

# 無人航空機(ドローン)による水田と白鳥の観察

Surveillance by using Unmanned Aerial Vehicle (Drones)

近藤 進 河原和好 上村喜一 中野又右衛門 小林満男

あらまし

無人航空機(ドローン)応用の可能性を探るため、水田及び白鳥の長期観察をおこなった。水田については、耕起から収穫までの観察から、前年度のコンバイン跡の影響が残ることがわかった。白鳥については、佐潟の白鳥をカウントした。短時間で撮影できることから、時間ごとによる白鳥の餌場への移動状況を把握した。

## 1. はじめに

無人航空機(以下ドローンとする)は性能の改善及び価格の低下により急速に浸透している。本研究ではドローンを用いて、水田や白鳥を撮影することにより、どのようなことに使えるか、その初期的な結果について報告する。

ドローンは情報システムであり、マイコンにより制御された電気機械システムの典型である。GPSに代表される自動制御技術が進展し、かつてのホビーのイメージから実用的な産業用装置として注目を集めている。応用として、農業・測量・インフラの点検・災害救助・物流等が提案され研究が進められている。[1][2] また、空撮が可能で実用的な機種が安価に提供されるようになり、地方自治体や企業にも多く用いられるようになってきている。東日本大震災直後に、移動体通信中継機をヘリコプターに搭載し被災地に飛ばすことを提案したが、[3]ドローンによる移動体中継等も検討され始めている。[4] 一方、新潟県・長野県特有の情報通信の課題として、山岳遭難・バックカントリーや山菜採りの事故対応があげられる。これらについてもドローンは多くの可能性を持っており今後の応用が期待される。ここでは、急速に浸透するドローンを取り上げ、その撮影機能を用いた初期的な検討結果を述べる。

## 2. 水田の無人航空機による観察

農業は無人航空機(ドローン)の応用が最も進んでいる分野の一つである。広い面積を扱うため、農薬の散布を始め、農地の観察などに応用されている。

ここでは、ドローン応用の可能性を見るため、稲作について検討した。大学周辺(新潟市西区赤塚)及び南魚沼市の水田について、上空からの観察を行い、その応用の可能性を探った。赤塚地区については週2回、南魚沼市については週1回程度上空から観察した。稲作の農事暦については平成30年度新潟なんかん米コシヒカリBL栽培暦を参考にした。[5][6]

ドローンは無人航空機の飛行に関する許可承認により、一般的には150mの高度以下での運用となる。[7] また、最も使用されているDJI社のphantom4では、許可がない限り120mの高度が限界である。ここでは、各水田について上空からの撮影を行い、撮影した水田の表面上の変化を調べその関連性を検討した。

### 2.1 稲の倒状

コシヒカリは味が良いが倒状になりやすい品種である。田植え後1ヶ月頃から中干しや溝切りによって、丈が伸びすぎること抑制し、稲刈り時に倒れないように制御する。図2.1は、一部

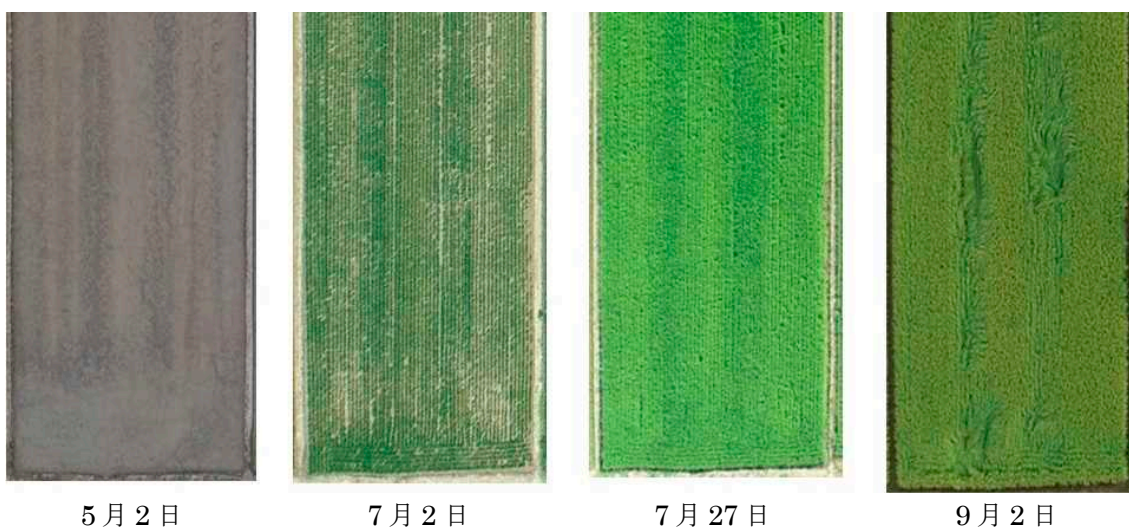


図 2.1 水耕後と稲の倒状

の稲が倒状となった水田の上空からの写真である。下部に撮影した日付を示す。

5月2日は田植え直前の代掻きの状態である。中央部2列に色の黒い部分が存在する。7月2日の段階では5月2日で見られる黒い部分での成長が早いことがうかがえる。7月27日ではこの成長の早かった部分の緑が濃く、他の領域では多少黄緑となっている。穂の出る時期であることから、黄緑色をした部分は、穂が出ているものと考えられる。9月2日では籾の黄化が進んでいるが、2本の筋状に稲の倒状が起こっている。代掻きの時の不均一模様と倒状となったところが一致しており、代掻きの影響が最終的に倒状に結びついているものと思われる。この水田のみならず、代掻きの方向と稲の高さ・黄化のばらつきは、各所で観察された。5月2日の代掻き後の色の変化が何に起因するか不明であるが、稲の倒壊部分とほぼ一致している。トラクターによる耕起（田掻きや代掻き）について一般的には15cm程度とし、深すぎても、細かすぎても適さないという農水省の指導もあり、これらの影響が考えられる。[8]

## 2.2 コンバイン跡の影響

図 2.2 は 新潟市西区赤塚の水田について 60m 上空からの写真を示す。週 2 回撮影したものの一部である。4月10日の段階では前年の稲刈りが終了した状態のままである。いわゆる秋耕は地域の大部分の一般的な水田と同様に未実施である。[8] コンバインは水田の外側から長方形の辺の形に渦巻き状に稲を刈っていく。この跡が冬を越し春先まで残っている。その後4月下旬に耕起し、代掻きを行う。代掻きは田植えの2-3日前に行う。ここでは5月2日に田植えが行われた。耕起と代掻きが行われているが、上空から見ると代掻きの筋と共にわずかではあるがコンバインの跡がみられる。田植え20日後の5月24日は巨視的には大きなばらつきは見えないが、6月22日になると、代掻きの跡、コンバインの跡に依存し、苗の生長が影響を受けていることがわかる。7月6日の場合も6月22日ほど顕著ではないが代掻き・コンバインのパターンが観察される。7月26日になるとほぼ全面が緑となり筋は観測されるが目立たなくなる。一方、50cmから1m程度のまだら模様が観察される。これは、それ以前の状態とは対応していないことから、追肥や、除草、中干し等の影響によるもの、あるいは穂の出る時期でありそのばらつきによると考えられる。8月30日では籾が熟している時期であるが、まだら模様と代掻きコンバインが薄く観察され

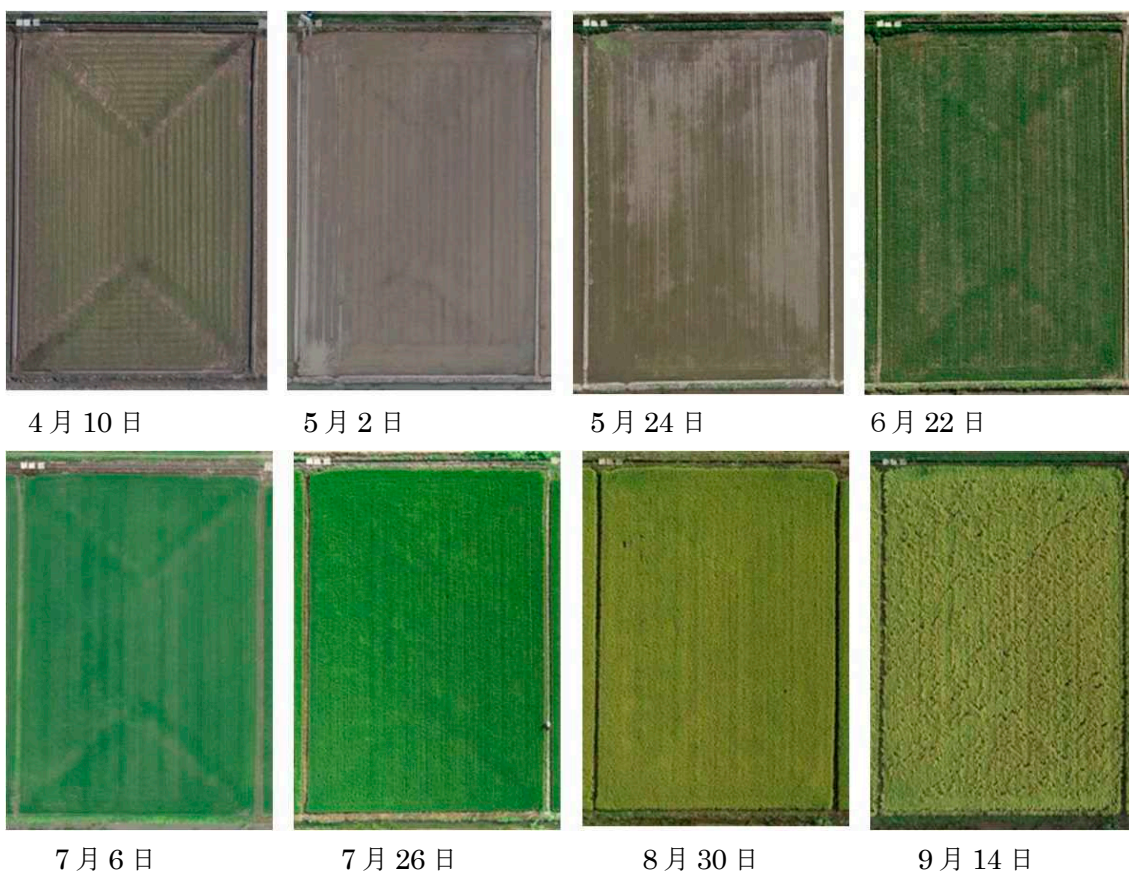


図 2.2 水田の 60m 上空からの変化

る。これらは稲刈り直前の 9 月 14 日でもわず  
かではあるが変化を見ることができる。

上空からの観察ではコンバインの回転による  
V 字状の跡が最後まで影響を及ぼすことがわか  
る。稲苗の成長初期に顕著である。[9] この現  
象は図 2.3 に示すようにほとんどすべての水田  
で見ることができるが、地上からの観察では気



図 2.3 コンバインの跡 6 月 25 日



図 2.4 耕起直前の水田 4 月 10 日



図 2.5 稲刈り直後のコンバインの回転跡

づきにくい。図 2.4 の 4 月 10 日の写真では、V 字は、緑の雑草の部分と、稲わらが残った部分に分けられる。雑草の緑の部分は、方向が日照とは関係なく（緑の領域が必ずしも南側ではない。）コンバインの移動方向で決まる。図 2.5 に稲刈り直後の V 字模様部分の拡大写真を示す。コンバインのキャタピラーの様子が明瞭に残っている。キャタピラー跡と対をなして稲わらが残っている。このキャタピラーの跡の部分で冬期に緑色となり、稲わらの部分は腐敗が進まず稲わらとして残る。稲わらが腐敗するとメタンガスが発生して成長に悪影響を及ぼすとの報告もあるが、ここでは腐敗は進んでいない。成長状態を見ると明らかにコンバインの細かな跡のある方は稲苗が早く緑化している。コンバインの跡は冬期に雑草が生長している。空気が入るためか、逆に稲わらの方は稲わらにより日が当たらないことも考えられるが、詳細は不明である。いずれにせよ雑草の生長と稲苗の成長がキャタピラー跡の領域で顕著であることから、根がはり易いとか、雑草により養分が増える等の理由が考えられる。

図 2.6 は南魚沼市の中山間地の水田を示す。小規模な水田であるが水田の中央部が周辺に比べ緑色となり実の熟し方が遅れていることがわかる。このような小規模な水田でも上空からの観察で巨視的な影響を見ることができる。



図 2.6 中山間地の水田 9 月 25 日

ここでは、ドローンによる上空からの観察で何がわかるかという観点で簡単な検討を行った。

ここで取り上げた点以外にも、稲穂形成期の不均一（まだら模様）や水田を横断しての雑草の拡大等を観察することができる。

また、ドローン水平方向にを回転させれば、

同時に広範囲の水田観察が可能であり、水田の収穫量と対応できれば、水田管理の巨視的な情報となる。低空での観察を行えばより詳細な変化が見られ、籾の状態に依存した肥料の散布、ピンポイントでの消毒などが行われている。[10]

### 3. 白鳥の飛来数の観測

上空から撮影できることを応用し、佐潟の白鳥の飛来数を計測した。飛来数は熟練者によるカウンターツールによる手動カウントが行われているが、ここでは上空からの画像によるカウントを試みた。

白鳥は 10 月上旬から飛来するが、飛来直後は 2~3 日に 1 回、その後は 10 日に 1 回程度計測した。撮影は天候に左右されるため、降雨のない風の弱い日に行ったため必ずしも定期的ではない。ドローンは日の出後日没まで運用でき、それ以前・それ以降は許可なく飛行させることができない。表 3.1 に主な観察日の新潟市での日の出時刻を示す。本研究では、10 月 22 日以前は AM6:00 に、10 月 25 日以降は新潟市の日の出時刻に撮影

	日の出時刻
10月10日	5:48
10月15日	5:52
10月16日	5:53
10月19日	5:56
10月22日	5:59
10月26日	6:02
10月29日	6:06
11月4日	6:12
11月11日	6:21
11月22日	6:33
12月2日	6:42
12月11日	6:49
12月20日	6:55

を開始している。

佐潟は下潟が長さ 1500m 上潟まで含めると 2150m あり、潟の最大幅は 420m である。ドローンは実用上 120m 以上の高さに飛行させることはできない。ドローンカメラの横方向の視野角は  $84^\circ$  で 120m 真上からでは最大幅 160m の範囲でのみ撮影が可能であるため、潟を何回かに分けて撮影する必要がある。そこで潟の南東岸に平行方向に飛行させ、佐潟方向を撮影した。下潟の東端の佐潟橋から下潟西端の中道までの 1500m を 100m ごとに 15 区画に区切りそれぞれの範囲の白鳥を数えた。上潟は全体で 1 区画とした。一方、北西側から撮影した場合、日の出直後による太陽の反射が著しく、一部で白鳥を数えることは困難であった。

また、10月22日、12月2日、1月12日については、さらに30分ごとに撮影し、えさ場に飛翔するために減少する白鳥数を調査した。

図 3.1 は、10月22日 AM6:00 の第1区画～第3区画の様子を示す。湖面の手前側では白鳥は明瞭な白い点として容易に確認できる。しかし、直上からの撮影でないため奥側は湖面が白く反射して判別し難い。図 3.2 は、図 3.1 の一部を拡大したものである。図に示すように画像を拡大することにより、白鳥を充分判別できる。また、天候によっても明瞭度は異なる。晴天の青空では明瞭であるが、曇天の雲が湖面に映ると判別しにくくなる。反射を押さえる偏光フィルターが必要となる。本研究ではドローンを潟の長辺に平行に移動し、部分を撮影することにより白鳥の数を測定した。



図 3.1 右から第1区画、第2区画、第3区画



図 3.2 図 3.1 赤枠の拡大写真

図 3.3 は佐潟の白鳥飛来数の季節変化を示す。10月12日前後に白鳥の飛来が始まり、10月15日に700羽、19日に950羽、22日に3650羽と急速に増えることがわかる。この後、多少の増減はあるが3700羽から2500羽でほぼ一定となる。30年度秋冬期は、傾向としては徐々に減少し1月に3500羽程度に増えている。上潟については、夏期に水草（蓮）が繁茂し、10月中旬頃まで、白鳥は停留していない。11月中旬以降になると水草がなくなり、白鳥が徐々に増え、水草の無い部分に展開するようになる。御手洗潟も蓮が繁茂するために、上潟と同じ傾向にある。

佐藤は、白鳥は佐潟、福島潟、瓢湖、鳥屋野潟を行き来しており、それぞれの湖潟で多少の増減はあるが、越後平野全体での総数はほぼ一定であると報告している。[11][12] 夜間はこれらの湖や潟で休むが、昼は近くの水田で落ち穂やひこばえを餌としており、餌の量により、これらの水域を行き来している。潟の区画別に見ると、入り江が有り草地の幅が広く、人が近づきにくい8区画9区画に多くとどまっている。12月1月になると農道から近い北西側は避け、草原の広い

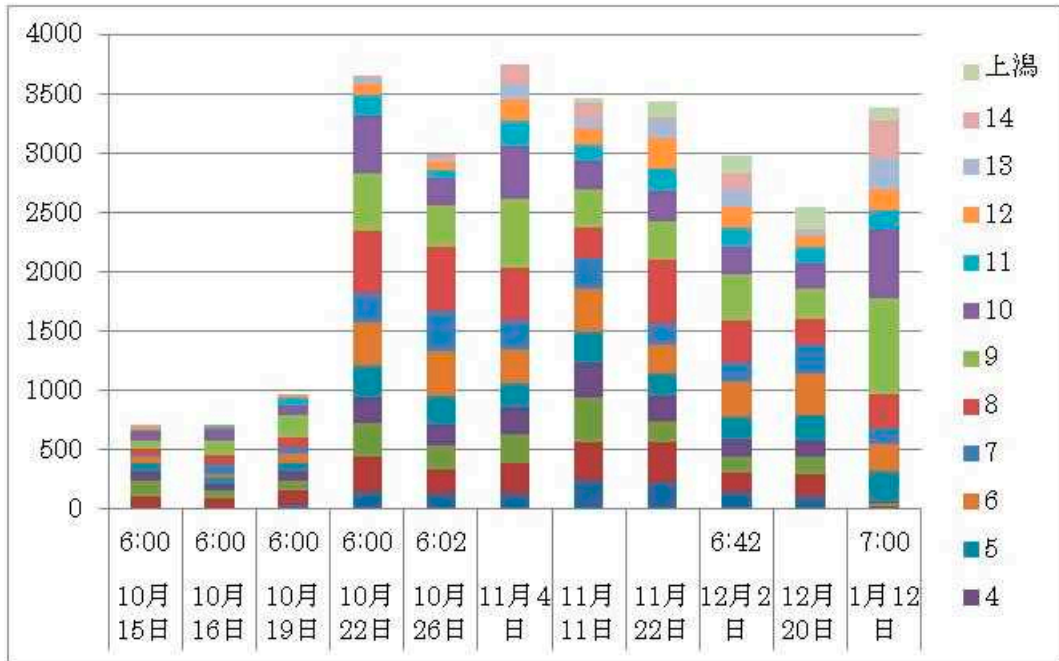


図 3.3 白鳥飛来数の変化

南西側に集まる傾向にある。

ドローンによる白鳥観察の長所は、時間をかけないで撮影できるため、短時間でカウントできることにある。そこで、佐潟の白鳥の時間変化を調べた。白鳥は、日の出の時間から群れで餌場の水田に向かう。3000羽程度いた白鳥は10時頃にはほとんどいなくなる。図3.4は10月22日、12月2日、1月12日の白鳥数の時刻変化を示す。10月22日は、6時に3650羽居たものが、6時30分に2987羽、7時に1896羽8時に500羽と、30分に800羽程度ずつ減少している。一方、1月12日は、7時に3385羽、7時30分で3205羽、8時30分でも2704羽と1時間で500羽程度の減少である。秋に比べ白鳥の動きが遅い傾向にある。図3.4は日の出時刻からの時間をパラメータとし、日の出時刻の白鳥の数を1とした場合の時間変化を示す。

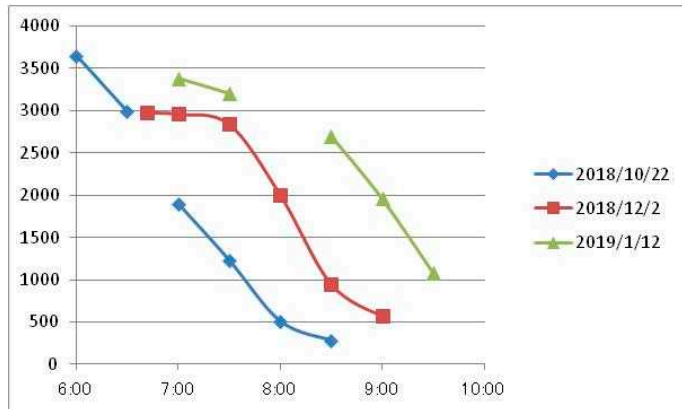


図 3.4 時刻による白鳥数の変化

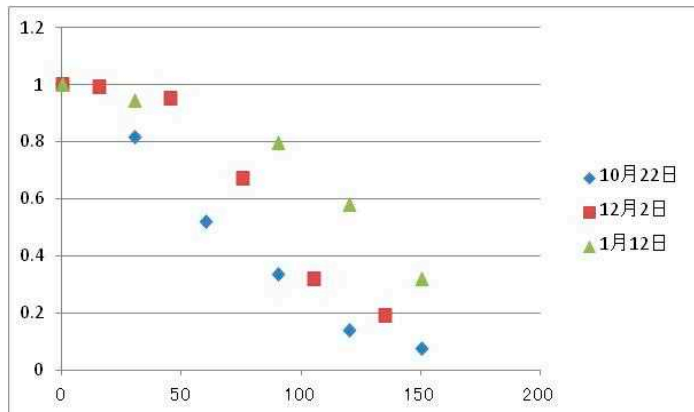


図 3.5 6時及び日の出時刻を1とした時の変化 単位分

10月22日では時間と共に白鳥の数は減少しているが、12月2日、1月12日の場合は30分から1時間程度経てから減少する傾向にある。この傾向は12月より1月の方が顕著である。原因としては、気温が低くなっている、水田の落ち穂やひこばえの餌が減少している等が考えられる。

#### 4. 駐車台数の調査

角田浜は海水浴、角田山登山の基地として使われている。浜には100m×600m程度の駐車場があり、海水浴のシーズンと、初春の雪割草カタクリのシーズンは賑わう。ここでは、ドローンの空撮機能を用いて、雪割草のシーズンである3月31日について、駐車台数の変化を調べた。図4.1は、角田浜第一駐車場の様子を示す。午前11時に海側から撮影したものである。特に駐車スペースのマークはなく、最初は駐車場の山側や外側に向かった列になり、その後中央の広い部分に横列に駐車する。図4.2は各駐車場の駐車台数の時間変化を示す。雪割草の桜尾根登山口に近い第一駐車場から埋まっていくことがわかる。ここでは、バスも普通車も一台と数えているが、分離することもできる。



図 4.1 角田浜駐車場 3月31日

図4.2は各駐車場の駐車台数の時間変化を示す。雪割草の桜尾根登山口に近い第一駐車場から埋まっていくことがわかる。ここでは、バスも普通車も一台と数えているが、分離することもできる。

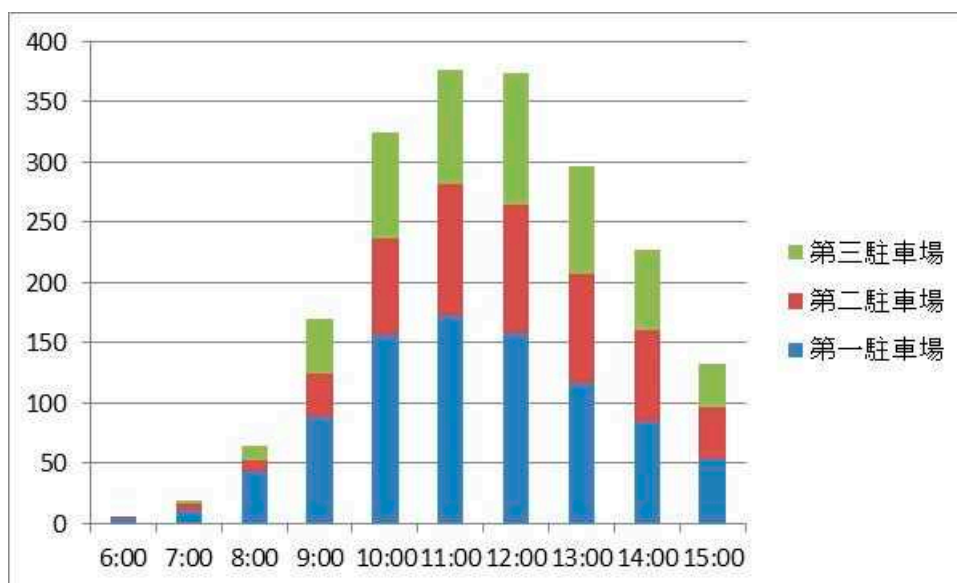


図 4.2 角田浜駐車場の駐車台数の変化

#### 5. まとめ

ドローンの撮影機能を用いて、水田の観察及び白鳥の飛来数を計測した。水田の観察では、コンバインによる稲刈り跡が、翌年の稲作に影響することがわかった。地上からの観察では、見ることができないばらつきが、ドローンによる航空写真では明瞭に判断できる。また、動画とすれば、広範囲な水田を短時間に調査することもできる。これらの映像と実際の収穫量を比較することにより、大きなデータベースとすることも可能である。白鳥のカウントでは、これまで手動の

カウンターで行われていたが、短時間に撮影することができることから、白鳥数の時間変化を調べることができた。初秋では、時間に依存して餌場に向かうが、冬季になると日の出から 30 分から 1 時間程度おいて餌場に向かう現象が見られた。また、上空からの撮影により、観光地（角田浜駐車場）の混雑状況を容易に調査できた。

ここではドローン撮影の初期的な応用について述べたが、カメラを赤外線用にすれば、遭難者の捜査や、保護および有害鳥獣として、熊・猿をはじめとする動物の分布も調べることができる。また、Phantom 4 については、物品を投下する機能も有り、過疎地での配達や、遭難者への防寒物資（携帯懐炉・防寒シート等）を投下も可能である。風の影響を受けやすい欠点もあるが、空中での様々な用途に活用できる。

#### 参考文献

- [1] 野波健蔵（編著）「ドローン産業応用のすべて」、オーム社(2018)
- [2] 「小特集 ドローンがもたらす新しい世界」、電子情報通信学会誌 vol.101No.12 (2018)、
- [3] 「文化 インタビュー 放送と通信融合発展」、新潟日報 2011 年 7 月 21 日付朝刊。  
記事 ID:KIJ20110721\_M0010001000C502001
- [4] 総務省、「無人航空機における携帯電話等の利用の試験的導入」(2016)
- [5] 平成 30 年度なんかん米コシヒカリ BL 栽培暦, JA にいがた南蒲  
[http://www.ja-niigatanankan.or.jp/wp-content/themes/janankan/images/page/farm/file/h30/h3Okoyomi\\_koshihikari.pdf](http://www.ja-niigatanankan.or.jp/wp-content/themes/janankan/images/page/farm/file/h30/h3Okoyomi_koshihikari.pdf)
- [6] 南魚沼コシヒカリ栽培ごよみ, JA 魚沼みなみ,  
[http://www.ja-uonuma.or.jp/pdf/110525\\_saibaigoyomi.pdf](http://www.ja-uonuma.or.jp/pdf/110525_saibaigoyomi.pdf)
- [7] 国土交通省, 「無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール」  
[http://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk10\\_000003.html](http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html)
- [8] 農林水産省, 「深耕と排水・透水性の改良」  
[http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyohozen\\_type/h\\_sehi\\_kizyun/attach/pdf/nii03-10.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyohozen_type/h_sehi_kizyun/attach/pdf/nii03-10.pdf)
- [9] 大越和樹 「LEDによる稲苗ルッコラの生長」, 平成29年度新潟国際情報大学卒業論文(2018)
- [10] 農業でのドローンの活用 : NHK ニュースおはよう日本 2018/11/7 AM6:12~AM6:15
- [11] 身近な大自然子供も歓声, 新潟日報 2018 年 12 月 19 日付朝刊  
記事 ID:KIJ20181219\_T900300100R302001..
- [12] 佐藤安男 「白鳥が新潟にやってくる理由」, みんなの潟学(新潟市環境研究所編) p58(2018)