

ワケギの機械化一貫体系による省力・軽労・効率化技術の確立 (第3報)

自動植付け機の開発

佐々木秀和, 岩谷 稔^{*1}, 竹保義博, 橋本晃司^{*2}, 横山詔常^{*2}, 川口岳芳^{*3}

Establishment of Labor Saving, Light Working and Efficiency Improvement Technology by Mechanization Consistent System for Allium Wakegi Araki III

Development of Automatic Planting Machine

SASAKI Hidekazu, IWATANI Minoru, TAKEYASU Yoshihiro, HASHIMOTO Koji,
YOKOYAMA Noritsune and KAWAGUCHI Takeyoshi

The automatic planting machine for Allium Wakegi Araki was developed in order to shorten the time planting and improve work posture. This consists of the mechanism to drop the bulbs at a fixed time interval, and the mechanism to bury the bulbs in the ground, and the traction device for a riding type. The user sitting on the equipment, load a rotary pot bulbs. As a result of the planting experiment, the equipment was shown to be able to achieve labor saving and light working by reducing planting time and seating posture.

植付け時間の短縮と植付け姿勢の改善を目的として自動植付け機を開発した。試作機の構成は、①種球を一定時間間隔で落下させる機構、②種球を地中に埋める機構、③これらを牽引する自走装置である。作業者は自走装置に座り回転するポットに種球を装填することで植付けができるようになった。実験の結果、本装置によって植付け時間削減による省力化および座位姿勢による軽労化を実現できることを示した。

キーワード：ワケギ, 植付け, 機械化

1. 緒 言

広島県のワケギは、全国一の生産量を誇る特産品であり、独特の風味と品質の良さで市場から高い評価を得ている。しかし、近年はワケギ生産農家の高齢化が進行し、農家戸数及び販売量の減少が課題となっている。このような状況に対し、本県ではワケギ産地の維持・拡大を目的として、平成18年度よりワケギの植付け、収穫、調製作業の機械化による省力・軽労・効率化に取り組んでいる。本研究では、ワケギ種球の植付け作業を機械化するため、自動植付け機を開発し、圃場での植付け評価を実施したので報告する。

2011. 5. 31 受理 加工技術研究部

*1 西部工業技術センター生産技術アカデミー生産システム研究部

*2 西部工業技術センター生産技術アカデミー製品設計研究部

*3 農業技術センター栽培技術研究部

2. 植付け作業の機械化検討

2.1 植付け作業の現状

機械化すべき点を確認するため、生産農家での手作業による慣行の種球の植付けを調査した。その結果、写真1のような種球を指先で把持したまま、写真2のように深い中腰姿勢で発根部分を地中に埋め込む作業を繰り返し行っていることがわかった。この作業姿勢は長町のつらさ指数¹⁾による評価法によれば最悪の10に分類され、この解決を本研究の最優先課題とした。種球の植付けに要する時間は個人差はあるが、目安として1球あたり4秒、植付け株間は10~20cmである。生産者の多くは個別農家であり、そのために機械装置は個人所有となる可能性が高く、安価な装置である必要がある。



写真1 種球



写真2 植付け風景

2.2 植付け機の検討

種球は、倒れた姿勢や逆さまの姿勢で植付けられると、収穫物の湾曲や、発芽の遅延が発生し、商品価値が下がる。手作業のように種球を把持し、発根部分を下向きとした植付けを実現するためには、人の手を模したロボットハンドのような装置が考えられるが、構造が複雑になるため、高コスト化が不可避である。このことは安価な装置開発という目的に対して適当ではない。安価な装置とするためには、シンプルな部品構成とすることが良策と考え、初期試作では、図1に示すようにロボットハンドの代わりに二つの回転する植付けローラー（このローラーはベルトを介してモータにより同一回転数で回る）で種球をはさんで土壌表面に向かって搬送する機構を検討した。しかし種球の形状は、種球中心と発根部を通る軸に対して回転対称ではない。そのため両ローラーとの接触距離に差が発生し、植付け姿勢が崩れることがわかった。

そこで、種球に直接接触することなく植付けができれば、この問題は解決すると考え、地上から種球を押し込むのではなく地中に引き込む方法を考案し、装置化したので次章で説明する。

次に、植付け機構に供給する種球は、正しい姿勢であることが要求される。それにはあらかじめ種球の姿勢を整えておく必要がある。種球の姿勢制御については画像処理を利用した方法が考えられるが、高コストになるためその手法は見送る。代わりに作業者が種球の姿勢を矯正する。これにより作業が発生するため、その負担をできる限り軽減させることを考慮する必要がある。

そこで、植付け機構部の移動方式を自走する装置に組み込むことで作業者は種球の供給に集中できると考えた。これを装置の移動に合わせて歩行しながらの作業とするか、もしくは乗用型として座位姿勢で作業するかを検討した結果、より種球供給作業に集中できる後者の方法を選択した。この方法は、作業者の種球1球あたりの供給時間がそのまま植付け速度となる。そのため種球供給時間は速くても1~2秒/球が限界である。したがって目標を2秒/球とする。



図1 植付けローラー（初期試作案）

2.3 開発コンセプト

以上より、植付け時間短縮（目標：2秒/球）と合わせて、つらさ指数0に分類される座位姿勢を取り入れた装置を開発することで、作業の軽労化を実現する。その開発コンセプトは以下の通り決定した。

- (1) 自走式植付け装置
 - (2) 手動での種球供給
 - (3) 乗用型
 - (4) 低価格（販売価格目安30~50万円、原価は半額程度）
- なお、(4)については生産農家に対するアンケートの結果により決定している。

3. 試作機の製作

製作した自動植付け機の全体像を写真3に示し、以下で詳細を説明する。製作にかかった部品費はおおよそ20万円である。

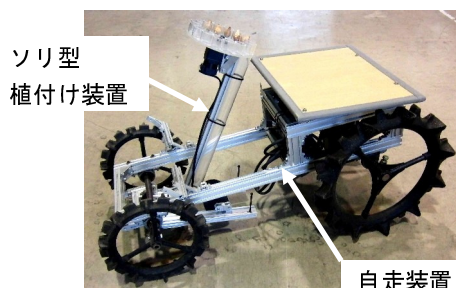


写真3 自動植付け機

3.1 構成

植付け機は主に二つの装置で構成される。一つは種球供給用回転テーブルと植付け部分を組み合わせたソリ型植付け装置であり、もう一つはソリ型植付け装置を植付けの進行方向に牽引する乗用型の自走装置である。作業者はこの自走装置に乗り、座位姿勢で種球供給用回転テーブルに種球を供給することで、自動的に植付け作業が行われる。

3.2 種球供給用回転テーブルの機構

種球供給用回転テーブルを写真4に示す。円形の回転テーブルにアクリル製の筒状種球ポット16個を放射状に配置し、テーブル中心にある電動機により種球ポットを回転させる。種球の入った種球ポットがガイドパイプの上側開口部の位置に来た時に、種球ポットは底抜け状態になり、種球は重力によりガイドパイプ内を落下する。テーブルの回転数を変えることで種球落下のタイミングを調整できる。



写真4 回転テーブル

3.3 植付け部の機構

植付け部周辺の形状を写真5に示す。植付け機構の鍵となる部品について、使用した材料はアルミ製フレーム材を切断した単純なもので、本装置ではこれを誘導体と呼ぶ。これを地中に埋め、牽引することで、種球を地中に引き込むことを可能とした。この誘導体の形状は2cm×2cm×5cmの直方体であり、ガイドパイプ下方に配置し、地表面（ソリ下面）から誘導体上面までの距離は3.5cmである。この現象を利用し植付けるメカニズムを図2を用いて説明する。

まず、地中に誘導体を埋めて進行方向へスライドさせる（図2①）。次に、ガイドパイプを通して来た種球は、ガイドパイプを抜けてそのまま土に向かって落下する（図2②）。落下地点では誘導体が地中の土をかき分けて瞬間的に空洞を形成し、且つ形成直後に空洞上方および周りの土が空洞を埋めるため崩れ落ちる。種球はその崩れ落ちる土と一緒に地中に埋め込まれる（図2③）。最後に覆土ローラーを使って種球の周囲の土地を踏み固める（図2④）。要するに、地中の誘導体を連続的にスライドさせることで、地中に向かって地すべりのような現象を起こさせ、その部分に適時種球を落下することで安定して地中に埋め込むのである。植付け具合については、誘導体の大きさ、形状、深さおよび位置を変えることで制御できる。

このように誘導体を利用することで、前章のローラーを用いた植付け機構と比較して、よりシンプルな構成にでき、高価な部品も必要なくなるため、さらに小さく、安価に製作できる。

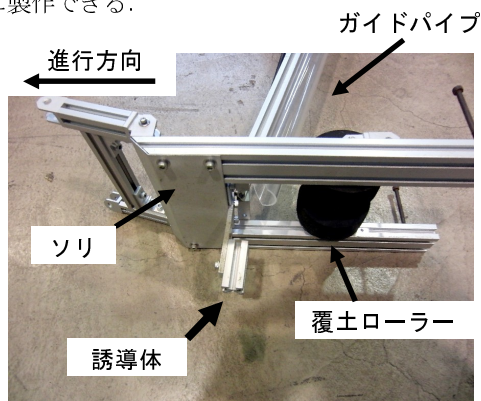


写真5 植付け部（斜め下側より見る）

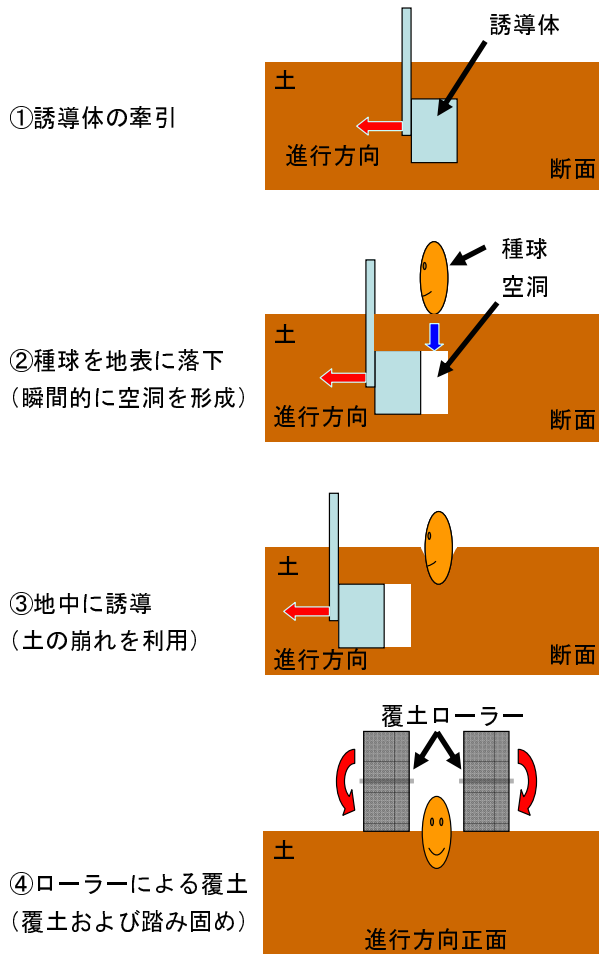


図2 植付けのメカニズム

3.4 乗用型自走装置

乗用型自走装置の全体像を写真6に、その仕様を以下に示す。

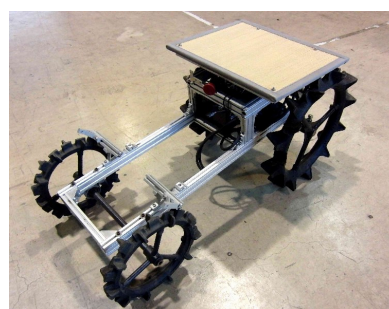


写真6 乗用型自走装置

- ・駆動方式：電動駆動（後輪）
- ・移動速度：12cm/秒（MAX）
- ・牽引力：1kN

本装置は植付け性の評価に限定したため、方向変換のためのステアリング機能や差動機能を有していない。前後の車軸間にソリ型植付け装置と種球供給作業用の椅子を配置している。植付けの株間隔は自走速度と種球供給用回転テーブルの回転数を調節することで任意に設定できる仕組みである。

3.5 操作方法

植付け作業者は、乗用型自走装置の後輪上方にある椅子に座り、あらかじめ種球供給用テーブル上の種球ポットに種球を装填し植付け準備完了とする。次に、自走装置を発進させ、植付けポイントに差し掛かる直前で種球供給用回転テーブルを回転させる。すると種球は1球ずつ順番に一定の時間間隔（植付け速さ：1.4秒/球）で落下する。種球落下に伴い種球ポットが空になるため、植付け作業者が順次種球を種球ポットに供給する。

4. 圃場での評価

農業技術センターのワケギ栽培ハウス内にて植付け性の評価を実施した。実験風景を写真7に示す。



写真7 実験風景

4.1 評価方法

植付けの実験条件を以下に示す。

- ・植付け区間：8.5m（1条）
- ・株間：12cm
- ・自走装置の移動速度：5.1m/min
- ・種球供給用回転テーブル：2.7rpm
- ・植付け速さ：1球あたり1.4秒

植付け作業後に植付け区間に植付けられた種球の植付け状態を1球ずつ確認する。

4.2 植付け精度の評価結果

自動植付け機により植付け試験を2回実施したときの結果および植付け成功率を表1に、植付けの状況を写真8に示す。植付け成功とは、種球の発根部が下向き方向かつ、種球の半分以上が地中に埋め込まれている状態とする。それ以外を失敗とした。植付け作業時間は慣行手植えの60%短縮が可能となった。植付け成功率は平均で80%であり、誘導体による植付け法の実用化の可能性を示すことができた。植付け失敗と判定された種球は、完全に土に覆われていた場合と、横倒しになっている場合があった。

実用において、より植付け成功率を向上させるためには、生産地ごとに土質が異なるため、それに合わせた最適な形状の誘導体を使うことが必要である。さらに自走装置の移動速度が誘導体による土の沈み込みの効果を変化させるため、移動速度も含めた条件の調整が必要である。

表1 植付け性能の評価

	植付け数 (球)	失敗数 (球)	植付け成功率 (%)
1回目	73	12	83
2回目	72	17	76



写真8 植付け状況

4.3 作業姿勢の評価

本装置により座位での作業が可能となった。慣行における深い中腰姿勢は出現せず姿勢改善は達成できたと考える。ただし、座位姿勢も長時間になると腰部（腰椎）への負担が増加するため、座に腰部サポートを付け骨盤の後傾を防ぐなどの工夫も必要になる。また、1球ずつ種球の姿勢を確認しつつ、回転テーブル上の小さなポットに挿入する作業は、少なからず手先や目へ負担をかけるが、作業への聞き取りからそのような負担の訴えはなかった。よって、全体の身体負担は大幅に改善できたと考えられる。

5. 結 言

ワケギ生産における植付け作業の省力・軽労・効率化を目的として、乗用型自動植付け機を開発した。作業者は座位姿勢で種球ポットに種球を供給することで、一定の植付け速度、一定の株間を保って自動的に植付けを完了する。この装置の現地評価を行い、実用化に向けて得られた知見を以下に記す。

- 1) 誘導体を牽引することによる植付け方法を利用した現地評価での成功率は80%であり、この方法による植付け機の実用化の可能性を示すことができた。
- 2) 誘導体を利用することで、安価でコンパクトな装置を実現した。
- 3) 回転テーブルの回転速度と自走装置の移動速度の調整によって植付け速さと植付け株間の調節は容易にできるが、植付け状態に関しては、圃場の状態に大きく左右されるため、事前に誘導体の位置および形状の条件出しを実施することが必要である。

文 献

- 1) 農林水産省農産園芸局婦人・生活課. 快適な農業労働の実現のために－技術実証・労働負担・環境調査のすすめ－, 1-146, 農林水産省, 東京 (1995).