

スクミリンゴガイ発生圃場におけるUAV撮影画像とRTK-GNSS測量を活用した田面均平度の評価

清水 健・高野幸成・濱 侃*1・太田和也*2

キーワード：スクミリンゴガイ，画像解析，田面均平度，UAV，RTK-GNSS

I 緒 言

近年，千葉県内の水稲ではスクミリンゴガイ *Pomacea canaliculata* (Lamarck) による被害が多発しており，被害対策の確立が急務である（千葉県，2021）。

水中でしか摂食できない本種に対して，最も効果が高い耕種的防除手段として，播種後や移植後の水田における浅水管理が挙げられる（農林水産省消費・安全局植物防疫課，2020；Wada et al., 1999）。しかし，田面に水溜まり部分があると，そこでは集中して被害が発生するため，本技術を導入する際には圃場の土壌表面が均平であることが必須条件となる。均平度の評価法としては多くの研究例があり（長利，2003），また，均平化の手法としてもGPSレベラー等を活用した新たな方法が開発されている（若杉ら，2015）。一方で，田面の凹凸とスクミリンゴガイによる被害発生程度を同時に評価した研究は少ない。

そこで本研究においては，本種による被害発生程度が異なる隣接した圃場間において，収穫後に耕うんを行った田面の均平度を可視化して評価することにより，少被害圃場と甚被害圃場間の差異を把握し，対策を講じるための情報を得ることを目的とした。

II 材料及び方法

1. 対象圃場

千葉県大網白里市北横川地区に位置する隣接した2筆の水田を対象圃場とした。両圃場は一般道路を挟んで東西に隣接し，面積の合計は65a（東圃場：35a，西圃場：30a）である。両圃場はそれぞれ管理者が異なり，2020年度の移植後のイネにおけるスクミリンゴガイ被害の状況には大きな差があった（写真1）。

2. 実施方法

収穫後，それぞれ複数回の耕うんを行った各圃場において，UAV（unmanned aerial vehicle：通称「ドローン」）による空撮画像解析とRTK-GNSS測量とを組み合わせ，田面の均平度を図示した。RTK-GNSS（Real Time Kinematic-Global Navigation Satellite System：リアルタイム動的汎地球測位航法衛星システム）は，GPSなど衛星を用いた測位と，地上に設置した基準局からの位置情報データを組み合わせることによって，高い精度の測位を実現する測量技術のひとつである。UAVによる空撮は2020年12月8日に，Inspire2（DJI社）に搭載したデジタルカメラZENMUSE X5S（DJI社）により行った。RTK-GNSS測量も同日に行った。各対象圃場内の8点に地上基準点・Ground Control Point（GCP）を設定し，後述する画像合成の際に絶対位置として利用した。GCPにはPost Processing Kinematic（PPK，後処理キネマティック）解析により求めた位置座標を用いた。今回の試験では，RTK-GNSS受信機Reach（emlid社）とアンテナTW4721（Tallysman Wireless社）を基地局と移動局にそれぞれ一組ずつ設置し，オープンソースプログラムRTKLIBを用いてPPK解析を行った。位置座標の計算に用いたパラメータは，測位モード：kinematic，測位衛星：GPS+GLONASS+Galileo+QZSS，衛星測位信号：L1，取得間隔：10Hz，測位解種別：Combine，仰角マスク：10°とした。

RTK-GNSS測量から得た各GCPの緯度・経度・標高情報を入力することにより，UAV空撮画像からオルソモザイク画像およびDigital Surface Model（DSM）を作成した。これらの作成にはAgisoft社のMetashape Professional（version1.7.3）を用いた。さらにこれらの画像ファイルを用いて，Q-GIS（version2.14）により田面の高低差20cmの範囲をグレースケールにより図示した。なお，対象の2圃場では田面の平均標高が3.0cm異なったため，東側の圃場のすべてのドットの標高情報について，その分だけ高く補正して図示した。

また，国土地理院発行の国土画像情報（国土交通省，2010）から2010年に撮影された対象圃場の空中写真を入手し，過去の管理状況の考察に用いた。

2021年8月10日受領（Received August 10, 2021）

2021年10月5日登載決定（Accepted October 5, 2021）

*1 千葉大学大学院園芸学研究所

*2 千葉県山武農業事務所

本報の一部は，第2回スマート農業のためのリモートセンシング技術に関する研究会（2021年2月，オンライン開催）において発表した。



少被害圃場

甚被害圃場

写真1 道路を挟んで隣接したスクミリングガイ被害状況の大きく異なる圃場
(2020年5月27日, 大網白里市北横川)

Ⅲ 結果及び考察

UAV 空撮画像を解析し、圃場の土壌表面の標高情報をグレースケールで表示した画像を得た(第1図)。西に位置する少被害圃場(第1図左)では圃場全体の黒白の濃淡がおおむね均一であり、土壌表面の均平精度が高いことが見て取れる。一方で、東に位置する甚被害圃場(第1図右)では黒白の濃淡にむらがあり、特定の部分の田面が特に低くなっていることが視覚的に確認された。この差は本解析によって可視化したことによって初めて認識できたものであり、測量時に両圃場の地表面を目視で観察した際には、それぞれの均平の度合いにこのような差が有ることは予想できなかった。

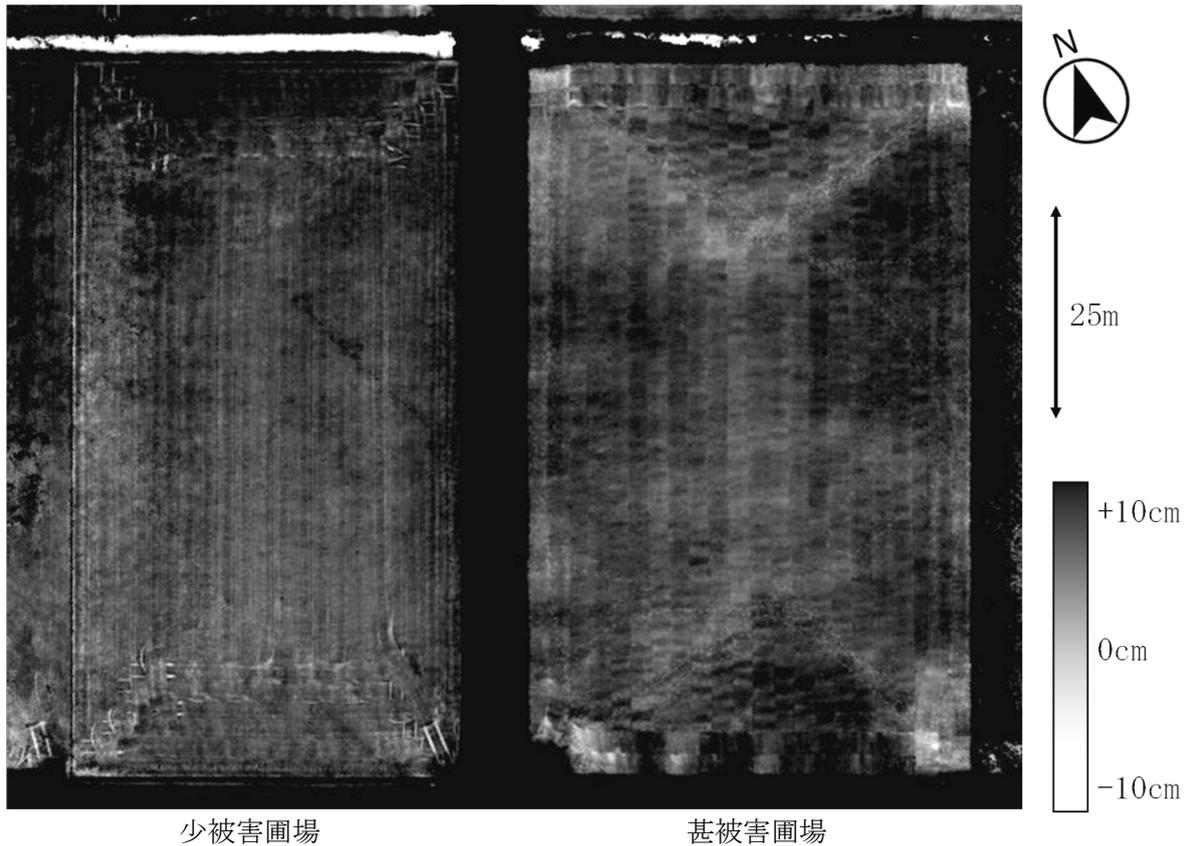
第1図の各圃場における土壌表面の高低差の特徴を模式的に示した(第2図)。第1図左の少被害圃場ではその面積の大部分において表面の高さが均一であるものの(第2図-1)、圃場北端(第2図-2)の土壌が一部高くなっていることが分かる。生産者に聞き取りを行ったところ、この圃場では以前は南側の土が高く、毎年の耕うん作業の際に、意識して土を北方向へと移動させていたとの証言を得た。

第1図右の甚被害圃場では、まず、トラクターによるロータリー耕作業1工程に該当すると考えられる長辺方向の同間隔の幅の内部に、ストライプ状の高低差が確認された(第2図-3)。ロータリーの深さが一定に保たれていないことが原因となり、意図しない土の移動によって表面の高低差を生み出しているものと考えられる。また、四隅から圃場中央へ向けてV字および逆V字の模様を描くように低い部分が確認された(第2図-4)。これらは、収穫後の対象圃場の空中写真(写真2)に描かれた模様の跡

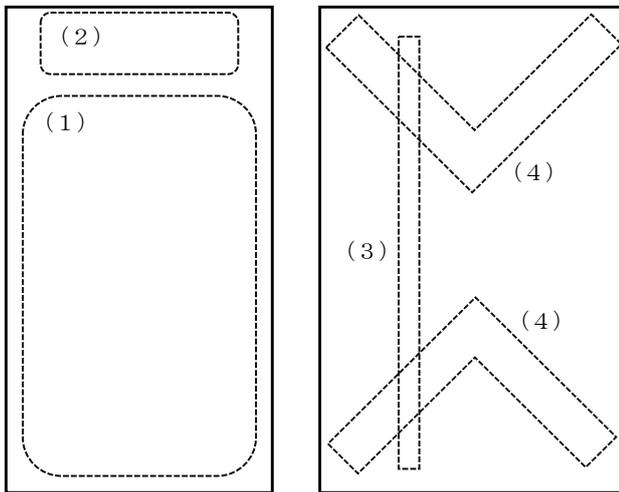
と概ね合致する。この写真の撮影年は2010年であるが、当時の管理者も現在と同じであり、撮影時期は水稻の収穫作業終了時期である9月22日であった。甚被害圃場では、収穫時にコンバインにより圃場内を周囲四辺ともに終始刈り取る方式であるため、各角でコンバインを旋回させる際の切り返し跡がこの模様となって圃場に残ったものと考えられる。四辺の刈り始め部分ではコンバインからワラが排出されず、さらにコンバインを旋回させるためにクローラーによる土壌の掘り返しや寄りが発生すると考えられる。結果として、V字・逆V字模様の部分で土壌表面が低くなった可能性が高い。

一方で、少被害圃場における収穫時のコンバインによる刈り取り作業では、作業開始時は甚被害圃場と同様に圃場内を周囲四辺ともに刈り取るが、短辺側の端にコンバインが旋回できる幅を刈り取った後は、長辺方向の二辺のみコンバインの左サイドから刈り取る方式である。圃場を管理する生産者によると、これはコンバインの切り返しを最小限するための作業方法とのことであり、圃場の長辺方向の端に到達したコンバインが反対側の長辺へ移動する際に緩やかに旋回する軌道を描くように操作が行われており、旋回時の土壌の掘り返しや寄りが発生しにくいと考えられる。

各圃場におけるこうした機械操作は、それぞれ10年以上繰り返されており、土壌表面の高低にはその影響が蓄積されているものと考えられる。以上のことから、機械作業時の機械の操作法や癖によって、田面の高低差が生み出されている可能性が示唆された。近年、機械が大型化し、土壌表面に与える物理的影響がますます大きくなっている。このことから、圃場の均平度を保つために管理作業を見直すことが、浅水管理の効果向上によるスクミリングガイの被害軽減に貢献する可能性が示された。



第1図 UAV空撮画像にRTK-GNSS測量情報を組み合わせた田面高低差
 注1) 左：少被害圃場・収穫後3回耕うん済み，右：甚被害圃場・収穫後2回耕うん済み
 (2020年12月8日，大網白里市北横川)
 2) 画像内の白色部と黒色部の高低差は20cmである。



第2図 少被害圃場(左)および甚被害圃場(右)内の圃場表面の高低差に係る特徴の模式図
 (1) 少被害圃場では全体的に滑らかに管理されている。
 (2) 圃場北側で田面がやや高いのは，圃場南側からの意図的な土の移動によるものである(生産者，私信)。
 (3) 甚被害圃場ではトラクターによる耕うん作業の1工程の間に同間隔でストライプ状の高低差が確認される。
 (4) 四隅から中央へ向けてV字(逆V字)模様を描くように低い部分がある。



写真2 収穫後の圃場の衛星写真(国土地理院，2010)
 注) 2010年9月22日の撮影画像から対象圃場周辺を切り出した。左右圃場はそれぞれ第1図の少被害圃場と甚被害圃場。当時の圃場管理者は現在と同じである。

IV 謝 辞

調査にご協力頂いた千葉県農林水産部安全農業推進課、山武農業事務所、貴重な助言を賜った農林総合研究センターの職員各位に感謝の意を表す。なお、本研究の一部は令和2年度病害虫の効率的防除体制の再編委託事業（スクミリンゴガイの総合防除体系の確立）により実施した。

V 摘 要

スクミリンゴガイ被害が少ない圃場と被害が甚大化しやすい圃場において、UAVによる空撮画像解析とRTK-GNSS測量とを組み合わせ、それぞれの収穫後の耕うん後の土壌表面の均平度を図示した。その結果、コンバインやトラクターを用いた機械作業時の操作の手法の違いが土壌の高低差を生み出している可能性が示唆された。この結果を基に機械作業の手法を改善することにより、本種による被害を未然に防ぐ可能性が示された。

VI 引用文献

- 千葉県 (2021) 病害虫発生予報第11号。
<https://www.pref.chiba.lg.jp/annou/nouyaku/documents/20210317yohou11.pdf> 最終アクセス 2021年4月17日。
- 国土交通省 (2010) 国土地理院地理空間情報ライブラリー地図・空中写真閲覧サービス。
<https://mapps.gsi.go.jp> 最終アクセス 2021年4月17日。
- 長利 洋 (2003) 水田の均平状態の評価法に関する研究。農業工学研究所報告. 42: 1-62.
- 農林水産省消費・安全局植物防疫課 (2020) スクミリンゴガイ防除対策マニュアル (移植水稻). 20pp.
- Wada, T., K. Ichinose and H. Higuchi (1999) Effect of drainage on damage to direct-sown rice by the apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck)(Gastropoda: Ampullariidae). *Appl. Entomol. Zool.* 34: 365-370.
- 若杉晃介・原口暢朗・田辺義男・川野浩一・佐藤正一・北原陽光・岸 恵純・広田健一 (2015) GPS測位を用いた大区画ほ場における均平化及びほ場管理技術。農業農村工学会全国大会講演要旨集. pp.94-95.

Evaluation of Land Flatness in Paddy Fields Infested with *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) Using Image Analysis with UAV and RTK-GNSS Measurements

Ken SHIMIZU*, Yukinari TAKANO, Akira HAMA^{†1} and Kazuya OTA^{†2}

Key words: *Pomacea canaliculata*, Image Analysis, Land Flatness, UAV, RTK-GNSS

Summary

The land flatness of two paddy fields that had shown differences in severity of damage from the apple snail, *Pomacea canaliculata*, during the growing season were evaluated using image analysis with UAV photography and RTK-GNSS measurements after the harvest.

1. After autumn tillage, the surface of the paddy field which had suffered little damage from apple snails was flatter than that with severe damage.
2. In contrast with the aerial photographs taken just after harvest in a different year, these soil depressions appeared to coincide with the tracks left by farm machinery such as combines and tractors. Repeated and identical patterns of machine use may cause permanent soil depressions that give the paddy field an uneven surface.

* Chiba Prefectural Agriculture and Forestry Research Center; 180-1, Okanezawa, Midori, Chiba 266-0014, Japan.

† 1 Graduate School of Horticulture, Chiba University

† 2 Chiba Prefectural Sanbu Agriculture Office