

佐賀大農彙 (Bull. Fac. Agr., Saga Univ.) 107 : 1 ~ 7 (2020)

UAV を利用した泥干潟におけるカニ類の生息域調査

郡山 益実*, 石橋 拓也**, 大塚 諄史*
(*浅海干潟環境学研究室, **株式会社オプティム)
2020年10月6日 受理

Habitat Survey of Crabs in the Intertidal Mudflat (Higashiyoka-higata) Using a UAV

Masumi KORIYAMA*, Takuya ISHIBASHI**, and Atsushi OTSUKA*
(*Laboratory of Environment of Shallow Sea and Tidal Flat, **OPTiM Corporation)
Accepted October 6, 2020

Summary

A wide habitat survey of crab was conducted in the intertidal mudflat (Higashiyoka-higata) using a UAV (drone). The habitat distributions of *Macrophthalmus japonicus*, *Uca arcuata*, and *Cleistostoma dilatatum* were revealed by the drone-derived images. Morishita's similarity index was determined using the maximum individual densities of these species, and cluster analysis was performed with the group average method. As a result, the appearance areas of the target species of crabs were largely classified into five cluster areas, and the suitable environmental conditions for the habitat of those were clarified.

Key Words: UAV, crabs, intertidal mudflat, cluster analysis

緒 言

干潟の保全や水質浄化機能の高度利用を考えるうえで、干潟における底生生物の種組成や現存量に関する生物調査を行う必要がある。しかし、砂干潟と泥干潟における底生生物の調査は、その手法と作業量は大きく異なる。砂干潟においては、調査者の足が潟土中に簡単に沈まないため踏査による広域的な調査は比較的容易である。そのため、砂干潟についてはこれまで多くの調査が行われ、底生生物に関する科学的知見は集積されている^{1),2)}。一方、泥干潟は極めて軟弱な底質（粘土やシルト）であるため、調査の際、通常の歩行が困難であり、潟スキーなどの干潟上の移動手段が必要となる。そのため、泥干潟における調査では、砂干潟のそれと比較して機動性が著しく劣るために、広域にわたる多地点の調査には多大な労力が必要となる。このことから、有明海の泥干潟において底生生物の継続的な調査は実施されておらず、底生生物群集の時空間的な変化やその生息環境などの基礎的な科学的知見は不足している。しかし、周知のとおり、有明海沿岸域には国内の約4割に当たる干潟が形成され、その中でも有明海奥部の佐賀県に面している干潟は泥干潟であり、有明海干潟の約5割に相当する。したがって、泥干潟における広域的な底生生物調査をいかに効率的に、かつ高頻度で省力化されたモニタリン

グ方法により実施できるかが、有明海の物質循環や水産資源の管理・回復を検討する際に重要となる。

本研究の対象域である東よか干潟は、佐賀市の南端に位置し、国内最大級の面積を誇る泥干潟である。干潟の高潮間帯域には、表在性の底生生物である軟甲綱節足動物のカニ類が優占している^{3,4)}。カニ類は、干潟の重要な生態系エンジニアの1種であり、造巣活動を通して干潟土砂の入れ替えを促進すると同時に、底泥内の物理・化学的環境に大きな変化をもたらす。また、東よか干潟はシギやチドリなどの渡り性水鳥の飛来数が国内最大であり⁵⁾、カニ類はこれらの水鳥類の主要な餌資源の1つでもある。このことから、東よか干潟におけるカニ類の詳細な生息域や個体数を把握することは、干潟の生態系や物質循環を明らかにするうえで不可欠である。一般に、カニ類を代表とする表在性底生生物の個体数の調査は基本的には双眼鏡などを用いた目視調査によって行われる⁶⁾。しかし、目視調査による表在性底生生物の個体数のカウントは、調査者の違いによる計数誤差（人的誤差）が大きくなる場合がある。また、目視調査では表在性底生生物、例えば、カニ類の軟甲綱やトビハゼ、ムツゴロウの硬骨魚綱などの綱レベルの計数は可能であるが、カニ類の種別の個体数の把握は困難である。このことから、本研究では、カニ類の種別の詳細な生息空間分布を明らかにすることを目的に、近年飛躍的な技術の進歩に伴い幅広い分野で活用されている UAV（以下、ドローン）を用いた泥干潟におけるカニ類の広域的な生息分布を調査した。

UAV による調査の概要

ドローンは UAV（Unmanned Aerial Vehicle）とも呼ばれ、「コンピューター制御で自律する無人航空機」の総称である。ドローンの利用より、調査者が直接操縦しながら低高度で高い空間解像度の画像を取得することができ、従来の衛星などによるリモートセンシング（遠隔計測）に比べて任意の時間の高解像度の画像を安価で入手できる。また、ドローンを用いて同じ場所を繰り返し撮影することにより調査エリアの詳細な時空間的变化を容易に把握できる。このことから、近年ドローンは様々な分野で活用され、水生植物や藻場・干潟の分布、野生動物の個体群集などの生態環境分野のモニタリングにも用いられるようになってきている⁷⁾。本研究では市販の空撮用ドローンタイプを使用し、機種は DJI 社の Phantom 3 Standard（図1）である。



図1 DJI 社製の Phantom 3 Standard

本研究の調査エリアは、東よか干潟の高潮間帯域である。対象干潟域を網羅するように16測線設け、各測線の岸から10m, 50m, 100m の計48点の調査地点を設定した後(図2)、図3に示されるような方法で各調査地点においてドローンによるカニ類の生息分布調査を実施した。空撮時にドローンの接近によるカニ類の巣穴への逃避行動を極力避けるために、誘導者がレーザー距離計双眼鏡を用いて、調査地点までドローンを高度5m程度で誘導した後、干潟上1.5mの高さまで約5秒かけてゆっくり降下させ、干潟表面を複数枚撮影した。1.5mよりさらに降下すると、カニ類の多くは逃避行動し、ほとんどのカニ類は巣穴の中に隠れてしまうため、本調査ではカニ類の空撮高度を1.5mとした。なお、ドローンの操作において、予め DJIGO などのアプリ上で空撮したい範囲および飛行高度を指定することにより、自動的に飛行ルート

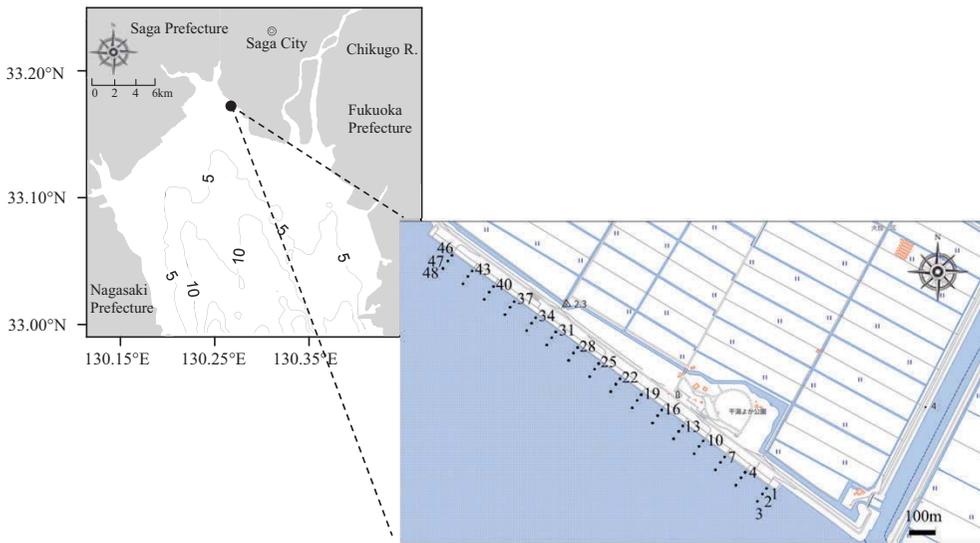


図2 東よか干潟におけるドローンのカニ類生息分布の調査地点

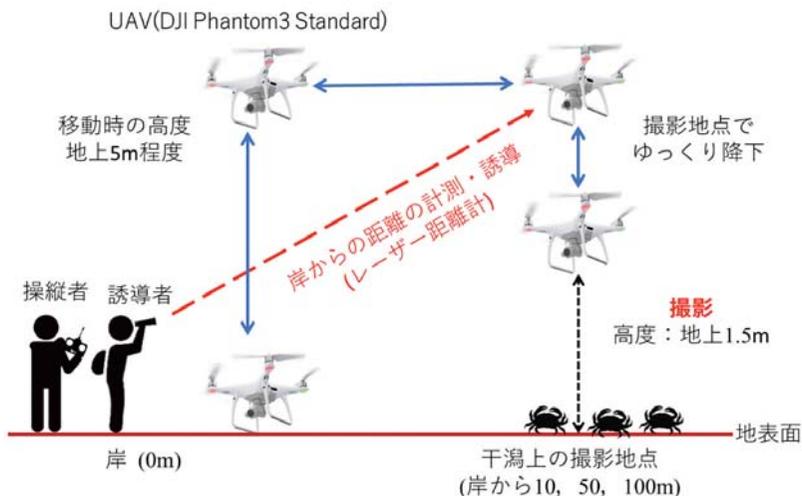


図3 ドローンによるカニ類生息分布調査の概要

および格子状の撮影ポイントを生成し、自動飛行による垂直撮影を実行することができる。しかし、本調査においては、カニ類の逃避行動を抑えるための高高度での接近とカニ類の種を識別するための低高度での垂直撮影を行うため、煩雑なドローンの操縦工程が必要となる。そのため、ドローンの操作は、自動操縦機能を使用せず、手動操縦とした。また、高度1.5mの低高度空撮時には、モニター上で表示されるドローンの飛行高度と実際の高度の間の誤差が大きくなる場合がある。これは、一般的な空撮用ドローンの高度については、ドローンに搭載された気圧計により計算されるが、離陸時や操縦時、急な気流の発生などにより気圧計による高度計算にズレが生じるためである。そのため、本調査では1.5mの長さのロープをドローン脚部に結び付け、目視とモニター画面でロープを確認しながら高度1.5mまでドローンを降下させ、空撮した。なお、本調査はカニ類の活動期である秋季(2018年10月)の中潮～大潮の干潮時(10～15時)を中心に計3回(10月9日, 10月15日, 10月18日)行い、1回の調査に要する時間は2時間程度であった。

結果及び考察

図4は、高度1.5mで空撮した干潟表面の画像の一例である。本調査で得られた静止撮影画像(4,000×3,000pixel)の空間解像度は約0.1cm/pixelであり、空撮画像より識別可能なカニ類は、シオマネキ、ヤマトオサガニおよびアリアケガニの3種であった。これらの種の特徴の詳細は図5に示す。

図6は、2018年10月15日のドローン調査で得られた調査地点における3種のカニ類の個体密度を表したものである。図示されるように、ヤマトオサガニの個体密度は0～21.7(8.3±0.75)個体/m²と高く、次いでアリアケガニ(0～7.8(0.8±0.23)個体/m²)、シオマネキ(0～3.5(0.3±0.09)個体/m²)であった。また、3種のカニ類の出現割合は、ヤマトオサガニで88.3%、アリアケガニで8.6%、シオマネキで3.1%であった。他の調査日(2018年10月9日, 10月18日)においても、3種のカニ類の出現割合は比較的同様の結果が得られ、ヤマトオサガニ、アリア

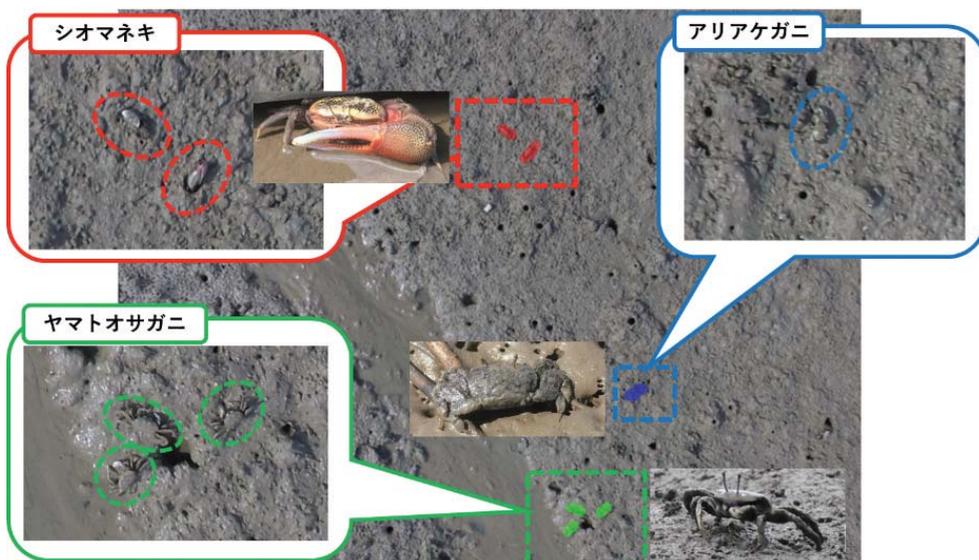


図4 ドローンで空撮した干潟表面の画像(2018年10月15日撮影)

シオマネキ	アリアケガニ	ヤマトオサガニ
		
・体は薄い赤色をして、甲羅は前方が広い台形状になっており、額が著しく狭い。オスの片方のハサミは巨大で赤い ⁸⁾ 。	・甲羅や脚にたくさんの毛が生えている。甲羅は横長の六角形で歩脚の先端(指節)が赤い ⁸⁾ 。	・甲羅は細長く長方形で縦横比は1:1.5程度。両眼の間は狭く、眼柄は長く、水中にいて潜望鏡のように眼を突き出す。オスのハサミは大きく白っぽく、先端が内側に折れ曲がった形となる ⁸⁾ 。

図5 カニ類の対象種(シオマネキ, アリアケガニおよびヤマトオサガニ)の特徴

ケガニおよびシオマネキの出現割合は、それぞれ73.1~89.5%, 5.9~22.9%および4.1~4.5%であった。なお、東よか干潟において確認されているカニ類は11種であり、その中の大半はヨシ原やシチメンソウなどの塩生植物群落を中心に生息している⁹⁾。このことから、本調査の多くの地点で観察されたヤマトオサガニは東よか干潟におけるカニ類の優占種であると考えられる。

図7は、本調査で得られた調査地点における対象種の最大個体密度を用いて、森下の類似度指数(C_s)¹⁰⁾を求め、群平均法によるクラスター解析結果のデンドログラム(図7a)と、解析結果をもとに対象干潟域のカニ類の出現エリアを類型化したものである(図7b)。ここで、各地点間の類似度を示す C_s は、数値が1に近いほど地点間の類似性が高いことを意味している。図示されるように、対象種のカニ類の出現エリアは、大きく5つのグループ(クラスターA~E)に分類された。クラスターB及びEは、干潟中央部~東部岸側を中心にシオマネキ及びアリアケガニがそれぞれ0.4~1.7個体/m²及び0.0~7.8個体/m²と他のエリアと比較して多く出現するエリアであった。干潟東部岸側のクラスターAは、他のエリアと比較してシオマネ

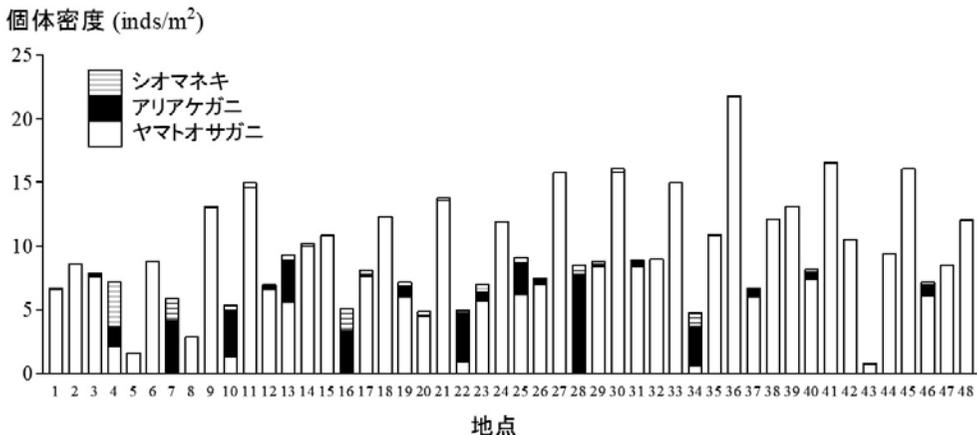


図6 東よか干潟の調査地点におけるカニ類の対象種(ヤマトオサガニ, アリアケガニおよびシオマネキ)の個体密度(2018年10月15日)

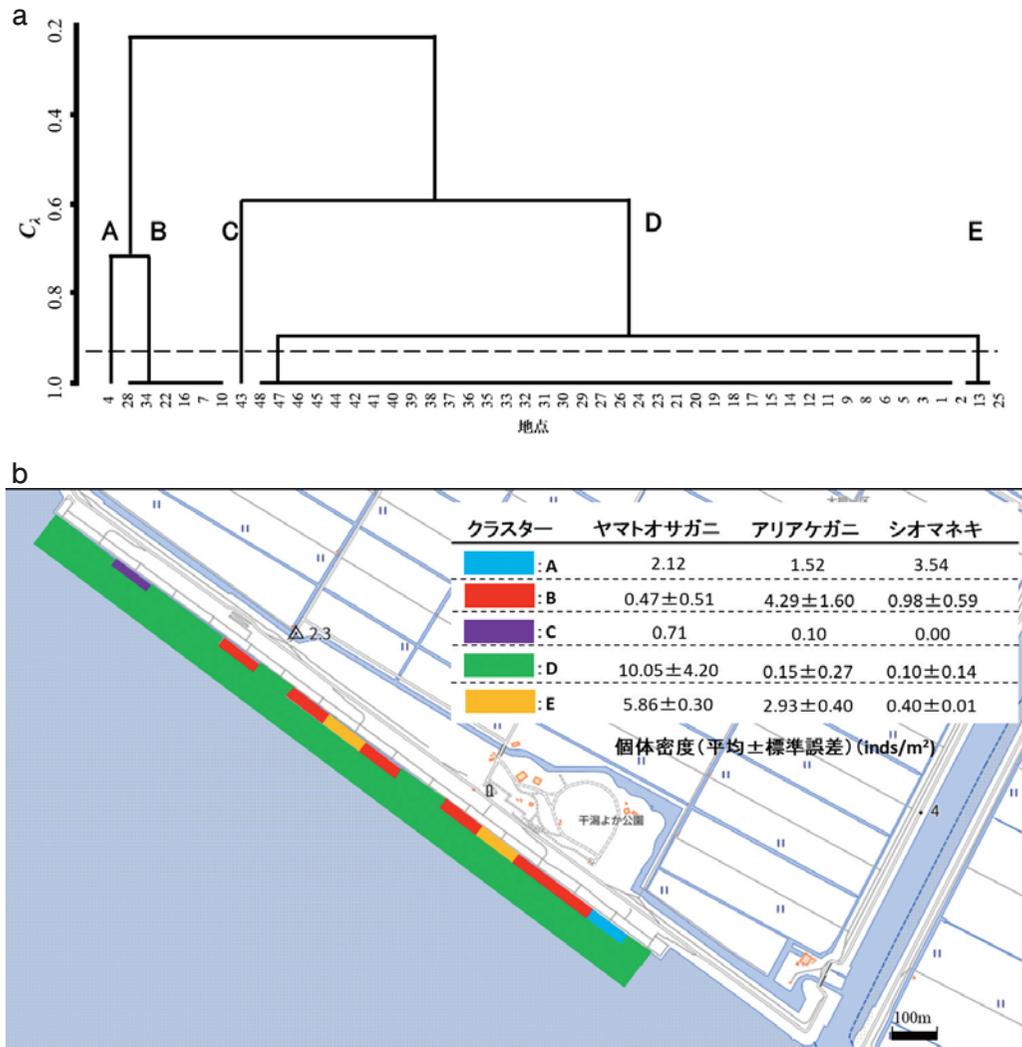


図7 東よか干潟におけるカニ類の対象種(ヤマトオサガニ, アリアケガニおよびシオマネキ)のクラスター解析結果(a)及び出現エリアの類型化(b)

キが3.5個体/m²と最も多く出現するエリアであり, 干潟西部岸側のクラスターCは, 対象種の総個体密度数が0.8個体/m²と対象域においてカニ類の現存量が最も少ないエリアであった。クラスターDは, 岸から100mを中心にヤマトオサガニが1.6~21.7個体/m²と優占するエリアであった。これらのカニ類の出現エリアの類型化により, 対象種の生息に適する環境条件も概ね把握された。シオマネキやアリアケガニが多数出現するエリアは, 岸側に近い領域で, 地盤高が比較的高く, 干潟表面は湿潤状態ないし乾燥状態が混在する場所である。一方, ヤマトオサガニは岸から50m以降の沖側を中心に出現するケースが多いが, 滞筋周辺の岸側にも多数出現する。このことから, ヤマトオサガニが選好するエリアは, シオマネキやアリアケガニの生息地盤高より低い地盤高で, 干潟表面が高い湿潤状態の場所であると考えられる。今後, ドローン調査で得られたカニ類の種別の個体密度と底質(地盤高, 含水率, 有機物含有量など)のデータを組み合わせて, カニ類の生息場適正指標(HSI)モデルを構築する予定である。

本研究において1回の現地調査に要する時間は2時間程度であった。本調査地点を前崎らの調査法⁴⁾(双眼鏡による目視でのカウント)で実施した場合、網レベルの計数で最低9時間の時間を要すると考えられ、同日での現地調査は不可能である。したがって、本研究で提示したドローンの調査法は、これまでの調査法と比較して現地調査の時間を大幅に短縮し、広域多地点調査への高い有用性を示した。しかし、ドローン画像から対象種の識別をするには、対象種の特徴を熟知し、ある程度トレーニングした調査者による画像判別作業が必要となる。目視による画像判別作業は熟練者でもかなりの作業量を要するため、画像処理数によっては現地調査と画像判別作業のトータル作業量は、これまでの調査法のそれと大きく変わらなくなる場合も考えられ、作業の省力化に課題が残る。そこで、画像ビックデータの処理に、AI技術の深層学習による画像判別技術の活用が考えられる。現在、画像AI技術は飛躍的に向上しており、野生動物の種や個体数の自動識別などは高い精度で識別が可能になっているが、今のところ、干潟の表在性底生生物を対象としたAI深層学習の適応例は見られない。今後、広範囲で高頻度のドローン調査とAI深層学習による自動画像識別技術を組み合わせ、低労力でかつ高い時間空間解像度のモニタリングシステムを構築する予定である。

摘 要

UAV(ドローン)を用いて泥干潟(東よか干潟)における広域的なカニ類の生息調査を実施した。空撮したドローン画像よりヤマトオサガニ、シオマネキおよびアリアケガニの詳細な生息分布が明らかにされた。また、これらの種の最大個体密度を用いて森下の類似度指数を求め、群平均法によるクラスター解析を行った。その結果、対象種のカニ類の出現エリアは大きく5つのクラスターエリアに類型化され、対象種の生息に適した環境条件が明らかにされた。

引 用 文 献

1. 玉置昭夫・小山一騎(2003). 砂質干潟ベントス個体群・群集の安定性ーとくにスナモグリ類(甲殻十脚目)・貝類に関連して(予報)(総特集有明海の環境と生物生産). 海洋 35(4), 226-234.
2. 堤裕昭(2005). 干潟の底質環境の変化とベントス群集への影響ー有明海の砂質干潟を例として(総特集沿岸生態系の保全・再生). 海洋 37(2), 107-115.
3. 郡山益実・前崎桜樹(2017). 東よか干潟高潮間帯域におけるマクロベントスの分布特性と底質環境. 佐賀自然史研究 22, 1-7.
4. 前崎桜樹・郡山益実・石橋拓也(2018). 東よか干潟高潮間帯域におけるマクロベントス群集. 佐賀農大彙 103, 1-8.
5. 環境省(2019). 環境省モニタリングサイト1000プロジェクト, (オンライン), 入手先<<http://www.biodic.go.jp/monil000/findings/data/index.html>>. 2019年10月14日確認.
6. 竹垣毅・和田年史・兼森雄一・夏苺豊(2005). 有明海・八代海沿岸の河口干潟におけるムツゴロウの分布と生息密度. 魚類学雑誌 52(1), 9-16.
7. シンポジウム実行委員会(2017). 平成28年度日本水産工学会秋季シンポジウム「ドローンを用いた水産工学研究の可能性を探る」. 水産工学 54(2), 135-141.
8. 鈴木孝男・木村昭一・木村妙子・森敬介・多留聖典(2013). 干潟ベントスフィールド図鑑. 日本国際湿地保全連合, p. 257.
9. 一般財団法人九州環境管理協会(2020). 令和元年度 東よか干潟底生生物調査支援業務報告書. p. 165-191.
10. 中村寛志(2000). 生物群集の解析手法と環境アセスメント. 信州大学農学部紀要 36(1), 1-10.