農産物ハイテク生産システムにおける植物生育診断ロボットの開発

Development of the autonomous traveling robot diagnosing plant growth in intelligent plant factory

正 有馬誠一 (愛媛大) ○学 岡田未来 (愛媛大)
准 土居義典 (井関農機(株)) 准 松岡 実 (井関農機(株))

Seiichi ARIMA, Ehime University, sarima@agr.ehime-u.ac.jp
Mirai OKADA, Ehime University
Yoshinori DOI, ISEKI&CO., LTD
Minoru MATSUOKA, ISEKI&CO., LTD

There are many kinds of problems in environment surrounding agriculture such as the farming population decrease, aging society, fake foods, environmental pollution with agricultural chemicals and chemical fertilizer, the dioxin contamination of field by waste incineration and etc. We should reconstruct a system. It is a farming system in which the state of the field, crops, and the circumference environment is quantitatively understood, and cultivation and the management method corresponding to the difference of these states are selected adequately. This system is necessary at the plant factory using sun optical.

Then, we developed the information collecting robot in the plant factory. This robot mainly consisted of the mobile mechanism, the control unit, a proximity switch, an ultrasonic sensor and collects the plant diagnosis information such as the temperature of the leaf and the photosynthesis function with the self-position in the plant factory. As a result, states of each area of crops and the environment were able to be quantitatively understood based on the concept of the speaking plant approach.

Key Words: Environmental control, Uneven growth, Diagnosing plant growth

1. はじめに

安定的な農業経営を可能とする農産物ハイテク生産システムの確立と普及には、高品質・安定供給が必須課題である。これを実現するためには、作物の状態や栽培環境、作業記録、流通など様々な情報を必要とし、その情報を基にした、きめ細やかな栽培管理をしなくてはならない。そのためには、ブロック毎に環境状態と植物の生育状態を診断する技術と、得られた情報よりばらつきに対応した栽培管理の技術が必要である¹⁾。例えば、前者では、自動走行ロボットに各種センサをとりつけ、ブロック毎に走行しながら環境状況と生育状態の診断を行う技術、後者では、得られた情報を3次元的なばらつきをマッピングし、ばらつきに対応した栽培管理があげられる。そこで、本研究では、前者の技術に着目し、一連の成長過程における植物の状況診断を可能とする知識ベースの収集システムを搭載し、施設内を自律走行する情報収集ロボットを考案した。

2. 植物生育診断ロボット

2.1 実験装置

自走式ロボットの開発は、①農産物ハイテク生産システム内に設置される暖房用パイプの上を走行すること、②条間を自動で移動すること、③自己位置を認識すること、④夜間に走行し、栽培環境・植物の生育状態に関するデータの収集を行うことを目的として行った。

2.1.1 走行部

情報収集ロボットの走行部を図1に示す。走行部の構成はバッテリーとDCモータ、農産物ハイテク生産システム内に配置する暖房用パイプの上を走ることに対応した車輪、コンクリート上を走行するためのキャスタ、各種センサ及びコントロールユニットからなる。駆動輪は前輪とし、左右独立して正・逆転・停止、スピードコントロールが可能である。パイプ上走行時は前輪および後輪がパイプに設置し、キャスタはパイプよりも外側にオフセットして取り付

けられているため、パイプに接触しない。一方、コンクリート走行時は前輪およびキャスタが接地し、後輪は接地しないため、自在に方向転換でき、その場旋回も可能である。

Fig.1 Information Collecting Robot

2.1.2 制御部

本試作機の制御はロボット本体に搭載したコントロールユニットによって行われている。走行制御には、近接センサ、超音波センサを使用した。図2に制御部のブロック図を示す。各センサからの信号は、デジタル入力、AD変換ユニットを介してCPUユニットに送られ、制御方法を決定した後、デジタル出力、DA変換ユニット、スピードコントローラを介して左右モータの回転を制御する。近接センサはステンレステープの磁気を検出して行うライントレース、超音波センサは障害物の認識用として用いた。また、ロータリーエンコーダにより、車輪の回転数を検出し、走

行部の移動量すなわち植物工場内の自己位置を認識させた。また、本試作機に装着した温度センサなど、植物生育診断情報を収集する各種センサからのデータは、AD 変換ユニットおよび CPU ユニット、無線 LAN を介してパソコンへ送られる。

Fig.2 Block Diagram of Control Unit

2.2 動作手順

本ロボットは、植物工場内の枕地（コンクリート面）と栽培ベッド間に設置された暖房用パイプ上を自在に方向制御しながら自律走行する。具体的には、枕地表面にステンレステープを貼り（図3）、これをトレースすることによって、条間移動とパイプ上走行を行う。動作手順は以下の通りである。①近接線センサがラインを読み取りトレースする。②近接センサが A のラインを検出したら、右に 90 度旋回する。③ラインをトレースしながら前進し、パイプに乗る。④後輪に取り付けられたロータリーエンコーダで自己位置を認識しながらパイプ上を前進する。⑤車体全部のリミットスイッチがパイプの終端のストッパに接触したら後退する。⑥B のラインまで後退したら、左に 90 度旋回し①の動作に戻る。以上の動作を繰り返しおこなうことで植物工場内を自動で走行する。

Fig.3 Traveling route in the plant factory

2.3 植物生育診断

植物生育診断はSPA（スピーキング・プラント・アプローチ）を適応して行う。すなわち、各種センサを利用して植物生態情報を非破壊・非接触・連続で直接取得して、その時の植物の状態を診断する。診断項目は以下の通りである。①光合成機能の診断（植物の生育状態と密接な関係のある光合成の機能は、クロロフィル蛍光画像によって診断する）、②水ストレスの診断（カラー画像によって、植物群落の下から、植物の萎れ具合を検出することによって、水ストレスを診断する）、③蒸散機能の診断（蒸散機能は熱画像によって葉温を測定し、蒸散速度を推測する）、④葉面積の推定。（生育状態や栽培管理の指標となる葉面積は、3次元画像・カラー画像・熱画像を組み合わせ推定する）、⑤乱形花の診断（乱形花は、商品価値が低い奇形果になる

ので、3次元画像・カラー画像によって診断し、花の段階で取り除く）。図4に各計測器を装着したロボットを示す。

Fig.4 Conception picture Autonomous travelling robot diagnosing plant growth

3. 今後の課題

本研究の最終目的は、生育状態のムラを解消し、収穫量を増加させることである。そのためには、収穫量の少ない栽培ブロックの引き上げが必要となり、環境と生育・収穫量の関連性を示す知識情報が必要となる。知識情報を抽出するためには、栽培ブロック毎の気温、光合成速度などを測定し、それらのデータを図5に示すようにマッピングし、環境条件、生育状態に対しての収穫量の変化を決定付ける必要がある。そして、今後の展開として、得られたデータをもとに、知識ベースを構築し、栽培ブロック毎の栽培管理システムを開発する。また、「生育診断と環境計測→栽培ブロックごとの情報マッピング→栽培ブロックごとの環境制御」のサイクルを繰り返し行うことで、セルフチューニング可能なシステムへ行こうことができ、より高度な知識ベースの充実を目指す。

Fig.5 Map of quantity of leaf

参考文献

- [1] Arima, S., Kondo, N., Shibusawa, S. and Yamashita, J., "Traceability Based on Multi-Operation Robot; Information from Spraying, Harvesting and Grading Operation Robot," Proceedings of the 2003 IEEE/ASME International Conference on AIM2003, pp.1204-1209, 2003.