

可能性がでてきた。

そこで本試験では、1) ねぐら・コロニーにおけるカワウ個体数カウントへのドローン利用の検証と2) 漁場におけるドローンを用いた飛来数調査を実施した。1) では、①目視によるカウントとドローンによるカウント数の比較、②ドローンを用いて撮影されたカワウのねぐら・コロニーの合成画像における自動カウントアプリの有効性の検証、そして、③ドローンを用いたカワウのねぐら・コロニーカウントの有効性と費用対効果について考察を行った。

2.方法

1) ねぐら・コロニーにおけるカワウ個体数カウントへのドローン利用の検証

本試験は新潟県で6か所、栃木県で1か所、群馬県で1か所のカワウのねぐら・コロニーにおいて行った(図1-図3)。

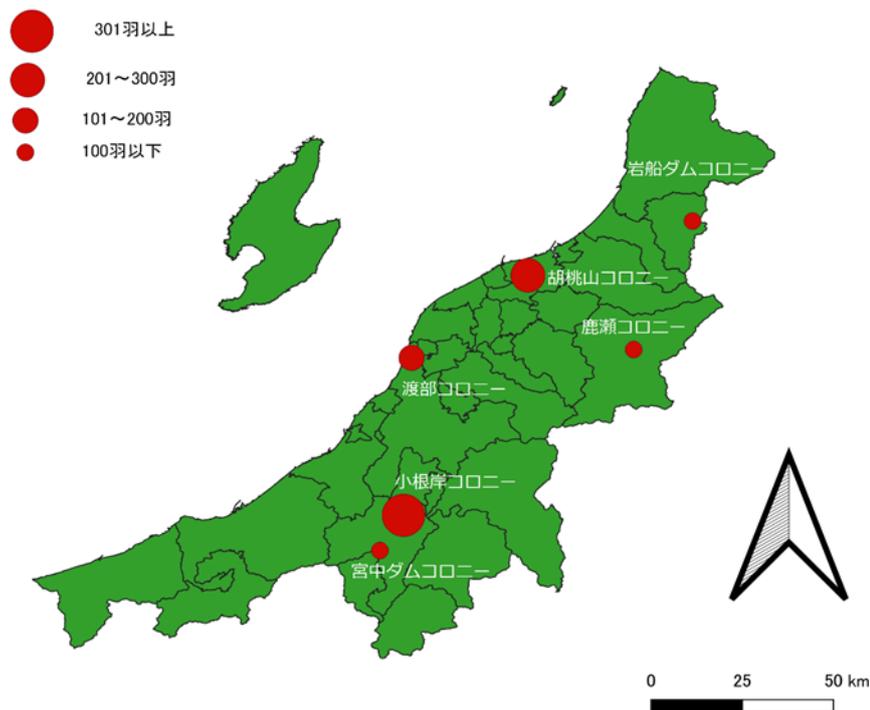


図1. 新潟県内の調査地



図2 群馬県内の調査地

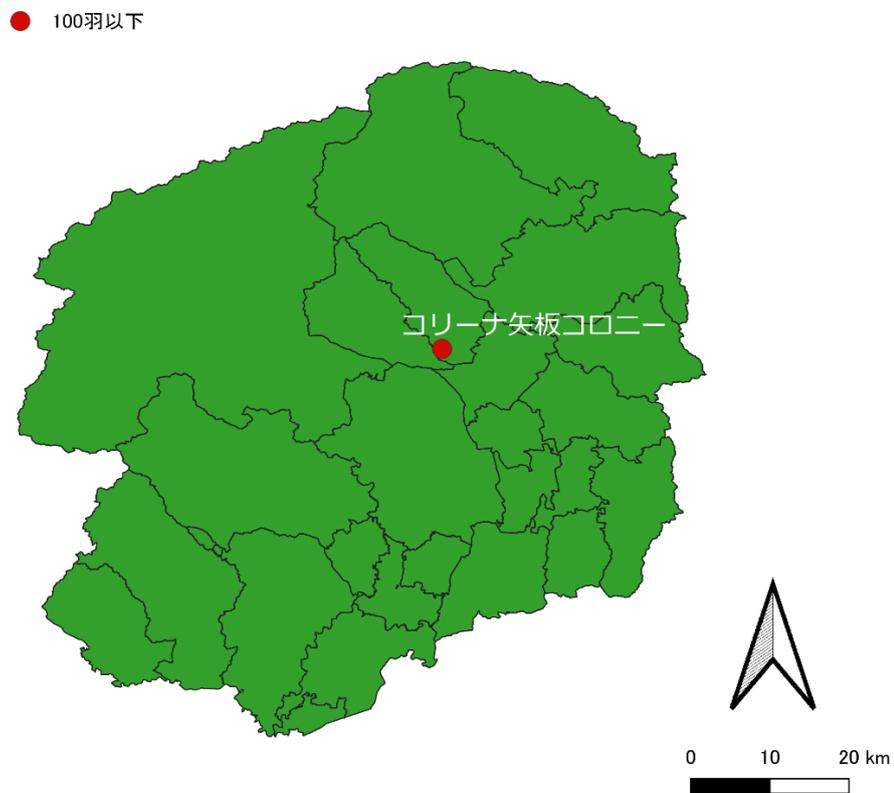


図3 栃木県内の調査地

本試験で使用した機材を表1にまとめる。

表1. 試験で使用した機材と仕様の比較

	Phantom4 Pro	Inspire1 Zenmuse XT	Mavic2 Enterprise Dual	
発売年	2016	2015	2019	
重量[g]	1,388	2,845	899	
対角寸法[mm]	350	581	354	
最大速度[km/h]	72	79	72	
カメラ	カラー	赤外線	カラー	赤外線
水平視野角[°]	84	17	85	57
ISOレンジ	100 ~ 12,800		100 ~ 1,600	
有効画素数	20M		12M	
画素ピッチ[μm]		17		12

2019年の試験の結果から、①Phantom4 ProとMavic2 Enterprise Dualのノーマルカメラは照度0 Luxになると、カワウの判別ができなかったが、照度10 Lux程度までなら判別することができること。②Phantom4のノーマルカメラを用いた撮影においては、ISOを12,800、絞り値をF2.8、シャッタースピードを8秒とする設定条件が適していること、③Mavic2 Enterprise DualとInspire1の赤外線カメラによる撮影では、どちらもカワウを白いポイントでとらえることができたが、個体数をカウントする観点から、解像度のより高いInspire1が適していることがすでに明らかになっている。

① 目視と赤外線カメラ搭載ドローンによるカウント

目視によるカウントと赤外線カメラを搭載したドローンを用いたカウントの比較検証を行った。目視調査では、双眼鏡（30×8E II,株式会社ニコン）とカウンターを用いた。ドローンを用いた調査では、Inspire1（DJI社）と赤外線カメラ（Zenmuse XT、FLIR Systems,Inc）を用いた。

目視調査では、日の入り予定時刻の2時間から1時間前に、ねぐら・コロニー全体を見渡すことができる場所で待機し、すでにねぐら・コロニーに戻ってきているカワウの数をカウントし、記録した。その後、順次営巣地に戻ってきたカワウをカウントし、目視が不可能な暗さになる日没後おおよそ30分まで調査を継続した。

ドローンを用いた赤外線カメラの撮影は、日の入り時刻でドローンを飛行させ、ねぐら・コロニー全体を複数枚の画像に分けて撮影した。撮影後に画像を合成するため、撮影する際の撮影場所のカバー率（前後の写真の被り率）は5割以上とした。日の入り時刻から30分後にも同様にドローンを飛行させ、ねぐら・コロニー全体を複数枚の画像に分けて撮影した。撮影後はパノラマ写真合成ソフトウェアである Microsoft Image Composite Editor ver.2.0.3.0

（Microsoft Corporation, Washington of US）を用いて画像を合成し、計数フリーソフトウェア（かちかちかうんたー, ver. 2.71, GT）を用いて、白いポイントで表された、円状もしくは楕円状のものを1羽としてマークし、手動でカワウのカウントを行った（図24）。

調査は2020年6月から12月の間に、小根岸コロニーで3回、宮中ダムコロニーで4回、渡部コロニーで1回、鹿瀬コロニーで1回、胡桃山コロニーで1回、岩船ダムコロニーで1回、コリーナ矢板コロニーで5回、高津戸コロニーで5回の合計21回実施した。

目視によるカウント数とドローンを用いた日没30分後のカウント数の差を調べるため、同日、同時刻、同コロニーにおいてカウントされた、目視による個体数と赤外線ドローンによる個体数を対応のあるペアとして、ウィルコクソンの符号付順位和検定を行った。統計解析には R ver.4.0.3（Ross Ihaka and Robert Clifford Gentleman, <https://www.r-project.org/>）を用いた。

日没直後のカウント数とドローンを用いた日没30分後のカウント数について、カワウの個体数に差があるかを調べるため、同日、同コロニー、同一のドローンによってカウントされた、日没直後の個体数と日没30分後の個体数を対応のあるペアとして、ウィルコクソンの符号付順位和検定を行った。統計解析には R ver.4.0.3（Ross Ihaka and Robert Clifford Gentleman）を用いた。

② ねぐら・コロニーの合成画像における自動カウントアプリの有効性の検証

自動カウントアプリは、共同研究者である長岡工業高等専門学校の上村健二氏が MATLAB（The MathWorks, Inc, Massachusetts of U.S.）を用いて作成したアプリケーション（以下、アプリ）を用いた。自動カウントアプリは、エッジ検出と呼ばれる、画素間のスペクトル値の差を利用してカワウの識別を行う。

画像処理の手順は、①読み込んだ画像のエッジを検出し、モルフォロジーのクロージング処理（検出したエッジを膨張させ、その後収縮させることで画像内のノイズを除去する処理）を

行い、エッジを連続した線に変換する (図 4)。②その後、穴埋め処理を行い、エッジの内側を塗りつぶす。③塗りつぶしたエッジ一つ一つにラベル付けを行いカウントする (図 5)。④最後にそれぞれのラベルで、サイズが大きいまたは小さいもの、明るさが周囲より暗いものを除去しカウント結果から差し引く。⑤検出されたものを現画像に表示する。このような処理を行うことで、アプリによる自動カウントを行った。

自動カウントには 2 章で撮影した、日没直後と日没 30 分後の画像を用いた。小根岸コロニーで撮影した画像が 6 枚、宮中ダムコロニーで撮影した画像が 8 枚、渡部コロニーで撮影した画像が 2 枚、鹿瀬コロニーで撮影した画像が 2 枚、胡桃山コロニーで撮影した画像が 2 枚、岩船ダムで撮影した画像が 2 枚、コリーナ矢板コロニーで撮影した画像が 9 枚、高津戸ダムコロニーで撮影した画像が 9 枚の、全 40 枚を用いた。赤外線カメラで得られた合成画像を、アプリで展開し、画像処理を行い、カワウの個体数の自動カウントを行った。

自動カウントのデータと手動カウントのデータに差異があるかどうかを調べるため、同一の画像から得られた自動カウントによる個体数と手動カウントによる個体数を対応のあるペアとして、ウィルコクソン符号付順位和検定を行った。統計解析には R ver.4.0.3 (Ross Ihaka and Robert Clifford Gentleman,) を用いた。