

3.1.3 衝突感知センサの開発・検証調査

衝突を感知するセンサの開発・検証を行う。当該センサは、平成 19～21 年度業務において先行開発されたものがあり、これは風力発電施設基礎部に設置するものであった。

今回は、その成果に基づき、より衝突の感度が上がるブレードに接着するものを開発し、検証を行うこととした。

表 3-1-18 衝突感知センサの年度別作業項目

年度	内容
平成 25 年度	感知センサの設計及び試作品の作成
平成 26～27 年度	試作品をブレードに設置し、動作試験を実施する。動作試験の終了時には、試作品を回収し、検証結果を総合的に検討し当該センサを完成させる。

次頁以降に取付の実際（図 3-1-48）、ケース外観図（図 3-1-49）、本体ユニット外観図（図 3-1-50）、無線ユニット外観図（図 3-1-51）、取り付け図（図 3-1-52）、アンテナ～ロガー間の結線図（図 3-1-53）、ロガー結線図（図 3-1-54）及びブレード回路図（図 3-1-55）等を示す。

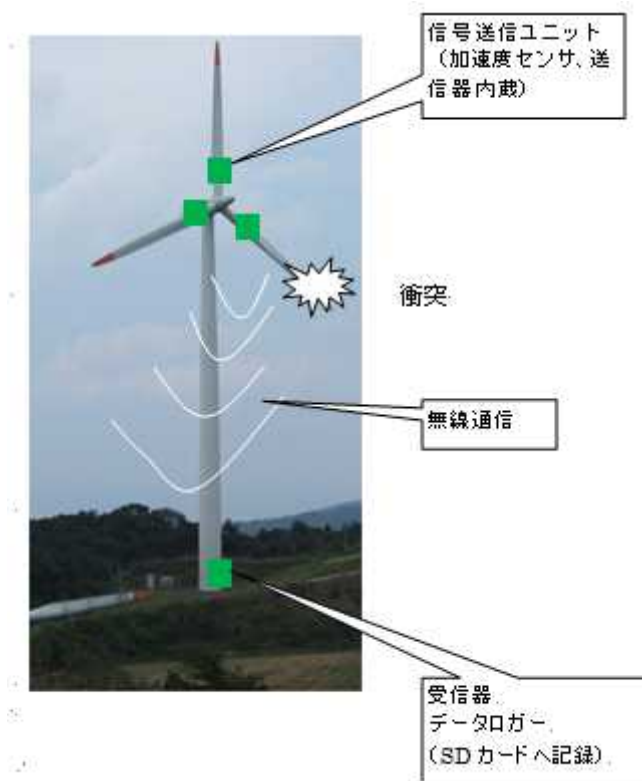
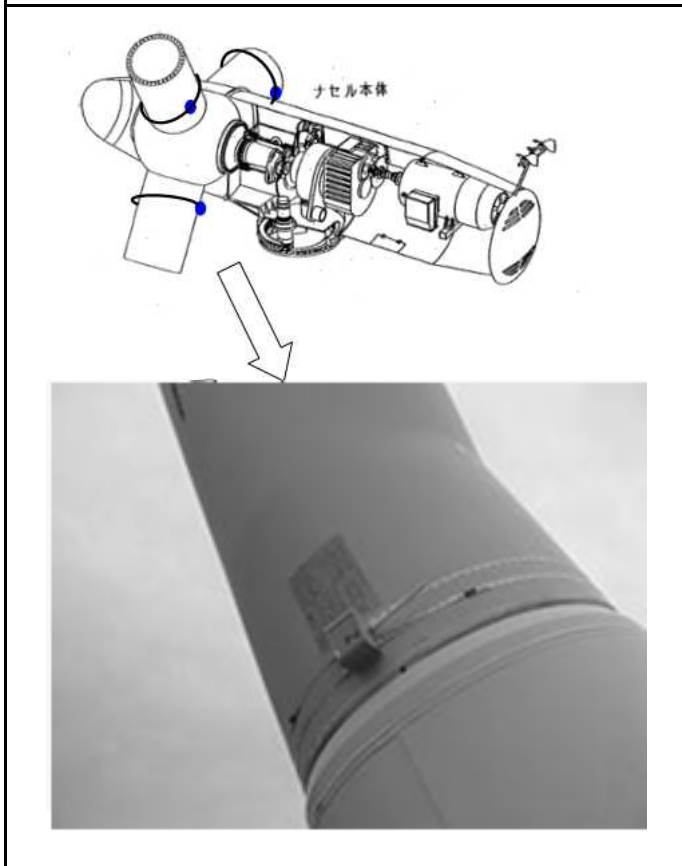


図 3-1- 47 機器構成概要図
(信号送信ユニット、無線通、受信機・ロガー)

鳥類がブレードに衝突すると単発的な大きな振動がブレードに発生すると想定し、単発的な振動を広範囲に捉え易い加速度センサをブレード自体に直接取り付け検出する。風車は通常で回転振動を発生している為、加速度センサはその振動も計測する。この通常回転振動と思われる値を越える大きな振動（加速度）が検出されれば「衝突」として検知できると想定した。

鳥類のブレードへの衝突方向が定まっていないため、加速度センサの検知方向は (X, Y, Z) の三方向を一括処理して一つのレベルとして算出し利用した。

定常状態を衝突のアラーム閾値として加速度 3.5G~4.0G を設定、これを超える単発的な大きな加速度（振動）を検出するとアラームとしてデータロガーへ検出値を記録する。それは例えば 4.5G や 5.0G などの加速度（振動）の値で、検出値は時間とともに記録され、バードストライクの実態把握に寄与することが期待できる。



受信無線ユニット (ブラケット内側に取付)



本体ユニット

図 3-1- 48 衝突感知センサの実際 (上段の写真：苫前町提供)

[感知センサ仕様]

概要

本書は、風力発電所の風車ブレードに発生するバードストライクを、ブレードに取り付けたセンサにより感知しようとする衝突検知センサの製作仕様である。ブレードに衝突が発生すると無線ユニットにより風車基部のデータロガーへ記録するものである。

[構成]

- | | |
|----------------------------|-------|
| 1) ブレード設置センサ部 | ・・・3式 |
| <以下内部装着> | |
| ・制御用CPU | |
| ・加速度計 (3方向) | |
| ・無線ユニット (外部アンテナ付き) | |
| ・上記収納ケース | |
| 2) ロガー (データ記録装置) | ・・・1台 |
| 3) 屋外設置用無線ユニット (外部アンテナ付き) | ・・・1台 |
| 4) その他備品等 | |
| ・ブレード設置センサ部用乾電池 | ・・・6本 |
| 単 1 乾電池 (エボルタ×2本) 3式 合計 6本 | |
| ・ブレード設置センサ部用取り付け治具 | ・・・3式 |
| 取り付けベース及びベルト | |
| ・ロガー、屋外設置用無線ユニット接続ケーブル | ・・・1本 |
| 両端コネクタ ケーブル長 10m | |
| ・ロガー用電源ケーブル | ・・・1本 |
| AC コンセント付きケーブル 1.5m | |
| ・ロガー用 MMC カード (2G) | ・・・1枚 |
| ・屋外設置用無線ユニット取り付け治具 | ・・・1式 |

[衝突検知センサ仕様]

(1) ブレード設置センサ部 (3式共通仕様)

- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1) CPU | : 制御用 |
| ・MSP430 シリーズ省電力 CPU | |
| 参考電力: 1MHz 3V 動作時 MAX600uA | |
| ・電気電圧 | : 1.8V~3.6V |
| ・使用温度範囲 | : -40°C~85°C |
| 2) 加速度計 | : 衝突加速度検知用 (型式 ADXL345) |
| | ・検知方向: X, Y, Z (衝撃耐性: 10,000 g) |

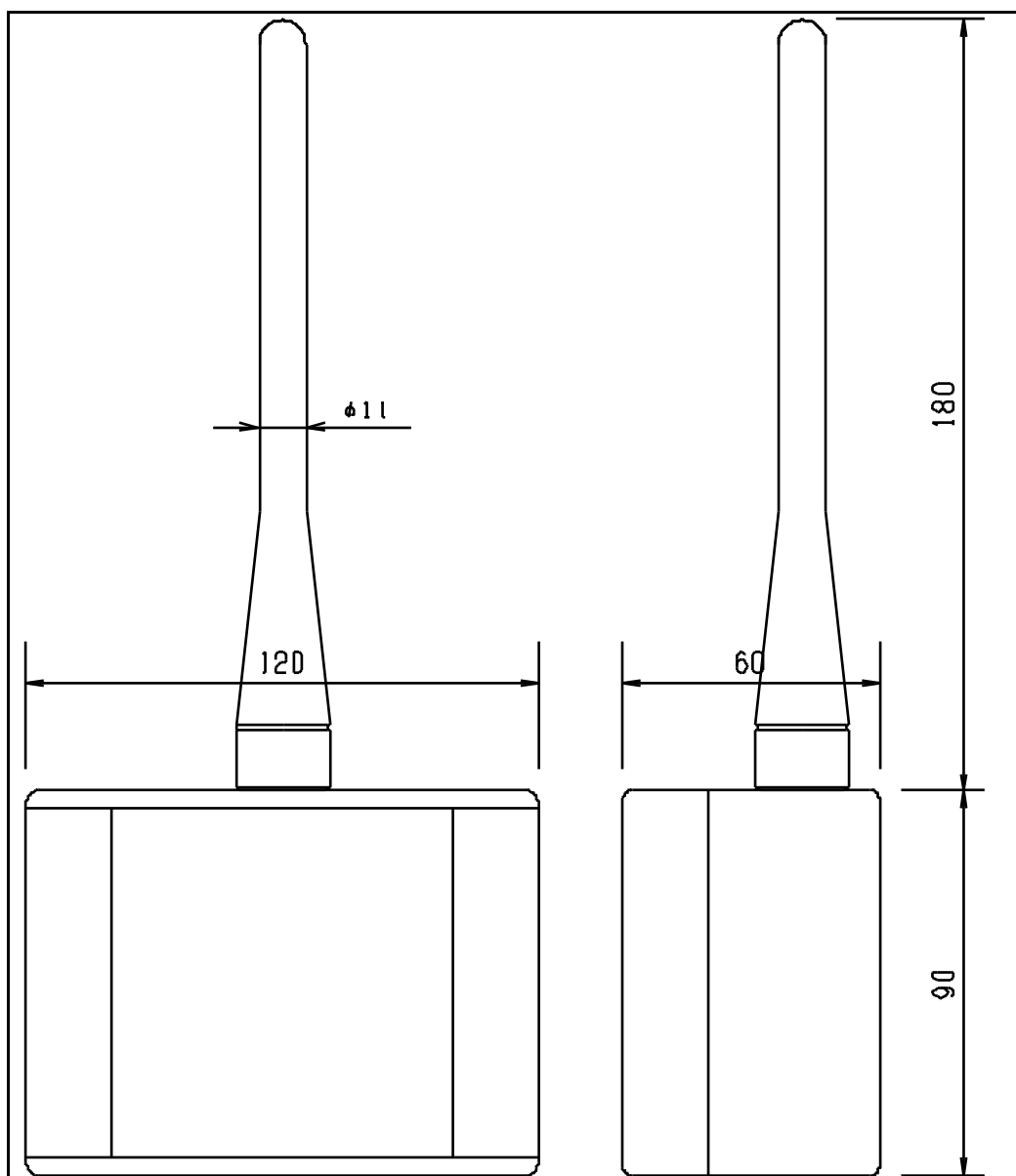


図 3-1- 49 ケース外観図

(2) ロガー (データ記録装置)

- 1) 本体ユニット : 制御用
- ・ CPU : SH7125 (ルネサス)
 - ・ 表示装置 : LCD 128×64 ドット
 - ・ 操作 : 16KEY
 - ・ 通信 : RS232C 無線ユニット通信用
 - ・ 外部記録装置 : MMC カード データ記録用 (MAX 容量 2G)
 - ・ 材質 : アルミ板材黒アルマイト処理
 - ・ 寸法 : 150×300×75
 - ・ 電源 : AC100V (50/60Hz) 1A 以内
 - ・ 重量 : 後報
 - ・ 使用温度範囲 : 室内 (建屋) 使用
 - ・ 外観図 : 次頁
- 2) 無線ユニット : ブレード設置センサ側通信用 (ブレード設置同等品)
- ・ 空中線電力 : 10mW (送信距離約 100m)
 - ・ 周波数帯域 : 429MHz 帯
 - ・ アンテナ : 1/4λ ワイヤアンテナ
 - ・ 通信 : RS232C CPU ユニット通信用
 - ・ 電気電圧 : 3.2V~12V 本体ユニットより供給
 - ・ 消費電流 : 10W 時送信 : 約 48mA 受信 : 28mA (3V 時)
 - ・ ケース材質 : アルミダイキャスト (無線用アンテナは除く)
 - ・ 保護等級 : IP65
 - ・ 寸法 : 120×90×60 (無線用アンテナは除く)
 - ・ 取り付け方法 : 専用治具により支柱ブラケットに固定
 - ・ 重量 : 約 800g
 - ・ 使用温度範囲 : -10°C~55°C (ケース単体 -40°C~80°C)
 - ・ 外観図 : 次頁

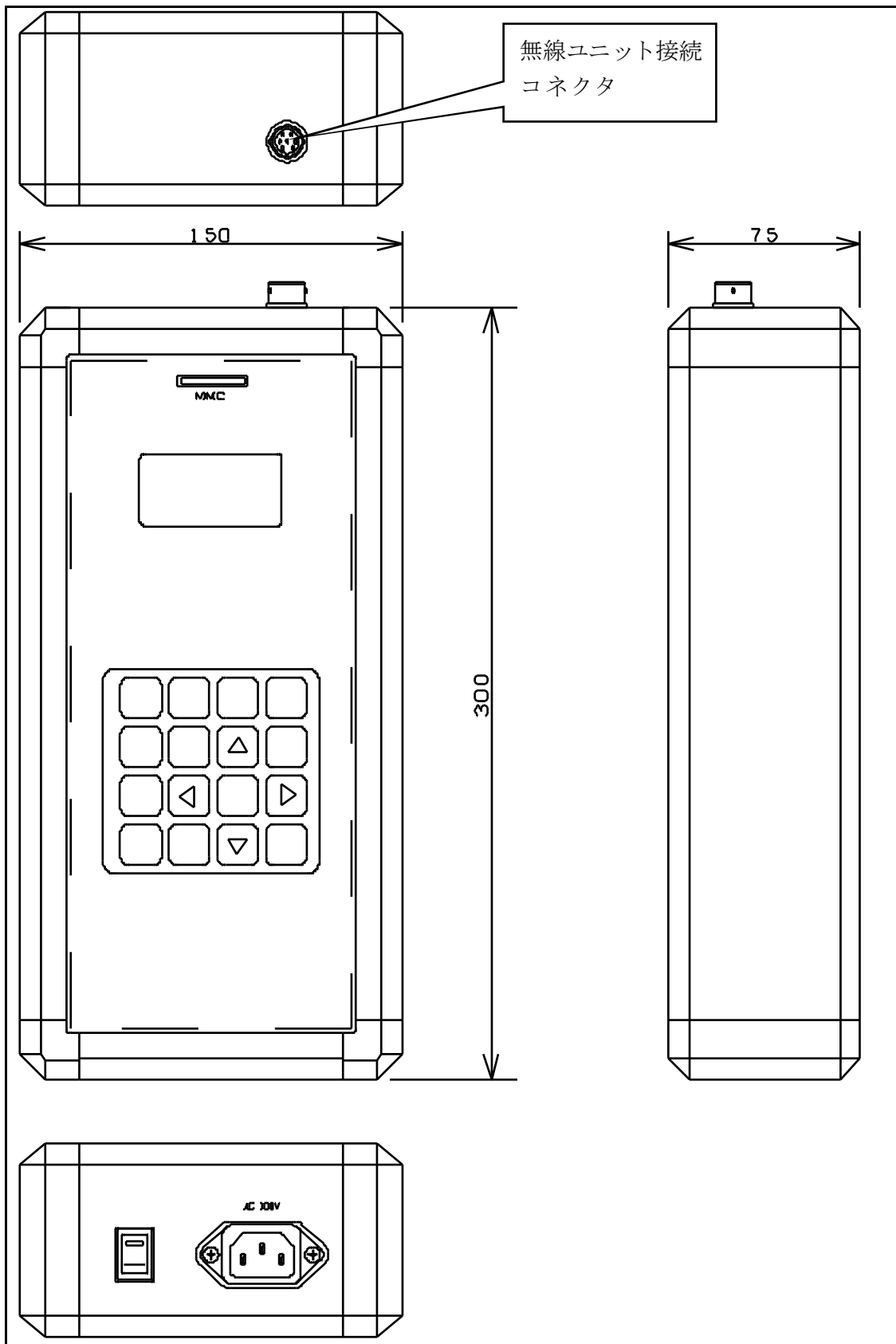


図 3-1- 50 本体ユニット外観図

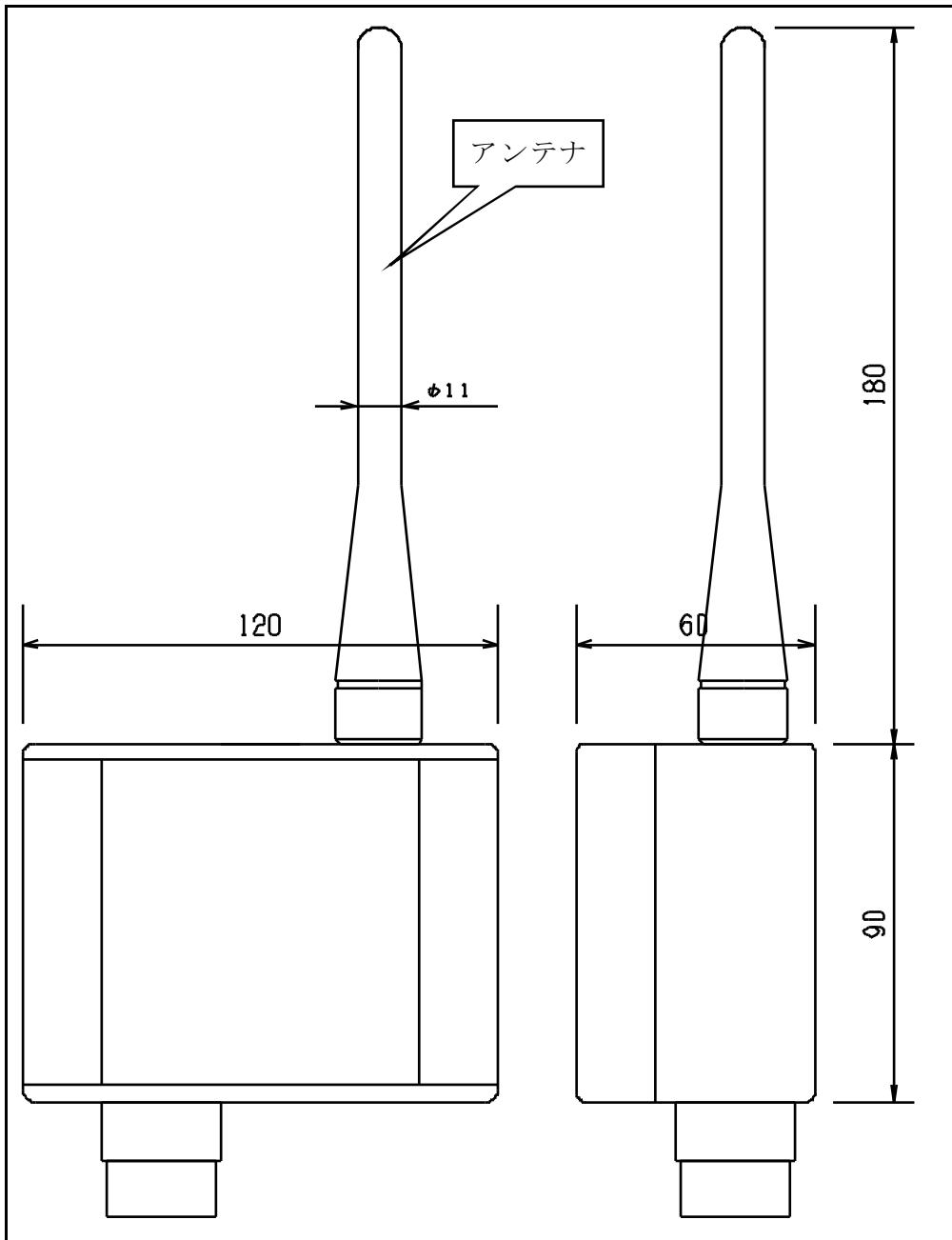


図 3-1- 51 無線ユニット外観図

[衝突検知センサ設置 (取り付け) 図]

(1) ブレード設置センサ部 (3式共通)

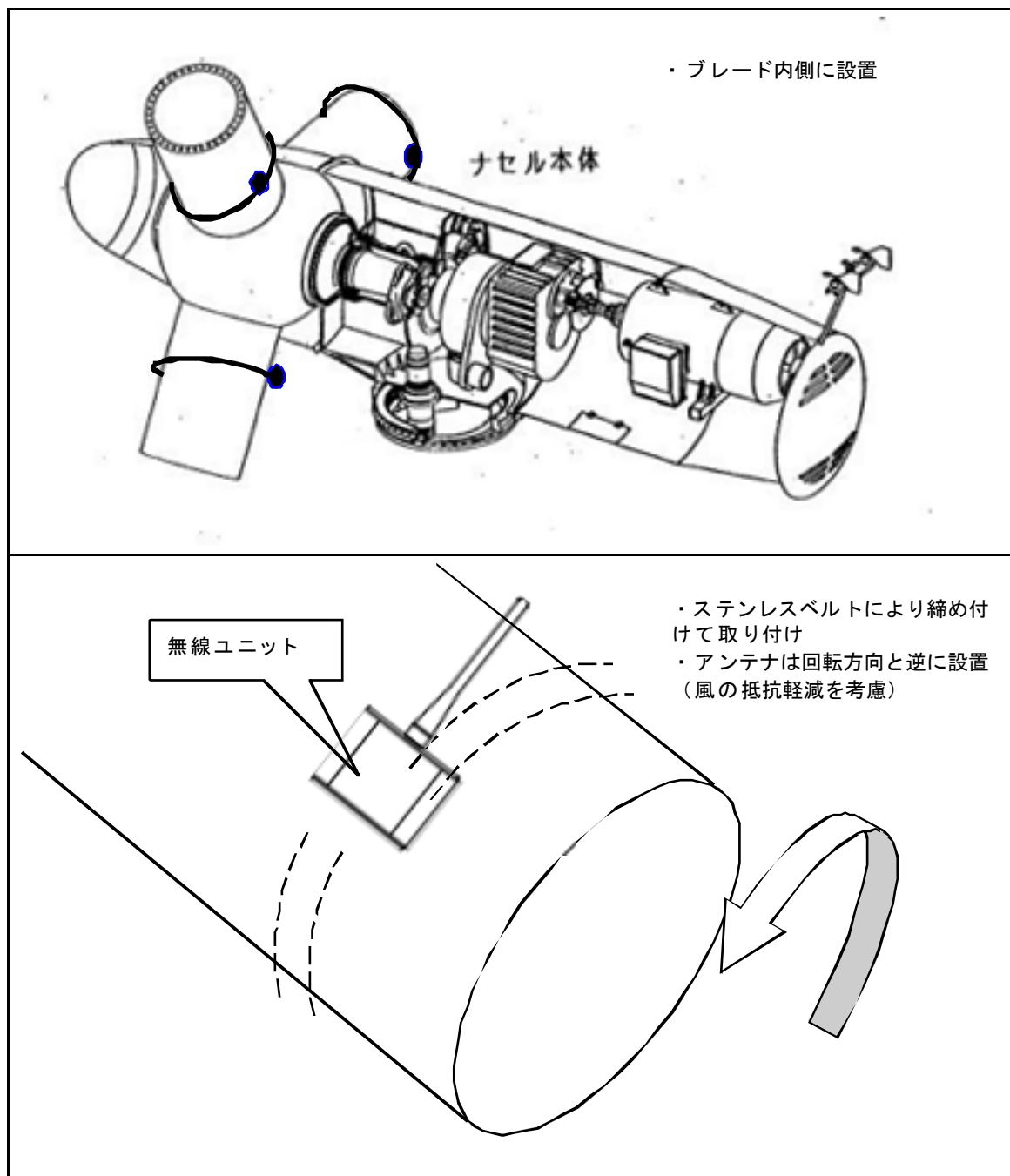


図 3-1- 52 取り付け図

[ロガー (データ記憶装置)]

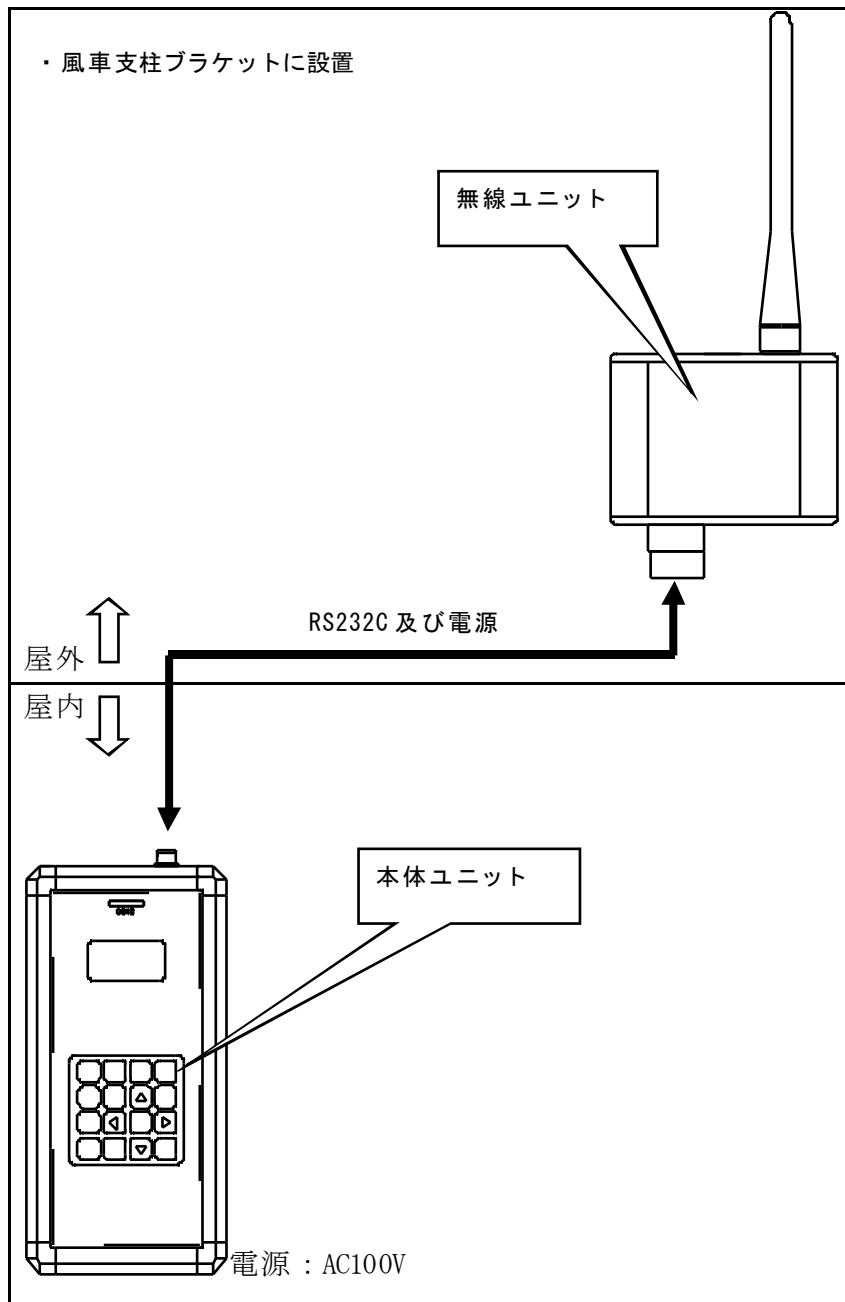


図 3-1- 53 アンテナ～ロガー間の結線

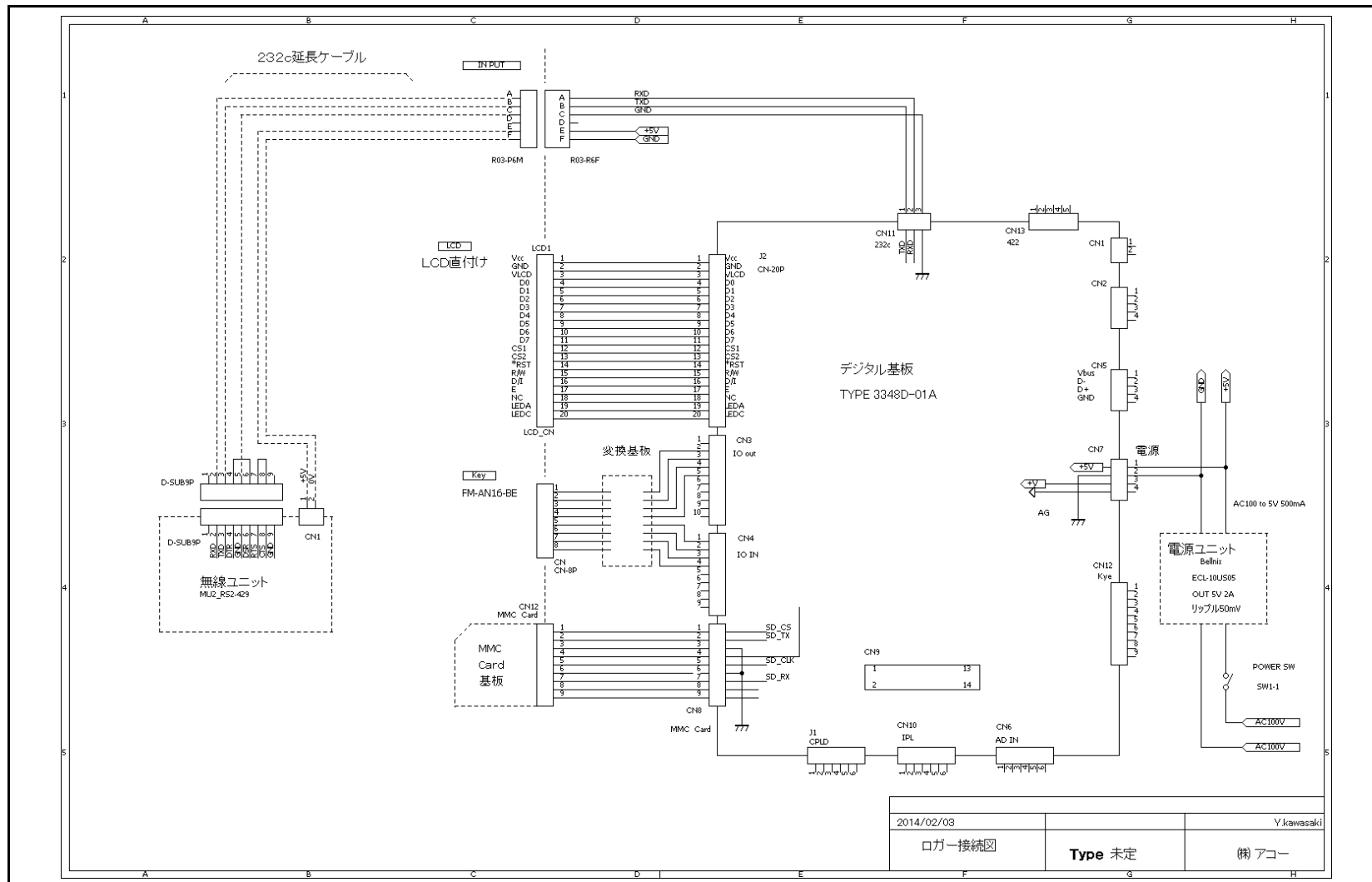


図 3-1- 54 ロガー結線図

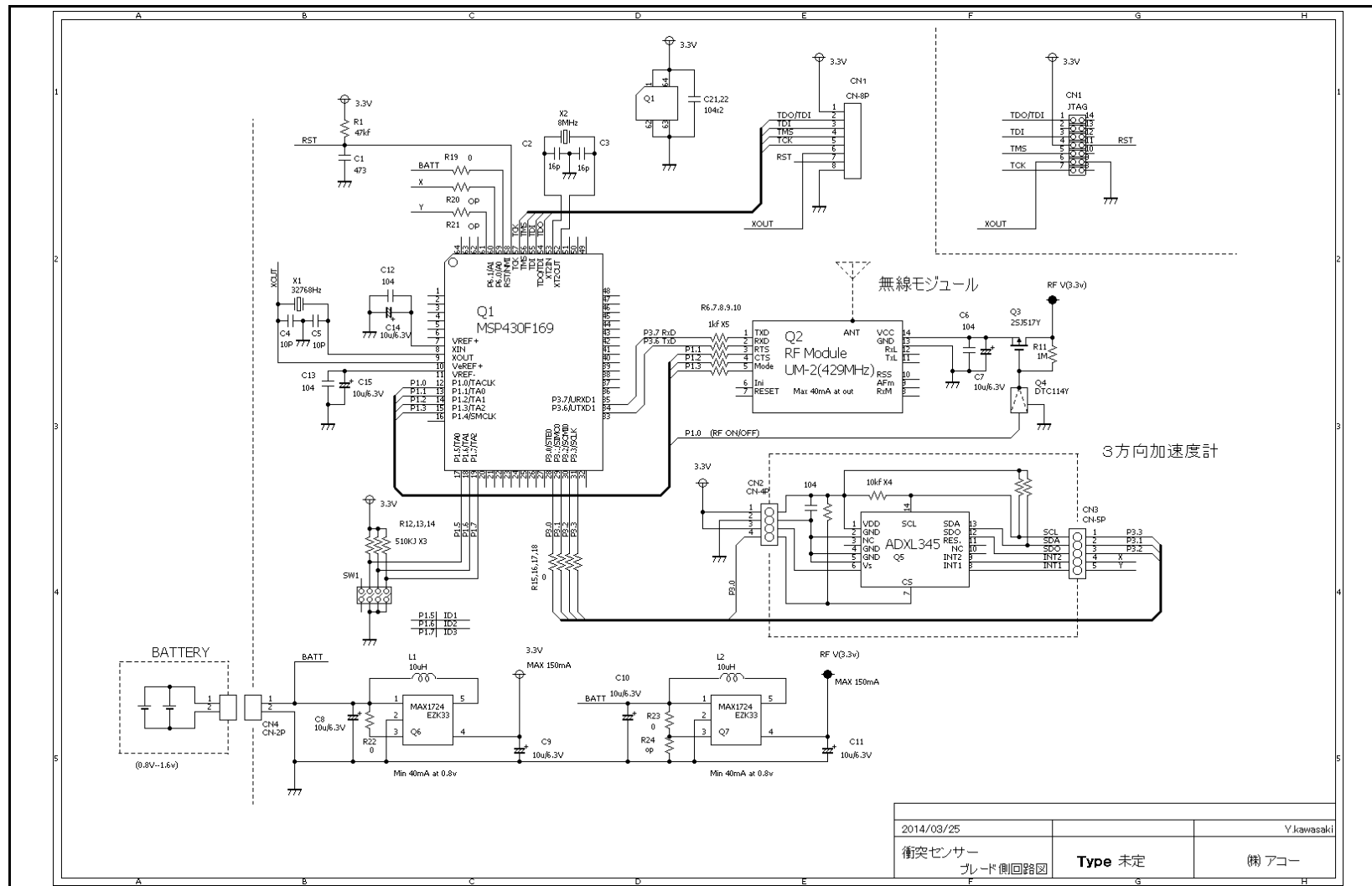


図 3-1- 55 ブレード回路図

[衝突感知センサ設置]

1) ブレード側センサ設置

山本建設工業殿により、大型クレーン（スカイボックス）で取付実施。
ブレード3枚分ともに、設計通り順調に、特に問題なく完了。



2) 本体ローガー側センサ設置

①風車支柱のブラケットに取り付け。スチールベルト等を使用し、巻きつける形とした。

②本体ローガー側センサ～本体ローガー間のケーブル設置は既設ケーブルに沿わせる形で取り付け。ケーブル長は5mとした。



3) 本体ロガー設置

- ①風車支柱内のポールに巻きつける形で固定。下部にはズレ防止のウレタンブロックを設置することで安定固定をさせた。
- ②AC100V 電源は風車支柱内分電盤のサービスコンセントから供給。



図 3-1- 56 本体ロガー設置状況

4) 設置後動作確認

①通信状態

前日までに確認してきた通り、問題なく無線通信確立し、メンテナンス情報も1時間に1回書き込みされている。

- ・AL (アラームレベル) : 4.0G
- ・RNG (レンジ) : 8G

上記の設定で、ブレード側センサ設置時はアラームを発生していない。

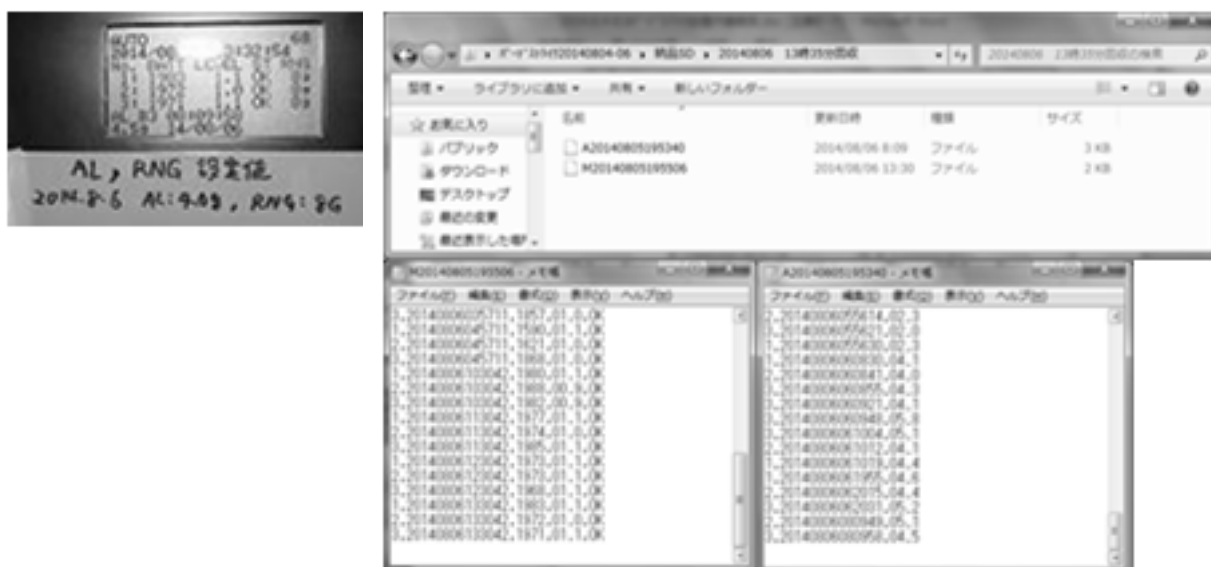


図 3-1- 57 通信状態

②ブレードへの衝撃実験

大型クレーン（スカイボックス）から、

- ・ブレードに粘土をぶつける
- ・ハンマーで叩く

上記を実施したが、アラームレベルには達しなかった。

設定値は上記①の状態。



図 3-1- 58 ブレードへの衝撃実験

[観測結果]

1) データ記録内容について

本体ロガー（データロガー）にはメンテナンスデータと警報データを MMC（SD）カードに記録。

①警報データ：アラームレベルを超えた場合（警報受信毎）にファイルへ記録

ファイル名：A20140612162330・・・A の後に最初の受信データ時のカレンダーをファイル名とする。

データ内容：1, 20140805195340, 04.1

1：ブレード番号 1～3

20140805195340：記録日時 2014年8月5日19時53分40秒

04.1：アラーム（警報）値 4.1G

②メンテナンスデータ：5分毎に送られてくるメンテナンス情報を、ブレード毎に12回に1回記録する。運用を確認する目的で1時間に一回の記録。

ファイル名：M20140612162330・・・M の後に最初の受信データ時のカレンダーをファイル名とする。

データ内容：3個を常に記録

1, 20140805195506, 1557, 01.0, OK

2, 20140805195506, 1641, 01.0, OK

3, 20140805195506, 1871, 01.0, OK

1：ブレード番号 1～3

20140805195506：記録日時 2014年8月5日19時55分6秒

1557：電池レベル

01.0：加速度データ

OK：状態

2) 回収データ

①2014年9月4日回収 (2014年8月6日～8月26日のデータ)

・AL (アラームレベル) 設定値：4.0G

警報値記録 → 1回 1, 20140812072021, 06.1

鳥の衝突形跡なし、異常動作もなかった様子であった。

②2014年10月17日回収 (2014年9月27日～10月17日のデータ)

・AL (アラームレベル) 設定値：4.0G

警報値記録 → 0回

※8月26日～9月26日までの間は電力会社メンテナンスのため風車施設への電源供給停止により風車未稼働。

③2014年11月1日回収 (2014年10月17日～11月1日のデータ)

・AL (アラームレベル) 設定値：4.0G

警報値記録 → 0回

2014年10月31日午後に衝突感知センサを設置した風車2号機の下で衝突したワシの死骸が発見された。剖検結果には「カラスなどに一部捕食された以外は目立った外傷はなく、風向きと死体の腐敗状況から**前日**に衝突したものと推測」と記載されている。しかしながら、衝突感知センサの警報値記録は無かった。この時、AL (アラームレベル) 設定値は4.0Gであるが、このレベルではワシの衝突を感知することはできなかった。

10月30日11:00～31日12:00までのメンテナンス情報データを示す。

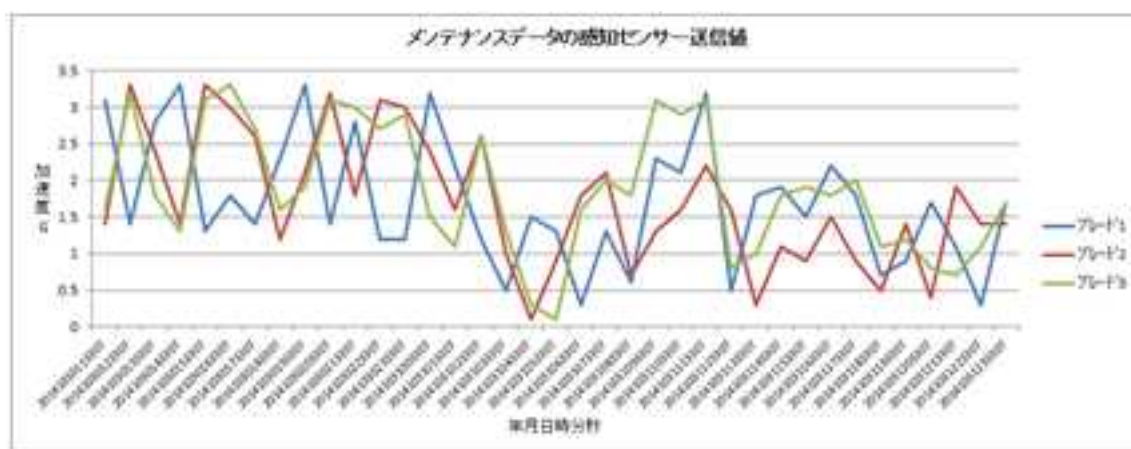


図 3-1- 59 メンテナンス情報データ

④2014年11月8日回収（2014年11月1日～11月8日のデータ）

・AL（アラームレベル）設定値：3.5G

警報値記録 → ブレード1のみこの記録の間、3.5Gでランダムに数分おきに警報記録を続けた。つまり風車の通常運転回転で発生する加速度を検出していた状態。

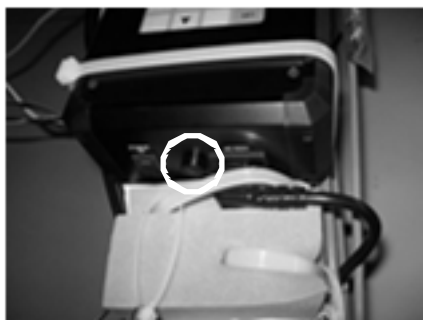
ワシの死骸発見時に感知センサが反応しなかったことを受け、11月1日以降AL（アラームレベル）設定値を3.5Gに引き下げる変更を実施したが、効果はこの時未知数であった。

[観測トラブル]

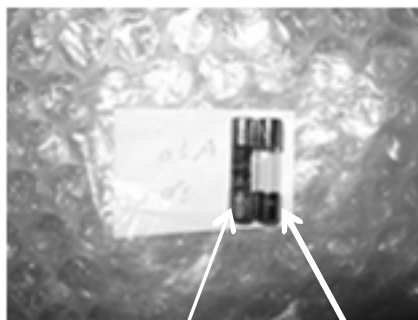
1) 本体ロガーユニットの動作停止

2014年12月2日以降、SDカードへの記録が停止およびロガー本体の表示OFFの状態となっていることが判明。確認と対処を以下の内容で実施。

①原因：ヒューズ切れ、ヒューズ交換実施



ヒューズホルダー



取り外したヒューズ 新品

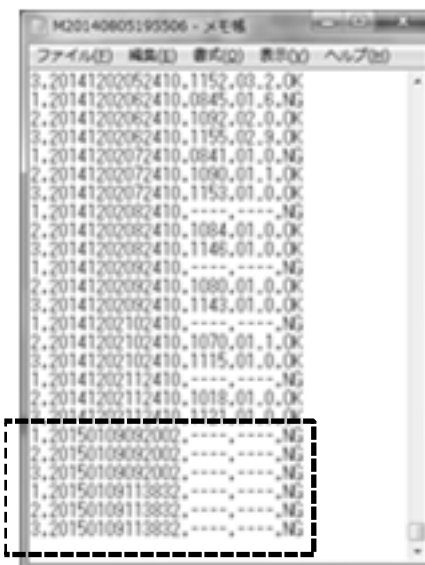
図 3-1-60 本体ロガーユニットの動作状況

②動作復帰確認

電源ON、液晶表示確認、SDカード記録確認。ただし、本体表示の状態とメンテナンス情報の記録から、無線ユニットの通信確立ができておらず、おそらくブレード側の無線ユニットのバッテリーが消耗していることが考えられる。



図 3-1-61 動作復帰確認状況



[考察]

1) 観測結果について

2014年10月31日午後に衝突感知センサを設置した風車2号機の下で衝突したワシの死骸が発見されたが衝突感知センサの警報値記録は無く、AL（アラームレベル）設定値以外にも衝突感知の方法について再考が必要となる結果となった。

2) 観測トラブルについて

2014年12月2日以降、衝突感知センサは、ロガーのヒューズ切れやブレード側の無線ユニットバッテリー切れにより欠測が続いている。

主な原因としては、ブレードに取り付けた無線ユニットのバッテリー（乾電池）が当初の想定よりも早く消耗。設計時に低温と消費電力の関係を考慮しきれなかったことが原因として挙げられる。

電池交換は現地の事情（積雪、凍結等）から直ちに実施できないため、今後も欠測が続く。

[次年度の方針]

0) 衝突音や衝突振動の検討

衝突音については、机上での検討が難しいことから、1)での観測を継続する。

衝突時の振動については、必要に応じ有識者にヒアリングを行う、予備ブレードを見学し、より先端に装着する等、2)の机上検討を踏まえ、感知センサの改良に着手する。

1) 騒音計+レコーダー設置

加速度計 (=衝突感知センサ) だけでなく、衝突音も手がかりとなる可能性があるため、2015年1月9日から新たに騒音計+レコーダーを設置して音の観測を開始した。

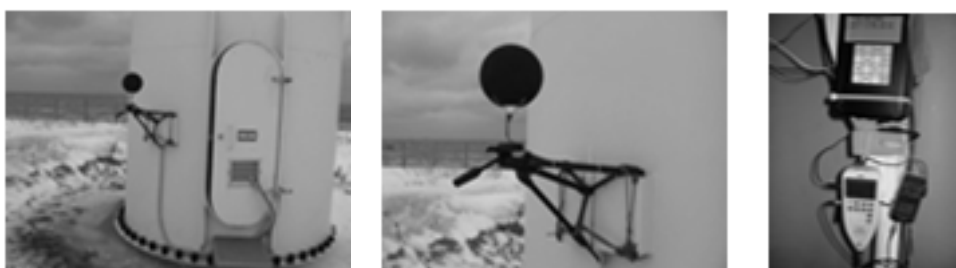


図 3-1- 62 騒音計+レコーダー設置

2) 部分的な改修 (案) 既設の衝突感知センサについて

①衝突感知センサの X, Y, Z 値を常時計測するよう 1 台改良 (案)。

目的 : ①X, Y, Z の連続値を利用して「現象と傾向」を把握する

②バードストライクの挙動をつかむ

③風車回転との切り分け

融雪後の 5 月頃に 1 台の改良作業を実施し、1 ヶ月程度、X, Y, Z 値の常時観測データを取得し、この観測データについて検討を行う。

②衝突音を基軸に計測用マイクロホン=サーフェイス・マイクロホンをブレードに装着し、騒音モニタできるよう 2 台改良 (案)

夏季の 8 月頃に、残り 2 台のセンサ交換作業を行う。その際、模擬衝突実験も可能かどうかを検討し、可能な場合は実施する。



図 3-1- 63 サーフェースマイクロホン

(機体や車体表面、空調 ANC・風洞計測、風実験室内の音圧の測定に利用可能)

3) 抜本的な改修 (案)

感圧スイッチ (コードスイッチ) による新たなシステム。

目的: ワシはブレードエッジ部に衝突しており、このブレードエッジ部に物体が当たったことを直接的に感知する。

フレキシブルな線状感圧ゴムスイッチ

コードスイッチは、新素材PCR (加圧導電性ゴム) をスイッチ素子とした線状感圧スイッチです。PCRは圧力を加えると抵抗値が Ω (オーム) 単位まで急変するスイッチ素子です。

コードスイッチは、このスイッチ素子のPCRを平線電極でサンドイッチしこれをシリコンゴムで一体化したスイッチ体です。このような構造により感度、耐久性、柔軟性、信頼性の優れた線状感圧センサの実現を可能としました。

加圧導電ゴム (PCR)

- PCRはシリコンゴムと金属微粒子を独自の方法で組合わせた複合材料で、伝導性エラストマーに「感じる」機能をプラスした材料です。
- PCRはエラストマー特有の性質と導電性材料として優れた電気特性を兼ね備えており、圧力の刺激に応じて絶縁状態から導通状態 (数 Ω 以下) へと急激に抵抗変化を示す、加圧導電性ゴムです。

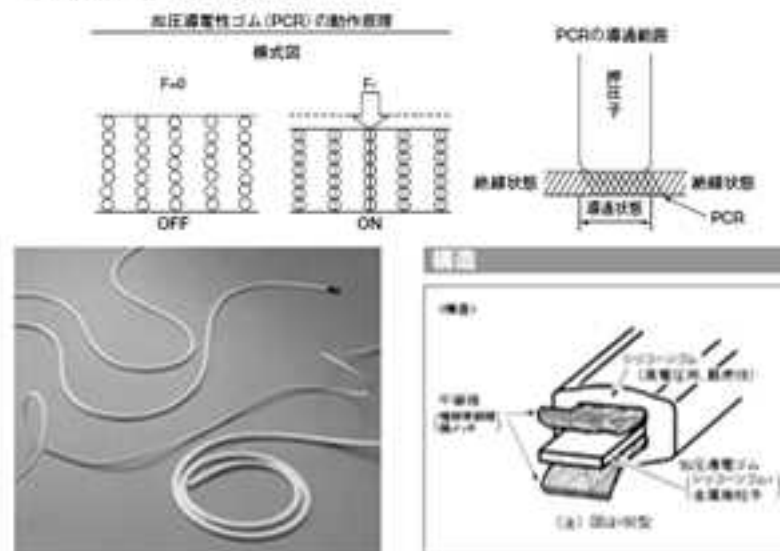


図 3-1-64 感圧スイッチ

3.1.4 監視システムの開発・検証調査

[概要]

風力発電が再生可能エネルギーの一つとして注目され始めるとともに、風車と野鳥の衝突、バードストライクが無視できない生態系へのリスクであることが明らかになってきた。バードストライクを回避できる適切なシステム開発が求められている。

従来、野鳥生態、挙動を把握するためには人力に依る部分が大きく、風力発電設備に対する回避システム構築には技術的な解決を模索する必要がある。そこで東京大学では定点デジタルカメラによる自動連続撮影と、画像認識による鳥検出を組み合わせる方法を提案してきた。今後海ワシ類のバードストライク回避に対しては、このシステムを種別分類可能なシステムに改良していく必要があり、またシステムの認識精度を評価する手法を確立する必要がある。これまで高解像度デジタルカメラによる自動撮影と画像認識技術を用いた鳥検出機能を有するシステムを開発し、鳥と非鳥(鳥以外の昆虫や飛行機など)の区別については90%を超える信頼性で実現できることを示してきた。さらに、平成25年度は、種別の判定・学習を行うための基本的な種別分類データベースを構築した。その結果誤検出は多少増えたものの、鳥と非鳥の検出精度を落とさずに大型鳥類と小鳥区別、カラス類とそれ以外について分類が可能となった。ただし、それぞれの画像から読み取れる鳥種別は人の目で判別しても作業者スキル次第でばらつきがでてしまうこと、正解データを作成するのに膨大な時間を必要とすることが課題となった。本課題については引き続き学習教師データを順次作成・学習させることとしている。

本年度は、並行して鳥種別判定機能の充実化を図ることを目的として動画による軌跡検出機能について開発を行った。これまで高解像度静止画と画像認識技術を用いた鳥検出を検討してきたが先に述べた課題があることが明らかになってきた。これまでの調査では、鳥の専門家が種別を判別する方法は、形状で判別する以外に鳥の飛翔パターン(羽ばたき方、動き方、速さ、軌跡)も補足情報として活用していることがわかっている。また、近年の急速な撮像技術高度化により、4Kクラスの解像度を有するカメラが手ごろな価格で民生用として利用できるようになってきた。数年前のWebカメラには適用が困難であったこれまで開発してきた静止画種別判定アルゴリズムが、近い将来高解像度ビデオカメラと連携することで実現できると予想、期待できることから、静止画の種別判定アルゴリズムを活用し、さらにパーティクルフィルタ¹を導入した動画軌跡検出機能の開発を進めた。結果、誤差2ピクセル未満での軌跡検出が可能となる軌跡検出機能を実現し海ワシの飛翔パターンの検出、学習教師データの取得が可能となった。

¹ 粒子フィルタは、シミュレーションに基づく複雑なモデルの推定法のひとつ。

・バウンディングボックス

「表示領域」「判定領域」とも呼ばれる。画像などのオブジェクト全体を含む境界線のこと。表示領域。文字や複雑な画像をオブジェクトとして処理する場合、そのオブジェクトを含む領域をボックスとして扱うことでそのオブジェクトを表現できる高さや幅が容易に割り出せるようになる（出典：<http://www23.atwiki.jp/sevenlives/pages/1045.html>）

・Haar-like または HOG 特徴量

特徴量とは画像認識において画像を分析する際に抽出する特徴のこと。面積や幅、周囲の長さなどがこれにあたる（出典：https://www.omron.co.jp/r_d/dictionary/dic_wor_d_to.html）。

Haar-like 特徴量：計算対象である矩形中の黒色の領域のピクセル値の和の値から白色の領域のピクセル値の和の値を引いた値（出典：http://news.mynavi.jp/series/computer_vision/011/）

HOG 特徴量：画像の局所領域から輝度勾配・輝度強度を取り出す特徴量（出典：<http://www26.atwiki.jp/hirokatsukataoka/pages/19.html>）

・学習アルゴリズム AdaBoost

Yoav Freund と Robert Schapire によって考案された[1]機械学習アルゴリズム（出典：<http://ja.wikipedia.org/wiki/AdaBoost>）

・Fine-grained（な分類）

特徴にほとんど差がない場合の分類手法を指す（出典：<http://hirokatsu16.blog.fc2.com/blog-entry-93.html>）

・セグメンテーション

画像処理によって画像の内容を解析し認識するためには、まず対象物を抽出しなければならない。このための処理は一般に画像のセグメンテーション(image segmentation)とよばれる。セグメンテーションは、画像の特徴抽出における最も基本的な処理の一つであり、“一つの対象物に対応した領域では、画像特徴(明るさ、色、テクスチャなど)またはそれらから推定されるシーン特徴が一様で、異なる対象物の境界部分では特徴が急変する”という仮定の下で、様々なアルゴリズムが考案されている（出典：<http://www.sice.jp/handbook/%E9%A0%98%E5%9F%9F%E5%88%86%E5%89%B2>）

・ステレオマッチング

2次元の画像データから3次元の情報を得る」手法のこと（出典：<http://www.pasco.co.jp/recommend/word/word045/>）

・ロバスト

ロバストネスまたはロバスト性とは、ある系が応力や環境の変化といった外乱の影響によって変化することを阻止する内的な仕組み、または性質のこと。ロバストネスを持つような設計をロバスト設計、ロバストネスを最適化することをロバスト最適化という。

「頑強な」という意味の形容詞“robust”が語源であり、他に頑強性、強靱性、堅牢性、強さ、などと呼称されることもある。（出典：<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%AD%E3%83%90%E3%82%B9%E3%83%88%E3%83%8D%E3%82%B9>）

・クラウドソーシング

狭義では不特定多数の人に業務を委託するという新しい雇用形態。ウェブサービスのトレンドの一つでもある。群衆(crowd)と業務委託(sourcing)を組み合わせた造語。

広義では、必ずしも雇用関係を必要とせず、不特定多数の人間により共同で進められるプロジェクト全般を指す場合もあり、その場合オープンストリートマップ(OSM)などが代表例として挙げられる。

（出典：<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AF%E3%83%A9%E3%82%A6%E3%83%89%E3%82%BD%E3%83%BC%E3%82%B7%E3%83%B3%E3%82%B0>）

[序論]

風力発電施設の野鳥への影響

近年、再生可能エネルギーの利用が進み始め、風力発電設備についても増設が行われている。風力発電は低炭素社会実現への手段の一つとしての期待も大きいですが、同時に別の環境負荷として野鳥の風車への衝突、バードストライクの問題があることもわかってきた。風力発電施設におけるバードストライクが野鳥へ無視できない悪影響を与えうることは、いくつかの研究で指摘されている。

Smallwood ら [2] はアメリカ、カリフォルニアにおける研究で、アナホリフクロウが年間 100 羽以上風車との衝突により死亡していることを明らかにした。Lucas ら [3] のスペインでの研究では、風車との衝突によりシロエリハゲワシが死亡していることが確認された。

国内でも風力発電施設に絶滅の危機に瀕するワシ類が飛来するケースが報告されており、こういった場所での風車との衝突が、すでに絶滅危惧種の主要な死因に挙げられている。

環境省は風車との衝突が天然記念物、絶滅危惧 II 類のオジロワシの北海道内での主要な死因の一つであることを報告している [4]。このバードストライクの問題への対策は風力発電と地域の生態系の共存のための中心的なテーマのひとつであり、環境省をはじめとして関係各所の取り組みが進んでいる。環境省は手引き [5] を公開し、風力発電事業者を対象として野鳥へ配慮した風力発電施設の建設、運用を促している。

鳥認識のシステム化の必要性

風力発電施設と鳥類とのあれつきが生じている状況を踏まえ、鳥類の生態への影響を定量化するための、周辺に出現する鳥の種類、数、飛行ルート、衝突数などを明らかにする生態調査である。この環境への影響の定量化が風力発電施設をどこに設置すべきか、いかに運用すべきかという意思決定、運用上の環境リスクをいかに最小化するかという対策の立案のプロセスにおける前提となる。

現在の鳥生態調査の方法としては、観察者が現地に入って野鳥を探すフィールドワークが主となっている。しかしこの方法にはいくつか問題がある。まずフィールドワークには大きな手間とコストがかかる。調査を行うためには調査員の人件費がかかり、また野外での活動であるから負担も大きい。そしてこのために長時間、長期間の調査が難しくなり、これが調査結果の信頼性を下げる。

調査をできた日に関して観察者による詳細な鳥のデータが得られても、調査日が限られていれば他の日のデータは補間、外挿するほかない。これによって得られたデータの信頼性は必ずしも高くない。

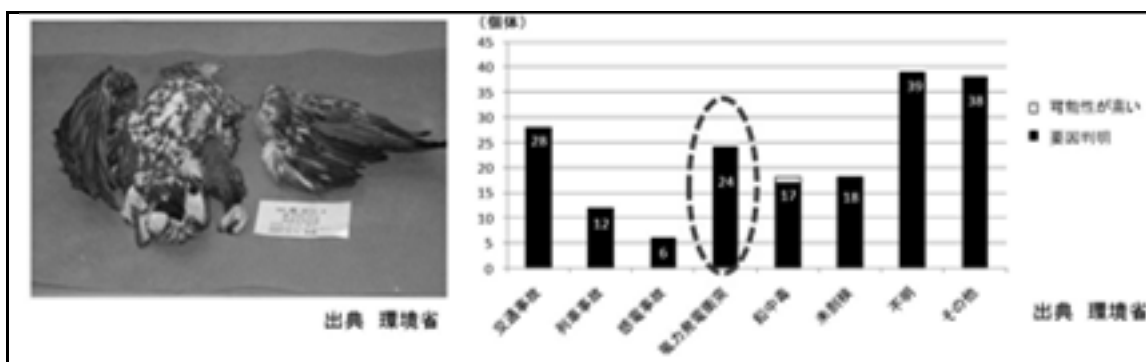


図 3-1- 65 北海道内でのオジロワシの主要死因 [4]

画像による鳥認識の利点と問題点

これらの鳥生態調査の問題に解決策を提供しうるのは、自動化・半自動化された鳥生態調査システムである。現地に設置したセンサを稼働させ続け、そこから得られる信号から野鳥の位置、種類といった生態についての情報を取り出せれば、より容易な生態調査手法を提供でき、長期間の大量のデータに基づく調査が可能となる。システムから得られたデータは野鳥の専門家による分析にかけ、生態の把握や風力発電施設の影響の評価のために利用できる。さらには生態調査システムがリアルタイムで動作する場合、風力発電施設に接近した鳥の種類や飛行ルートに応じて衝突の危険のある風車を制御することで希少種の衝突を予防できる可能性もある。このように本システムは風力発電施設の生態系への影響の調査、対策の両面で大きな役割を果たしうる可能性を有している

鳥認識を自動化する手法には、レーダ、サーモグラフィ、角度を測定する測量機器セオドライト、カメラなどを用いる方法などがある。諸手法の利点、欠点を表 3-1- 19 にまとめた。レーダでは検出可能な範囲が広く、また鳥までの距離をも測定できる。しかし霧や雲には弱く、また専用の設備と電波利用のための免許が必要であり運用コストは大きい。サーモグラフィでは温度差から動物とそれ以外が区別しやすいが、現状では十分に大きい解像度が得られない。セオドライトでは鳥の飛行軌跡を三次元的に追跡できるが、機器の操作のために人員が必要であり、いまだ自動化はなされていない。カメラでは鳥の体の模様や色といった、種類を判断するために必要となる情報を豊富に取得できる。一方で画像の中から鳥の領域を切り出す、写ったものが鳥かどうか、何の種類かを判断するといった画像認識技術が必要とされ、これに精度を左右される。

鳥について得られる情報が特に多いカメラによる生態調査は有望であり、これに向けた画像認識の研究が既に始まっている。しかしこの方法には性能の評価の問題が残っていることが指摘されている。白石ら [1] により画像処理による鳥検出のフレームワークが提案され、長谷川 [6] により風力発電施設においてシステムの検出精度を評価する実験が行われた。しかし長谷川は人手による調査の結果と固定カメラの画像をもとに鳥数を算出するシステムの出力を比較することはできないことを報告した。

野鳥の生態調査を自動化する際には、人手による調査との精度の差の評価が必要である。訓練を受けた人間は野鳥に関して、高い認識、識別能力を持っており、野外での観察は生態学の基本の1つとなっている。この人手による調査の結果とシステムの出力の間にどの程度の差があるかがシステムの信頼性を決定する。よって生態調査システム化にあたっては人による現地調査の結果を正解とみなしそれに対するシステムの出力の誤差を定量化する必要がある。

しかしこの評価方法は容易ではない。カメラと人の目のカバーする範囲の差が問題となるからである。カメラは固定されているが、移動、首ふりをする人の視界を限定することはできない点、カメラと人間の目の解像度が異なり、鳥を発見できる限界の距離が異なる点から、同じ日の同じ時間帯における調査でもカメラと人が発見する鳥の数は合わない。長谷川は現地での野外調査の結果とシステムの算出した結果を比較したがそれらの相関を得られず、評価方法には疑問が残っていた。そこで、平成25年度は種別の判定・学習を行うための基本的な種別分類データベースを構築してきた。その結果誤検出は多少増えたものの、鳥と非鳥の検出精度を落とさずに大型鳥類と小鳥区別、カラス類とそれ以外について分類が可能となった。ただし、それぞれの画像から読み取れる鳥種別は人の目で判別しても作業スキル次第でばらつきがでてしまうこと、正解データを作成するのに膨大な時間を必要とすることが課題となった。本課題については引き続き学習教師データを順次作成・学習させることとしている。

表 3-1- 19 鳥認識手法の比較

	利点	欠点
レーダ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 検出範囲が広い ・ 鳥との距離を測定できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 雲、霧に弱い ・ 設備が高価
サーモグラフィ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 動物の検出が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 解像度が低い
セオドライト	<ul style="list-style-type: none"> ・ 飛行軌跡の追跡が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 操作員が必要
カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鳥の情報が豊富にとれる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 画像認識技術が必要

[目的]

鳥認識のための動画による飛翔軌跡抽出機能の開発

本年度は、鳥種別判定機能の充実化を図ることを目的として動画による軌跡検出機能について開発を行った。これまで高解像度静止画と画像認識技術を用いた鳥検出を検討してきたが先に述べた課題があることが明らかになってきた。これまでの調査では、鳥の専門家が種別を判別する方法は、形状で判別する以外に鳥の飛翔パターン（羽ばたき方、動き方、速さ、軌跡）も補足情報として活用していることがわかっている。また、近年の急速な撮像技術高度化により、4Kクラスの解像度を有するカメラが手ごろな価格で民生用

として利用できるようになってきた。数年前の Web カメラには適用が困難であったこれまでで開発してきた静止画種別判定アルゴリズムが、近い将来高解像度ビデオカメラと連携することで実現できると予想、期待できることから、静止画の種別判定アルゴリズムを活用し、さらに本報告書で述べる動画軌跡検出機能の開発を進めた。

[関連研究]

関連研究として、画像からの物体検出についての研究を挙げる。さらに鳥画像を対象とした研究として、鳥分類、鳥検出の研究を挙げる。

物体検出の研究

物体検出は画像認識の分野において、古くから最も基本的な課題として研究され続けている。検出とはある物体が画像中のどこにあるかを探し出すという課題である。物体検出の応用先としてデジタルカメラの顔検出機能、交通量調査や車載カメラの歩行者検出機能など事例は多い。検出対象としても、顔、歩行者について最も研究が盛んである。本研究ではこのような目的で作られた手法を鳥検出に利用することを検討した。

このような手法の代表例として、まず Viola と Jones [8] の顔検出器が挙げられる。この研究では Haar-like 特徴量と、学習アルゴリズム AdaBoost を利用して顔識別器が構成された。Haar-like 特徴量は画像中の明暗のパターンを記述する特徴量である。画像中の各大きさ、位置のウィンドウについてこの識別器を適用し、顔領域の検出に成功した (図 3-1- 66 左)。Dalal と Triggs [9] の人体検出器はもうひとつの代表例であり、ここでは Histogram of Orientated Gradients (HOG) と呼ばれる特徴量が提案された。HOG では画像の勾配をもとにヒストグラムを作成し、それによって物体の大まかな形状を記述することができる (図 3-1- 66 右)。本研究でもこのような特徴量の抽出と、それを分類する学習アルゴリズムを組み合わせる鳥検出のために用いる方法を検討した。



図 3-1- 66 Haar-like [8]、HOG 特徴量 [9] による画像の記述

鳥画像分類の研究

物体認識を利用して、画像から鳥の種類を判定しようとする研究がすでに行われている。鳥の種類を判定は物体認識の諸問題の中でも特に概念的に、あるいは視覚的に類似度の高い多クラス間の分類問題として、fine-grained な分類問題と呼ばれる。Fine-grained は最近の物体認識の主要なトピックの一つであり、鳥の種類を判定もそのような問題の一つとして興味を集めている。

Berg と Belhumeur [10] は人が示す、分類的にあるいは視覚的に近いが異なる鳥の種類を見分ける能力を、画像認識の分野で Part-based One-vs-One Features として知られている方法論で説明することを試みた。例えばハゴロモガラス (図 3-1- 67 左) とアメリカガラス (図 3-1- 67 右) を見分けるときは翼の付け根の赤い模様注目するなど、ある種とある種を見分けるための部分的な特徴を適切に選び出す必要性を論じた。

Fine-grained な分類はいまだに挑戦的な課題ではあるが、これが実用化されると生態調査システムによる細かな種類の分類までもが可能になりうる。これはレーダやサーモグラフィでは難しい課題である。画像認識の分野で Fine-grained な分類の研究が始まっていることは、カメラによる生態調査の将来性を大きいものにしていく。

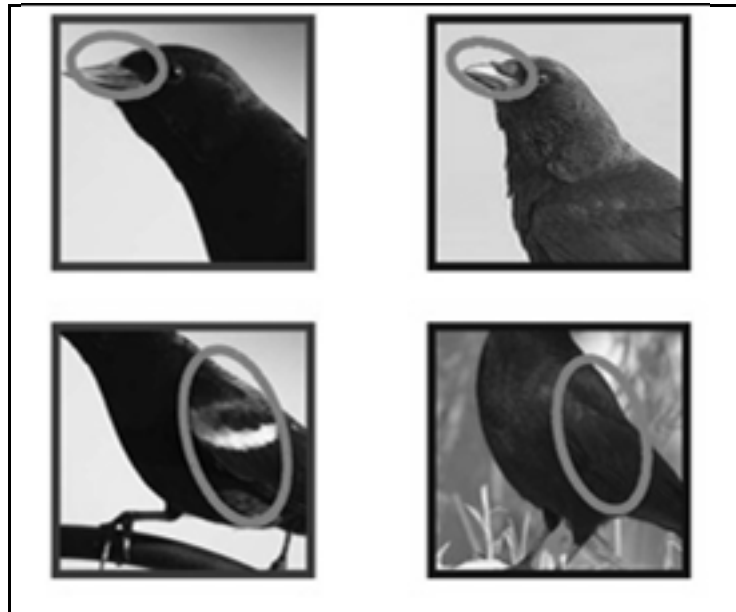


図 3-1- 67 Part-based one-vs-one features による Fine-grained 鳥分類 [10]

画像処理を用いた鳥検出の研究

画像処理を用いた鳥検出への取り組みの先駆けとして、セグメンテーションを用いた Poon ら [11] の研究、ステレオマッチングを用いた Verstraeten [12] の研究がある。これらの研究では空の画像からの鳥検出が一定の精度で可能であることが明らかにされた。

しかし画像中に障害物が写ることは考慮されてこなかったという問題がある。風力発電施設での生態調査では画像中に風車が写りこみ、また天候の変化により雲が現れたり、風で木が揺れたりすることがある。このような物体の存在は誤認識の原因となり得る。このような状況下でも調査の精度を保証するために、ノイズへの対策が必要である。

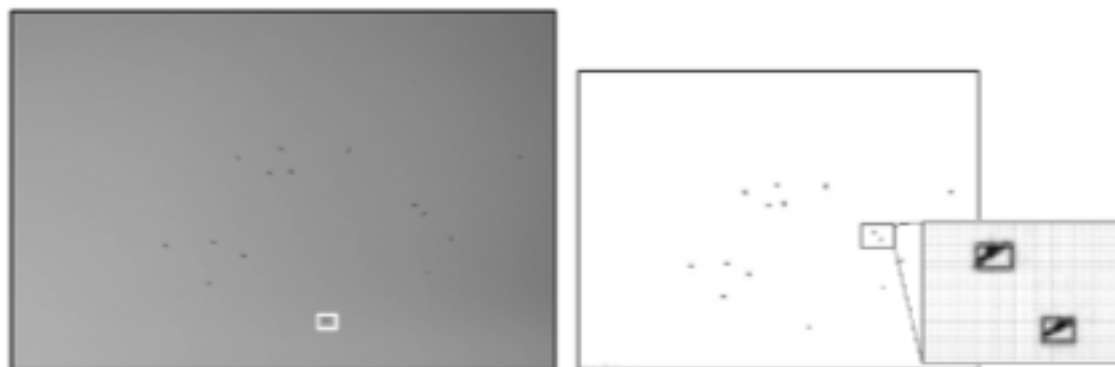


図 3-1- 68 Poon らによる鳥モニタリングシステム (左：ターゲット、右：検出結果)

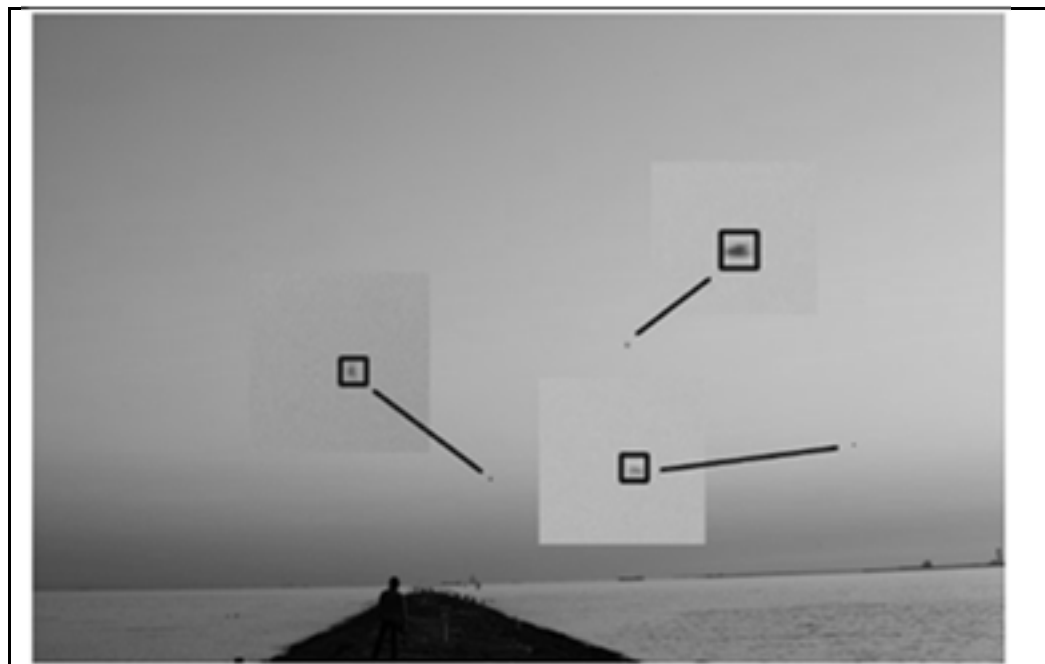


図 3-1- 69 白石ら [1]による鳥検出の様子

よりロバストな鳥検出手法として、白石ら [1] の研究がある。これはフレーム間差分法による移動物体の抽出と鳥画像認識を組み合わせた手法である。フレーム差分法のみでは鳥以外の領域が多数検出されてしまうような画像で、鳥識別器により鳥と判断された領域のみを残すことで認識精度が向上した。この研究では学習アルゴリズムとして AdaBoost を利用した。特徴量としては Haar-like、HOG と Local Binary Pattern (LBP) が検討され、鳥認識には Haar-like が最も適しているとの結論が得られた。このときの評価実験には著者が撮影した東京の画像が利用されていた。

長谷川 [6] は白石らのシステムに改善を加えるとともに、風力発電施設で稼働させる実験を行った。この研究では動体抽出アルゴリズムとしてはフレーム間差分法に代えて背景差分法を用いることが提案された。また風力発電施設では風車が動体として検出され続けてしまうため、これを形状を見て除去する方法が提案された。評価はシステムの算出する結果と現場での野外調査の結果を比較することで行われた。本システムでは、高解像度カメラを用いることで500m先にいる1.5m長の鳥を、約95%以上の正解率で検出することが示されてきた。今年度の検討として、平成25年度構築した鳥種別データベースを用いた認識アルゴリズムの高度化を図り、鳥・非鳥判別と同等の認識が可能であることを確認した。図は、用いた鳥種別画像、非鳥画像、並びに検出結果を示している。

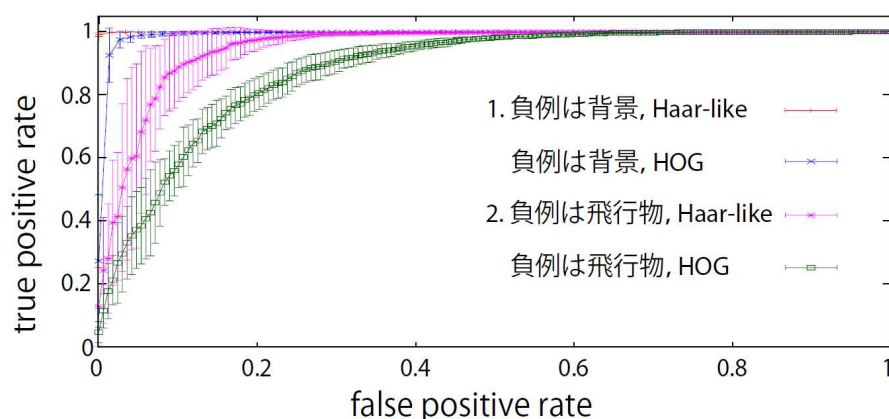


図 3-1- 70 前年度で用いた鳥種別画像、非鳥画像、並びに検出結果

鳥 飛翔軌跡検出システム開発概要

飛翔軌跡の検出は、①個別物体の識別、②動きのトラッキングの大きく二つの要素から構成される。このうち①についてはこれまで静止画システムで用いてきた Haar-Like、AdaBoost を使用し、②の動きのトラッキングについては、Ali [15]らが人との軌跡検出として使用しているパーティクルフィルター法を改良しシステム化した。以下に飛翔軌跡の検出フローを示す。

1. 動画像をシステムより取得
 2. Haar-Like AdaBoost 検出器により N_0 の鳥を最初のフレーム v_0 で検出する。
 3. 初期軌道として初期位置を $x_{i,0}$ をもつ T_i を $i=1, N_0$ に対して決定する。このとき、 $x_{i,0}$ 周りのカラーヒストグラム情報を h_i として初期化する。
 4. それぞれの軌跡に対してオクルージョンカウント O_i を初期化する。
 5. 動画像の次のフレーム v_j に対して軌跡 T_i を順次求める。この時の内部の繰返し処理として以下の処理を実施する。
 - (ア) 初期位置周辺の鳥確率分布 $p(x_{i,j} | x_{i,j-1})$ を推定する。このとき、 $x_{i,j}^{(k)}$, $k=1, K$ なる候補の鳥をそれぞれのターゲットとなる鳥に付与する。
 - (イ) それぞれの候補となる鳥 k について、カラーヒストグラム $h(k)$ 及び鳥候補確率分布 $p(h(k) | x_{i,j}^{(k)}, h_i)$ は外観モデルを使い計算する
 - (ウ) 各鳥分布をリサンプリングし、最も可能性の高い鳥候補 k^* を決定する。
 - (エ) その候補を鳥であることを分類するため鳥検出器により各位置 $x_{i,j}^{(k^*)}$ において鳥検出を行う
 6. ここで得られた軌跡結果を次のフレーム v_j の初期データとして使用する。
- 以上の処理を図示したのが図 3-1- 71 である。

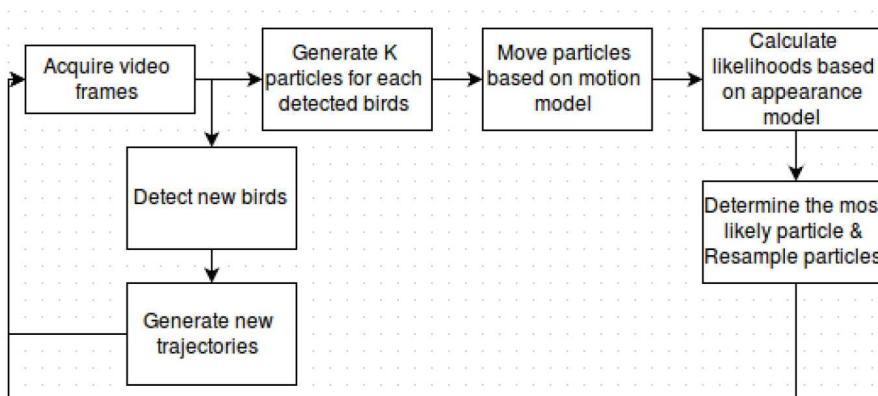


図 3-1- 71 鳥軌跡検出システムのフロー図

ここで、動作モデルについては、時刻 t における 2 次関数を $t-1$, $t-2$ の時間および円形のガウシアン分布のノイズ変数 ϵ_t によって求めた。具体的には次式を用いている。

$$x_t = f(x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, \epsilon_t) \quad (3.1)$$

$$x_{i,j} = 2x_{i,j-1} - x_{i,j-2} + \epsilon_t \quad (3.2)$$

動画収集システム仕様

鳥軌跡検出システムの実証データの取得には、動画収集を SONY FDR-AX100 により行いを使用した。

表 3-1- 20 撮像系 (SONY FDR-AX100) の仕様

イメージセンサー	1.0 型 Exmor R CMOS センサー
総画素数	2090 万画素
有効画素数 (動画時)	1,420 万画素(16:9)
レンズ	ZEISS バリオ・ゾナーT
ズーム(動画時)	光学 12 倍 (デジタル 160 倍)、全画素超解像 24 倍 (HD)、18 倍 (4K)
映像記録	XAVC S 規格: MPEG-4 AVC/H.264、AVCHD 規格 Ver. 2.0 準拠: MPEG-4 AVC/H.264、MP4: MPEG-4 AVC/H.264
動画記録画素数/ フレームレート	XAVC S 4K: 3840×2160/30p
動画記録レート	XAVC S 4K 約 60Mbps

オジロワシの飛翔軌跡の検出性能評価

本年度飛翔軌跡検出機能を北海道で撮影したオジロワシの飛翔サンプルを用いて、検証を行った。図 3-1- 72 には、撮影した動画の一部を示す。図中、赤枠で囲った部分がオジロワシとして認識された鳥画像領域である。この鳥は、この後 109 フレームにわたり飛翔をしている。



図 3-1- 72 サンプル動画の一フレーム（赤枠領域が鳥領域）

図 3-1- 73 は、鳥領域が複数発生した際の表示を示している。本システムでは同一の鳥を同じ鳥として識別し、その鳥の軌跡をトラッキングする必要があるため、それぞれを区別できるように ID 番号を付与した。図では ID6 がオジロワシの ID を示している。なお、ID の後の数字は、画面領域の x、y 座標を示しておりこの座標から位置と移動距離、軌跡のトラッキングを実現している。



図 3-1- 73 個別の鳥を識別し ID を振った様子

図 3-1-74 に飛行軌跡のトラッキング例を示す。図から ID6 の鳥の軌跡が検出されていることがわかる。なお、図 3-1-75 にフレームごとの実際の鳥位置とシステムによって抽出された鳥位置の画素のずれ (Absolute Error) を示している。本ケースにおいては約 2 ピクセル程度の画素誤差となっていることがわかり、適切に軌跡をとらえているといえる。

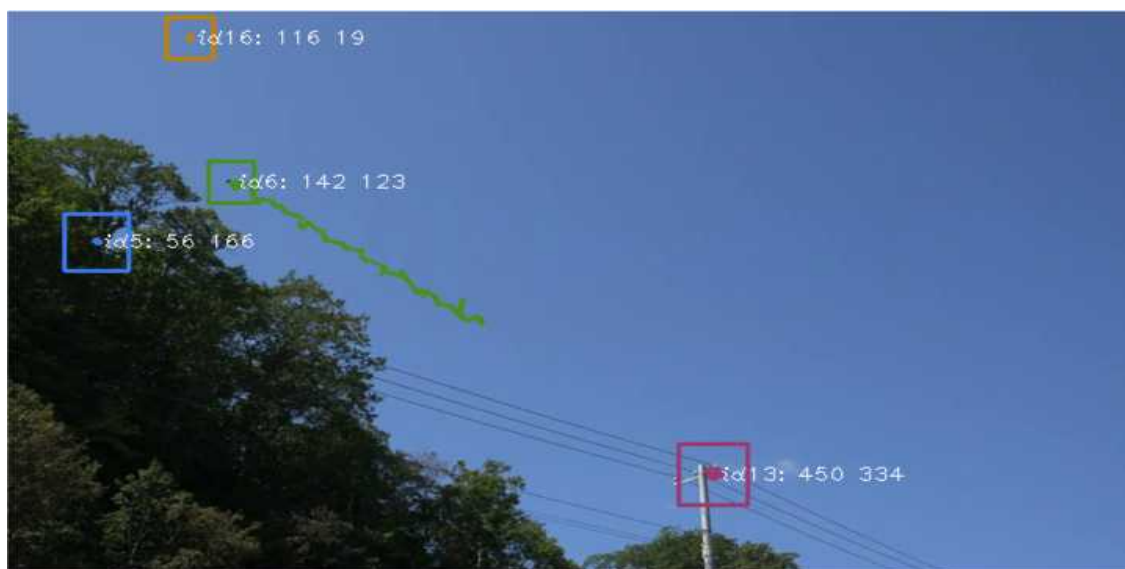


図 3-1- 74 飛行軌跡トラッキング結果例

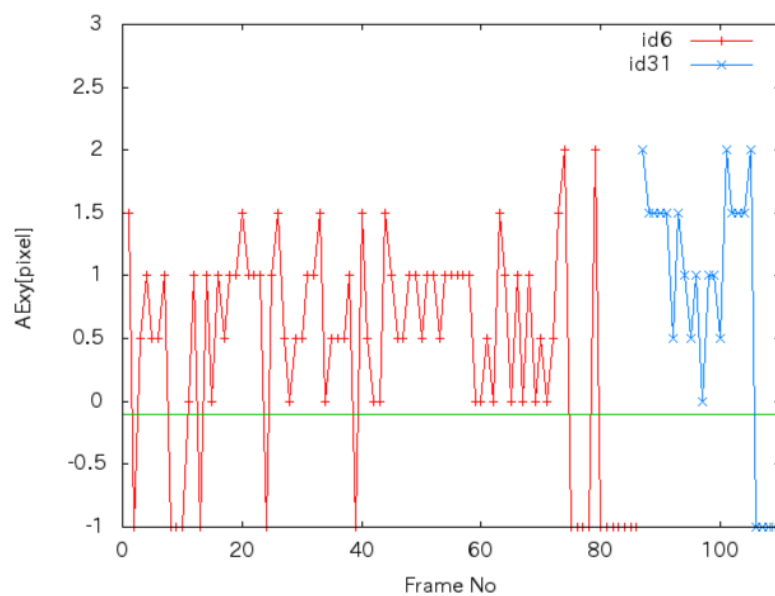


図 3-1- 75 飛行トラッキング誤差

[結論]

本年度は、鳥種別判定機能の充実化を図ることを目的として動画による軌跡検出機能について開発を行った。これまでの調査では、鳥の専門家が種別を判別する方法は、形状で判別する以外に鳥の飛翔パターン（羽ばたき方、動き方、速さ、軌跡）も補足情報として活用していることがわかっている。また、近年の急速な撮像技術高度化により、4Kクラスの解像度を有するカメラが手ごろな価格で民生用として利用できるようになってきた。数年前のWebカメラには適用が困難であったこれまで開発してきた静止画種別判定アルゴリズムが、近い将来高解像度ビデオカメラと連携することで実現できると予想、期待できることから、静止画の種別判定アルゴリズムを活用し、さらにパーティクルフィルターを導入した動画軌跡検出機能の開発を進めた。結果、誤差2ピクセル未満での軌跡検出が可能となる軌跡検出機能を実現し海ワシの飛翔パターンの検出、学習教師データの取得が可能となった。

[参考文献]

- [1] 白石卓也, 飯田誠, 苗村健, “バードストライク防止のための画像認識を用いた鳥の検出”, 風力エネルギー学会 (2012).
- [2] Smallwood, K. S., Thelander, C. G., Morrison, M. L., Rugge, L. M., “Burrowing Owl Mortality in the Altamont Pass Wind Resource Area,” *Journal of Wildlife Management* 71(5), pp. 1513-1524 (2007).
- [3] de Lucas, M., Ferrer, M., Bechard, M.J., Munoz, A. R., “Griffon Vulture Mortality at Wind Farms in Southern Spain: Distribution of Fatalities and Active Mitigation Measures.” *Biological Conservation* 147(1), pp. 184-189 (2012).
- [4] 環境省総合環境政策局 環境影響評価課 資料 “改正環境影響評価法等について”, http://www.env.go.jp/policy/assess/4-5kensyu/pdf/nendo/h23_kaisei-brief.pdf (2014/2/4 アクセス)
- [5] 環境省 報道発表資料 “鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き”, <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=13331> (2014/2/4 アクセス)
- [6] 長谷川大起, “生態調査のための画像認識を用いた野鳥出現数調査の基礎検討”, 東京大学工学部電子情報工学科 卒業論文 (2012).
- [7] Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L. J., Li, K., Fei-Fei, L., “ImageNet: A Large-Scale Hierarchical Image Database,” *Computer Vision and Pattern Recognition, 2009. CVPR 2009. Proceedings of the 2009 IEEE Computer Society Conference on*, pp. 248-255 (2009).

- [8] Viola, P., Jones, M., "Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features," Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on, vol. 1, pp. I-511–I-518 (2001).
- [9] Dalal, N., Triggs, B., "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection, " Computer Vision and Pattern Recognition, 2005. CVPR 2005. Proceedings of the 2005 IEEE Computer Society Conference on, vol. 1, pp. 886–893 (2005).
- [10] Berg, T., Belhumeur, P.N., "How Do You Tell a Blackbird from a Crow?" International Conference on Computer Vision, 2013. ICCV 2013. Proceedings of the 2013 IEEE Computer Society Conference on (2013).
- [11] Poon, W. K., Wong, C. J., Abdullah, K., Lim, E. S., Teo, C. K., "Development of Migratory Birds Population Monitoring System Using Digital Single Reflex Camera, " Computer Graphics, Imaging and Visualization, 2011. CGIV 2011. Proceedings of the 2011 Eighth International Conference on, pp. 136–140 (2011).
- [12] Verstraeten, W.W., Vermeulen, B., Stuckens, J., hermitte, S., Van der Zande, D., Van Ranst, M., Coppin, P., "Webcams for Bird Detection and Monitoring: A Demonstration Study," Sensors 10(4), pp. 3480–3503 (2010).
- [13] Welinder, P., Branson, S., Mita, T., Wah C., Schroff F., Belongie, S., Perona, P., "CaltechUCSD Birds 200" (2010).
- [14] Wah, C. Branson, S. Welinder, P. Perona, P. Belongie, S. "The Caltech-UCSD Birds-2002011 Dataset" (2011).
- [15] Ali, I., Dailey, M. N., Multiple human tracking in high-density crowds, Proc of Conference on Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems, Bordeaux, France, 2009, pp. 540-549.

3.2 衝突状況のモニタリング調査

海ワシ類の衝突リスクが高いと思われる時期において、メガピクセルのビデオカメラを2台設置し、3ヶ月間程度特に鳥類の衝突に資する動画を撮影し、衝突メカニズムの検証に資する映像を記録することを目的とした。また、これと別に視程計1基を設置し視程の計測を行った。

風力発電施設へのバードストライクの原因（発生のメカニズム）については、これまで死骸の剖検、室内実験等によって状況証拠を積み上げて、検討を重ねてきた。これにより衝突のメカニズムについて複数の仮説を整理している。

さらに、前年度（平成25年度）にはオジロワシが風力発電に衝突する動画を2台のカメラで撮影することに成功した。ここから示唆されることを4点（の仮説）に整理した。

- ① 衝突の前後を含め視界は良好であり、吹雪・地吹雪等による視程悪化によって衝突が誘発されたとは考えにくい。
- ② ブレードの先端部分に衝突したので、先端部分でモーションスマア（透明化）が発生している可能性がある。
- ③ ブレードの移動方向は上から下で、背面方向からの打撃である。
- ④ 前方の（衝突する）個体は、後方の個体に追跡されているようにも見える。

ビデオ映像に関する海外研究者の反応

この4つ仮説に関して海外研究者の見解は概ね三点であった。

第一に、②のモーションスマアについては、「猛禽類の視力は人に比べ格段に優れており、回転するブレードも識別可能だろう」というもの。ヒューポップ博士¹（Dr Ommo Hüppop）が、マーチン博士（Dr Graham Martin）の一連の研究を引用しつつ述べた見解である。

モーションスマアが実際に発生しているかどうかを検証した研究は、環境省「風力発電施設におけるバードストライク防止策」（平成19～21年度）で行われた一連のトビによる室内実験のみであり、そこではモーションスマアの発生が示唆されている。

第二に、④の猛禽類同士の相互作用については、スモールウッド博士²（Dr Shawn Smallwood）やデショーン博士（Dr Mark Desholm³）が同意する見解を示している。「ノルウ

¹ Ommo Hüppop, PhD (Institute for Avian Research, Germany)、cww2015の科学委員会 (Scientific Committee CWW 2015) メンバーである。Cww2015では基調講演を行った。この意見はベルリンで開催されたcww2015での、我々の講演に対してのコメントである。その後のメールのやり取りでも同様の見解が示されている。

² Shawn Smallwood, PhD、米国のフリーランス鳥類研究者。cww2015の科学委員会 (Scientific Committee CWW 2015) メンバーである。この意見は、環境省が衝突動画を公開したことについてのコメントを求める中で得られたもの。

³ Mark Desholm、デンマークの鳥類研究者、現在バードライフインターナショナルに属している。この意

エーでもお互いを追いかけているときに、前方の鳥が後方の鳥に注意を取られ、警戒が薄れるために、衝突する可能性が高くなることが観察されている」(デション)、「現在行っている調査で、はじめてワシ同士の社会的相互作用 (social interaction) の重要性に気づいた。ワシ類はしばしばお互いに遊ぶので、おそらく前の個体はブレードを見ていないだろう」(スモールウッド) 等である。

第三に、①～④の仮説とは別に、「オジロワシは風車を脅威として認識していない」という見解が、ヘトカー博士 (Dr Hermann Hötker⁴)、デション博士から示されている。「他の鳥同様、オジロワシは風車の危険性を見落としているようだ。」(ヘトカー博士)、「この衝突ビデオ映像は、現在我々が研究している Smola 諸島のオジロワシも風車を脅威として認識できず衝突しやすいことを示唆している」(デション) 等である。

環境省「風力発電施設へのバードストライク防止策に係る検討業務」の成果と前年度報告書での見解、および海外研究者の見解を整理して表 3-2- に示す。

見は、環境省が衝突動画を公開したことについてのコメントを求めらる中で得られたもの。

⁴ Hermann Hötker, PhD, (an expert at the Michael Otto conservation centre in Bergenhusen) で、Roel May, PhD (NINA, Norway)から紹介された。この意見は、環境省が衝突動画を公開したことについてのコメントを求めらる中で得られたもの。

表 3-2- 21 環境省「風力発電施設へのバードストライク防止策に係る検討業務」の成果
 (*)と前年度報告書での見解および海外研究者の見解

仮説	支持・示唆する結果	不支持（否定的な）結果	平成 25 年度報告書の見解	海外研究者の見解
モーション・スミア	トビの室内実験で確認 (H19-21 年度) 衝突推定時に天候悪化 (H22 年度)		○ 支持	× 猛禽類の視力は人に比べ格段に優れており、回転ブレードも識別できる
コントラスト悪化	海ワシの室内実験で確認 (H22 年度) インターバルカメラによる定点画像で確認 (H22 年度)	衝突 (推定) のビデオ映像では視程は良好 (H23 年度) であった。	× 不支持	
背面打撃	医学的剖検で確認 (H22-24 年度)	両眼視は難しいが、上下方向は視認できている可能性 (MARTIN 2011 ⁵ 、O' Rourke et al 2010 ⁶)	○ 支持	
パニック	オオワシ衝突の直前にカラスに追跡 (H22 検討会議事録) 衝突推定のビデオ映像 (H23 年度) で、他の個体に追跡されている		○ 支持	○ 現地調査結果から猛禽類については相互作用が重要との認識
通常は認識・回避しているが、回避できない理由がある	レーザー、セオドライト調査で通常の回避行動を確認 (H23 年度) 衝突推定のビデオ映像では視程良好 (H23 年度) で、回避せずに衝突している オジロワシ衝突の直前、直近の海岸ではほぼ同時刻に、サケの死骸にカラスが群がっていたことを確認 (H24 年度)		? 不明	

*: 風力発電施設バードストライク防止策実証業務 (平成 19~21 年度)、海ワシ類における風力発電施設に係るバードストライク防止策検討委託業務 (平成 22~24 年度)

⁵ GRAHAM R. MARTIN (2011) Understanding bird collisions with man-made objects: a sensory ecology approach, Ibis, Volume 153, Issue 2, pages 239-254

⁶ Colleen T. O' Rourke, Margaret I. Hall, Todd Pitlik, Esteban Fernandez-Juricic (2011): Hawk Eyes I: Diurnal Raptors Differ in Visual Fields and Degree of Eye Movement. DOI: 10.1371 / journal.pone.0012802

観測期間


平成 26 年 12 月 1 日～平成 27 年 3 月 17 日

観測機器の構成

観測機器の構成は昨年度と同一である。カメラは 2 台体制とし、レンズ部をメガピクセルとし、フレーム数は概ね 10 フレーム/秒である。機器構成表を表 3-2- 22 に示す。

設置場所は、これまで通り苫前町（苫前夕陽ヶ丘風力発電所・風来望）である。ただし、前年度は衝突実績の多い中央（2 番目）風力発電施設を 2 台のカメラで撮影したのに対し、今年度はブレード塗装を行った 1 号機と衝突実績の多い 2 号機をそれぞれ 1 台のカメラで撮影することとした（図 3-2- 76）。

表 3-2- 22 ビデオ観測の構成表

構成部品	型式など
ネットワークカメラ	MOBOTIX D15Di-Secure-D38D51 屋外ウォールマウント(MX-WH-Dome)  http://www.mobotix-japan.net/product/d15/index.html
無停電電源装置(UPS)	オムロン BY35S
PoE スイッチ	ネットギア GS108P-100AJS
ファイルサーバ(NAS)	バッファロー、テラステーション TS-XH4.0TL/Rai d6
LAN ケーブル	70～80m

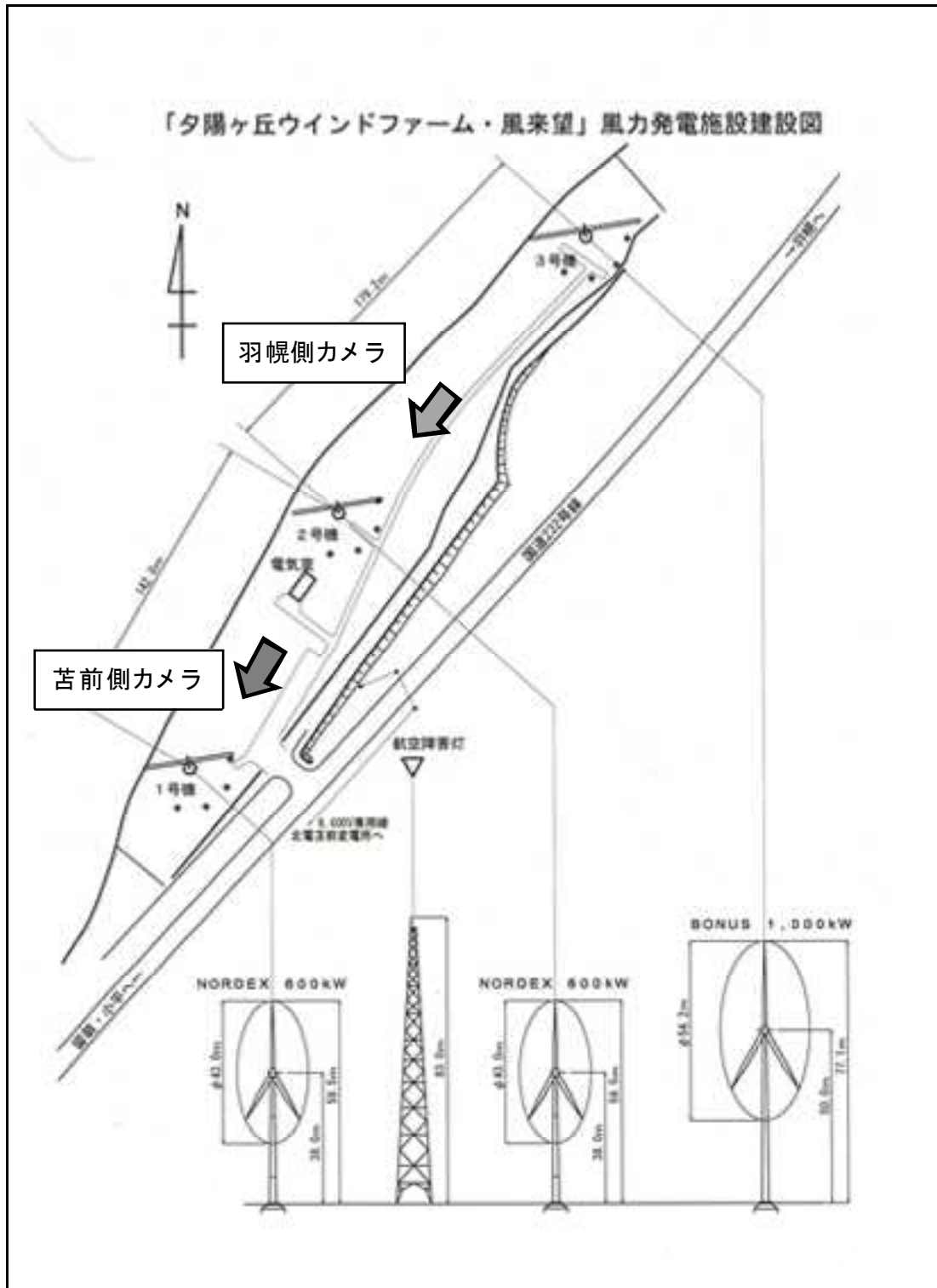


図 3-2- 76 ビデオ観測システムの設置位置と画角方向

本年度におけるモニタリング調査と解析

本年度におけるビデオ観測期間中、衝突事象は発生しなかった。このため上記仮説④に注目し、ビデオに撮影された風車近傍を飛翔する動画から、複数個体の相互作用（追跡等）が確認されたものを抽出し、検討することとした。

抽出対象月日

平成 27 年 1 月 2 日とした。これまでの調査結果等から当該地における海ワシ類は、風向が西北西～北西系である時に出現し易いことが分かっている。このため地域気象観測所（アメダス）の羽幌から 10 分間風速・風向を確認し、風向として西北西の多い、1 月 2 日を選定した。録画されたビデオ映像を再生し、鳥類の飛翔状況を確認した。抽出された結果を、表 3-2- 23 に示す。

カメラ No-1（1 号機風車・・・塗装実施）で 27 事例（このうち複数個体が映っていたものは 1 事例）、カメラ No-2（2 号機風車・・・感知センサ搭載）で 32 事例（このうち複数個体が映っていたものは 5 事例）であった。

複数個体が映っていた 6 事例について、図 3-2- 77～図 3-2- 82 に示す。

表 3-2- 23 ビデオ映像に記録された鳥類（平成 27 年 1 月 2 日）

（x：確認された個体数）

番号	カメラ No-1		カメラ No-2	
	年月日時分	出現	年月日時分	出現
1	2015/1/2 9:04	x	2015/1/2 9:13	x
2	2015/1/2 9:09	x	2015/1/2 9:15	x
3	2015/1/2 9:10	x	2015/1/2 9:20	x
4	2015/1/2 9:11	x	2015/1/2 9:21	x
5	2015/1/2 9:14	x	2015/1/2 9:27	x
6	2015/1/2 9:15	x	2015/1/2 9:36	x
7	2015/1/2 9:24	x	2015/1/2 9:38	x
8	2015/1/2 9:44	x	2015/1/2 9:54	x
9	2015/1/2 9:48	x	<u>2015/1/2 9:56</u>	<u>xx</u>
10	2015/1/2 9:49	x	2015/1/2 10:26	x
11	2015/1/2 10:04	x	2015/1/2 10:28	x
12	2015/1/2 10:14	x	2015/1/2 10:31	x
13	2015/1/2 10:15	x	2015/1/2 10:38	x
14	2015/1/2 10:28	x	2015/1/2 10:45	x
15	2015/1/2 10:38	x	2015/1/2 10:46	x
16	2015/1/2 10:40	x	<u>2015/1/2 11:07</u>	<u>xx</u>
17	2015/1/2 10:45	x	2015/1/2 11:09	x
18	2015/1/2 10:46	x	2015/1/2 11:15	x
19	2015/1/2 11:15	x	<u>2015/1/2 11:56</u>	<u>xx</u>
20	2015/1/2 11:51	x	<u>2015/1/2 11:57</u>	<u>xx</u>
21	2015/1/2 11:52	x	<u>2015/1/2 11:58</u>	<u>xx</u>
22	2015/1/2 11:54	x	2015/1/2 12:11	x
<u>23</u>	<u>2015/1/2 11:56</u>	<u>xx</u>	2015/1/2 12:15	x
24	2015/1/2 12:19	x	2015/1/2 12:19	x
25	2015/1/2 12:45	x	2015/1/2 12:37	x
26	2015/1/2 13:10	x	2015/1/2 12:39	x
27	2015/1/2 13:21	x	2015/1/2 12:44	x
28			2015/1/2 12:46	x
29			2015/1/2 12:50	x
30			2015/1/2 13:19	x
31			2015/1/2 13:20	x
32			2015/1/2 13:37	x
	小計	27 事例		32 事例



図 3-2- 77 風車近傍における複数の飛翔個体
(1号風車、平成27年1月2日11:56頃、白丸部分)



図 3-2- 78 風車近傍における複数の飛翔個体
(2号風車、平成27年1月2日09:56頃、白丸部分)



図 3-2- 79 風車近傍における複数の飛翔個体
(2号風車、平成27年1月2日11:07頃、白丸部分)



図 3-2- 80 風車近傍における複数の飛翔個体
(2号風車、平成27年1月2日11:56頃、白丸部分)

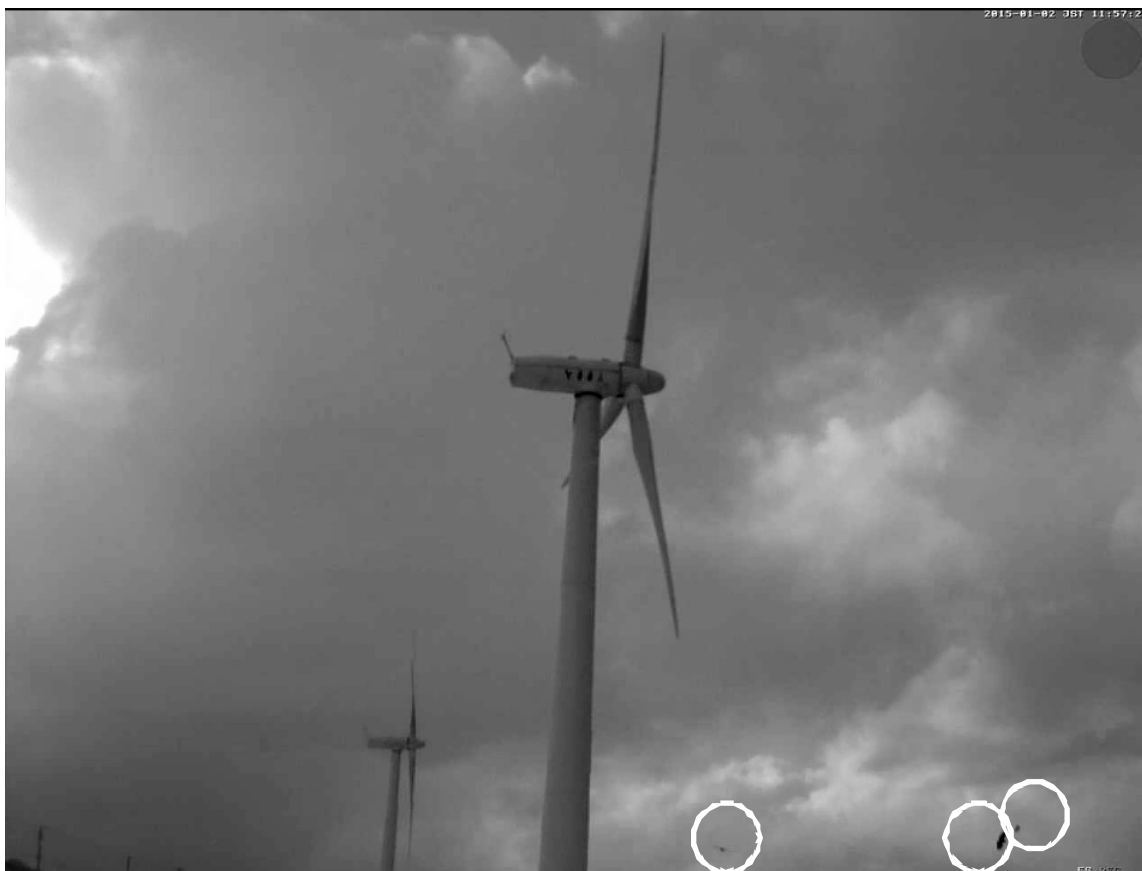


図 3-2- 81 風車近傍における複数の飛翔個体
(2号風車、平成27年1月2日11:57頃、白丸部分、3個体が確認された)



図 3-2- 82 風車近傍における複数の飛翔個体

(2号風車、平成27年1月2日11:58頃、白丸部分、3個体が確認された)