水田管理の自動化・省力化を目的とする水田調査ロボットの開発

Development of a Paddy Field Investigation Robot for Automation and Laborsaving of Paddy Field Management

○学 岩壁 佳祐(福井大院) 山本 達郎(福井大院) 刘 春辉(福井大)
正 安藤 大樹(福井大院) 正 山田 泰弘(福井大院)

Keisuke IWAKABE, Graduate School of the University of Fukui, 3-9-1 Bunkyo Fukui-shi, Fukui, Japan
Tatsuro YAMAMOTO, Graduate School of the University of Fukui
Chunhui LIU, University of Fukui
Hiroki ANDO, Graduate School of the University of Fukui
Yasuhiro YAMADA, Graduate School of the University of Fukui

The utilization of multi sensors of a paddy field investigation robot for automation and laborsaving of the paddy field management is discussed. Sensors of the robot measure paddy field environmental data such as air temperature, humidity, water level, water temperature, and dose of radiation. The robot can move autonomously by using LRF (Laser Range Finder) for avoiding rice plants in a paddy field night and day. Remote operator can collect paddy field environmental data from the robot by telecommunication. We selected suitable sensors for the robot and conducted performance evaluations of the sensors.

Key Words: Field Robot, Sensor, Paddy Field, Paddy Field Management

1. 緒 言

近年、稲作において環境問題や食の安全のことを考え、農薬や化学肥料を使わない“有機農法”が注目されている。有機農法とは、化学物質の利用をやめ、旧来のような天然の有機物や天然由来の無機物による肥料などを用いるなど、自然のしぐみに逆らわない農業のことであり、収穫量よりも生態系全体に重きを置いている。しかし、農薬を使用しないことから水田管理に人手を要することや、農業従事者の人口減少が普及を妨げる原因になっている。そこで、これらの課題を解決するために水田管理の自動化・省力化を目的とする水田調査ロボットの開発を行っている。

2. 水田管理の自動化・省力化の必要性

自動水位制御による水田水管理の自動化・省力化が効果をあげている[1]。本研究では、水田調査機能を搭載したロボットが、管理者が遠隔地から指定する水田内の位置まで稲列を障害物回避しながら自律移動し、水田内の環境データを調査して管理者の遠隔PCに送信し、ファイルに自動保存する。

この水田調査ロボットの導入効果として、

- 1) 管理者は遠隔地から水田の環境情報を把握でき、水田に直接出向く回数を減らせることから水田管理を省力化できる。
- 2) 従来(人手による水田管理)よりも正確に水田の環境情報が得られ水田管理を自動化できる。
- 3) 水田各部の水位を正確に測って水位管理を自動化できるので、稲の品質向上が可能になる。
- 4) 水田各部の放射能を測って自動記録できるので、稲作環境の安全性を確認できる。

などが期待できる。

自動化・省力化により、水田環境情報と管理者による水田管理情報を一元管理できるようになり、過去の環境情報と管理情報を参照して、稲の品質向上や収量増加のための水田管理方法が適切に実施できる。

3. 水田調査ロボットの構成

本研究の水田調査ロボットは、水田の稲列の条間(300mm)を移動する小型のロボットであり、LRF(Laser Range Finder)

を搭載し、稲株の根元付近をセンシングできるように設置する。LRFにより得られた2次元の障害物(稲列)データから、ポテンシャル法によって進行方向を決定する。

LRFを搭載する利点として、夜間の水田移動も可能になる。有機農法では生物的防除法があり、特にアイガモ農法が有名だが、夜間にアイガモの雛が獣の被害に遭って全て捕食されることがある。このような被害を失くすための警備ロボットとしての役割など様々な事に応用できると考える。

4. 水田調査用センサの性能評価

水田の環境情報として、気温、湿度、水位、放射線量、水温を測定することとし、各種センサの選定、性能評価を行う。

4.1 気温・湿度

気温と湿度を測定するために、温湿度センサモジュール(HSM20G: マルツパーツ館)を使用する。センサの出力抵抗 $R(k\Omega)$ から気温 $Ta(^{\circ}C)$ を求める変換式、センサの出力電圧 $V(V)$ から湿度 $Ha(\%)$ を求める変換式を次に示す。

$$Ta = -23.05 \times \ln R + 114.86 \quad (1)$$

$$Ha = 30.86 \times V - 11.50 \quad (2)$$

センサと性能比較対象の温湿度計(市販品)を、同一空間に長時間置いた後に温湿度測定した結果を表1に示す。表から、誤差が小さく、選定したセンサは十分な測定精度を有することを確認した。

Table 1 Comparison with thermo-hygrometer

	Temperature ($^{\circ}C$)	Error (%)	Humidity (%)	Error (%)
Sensor, HSM20G	6.3	1.5	72.4	1.9
Thermo- hygrometer	6.4		71	

4.2 水位

水位を測定するために、超音波距離センサ(PING: 浅草ギ

研)を使用する。超音波は水面で反射するため、水面までの距離を非接触で測定できる。センサにトリガパルスを入力すると、測定を開始し、測定値をデジタルデータで PIC に出力する。

図 1 に示すように、センサを水面に垂直にロボットに設置することによって、空気中の音速 3.4×10^5 (mm/s)、センサの超音波往復時間 T_s (s)、センサ測定距離 H_{sw} (mm)、ロボットのセンサ設置高さ H_{sm} (mm) から、次式によって水位 H_{wm} (mm) を求める。

Fig.1 Water level measurement by ultrasonic distance sensor

$$H_{sw} = 3.4 \times 10^5 \times T_s / 2 \quad (3)$$

$$H_{wm} = H_{sm} - H_{sw} \quad (4)$$

表 2 に示す測定結果より、選定したセンサによって水面までの距離を精度よく測定できることを確認した。

Table 2 Measurement results by ultrasonic distance sensor

Distance (mm)	Measured value (mm)	Error (%)
190	188	1.05
830	831	0.16

4.3 放射線量

放射線量を測定するため、 β 線と γ 線を検出できるガイガーカウンタキット (CQ 出版) を使用する。このキットは簡易的なもののため、一回の測定に 10 分間の時間を要する。

線源 (コバルト) から 400mm 離れた位置にガイガーカウンタキットと比較対象のシンチレーションサーベイメータ (TCS-171, 日立アロカメディカル) を設置し、測定した結果を図 2 に示す。図の 10 分間の 3 回測定の結果では、最大 20% の誤差を生じたが、平均値をとることによって簡易のガイガーカウンタキットでもシンチレーションサーベイメータとほぼ同じ測定結果が得られることを確認した。

Fig.2 Comparison with scintillation survey meter, TCS-171

4.4 水温

水温を測定するため、熱電対温度プローブ (K 型サーモカップルデバイスセンサ, 秋月電子通商) を使用する。熱電対温度プローブは、専用 IC (AD594AQ) を使用して、熱電対の

0°C 点補正と起電力の増幅 ($40.7 \mu V/^{\circ}C$ から $10 mV/^{\circ}C$) を行う。

熱電対温度プローブと比較対象の温度計を水中に置いて水温を測定した結果を図 3 に示す。図より、測定値の平均を求めることにより、精度よく測定できることを確認した。

Fig.3 Comparison with thermometer

5. 水田調査用センサシステムの構成

水田調査ロボットに搭載する水田調査用センサシステムの構成を図 4 に示す。

遠隔 PC から水田調査ロボットにコマンドを送信して各種センサによる測定を開始し、測定した水田環境情報を PC に返信することで、水田環境情報の取得を自動化・省力化できる。センサから出力されるアナログデータは、PIC で A/D 変換する。図中のチルトセンサは実装済みであり、軟弱な凹凸面の水田を移動するロボットの傾き (ピッチ角とロール角) を測定する。超音波距離センサで得られる水位とピッチ角によって、ロボット前面の LRF の位置を水面から常に一定高さになるように制御する。

Fig.4 Sensor system configuration

6. 結言

水田調査ロボットに搭載するセンサを選定し測定精度を評価した。今後、ロボットに実装して 2012 年度稲作期に水田で環境情報の取得実験を行う。また、LRF による条間の自律移動についても性能評価実験を行う。

参考文献

- [1] 自動化システムによる水田水管理の省力化
<http://www.ari.pref.niigata.jp/nourinsui/seika00/katuyou/01/000201.html>