

自動草刈ロボットシステムの構成

Design of a Brush-Cutting Robot System

○藤岡与周

○Yoshichika Fujioka

八戸工業大学

Hachinohe Institute of Technology

キーワード: 草刈 (Brush-Cutting), 知能ロボット (Intelligent Robot), 芝刈機(Lawn Mower), 人工技能 (Artificial Skill), ラジコン (Radio Control)

連絡先: 〒031-8501 青森県八戸市大字妙字大開 88-1

八戸工業大学工学部システム情報工学科 藤岡与周

TEL: 0178-25-8063 FAX: 0178-25-1691 E-mail: fujioka@hi-tech.ac.jp

1. まえがき

遊休地や休耕地をはじめとする草刈作業は、除草剤の使用が制限される場合には刈り払い機を用いた人力作業や、自走式草刈機およびトラクタに取り付けられた除草装置などで行われる。広くて平坦な場所であれば、大型機械による効率的な草刈作業が可能であるが、畦道を始め狭い場所や土地の起伏の大きい場所では小型機械を用いた人力作業が必要となる。近年は高齢化や過疎化のため草刈作業を行う人材が不足しており、また重労働で危険を伴う作業のため事故も多い。

そこで、芝刈りや低い雑草の草刈にはラジコン芝刈機が開発され利用されている。これにより肉体的な労力が大幅に緩和され、安全性も向上する。本稿では、さらに草刈に要する時間を他のことに使えるようにすることを目指し、草

刈作業を自動的に行うためのロボットシステムの構成を提案している。

2. 従来の主な方法

これまでに様々な草刈作業の手法が開発・提案されている。主に海外では、広い芝生の芝刈作業効率化のため、ラジコン芝刈機が販売[1]あるいは自作[2]されている。ラジコン芝刈機を用いることにより、炎天下などで長い距離を歩く作業から解放され、ラジコン送信機の操作を行うだけで芝刈りが完了する。また、多少の雑草もこのラジコン芝刈機で草刈できるため、例えば果樹園などの下草刈りなどに応用されている。石などの多い場所では、手押し式芝刈り機を押していると飛び跳ねてくる石が操作者にあたる危険があるが、ラジコン操作であれば芝刈機から離れているため危険性が減少す

る。また、近畿中国四国農業研究センターでは、斜面の草刈をラジコンで安全に行うロボットを開発しており、クローラ駆動と低重心化により 40 度以下の法面草刈を可能としている[3]。

芝刈に限れば、すでに自動芝刈りロボットが実用化され、市販されている[4]。あらかじめ充電ステーションと芝刈り範囲指定ワイヤの設置により、人手を介さず毎日自動で芝刈りを行う。芝生化と電源の確保ができれば、最も省力化が可能である。

GPS を利用する農業機械の自動化も進んでいる[5]。トラクタは耕耘などに十分な馬力があるため、除草装置り付けることにより高い草が生い茂っていても容易に草刈を行うことができる。また、GPS による位置計測に基づき自動運転も可能である。ただし、狭い場所や起伏の多い場所などでは利用が困難である。

富士重工業は、2001 年度より屋外自律走行ロボットシステムを開発し、乗用草刈機に搭載している。近年はセンチメートル級の位置測位が可能な RTK-GPS (Real-Time Kinematic GPS)を採用しており、高精度な草刈作業が可能である。有人運転時の作業内容や走行経路をプログラム可能であり、自動化できる。乗用草刈機はトラクタよりは小型であるが、狭い場所での草刈作業は苦手である。

近年、ドローン技術の進展に伴い、航空機等の自動運転化が容易となっている。自動運転に必要なハードウェアの低価格化が進み、またソフトウェアについては ArduPilot[7]等のオープンソースソフトウェアも存在しており、独自の自動ロボット開発が容易となっている。

さらに、rtk-lib[8]と呼ばれる RTK-GPS の OSS を利用すれば、測量用の高価な機材を利用しなくても、L1 帯域の利用に限定されるものの安価な機材で自由に利用可能である。

アマチュア無線免許が必要となるが、5.8GHz 帯域を利用するビデオ信号伝送により、ロボット上のカメラ画像を見ながらの



図1 試作したラジコン草刈機

FPV (First Person View) 遠隔操作が容易に実現可能である。

3. ラジコン草刈機の試作

手押し式芝刈り機は、芝刈機の幅が人の肩幅程度と十分小型であり、また芝刈機単体も持ち運びや乗用車への搭載が容易な程度に軽量である。このため、狭い場所や多少の地面の起伏があっても草刈作業は容易である。ただし、小型エンジン搭載のため、高い草や密集した草の除草にはあまり向かない。そこで、まず手押し式芝刈り機をラジコン化して、その性能や特徴を調べることにした。図1に試作したラジコン草刈機を示す。また、諸元は以下の通りである。

- 縦 153cm
- 横 70cm
- 高さ 68cm
- 重量 82.5kg
- 鉛シリコンバッテリー 12V 20AH x 2 (24V)
- 前輪：自在キャスター
- 後輪：各 180W 電動モーターで駆動
- 刈幅 460mm
- 4st 149cc 3.5HP
- 送信機 Spektrum DX5e 2.4GHz 帯
- モータードライバ Sabertooth 2X25 V2
- 芝刈機 ミナト電機工業 LMC-460KS
- 電動車いす カワムラサイクル KE12

学生たちによる草刈実験の結果、以下のことが明らかになった。

- 平地部分の草刈結果は良好
- 斜面を下りながらの草刈は可能
- 地面の凸部に本体が引っかかる
- 石などの巻込み時操作者が離れていれば比較的安全
- 草刈機を押す必要がなく楽に草刈が可能
- 自在キャスター式前輪は直進性がよくない
- 後輪のスリップにより、斜面を登ることが困難
- 柔らかい地面でぬかるむ場合機体を人間が引き上げる必要がある
- 操作を誤るとこのようにぬかるむような状況でも、「機体を前後に揺らす動作」で抜け出せることもある。
- 2 mを超す草であっても、「少し離れて助走をつけた体当たりの繰り返し」により、硬い茎もなぎ倒すことができる場合がある
- 柔らかく起伏のある地面をロボットが何度も往復することにより、凹凸が均され、踏み固められる

以上の結果より、「機体を前後に揺らす動作」や「少し離れて助走をつけた体当たりの繰り返し」については予想外の結果であり、これらの機能を人工技能としてロボットに組み込めば、低馬力小型草刈ロボットであっても様々な雑草の草刈が可能になると考えられる。

また、密集する雑草を従来の芝刈機で草刈する場合には、すぐに芝刈り機内部が詰まり、エンジンが停止する。その度に内部の草を人間が除去し、草刈を続ける必要がある。この刈草詰まりは特に雑草が濡れている場合に顕著であり、作業能率が著しく低下する問題があった。

そこで、市販の草刈機などを参考にしながら、芝刈機の前部と右側部の鉄板を切欠くこととした。実際に別の手押し自走式芝刈り機でこの

切欠きを行い、30cm程度の高さの雑草が密集し、一部に1m程度の雑草がある場所にて草刈実験を行った。この結果、芝刈機内部の刈草詰まりは大幅に改善された。また、雑草の密度や種類は場所によって異なるため、エンジン負荷に応じた刈幅の変更（コース変更）、前進速度の調整、一時後退などが有用である。これらの機能についても、人工技能として自動草刈ロボットに組み込むことが望ましいことが明らかとなった。

以上の結果に基づき検討した結果、自動草刈ロボットの構成は以下の通りとなる。

[草刈部]

- 狭い場所での草刈も行えるように、人の肩幅に近い手押し式ロータリー芝刈り機を改造
- 芝刈り機の前部と右側部を切り欠き、刈草の排出性を高め、低馬力での草刈性能を向上
- 刈草排出の障害とならないような前輪配置
- 前輪向きは固定可能とし直進性を向上
- 排出される刈草の飛散範囲を抑制するカバーを必要に応じて備える
- 電動エンジンスターターを備えると、過負荷停止後のエンジン再始動が容易

[遠隔操作]

- 4輪～6輪駆動またはクローラ式により、不整地や斜面での草刈を容易とする
- 柔らかい地面での移動に十分なタイヤ幅や、滑りやすい地面での移動に十分なスパイクなどを備える
- 草刈高変更機能により、地面の凸部に引っかかった際の抜け出しを容易とする
- カメラを搭載し操作者に伝送することにより、遠方からの操作を容易とする

[自動制御]

- 機能拡張性の観点から、OSS 自動運転開発環境を利用

- GPS、加速度センサ、ジャイロセンサ、電子コンパス等を備え、軌道制御を容易とする
- 基地局と移動局およびその間の通信を伴う RTK-GPS を備えることにより、センチメートル級の軌道制御が見込まれる。
- 草刈負荷や路面状況に応じて、人工技能に基づく実時間軌道生成を行う
- 周囲の人間に危害が及ばないように安全対策が必要（立ち入り禁止措置など）

5. むすび

狭い場所や必ずしも平坦でない場所の草刈を容易にする自動草刈ロボットの構成を提案した。場所により異なる草刈負荷に応じた軌道制御が、特に小型で低馬力の草刈ロボットでは重要となる。さらに、ロボットの体当たりなどを駆使することによる草刈能力の拡張が可能であることを明らかにした。このような人工技能に基づく、低馬力エンジンでの効率的な草刈の実現により、狭い場所などでの草刈が容易となる。今回の実験では、雑草が生い茂っている場合を想定しているが、雑草があまり伸びる前に2回目以降の草刈を行うことにより、草刈時間が短縮される。

今後の課題として、上空の見晴の悪い場所での GPS(GNSS)誤差を改善する人工技能の検討、落ちている石や木の枝や局所的な地面の凸凹などを効率的に除去するロボットの開発、木の切り株など除去が困難な場所に対する人工技能の検討、草刈作業に関する人工技能の自動生成手法の開発などが挙げられる。

参考文献

- [1]<http://www.evatech.net/PRODUCT.php?ID=5> 等
- [2]<http://www.instructables.com/id/Arduino-RC-Lawnmower/> 等
- [3] 長崎, 中元: “中山間の急傾斜法面の草刈作業を楽にする 小型除草ロボットの開発”, http://agri-renkei.jp/news/docs/20141205seminar_nagasaki.pdf
- [4]<http://www.husqvarna.com/us/products/robotic-lawn-mowers/> 等
- [5]http://qzss.go.jp/usage/userreport/hokkaido_150625.html 等
- [6]https://www.fhi.co.jp/news/01_7_9/01_07_11.htm
- [7] <http://ardupilot.org/rover/index.html> 等
- [8] <http://www.rtklib.com/>
- [9]<http://sky.geocities.jp/oumeastro/amaradio.html> 等