548 ハウス園芸における自動収穫ロボット用車両の開発

Development of Vehicle for Harvesting Robot in Greenhouse Horticulture

○岡 宏一（高知工科大学）
村瀬 賢晃（高知工科大学）

北村 晋助（高知工科大学）
河野 嘉克（森精機製作所）

Koichi OKA, Kochi University of Technology, Miyanokuchi 185, Tosayamada-cho, Kochi
Shinsuke KITAMURA, Kochi University of Technology
Masaaki Murase, Kochi University of Technology
Yoshikatsu Kohno, Mori Seiki Co., Ltd.

This paper describes a new type of a vehicle mechanism using in greenhouse. The feature of this vehicle mechanism is that normal tires use for front wheels and rotary crawler system for rear driving mechanism. As the passage in greenhouses is very narrow and bad to move, turning and passing performance is important. More over, the vehicle is developed as a part of automatic harvesting system in greenhouse, so simple turning operation and robust passing ability are required. In this paper, mechanism of the proposed vehicle, strategy of turning, comparison with other type vehicle is explained.

Key Words: Automatic Harvesting System, Greenhouse, Semi-crawler Vehicle

ハウス園庭において、果実を収穫するには多大な労働力が必要となるが、高齢化や農業従事者の減少により労働力が不足している。その解消のためにハウス園庭の自動化が必要であり、現在温度調整や果実の自動収穫など、ハウス園庭の自動化の研究が進められている。しかし図A1に示すようにハウス内は狭く未舗装であるためロボットが効率よく活動することが困難である。本研究では、ハウス内における自動収穫ロボットが効率よく活動できるための車両の開発について述べる。

ハウス内の畝と畝の間は非常に狭く段差も大きい。そのため畝を傷つけずに車両を旋回させるためのスペースを確保することは困難である。この問題を解決するために、操舵輪である前輪には通常のタイヤを使い、駆動輪である後輪にはクローラを使う車両を提案する。旋回時には前輪は通常の車両と同じ動きをするが、後輪は畝の外に出るまで直進の動きをし、車体が90度回転すると接地旋回を行いクローラ部を90度回転させ狭いスペースで車両を旋回させる。車両の旋回の様子を図A2に示す。

提案する試作車両の模型の写真を図A3に示す。試作車両は構想している車両の三分の一の大きさである。同等の大きさでハンドル切れ角を45度に設定して、通常の車両、クローラ車両、構想する車両の三台を用いて性能を調べるための実験を行った。まず三分の一に縮小したハウス内の作業空間を作り、三台を走行させて旋回の様子を検証した、次にハウス内の走行路に近い状態を再現した試走プランターを用いて走行を実施して、各々の車両の走破能力を評価した。

実験を行った結果、通常の車両の場合は何回かの切り返しが必要であり、クローラ車両の場合は接地旋回でその場で旋回することが可能だが車両全体が畝から出ることが必要であった。構想している車両の場合は狭い進入路でも切り返しの必要がなくスムーズに旋回が可能であった。試走プランターでの走行実験も駆動輪がクローラのため安定して走行でき、未舗装の走行路でも高い走破能力を持っていることが確認できた。これらの結果から構想している車両が有効であるという結論を得た。

試作車両の結果からみて構想している車両で十分な走行が期待できる。今後は予想される収穫ロボットの大きさや重量を考慮して、前後の重量バランスや操作性を向上させるとともに実車両実現に向けて各部分の数値計算、部品の入手、組み立てをおこなっていかうと考えている。

Fig.A1 Passage and ridge in greenhouse

Fig.A2 Strategy of tuning corner

Fig.A3 Model of the proposed vehicle

1. はじめに

ハウス園庭において、果実を収穫するには多大な労働力が必要となるが、高齢化や農業従事者の減少により労働力が不足している。その解消のために温度調整や水やりなどのハウス園庭の自動化が行われている。しかし労働を必要とするのは、それだけにとどまらず、ナスなどの果実の自動収穫などの研究が進められている⁽¹⁾⁽²⁾。

本研究もハウス園芸野菜の一つであり、果実の認識が難しいと考えられるピーマンの適期を判定し収穫を行うロボットの開発である⁽³⁾。ロボットの開発のためには実際の認識や摘み取りの技術も必要であるが、ビニールハウス内で移動するための機構も必要である。通常ビニールハウス内は、その生産効率をあげるため、通路は狭く、畝の間にあるため悪路である。このような場所を効率よく移動するための機構の開発が本研究の目的である。以下では、ピーマンの収穫のためのロボット概略とビニールハウス内の様子を説明し、その後今回提案する機構について紹介する。今回の発表では、提案した機構の有効性を確認するために模型を作り、その動作を確認したのでその結果について報告する。

2. ビニールハウス内ピーマン収穫ロボット

本研究の目指すところは、ピーマンを対象に、適期を判定し収穫を行うロボットの開発である。実際のビニールハウス内のピーマンの様子は図1のようなものである。収穫は、図2の左図のようにピーマンを切り取り、右図のようなコンテナに入れて運ぶ。図からわかるように畝と畝との間の通路は狭く、かつ悪路である。

このようなピーマンの収穫作業を自動化するためには、図3のような機能を持つロボットを開発することが必要であると考えた。収穫ロボットは画像認識により収穫に適したピーマンを認識し、はさみによってピーマンを摘み取る。摘み取られたピーマンはロボットに搭載されているコンテナに入れられる。摘み取りおよび荷送りのために、このロボットはハウス内を自由に移動可能である必要がある。このために今回は以下のような機構の提案を行う。

Fig. 1: Photograph of passage and ridge in Greenhouse

Fig. 2: Harvesting job for Sweet pepper

Fig. 3: Functions required for automatic harvesting robot

3. 自動収穫ロボット移動機構

3.1 移動機構の提案とモデル

ハウス内は、収穫効率を上げるために、畝と畝の間の通路は非常に狭い。また、畝の終端とハウスの内壁との間も狭い。通路の見取り図を図4に示す。図に示すように畝の間の通路の幅は約40cm、ハウス内と内壁部の通路幅は80cm程度しかないのである。また先の図1でみたように、路面の状況は非常に悪い。

このような場所を移動する装置として必要なこととして、段差があっても乗り越えて進めること、車両旋回は非常に小回りができること、さらに自律型のロボットを考えており、畝を傷つけずに簡単な操作で方向転換できることをあげることができる。これらのことを満足する移動機構として、操舵輪である前輪には通常のタイヤを使い、駆動輪である後輪にはクローラを使うセミクローラ車両を提案する。ただし通常のセミクローラ車両と違い、後輪であるクローラは車両のヨー方向に受動的に回転できる機構を持つ。

提案する試作車両の模型の写真を図5に示す。試作車両は構想している車両の三分の一の大きさである。左側が前輪であり通常の車と同じくタイヤの切れ角で旋回できる。前輪は駆動力を発生しない。右側が後輪となるクローラ部でこのクローラ部は鉛直軸回りに回転することができる。推進駆動力はクローラ部によって与えられ、左右のクローラは独立に制御することが可能である。

3.2 車両回転のための方策

提案した車両を用いてハウス内で旋回するときの方策を図6に示す。図では時間の経過とともに左から右に車両が移動する様子を示している。まずロボットが畝の端まで来たとき、前輪を切り車両の先頭を回転させる。このとき後輪のクローラは、畝の外に出るまで直進の動きをさせる。車両が進んで図の右から2番目になったとき、後輪のクローラ部は左右のクローラの動きを逆転させ、接地旋回を行う。最終的に右端の図のように90度の回転を行うことが可能である。この回転は前輪、後輪ともに車輪である場合より旋回性能にすぐれ、クローラだけの駆動機構より回転制御が簡便に行うことができると予想される。

4. 回転性能に関する検討

4.1 数値的検討

不正地走破に有効とされている四輪駆動車やクローラ車両などの既存の旋回方法で畝と畝の間を旋回しようとするとき、車体が畝に接触し畝を破損してしまう可能性が大きい。畝などの障害物がある場合、車両の内輪差は通常と逆に後輪が前輪の外側を通るようにすることが望ましいと考えられる。

まず通常の4輪車両がハウス内を走行することを考えた。車両の大きさは、図7に示すように、車幅40cm、車長70cm、ホイールベース50cmであり、ハンドル切れ角は45度と設定して数値的な検討を行った。走行の軌跡と内輪差を

Fig. 4: Movable area in greenhouse

Fig. 5: One third model of proposed vehicle

求めると内輪差は、18.2cmである。このことは、走行可能な空間で旋回するには一度では曲りきれず、数回の切り返しを必要とすることが予想される。

次に、クローラ車両の場合について検討した。同じく車両の大きさを車幅 40cm、車長 70cm とした。クローラ車両の場合は、接地旋回により 360 度車両の中心の回りに旋回することが可能である。しかし、車両全体が畝から出た後にこの旋回方式を行うこととすると、車両の対角線の長さ約 81cm を直径とした円の広さが必要であり、畝もしくはハウスの内壁と接触する恐れがある。クローラ車両の旋回の軌跡を図 8 に示す。

最後に提案する車両は、前輪の切れ角による旋回の影響を車体の後部が受けることなく進むことが可能である。このため図 6 に示したように、スムーズに角を曲がるのが可能であると考えられる。

Fig. 6: Strategy of turning at narrow corner in greenhouse

Fig. 7: Four wheel vehicle moving in greenhouse

Fig. 8: Crawler vehicle rotation motion

4.2 モデル車両の実験による検討

試作車両と同等の大きさの通常車両、クローラ車両を用意し、通常車両、クローラ車両、提案する車両の三台を用いて旋回性能、走破性能を調べるための検証を行った。通常車両と提案する車両の前輪の切れ角は 45 度とした。まず三分の一に縮小したハウス内の走行可能な空間を平らな板の上に作り、走行させて旋回の様子を検証した。次にハウス内の走行路に近い状態を再現した図 9 に示す試走プランターを用いて走行を実施して車両の走破能力を評価した。各車両は操作者の目視によりリモコンのオンオフ制御によって操作されるようにした。

検証を行った結果、4 輪の車両の場合は一度で旋回しようとする、畝の角に接触してしまうことがわかった。接触がどこで起こるかを図示したものが図 10 である。これは切り返しを行うことによって回避することが可能であるが、畝を傷つけないように旋回するのはリモコンでのオンオフ制御であることも影響し、非常に困難であった。

クローラ車両の場合はその場での旋回を試みたが、畝から車体全体を出した場合には、旋回するスペースを確保する事ができなかった。片側のクローラだけを駆動しての旋回も試みたが車両の対角線の長さが畝と畝の幅よりも長い、数回の切り返しを要した。この場合の接触する場所を図 11、図 12 に示す。畝を傷つせずに旋回するのは通常車両と同様に困難だった。

提案する車両の場合は狭い進入路でも切り返しの必要がなく、スムーズに旋回が可能であった。試走プランターでの走行実験も駆動輪がクローラのため安定して走行でき、悪路の走行路でも高い走破能力を持っていることが確認できた。これらの結果をまとめると、表 1 のようになり、提案した車両の機構が有効であるという結論を得た。

5. おわりに

ハウス内の果実を自動的に収穫するロボットを開発するための、一つの要素として、ハウス内をロボットが移動するための機構を提案した。提案した機構は、前輪が通常のタイヤ形ホイールであり、後輪がクローラになっているセミクローラビークルタイプのものである。しかしこのタイ

Table 1: Results of verification

	stability	roadability	Turning perfor- mance	impact for passage
4 wheel vehicle	△	×	△	×
crawler vehicle	○	○	×	△
proposed vehicle	○	○	×	△

Fig. 9: Planter for experimental examination

プの車両とは、後輪が車体とは別構造になっており車体に対して回転が可能なのが異なっている。

提案した移動機構の有効性を確認するために、数値的および実験的に性能を検証した。その結果、通常の4輪型車両や、クローラ型車両に比べて、提案する移動機構の優位性が確認できた。

この後は実際に提案の車両を制作し、ビニールハウス内での走行実験を行う予定である。

参考文献

- (1) 林, 雁野, 黒崎, ナス収穫ロボット, <http://www.naro.affrc.go.jp/top/seika/2002/vegetea/ve020.html>, 2002
- (2) 有馬, 湯木, 山下, 加藤, 丸身, イチゴ収穫ロボットの開発研究, 日本機械学会講演論文集 1P1-2F-A5 (2003)
- (3) S.Kitamura, K.Oka, Recognition and Cutting System of Sweet Pepper for Picking Robot in Greenhouse Horticulture, Proceedings of 2005 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation 1807-1812 (2005)

Fig. 10: Collision by 4 wheel vehicle to ridge

Fig. 11: Collision by crawler vehicle to ridge I

Fig. 12: Collision by crawler vehicle to ridge II