

## 水鳥のモニタリングにおける UAV の利用可能性の検討

鈴木 透<sup>1)</sup>・長倉 有理<sup>1,2)</sup>

A feasibility study on a monitoring system for waterfowls using UAV

Toru SUZUKI<sup>1)</sup> and Yuri NAGAKURA<sup>1,2)</sup>  
(Accepted 12 July 2017)

### はじめに

水鳥のモニタリングは生物多様性や湿地生態系の保全を検討する際に重要な基盤情報である。全国的な水鳥のモニタリングとして、環境省が取りまとめているモニタリングサイト 1000 ガンカモ類調査・ガンカモ類の生息調査やバードリサーチによる季節前線シギ・チドリがある。一方、これらのモニタリングは人の観察により情報を取得しており、数万羽が飛来する渡り期では正確な個体数の把握が困難であることや専門家による調査であるため多数の地点や広域での調査の実施にコストがかかることなどの課題がある。

近年開発された無人飛行機 (Unmanned Aerial Vehicle, 以下 UAV) は測量、災害調査、農薬散布など様々な分野で利用されている。生物相のモニタリングにおいても、複数の時期の精度の良い画像が簡単に取得できることなど (Xiang & Tian 2011)、調査の効率化、多時期のデータ取得など既存の調査手法を補完できる方法として期待されている (Watts et al. 2012)。鳥類のモニタリングにおいても小型の UAV が利用され始めている (Chabot and Bird 2012, Linchant et al. 2015)。しかし、現段階では UAV を用いた水鳥のモニタリング手法は確立されておらず、現行のモニタリングを補完するためにはいまだ検討すべき課題が多くある。

そこで本研究では、まず現在実施されているモニタリングから、水鳥のモニタリングにおいて収集すべき情報を整理した。その結果を基に、水鳥モニタリングにおける UAV の利用可能性を検討するため

に、飛行計画や画像の精度、カメラの設定など UAV による水鳥モニタリングを実施するために検証すべき項目を検討・整理することを目的とした。

### 方 法

水鳥のモニタリングにおいて収集すべき情報を整理するために、現在日本において全国的で実施されている水鳥に関するモニタリングであるモニタリングサイト 1000 ガンカモ類調査・ガンカモ類の生息調査についてとりまとめ、収集すべき情報を整理した。モニタリングサイト 1000 ガンカモ類調査は 2008 年から調査が開始され、ガンカモ類を対象に季節ごとの最大個体数を調査している。2016 年度までに計 9 回の調査が実施されており、成果はホームページにて公開している (<http://www.biodic.go.jp/moni1000/findings/reports/index.html>; 2017 年 6 月 5 日確認)。ガンカモ類の生息調査は 1970 年から開始され、ガンカモ類 (ガン・カモ・ハクチョウ類) の冬期の生息状況の調査を毎年 1 月中旬、全国一斉に実施し、環境省がとりまとめている。2016 年度までに計 48 回の調査が実施されており、成果はホームページにて公開している ([http://www.biodic.go.jp/gankamo/gankamo\\_top.html](http://www.biodic.go.jp/gankamo/gankamo_top.html); 2017 年 6 月 5 日確認)。

水鳥モニタリングへの UAV の利用可能性の検討は、実行可能な飛行計画や画像の精度、画像分析方法の検証すべき項目を整理した (表 1)。なお、UAV の利用可能性の検討は、北海道宮島沼での撮影、UAV の機種は主に Inspire 1 pro (DJI 社製)、操作アプリは DJI GS Pro (DJI 社製) を想定した。

<sup>1)</sup> 酪農学園大学農食環境学群環境共生学類保全生物学研究室

Laboratory of Conservation Biology, Department of Environmental and Symbiotic Science, College of Agriculture, Food and Environment Sciences, Rakuno Gakuen University, Bunkyo-dai midorimachi 582, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

<sup>2)</sup> FRS コーポレーション株式会社

Presently at FRS corporation Inc., 5, Kita7 Nishi 13, Chuo-ku, Sapporo, Hokkaido, 060-0007, Japan

連絡先 (Correspondence) : ttsuzuki@rakuno.ac.jp

表1 UAVの利用可能性を検討するための検証項目

検証目的	検証項目	細項目
実行可能な計画の作成	飛行計画	サイドラップ・オーバーラップ 撮影時の設定（ホバリング・移動）
効率的な画像の取得方法	画像精度	使用するカメラ・レンズ 高度 カメラ設定（ISO感度・シャッタースピード）

表2 現在実施されている水鳥に関する主要なモニタリングの概要

モニタリング名	対象種	調査時期	調査項目	備考
モニタリングサイト1000ガンカモ類調査	ガン・ハクチョウ・カモ・カイツブリ・バン類	渡り期(春・秋), 冬期	種・個体数	サイトの最大個体数・季節変化を取りまとめる
ガンカモ類の生息調査	ガン, カモ, ハクチョウ類	1月10日前後に1回	種・個体数	—

## 結果と考察

### 水鳥のモニタリングに必要な情報

現在実施されている水鳥に関する主要なモニタリングを取りまとめ、水鳥のモニタリングに必要な調査項目を取りまとめた(表2)。取りまとめたモニタリングは、環境省が全国的に実施しているモニタリングサイト1000ガンカモ類調査、ガンカモ類の生息調査である。

モニタリングサイト1000ガンカモ類調査は、ガン・ハクチョウ・カモ・カイツブリ・バン類を対象とし、渡り期(春・秋)、冬期(12月～1月)の計3時期における種とその個体数を記録しており、各調査地点における最大個体数や季節変化を取りまとめている。ガンカモ類の生息調査は、ガン、カモ、ハクチョウ類と対象とし、1月10日前後の冬期に1回実施し、種とその個体数を記録している。以上のように、現在全国的に実施されている水鳥のモニタリングは主にガン、カモ、ハクチョウ類と対象とし、種とその個体数に関する情報を収集していた。これらのモニタリングは種のインベントリや種組成を調べることに加え、マガンやハクチョウ類といった渡り鳥の飛来数の把握も兼ねており、2つの目的で実施されていた。

人の観察によるモニタリングは、正確な個体数の把握や多数の地点の調査が困難であることなどの課題があるが、複数のタスクを同時にこなすことができるため、現在実施されているモニタリングのように数万羽レベルの個体数と種組成を同時に調査する

ことを可能にしている。一方、UAVによる調査を実施する場合、後述するようにフライト時間や画像の精度に制限があるため、複数のタスクを同時行うことは困難であり、タスクつまり目的の明確化・単純化が必要である。そのため、UAVによる水鳥モニタリングの利用可能性の検討は、主に種のインベントリと渡り鳥の飛来数のカウントの2つに分けて検証することが必要であると考えられた。

水鳥のモニタリングにおけるUAVの利用可能性種のインベントリと数万羽レベルの渡り鳥の飛来数のカウントについてUAVを用いたモニタリングを実施する際に、実行可能な飛行計画や画像の精度、撮影時のカメラ設定といった検証すべき項目を整理した。今回は特にカモ類のインベントリとマガンのカウントについて焦点を当てて検証した。

まず目的に対してUAVを用いた撮影時の条件を整理した(表3)。カモ類のインベントリは、日中に撮影することが可能なため時間的な制約が比較的少ない。一方、マガンのカウントは、マガンのねぐら立ち前、もしくはねぐら入り後の限られた時間で撮影することが必要となるため、薄暗い環境下で、かつ短時間で撮影する必要がある。また、画像の精度については、カモ類のインベントリは識別(Identification)する必要があるが、マガンのカウントでは検知(Detection)するだけで十分である。なお、UAVで撮影した画像はSfM(Structure from Motion)技術によりオルソ画像を作成することも可能であるが、今回は種やその個体数を把握することが目的で

表 3 目的別の UAV による撮影時の条件

目的	環境条件	撮影時間	画像分類
カモ類のインベントリ	日中	制約小	識別必要
マガンのカウント	薄明	短時間	検知のみ

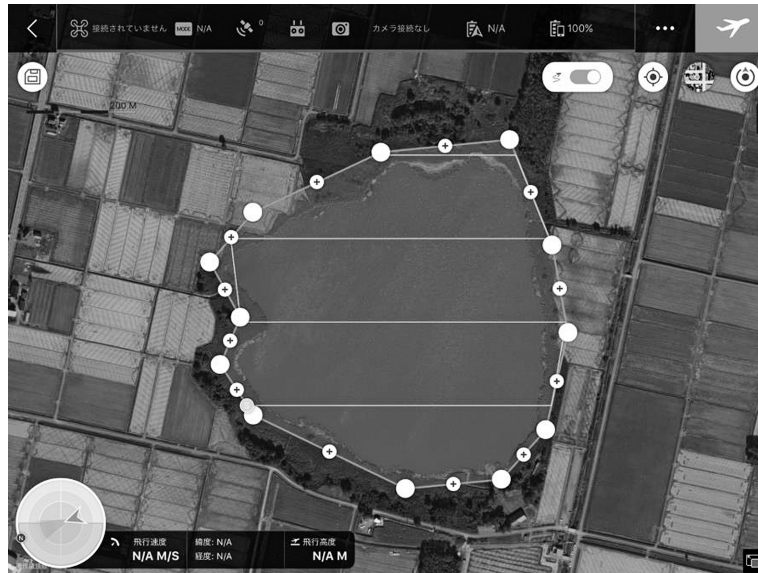


図 1 宮島沼全体を撮影条件：Inspire 1 Pro, DJI MFT 15 mm f/1.7 ASPH, 高度 150 m で設定した飛行ルート(湖沼内の直線)。ホバリング撮影した場合、飛行時間は 14 分 19 秒、移動撮影した場合 5 分 34 秒。周辺の白丸と+で囲われている場所は指定した撮影範囲を示している。

あることや水面など様な画像のオルソ画像化は困難であることからオルソ画像を作成することは考慮しなかった。

次に、UAV の飛行計画について検証すべき項目を整理した。飛行計画は取得する画像のサイドラップやオーバーラップに基づいた飛行ルートと撮影時の方法（ホバリング撮影、移動撮影）の設定について検討した。画像のサイドラップやオーバーラップについては、前述のとおりオルソ画像化を考慮する必要がないため、最小限(例えば、DJI GS Pro では 10%) に設定することで飛行時間を最小限にできると考えられた。撮影時の方法については、ホバリング撮影は移動しながら撮影する移動撮影と比較して飛行時間は当然長くなる。例えば、宮島沼全体をホバリング撮影した場合、飛行時間は 14 分 19 秒、移動撮影した場合 5 分 34 秒であり、条件によっては倍以上の時間を要する(撮影条件：Inspire 1 Pro, DJI MFT 15 mm f/1.7 ASPH, 高度 150 m, 図 1)。しかし、ホバリング撮影は停止した状態で撮影するため長いシャッタースピードでの撮影が可能である。

シャッタースピードを長くすることは光を多く取り込むことができるため、マガンのカウント時のような薄暗がりの環境下では必要な場合もある。以上より、カモ類のインベントリを目的とした場合、条件の制限が少なく、複数回飛行することが可能であるため、後述する必要な画像精度に基づき飛行計画を検討するだけでよいが、マガンのカウントでは短時間、薄暗い環境下での撮影となるため、後述する画像精度やカメラの設定も考慮した実行可能な飛行計画を検討する必要があると考えられた(参考：Inspire 1 Pro の飛行可能時間は約 18 分)。

UAV で取得できる画像精度は、飛行時の高度と使用するカメラ、レンズにより決まる(図 2)。一般的に UAV の高度を上げれば撮影できる範囲は広がるが、画像精度は低くなるため、画像精度と画像範囲はトレードオフの関係にある。そのため、モニタリングを実施する際には、飛行時間に制約があることから、各目的に対応した最も効率的な画像精度を検証し、使用するカメラやレンズ、撮影高度を決める必要がある。画像認識の基準として利用されて

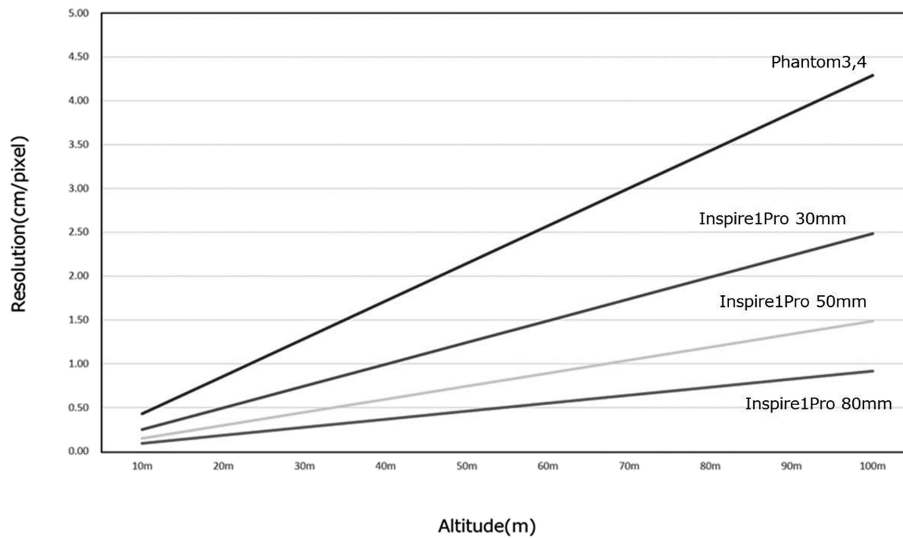


図2 飛行時の高度と画像解像度との関係：Phantom 3・4，Inspire 1 Pro は DJI 社製の UAV，Inspire 1 Pro はレンズの焦点距離により異なる（値は 35 mm 換算値）

いるジョンソン基準では、対象物を認識できる限界の寸法（例：人 75 cm）に対して、検知では 1 ピクセル、識別では 10 ピクセルが必要であると報告されている。仮にマガンやカモ類の認識できる限界の寸法を体長の半分以下である 10 cm とした場合、検知には 10 cm/pixel の画像、識別には 1 cm/pixel の画像が必要であると推定される。McEvoy et al. (2016) によると水鳥に影響が少ない高度は 40 m 以上であると報告されている。対象物を認識できる限界の寸法を 10 cm と仮定した場合、検知する場合はどの機種についても撮影することが可能であるが、識別する場合には機種が限定されることから目的に応じて機種を選定する必要があることが明らかになった（図 2）。また、今回対象物を認識できる限界の寸法を 10 cm と仮定した場合の推定値であるため、図 3 に示したように水鳥のモニタリングにおいて検知、識別できる画像の精度をそれぞれ検証し、カモ類のインベントリ、マガンのカウントに適した解像度と高度を明らかにする必要があると考えられた。

さらに、マガンのカウント時においては、前述のように薄暗い環境下、かつ短時間での撮影が望まれる。薄暗い環境下では、一般的にシャッタースピードを長くし、ISO 感度を高く設定し、光を十分に取り込んだ撮影が望まれる。そのため、低い照度における ISO 感度やシャッタースピードなどのカメラの設定とマガンの検知の有無との関係も検証する必要があると考えられた。

本研究では、水鳥のモニタリングについて既存の手法を効率化、省力化するために UAV を用いたモ

ニタリング手法の利用可能性を検討した。その結果、既存のモニタリングは主に種のインベントリと渡り鳥の飛来数のカウントを把握するために実施されていた。これらのモニタリングにおいて UAV を使用するためには、照度など撮影時の環境条件、飛行時間など UAV の制限条件、高度、使用するカメラやレンズ、カメラ設定などを総合的に考慮した飛行計画を作成が必要であり、実行可能な計画には必要な画像精度や撮影可能なカメラ設定などを検証する必要があることが明らかになった。

## 謝 辞

本研究は、2016 年度酪農学園大学共同研究、及び環境研究総合推進費(1-1602)「フィールド調査とロボット・センサ・通信技術をシームレスに連結する水域生態系モニタリングシステムの開発」(研究代表者：海津裕)の一環として実施した。

## 引用文献

- Chabot, D., and D.M. Bird (2012) Evaluation of an off-the-shelf unmanned aircraft system for surveying flocks of geese. *Waterbirds* 35: 170-174.
- Linchant, J., J. Lisein, J. Semeki, P. Lejeune, and C. Vermeulen (2015) Are unmanned aircraft systems (UASs) the future of wildlife monitoring? A review of accomplishments and challenges. *Mammal Review* 45: 239-252.
- McEvoy, J.F., G.P. Hall, and P.G. McDonald

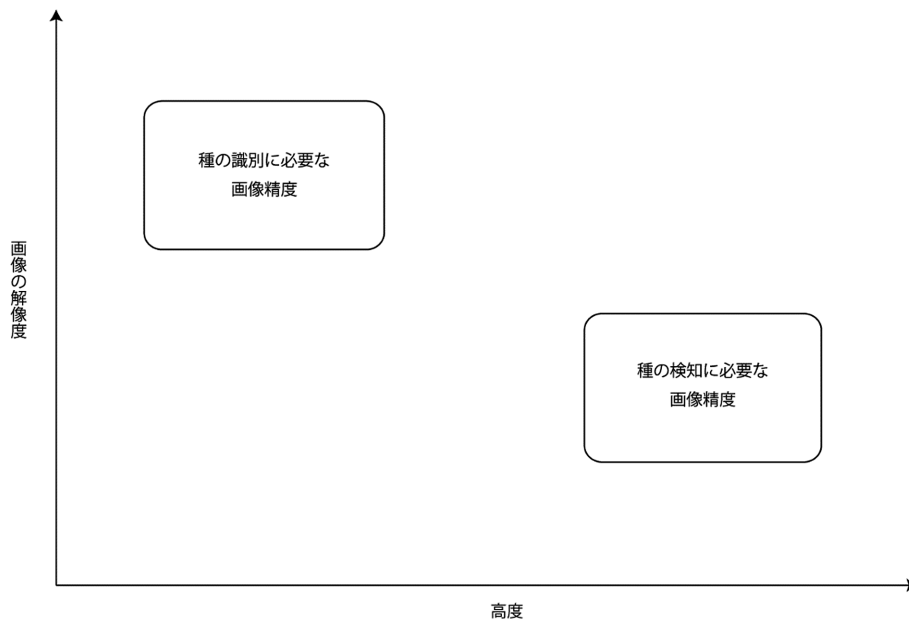


図3 種の識別と検知に必要な画像精度の模式図。撮影時の高度とカメラ・レンズの解像度について種の識別・検知に必要な画像精度の範囲を特定する必要がある。

(2016) Evaluation of unmanned aerial vehicle shape, flight path and camera type for waterfowl surveys: disturbance effects and species recognition. . PeerJ 4: e1831.

Watts A.C., V.G. Ambrosia, and E.A. Hinkley (2012) Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: classification

and considerations of use. Remote Sensing 4: 1671-1692.

Xiang H., and L. Tian (2011) Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV). Biosystems Engineering 108: 174-190.

#### Abstract

This paper describes the methodology for a feasibility study on a monitoring system for waterfowls using an unmanned aerial vehicle (UAV). We summarized existing information on monitoring systems for a Japanese waterfowls, which are conducted by human observers. We then discussed the necessary information for the development of a practical method for waterfowl monitoring using a UAV. Consequently, monitoring was conducted with two primary objectives: determine the number of white-fronted geese (*Anser albifrons*) and inventory ducks. We found that to use a UAV monitoring system for waterbirds, two methods needed to be developed: a method to detect and identify white-fronted geese in a dimly lit environment with limited time, and a method to identify species.