

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 30 日現在

機関番号：23303

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K08188

研究課題名（和文）ドローンを使った水田生物の生息環境解析における空間ギャップの解消

研究課題名（英文）Bridging the spatial gap in paddy habitat analysis using drones

研究代表者

上野 裕介（Ueno, Yusuke）

石川県立大学・生物資源環境学部・准教授

研究者番号：90638818

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、既存の国土に関する基盤情報（植生図、地形図などのGIS情報）と現地計測の間にあった環境データの空間ギャップを、ドローンによる空撮データで補完することで、より精緻に生物の分布パターンを把握する基盤技術の研究である。特に水田環境の指標生物であカエルとバッタなどをモデル生物とし、自然環境情報の空間スケールと解像度の違いが、生物の分布パターンの予測精度に及ぼす影響を検討することを目的とした。調査では、ドローンによって連続撮影した空撮画像とSfM（Structure from Motion）技術によって里山景観の3次元計測を行った。また水田の指標生物の分布パターンとその要因の調査を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高解像度なカメラを搭載したドローンが普及し、SfM（Structure from Motion）の技術によって複数枚の写真から3次元形状を復元することが可能になっている。一方で、既存の国土に関する基盤情報（植生図、地形図などのGIS情報）と現地計測の間には、環境データの空間ギャップが存在する。本研究は、特に、水田環境の指標生物であり、生態的特性が異なるカエルとバッタなどをモデル生物とし、自然環境情報の空間ギャップと空間スケール、解像度の違いが、生物の分布パターンの予測精度に及ぼす影響を検討している。

研究成果の概要（英文）：This research is a study of basic technology for more precisely understanding the distribution patterns of organisms by supplementing the spatial gap between existing basic information on national land (GIS information such as vegetation maps and topographic maps) and environmental data from field measurements with aerial drone photography data. In particular, using frogs and grasshoppers, which are indicator organisms of the paddy field environment, as model organisms, the objective was to examine the effects of differences in spatial scale and resolution of natural environmental information on the accuracy of predicting the distribution patterns of organisms. In the survey, 3D measurements of Satoyama landscape were made using aerial images taken continuously by a drone and SfM (Structure from Motion) technology. The distribution patterns of indicator organisms in the paddy fields and their factors were also investigated.

研究分野：応用生態工学

キーワード：ドローン 空間生態学 水田生態系 景観生態学 SfM UAV

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

近年、高解像度なカメラを搭載したドローンが普及し、SfM (Structure from Motion) の技術によって複数枚の写真から 3 次元形状を復元することが可能になった。一方で、既存の国土に関する基盤情報 (植生図、地形図などの GIS 情報) と現地計測の間には、環境データの空間ギャップが存在し、これをドローンによる空撮データで補完することで、より精緻に生物の分布パターンを把握することができるかもしれない。

里山生態系の一部である水田は、多様な生物の生息地となる。本研究は、特に、水田環境の指標生物であり、生態的特性が異なるカエルとバッタなどをモデル生物とし、自然環境情報の空間スケールと解像度の違いが、生物の分布パターンの予測精度や予測の頑健性に及ぼす影響を検討する。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、樹林と水田が入り組んだ形状となった里山景観を有しており、かつ多くの生物種が確認されている珠洲市粟津地区の水田を対象に、調査を行った。まず、1) ドローンを用いて航空写真を撮影し、それを基に SfM による 3 次元モデルの構築を行った。次に、2) 水田環境の指標生物であり、生態的特性が異なるカエルとバッタなどをモデル生物とし、生物の分布パターンを調査し、自然環境情報の空間スケールと解像度の違いが、生物の分布パターンの予測精度や予測の頑健性に及ぼす影響を検討することとした。

### 3. 研究の方法

#### 1) ドローンによる 3 次元測量 (SfM 測量)

調査は、石川県珠洲市粟津地区の水田 (約 1×2 km 範囲) を対象に実施した。まず、研究対象地を 9 つの区域に分け、それらの農道や畔に地上基準点・検証点を約 100m 間隔で設け、高精度の GNSS 機器を用いて基準点・検証点の座標を求めた。ドローンでの撮影には Mavic 2 Pro. を用い、撮影高度は地上 60m、撮影画像のオーバーラップ率は 80%、サイドラップ率は 80% に設定した。また、全 9 つの撮影区域のうち、検証点が多く含まれる 3 つの区域 (樹木と隣接する水田 (樹木 1)、同 (樹木 2)、樹木と隣接しない平坦地の水田 (平坦)) を選び、撮影区域ごとに 3 種類 (A、B、C) のモデルを SfM で作成し、精度を比較した。なお A は、樹木付近の写真や地上基準点をすべて用いるのに対し、B は GNSS の精度に影響を及ぼす可能性がある樹木付近の地上基準点を SfM 作成に用いず、C は樹木付近の写真そのものを用いなかった。さらに、ドローンによる空撮と植生把握、SfM 技術を用いた 3 次元での地形測量の精度をさらに高めるため、地上でより測位精度の高い Static 法による GNSS 測量と、ドローンによる SfM 地形測量をあわせて実施し、精度を検証した。

SfM では、連続する写真に重複して写った地物をもとに 3 次元モデルを作成し、基準点によって地理座標が与えられる。この解析には、Agisoft Metashape Professional を用い、推定された地表高データ (DSM) とオルソモザイク画像から検証点の推定位置 (座標) を得た。これを、実際に GNSS 測量で得た検証点の座標値と比較し、3 次元モデルで得た検証点の推定座標との差分を誤差とした。その誤差からモデルごとに水平距離・高さ・3 次元距離それぞれの平均二乗誤差 (RMSE) を求め精度とし、比較した。なお RMSE の値は、小さいほど精度がよいことを示す。

地上基準点

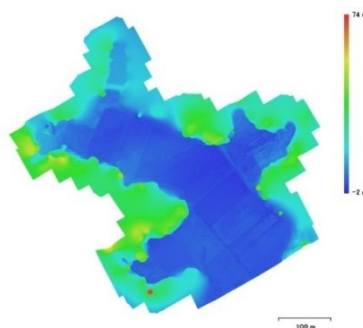


項目 3. GCP 位置と誤差の推定値。  
Z エラーは枠内の色、X Y エラーは枠内の形状によって表現されます。  
GCP の推定位置はドットまたは十文字でマークされます。

個数	X 誤差 (cm)	Y 誤差 (cm)	Z 誤差 (cm)	XY 誤差 (cm)	合計 (cm)
14	18.9179	48.2525	4.95154	51.8285	52.0045

テーブル 2. 基準点の RMSE。  
X - 経度、Y - 緯度、Z - 高度。

数値標高モデル



項目 4. 再構成された数値標高モデル。

解像度: 1.33 m/pix  
点群密度: 0.561 ポイント/m<sup>2</sup>

## 2) 水田生物の調査

調査は、ドローンと同じく、石川県珠洲市粟津地区の水田（約1×2 km範囲）を対象に実施した。調査は、春と秋に行い、水田の指標生物としてカエルやバツタなどの分布を調査した。調査では、水田の畔を棒でたたきながら一定速度で歩き、飛び出してきたカエルやバツタなどの種と個体数を記録することとした。これらの調査は、地区の全ての水田で実施した。

## 4. 研究成果

### 1) ドローンによる3次元測量（SfM測量）の結果

撮影区域（樹木1、樹木2、平坦）ごとにA、B、CのRMSEを比較した結果、樹木1、樹木2はモデルCが最も精度が高く、平坦ではAが最も精度が高かった。また、樹木1、樹木2ともにAの高さ誤差が特に大きかった。

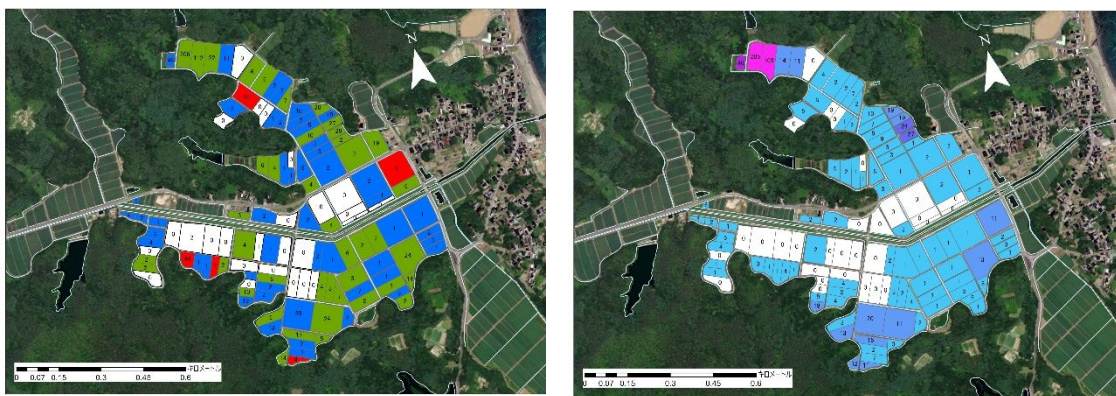
その結果、本研究で対象とした里山的景観の水田においては、開けた場所では比較的高い精度で3次元測量が可能であったものの、水田周囲の樹林や山林の陰にあたる部分で、SfMの測位精度が大きく低下することがわかった（表1）。これは、里山的景観のように水田周辺に樹木や密生した植生がある状況下では、周囲360度からの撮影をすることができず、結果的に1方向あるいは数方向の航空写真を用いてSfMを実施することになるため、計測誤差が若干大きくなったものと考えられる。

表1 モデルごとの情報・精度

モデル	写真(枚)	基準点(点)	検証点(点)	水平RMSE(m)	高さRMSE(m)	3次元RMSE(m)
樹木1-A	541	19	6	0.455	0.396	0.603
樹木1-B	541	12	6	0.381	0.134	0.404
樹木1-C	206	12	6	0.302	0.121	0.326
樹木2-A	435	14	4	0.768	1.079	1.324
樹木2-B	435	8	4	0.487	0.247	0.546
樹木2-C	189	8	4	0.151	0.310	0.345
平坦-A	375	15	4	0.382	0.100	0.395
平坦-B	375	12	4	0.449	0.151	0.474
平坦-C	289	12	4	0.434	0.153	0.460

## 2) 水田生物の調査

ここでは、カエル類の調査結果の一部を示す。カエルは、ニホンアマガエル、ツチガエル、トノサマガエル、アカガエル類（ヤマアカガエル、ニホンアカガエル）、シュレーゲルアオガエル、モリアオガエルが確認され、それらの分布や密度は、同一地区内でも地域的に偏りが見られた。



左：出現したカエルの総個体数（白は出現無し、赤が最も多い）、右：アマガエルの個体数

一方で新型コロナウイルスの感染拡大により、水田の指標生物（カエルとバツタなど）の調査は当初予定の一部実施にとどまり、追加の現地調査とモデルの検証を実施できなかった。本研究期間終了後も、引き続き、作成した水田の3次元マップと生物情報を統合し、生物の生息ポテンシャルの予測・評価の精度を高めていく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 山田 浩之, 上野 裕介	4. 巻 23
2. 論文標題 カメラおよび画像処理技術を活用した生態系モニタリング	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 応用生態工学	6. 最初と最後の頁 365 ~ 368
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3825/ece.20-00041	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山川 将径, 片桐 寿通, 田屋 祐樹, 前 正人, 上野 裕介	4. 巻 23
2. 論文標題 UAV を活用した可視光と赤外線画像の同時撮影によるシロチドリの営巣分布調査	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 応用生態工学	6. 最初と最後の頁 405 ~ 408
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3825/ece.19-00035	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 田中結衣・長野俊介・上野裕介
2. 発表標題 UAVとsfmを用いた水田環境の立体測量技術
3. 学会等名 応用生態工学会 第4回 北信越事例発表会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------