

ジャンボタニシの卵塊除去を視野に入れた水田巡回ロボットと ロボットビジョンの基礎的検討

Fundamental Studies on Robot and Robotic Vision in Paddy Field for Removing Egg Mass of Apple Snails

井 嶋 博 山 口 真 範
Hiroshi IJIMA Masanori YAMAGUCHI
(和歌山大学教育学部物理教室) (和歌山大学教育学部化学教室)

2019年10月11日受理

要旨

現在、日本の農業は後継者不足や従事者の高齢化、また都市圏均衡を中心とした兼業農家の増加で、十分に農作業に時間を割ける従事者が減少している。このような問題に対して、農作業の機械化、環境に強い品種への改良、さらには新たな農薬や肥料の開発が進められてきた。

一方、害虫除去や雑草の除去作業などの手作業は依然必要であり、十分農作業が軽減されているとは言えない。特に、温暖な地域の水田で劇的に増加しているスクミリングガイ(通称ジャンボタニシ)は、水田で頻繁に繁殖を繰り返し、幼苗を捕食することから、それを定期的に除去する作業が農業従事者にとって大きな負担となっており、現在稲作農家は多様な作業が求められている。

著者らは、このような稲作における手作業を代替するための手法の一つとして、稲の育成初期に水田を巡回し育成環境を保全するロボットの研究開発を進めることとした。手始めに本論文では、水田を巡回させるロボット開発の見通しと問題点を整理し、また、ロボットに搭載するための映像センサの開発の一つとして、水田中の映像から、有害となるジャンボタニシの卵塊を検出した結果について報告する。

キーワード： ジャンボタニシ、水田巡回ロボット、ディープラーニング、画像の領域分離

1. はじめに

関東以南に生息し要注意外来生物に指定されているスクミリングガイ(以下呼称「ジャンボタニシ」で表記する)は急激に繁殖を繰り返し、また生育初期の苗を捕食することから、稲作に大きな被害を及ぼしていることが知られている^[1]。特に温暖な地域においてはその被害が大きい。この対策としては成貝や卵塊を除去することで対応できるが、繁殖性の高い時期は常時監視を行い除去する必要がある。しかし都市圏近郊地域のコメの生産者は兼業農家が多くを占めるため、農作業に割く時間が短く、常時害虫の監視を行い除去することは難しい。また、別の害虫駆除の対策としては、田植え前に水田に消毒薬を散布する手法が、農業協同組合により提案され多くの農家で用いられているが、収穫されるコメの人体への影響を考慮した薬品であることから、その効果は一時的で、ジャンボタニシを完全に除去できる能力は低く十分な効果は得られていない。

一方、苗の植え付け後に行われる重要な作業に雑草の除去がある。これについても農薬や苗の品種改良といった対策が実施されているが、減農薬による生産が勧められている現在、雑草除去は必要な作業であり、

生産者にとっては大きな負担となっている。

上記のような、従来手作業で行っている有害動植物の無害化といった苗の植え付け後の稲の育成環境を保全する作業は、水田中を巡回させるロボットによる代替が考えられるが、現在このようなロボットの実用化はされておらず、また開発においても多くの未解決課題が存在している。

本論文では、水田巡回ロボット開発における問題点の整理を行い、特に水田環境の監視や、ロボットの自動巡回において有効と考えられるカメラによるロボットビジョンについての可能性と問題点を中心に議論し、ディープラーニングによる画像内の領域分離(image segmentation)について検討を行った結果を示す。

2. 水田巡回ロボット開発の現状と問題点

農作物の生育や農地の環境を計測する研究としては、固定センサを複数設置したセンサネットワークについての報告はあるが、水田を巡回するロボットについては一部の企業で開発を進めているのみで、研究報告は多くない^[2]。

一般に、ロボットは様々な技術の集積であることから

ら、用途や使用環境に応じて検討すべき問題が異なる。そこで、ここでは水田巡回ロボットの目的を設定し、それに対応した性能について整理し、解決すべき問題点を確認する。

まず、水田巡回ロボットの目的と求める性能を次のように設定する。

- ①水田の作物を避けながら探索を行う。
- ②害となる動植物が確認されたらそれを無害化する。
- ③自律型ロボットとして開発し、全ての動作を自動化する。

①および②については、災害対応ロボット(レスキューロボット)などの探索ロボットに類似しているといえる。探索ロボットの動作としては、走行、探索動作、および作業動作に分けられるが、動作場所を水田で限ってみた場合、次のような性能が求められる。

- ・半水半陸環境で走行できること
- ・苗や稲を避けて移動できる大きさであること
- ・有害動植物を無害化できること
- ・苗や水路、法面など様々な場所で作業できること

②についてはマニピレータによる除去、および薬品による無害化の2つの方法が検討できる。特にジャンボタニシの卵塊は剥離させ水中に落とすことで無害化できることが知られているため、安全かつ効果的に剥離できる薬品が開発できればこれは有効な手段となる。また③で求められる自律型ロボットの性能としては

- ・計画的かつ効率的な経路探索ができること^[3]
- ・有害物の検出漏れを防ぐこと
- ・苗や稲を損傷させず作業できること

が求められる。半水半陸環境で走行できるロボットは種々開発されているが^[4]、水田を直接対象としたものは提案されていない。また、苗の植え付け間隔(株間)はおおよそ20cmから30cmであり作物に干渉せず走行させるためにはロボットの小型化が求められる。

自動化のための自律型ロボットの開発においては搭載するセンサの検討が必要になるが、特に、

- ①自身の位置、方向や姿勢の認識
- ②走行経路作物や問題生物の認識

の2点が重要となる。①についてはGPS、電子コンパス、またジャイロセンサ、距離・加速度センサなどの運動物理量センサが考えられるが、これらは携帯端末機の発展により小型高性能化が進んでいることから、そのまま活用できると考えられる。②の外界の認識については、自動運転技術にも用いられているカメラによる映像センサによる認識技術が期待できるが、水田環境においては次のような問題が存在する。

現在開発が進められている自動車の自動走行で誘導に用いられる道路上の白線や壁面は、剛体である。しかし、水田中のロボット誘導の指標に期待できる苗は柔軟体である。図1上図は水田内部で水面から上方およそ10cmの位置で水平方向に撮影した写真である。苗

は、風の影響により変形していることがわかる。ロボットに用いられる映像処理(ロボットビジョン)において、このような柔軟体の取り扱いが難しい問題として知られている^[5]。

次に、撮影した映像に対してロボットが走行する水路と苗、また有害な生物を正確に領域分離し、それぞれ認識をする必要がある。この一つとして、撮影した映像からジャンボタニシの卵塊検出について検討を行った結果を次章で示す。

3. セマンティックセグメンテーションによる水田映像の領域分離

水田育成環境を監視し、有害物を除去する映像センサを開発するにあたって、水田で撮影した静止画から、ジャンボタニシの卵塊の検出をディープラーニングによる領域分離の手法の一つであるセマンティックセグメンテーション(semantic segmentation)を用いて行った^[6]。映像の撮影環境、構築ネットワークおよびネットワークの学習設定値は表1-3に示す通りである。

表1 撮影環境

機材	単眼カメラGoPro HERO 7
絞り値	f/2.8
露出時間	自動
ISO速度	自動
焦点距離	3 mm (35mm換算: 15mm)
光学、デジタル倍率	1 倍
記録画像	4000×3000、24bitRGB

表2 ネットワークについて

構築ネットワーク	SegNet
ラベルオブジェクト数	2 (卵塊および背景)
符号器深さ	3

表3 ネットワーク学習設定値

入力画像	22画像(いずれも300×300、24bitRGB)
学習方法	ミニバッチ学習
最大エポック数	50
初期学習率	0.1

図1上図の静止画に含まれるピンク色の部分が卵塊である。この画像に対して領域分離を行い、卵塊を検出した結果を図1下図に示す。赤色の部分が卵塊と認識した領域である。別の静止画に対する検出結果を図2に示す。これらの結果から、領域分離手法によって卵塊をうまく検出できていることがわかる。

検出に用いたネットワークは図3に示す22枚の静止

画を用いて学習させた。

4. おわりに

本論文では水田中の自動巡回ロボットの開発の可能性と問題点を整理し、これに活用できるロボットビジョンの検討として、映像データの領域分離による手法で、稲作に害を及ぼすことで知られているジャンボタニシの卵塊の検出が可能であることを確認した。映像データには、ロボットの走行経路の決定に用いることができる水面や苗の情報も含まれていることから、これらの領域分離についても検討を行ったが、水田の画像データは苗の揺らぎや、水面への映り込みといった複雑な要因が多く含まれるため、今回十分な結果を得ることができなかった。これらの問題の解決方法については今後検討を行う。

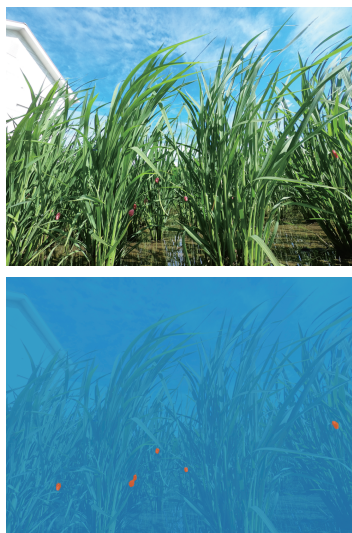


図1 テスト用静止画1(上図)および卵塊の検出結果(下図)。

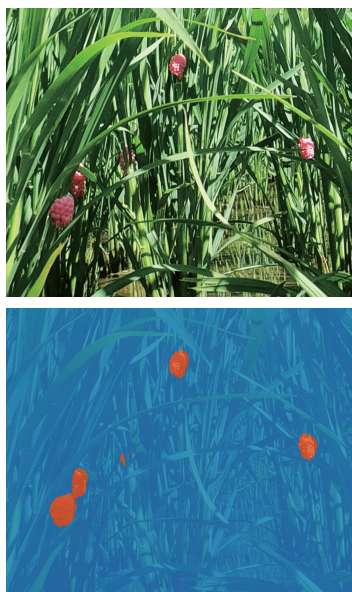


図2 テスト用静止画2(上図)および卵塊の検出結果(下図)。



図3 学習用入力画像

謝辞

本研究は、令和元年度和歌山大学地域活性化推進研究プロジェクトとして実施されました。また、海南市および和歌山市の農業従事者の方々より多くの協力を頂きました。心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 大隈, 福島, 田中, スクミリングガイの水田雑草食性と水稻苗の食害防止, 雑草研究, 39巻 2号 pp.109-113, 1994.
- [2] 藤井ほか, 水田用小型除草ロボット(アイガモロボット)の開発(第5報), 岐阜県情報技術研究所研究報告 第15号, pp. 32-34, 2013.
- [3] 小林, 自律形移動ロボットにおける知識処理, 計測と制御, 26巻, 2号, pp. 128-133, 1987.
- [4] 山野, 井嶋, 自励発振を用いた泳動推進体の適応制御に関する基礎検討, 日本機械学会論文集, 第84巻, pp.10, 2018.
- [5] 出口, ロボットビジョンの基礎, コロナ社, 2000.
- [6] A. Garcia-Garcia et.al, A Review on Deep Learning Techniques Applied to Semantic Segmentation, arXiv: 1704.06857, 2017.