用レベル <b>Ⅲ</b> 研究	<b>個体の生息を確認する</b>	
名 称	<b>① 赤外線サーモカメラ</b>	
準備期間	なし	
制約条件	調査対象種	鳥類は羽毛に覆われ発せられる赤外線量は限られる。 (検証が必要)
	調査対象地	樹幹や葉の陰に隠れている個体を発見するのは困難。
	法規制	なし
	許可手続き	なし
	技術者の確保	なし
	猛禽類への影響	なし
概算費用	導 入	機材費：1台 10万円～1億円
	運 用	人件費：2人×必要日数
	データ整理	映像を現場で確認する。
導入効果	費 用	生息や営巣の早期発見により、調査費用を削減できる可能性がある。
	精 度	個体の確認精度が上がる。
調達方法	国 内	国内メーカーあり、輸入代理店あり。リースあり。
	国 外	アメリカなど
国内外における適用事例		





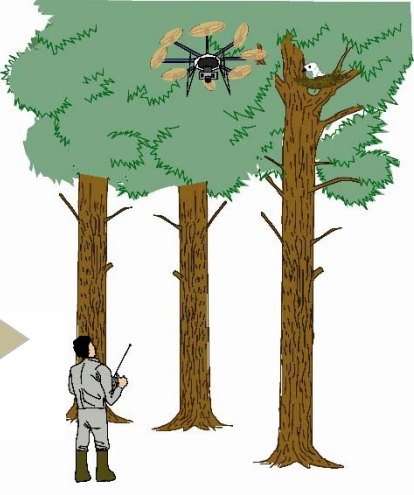
<p>実用レベル <b>IV</b> 実用</p>	<h2 style="margin: 0;">個体の生息を確認する</h2>	
<p>名 称</p>	<h3 style="margin: 0;">② UAV (ドローン)</h3>	
<p>概 要</p>	<p>UAV(Unmanned Aerial Vehicle)とは無人航空機のこと。ドローンとも呼ぶ。調査に用いるのは、一般的に持ち運び可能な大きさの小型無人機。カメラを搭載した UAV (ドローン) を飛ばして、巣の上方から撮影を行う。</p>	
<p>技術とデータの特徴</p>	<p>長所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調査員が近づけない場所であっても、対象個体や巣の様子が確認可能。</li> <li>・ 確認したい場所が決まり次第、迅速な調査ができる。</li> </ul>
	<p>短所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 枝が被さるなど、上方からのアプローチが難しい場所では巣の発見が困難。</li> <li>・ 飛行時に、猛禽類が警戒するおそれがある。</li> </ul>
<p>調査のイメージ</p>	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px; background-color: #ffffcc; padding: 5px;"> <p>現在、UAV の操作は非常に簡便となっているものの、風の影響を受けやすい、突然のバッテリー切れにより墜落の危険がある等の課題が残る。見通しの悪い場所や人家の近く、樹冠上や崖地、海岸などでの使用には十分な注意が必要である。</p> </div> </div> <p style="margin-top: 5px;">写真(1) UAV (ドローン) のイメージ</p>	
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>現地まで担いでいる</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>現地での組立てが可能</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>地上からは見えない角度からの観察ができ、営巣確認等の精度が高まる</p> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">図(1) 調査のイメージ</p>	
<p>必要機材 (例)</p>	<p>UAV (小型無人飛行機、ドローン)</p>	

表 1-3-21(2) 新技術等の内容

実用レベル <b>IV</b> 実用	<b>個体の生息を確認する</b>	
名 称	<b>② UAV (ドローン)</b>	
準備期間	なし	
制約条件	調査対象種	すべての猛禽類の巣で可能
	調査対象地	林内の飛行は困難、風が強い（例：風速 5m 以上）と使用できない。
	法規制	改正航空法により上限が 150m。空港周辺と人口集中地は飛行禁止。
	許可手続き	なし
	技術者の確保	安全に飛行させる技術者。
	猛禽類への影響	飛行時に、猛禽類が警戒するおそれがある。
概算費用	導 入	機材費：1 台 10 万円～
	運 用	人件費：2 人/1 回
	データ整理	映像を現場で確認する。
導入効果	費 用	生息や営巣の早期発見により、調査費用を削減できる可能性がある。
	精 度	個体や巣の確認精度が上がる。
調達方法	国 内	国内メーカーあり。輸入代理店あり。
	国 外	アメリカ、EU、中国など
国内外における適用事例		



実用レベル <b>I</b> 技術開発		個体の生息を確認する	
名 称		③ UAV（ドローン）＋ 赤外線サーモカメラ	
概 要		サーモカメラを搭載した UAV（ドローン）を飛ばして、巣のある森林の上方から撮影を行う。	
技術と データ の特徴	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地上からはわからない巣の場所が把握できる可能性がある。</li> </ul>	
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・枝が被さるなど、上方からのアプローチが難しい場所では巣の発見が困難。</li> <li>・飛行時に、猛禽類が警戒するおそれがある。</li> </ul>	
調査の イメージ		<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;">  <p style="margin-top: 10px;">写真(1) UAV（ドローン）のイメージ</p> </div> <div style="flex: 1; padding-left: 10px;"> <p>現在、UAV の操作は非常に簡便となっているものの、風の影響を受けやすいという点に課題が残る。 樹冠上や崖そば、海岸などでの使用にはかなり注意が必要である。</p> </div> </div>	
		 <p style="text-align: center;">図(1) 調査のイメージ</p>	
必要機材 (例)		UAV（ドローン）、サーモカメラ	



表 1-3-22(2) 新技術等の内容

実用レベル I 技術開発	個体の生息を確認する	
名 称	④ UAV（ドローン）＋ 赤外線サーモカメラ	
準備期間	なし	
制約条件	調査対象種	上空や斜めに視界が開けている巣であれば使用可能と思われる。
	調査対象地	林内の飛行は困難、風が強い（例：風速 5m 以上）と使用できない。
	法規制	改正航空法により上限が 150m。空港周辺と人口集中地は飛行禁止。
	許可手続き	なし
	技術者の確保	安全に飛行させる技術者。
	猛禽類への影響	飛行時に、猛禽類が警戒するおそれがある。
概算費用	導 入	機材費：1 台 10 万円～
	運 用	人件費：2 人/1 回
	データ整理	映像を現場で確認する。
導入効果	費 用	生息や営巣の早期発見により、調査費用を削減できる可能性がある。
	精 度	個体や巣の確認精度が上がる。
調達方法	国 内	国内メーカーあり、輸入代理店あり
	国 外	アメリカ、EU、中国など
国内外における適用事例		



<p>実用レベル Ⅱ 技術検証</p>	<h2>個体の生息を確認する</h2>	
<p>名 称</p>	<h3>④ 鳴き声録音（音声解析）</h3>	
<p>概 要</p>	<p>録音機械で鳴き声を録音することで、生息の有無を把握する。また声の特徴を分析して、種や場合によっては個体を識別する。</p>	
<p>技術とデータの特徴</p>	<p>長所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査員が常時追跡することなく、対象個体の生息状況が確認可能。</li> </ul>
	<p>短所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人力での解析抽出では多大な労力が必要となるため、鳴き声の自動抽出のソフトウェアの開発が必要。</li> <li>・どの程度の情報量（記録時間や頻度）であれば、十分なデータが得られるのか等の検証が必要。</li> <li>・周辺の環境や種の特性によっては、種を自動同定することは技術的には難しい可能性もある。個体の識別は技術的に未確立である。</li> </ul>
<p>調査のイメージ</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>写真(1) 鳴き声録音イメージ(例)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図(1) 調査のイメージ</p> </div> </div>	
<p>必要機材 (例)</p>	<p>IC レコーダー</p>	

表 1-3-23(2) 新技術等の内容

実用レベル <b>Ⅱ</b> 技術検証	<b>個体の生息を確認する</b>	
名 称	<b>④ 鳴き声録音（音声解析）</b>	
準備期間	なし	
制約条件	調査対象種	比較的良好に鳴くとされる種
	調査対象地	なし
	法規制	なし
	許可手続き	なし
	技術者の確保	特殊な技術は不要。
	猛禽類への影響	なし
概算費用	導 入	機材費：1台1万円程度～ 人件費：2人工×2回（設置と回収）
	運 用	なし。
	データ整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鳴き声がわかる調査員が録音した時間分を聴く必要がある。</li> <li>・対象とする種の鳴き声の声紋等を抽出する技術の開発が進めば効率化する可能性はある。</li> </ul>
導入効果	費 用	現地調査員の継続的な配置不要。生息の早期確認により、調査費用を削減できる可能性がある。
	精 度	個体の生息状況の確認精度が上がる。
調達方法	国 内	国内メーカーあり、リースあり。
	国 外	多数
国内外における適用事例		



表 1-3-24(1) 新技術等の内容

実用レベル <b>Ⅱ 技術検証</b>		<h2 style="margin: 0;">個体の生息を確認する</h2>	
名 称		<h3 style="margin: 0;">⑤ 鳴き返し（コールバック）</h3>	
概 要		あらかじめ録音しておいた対象種の鳴き声を大音量で流す。 個体が近くにいた場合は、鳴き声に反応をすることがある。	
技術と データ の特徴	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 目視調査では分からない、隠れている個体を発見できる可能性がある。</li> </ul>	
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 対象個体を警戒させる等、<u>生息個体に悪影響を与えるおそれ</u>がある。</li> <li>・ フクロウなどは鳴き返し調査が有効とされるが、他の<u>猛禽類での有効性は不明</u>。検証が必要。</li> </ul>	
調査の イメージ		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1; padding-right: 10px;"> <p style="background-color: #ffffcc; padding: 5px;">生息可能性が低いとされる場合に、最終確認として「鳴き返し」を実施することがある（生息の可能性が高い場合には、生息個体に影響を与えるおそれがあり、注意が必要）。種によって、反応の程度が異なることが知られている。</p> </div> <div style="flex: 2; text-align: center;">  </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">図(1) 調査のイメージ</p>	
必要機材 (例)		スピーカー	

表 1-3-24(2) 新技術等の概要

実用レベル Ⅱ 技術検証	個体の生息を確認する	
名 称	⑤ 鳴き返し（コールバック）	
準備期間	なし	
制約条件	調査対象種	すべての猛禽類で可能
	調査対象地	なし
	法規制	なし
	許可手続き	なし
	技術者の確保	特殊な技術は不要。
	猛禽類への影響	警戒行動を引き起こさせる等、対象種や他の小鳥類に悪影響を与えるおそれがある（あくまで最終確認的な手法である）。
概算費用	導 入	機材費：1台1万円～
	運 用	なし。
	データ整理	なし。
導入効果	費 用	現地調査員の継続的な配置不要。生息の可能性がないことを早期に確認できることで、調査費用を削減できる可能性がある。
	精 度	個体の生息についての確認精度が上がる。
調達方法	国 内	一般的な市販品（スピーカー）
	国 外	多数
国内外における適用事例	George C. et al. (1996) Conservation Assessment for the Northern Goshawk in Southeast Alaska, United States Department of Agriculture Forest Service General Technical Report PNW-GTR-387. Pacific Northwest Research Station, Portland	

表 1-3-25 「4. 個体の識別精度を高める」技術の名称と概要

No.	技術名称	取得可能なデータの種類	個体識別の方法等	標識等の取付方法など	識別可能範囲	識別方法	備考
1	標識	個体の識別	目視による標識の識別	捕獲して個体に装着（足環、カラーペイント等）	目視で標識が識別できる距離	目視による標識の確認	捕獲許可の手続きが必要
2	マイクロチップ	個体の識別	専用の読取機（マイクロチップリーダー）による情報の取得	捕獲して個体の皮膚に埋め込む、または足環等で取り付ける	リーダーから数十 cm の範囲	リーダーによるマイクロチップ情報の読取り	







<p>実用レベル <b>IV</b> 実用</p>	<h2>個体識別の精度を高める</h2>	
<p>名 称</p>	<h3>① 標識</h3>	
<p>概 要</p>	<p>遠隔からも目視できるように、足輪、カラーペイント等の標識を装着する。</p>	
<p>技術とデータ の特徴</p>	<p>長所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 見ただ目で個体識別が難しい場合でも、同一個体であることが分かる。</li> </ul>
	<p>短所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 捕獲が必要。</li> </ul>
<p>調査の イメージ</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>捕獲した個体に足輪をつけて放鳥する。</p> <p><b>図(1) 調査のイメージ</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>写真(1) 標識のイメージ</b></p> </div> </div>	
<p>必要機材 (例)</p>	<p>足輪・カラーペイント等の標識 (捕獲用罟など別途)</p>	

表 1-3-26 (2) 新技術等の内容

実用レベル <b>IV</b> 実用	<b>個体識別の精度を高める</b>	
名 称	<b>① 標識</b>	
準備期間	主に許可手続きのために2～3ヶ月程度（ <u>種の保存法</u> ：1ヶ月以上、 <u>鳥獣保護法</u> ：1ヶ月以上、 <u>文化財保護法</u> ：2～3ヶ月程度）	
制約条件	調査対象種	すべての種で装着が可能。
	調査対象地	なし
	法規制	なし
	許可手続き	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>種の保存法</u>に基づいて、国内希少野生動植物種の指定種を捕獲する場合は、環境省に捕獲等の申請を行う。</li> <li>・ <u>鳥獣保護法</u>に基づいて、国指定鳥獣保護区内や希少鳥獣に該当する種を捕獲する場合は環境省、それに該当しない場合は対象となる自治体に捕獲許可を提出する。</li> <li>・ <u>文化財保護法</u>に基づいて、天然記念物に指定される種の場合は、文化庁または教育委員会に現状変更許可を提出する。</li> </ul>
	技術者の確保	捕獲が行える技術者（バンディングの有資格者）の確保。
	猛禽類への影響	捕獲を伴うため、個体に対して負担がかかる。
概算費用	導 入	機材費：足輪（数百～千円） 人件費：捕獲2人×1～7日
	運 用	なし。
	データ整理	なし。
導入効果	費 用	（目視確認と併用のため、調査時の補足事項となる。）
	精 度	個体識別の精度が向上する。
調達方法	国 内	一般的な市販品。
	国 外	一般的な市販品。
国内外における適用事例	環境省の鳥類標識調査など、鳥類調査では広く普及している	

表 1-3-27 新技術等の内容

<p>実用レベル <b>Ⅲ</b> 研究</p>	<h2>個体識別の精度を高める</h2>	
<p>名 称</p>	<h3>② マイクロチップ</h3>	
<p>概 要</p>	<p>個体に固有の ID がついたマイクロチップを埋め込む、足輪等に取り付ける等して、固有の ID を読み取る。</p>	
<p>技術とデータの特徴</p>	<p>長所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・見た目で個体識別が難しい場合でも、同一個体であることが分かる。</li> <li>・多くの古巣があるような場合に、どのつがいが繁殖に入ったのか等がわかる。</li> <li>・読取機（リーダー）を、巣などのよく利用する場所に設置することで、利用日時を自動で記録することができる。</li> </ul>
	<p>短所</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・読取機（リーダー）が、マイクロチップを検知できる距離は数十 cm 程度。</li> <li>・鳥類は足などに目立つ標識が装着できるため、個体識別のみを目的とするのであれば、使用するメリットは小さい。</li> </ul>
<p>調査のイメージ</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 45%;">  <p style="font-size: small;">事前にも巣にマイクロチップのリーダーを設置しておくことで、飛来した個体の識別や飛来時刻の記録が可能となる。 IC タグの埋め込みは、ペット管理等で実用化されている。</p> </div> <div style="width: 45%; text-align: center;">  <p>写真(1) マイクロチップのイメージ(例)</p> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;"><b>図(1) 調査のイメージ</b></p>	
<p>必要機材(例)</p>	<p>マイクロチップ、読取機（マイクロチップリーダー）、(捕獲用罠など別途)</p>	



## 2. 新技術の実用化に向けた野外試験

### 2-1 野外試験の概要と目的

2章では、1章（表 1-3-1）で整理した技術の中から、技術の検証および研究段階の新技術 3 種（GPS 搭載型電波発信機（GPS-TX）、赤外線サーモカメラ、レーダー）を選び、野外での実証実験を通じて猛禽類調査での適用可能性について検討することとした。

まず、GPS 搭載型電波発信機（GPS-TX）は、野生動物の移動追跡用に開発された機器であり、既に哺乳類等を対象とした研究で実績がある。猛禽類については、機器を小型化する必要があり、野外での研究実績がなかった。

また、熱を感知する赤外線サーモカメラは、夜間の哺乳類調査では広く用いられているが、羽毛に覆われ、かつ林内を自在に飛行する猛禽類を対象にした調査事例は、報告されていない。

さらに、レーダーは、高い場所を飛行する渡り鳥や風力発電所の建設予定地での鳥類調査などでの使用実績があるものの、猛禽類が利用する林縁部や畑地、谷地形などの障害物や起伏の多い環境や、低空を飛ぶ猛禽類の調査での有効性（目視記録の精度向上）についてはわかっていない。

そこでこれらの技術について実証実験を行うこととした。なお実験では、鷹匠が飼養中のオオタカを一時的に放鳥し、オオタカの位置や飛行経路を、各技術を用いて調べた。

表 2-1-1 野外での実証実験の概要

技術の名称	写真	調査目的（確認事項）	実証実験の方法
GPS 搭載型 電波発信機 (GPS-TX)		<ul style="list-style-type: none"> <li>GPS 情報の精度</li> <li>無線による伝送距離と基地局での受信状況、地形による違い</li> </ul>	まず、オオタカに連続的に位置を記録し続ける超小型の GPS データロガーを装着して放鳥し、各技術を用いて移動を追跡した。
赤外線 サーモ カメラ		<ul style="list-style-type: none"> <li>サーモカメラによるオオタカの視認状況</li> </ul>	次に、GPS データロガーによって得られた正確なオオタカの移動経路と各技術によって得られた結果を比較し、調査手法ごとの特長と課題、活用可能性を整理した。
レーダー		<ul style="list-style-type: none"> <li>レーダーによるオオタカの視認状況</li> <li>調査可能範囲</li> <li>調査時の留意事項</li> </ul>	
【従来型】 目視による 調査		<ul style="list-style-type: none"> <li>新技術との比較</li> </ul>	



## 2-2 GPS 搭載型電波発信機 (GPS-TX)

### (1) 調査の目的と実証実験に用いた機材

GPS 搭載型電波発信機 (GPS-TX) は、GPS と発信機が一体になった装置で、調査対象の猛禽類に装着して使用する。GPS-TX を装着すると、内蔵の GPS が猛禽類の位置 (緯度・経度・高度) を測位し、無線でリアルタイムに伝送する。この伝送された位置情報を基地局で受信し、猛禽類の位置を記録/可視化する。

実証実験では、オオタカに装着できるように、新たに小型化・軽量化した機種 (試作機) を使用した (表 2-2-1)。また、GPS-TX の測位精度を確認するため、超小型の GPS データロガー (電波発信機能なし) も、併せてオオタカに装着した。

これらの機材を用い、GPS-TX による GPS の測位精度、無線による伝送距離と基地局での受信状況、地形による違い等、調査手法の特長と課題、活用可能性について明らかにすることを目的に実証実験を行った。

表 2-2-1(1) GPS-TX (発信機) と GPS データロガーの諸元

一般名	周波数	送信電力	測位間隔	備考
GPS-TX	142.95 MHz	15.5 dBm	連続	別途、受信基地局の設置が必要
GPS データロガー	-	-	-	電波発信機能なし (記録のみ)

表 2-2-1(2) GPS-TX (発信機) と GPS データロガーの諸元

名称	重量	サイズ (縦×横×厚み)	電池	使用可能時間	
				設定期間	備考
GPS-TX	35.5g	53×42×16 mm	500mAh リチウムイオン電池	数日～ 2週間	期間は電波発信頻度で異なる 電波発信可能回数1500回程度
GPS データロガー	20g	44.5×28.5×13 mm	230mAh リチウムイオン電池	10時間～	期間は記録間隔により異なる 記載は、1秒間隔の場合

※ここに挙げた機材は、多数あるテレメトリ機器 (遠隔での位置追跡機器) のうち、あくまで今回の実験に用いた機材であり、実際の事業において特定の機材の使用を推奨するものではありません。



## (2) 実証実験の調査地と方法

実証実験は、平成 27 年 11 月に、長野県南佐久郡南牧村にある筑波大学八ヶ岳演習林の林内（平地 A）と林外（平地 B）、長野県南佐久郡川上村にある筑波大学川上演習林の林内（山地 B）において実施した。

GPS-TX が発する電波を受信するための受信基地局は、調査地から約 2～5 km 離れた筑波大学八ヶ岳演習林事務所前に設置した。

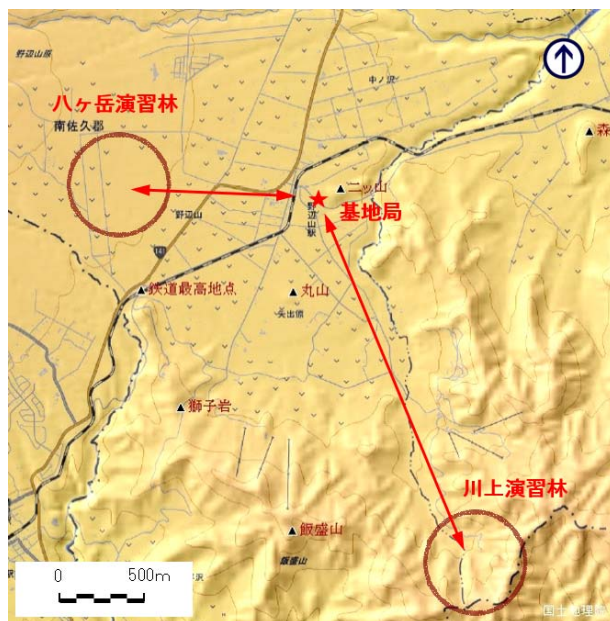


図 2-2-1 GPS-TX の基地局と実験箇所との位置関係  
国土地理院電子地形図 25000 および基盤地図情報（10m メッシュ標高）より作成



写真 2-2-1 GPS-TX の電波を受信するための基地局（受信機、アンテナ）と設置状況  
左側写真：黄色のケースに入った受信機と記録・可視化のための PC、右側写真：伸縮ポールでできたアンテナ

実証実験は、以下の手順で実施した。

まず、鷹匠が飼養中のオオタカに GPS-TX と GPS データロガーを装着した(写真 2-2-2)。

次に、調査地の筑波大学八ヶ岳演習林(平地 A)と筑波大学川上演習林(山地 B)の林内において、オオタカを放鳥した。オオタカに装着した GPS-TX が発する電波を、調査地から約 2~5 km 離れた受信基地局において受信し、オオタカの位置情報を記録し、移動経路を地図に示した。同様に、筑波大学八ヶ岳演習林の林外(平地 B)においても、オオタカを放鳥し、GPS-TX による追跡と、位置情報の記録、地図化を行った。

あわせて比較対象として、目視によって猛禽類の追跡を行うための調査員 5 名をオオタカの放鳥地点周辺に配置し、飛翔経路を記録した。

これらの実験終了後にオオタカを捕獲し、装着していた GPS-TX と GPS データロガーを取り外した。

最後に、取り外した GPS データロガーから記録された位置情報(GPS データ)、目視調査員による記録を回収し、GPS-TX による記録と比較した。



写真 2-2-2 オオタカに装着した GPS-TX の電波発信器

### (3) 実証実験の結果と考察

平野部にある八ヶ岳演習林の林内（平地 A）と林外（平地 B）のそれぞれの調査地において、GPS-TX が記録したオオタカの位置と、GPS データロガーが記録した位置を、地図上にプロットした。その結果、両調査地ともに、GPS-TX と GPS データロガーが示すオオタカの移動軌跡がきれいに重なっていた（図 2-2-2）。

また GPS-TX と GPS データロガーが記録した位置の差をより厳密に調べるために、GPS-TX が記録した緯度座標（Y 座標）と経度座標（X 座標）をそれぞれ横軸にとり、同時に GPS データロガーが記録した緯度経度座標を縦軸にとる散布図を作成した。その結果、両者の結果は非常によく一致しており、その差は概ね数 m であり、最大でも数十 m に収まっていた（図 2-2-3～4）。

これらのことから、GPS-TX は精度良くオオタカの位置を記録し、無線で基地局に送信できていたことがわかった。

さらに、起伏に富む川上演習林（山地 B）で行った同様の調査においても、GPS-TX が記録したオオタカの位置と、GPS データロガーが記録した位置は、よく一致していた（図 2-2-5）。両者の結果をプロットした散布図では、平地での測位結果に比べると差が大きくなったものの、緯度座標（Y 座標）は最大 25m ほど、経度座標（X 座標）は最大 50m ほどに収まっていた。

オオタカの放鳥地点と基地局との離隔距離は最大 5km ほどあり、起伏に富む山地の調査地でもオオタカの追跡が可能であることがわかったことは、重要な成果といえる。

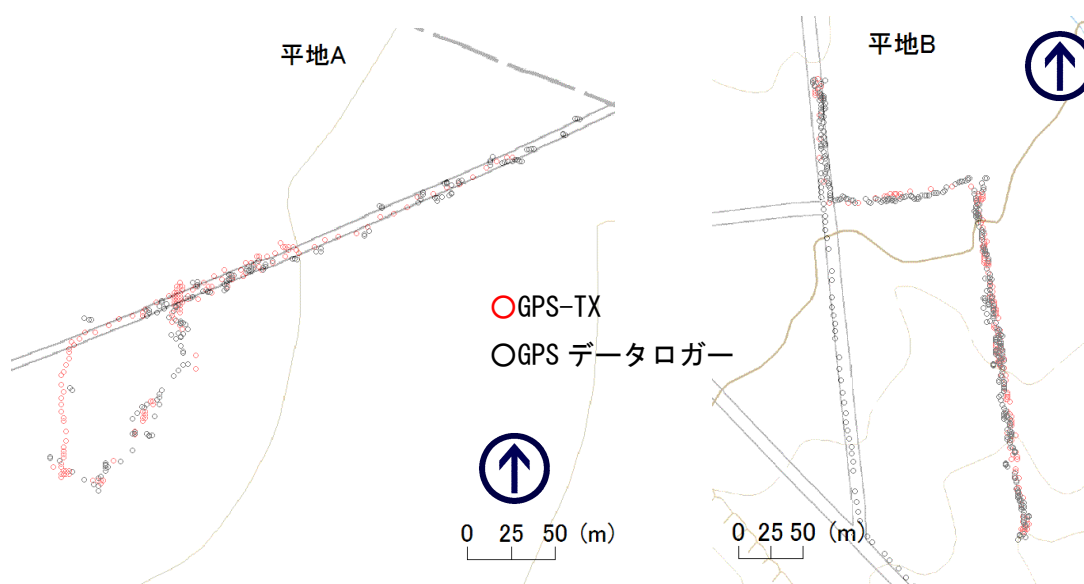


図 2-2-2 GPS-TX と GPS データロガーによる測位結果（平地）

国土地理院電子地形図 25000 および基盤地図情報（10m メッシュ標高）より作成

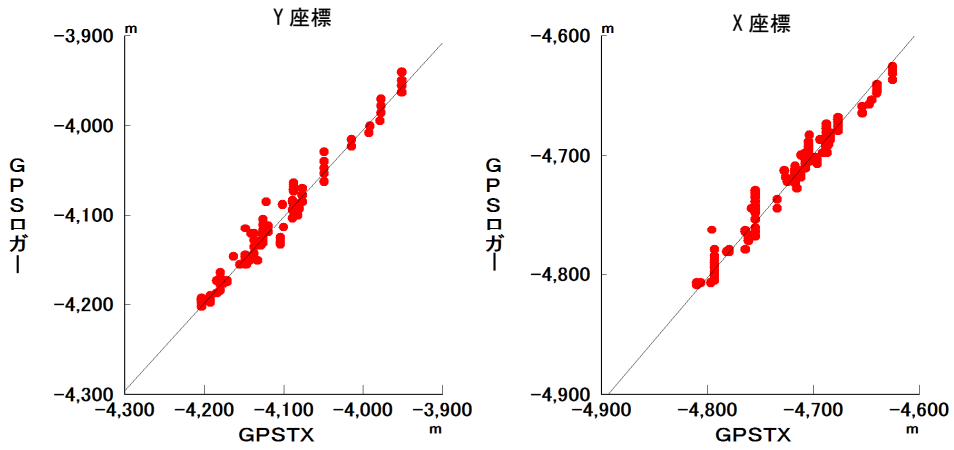


図 2-2-3 GPS-TX と GPS データロガーの測位結果の比較 (平地 A)

X, Y 座標は平面直角座標による

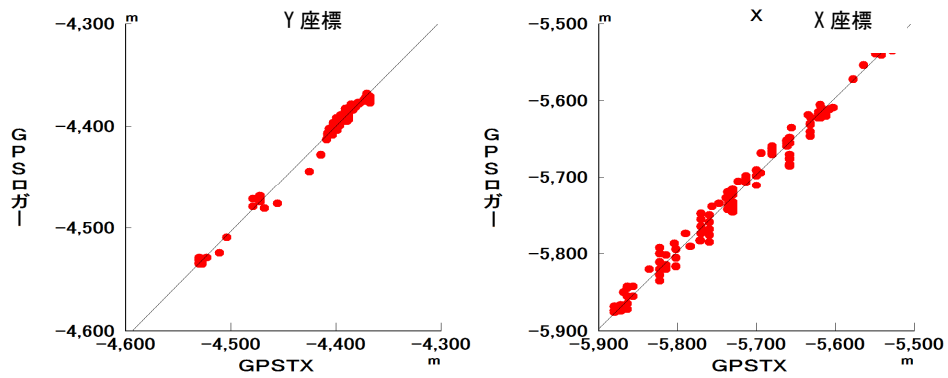


図 2-2-4 GPS-TX と GPS データロガーの測位結果の比較 (平地 B)

X, Y 座標は平面直角座標による

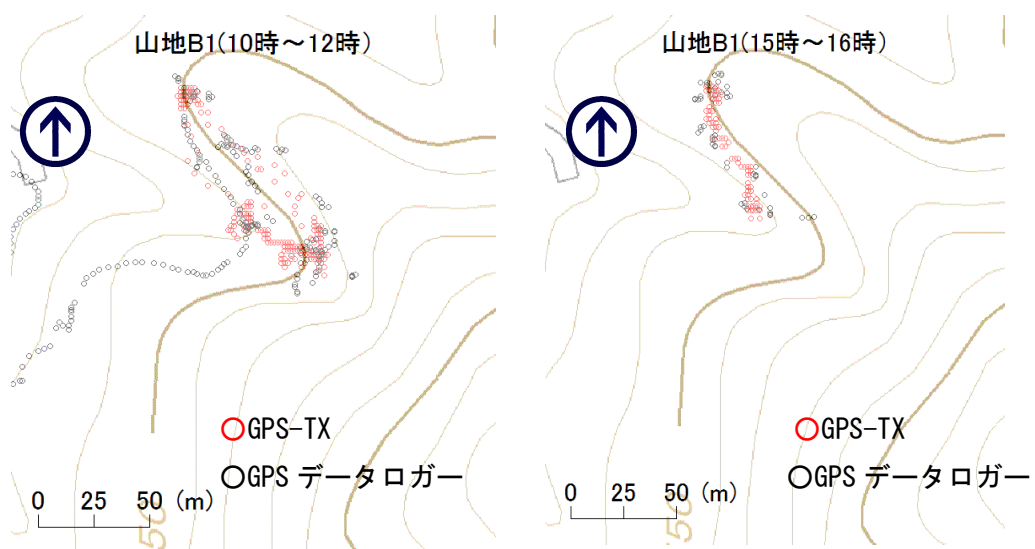


図 2-2-5 GPS-TX と GPS データロガーによる測位結果 (山地 B)

国土地理院電子地形図 25000 および基盤地図情報 (10m メッシュ標高) より作成

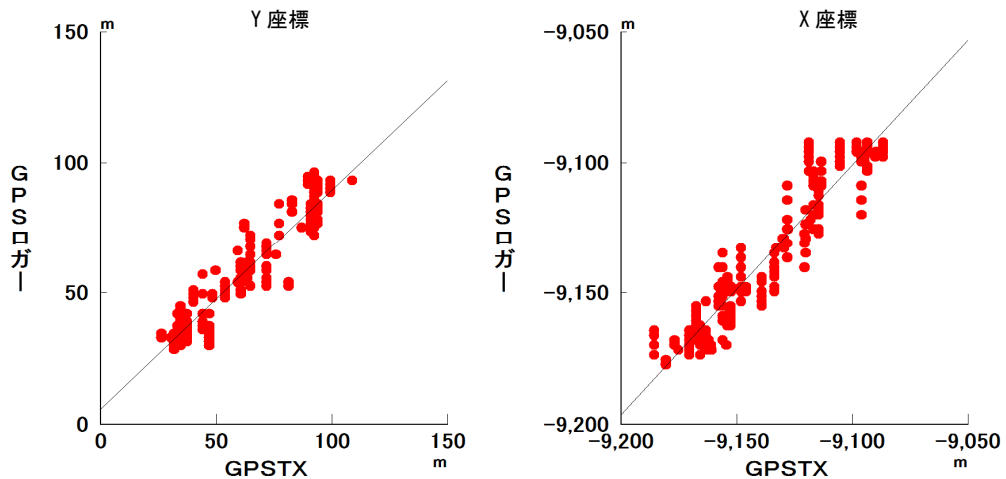


図 2-2-6 GPS-TX と GPS データロガーの測位結果の比較 (山地 B)

X, Y 座標は平面直角座標による

目視観察との比較では、山地において GPS-TX の優位性が際立った。

目視観察では、オオタカの飛翔コース周辺に 5 名の調査員を配置していたが、樹木やササに視界を遮られ、オオタカの飛翔を断片的にしか追跡できなかった (図 2-2-7)。さらに調査員 5 名のうち 3 名は、一度もオオタカの姿を見ることができず、確認できていた 2 名も最終的にはオオタカの位置を見失った (図 2-2-7)。

他方、GPS-TX は、位置情報が途中で途切れることもなく飛翔を追跡できていた。

このことから、GPS 搭載型電波発信機 (GPS-TX) の有効性が示された。

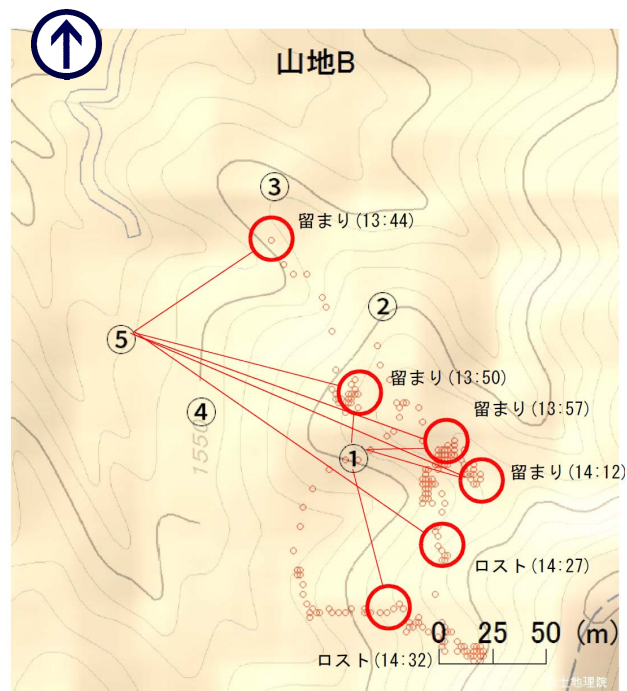


図 2-2-7 GPS-TX による飛翔記録と定点観察結果との照合

○数字は調査員の位置、赤丸は調査員が確認したオオタカの位置、小さな赤丸は GPS-TX が記録したオオタカの位置

地図は、国土地理院電子地形図 25000 および基盤地図情報 (10m メッシュ標高) より作成



#### (4) GPS 搭載型電波発信機 (GPS-TX) の活用場面と課題

GPS-TX は、位置情報の精度、調査範囲、コストの面で優れた技術と言える。

従来型の地上受信型テレメトリ（遠隔での位置追跡機器）に比べて受信可能範囲が広く、機器に内蔵された GPS の位置情報を直接受信するため、位置情報の精度も高い。また衛星通信を行うアルゴス GPS 等とは異なり、高頻度かつリアルタイムでデータを取得できる点でも優れている。

一方、猛禽類に装着するためには小型の GPS-TX が必要であり、搭載できる電池も極小サイズであるため、電池寿命が短いという課題がある（今回使用したものは、電池寿命が約 2 週間、位置情報の総発信回数が約 1500 回）。そのため調査目的が、短期間の詳細な位置情報の把握であるならば、GPS-TX は非常に有効なツールとなる。

今後、省電力の電波発信機と小型かつ軽量で高容量の電池の開発が進むことで、より長期の調査が可能になり、様々な目的に対応可能な技術となるだろう。



## 2-3 赤外線サーモカメラ

### (1) 調査の目的と実証実験に用いた機材

赤外線サーモカメラは、熱を持った物体（動物など）の表面から発せられる熱赤外線を感知し、対象物の表面温度を計測する機器である。

実証実験では、2種類の赤外線サーモカメラ（機種A：動物調査用、機種B：汎用）を用意した（表2-3-1～2）、オオタカの撮影に用いた。

これらの機材を用い、赤外線サーモカメラによる猛禽類等の視認状況、調査手法の特長と課題、活用可能性等について明らかにすることを目的に実証実験を行った。

表 2-3-1 実証実験に使用した赤外線サーモカメラ 2 機種 of 諸元

一般名と用途	解像度	温度感度	検出波長域	レンズ視野角	測定距離範囲	ビデオ出力
赤外線サーモカメラ (動物調査用)	320×240 ピクセル	0.05℃	7.5～ 13.5μm	20°× 18°	人間(1.8×0.5m):460m 車両(2.3×2.3m):1200m	可
赤外線サーモカメラ (汎用)	640×480 ピクセル	0.025℃	8～14μm	22°× 17°	10cm～∞	可

表 2-3-2 実証実験に使用したサーモカメラ 2 機種 of 写真



※ここに挙げた機材は、多数あるサーモカメラのうち、あくまで今回の実験に用いた機材であり、実際の事業において特定の機材の使用を推奨するものではありません。

## (2) 実証実験の調査地と方法

実証実験は、平成 27 年 11 月に実施した。

長野県南佐久郡南牧村にある筑波大学八ヶ岳演習林（平地 A）と、長野県南佐久郡川上村にある筑波大学川上演習林（山地 B）の林内において、オオタカを放鳥して赤外線サーモカメラによる追跡を行った。また八ヶ岳演習林（平地 B）では、林外でオオタカを放鳥し、同様に赤外線サーモカメラによる追跡を行った。

あわせて、川上演習林（山地 B）の林内において、オオタカを枝に止まらせ、様々な時刻、距離、角度から赤外線サーモカメラによる観察を行った。

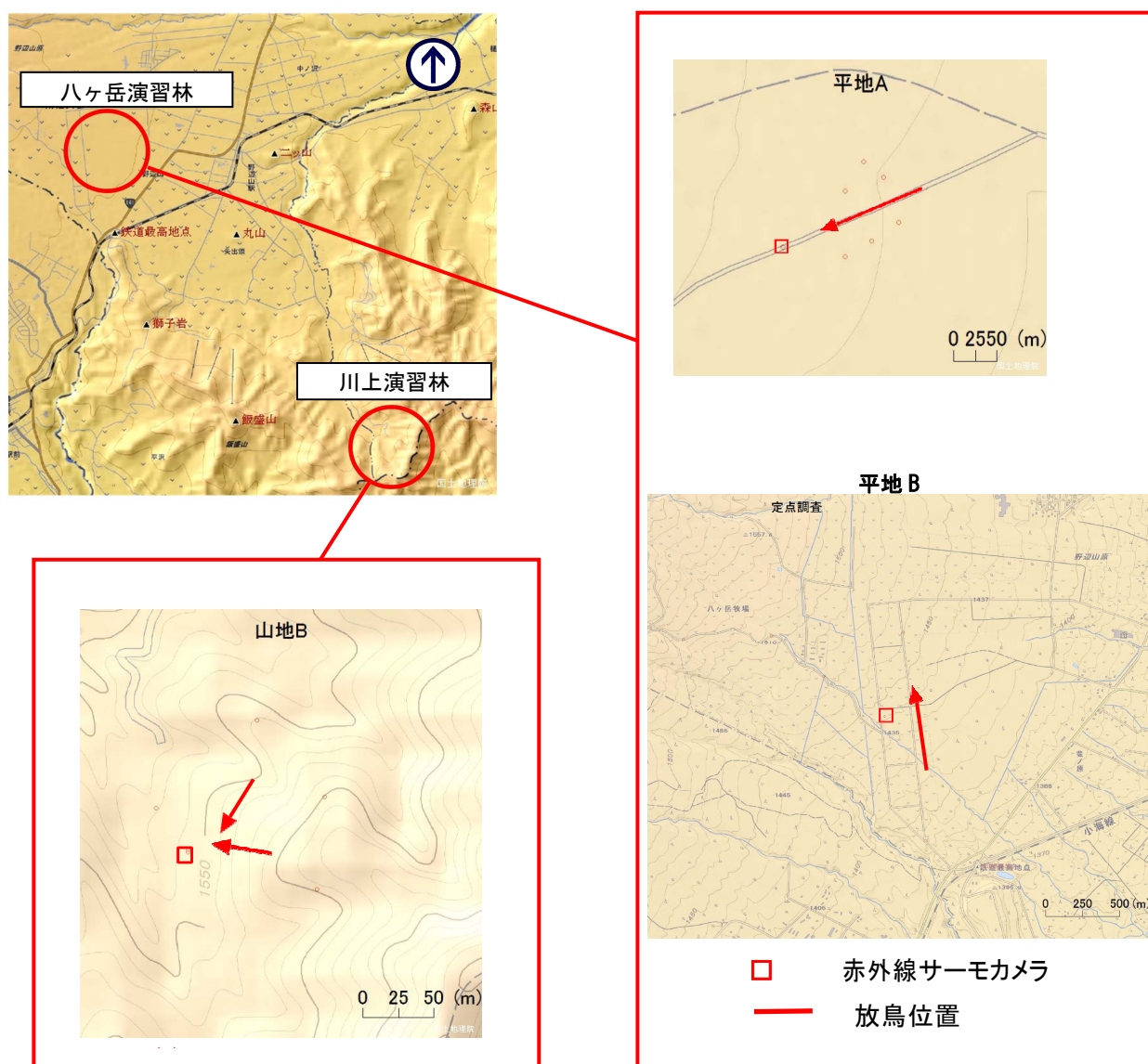


図 2-3-1 実証実験での調査位置

国土地理院電子地形図 25000 および基盤地図情報（10m メッシュ標高）より作成

### (3) 実証実験の結果と考察

八ヶ岳演習林（平地 A）の林内において、オオタカを放鳥して赤外線サーモカメラによる追跡を行った結果、オオタカを明瞭に確認できた（写真 2-3-1~2）。

一方で、川上演習林（山地 B）の林内においても、同様にオオタカを放鳥して赤外線サーモカメラによる追跡を行ったものの、日中は林床まで太陽光が入射し、樹木や葉に太陽光（赤外線）が反射するため、周囲とオオタカの温度差が小さくなり、赤外線サーモカメラによるオオタカの識別は困難であった（写真 2-3-3）。

八ヶ岳演習林（平地 B）近くの林外で実施した実験では、日射しが強く、地面からの反射赤外線によって、100m 程度の至近距離であってもオオタカの識別が困難であった（写真 2-3-4）。

川上演習林（山地 B）の林内において、オオタカを枝に止まらせ、様々な時刻、距離、角度から赤外線サーモカメラによる観察を行った結果、特に林内に直射日光が届かなくなる夕方~日没前に、赤外線サーモカメラによってオオタカを明瞭に確認できた（写真 2-3-5~6）。

これらのことから赤外線サーモカメラは、日中の日当たりの良い林外や、林内であっても地面や樹木、葉などからの太陽光の反射の影響を受ける場所では、周囲の環境とオオタカの温度差が小さくなりすぎ、オオタカの識別が困難であることがわかった。

他方、夕方~日没前の林内など、時間帯や場所を選ぶことで、赤外線サーモカメラの能力が発揮できることが確認できた。夕方~日没前は、視認性が低下し、調査員による目視確認が難しくなる時間帯である。したがって赤外線サーモカメラは従来型の目視調査を補完できる可能性があることが確認できた。





赤外線サーモカメラ（汎用）



○内がおオタカ

赤外線サーモカメラ（動物調査用）



○内がおオタカ

ビデオカメラ



○内がおオタカ

写真 2-3-1 オオタカ放鳥時のサーモグラフ（平地 A・飛翔時）



赤外線サーモカメラ（汎用）



赤外線サーモカメラ（動物調査用）



ビデオカメラ

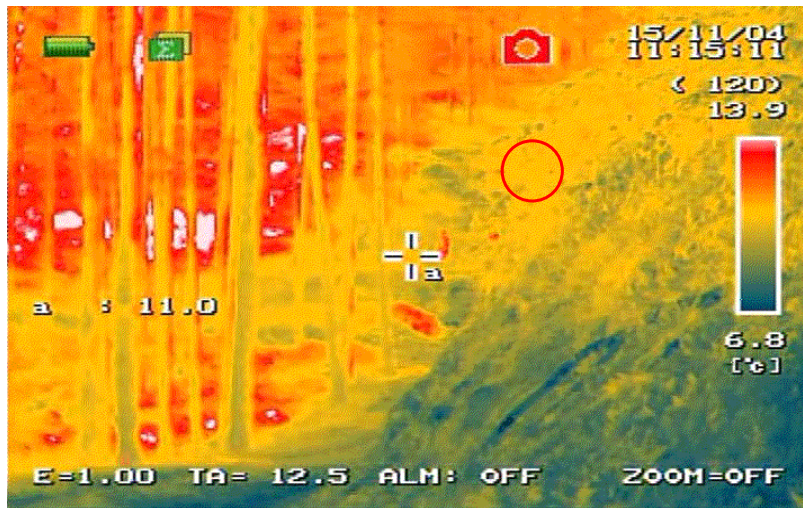


○内がオオタカ  
(止まり位置)

写真 2-3-2 オオタカ放鳥時のサーモグラフ（平地A・とまり時）



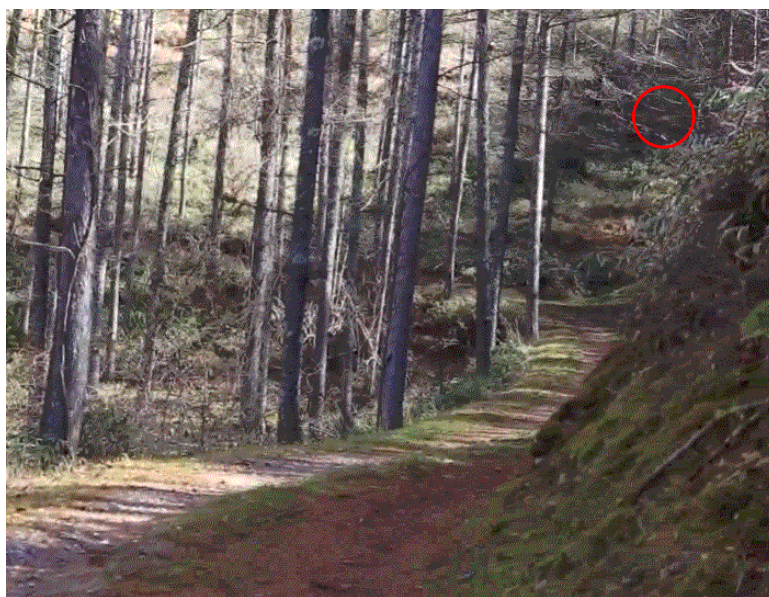
赤外線サーモカメラ（汎用）



赤外線サーモカメラ（動物調査用）



ビデオカメラ

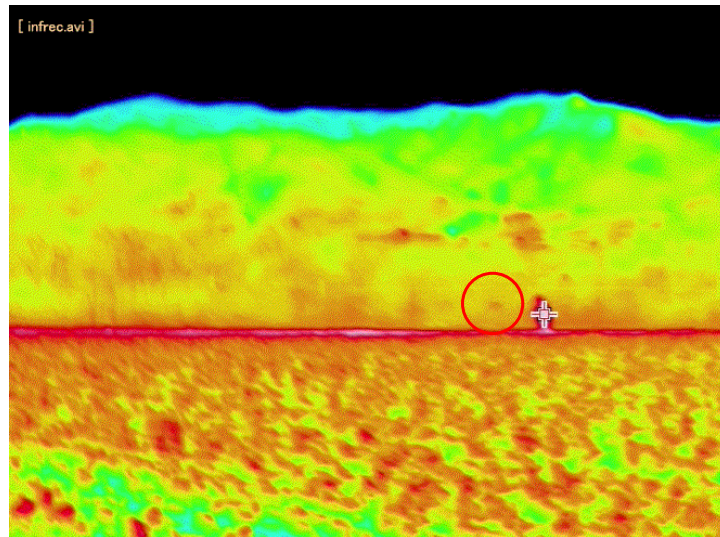


○内がオオタカ  
（止まり位置）

写真 2-3-3 オオタカ放鳥時のサーモグラフ（山地 B）



赤外線サーモカメラ（汎用）



赤外線サーモカメラ（動物調査用）



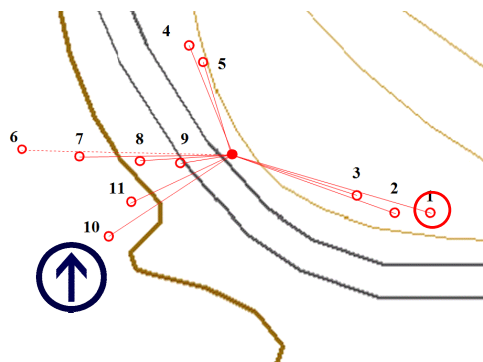
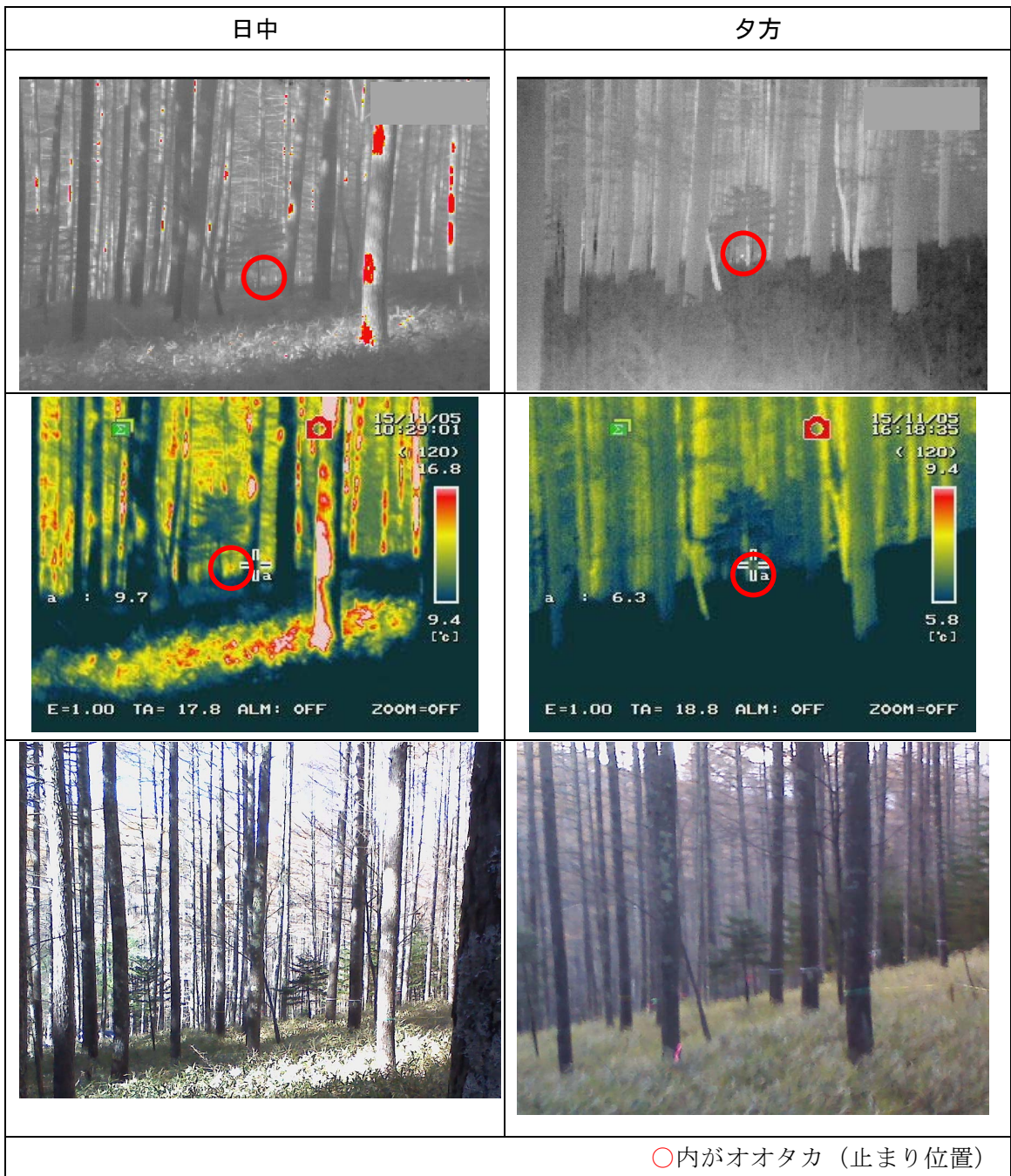
ビデオカメラ



○内がオオタカ  
（飛翔中）

写真 2-3-4 オオタカ放鳥時のサーモグラフ（平地 B）

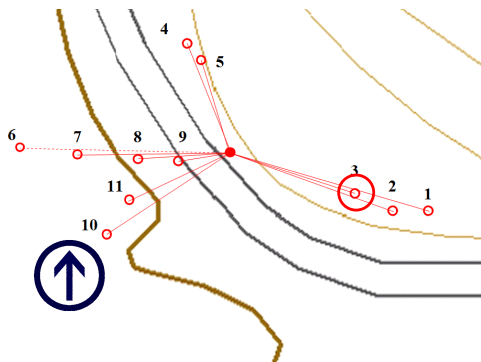
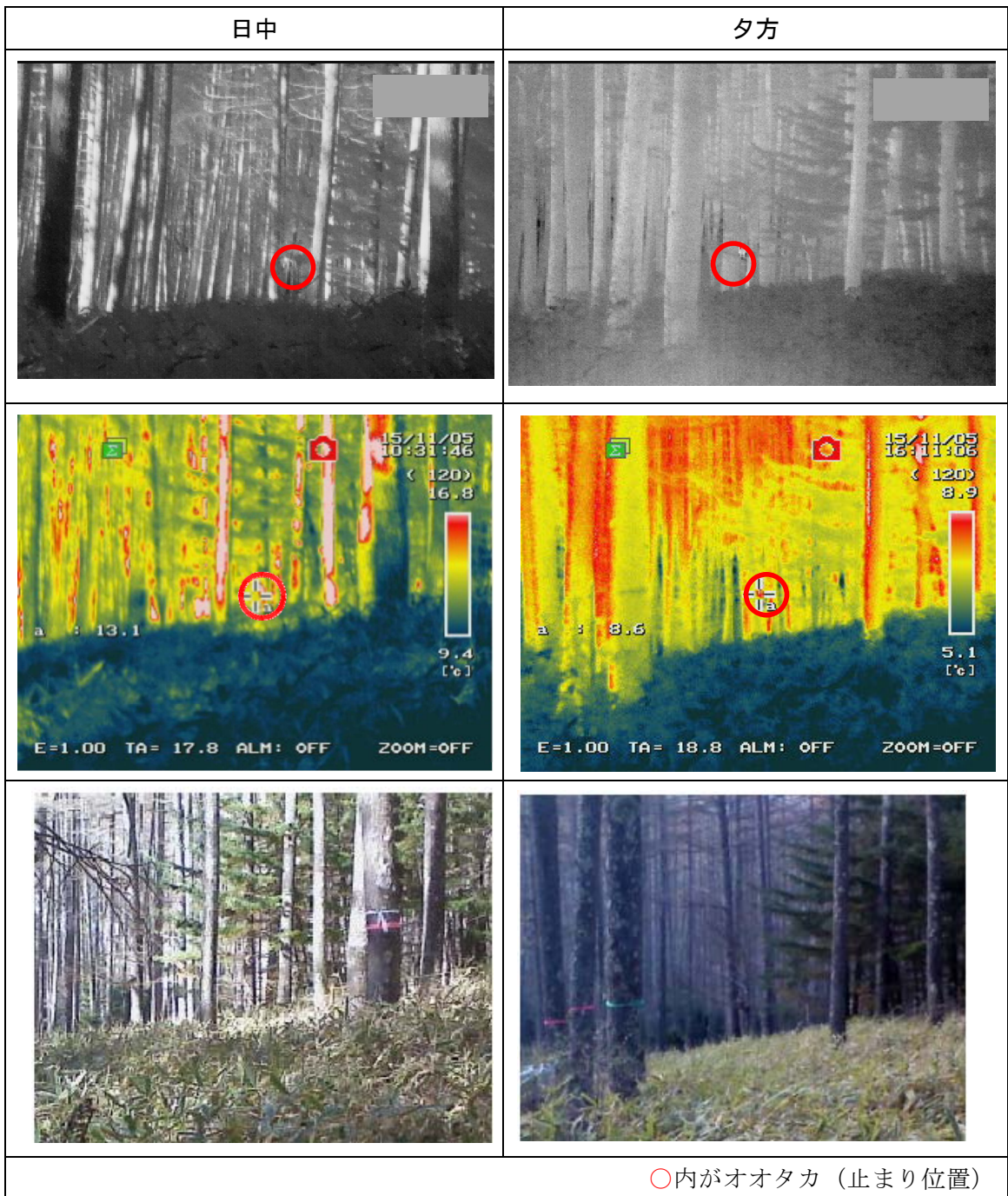




上段：赤外線サーモカメラ（汎用）  
 中段：赤外線サーモカメラ（動物調査用）  
 下段：ビデオカメラ  
 ●オオタカの位置  
 オオタカまでの距離：64.6m

写真 2-3-5 サーモカメラによる撮影（山地A・地点1）





上段：赤外線サーモカメラ（汎用）  
 中段：赤外線サーモカメラ（動物調査用）  
 下段：ビデオカメラ  
 ●おオタカの位置  
 おオタカまでの距離：40.7m

写真 2-3-6 サーマカメラによる撮影（山地A・地点3）

#### (4) 赤外線サーモカメラの活用場面と課題

---

赤外線サーモカメラは、日中の日当たりの良い場所では、地面や樹木、葉などからの太陽光（赤外線を含む）の反射の影響により、猛禽類と周囲の環境の識別が困難であった。

他方、夕方～日没前の林内では、赤外線サーモカメラでオオタカを明瞭に確認できた。したがって時間帯や場所を選ぶことで、赤外線サーモカメラの能力が発揮できることが確認できた。

赤外線サーモカメラの活用場面としては、営巣林への成鳥の出入りの観察や、成鳥や幼鳥の追跡（林縁など薄暗い場所での行動の確認や夜間の位置確認）、巣上のヒナの確認（巣の縁から顔を覗かせているような場合）などが考えられる。

また望遠レンズを装着することができる機種では、クマタカやミサゴ、ハヤブサなど、山地の斜面の樹木や崖地に営巣する種などを対象に、一般的な望遠鏡では視認しづらい状況であっても、赤外線サーモカメラにより親鳥や雛の確認が容易になると考えられる。





## 2-4 レーダー

### (1) 調査の目的と実証実験に用いた機材

レーダーを用いた実験を行うにあたり、各種のレーダーの中から、入手が容易であり、かつ鳥類調査の実績がある船舶レーダーを用いることとした。

一般に船舶レーダーは、洋上を航行する船に搭載し、周囲の船舶や陸地などからのレーダー反射波（反射エコー）を受信することで、対象物の有無や対象までの距離と方位を把握する技術である。近年、このレーダーに鳥類の反射エコーが映ることがわかってきた。

今回の実証実験では、船舶レーダーの中でも、海鳥の発見を目的に開発されたバードレーダーを用いた（表 2-4-1）。

これらの機材を用い、船舶レーダーによる猛禽類等の捕捉状況、調査可能範囲、調査時の留意事項等、調査手法の特長と課題、活用可能性（目視記録の精度向上等）について明らかにすることを目的に実証実験を行った。

表 2-4-1 各種レーダーの諸元

一般名	周波数 (MHz)	最少探知距離	水平面の主輻射角度	鉛直面の主輻射角度	回転数 (RPM)	出力 (kw)	最大探知距離 (NM)	鳥類調査の実績
【今回使用】 船舶レーダー (バードレーダー)	9410	20m	3.7°	25°	24/48	4	48	—
【参考】 船舶レーダー	9410	20m	1.8°	22°	24	25	96	有
	9410	22m	4.8°	20°	24/48	25	96	有
	9410	25m	1.9°	22°	24/36/ 48	6	64	—

※ここに挙げた機材は、多数ある機材のうち、あくまで今回の実験に使用、あるいは参考とした機材であり、実際の事業において特定の機材の使用を推奨するものではありません。

【用語】 水平面の主輻射角度：水平方向の分解能を規定する数値

鉛直面の主輻射角度：鉛直方向の探査範囲を規定する数値

出力：最大探知距離を規定する数値

表 2-4-2 実証実験に使用した船舶レーダー

新技術	性能
	<p>● 左上写真：レーダー（アンテナ部分）</p> <p>本体サイズ：直径50-8×高さ24-765cm            アンテナ長さ：43-18cm（17インチ）            出力：4KW            防水性能：IPX7            電圧範囲：11-35 VDC            消費電力：30W-48W            最大範囲：77-249km(48マイル)            最小範囲：20m            回転数：24/48 RPM（デュアル回転）            ビーム角度：水平方向5-2°/垂直方向25°</p>
<p>● 右下写真：レーダー（本体部分）</p> <p>本体サイズ：横35-9×縦23-6×厚さ7-5cm            画面サイズ：横21-1×縦15-8 対角26-4cm 800X600ドット SVGAディスプレイ            出力：最大1kW 回路内蔵            電圧範囲：10-32 VDC            防水性能：IPX7            発射可能周波数等：</p> <p>CHIRP ダウンビュー 800/455/260khz(300m)            CHIRP 高130-210KHZ(400m) 中95-155KHZ(500m) 低28-75KHZ (1200m)            HD-ID 通常魚探 200/77/50khz(700m)            DGPS 進行方位へディング計算/位置更新 毎秒10回 精度2-4m 外付アンテナ付属</p>	

## (2) 実証実験の調査地と方法

船舶レーダーを用いた実証実験は、機器の性能試験と設置方法の確認を行うための「予備実験」、実際にオオタカを追跡する「本実験」、本実験で明らかになった課題を追加的に検証するための「追加実験」の3回に分けて実施した。

### (a) 予備実験

予備実験は、茨城県つくば市にある国土技術政策総合研究所（国総研）構内のグラウンドにおいて、平成27年10月に実施した。



図 2-4-1 予備実験での調査位置

国土地理院電子地形図 25000 および基盤地図情報（10m メッシュ標高）より作成

予備実験では、ドローン（別名：UAV）を猛禽類に見立てて飛行させ、これを船舶レーダーで捕捉することにより、レーダーの動作確認と捕捉可能領域の把握を行った。

表 2-4-3 実証実験に使用した使用したドローンと緒元

写真	緒元
	機体重量：3,035 g（バッテリー重量を含む） 1充電当たりの飛行時間：約18分 飛行可能範囲：2 km 最大飛行高度：4,500 m (改正航空法で高度150 mを越えての飛行は禁止) 最大飛行速度：22 m/s (79.2 km/h) 最大上昇速度：5 m/s (18 km/h) 最大下降速度：4 m/s (14.4 km/h)

(b) 本実験

本実験は、平成 27 年 11 月に実施した。

GPS-TX、サーモカメラの実証実験と同じく、長野県南佐久郡南牧村にある筑波大学八ヶ岳演習林（平地 A）と、長野県南佐久郡川上村にある筑波大学川上演習林（山地 B）の林内において、オオタカを放鳥し、船舶レーダーによる追跡を行った。

八ヶ岳演習林（平地 B）では、林外でオオタカを放鳥し、同じく船舶レーダーによる追跡を行った。この林外での調査では、放鳥したオオタカに加え、周辺を飛行する野鳥についても、レーダーで捕捉可能かどうか、確認をおこなった。

また比較のために、従来型の目視による定点調査も実施した。調査定点は、2 か所の演習林で計 21 点（平野部 16 地点、山地 5 地点）を設け、各定点に調査者 1 名を配置した。

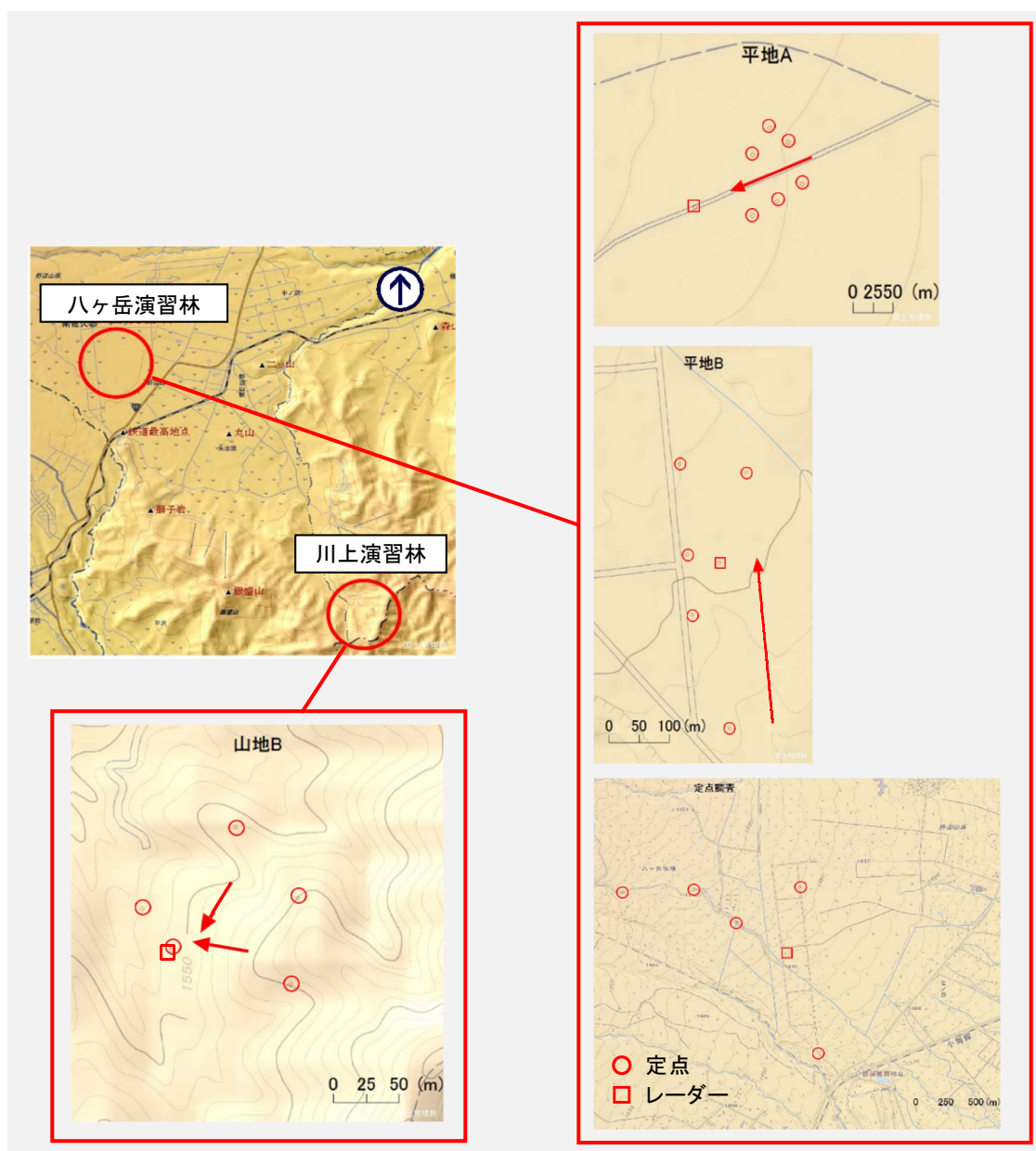


図 2-4-2 本実験での調査位置

国土地理院電子地形図 25000 および基盤地図情報（10m メッシュ標高）より作成



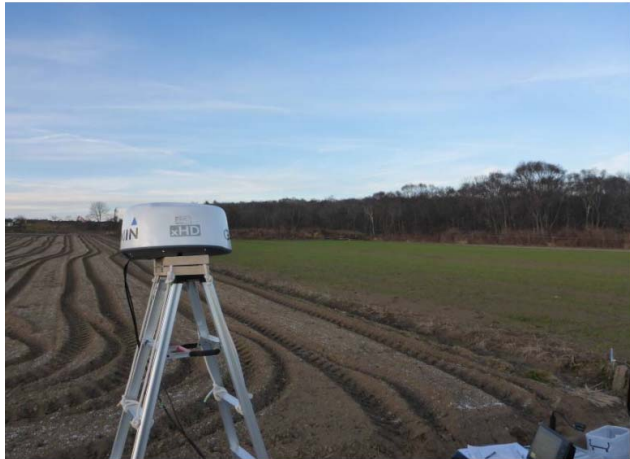


写真 2-4-1 林外調査でのレーダーの設置状況（平地 B）

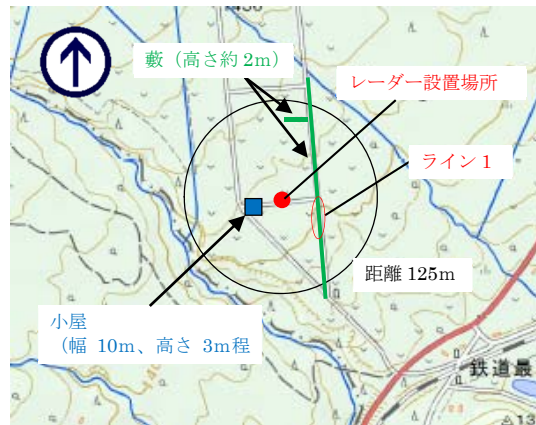


図 2-4-3 林外調査でのレーダーの設置位置（平地 B）

国土地理院電子地形図 25000 および基盤地図情報（10m メッシュ標高）より作成

(c) 追加実験

本実験の結果、地上や樹木等からの反射波によって、レーダーの受信映像が乱れる現象（ノイズ）が頻繁に確認された。そこで、安定した受信映像を得るための船舶レーダーの設置方法を調べるために、平成27年12月に追加実験を行った。

追加実験では、地面からの反射波の影響を緩和するため、国土技術政策研究所構内にある2階建てコンクリート造の建物屋上に、船舶レーダーを設置した。あわせて、地面、その他からの反射波の影響を軽減するための電波吸収シートをレーダーの足元に設置し（写真2-4-2）、高所設置および電波吸収シートによるノイズの軽減効果を確認した。

これらの工夫により、ノイズの軽減効果が確認されたことから、約1.6km離れた場所からドローンを飛行させ、遠方の飛行物体の捕捉状況の確認も行った。



図 2-4-4 追加実験での調査位置（レーダー設置およびドローン飛行場所）

国土地理院電子地形図 25000 および基盤地図情報（10m メッシュ標高）より作成



写真 2-4-2 レーダーアンテナおよび電波吸収シート設置状況

レーダーアンテナ（脚立上の白い物体）の下に、電波吸収シート（約1m 四方）を広げている



### (3) 実証実験の結果と考察

#### (a) 予備実験

予備実験の結果、レーダーにより、ドローン本体が楕円形の影として捉えられた。レーダーの画面上では、ドローンが飛行するのに合わせて、ドローンを捉えた楕円形の影も移動するのが確認された（写真 2-4-3）。ただし、ドローンの姿勢や移動速度等の条件の違いにより、レーダーが捕捉したドローンの影も形状や判別しやすさが変化した。



写真 2-4-3 レーダーによるドローンの確認状況（赤丸内がドローン）

さらに、レーダーの設計上、捕捉可能な理論値（仰角 12.5°）に近い高度までドローンの飛行を補足できた（図 2-4-5）。

なおドローンの本体部分（プロペラ部分を除く）の大きさは約 30×20cm で、概ねオオタカの大きさに類似していた。このためレーダーの性能的には、大きさが猛禽類相当の飛行物体を捉えることに問題がないことがわかった。

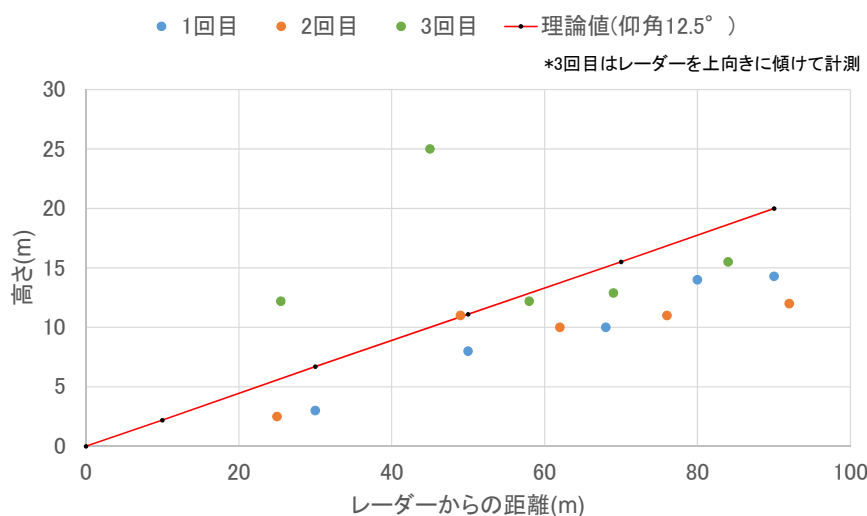


図 2-4-5 レーダーによるドローンの捕捉可能距離と高さ

(b) 本実験

平地と山地の林内、平地の林外に船舶用のレーダーを設置し、放鳥したオオタカの追跡を試みた。

その結果、平地、山地ともに、林内では、レーダー波が樹木や地面に反射し、レーダー画面上に多くのノイズが発生したため、レーダーによるオオタカの確認や追跡はできなかった。また平地の林外でも、藪や建物、地面からのレーダー波の反射に加え（写真 2-4-4）、放鳥したオオタカの飛翔高度が低空であったことから、レーダーではオオタカを捉えられなかった（写真 2-4-5）。

平地の林外では、オオタカの追跡調査と同時に、周辺（半径約 500m 内）を飛翔する一般鳥類を対象としたレーダー調査も実施した。その結果、トビ 1 羽が探知された。一方、調査時間中には、他にもカラスやスズメなどの中小型鳥類の飛翔が調査員によって記録されたが、レーダーで捉えることはできなかった。この原因として、調査時間を通じてレーダー画像には多くのノイズが発生していたため、飛翔する鳥類からの反射がそれらのノイズと重なり、明瞭に判別することができなかったものと考えられる。

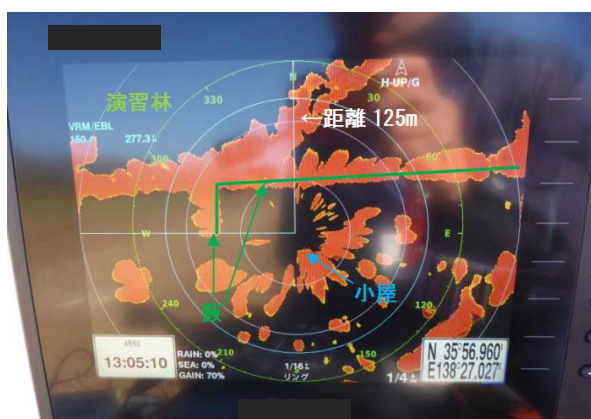


写真 2-4-4 レーダーの画像（平地の林外）  
藪（緑線）や小屋（水色矢印）からの反射波が映っている。

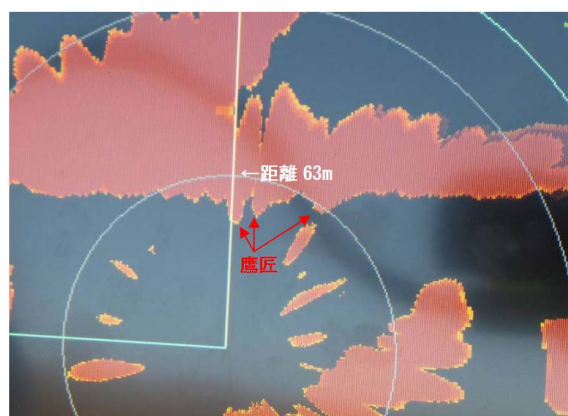


写真 2-4-5 レーダーの画像（放鳥時）  
鷹匠 3 名の姿は映るが、オオタカは捉えられなかった。

(c) 追加実験

地面や樹木等からの反射波の影響を軽減し、安定した受信映像を得るための船舶レーダーの設置方法を調べるために、追加調査を実施した。

地面からの高度を確保するために、2階建てコンクリート造の建物屋上に船舶レーダーを設置した。あわせて、地面、その他からの反射波の影響を軽減するための電波吸収シートをレーダーの足元に設置した結果、高所設置および電波吸収シートによるノイズの軽減効果を確認できた（写真2-4-6,7）。

また、約1.6km離れた場所を飛行するドローンを、レーダーにより捉えることができた（写真2-4-8,9）。

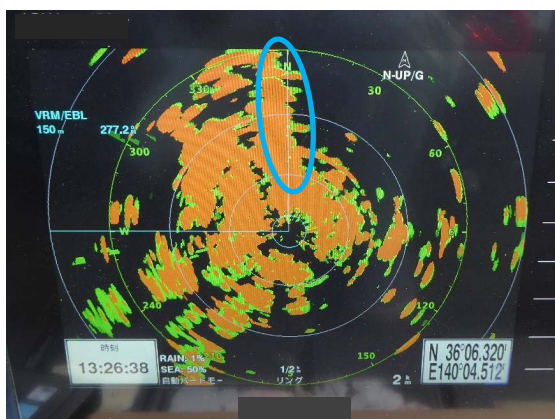


写真 2-4-6 電波吸収シート設置前のノイズの発生状況

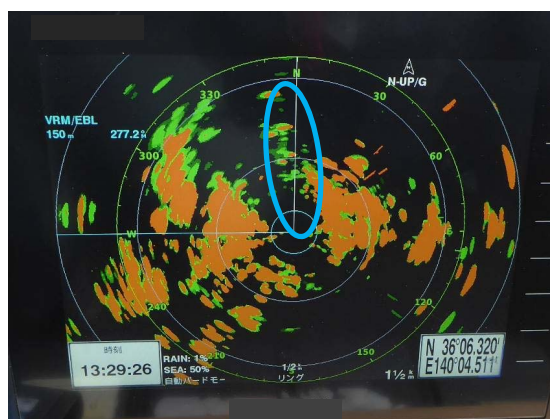


写真 2-4-7 電波吸収シート設置後のノイズの発生状況



写真 2-4-8 確認されたドローン（赤丸内）



写真 2-4-9 確認されたドローン（画面右から左へ移動中）

#### (4) 船舶レーダーの活用場面と課題

---

船舶用等レーダーは、既に、風力発電の環境影響評価など、上空を通過する鳥類の調査で普及しつつあるが、地上近くを飛翔する猛禽類の調査に用いるためには、技術的課題が残されている。

今回の実験では、林内・林外ともに、レーダー波が樹木や地面に反射してしまい、大量のノイズが発生したため、放鳥したオオタカの探知ができなかった。

他方、電波吸収材を利用するなど、レーダーの設置方法を工夫することで、ある程度ノイズの軽減を図れること、開けた場所ではノイズが少なく、500mほど離れた場所の猛禽類（実験ではトビ）の飛翔をレーダーで探知できることがわかった。

今後、道路事業など、地上近くを飛翔する猛禽類の調査に用いていくためには、電波吸収材の利用やレーダーの設置方法を工夫することでノイズの軽減を図った後に、実際の猛禽類調査に近い様々な地形や植生タイプのもとで、レーダーの追跡性能の確認を行うことが先決である。



## 3. 音声解析を用いた猛禽類の生息判定技術

### 3-1 音声解析を用いた生息判定技術の開発の背景と目的

これまで猛禽類調査では、調査員による林内踏査や直接観察によって、営巣場所の特定や繁殖状況の把握に多大な労力を要してきた。一方、限られた時間内での調査では、発見漏れの危険もある。これを改善し、効率的に現地調査を行うことを目的として、簡易に猛禽類の生息判定を行うための技術開発を試みることにした。

3章では、1章（表 1-3-1）で整理した技術の中から、鳴き声録音（音声解析）技術の開発に取り組む。

鳴き声録音（音声解析）の対象種は、希少猛禽類の中でも、道路事業において最も頻繁に調査対象となるオオタカを選んだ。

オオタカが頻繁に調査対象となる理由は、オオタカが日本中に分布し、かつ都市近郊の林や人里近い里山に生息するためである。また、他の希少猛禽類に比べれば生息数が多いため、事業地周辺に生息する可能性も高いことが挙げられる。

他方、鳥の鳴き方は、種類によって特徴（周波数や継続時間）が異なり、同じ種内でも様々な鳴き方のパターンが存在する。

そこで今回は、オオタカについて先行的に音声解析を用いた生息判定技術の開発を試みた。





## 3-2 音声解析を用いたオオタカの生息判定技術の開発

### (1) オオタカの生息判定技術の開発のための作業フロー

今回開発を試みたオオタカの生息判定技術は、調査対象地周辺で録音した音声データから、オオタカの音声データを機械的に抽出し、生息の有無を簡易判定する第1段階「スクリーニング」と、抽出した音声をオオタカの鳴き声のパターン（警戒、餌乞、交尾、ヒナ、幼鳥）と比較し、統計的に自動分類する第2段階「音声判別モデル」から構成されている。

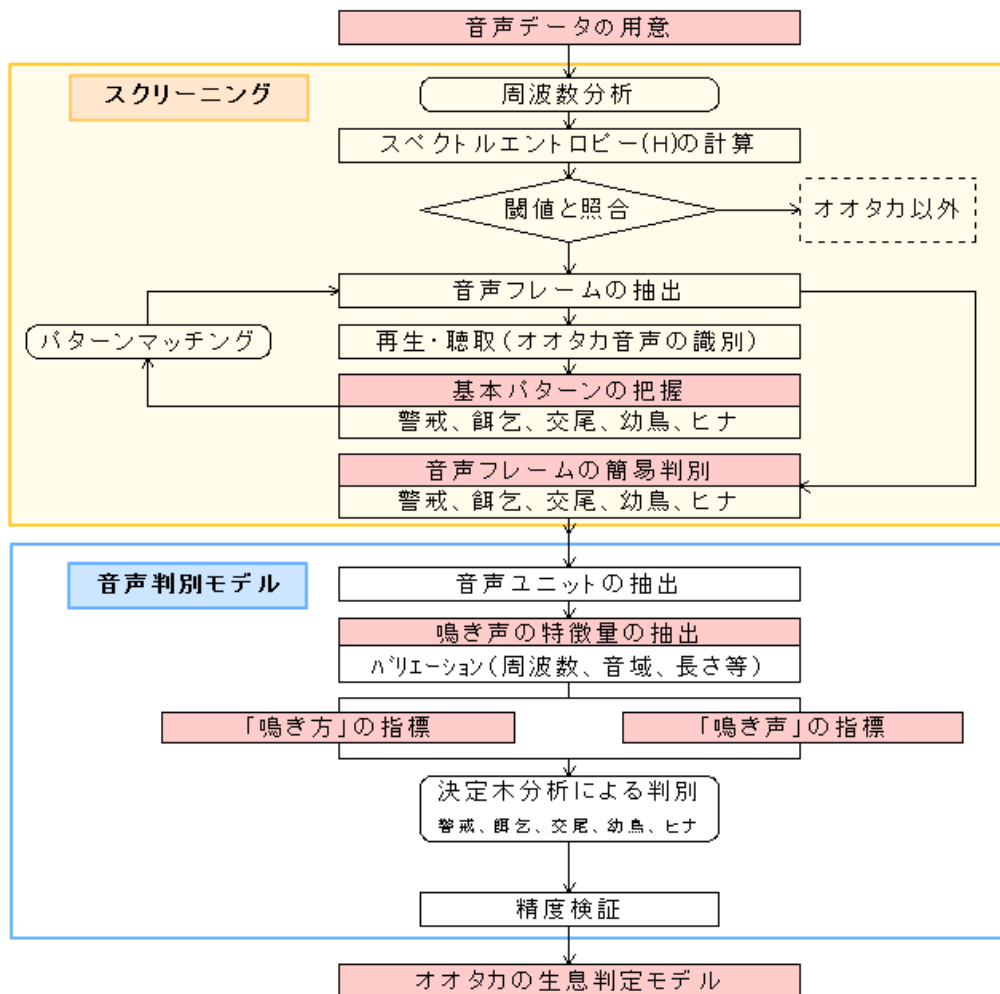


図 3-2-1 音声解析によるオオタカの生息判定技術の開発のための作業フロー



## (2) オオタカの生息判定技術の開発方法

### 1) 音声データの用意

オオタカの音声判別モデルの構築に使用する音声データは、関東地方で録画されたオオタカの巣内観察ビデオ（A地区、B地区、C地区の3地区）を基に、映像から抽出した音声を用いることとした（写真3-2-1、表3-2-1）。これら音声データの抽出には、一般的なフリーソフトを用い、WAV形式、無圧縮、フレームレート48000Hzまたは8000Hzで抽出した（表3-2-2）。なお音声は、カメラ付属のマイクロホンにより、採録されている。

撮影は、各地区とも繁殖期間中の午前4時～午後7時の間に行われていたが、音声解析にはオオタカの活動時間帯である午前8～12時の4時間のデータを用いた。

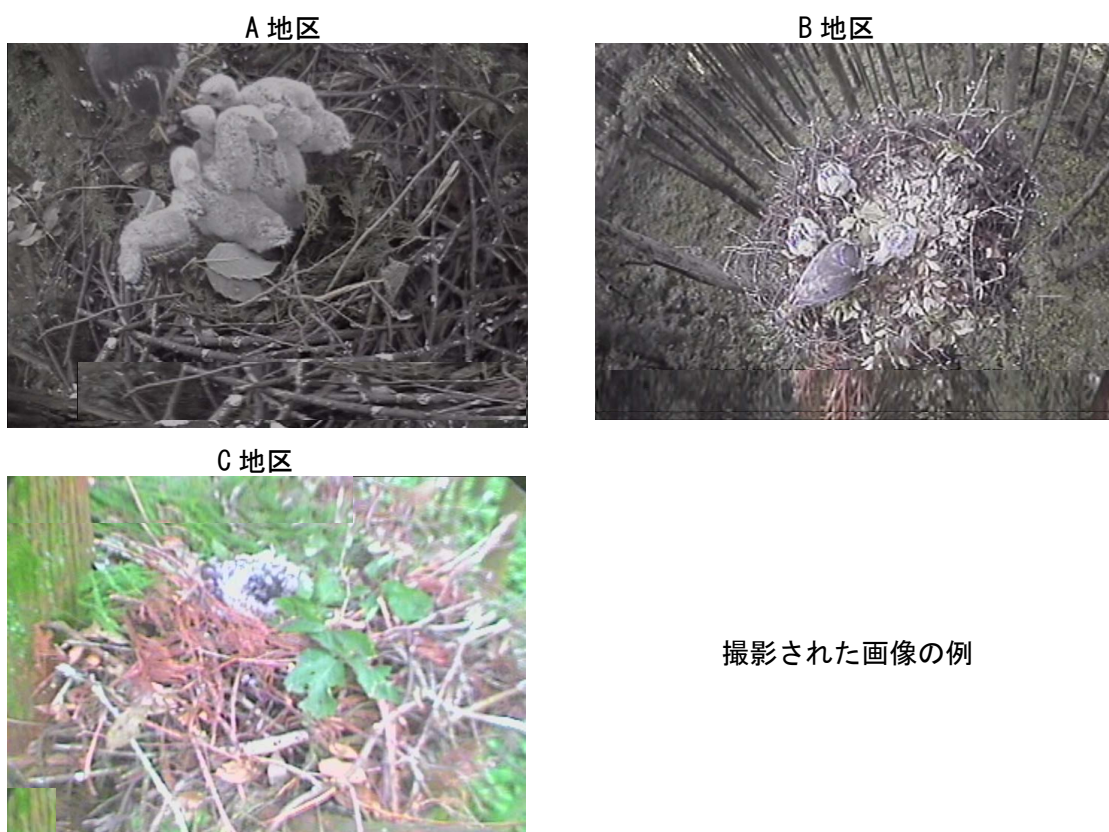


写真3-2-1 巣内ビデオによる各巣の録画状況

表3-2-1 巣内ビデオの撮影年と撮影期間（音声データの取得状況）

地区\年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	のべ時間
A地区	2-7月	2-8月	2-7月		4-8月			2542時間
B地区			3-8月	2-7月			3-7月	1988時間
C地区			4-7月	1-7月			3-7月	1694時間

表 3-2-2 巢内ビデオから抽出した音声データの諸元

諸元		A 地区	B 地区	C 地区
映像	圧縮形式	MPEG2	MPEG2	独自
	解像度 (ピクセル)	352×240	352×240	704×480
	フレームレート(FPS)	29	29	2
音声	圧縮形式	MP2	MP2	ADPCM
	サンプリング周波数(Hz)	48000	48000	8000
	ビットレート(bps)	224000	224000	32000
	チャンネル数	2	2	1

## 2) スクリーニング

ここでは、調査対象地周辺で録音した音声データから、オオタカの音声を機械的に抽出し、生息の有無を簡易判定するための手法について検討した。

### 1. スペクトルエントロピーの計算と音声フレームの抽出

巢内ビデオから抽出された音声には、オオタカの鳴き声以外にも、様々な環境音やノイズが含まれている。また音声解析では、連続した音声データは扱えないため、これらを短い区間に区切り、個々に解析の対象とする必要がある（これら短い区間に区切ったものを、以下「音声フレーム」という）。

そこで、周波数分析によって得られるスペクトルエントロピー（式(1)）を指標として、音声フレームを抽出することとした。

なおスペクトルエントロピーは、ホワイトノイズ等の均一な信号では高い値となり、有意な音声等の不均一な信号では低い値となる。そのためスペクトルエントロピーを用いることで、一定の周波数を示す環境音やノイズを除去することができ、かつオオタカの鳴き声のように1回あたりの継続時間がまちまちな音声を抽出することが可能になる。

抽出作業では、全ての音声データについてスペクトルエントロピーを計算し、あらかじめ設定した閾値（前後1分間の平均値）と比較し、閾値以上のスペクトルエントロピーを示した音声区間を「音声フレーム」として抽出した（表3-2-3）。

$$H = - \sum_{k=M}^N p_k \log_2 p_k, \quad p_k = \frac{s_k}{\sum_{i=M}^N s_i} \quad \dots (1)$$

ここで、 $H$  : スペクトルエントロピー  
 $p_k$  :  $k$  番目の周波数のパワーの存在確率  
 $s_k$  :  $k$  番目の周波数のパワー、  
 $M, N$  : 周波数の下限値、上限値

表 3-2-3 抽出できた音声フレームの数

地区\年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
A 地区	913,850	1,093,043	779,422		1,077,727		
B 地区			915,192	882,586			1,135,138
C 地区			415,870	880,692			601,648

## 2. 基本パターンの把握

オオタカの鳴き声には、バリエーションがある。

そこで、抽出した音声フレームの一部を聴取し、鳴き声を「警戒」「餌乞」「交尾」「幼鳥」「ヒナ」の5種類に分類した（表 3-2-4）。

このうち、ヒナと幼鳥は、前者は巣内育雛期前半（孵化から 24 日目ごろまでの羽毛に覆われた時期）、後者は巣内育雛期後半（25 日目以降から巣立ちまで）として区分した（写真 3-2-2）。

表 3-2-4 オオタカの鳴き声の基本パターン

種別	鳴き声のパターン	備考
警戒	ケッケッケツ	主に成鳥のオス
餌乞	クァイクァイー	主に成鳥のメス
交尾	クェークェークェー（オス） キャツキャツキャツ（メス）	オス、メスの鳴き声が重なり合って聞こえる
幼鳥	キッキッキッフィアー	警戒や餌乞に近いが、より高音
ヒナ	クィークィー/ピー ピー	鳴く機会は少ない

### 巣内育雛期前半（ヒナ）



### 巣内育雛期後半（幼鳥）



写真 3-2-2 巣内育雛期前半および後半の状況

### 3. パターンマッチング

オオタカの音声判別モデルの構築には、モデル構築用のデータ（学習データ）と構築したモデルを検証するためのデータ（検証用データ）が、それぞれ必要である。

しかし元の音声データは、長時間かつオオタカ以外の音声が含まれるため、これを、逐一、人が聴取し、学習データと検証用データを用意するのは現実的ではない。

そこで、前述の2. において鳴き声を基に5つの基本パターンに分類済みの「音声フレーム」を用いて（表3-2-5）、パターンマッチングを行うこととした。

パターンマッチングでは、5種類の基本パターンそれぞれについて、鳴き声の周波数分布（図3-2-2～3）を基に、未聴取・未分類の「音声フレーム」からパターンの似た音声を機械的に抽出した。これを人が聴取して、鳴き声の種別を判定し、その中から代表的なものを、新たなパターンマッチングの指標（教師データ）として使用した。これらパターンマッチングを繰り返し、オオタカの音声が入った多くの「音声フレーム」を得た（表3-2-6）。

なお、パターンマッチングは、Dynamic Programming マッチング法（系列になったデータ同士の類似度を比較する方法）により行った。また、判別の精度を高めるため、音量（音の振幅）の変動係数（標準偏差／平均値）が1未満の音声フレームはパターンマッチングの対象から除外した。

表 3-2-5 パターンマッチングに使用した音声フレーム数

種別	A 地区	B 地区	C 地区
成鳥	30	74	42
餌乞	16	142	99
交尾	8	18	23
幼鳥	29	230	632
ヒナ	14	23	55





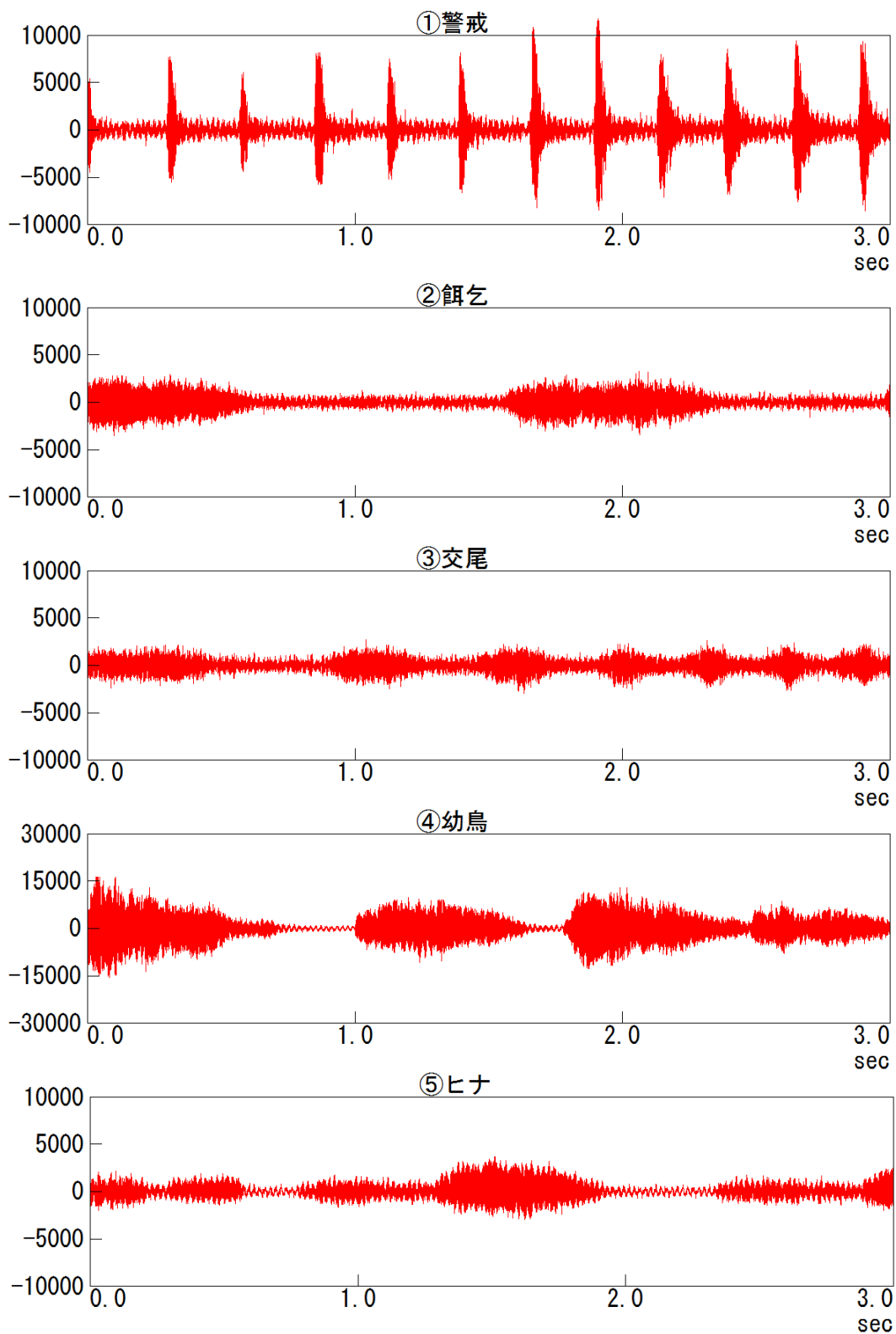


図 3-2-2 オオタカ音声の波形の例  
縦軸は音の大きさ

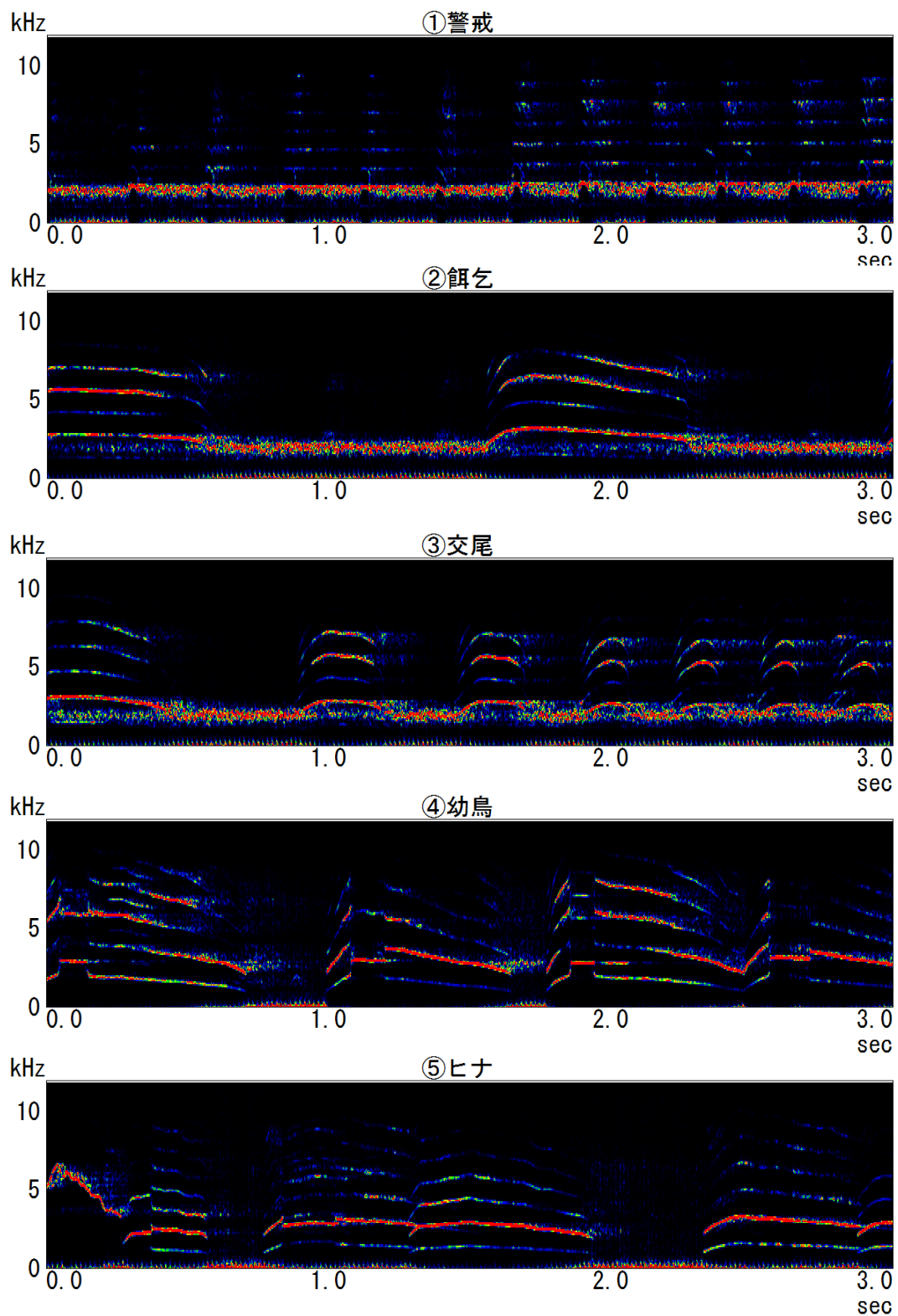


図 3-2-3 オオタカ音声のスペクトログラム（声紋）の例  
 図中の色は青から赤になるほど音が強いことを示している

表 3-2-6(1) パターンマッチングによる音声フレームの簡易判別結果 (A 地区)

年	月	警戒	餌乞	交尾	幼鳥	ヒナ	計
2008	3		2				2
	4	2,064	157	1,171	1		3,393
	5			25	10		35
	6				3		3
	7				5	7	12
	計	2,064	159	1,196	19	7	3,445
2009	3		3	6			9
	4	1,872	483	976	2		3,333
	5	35	1	67	1		104
	6				176	8	184
	7				47	3	50
	計	1,907	487	1,049	226	11	3,680
2010	3		4	11			15
	4	871	30	727			1,628
	5	324		87	3		414
	6		1		27	2	30
	7				9	1	10
	計	1,195	35	825	39	3	2,097
2012	4		2	116	2,969	1	3,088
	5		4	25	1,267	9	1,305
	6		13	7	1,812	32	1,864
	7			3	11,563	24	11,590
	8				22,609	6,825	29,434
	9			1	5,068	4,250	9,319
	計	0	19	152	45,288	11,141	56,600

表 3-2-6(2) パターンマッチングによる音声フレームの簡易判別結果 (B 地区)

年	月	警戒	餌乞	交尾	幼鳥	ヒナ	計
2010	2	1	2				3
	3		151	6	23		180
	4		290	2	165	1	458
	5		73	3	290	1	367
	6		180	13	1,687	17	1,897
	7		57	5	579	1	642
	計	1	753	29	2,744	20	3,547
2011	1		2				2
	2		37	1	59		97
	3		74	4	13		91
	4		149		123		272
	5		66	2	158	1	227
	6		294	13	1,226	2	1,535
	7		95	2	330		427
	計	0	717	22	1,909	3	2,651
2014	3		18		2		20
	4		49		31	1	81
	5		12	1	48		61
	6		44		125	2	171
	7						0
	8						0
	計	0	123	1	206	3	333

表 3-2-6(3) パターンマッチングによる音声フレームの簡易判別結果 (C 地区)

年	月	警戒	餌乞	交尾	幼鳥	ヒナ	計
2010	3		1			3	4
	4	1	299		1	88	389
	5	2	1,451		179	1,118	2,750
	6	1	1,076		27	3,117	4,221
	7		376		39	2,803	3,218
	8		11			52	63
	計	4	3,214	0	246	7,181	10,645
2011	3		1				1
	4		3				3
	5		15			21	36
	6		69			152	221
	7		4		1	293	298
	8		2			34	36
	計	0	94	0	1	500	595
2014	3		2				2
	4						0
	5					4	4
	6		10		5	258	273
	7		2		11	440	453
	計	0	14	0	16	702	732



### 3) 音声判別モデル

ここでは、スクリーニングによって抽出した音声を、5種類のオオタカの鳴き声のパターン（警戒、餌乞、交尾、ヒナ、幼鳥）に統計的に自動分類する「音声判別モデル」を構築する。

#### 1. 音声ユニットの抽出

音声フレームには有音と無音の区間があるが、ここでは、有音の区間を「音声ユニット」として定義した。

オオタカの鳴き声などの音声は、有音と無音の繰り返しで表現できる（図3-2-4）。そこで、音声フレームに含まれる有音区間（音声ユニット）の数と割合を、次式(2)、(3)で求めた。ここでは、音声フレーム1つあたりの音声ユニットの数を「音声ユニット数」、1音声フレームに占める音声ユニットの長さを「音声ユニット率」と定義した。

$$R = \frac{\sum_{i=1}^m \Delta t_i}{T} \quad \dots (2) \quad , \quad N = \frac{m}{T} \quad \dots (3)$$

ここで、 $R$ : 音声ユニット率、 $N$ : 音声ユニット数、 $T$ : 音声フレーム時間（秒）  
 $\Delta t_i$ :  $i$ 番目の音声ユニット時間（秒）、 $m$ : 音声フレーム内の音声ユニット

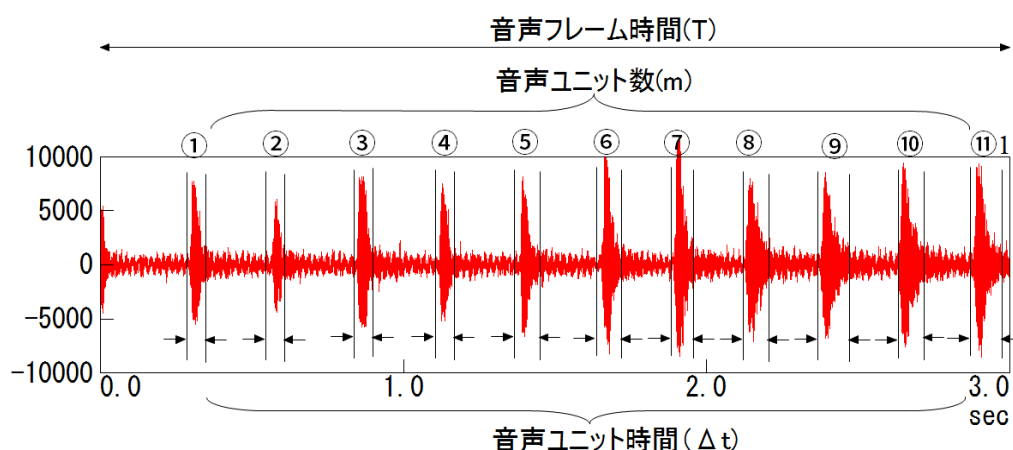


図 3-2-4 鳴き声の特徴（鳴き方の指標）

縦軸は音の大きさ、横軸は時間

## 2. 鳴き声の特徴量の抽出

オオタカの鳴き声の特徴を表す指標には、1. で調べた有音と無音の繰り返しで表現できる「音声ユニット数」、「音声ユニット率」だけでなく、鳴き声の周波数などの特徴量がある。

そこで、各音声フレームの周波数分布上でのピークを求め、ピークの大きな順に3つの周波数を、鳴き声の特徴量として採用した（ただし1kHz以下のピーク周波数は雑音として除いた）。

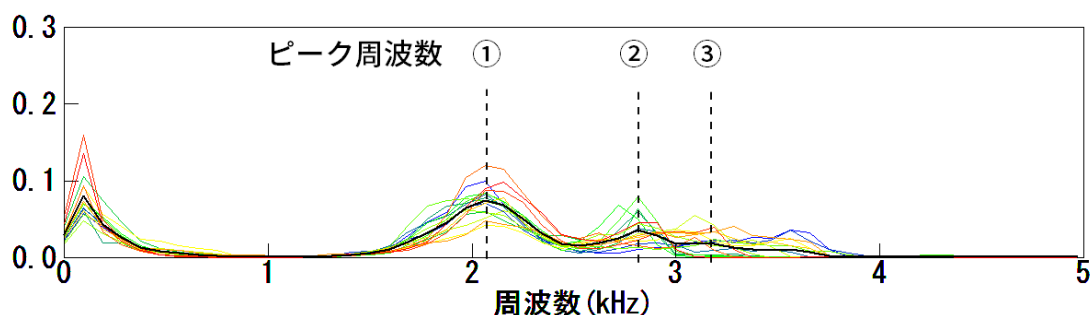


図 3-2-5 モデルの構築に用いる鳴き声の特徴（「鳴き声」の指標）

縦軸は相対強度（周波数全体を1とした時の値）、横軸は周波数 (kHz)

① ～③はピーク強度が上位3つまでの周波数

## 3. 鳴き方と鳴き声の指標

オオタカの鳴き方の特徴を表す指標として、1. で調べた有音と無音の繰り返しで表現できる「音声ユニット数」と「音声ユニット率」を解析に用いることとした。

オオタカの鳴き声の特徴を表す指標として周波数分布、すなわち2. で調べた各音声フレームの上位3つのピーク周波数の値を用いることとした。なお、ピーク周波数の値は音声フレームごとに絶対値の大きさが異なるので、周波数全体を1とした時の相対強度で補正した値を用いた。

#### 4. 決定木分析

機械学習の一種である決定木分析を行い、5種類のオオタカの鳴き声のパターン（警戒、餌乞、交尾、ヒナ、幼鳥）に統計的に自動分類するための閾値を計算した。なお決定木分析とは、結果が分岐図で表される判別分析の一種である。

決定木分析には、あらかじめ人が聴取し、鳴き声のパターンを分類済みの音声フレーム（表 3-2-5）を解析に用いた。この分類済みの音声フレームの半数を、モデルを構築するために使用する学習データとし、残り半数を構築したモデルの精度検証に用いる検証データとした。決定木分析の目的変数には、この学習データを用い、判別を行うための説明変数には、「鳴き声」の指標であるピーク周波数（周波数全体を1とした時の相対強度）と「鳴き方」の指標である音声ユニット数と音声ユニット率を用いた。

これらの判別モデルは地区別に構築した。

決定木分析の結果、A地区では、まず、最大ピークの周波数（V1）で判別され、次に音声ユニット数（V5）と音声ユニット率（V4）で判別された（図 3-2-7(1)）。B地区、C地区では、いずれも最初の判別は音声ユニット数（V4）であり、次いで最大ピークの周波数（V1）と音声ユニット数（V5）であった（図 3-2-7(2)～(3)）。

これらの判別項目とその閾値の組み合わせが、オオタカの鳴き声を判別するための基準、すなわち「オオタカの音声判別」モデルである。

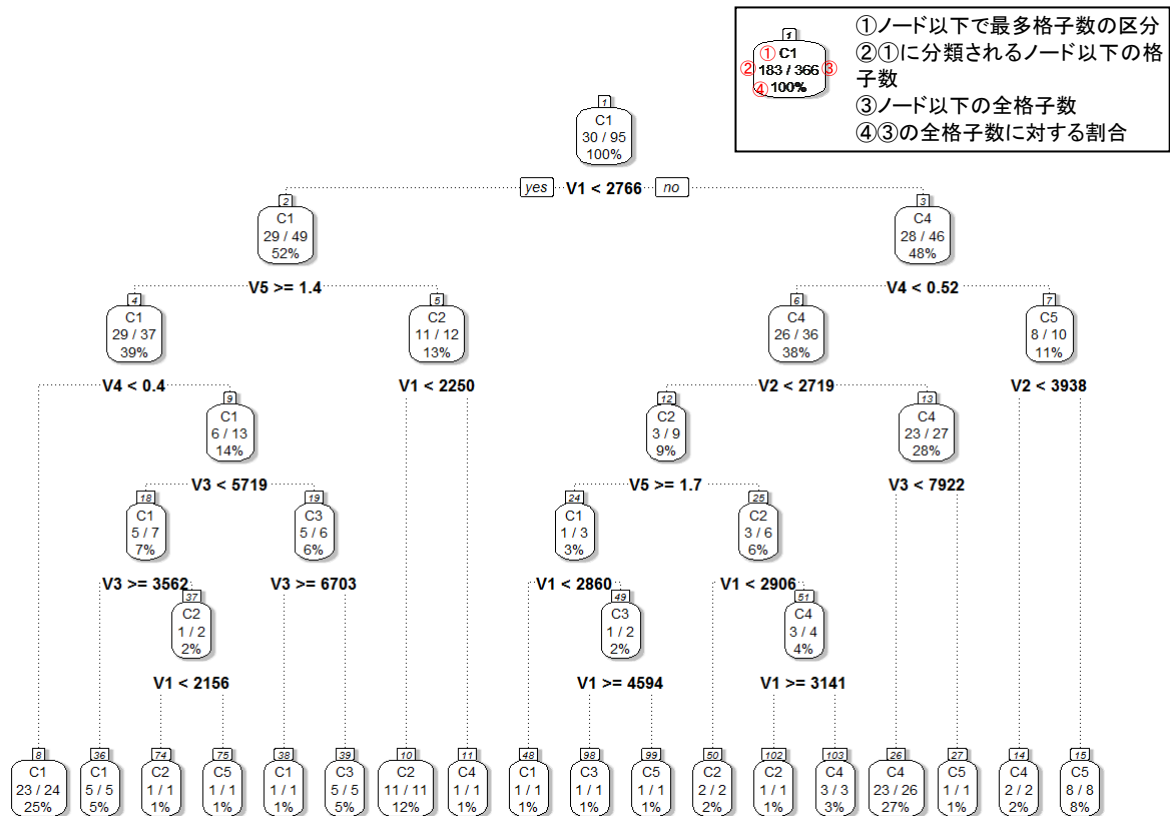
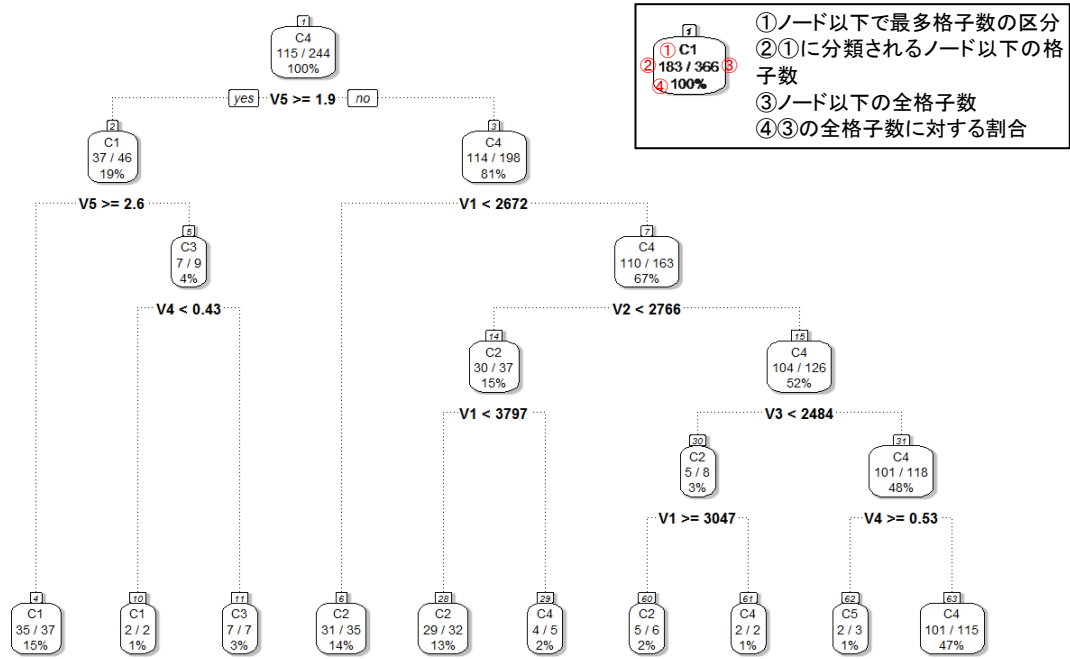


図 3-2-6(1) オオタカ音声判別モデル (A地区)

目的変数	C1: 成鳥 (警戒) C2: 成鳥 (餌乞) C3: 成鳥 (交尾) C4: 幼鳥 C5: ヒナ
説明変数	鳴き声: V1: ピーク周波数 (1位)、V2: ピーク周波数 (2位)、V3: ピーク周波数 (3位)
	鳴き方: V4: 音声ユニット率: $\Sigma$ 音声ユニット時間 / 音声フレーム時間
	V5: 音声ユニット数: $\Sigma$ 音声ユニット数 / 音声ユニット時間



①ノード以下で最多格子数の区分  
 ②①に分類されるノード以下の格子数  
 ③ノード以下の全格子数  
 ④③の全格子数に対する割合

図 3-2-6 (2) オオタカ音声判別モデル (B 地区)

目的変数	C1: 成鳥 (警戒) C2: 成鳥 (餌乞) C3: 成鳥 (交尾) C4: 幼鳥 C5: ヒナ
説明変数	鳴き声 V1: ピーク周波数 (1位)、V2: ピーク周波数 (2位)、V3: ピーク周波数 (3位)
	鳴き方 V4: 音声ユニット率: $\sum$ 音声ユニット時間 / 音声フレーム時間 V5: 音声ユニット数: $\sum$ 音声ユニット数 / 音声ユニット時間

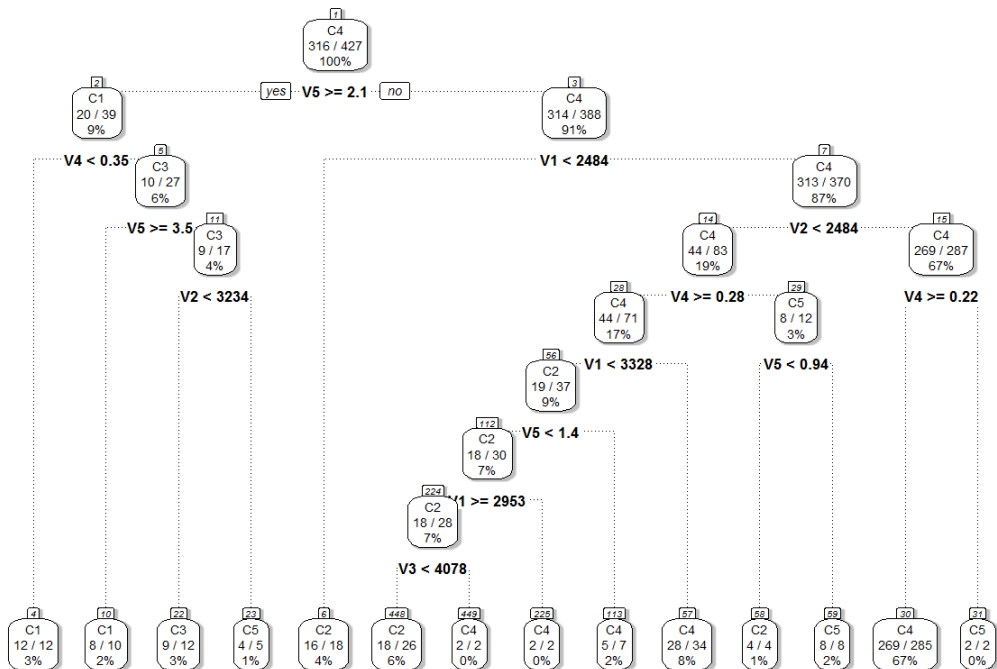


図 3-2-6 (3) オオタカ音声判別モデル (C 地区)

目的変数	C1: 成鳥 (警戒) C2: 成鳥 (餌乞) C3: 成鳥 (交尾) C4: 幼鳥 C5: ヒナ
説明変数	鳴き声 V1: ピーク周波数 (1位)、V2: ピーク周波数 (2位)、V3: ピーク周波数 (3位)
	鳴き方 V4: 音声ユニット率: $\sum$ 音声ユニット時間 / 音声フレーム時間 V5: 音声ユニット数: $\sum$ 音声ユニット数 / 音声ユニット時間

## 4) 音声判別モデルの検証

### 1. モデルの検証方法

決定木分析によって構築したモデルの妥当性を、分類結果の適合率（分類結果の正答率）を用いて、2通りの組み合わせで評価した。

まず、同一地区内での適合率を調べた。これは、あらかじめデータを学習データと検証データの2つに分けておき、一方の学習データのみを用いて構築したモデルを使って、もう一方の検証データの判別を行い、その適合率を調べる方法である。また学習データのみを用いて構築したモデルを使って、あらためて構築使用した学習データの判別を行い、その適合率を調べる方法もある。

なお適合率の計算は、数式(4)で表される。

(当該地区の検証データによる評価)

$$r = \frac{m^*}{m} \quad \dots \quad (4)$$

ここで、 $r$  : 適合率

$m^*$  : モデルの分類と種別が一致した数

$m$  : 検証データの数

次に、地区間での適合率を調べた。これは、ある地区で構築した判別モデルを、他地区のデータ（学習データと検証データからなる全データ）の判別を行い、その適合率を調べる方法である。

なお適合率の計算は、数式(5)で表される。

(他地区の学習データによる評価)

$$r' = \frac{M^*}{M} \quad \dots \quad (5)$$

ここで、 $r'$  : 適合率

$M^*$  : モデルの分類と種別が一致した数

$M$  : 他地区の学習データの数



## 2. モデルの検証結果

同一地区内で、学習データのみを用いて構築したモデルを使って、学習データおよび検証データの判別を行った結果、同一地区内では 80 %台後半の高い適合率を示した。

表 3-2-7 同一地区での音声判別モデルの検証結果（適合率）

種別 \ 地区	A 地区	B 地区	C 地区
学習データ	94.7 %	86.9 %	86.2 %
検証データ	—	87.7 %	87.5 %

A 地区については、データ数が少なかつたため、検証データによる検証は行っていない

ある地区で構築した判別モデルを使って、他地区のデータ（学習データと検証データからなる全データ）の判別を行った結果、約 65 ~71 %の適合率を示した。

表 3-2-8 地区間での音声判別モデルの検証結果（適合率）

モデル \ データ	A 地区	B 地区	C 地区
A 地区	—	68.4 %	71.6 %
B 地区	65.2 %	—	65.2 %
C 地区	68.6 %	68.3 %	—

本研究で示された地区間で 65%以上という適合率は、録音条件（マイクの周波数特性）が異なり、かつ巢内ビデオに含まれる圧縮処理された音声を用いたことを考えれば、比較的高い適合率であると考えられる。

したがって、本モデルに改良を加えることで、様々な地区に対応可能な判別モデルが構築できる可能性がある。

### 3-3 オオタカの生息判定技術の活用場面と活用上の留意点

今回、環境アセスメント等において調査事例の多いオオタカを対象に、音声解析を用いて簡易に生息判定を行う技術「オオタカの生息判定技術」の開発を試みた。

このオオタカの生息判定技術は、調査対象地周辺で録音した音声データから、オオタカの音声を機械的に抽出し、生息の有無を判定する第1段階と、抽出した音声をオオタカの鳴き声のパターン（警戒、餌乞、交尾、ヒナ、幼鳥）と比較し、統計的に自動分類する第2段階から構成されている。

本技術は、関東地方の3つの巣内ビデオの音源を用いて試作したものであり、野外での検証は不十分である。今後、データを蓄積し、判別の精度を向上させることで、環境アセスメント等でのオオタカ調査の効率化が図られることだろう。

具体的には、下記のような調査の効率化方法が考えられる。

- 1) 猛禽類の生息有無を、長期間の録音記録から把握することができる。オオタカの生息が予想される林に、ICレコーダー等の録音機器を数日から1週間程度設置する。その後、ICレコーダーから回収した録音データを本技術によって解析することで、オオタカの鳴き声を自動で抽出し、生息の確認を容易に行うことができる。
- 2) あるいは、オオタカの繁殖状況を知ることができる。オオタカの営巣木の近傍に録音機器を設置し、録音データを本技術によって解析することで、鳴き声のパターンから、巣での行動内容（警戒、餌乞、交尾）や、雛の成長段階（卵の孵化日や雛の巣立ち時期）を自動的に判別することができる。

本技術は、試作段階であり、野外での検証が不十分である。

そのため、使用にあたっては、以下の点に留意いただきたい。

- ・ 解析で設定した指標や決定木分析で示された閾値は、試行段階のものである。そのため、抽出漏れ・誤判別の可能性が残されている。また、録音条件等によって判別精度が異なる可能性がある。
- ・ あくまでオオタカ用であり、鳴き声の特徴（周波数など）が異なる種には適用できない。
- ・ 音声解析は、オオタカが生息していないことを確認（不在を証明）するためのものではなく、オオタカが生息している証拠を効率的に発見するための補助的な技術である。



● 新技術等を用いた猛禽類調査に関する文献リスト(1)

技術の用途	文献 No.	著者	発表年	タイトル	タイトル和訳	出典	巻(号)	pp.	電波発信機	GPSテレメトリ	GPSアルゴス	GPS-GSM	ジオロケータ	GPS-TX	アドバンスドテレメトリシステム(ATSS)	レーザー	加速度センサー・ジャイロセンサー	装着型小型カメラ	案内CDカメラ	インターバルカメラ	ラジコンヘリ搭載カメラ	如急棒搭載カメラ	マイク搭載カメラ	音声識別	マイクロチップ	マイクロサテライトマーカー	ミトコンドリアDNA	コーラルバック	技術の名称	技術の利用	調査内容
個体の位置を確認する技術	1	CLINT W. BOAL, DAVID E. ANDERSEN AND PATRICIA L. KENNEDY	2003	Home range and residency status of northern goshawks breeding in Minnesota	ミネソタ州で繁殖するオオタカの行動圏と生活圏の状況	The Condor	105	811-816	●																				ラジオテレメトリー-TW-3 radio-transmitter(Biotrack, Inc)を装着	①三角測量で追跡②航空機を用いた追跡	行動圏
	2	堀江 玲子・遠藤 孝一・野中 純・尾崎 研一	2007	栃木県におけるオオタカ雄成鳥の行動圏の季節変化		日本鳥学会誌	56(1)	22-32	●																				ラジオテレメトリー バックパック型発信機(Biotrack社, Advanced Telemetry System社製)受信機YAESU FT290mk II	アンテナ(指向性の強い八木アンテナ、無指向性の自動車用アンテナ)を使用した追跡	行動圏
	3	Joseph E. Drennan and Paul Beier	2003	Forest Structure and Prey Abundance in Winter Habitat of Northern Goshawks	オオタカの冬季生息地での森林構造と餌資源量	The Journal of Wildlife Management	67	177-185	●																				ラジオテレメトリー		冬の行動、食性、餌資源の嗜好性
	4	RE Kenward	1982	Goshawk hunting behaviour, and range size as a function of food and habitat availability	オオタカの捕食行動と、採餌圏と生息地の大きさ	The Journal of Animal Ecology	51	69-80	●																				ラジオトラッキング		捕食行動、分布範囲
	5	JR Squires, PL Kennedy	2006	Northern Goshawk ecology: an assessment of current knowledge and information needs for conservation and management	オオタカの生態学: 保全と管理のために必要とする現在の知識と情報の評価	Studies in Avian Biology	31	8-62	●																				①ラジオテレメトリー②PTT(platform transmitter terminals)③バンドやマークをつけた個体の再捕獲・再標識④サテライトテレメトリー	②渡り調査(p30)③繁殖所の年変化	
	6	TAKUMA KUDO, KENICHI OZAKI, GEN TAKAO, TOMOTAKE SAKAI, HIROSHI YONEKAWA, and KAZUHIKO IKEDA	2005	Landscape analysis of northern goshawk breeding home range in northern Japan	北日本でのオオタカの繁殖行動圏に関する景観分析	Journal of Wildlife Management	69	1229-1239	●																				ラジオテレメトリー		行動圏
	7	C Rutz	2006	Home range size, habitat use, activity patterns and hunting behaviour of urban-breeding Northern Goshawks Accipiter gentilis	都市部で繁殖するオオタカの行動圏の大きさ、生息地利用、行動パターンと捕食行動	Ardea	94	185-202	●																				ラジオテレメトリー-16tail-mounted radio-transmitter(Biotrack社製)	a portable Mariner Radar M-57 receiver(Mariner Radar Ltd.), a three-element hand-held Yagi antenna(Biotrack Ltd.), a mirror compass(Silva Ltd.)を用いて追跡	
	8	R Tornberg, A Colpaert	2001	Survival, ranging, habitat choice and diet of the northern goshawk Accipiter gentilis during winter in northern Finland	冬季北フィンランドでのオオタカの生存、分布範囲、生息地選択と食物	Ibis	143	41-50	●																				ラジオテレメトリー		
	9	P Widen	1989	The hunting habitats of goshawks Accipiter gentilis in boreal forests of central Sweden	中央スウェーデン北方の森でのオオタカの採餌地	Ibis	131	205-213	●																				ラジオテレメトリー		
	10	DJ Wiens, RT Reynolds, BR Noon	2006	Juvenile movement and natal dispersal of Northern Goshawks in Arizona	アリゾナでのオオタカ幼鳥の動きと出生地からの分散	The Condor	108	253-269	●																				ラジオテレメトリー		
	11	Steinar Engen, Vidar Gro tan, Duncan Halley , Torgeir Nygård	2008	An efficient multivariate approach for estimating preference when individual observations are dependent	個体の観察に依存する場合の、嗜好性推定の効果的な多変量アプローチ	The Journal of Animal Ecology	77	958-965	●																				ラジオテレメトリー-Backpack-mounted Biotrack VHF radio transmitters(Biotrack, Inc.)	無指向性の車載アンテナ、指向性の手持ち4段階八木アンテナ、無指向性アンテナと対の3段階八木アンテナを用いた航空機からの追跡	
	12	P.L. Kennedy, J.M. Ward	2003	Effects of experimental food supplementation on movements of juvenile northern goshawks (Accipiter gentilis atricapillus)	オオタカの若鳥の動きに対する実験的な食物補給の効果	Oecologia	134	284-291	●																				mortality swithes のある9gのトランスミッター(Advanced Telemetry Systems)	ふんどしに装着、空中から探索	
	13	J. DAVID WIENS, BARRY R. NOON, RICHARD T. REYNOLDS	2006	POST-FLEDGING SURVIVAL OF NORTHERN GOSHAWKS: THE IMPORTANCE OF PREY ABUNDANCE, WEATHER, AND DISPERSAL	オオタカの巣立ち後の生存: 餌量、気候、分散の重要性	Ecological Applications	16(1)	406-418	●																				ラジオテレメトリー mortality sensorのついた、17gのバックパック式のラジオトランスミッター(model #LPB2380M, Wildlife Materials)	modelR4000ATSreceivers(Advanced Telemetry Systems)と2~3段階の八木アンテナで追跡、航空機を用いた追跡	
	14	R. E. KENWARD, V. MARCSTROË M, M. KARLBOM	1999	Demographic estimates from radio-tagging: models of age-specific survival and breeding in the goshawk	ラジオタグを用いた個体群推定: オオタカにおける年齢別の生存と繁殖モデル	Journal of Animal Ecology	68	1020-1033	●																				①リング②ラジオテレメトリー-10g or 18g leg-mounted transmitters(Biotrack社)③14g tail-mounted radio-tags④セサナ152を用いた追跡		
	15	SARAH R. DEWEY, PATRICIA L. KENNEDY	2001	EFFECTS OF SUPPLEMENTAL FOOD ON PARENTAL-CARE STRATEGIES AND JUVENILE SURVIVAL OF NORTHERN GOSHAWKS	食物供給がオオタカにおける子育て戦略と若鳥の生存にもたらす影響	The Auk	118(2)	352-365	●																				①バンディング②ラジオテレメトリー-28g backpack radio transmitter(Biotrack), ③9g tarsal mount radio transmitter(Advanced Technology Services) with mortality switch		雛への人口給餌、成鳥♀の巣滞在、雛の生存率

● 新技術等を用いた猛禽類調査に関する文献リスト(2)

技術の用途	文献 No.	著者	発表年	タイトル	タイトル和訳	出典	巻(号)	pp.	電波発信機	GPSテレメトリ	GPSアルゴス	GPS-GSM	ジオロケータ	GPS-TX	アドバンスドテレメトリシステム(ATIS)	レーザー	加速度センサー・ジャイロセンサー	装着型小型カメラ	巢内CCDカメラ	インターバルカメラ	ラジコンヘリ搭載カメラ	如意棒搭載カメラ	ラジコンヘリ搭載カメラ	音声識別	マイクログリップ	マイクロサテライトマーカー	MITコンドリアDNA	コールバック	技術の名称	技術の利用	調査内容
個体の位置を確認する技術	16	Christian Rutz	2008	The establishment of an urban bird population	都市型鳥類人口の設立	Journal of Animal Ecology	77	1008-1019																				リング(バンディング)			
	17	Fabrizio Sergio, Julio Blas, Raquel Baos, Manuela G. Forero, José Antonio Donazar, Fernando Hiraldo	2009	Short- and long-term consequences of individual and territory quality in a long-lived bird	長寿命の鳥における個体と縄張りの質による短期および長期の影響	Oecologia	160	507-514																				リング(バンディング)			
	18	植田睦之, 堀江玲子, 内田博, 遠藤孝一	2010	巣の分布と植生や土地利用状況をもとにしたオオタカの行動圏の推定手法		Bird Research	6	T1-T9	●																				電波発信機		
	19	工藤琢磨, 米川 洋, 池田和彦	2001	ラジオテレメトリーによるオオタカの位置の測定法		Jpn J. Ornithol.	50	31-36	●																				ラジオテレメトリー-G-3 (AVM Instrument Company)		
	20	堀江玲子, 遠藤孝一, 山浦悠一, 尾崎研一	2008	栃木県におけるオオタカ雄成鳥の行動圏内の環境選択		日本鳥学会誌	57(2)	108-121	●																				ラジオテレメトリー		
	21	Takuma KUDO	2008	Migration route and wintering area of Northern Goshawk Accipiter gentilis breeding in Hokkaido, northern Japan	北日本の北海道で繁殖するオオタカの渡り経路と越冬地	Ornithol Sci	7	99-102		●																			サテライトトラッキング20g birdbone PTT (North Star Science Technology)	アルゴスで位置を取得	渡り経路
	22	植田睦之, 百瀬浩, 山田泰広, 田中啓太, 松江正彦	2006	オオタカの幼鳥の分散過程と環境利用		Bird Research	2	A1-A10	●																				①ラジオテレメトリー-1. 5g発信機(Advanced Telemetry System) ②データロガー(コーナシステム社製KADECE-UN)を併せた自動受信		
	23	D. Noah Greenwald, D. Coleman Crocker-Bedford, Len Broberg, Kieran F. Suckling, and Timothy Tibbitts	2005	A review of northern goshawk habitat selection in the home range and implications for forest management in the western United States	アメリカ西部におけるオオタカの行動圏内での生息地選択と森林管理の影響に関する総説	Wildlife Society Bulletin	33	120-129	●																				ラジオテレメトリー		
	24	RICHARD T. REYNOLDS, GARY C. WHITE, SUZANNE M. JOY, and R. WILLIAM MANNAN	2004	EFFECTS OF RADIOTRANSMITTERS ON NORTHERN GOSHAWKS: DO TAILMOUNTS LOWER SURVIVAL OF BREEDING MALES?	ラジオトランスミッターがオオタカに与える影響: 尾への装着は繁殖雄の生存率を低下させるか?	Journal of Wildlife Management	68	25-32	●																				ラジオテレメトリー-2-stage tailmounts(model TW-2; Biotrack)		営巣期における生息地としての森林利用状況
	25	RISTO TORNERBERG, ERKKI KORPIMÄKI, AND PATRIK BYHOLM		ECOLOGY OF THE NORTHERN GOSHAWK IN FINNOSCANDIA	フェノスカンディアにおけるオオタカの生態	Studies in Avian Biology	31	141-157	●																				①バンディング ②ラジオテレメトリー		
26	発行者: 植田睦之	2008	バードリサーチニュース 2008年2月号		バードリサーチニュース	Vol.5 No.2		●																				①レーザー距離計②地上波電波発信機	①鳥の飛翔高度の測定 ②行動圏	②遠藤ほか1999, 堀江ほか2006, 2007	
繁殖状況を確認する技術	27	遠藤孝一	1989	オオタカ保護の現状と問題点		Strix	8	233-247	●																				①無線監視システム②ラジオテレメトリー③巢内ビデオのバンディング ④ビデオカメラを利用した繁殖生態調査(NHKの協力)		①巣の監視②巣立ち後の行動
	28	松江正彦, 百瀬浩, 植田睦之, 藤原直夫	2006	オオタカ(Accipiter gentilis)の営巣密度に影響する環境要因		LRJ	69(5)	518																					樹上に小型カメラを設置		食物調査
個体の生息を確認する技術	29	George C. Iverson, Gregory D. Hayward, Kimberly Titus, Eugene DeGayner, Richard E. Lowell, D. Coleman, Crocker-Bedford, Philip F. Schempf, and John Lindell	1996	Conservation Assessment for the Northern Goshawk in Southeast Alaska	南東アラスカでのオオタカの保全アセスメント	United States Department of Agriculture Forest Service General Technical Report PNW-GTR-387. Pacific Northwest Research Station, Portland			●																				①ラジオテレメトリー(p27-28) ②テープに録音したオオタカの鳴き声を流す(p22-24)	①航空機を用いた追跡	①営巣調査, 行動圏, 渡りなど②営巣調査
	30	Robin M. Reich, Suzanne M. Joy, Richard T. Reynolds	2004	Predicting the location of northern goshawk nests: modeling the spatial dependency between nest locations and forest structure	オオタカの営巣場所の予測モデル: 営巣場所と森林構造の間の空間的依存性のモデリング	Ecological Modelling	176	109-133																				● オオタカの鳴き声を流す		巣の発見	
	31	JOHN J. KEANE, MICHAEL L. MORRISON, AND D. MICHAEL FRY	2006	PREY AND WEATHER FACTORS ASSOCIATED WITH TEMPORAL VARIATION IN NORTHERN GOSHAWK REPRODUCTION IN THE SIERRA NEVADA, CALIFORNIA	カリフォルニア州シエラネバダにおける餌動物や気候要因に関連したオオタカの繁殖状況の時間的変化	Studies in Avian Biology	31	85-99																				● オオタカの鳴き声を流す(200mごとに鳴き声を流すポイントを設置)	抱卵~営巣期はなわばり警戒音, 巣立ち期はなわばり警戒音と慟哭音	巣の発見	
	32	Ferland, Cheron L., Forsman, Eric D., Hargis, Christina D.	2006	A Field Test of the Northern Goshawk Bioregional Monitoring Design: Is it Cost Effective?	オオタカの生物地域的モニタリングデザインの実験的テスト: 費用効果はあるのか?	Wildlife Society Bulletin	34	215-217																				● ポータブルCDプレーヤーでオオタカの鳴き声を流す	CDプレーヤーと拡声器で営巣期には成鳥の警戒音, 巣立ち期には成鳥の警戒音と雛の餌をいぶく音を, トランセクト上の各ポイントで流す。	調査コストの計算	

● 新技術等を用いた猛禽類調査に関する文献リスト(3)

技術の用途	文献 No.	著者	発表年	タイトル	タイトル和訳	出典	巻(号)	pp.	電波発信機	GPSテレメトリ	GPSアルゴス	GPS-GSM	GPS-TX	アドバンスドテレメトリシステム(ATIS)	ジオロケータ	加速度センサー・ジャイロセンサー	レーダー	装着型小型カメラ	案内CCDカメラ	インターバルカメラ	ラジコンヘリ搭載カメラ	如意棒搭載カメラ	標識	音声識別	マイクロチップ	マイクロサテライトマーカ	ミトコンドリアDNA	コールバック	技術の名称	技術の利用	調査内容		
																																●	●
個体の生息を確認する技術	33	Roberson, Aimee M: Andersen, David E: Kennedy, Patricia L	2005	DO BREEDING PHASE AND DETECTION DISTANCE INFLUENCE THE EFFECTIVE AREA SURVEYED FOR NORTHERN GOSHAWKS?	オオタカの繁殖段階と発見距離は、調査の実効面積に影響するの？	Journal of Wildlife Management	69	1240-1250	●																			●	①ラジオテレメトリ②オオタカの鳴き声を流す	②CDプレーヤーと拡声器で成鳥の警戒声または若鳥の餌ごい声をライントラセクト上の各ポイントで流す	巣の発見		
	34	Lauri A.H anaska- Brown , Maro J. Bechard , Gary J. Roloff	2003	Northern Goshawk Breeding Ecology and Nesting Growth in Mixed Coniferous Forests of West-Central Idaho	アイダホ州中西部の混合針葉樹林におけるオオタカの繁殖生態と雛の成長	Northern Goshawk Ecology	77	331-339																				●	オオタカの鳴き声を流す、コールバック	求愛声や他の成鳥の声を流す	巣の発見		
個体の識別精度を高める技術	37	P Beerli, J Felsenstein	1999	Maximum-likelihood estimation of migration rates and effective population numbers in two populations using a coalescent approach	coalescent approachを使って2つの個体群間での個体の移動と適正な個体数を見積もる最尤推定法	Genetics	152	763-773																			●	Coalescent approach, 遺伝子マーカー	個体数移動率	移住率と人口の推定			
	38	P Beerli, J Felsenstein	2001	Maximum likelihood estimation of a migration matrix and effective population sizes in n subpopulations by using a coalescent approach	coalescent approachを使ってn個の個体群内での個体の移動と適正な個体数を見積もる最尤推定法	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States	98	4563-4568																				●	Coalescent approach, ミトコンドリアDNA	mtDNAのデータを用いて遺伝子流動を推定	亜集団の大きさと移住率を推定		
	39	P Byholm, P Saurola, H Linden, M Wikman	2003	Causes of dispersal in Northern Goshawks (Accipiter gentilis) in Finland	フィンランドでのオオタカの分散の原因	The Auk	120	706-716																				●	バンディング				
	40	SB De Volo, RT Reynolds, JR Topinka, B May, MF Antolin	2005	Population genetics and genotyping for mark-recapture studies of Northern Goshawks (Accipiter gentilis) on the Kaibab Plateau, Arizona	アリゾナのカイバ高原での標識採捕法のための集団遺伝学と遺伝子型判定	Journal of Raptor Research	39	286-295																					●	マイクロサテライトマーカー、伴性遺伝子	遺伝子型から個体識別可能		
	41	B Gautschi, JP Müller, B Schmid, JA Shyko	2003	Effective number of breeders and maintenance of genetic diversity in the captive bearded vulture population	飼われているヒゲワシの個体群での適正な繁殖個体の数と遺伝子の多様性	Heredity	91	9-16																					●	マイクロサテライトマーカー		遺伝的多様性	
	42	B Martinez-Cruz, JA Godoy, JJ Negro	2004	Population genetics after fragmentation: the case of the endangered Spanish imperial eagle (Aquila adalberti)	森林の分断化後の集団遺伝学: スペインの絶滅危惧種カグロワシの事例	Molecular Ecology	13	2243-2255																					●●	①マイクロサテライトマーカー②ミトコンドリア調節領域のシーケンス			
	43	M. Nesje, K. H. Reed, J. T. Lifjeld, P. Lindberg and O. F. Steen	2000	Genetic relationships in the peregrine falcon (Falco peregrinus) analysed by microsatellite DNA markers	マイクロサテライトDNA分析によるハヤブサの遺伝的関連性	Molecular Ecology	9	53-60																					●	マイクロサテライトマーカー			
	44	Yoshihide Takaki, Takayuki Kawahara, Hisashi Kitamura, Koichi Endo, Takuma Kudo	2009	Genetic diversity and genetic structure of Northern Goshawk (Accipiter gentilis) populations in eastern Japan and Central Asia	東日本と中央アジアのオオタカ個体群の遺伝的多様性と遺伝子構造	Conservation Genetics		doi:10.1007/s10092-008-9567-4																						●	マイクロサテライトマーカー		
	45	SA Sonsthagen, SL Talbot, CM White	2004	Gene flow and genetic characterization of Northern Goshawks breeding in Utah	ユタで繁殖するオオタカの遺伝子流動と遺伝的特徴	The Condor	106	826-836																						●●	①マイクロサテライトマーカー②ミトコンドリア調節領域のシーケンス		
	46	JR Topinka, B May	2004	Development of polymorphic microsatellite loci in the northern goshawk (Accipiter gentilis) and cross-amplification in other raptor species	オオタカのマイクロサテライトDNA多型領域と他の猛禽類の種間増幅の開発	Conservation Genetics	5	861-864																						●	マイクロサテライトライブラリー		
	47	PATRIK BYHOLM, ESA RANTA, VEIJO KAITALA, HARTO LINDÉN, PERTTI SAUROLA, MARCUS WIKMAN	2002	Resource availability and goshawk offspring sex ratio variation: a large-scale ecological phenomenon	資源の利用可能性とオオタカ雛の性比の変異: 大規模な生態学的現象	Journal of Animal Ecology	71	994-1001																						●	DNAでの性別別	雛の性比と餌動物との関係	
	48	Oliver Kru'ger	2007	Long-term demographic analysis in goshawk Accipiter gentilis: the role of density dependence and stochasticity	長期間のオオタカの人口学的分析: 密度依存と偶然性の役割	Oecologia	152	459-471																						●	リング(バンディング)		
	49	Shigeki ASAI, Daisuke AKOSHIMA, Yoshihiro YAMAMOTO, Yoshimitsu SHIGETA, Masahiko MATSUE, Hiroshi MOMOSE	2008	Current status of the Northern Goshawk Accipiter gentilis in Japan based on mitochondrial DNA	ミトコンドリアDNAに基づく日本のオオタカの現在の状況	Ornithological Science	7	143-156																						●	ミトコンドリアDNA制限領域のシーケンス	個体識別	



-----  
国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

N o . 907                      March 2016

編集・発行 国土技術政策総合研究所

-----  
本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課    TEL 029-864-2675