

雑草管理ロボットによる踏圧が 雑草植生に及ぼす影響

静岡大学

稲垣 栄洋・
Gorachad Goshami・
Kunwar Ishwor Jung・
瀧田 萌

フィールド開発株式会社

山口 直信・大塚 政洋

はじめに —‘図書館戦争’の風景—

英国の農村に出かけたとき、奇妙な光景を見た。

収穫の終わった小麦畑の真ん中に、緑の帯がまっすぐに伸びているのだ。よく見ると、その緑の帯のところに、カミツレが生えている（図-1）。聞けば、そこは古くから教会に行くための道だと言う。圃場の大規模化によって、そこは広大な畑となったが、今でも教会に行くために人々がそこを通行することが許されているらしい。そして、広大な小麦畑の真ん中を、カミツレの生えた緑色のラインが、丘の向こうの教会に向かって、まっすぐに伸びているのだ。

雑草を研究する私たちが良く知るように、雑草は「得意なところ」に生える。草刈りが続けば草刈りに強い植生になり、人々が行き来するところは踏まれることに強い植生となる。おそら

くカミツレは「踏みつけ」に強いのだろう。人々が歩く教会への道だけにカミツレが生えているのである。

映画化もされた有川浩さんのSF小説「図書館戦争」では武力弾圧から図書館を守る図書隊のシンボルが「苦難の中の力」の花言葉を持つカミツレだった。踏まれながら生えるカミツレを見ながら、私は一人勝手に、腑に落ちたような気がした。ちなみの有川浩さんは、雑草の名前が次々に登場する恋愛小説「植物図鑑」の作者でもある。

そういえば、と私は思い出した光景があった。我が家の犬の散歩道である土手道は、草刈りで管理されていてチガヤやセイバンモロコシ、シナダレスズメガヤ、オニウシノケグサなどの多年生のイネ科の雑草が生えている。そこに、土手の上から河川敷のグラウンドに降りていく小道がある。実際には、そこは正式な道ではないのだが、みんなが勝手に行き来しているうちに、次第に、道ようになってしまったのだ。いわゆる「けもの道」のようなもので

ある。その小道はシロツメクサやオオバコなどの踏みつけ群落の雑草が優占して、雑草が伸びない。

踏みつければ、踏みつけに強い雑草が優占する。これは雑草研究者にとっては容易に想像ができる現象だが、実際にはどうだろう。そこで私は、園芸用の腰掛台車を定期的に走らせてみた。その結果、腰掛台車が上を通るという極めて小さな刺激であるにも関わらず、イネ科雑草が減少し、シロツメクサなどが優占することを確認したのである（稲垣ら 2017）。しかし、定期的な頻度で踏圧を行うことは、人間が作業する場合には多大な労力を伴う。そこで筆者らは、自律走行し、雑草を踏圧するロボットの開発を進めている。本稿では、筆者らの2つの論文（Goshami et al. 2025; 稲垣ら 2024）の内容を中心に、雑草を踏圧する雑草管理ロボットの可能性について紹介したい。

1. 踏圧ロボット‘グラプレス’の概要

本研究には、FRD ロボットシステム‘グラプレス’（フィールド開発株式会社）を用いた（図-2）（以下、踏圧ロボットとする）。このロボットは、740 mm×1040 mm×400 mm の大きさであり、重量は 106 kg である。後方についた 90 mm 幅のタイヤ 6 輪で駆動し、前方についた 980 mm×342 mm のブレードで約 20 kg (158.7 kg/m²) の荷重で踏圧する仕様である。



図-1 人々の往来により小麦畑の中に形成されたカミツレ群落



図-2 踏圧ロボット‘グラプレス’

なお、果樹園の試験では比較対象のロボット草刈り機として、ロボモア KRONOS MR300-H（和同株式会社）を用いた（以下、草刈りロボットとする）。本機は 840 mm×510 mm×360 mm の大きさで重量は 17 kg である。3 輪駆動で自律走行を行い、回転刃を用いて 30 cm の刈り幅で草刈りを行う。本試験では草刈り高は 50 mm で設定をした。

両機種ともに自律走行も可能であるが、本研究ではリモコン操作による走行を行った。

2. 果樹園の下草管理におけるイネ科雑草の抑制 —踏みつけて害虫を防ぐ—

近年では斑点米カメムシによる被害が、米生産を不安定にする一因として問題になっている。2015 年に私が斑点米カメムシ対策に取り組んでいた当時、静岡県でもっとも問題になっていたのが、アカスジカスミカメであった。不思議なことに、病虫害防除所の調査では、アカスジカスミカメは古くから、水田周辺に生息していることが記録されていたが、害虫として認識されていなかった。ところが近年、大繁殖して大害虫として振る舞うようになったの

である。どうしてなのだろう。温暖化の影響もあるだろうが、私は雑草管理が一因であると推察している。

斑点米カメムシは幼虫も成虫もイネ科植物の種子を吸汁する。イネが出穂するまでは、斑点米カメムシはイネ科雑草の穂を食いつなぐ。そして世代更新を繰り返しながら、広範囲に拡散していくのである（稲垣ら 2012）。現在は、草刈り機械が発達し、頻繁に草刈りが行われることで農耕地周辺の雑草地や水田畦畔は、草刈り圧に強いイネ科雑草が蔓延している（Inagaki et al. 2020）。これにより、斑点米カメムシの餌植物であるイネ科植物の穂が切れ目なく存在している（静岡県農林技術研究所 2016）。このことは斑点米カメムシの害虫化に少なからず影響していると考えられる。そこで初めに、水田周辺に見られる果樹園の下草管理における雑草の踏圧の影響を調査した。

調査方法

静岡大学附属地域フィールド科学教育センターのミカン幼木園（静岡県藤枝市）を調査地とした。試験前は年に数回の草刈り管理が行われており、調査開始前の 2024 年 3 月 8

日調査では、積算優占度はシロツメクサ 83.5%、ネズミギ 10.2% であり、その他 19 種の雑草種が観察された。

踏圧ロボットを 2024 年 3 月 15 日から使用し、リモコン走行により 1 カ所を 1 回走の走行を 1 週間に 2 回行った。試験区は、踏圧ロボットを走行させた「踏圧ロボ区」、草刈りロボットを走行させた「草刈りロボ区」に、慣行の管理方法としてハンマーナイフモアで草刈りを行った「慣行草刈り区」と除草を行わない「無除草区」を加えた計 4 試験区とした。1 試験区は 5m×15m とし、反復は行わなかった。なお慣行草刈り区では、試験期間中に 4 回、草刈りが行われた。

調査結果

雑草の量を示す乗算優占度（MDR）は、慣行の草刈り管理と比べて、草刈りロボットと踏圧ロボットで抑制された（図-3）。

無除草区は、多年生イネ科雑草のススキや、大型のキク科雑草であるセイタカアワダチソウ、ヒメムカシヨモギ、アキノノゲシが多く観察された（図-4）。一方、慣行の草刈り管理や草刈りロボットは、斑点米カメムシの餌植物となる一年生イネ科植物が多かった。特に草刈りロボット区は一年生イネ科雑草のメヒシバとその他の雑草としてヒメクグの 2 種のみが優占し、その他の雑草は観察されない単純な植生

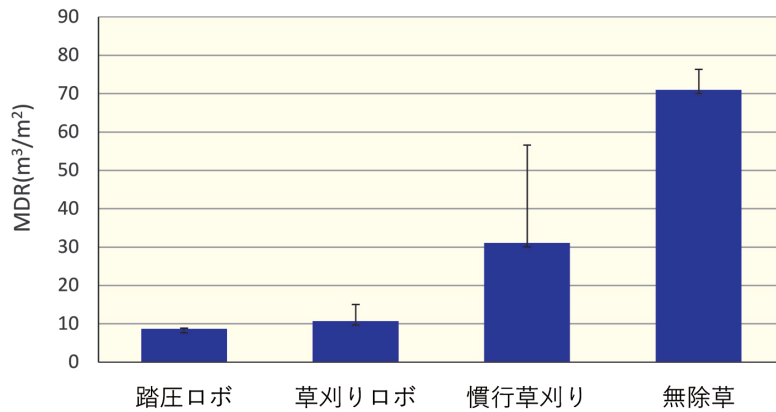


図-3 果樹園の各試験区における雑草のバイオマス量（2024年7月15日）エラーバーは標準偏差

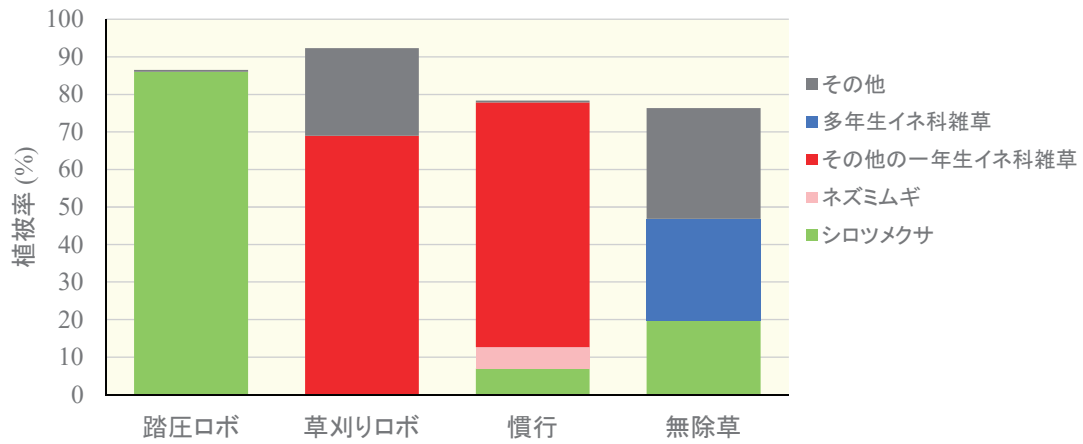


図-4 果樹園の各試験区における雑草の植被率（2024年7月15日）

となった。これに対して、踏圧ロボット区は、イネ科雑草の発生が抑制されて、シロツメクサが優占した。

3. 飛行場の緑地帯管理におけるセイタカアワダチソウの抑制 — 踏みつけで鳥害を防ぐ —

飛行場の着陸帯は、離着陸時の航空機の視界確保や消火救難活動車両進入のための緑地帯が設けられている。これらの緑地帯は草刈りによる雑草管理が行われているが、草刈り、集草、搬出のコストには多大な費用と時間が費やされている。さらに、収集した大量の雑草の処分はゴミ問題の原因ともなっている。一方、草刈り作業による地面の露出、雑草種子の後熟、昆虫や

小動物の生息地の消失は、餌を求める鳥を引き寄せ、バードストライクを引き起こす原因となっている。またヘリコプターによって吹き下ろされるダウンウォッシュによって刈取った草が飛散する事象も問題となる。そこで2番目に、飛行場の雑草管理における雑草の踏圧の影響を調査した。

調査方法

竜ヶ崎飛行場（茨城県龍ヶ崎市）を調査地とした。試験前は年に数回の草刈り管理が行われており、セイタカアワダチソウとススキが優占する植生である。

試験区域は試験開始前の2022年6月29日から7月1日にハンマーナイフモアで草刈り作業を行った。踏圧ロ

ボットを2022年7月5日から使用し、リモコン走行により1カ所を1回踏み込む走行を行った。試験区は、ロボットの走行頻度の違いにより、「週に4-5日区」「週に3日区」「週に2日区」「週に1.5日区」「週に1日区」の5試験区に、慣行の方法である人力による肩掛け式草刈り機で草刈りを行った「草刈り区」と除草を行わない「無除草区」を加えた計7試験区とした。なお草刈り区では、慣行として夏季を中心に年5回程度の草刈りが行われている。1試験区の大きさは約117 m²とし、反復は行わなかった。

調査結果

MDRは、踏圧ロボットが稼働したすべての試験区で、「無除草区」に比して極めて

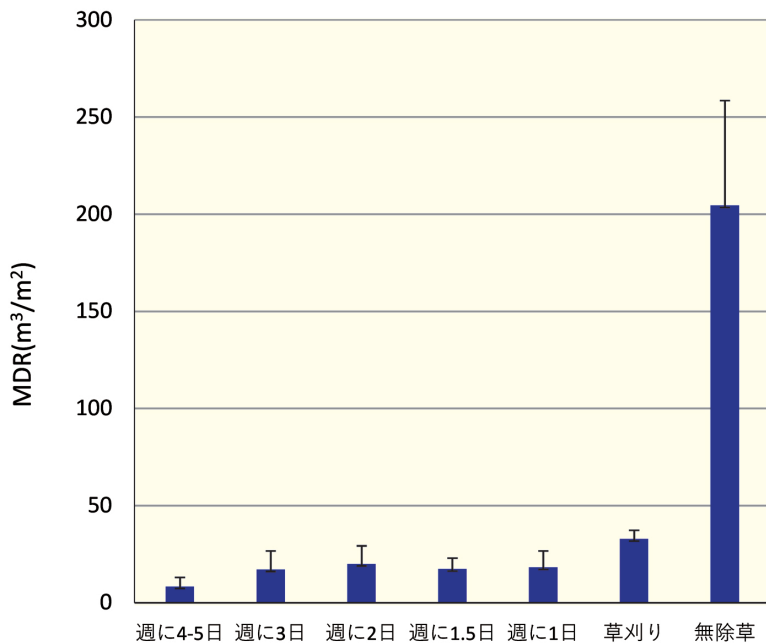


図-5 飛行場における各試験区の雑草のバイオマス量 (2023年10月19日)

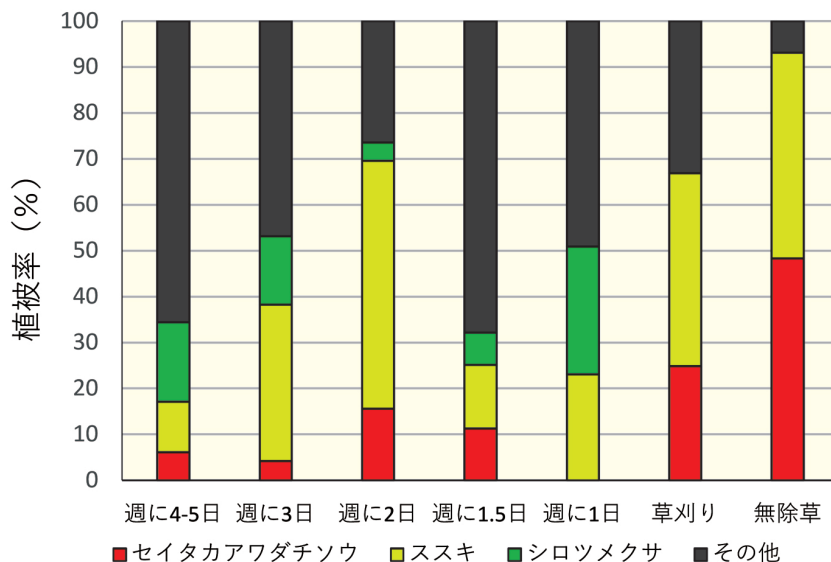


図-6 飛行場における各試験区の植被率 (2023年10月19日)

小さくなり、踏圧ロボットによる雑草抑制効果が認められた (図-5)。また、慣行の「草刈り区」の MDR が $3278.0 \text{ m}^3\text{m}^{-2}$ であるのに対して、踏圧処理を行ったいずれの試験も小さくなり、もっとも MDR が小さかった「週に 4-5 日区」では $833.0 \text{ m}^3\text{m}^{-2}$ と、草刈り区に対して MDR を 4 分の 1 程度に抑制した。

「無除草区」は、主にススキとセイタカアワダチソウの 2 種が優占し、その他の雑草として、メマツヨイグサと

ヤブガラシが認められた。「草刈り区」では、ススキとセイタカアワダチソウに加えてワラビが優占した (図-6)。

一方、踏圧ロボットを走行させた試験区では、「無除草区」や「草刈り区」に比して、雑草種数が多くなり、セイタカアワダチソウの占有率が低かった。さらに、踏圧ロボットを稼働させたすべての試験区でシロツメクサの出現が観察された。MDR がもっとも小さかった「週に 4-5 日区」では 12 種の雑草

が認められ、シロツメクサやアキノエノコログサが優占した。また、ツユクサ、メヒシバ、イヌタデ、キンエノコロ等の一年生雑草が多く見られる点で特徴づけられた。また、「週に 2 日区」ではススキの占有率が高いことで特徴づけられた。また、「週に 1.5 日区」では、その他の雑草として、カゼクサやセイバンモロコシが多かった。

4. 考察 —踏圧ロボットの可能性と限界—

草刈りは基本的な雑草防除方法であるが、いくつかの問題を引き起こす可能性がある。たとえば、日本の農業地域では、頻繁な草刈りによってイネ科雑草が増加し、イネの害虫である斑点米カメムシの繁殖地となる (稲垣ら 2012; Inagaki et al. 2020)。一方、飛行場では、残渣の収集にコストを必要としたり、刈り取った残渣が飛散したりすることが問題となる。また、草刈りをすることで鳥を呼び寄せるなどの害がある。さらに草刈りは、砂利を飛ばしたり、配線を切断するリスクもある。

本研究では、踏圧ロボットが、果樹園においてイネ科雑草を抑制し、飛行場においてはセイタカアワダチソウを抑制させることが明らかとなった。このことから、雑草踏圧ロボットは草刈りが難しい場所における有望な雑草管理ツールの 1 つとなり得ると考えられる。

また、踏圧による雑草植生の変化は、軽量の接触刺激によっても引き起こされる（稲垣 2017）。草刈りを行わずに走行するだけの踏圧ロボットは、草刈りのための動力を必要としないため、モーターを小型化することが可能である。現在の踏圧ロボットは大型であるが、今後、小型化することで、狭所を含めたさまざまな場所での活用も可能となるだろう。

ただし、踏圧による雑草管理は課題もある。踏圧ロボットはシロツメグサ等の踏みつけに強い植生を誘導するが、もともとシロツメグサのような植物がない場所では、踏みつけに強い群落が成立するのに時間が掛かったり、裸地化することもある。そこで筆者らは、踏圧ロボットとカバークロップを組み

合わせた植生管理法を検討しているところである。また、ギシギシ類やタチスズメノヒエ等、踏圧では抑制できない雑草も明らかになりつつある。

今後は、ターゲットとなる雑草や問題雑草にスポット的な除草剤散布を行う機能を搭載させる方法も含めて、茶園のような複雑な構造の場所の雑草管理も可能な踏圧ロボットの開発を検討していく予定である。

引用文献

Gorachad G., Kunwar I. J., Naruse H., Sudo M., Otsuka M., Yamaguchi N., and Inagaki H. 2025. Utilization of trampling robots for vegetation management in orchards to suppress Poaceae weeds, which are rice stink bug hosts. *Landscape and Ecological Engineering* 22, 135-141.

稲垣栄洋・Kunwar Ishwor Jung・瀧田 萌・切岩祥和・小田部美智男・山口直信・真坂博男・大塚政洋 2024. 雑草管理ロボットによる踏圧が雑草植生に及ぼす影響. *日本緑化工学会誌* 50, 115-118.

稲垣栄洋・市原 実・松野和夫・済木千恵子 2012. 水田畦畔の植生管理の違いが斑点米カメムシおよび土着天敵の個体数に及ぼす影響. *日本緑化工学会誌* 38, 240-243.

稲垣栄洋・稲垣舜也・加藤百合子・河合 眞・砂川利広 2017. 踏圧処理が畦畔雑草植生に及ぼす影響. *日本緑化工学会誌* 43, 183-184.

Inagaki H., Saiki C., Ichihara M., Matsuno K., Tanno Y., Yamashita M., Sawada H. 2020. Effect of mowing height on dominance of annual Poaceae Plants. *Landscape and Ecological Engineering* 21(1), 8-13.

静岡県農林技術研究所農村植生管理プロジェクト 2013. 地域の植生管理, 農山漁村文化協会, 東京.