

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年5月15日現在

機関番号：32714

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23651076

研究課題名（和文） 除草ロボットの開発

研究課題名（英文） Development of Weeding Robot

研究代表者

山本 圭治郎 (YAMAMOTO KEIJIROU)

神奈川工科大学・創造工学部・教授

研究者番号：00257411

研究成果の概要（和文）：圃場における除草作業の自動化を目的として、カッターを備えたタイヤ走行ロボットを子機とし、これを搭載して畦道を走行するクローラ走行ロボットを親機とする、自律型除草作業ロボットシステムを開発した。

研究成果の概要（英文）：For automation of the weeding work in the farm, an autonomy type weeding robot system was developed. The robot system consists of a carrier robot and a weed cutting robot equipped on the carrier robot. The carrier robot ran footpaths between the fields by tire and the cutting robot ran the inclined fields by crawler.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境技術・環境材料

キーワード：環境保全技術、除草ロボット

1. 研究開始当初の背景

現在放棄されつつあるコストパフォーマンスの悪い山間部農地の有効利用と災害防止、除草緑肥による有機栽培を実現することが求められている。

2. 研究の目的

目的作物を残しながら、雑草類を根元から切断し、倒すことにより、作物の根元でそのまま枯れさせる除草ロボットを開発する。

3. 研究の方法

カッターを備えたタイヤ走行ロボットを子機とし、これを搭載して畦道を走行するクローラ走行ロボットを親機とする、自律型除草作業ロボットシステムを設計・試作・実験する。

4. 研究成果

(1) 除草ロボットの設計

本除草ロボットシステムは親機、子機の一対からなる。その動作は、傾斜地の上方の平

地にある畦道を、親機が子機を運搬・走行し、除草作業を行う地点に到達した後、子機を降ろす。子機には除草用バリカン刃を設け、親機の進行方向と垂直方向にある傾斜地を直線的に往復し除草を行う。子機はこの往復運動を繰り返しながら除草作業を行い終わった後に親機の上に戻り、子機を収納した親機は次の作業位置まで子機を運搬する。以上の一連の動作を繰り返すことで除草作業を行う方式である。この一連の動作は利用者の手元のコントローラで制御できる方式とした。

子機が親機から降ろされて除草作業を行う際、子機自体はクローラにより移動と方向転換を行う。また、子機左右の側面板後部からワイヤを延ばし、親機に設けられた巻き取り用モータに接続した。巻き取り用モータは左右独立して回転数を調節できるようにすることにより、子機の進行方向を調整したり、

子機後退時にワイヤを巻き取ることで親機に戻る際の補助をするといった制御を可能とした。

また、子機の除草可能な範囲は親機から約10[m]程度、利用可能な傾斜角度は最大 25°程度をそれぞれ設定した。

図1に親機と子機の関係の概略図を示す。

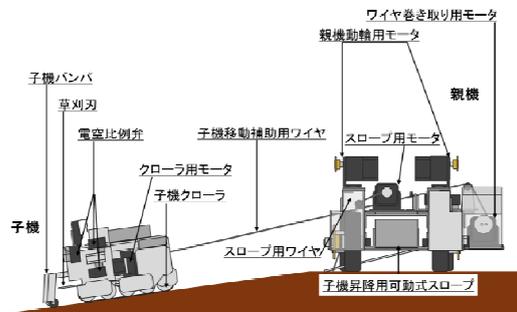


図1 除草ロボットシステムの概略図

親機と子機の一対からなる除草ロボットシステムのうち、除草機能を有する子機には安全装置、草刈刃、駆動用クローラ、クローラ用モータが2つと、各モータ用モータドライバが2つ、空気排出のための電空比例弁、電空比例弁用の制御基板を搭載した。子機後方の側面には左右それぞれに親機へと繋がるワイヤを取り付けた。

子機は直接的な除草作業を担当し、親機から降りた後はクローラにより往復走行し草刈刃による除草作業を行う。子機の前進後退は、二つクローラによって行う。この際、左右のクローラの回転数に差を設けることで子機の前向き後向きを可能とした。

図2に子機の概略図を、図3に子機の構造図を示す。

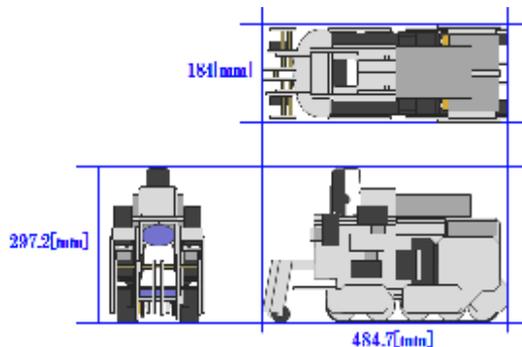


図2 除草ロボット子機の概略図

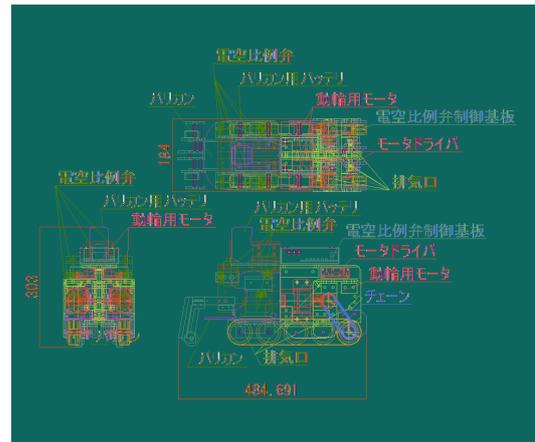


図3 除草ロボット子機の構造図

子機の運搬と動作補助の役割を担う親機には、子機昇降用可動式スロープ、スロープ用モータが2つ、動輪駆動用モータが2つ、ワイヤ巻き取り用モータが2つの計6個のモータと、それぞれに対応したモータドライバ、そして、子機と同じく空気排出のための電空比例弁とその制御基板を搭載した。

親機は傾斜地より上方にある平地である畦道での使用を想定しており、主に子機の運搬と上げ下ろし、子機制御用ワイヤによる子機の方向修正と子機回収時の補助をする機能を持たせた。親機は四隅に設けられたタイヤによって直線上を移動する。四つのタイヤのうち、二つはモータとチェーンで連結した動輪とし、残りの二つは自由に動く従輪とした。

子機搭載部は子機昇降用のスロープとして機能する。スロープと親機フレームは蝶番で接続されており、スロープはフレーム上に設けたスロープ昇降用モータとワイヤで繋がれており、モータの巻き取り、繰り出しによって蝶番を軸としてスロープを上げ下げする機構とした。

子機移動補助用ワイヤを制御するためのモータは、子機左右用として2つ設けており、この2つのモータにより、ワイヤを通して子機の進行方向を制御できるようにした。また、2つのモータの巻き取りにより子機収納時の補助が可能であり、何らかの理由で子機が停止してしまった場合も、ワイヤを巻き取ることで親機上まで子機を回収することを可能とした。

図4に親機の概略図を、図5に親機の構造図を示す。

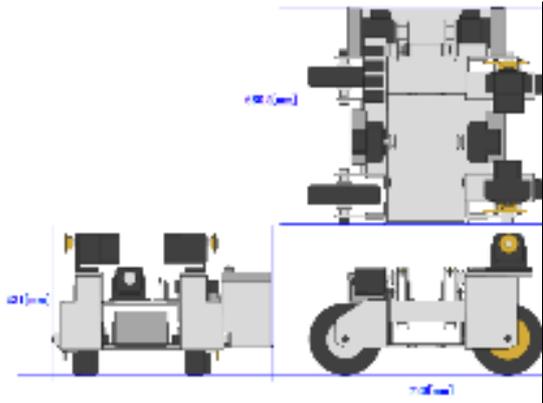


図4 除草ロボット親機の概略図

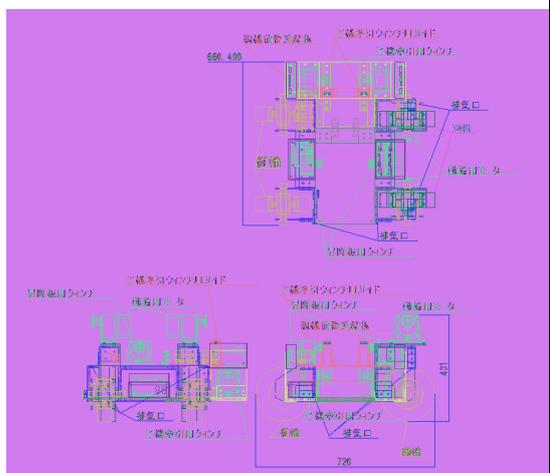


図5 除草ロボット親機の構造図

(2) 除草ロボットの試作

子機は、自走が可能であり、除草機能を搭載することを必須条件とした。そのうえで、畝の間の除草も視野に入れた草刈刃の幅の選定と、草刈刃の刃幅以内に収まる本体の小型化を目標とした。また、制御用ワイヤを用いた親機との連携も重要な要素として設計した。

子機は、動輪としてクローラを搭載した。左右クローラの回転に差をつけることで子機のみでの方向転換が可能となる。また、親機から延びる制御用ワイヤは子機への接触を避けるため機体後方に取り付けた。

さらに、子機には草刈刃に加えて、クローラ、動輪プリー用チェーンについての汚れをそれぞれ吹き飛ばすことを目的とした空気排出口と、それを制御するための電空比例弁を設けた。

図6に試作した子機の写真を示す。

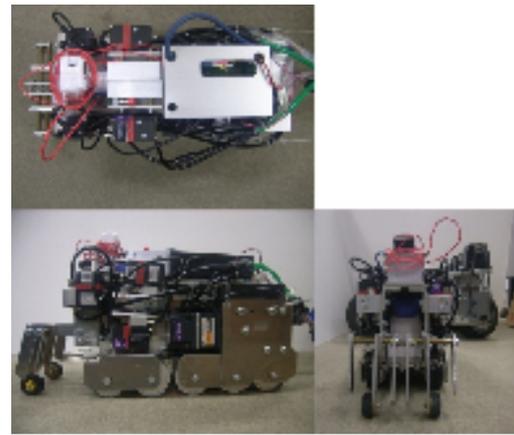


図6 試作した子機の三面写真

親機は、子機を搭載した状態での自走と子機の昇降が可能とし、制御用ワイヤを用いた走行中の子機の補助機能を搭載したうえで、本体の小型化も目指した。

親機は、一輪の荷車などに使用されているゴムタイヤを駆動用の動輪及び従輪として採用した。動輪にはスプロケットを接続し、チェーンにより動輪用モータの動力を減速して伝達し、子機の昇降には子機搭載部を昇降用スロープとして上下させることで子機の円滑な発進、搭乗を可能とした。昇降用スロープはワイヤでスロープ用モータと接続し、上げ下げを制御する構造とした。また、動輪や子機についての汚れを空気の噴射により落とすための空気の排出口と、空気の排出を制御する電空比例弁などを設けた。

図7に試作した親機の写真を示す。



図7 試作した親機の三面写真

除草ロボットは実際の除草作業において、子機には3種類のコントローラを用い、子機と親機の連携動作を可能とした。親機と子機の連携の軸となるのはお互いを繋ぐ子機制御用ワイヤである。子機の進行方向や、

進行速度もコントローラによって制御できるが、子機の進み具合によって親機から繰り出す、或いは、親機に巻き取るワイヤの量を調整するのはコントローラを持つ利用者である。子機の方向転換については、子機クローラによる方向転換が左右の回転数に差をつけて行う緩やかな方向転換であるのに対して、ワイヤを用いた方向転換は多少強引ではあるが、片方のワイヤを逆転する、或いは、停止することでその場での方向転換が可能である。また、子機が坂を上るとき、子機用ワイヤの補助を受けることで、子機はスムーズに親機上への搭乗が可能となる。子機の除草時に同時に行う、子機クローラの操作と、子機用ワイヤの巻き取りモータの操作を制御するスイッチは1つのコントローラにまとめ、操作性の向上を図った。

図8に子機用コントローラの概略図を示す。

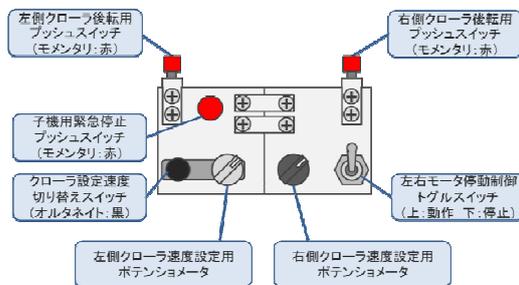


図8 子機用コントローラ概略図

親機は、子機制御用ワイヤの巻き取り繰り出しのほかにも、動輪による自走と子機昇降スロープの上げ下げが可能である。これらの動作は3種類に分割したコントローラによって行うが、これは、3つの動作が同時に行う必要がないため、コントローラ自体を分割することで、使用スイッチを認識しやすくしようと考えた結果である。なお、子機制御用ワイヤの操作は、子機の動作と連動して行うため、子機用を操作するためのスイッチと子機制御用ワイヤを操作するための同一のコントローラに配置した。

図9に親機用の3つのコントローラの概略図を示す。

以上の合計3つのコントローラによる操作で親機と子機が連動した一連の除草動作を制御できる。

図10に子機が親機に搭乗された状態、図11に子機が親機から降された状態の写真をそれぞれ示す。

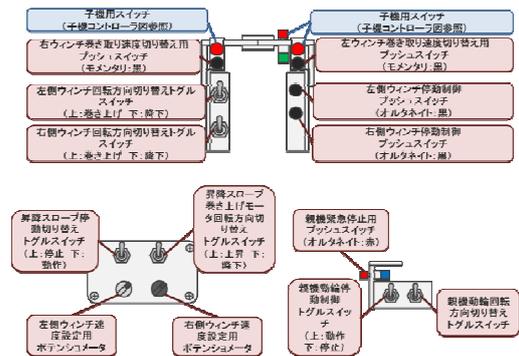


図9 親機用コントローラ3種の概略図



図10 子機が搭乗された状態



図11 子機が降された状態

(3) 実験

実験方法

縦横 1250[mm]、厚さ 5[mm]のアルミ板の上に疑似雑草としてプラスチック製のストローをビニールテープで張り付け、アルミ板を机と椅子の上に渡すことで傾斜させた。今回の実験では、親機による子機の運搬から始まり、子機の降下、傾斜地の下り走行と除草、上り走行と親機への搭乗で終了する一連の動作実験を行った。

なお、今回の実験におけるアルミ板の傾斜角度は 16°]であった。また、疑似雑草として使用したストローの直径は $5[\text{mm}]$ 、上下左右 $30[\text{mm}]$ の間隔をおき、横 6 本、縦 23 本、計 138 本のストローを用いて幅 $150[\text{mm}]$ 、長さ $660[\text{mm}]$ の疑似雑草地帯を模擬した。

図 1 2 に除草実験の実験環境図を示す。

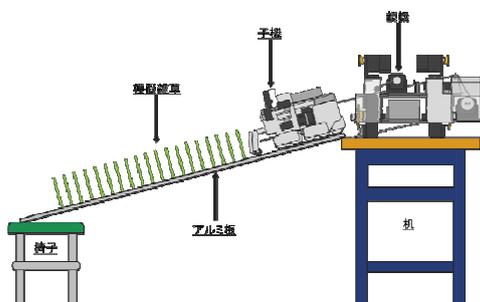


図 1 2 傾斜地除草実験の実験環境図

実験結果および考察

本実験により、親機で子機を運搬するところから始まる一連の動作が可能であることが確認され、また、アルミ板上の大半の疑似雑草を除草可能であることが確認された。

図 1 3 に今回の実験開始前、図 1 4 に終了後の写真をそれぞれ示す。



図 1 3 除草実験の結果、除草作業前

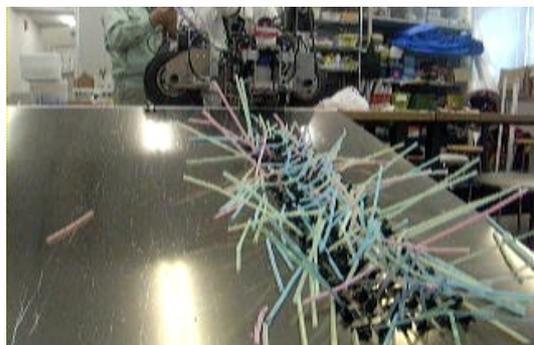


図 1 4 除草実験の結果、除草作業後

除草実験の結果、左右両端の疑似雑草が残り、刈幅は $100[\text{mm}]$ 程度となった。なお、切り残した雑草も子機を搭載した親機を移動し、再び子機による除草を行うことで処理でき、また、この草刈り機が畑の畝のような狭い場所で、左右に植えられた作物を傷つけないように除草する必要があることを考慮すると、 $100[\text{mm}]$ という刈幅は草刈り機にとっては十分なものであると考えられる。

結言

本草刈り機の試作実験により、作業従事者にかかる負担の大きい草刈り作業、さらに、負担の大きい傾斜地での除草作業を、従事者は自ら行うのではなく、手元のコントローラを操作することによって自動化されたことが実証された。これにより、農作業における除草作業の負担が減り、同時に、作業中に怪我を負う可能性を減らすことができる。よって、本草刈り機を使用することで、高齢者でもあまり体力を使わず除草作業を行うことができ、さらに、手付かずに雑草の伸びた農地の除草も楽になることで、農地として使いたかった雑草地帯を再び利用できるようになるという効果が期待される。

また、これから農業を始めたいと考える若い人々にも、除草作業の負担を減らし、ラジコンで遊ぶような感覚で楽しみながら農地を整備できるため、本草刈り機が存在が、これから農業を始めようとする人々への一つのきっかけとなることが期待される。

最終的な目標は夜間に無人運転することにあるが、これは、リモートコントロール可能な本システムを利用することにより容易に実現可能である。

5. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 圭治郎 (YAMAMOTO KEIJIROU)
 神奈川工科大学・創造工学部・教授
 研究者番号：00257411