

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 4 月 14 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22380141

研究課題名(和文) ロボットコンバインによる収穫システムの高度自動化・情報化に関する研究

研究課題名(英文) Study on enhanced automation and informatics of harvesting system by robot combine

研究代表者

飯田 訓久 (IIDA, MICHIHISA)

京都大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：50232129

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,200,000円、(間接経費) 4,260,000円

研究成果の概要(和文)：GNSS(人工衛星測位システム)を利用して自動走行できる自脱コンバインロボットを試作した。このロボットは、刈取速度0.6m/sで稲を刈取り、枕地では90°または180°旋回を行う。また、グレタンクが満量になれば運搬車の付近まで移動して、タンクから運搬車へ穀粒を自動で排出できる。排出後は、最寄りの稲から刈取りを再開する。また、ロボットに装備された収量センサの情報から圃場毎の収量マップを作成した。さらにロボットの位置や作業機の情報、携帯端末を利用してサーバに送信・記録してPCやスマートフォンからロボットの運行状況をモニタリングできるWebアプリケーションを開発した。

研究成果の概要(英文)：A head-feeding combine robot that autonomously can travel by GNSS was developed in this study. This combine robot can harvest rice crop at speed of 0.6m/s, and it can turn left at 90 degree or 180 degrees to change its direction at headlands. When a grain tank of the robot is full of grains, the robot travels nearby the transporter autonomously, and it can unload grains from tank to transporter automatically. After that, it starts to harvest the nearest rice crop again. Additionally, the robot can send information about position and machine status of the robot to a data server by mobile phone. Furthermore, a Web application to remotely monitor the position and machine status of the robot was developed.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業情報工学

キーワード：農業ロボット コンバイン ロボット収穫 テレマティクス 精密農業

1. 研究開始当初の背景

日本の農業は、農業従事者の高齢化と減少により耕作放棄地が増加している。このような問題を解決するため、農業生産者の法人化を進め、少人数で効率的な農業生産を行う必要がある。このため、農作業の省人化と効率化を目的として、農業機械を自動化・ロボット化して利用するための技術開発が望まれていた。

2. 研究の目的

本研究では、コンバインロボットを開発して利用することで、稲の収穫作業を省人化するとともに、このロボットによる作業と同時に、収穫した日時、場所、および収量などの情報を収集することで収穫作業システムの情報化も実現することが目的である。

3. 研究の方法

市販の自脱コンバインを改良し、目標経路に追従走行しながら、イネを収穫するコンバインロボットを試作する。次に走行実験を繰り返しながら、長方形の圃場で左回りに直線と左旋回を繰り返してイネを刈取るための刈り作業経路を生成するプログラムを開発する。また、グレーンタンクが満量になれば自動で穀粒を排出するために、自動走行と排出オーガの位置決め制御を行う。さらに、コンバインに搭載されている収量センサにより、刈取位置と収穫量から収量マップを作成する。最後に、ロボットの効率的な運用と作業管理のため、携帯端末を利用して圃場で作業を行うコンバインロボットの位置や作業情報を研究室のデータサーバーに送信・記録するとともに PC やスマートフォンで閲覧できる Web アプリケーションを開発し、その性能の評価を行う。

4. 研究成果

本研究では、イネの収穫に用いる自脱コンバインをロボット化し、このロボットを用いて実際に収穫作業を行い、収穫システムを自動化・情報化を行った。図1が開発したコンバインロボットである。

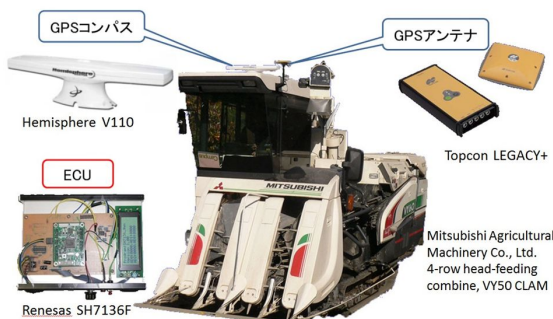


図1 自脱コンバインロボット

ロボットは、市販の自脱コンバインを改造し、これに航法センサとして、RTK-GPSとGPSコンパスを取り付けた。この航法センサ

によって測定した位置と方位から自己位置を推定し、あらかじめ設定された目標刈取経路に追従走行させた。この結果、十分な精度で自律走行することができた。目標経路の作成については、簡便かつ現場でわかりやすい経路設定とするため、収穫するイネ領域を長方形として、長辺と短辺の長さで長辺方向を入力して、目標経路を作成できるようにした。



図2 収穫した穀粒の自動排出システム

また、収穫した穀粒の自動排出システムに関しても、画像処理技術を活用して運搬車上のコンテナを探索し、自動で排出作業を達成した(図2)。

次に、遠隔地の基地局において、圃場で作業するロボットの運行状況を監視・管理・記録するモニタリングシステムの開発を行った。

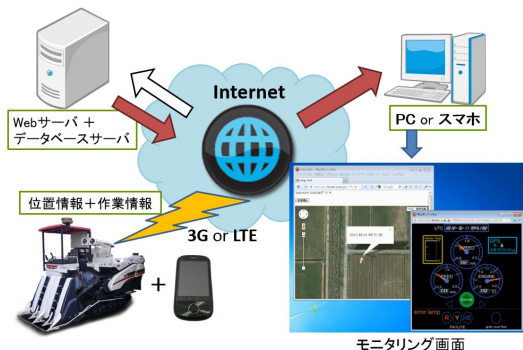


図3 Webアプリによる遠隔モニタリング

ロボットからの作業情報は、携帯端末を用いて基地局にあるデータサーバーに送信し、記録した。このデータサーバーには、Webサーバー機能も開発することで基地局にいなくても、インターネットに接続したパソコンやスマートフォンからWebブラウザを使用して、ロボットの運行状況が確認できるようにした。将来的には、ロボットからの情報を閲覧するだけでなく、基地局からロボットにコマンドを送信し、作業の開始・終了、および作業設定の変更を可能にすることが期待される。ただし、悪意のある者からの不正アクセスや操作を防ぐため、セキュリティ管理が重要な課題である。また、収穫物を運ぶ運搬車の運行状況についても、作業軌跡の測定を試みたが、運搬場所やそこまでの運搬距離などの条件が十分なデータを取得できなかった。今後更な

る検討が必要である。

さらに、開発したコンバインロボットに装備された収量モニタリング機能を用いて、圃場内の空間変動を示す収量マップを作成した。また、玄米をサンプリングによって調査した結果であるが、米の品質、すなわち、水分、タンパク質、および食味値についても分析を行った。

以上の研究成果に基づき、今後もロボット作業の信頼性と安全性を向上しつつ、一般農家が簡単に扱えるようなシステムを構築していく必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 8件)

- (1) Kurita, H., Iida, M., Suguri, M., and Masuda, R., 2012. Application of Image Processing Technology for Unloading Automation of Robotic Head-Feeding Combine Harvester, Engineering in Agriculture, Environment and Food, 査読有, 5(4), 146-151. DOI: 10.11165/eaef.5.146
 - (2) 村田資治, 井上博茂, 稲村達也, 2012. 水田転換畑における不耕起ダイズの生育に及ぼす降水の影響, 日本作物学会紀事, 81(4), 397-403.
 - (3) 内田諒, 飯田訓久, 祝華平, 栗田寛樹, 村主勝彦, 増田良平, 2013. 自脱コンバイン・ロボットの経路追従制御, 計測自動制御学会論文集, 査読有, 49(1), 119-124.
 - (4) Iida, M., Uchida, R., Zhu, H., Suguri, M., Kurita, H., and Masuda, R., 2013. Path-Following Control of a Head-Feeding Combine Robot, Engineering in Agriculture, Environment and Food, 査読有, 6(2), 61-67. DOI: 10.11165/eaef.6.61
 - (5) 石橋茉耶, 村主勝彦, 飯田訓久, 増田良平, 2014. Web アプリケーションによるコンバインロボットの遠隔モニタリング, 査読有, 農業情報研究, 23(1), 12-20, DOI:10.3173/air.23.1
 - (6) Cho, W. J., Iida, M., Suguri, M., Masuda, R., Kurita, H., 2014. Vision-based Uncut Crop Edge Detection for Automated Guidance of Head-Feeding Combine, Engineering in Agriculture, Environment and Food, 査読有, Accepted.
 - (7) Cho, W. J., Iida, M., Suguri, M., Masuda, R., Kurita, H., 2014. Using Multiple Sensors to Detect Uncut Crop Edges for Autonomous Guidance Systems of Head-Feeding Combine Harvesters, Engineering in Agriculture, Environment and Food, 査読有, Accepted.
 - (8) Kurita, H., Iida, M., Suguri, M., Masuda, R., Cho, W. J., 2014. Efficient Searching for Grain Storage Container by Combine Robot, Engineering in Agriculture, Environment and Food, 査読有, Accepted.
- [学会発表](計 39件)
- (1) 飯田訓久, 村主勝彦, 増田良平, 自脱コンバインのロボット化(第1報), 農業機械学会関西支部第124回支部例会, 2010年8月31日発表, 岡山大学, 岡山市.
 - (2) 野村和生, 増田良平, 出穂前の水田における雑草繁茂状況下での画像内稲領域の判別, 農業機械学会関西支部第124回支部例会, 2010年8月31日発表, 岡山大学, 岡山市.
 - (3) 飯田訓久, 村主勝彦, 増田良平, 自脱コンバインのロボット化(第1報), 農業機械学会第69回年次大会例会, 2010年9月15日発表, 愛媛大学, 松山市.
 - (4) Iida, M., Ikemura, Y., Suguri, M., Masuda, R., Cut-edge and Stubble Detection for Auto-Steering System of Combine Harvester Using Machine Vision, The 3rd IFAC International Conference ARICONTROL 2010, 7 December, 2010, Kyoto University, Kyoto, Japan.
 - (5) Onoyama, H., Ryu, C. S., Suguri, M., Iida, M., Estimation of Nitrogen Contents in Rice Plant at the Panicle Initiation Stage Using Ground-Based Hyperspectral Remote Sensing, The 3rd IFAC International Conference ARICONTROL 2010, 8 December, 2010, Kyoto University, Kyoto, Japan.
 - (6) 増田良平, 徳永直也, 飯田訓久, 村主勝彦, ロボットコンバインのための穀粒排出作業経路計画, 農業機械学会関西支部第125回例会, 2011年3月2日発表, 大阪府立大学, 堺市.
 - (7) 川辺達也, 栗田寛樹, 村主勝彦, 飯田訓久, コンバインの穀粒排出自動化のための画像処理技術の開発, 農業機械学会関西支部第125回例会, 2011年3月2日発表, 大阪府立大学, 堺市.
 - (8) 柳讚錫, 中出潤, 渡部慧子, 村主勝彦, 飯田訓久, 石川峻, コメの食味・収量の収穫時の水田の土壌特性との関係, 農業機械学会関西支部第125回例会, 2011年3月2日発表, 大阪府立大学, 堺市.
 - (9) 飯田訓久, 内田諒, 村主勝彦, 祝華平, 増田良平, ロボットコンバインの速度制御, 農業機械学会関西支部第125回例会, 2011年3月2日発表, 大阪府立大学, 堺市.
 - (10) 飯田訓久, 祝華平, 村主勝彦, 内田諒,

- 増田良平, RTK-GPS と GPS コンパスによるコンバインの自動操舵, 農業機械学会関西支部第 125 回例会, 2011 年 3 月 2 日発表, 大阪府立大学, 堺市.
- (11) 栗田寛樹, 飯田訓久, 村主勝彦, 川邊達也, 2011. ロボットコンバインの穀粒排出作業自動化のための画像処理技術の応用, 日本機械学会第 12 回「運動と振動の制御」シンポジウム, 2011 年 6 月 29 日発表, メルパルク長野, 長野市.
- (12) Masuda, R., Tokunaga, N., Iida, M., Suguri, M., 2011. Path planning for unloading task of autonomous head-feeding combine, The XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011, 1 July, 2011, Vienna, Austria.
- (13) Ikemura, Y., Iida, M., Suguri, M., Masuda, R., 2011. Machine vision for auto-steering system of combine harvester, The 4th Asian Conference on Precision Agriculture, 5 July, 2011, Tokachi Plaza, Obihiro, Japan.
- (14) Iida, M., Uchida, R., Zhu, H., Suguri, M., Masuda, R., 2011. Development of robot combine harvester equipped with GPS and compass, The 4th Asian Conference on Precision Agriculture, 5 July, 2011, Tokachi Plaza, Obihiro, Japan.
- (15) 飯田訓久, 内田諒, 村主勝彦, 祝華平, 増田良平, 2011. ロボットコンバインの巡回制御, 農業機械学会関西支部第 126 回例会, 2011 年 9 月 16 日発表, ホテルハーベスト南紀田辺, 田辺市.
- (16) 飯田訓久, 祝華平, 村主勝彦, 祝華平, 内田諒, 増田良平, 2011. RTK-GPS と GPS コンパスによるコンバインの自動操舵, 農業機械学会関西支部第 126 回例会, 2011 年 9 月 16 日発表, ホテルハーベスト南紀田辺, 田辺市.
- (17) Iida, M., Uchida, R., Zhu, H., Kurita, H., Suguri, M., Masuda, R., 2011. Development of robotic head-feeding combine" CIGR International Symposium on Sustainable Bioproduction-Water, Energy, and Food, 20 September, 2011, Tower hall Funabori, Tokyo, Japan.
- (18) 栗田寛樹, 飯田訓久, 川邊達也, 村主勝彦, 増田良平, 2011. ロボットコンバインの穀粒排出作業自動化のための画像処理技術の応用 - SURF 及び ARTToolKit を用いた排出オーガの位置決め制御 -, 第 70 回農業機械学会年次大会, 2011 年 9 月 27 日発表, 弘前大学, 弘前市.
- (19) 野村和生, 増田良平, 2011. ロボットコンバインのための画像処理による稲の倒伏状態の検出, 第 70 回農業機械学会年次大会, 2011 年 9 月 28 日発表, 弘前大学, 弘前市.
- (20) Kurita, H., Iida, M., Suguri, M., Uchida, R., Zhu, H., Masuda, R., 2011. Application of image processing technology for unloading automation of robot combine harvester, SI International 2011, 21 December, 2011, Kyoto University, Kyoto, Japan.
- (21) 飯田訓久, 内田諒, 村主勝彦, 祝華平, 増田良平, 2011. 自脱コンバイン・ロボットの経路追従制御, 第 12 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2011 年 12 月 25 日発表, 京都大学, 京都市.
- (22) Iida, M., Uchida, R., Zhu, H., Ohdoi, K., Suguri, M., Kurita, H., Masuda, R., Inamura, T., Development of Head-Feeding Combine Robot, The 6th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering (ISMAB2012), 19 July, 2012, Chonbuk National University, Jeonju, Korea.
- (23) Cho, W. J., Iida, M., Ikemura, Y., Suguri, M., Masuda, R., Machine Vision for Auto-Steering System of Head-Feeding Combine, The 6th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering (ISMAB2012), 19 July, 2012, Chonbuk National University, Jeonju, Korea.
- (24) Kurita, H., Iida, M., Suguri, M., Development of the Automated Auger Positioning System for Unloading Work – Searching and Positioning –, The 6th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering (ISMAB2012), 19 July, 2012, Chonbuk National University, Jeonju, Korea.
- (25) Iida, M., Suguri, M., Masuda, R., Ohdoi, K., Kurita, H., Cho, W. J., Uchida, R., Zhu, H., Ishibashi, M., Advanced Harvesting System by using Robot Combine, The 8th Workshop on Nondestructive Quality Evaluation of Agricultural, Livestock and Fishery Products, 27 November, 2012, Taiwan National University, Taipei, Taiwan.
- (26) 望月裕貴, 飯田訓久, 村主勝彦, 増田良平, ロボットコンバインのための方位センサの性能比較, 農業食料工学会関西支部第 129 回例会, 2013 年 3 月 5 日発表, 神戸大学, 神戸市.
- (27) Iida, M., Suguri, M., Uchida, R., Ishibashi, M., Kurita, H., Cho, W. J., Masuda, R., Ohdoi, K., 2013. Advanced

- harvesting system by using a combine robot, The 2013 IFAC Bio-Robotics Conference, 27 March, 2013, Hotel Agora Regency Sakai, Sakai, Japan.
- (28) 足立紘一, 村田資治, 増田太郎, 松宮健太郎, 稲村達也, 水田転換畑においてダイズ子実の成分・収量に作付体系は影響を及ぼすのか, 日本作物学会 第 235 回講演会, 2013 年 3 月 28-29 日, 明治大学生田キャンパス, 川崎市.
- (29) 飯田訓久, 望月裕貴, 山本亮介, 趙元在, 栗田寛樹, 村主勝彦, 増田良平, ロボットコンバインによる収穫作業, 第 57 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2013 年 5 月 15 日発表, 兵庫県民会館, 神戸市.
- (30) Lida, M., Kurita, H., Cho, W. J., Mochizuki, Y., Yamamoto, R., Suguri, M., Masuda, R., Turning Performance of Combine Robot by Various Compasses, The 4th IFAC Conference on Modelling and Control in Agriculture, Horticulture and Post Harvest Industry (AGRICONTROL 2013), 28 August, 2013, Department of Automation and Systems Technology, Aalto University School of ELEC, Espoo, Finland.
- (31) Ishibashi, M., Lida, M., Suguri, M., Masuda, R., Remote Monitoring of Agricultural Robot Using Web Application, The 4th IFAC Conference on Modelling and Control in Agriculture, Horticulture and Post Harvest Industry (AGRICONTROL 2013), 28 August, 2013, Department of Automation and Systems Technology, Aalto University School of ELEC, Espoo, Finland.
- (32) Masuda, R., Fujimoto, S., Lida, M., Suguri, M., A Method to Detect the Occurrence of Rice Plant Lodging Using Wavelet Transform, The 4th IFAC Conference on Modelling and Control in Agriculture, Horticulture and Post Harvest Industry (AGRICONTROL 2013), 28 August, 2013, Department of Automation and Systems Technology, Aalto University School of ELEC, Espoo, Finland.
- (33) Onoyama, H., Ryu, C., S., Suguri, M., Lida, M., Potential of Hyperspectral Imaging for Constructing a Year-Invariant Model to Estimate the Nitrogen Content of Rice Plants at the Panicle Initiation Stage, The 4th IFAC Conference on Modelling and Control in Agriculture, Horticulture and Post Harvest Industry (AGRICONTROL 2013), 29 August, 2013, Department of Automation and Systems Technology, Aalto University School of ELEC, Espoo, Finland.
- (34) 飯田訓久, 栗田寛樹, 趙元在, 村主勝彦, 増田良平, 石橋茉耶, 山本亮介, 望月裕貴, ロボットコンバインによる収穫システム, 農業食料工学会第 72 回年次大会, 2013 年 9 月 11 日発表, 帯広畜産大学, 帯広市.
- (35) 山本亮介, 飯田訓久, 栗田寛樹, 趙元在, 村主勝彦, 増田良平, 望月裕貴, 走行路面に対するコンバイン・ロボットの旋回特性, 農業食料工学会第 72 回年次大会, 2013 年 9 月 11 日発表, 帯広畜産大学, 帯広市.
- (36) 趙元在, 飯田訓久, 栗田寛樹, 村主勝彦, 増田良平, ロボットコンバインのためのプラットフォーム開発, 農業食料工学会関西支部第 130 回例会, 2013 年 11 月 1 日発表, 三重大学, 津市.
- (37) 村主勝彦, 伊藤啓悟, 増田良平, 飯田訓久, イネのマルチスペクトル解析における撮影角度の影響, 農業食料工学会関西支部第 131 回例会, 2014 年 3 月 4 日発表, 大阪府立大学, 堺市.
- (38) 飯田訓久, 原田朋弥, 栗田寛樹, 村主勝彦, 増田良平, コンバインロボットの作業情報分析, 農業食料工学会関西支部第 131 回例会, 2014 年 3 月 4 日発表, 大阪府立大学, 堺市.
- (39) 栗田寛樹, 趙元在, 山口敬太, 飯田訓久, 村主勝彦, 増田良平, 光学センサを用いた穀粒堆積分布の三次元計測, 農業食料工学会関西支部第 131 回例会, 2014 年 3 月 4 日発表, 大阪府立大学, 堺市.
- 〔図書〕(計 0 件)
- 〔産業財産権〕
出願状況(計 3 件)
- 名称: 農作物排出装置
発明者: 飯田訓久, 栗田寛樹, 村主勝彦, 中川渉, 川邊達也
権利者: 京都大学, ヤンマー株式会社
種類: 特許
番号: 2013 - 115970
出願年月日: 2013 年 5 月 31 日
国内外の別: 国内
- 名称: 農作物排出装置
発明者: 飯田訓久, 栗田寛樹, 中川渉, 山口雄司, 渡邊一史
権利者: 京都大学, ヤンマー株式会社
種類: 特許
番号: 2013 - 115971
出願年月日: 2013 年 5 月 31 日
国内外の別: 国内
- 名称: 農作物排出装置
発明者: 飯田訓久, 栗田寛樹, 中川渉, 白水

崇之，幸英浩
権利者：京都大学，ヤンマー株式会社
種類：特許
番号：2013 - 115972
出願年月日：2013年5月31日
国内外の別：国内

取得状況（計 0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等
<http://elam.kais.kyoto-u.ac.jp/>

6．研究組織

(1)研究代表者

飯田 訓久 (IIDA, Michihisa)
京都大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号： 5 0 2 3 2 1 2 9

(2)研究分担者

稲村 達也 (INAMURA, Tatsuya)
京都大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号： 0 0 2 6 3 1 2 9

村主 勝彦 (SUGURI, Masahiko)
京都大学・大学院農学研究科・助教
研究者番号： 1 0 2 2 6 4 8 3

大土井 克明 (OHDOI, Katsuaki)
京都大学・大学院農学研究科・助教
研究者番号： 9 0 3 7 2 5 5 7

増田 良平 (MASUDA, Ryohei)
京都大学・大学院農学研究科・助教
研究者番号： 5 0 3 2 2 1 5 2

(3)連携研究者

()

研究者番号：