

原著論文

農業情報クラウドシステムのための トラクタ用農作業フィールドコンピュータの開発

藤本 与¹⁾・佐藤禎稔^{*2)}・岸本 正²⁾

1) 岩手大学大学院連合農学研究科 (帯広畜産大学) 〒020-8550 岩手県盛岡市上田 3-18-8

2) 帯広畜産大学 〒080-8555 北海道帯広市稲田町西 2-11

要旨

クラウドシステムで農作業データを管理する従来のシステムは、市販のスマートフォンやタブレット PC が用いられている。特に、大規模農業では、管理しなければならないトラクタの作業情報が膨大になることから、筆者らはその情報端末に要求される仕様を考慮して、トラクタ用農作業フィールドコンピュータ (FC) とクラウドサーバを用いた農業情報クラウドシステムを開発した。FC はトラクタの運転席に搭載する Windows OS の端末であり、トラクタの GPS や作業機に取り付けたセンサのデータを CAN (Controller Area Network) に接続された ECU (Electronic Control Unit) を経由して取得し、インターネットを介してサーバに送信する機能を持つ。また、システムの利用者は Web ブラウザを用いてサーバにアクセスすることで、蓄積された農作業データを閲覧することができる。本報では、システムの基本動作を確認するために、ブームスプレーヤでの防除作業の様子を FC で取得し、サーバで農作業データを分析した。その結果、試作したサーバアプリケーションによってトラクタの作業速度や走行間隔の変化に伴う農薬の散布量分布の密度変動をシミュレーションで求め、その情報を可視化できることを確認した。

キーワード

農作業用情報端末, 精密農業, ブームスプレーヤ, CAN, インターネット, 作業記録

緒言

近年、農業人口の減少や農業政策により耕作面積が拡大し、北海道十勝地方では農家 1 戸あたりの平均耕地面積が約 40 ha に達している (農林水産省大臣官房統計部 2012)。このため、管理しなければならない農作業データは圃場面積の増加に伴い膨大になることから、ICT (Information and Communication Technology) を用いた情報管理システムの導入が望まれる。北海道に代表される大規模農業では、農作業の省力化と効率化を図るため、GPS による位置情報を利用して精密な作業を支援するシステムの導入が進んでいる。その一例として、経路誘導装置は 2008 年から 2013 年までに合計 3,430 台が出荷され、その 9 割が北海道で利用されている (北海道農政部技術普及課 2014)。また、

ICT で記録した農作業データをサーバに蓄積する農業情報クラウドシステムの利用は、長期的にデータを蓄積・管理・分析することができる。特に、畑作農業では輪作が行われることから、数年にわたる種々の作物の農作業データをクラウドシステムで管理することは精密農業の観点からも重要である。

農業機械の農作業データを取得する環境として、トラクタと作業機の作業情報を通信するための規格である ISOBUS (ISO 11783) が欧米で普及し、作業機の状態をトラクタに固定設置したモニタ画面で確認できるようになっている。日本でも ISOBUS を国内の作業機に普及させるために、簡素化した変換コネクタを規格化し、メーカーを問わずトラクタと作業機間で通信を行うための基盤が整備されている (日農工規格 2012)。しかし、トラクタを用いた農作業の情報を蓄積して利用するシステムは少なく、今後の開発と普及が期待されている。わが国の ICT を用いた管理システムは、インターネットを利用した農業情報ク

* Corresponding Author
E-mail: fmsatow@obihiro.ac.jp

クラウドシステムの研究が盛んに行われている（林 2013, 大畑ら 2013）。これらはサーバに農作業データを蓄積することで、クラウドシステムの利用者は場所を選ばず Web ブラウザや専用のアプリケーションソフトウェアで蓄積したデータを閲覧できる。既往の研究では、小規模の畑作農家や圃場面積の小さい稲作農家を対象とした作業情報や営農情報を管理するシステムの開発が中心であり、そのシステムの入力装置には Android OS を搭載したスマートフォンや野外仕様のノート PC が用いられている。筆者らは大型トラクタを用いた大規模農業を対象とした場合、市販の情報端末では入力部のインターフェースが不十分であり、複数のタスクをマルチウィンドウで処理できない点を考慮し、トラクタの運転や農作業を行う環境に適した新たな農作業専用の情報端末が必要であると考えている。

そこで本研究では、トラクタの農作業記録のために、トラクタ用農作業フィールドコンピュータ（以下、FC と称する）を開発した。さらに、FC で取得した農作業データをサーバアプリケーションで活用するための農業情報クラウドシステムを構築した。本システムは、その核となる FC によってトラクタと作業機の農作業データを取得し、サーバで蓄積・管理・分析を行う。その情報を利用する際はサーバアプリケーションによって可視化された農作業情報を閲覧し、営農活動に活用することを目的とする。本報では開発した FC と農業情報クラウドシステムの概要を述べるとともに、ブームスプレーヤによる防除作業を例にトラクタと作業機の農作業データを FC で記録し、サーバによって可視化する一連の基本的なシステムの動作実験を行った。

農業情報クラウドシステムの概要

図 1 は、開発した FC およびトラクタと作業機の農作業データを蓄積・管理・分析するための農業情報クラウドシステムの概要を示す。構築したシステムの情報処理は 3 つ

の機能に大別される。第 1 は農作業データの自動取得である。農作業データは、トラクタや作業機に取り付けた GPS や対地速度計をはじめとする各種センサで計測され、複数の ECU (Electronic Control Unit) と CAN (Controller Area Network) を経由して FC に読み取られる。第 2 は農作業データの蓄積である。取得された農作業データは FC の Windows アプリケーションソフトウェアによって一時的に CSV ファイルで記録され、Web ブラウザを用いてクラウドサーバに一括でアップロードされる。第 3 はサーバアプリケーションによる農作業データの管理と分析である。データベース化された農作業データはサーバアプリケーションによって種々の項目が抽出され、利用者の意思決定に利用される。

クラウドコンピューティングを用いて農作業データを利用するには、Web ブラウザを用いてクラウドサーバにアクセスして情報を閲覧する。本システムは市販のタブレット PC やスマートフォンなど、インターネットに接続可能な情報端末であればハードウェアやオペレーティングシステムに依存することなくサーバアプリケーションから農作業データの閲覧を可能にする。

トラクタ用農作業フィールドコンピュータの開発

本研究の特徴は、トラクタに取り付けた GPS や作業機側の各種センサから ECU を介してトラクタの農作業データをリアルタイムに取得するための専用情報端末である FC を開発したことである。FC は大規模農業で利用されるトラクタの農作業を考慮して設計した端末であるが、トラクタのキャビン内に設置して使用する他に、取り外して屋外や自宅で利用することも想定した多機能端末である。また、Windows OS を採用することで、本研究で想定している機能の他に、トラクタ後方作業機のビデオモニターや作業機のコントローラ、Web ページの閲覧、表計算ソフトや

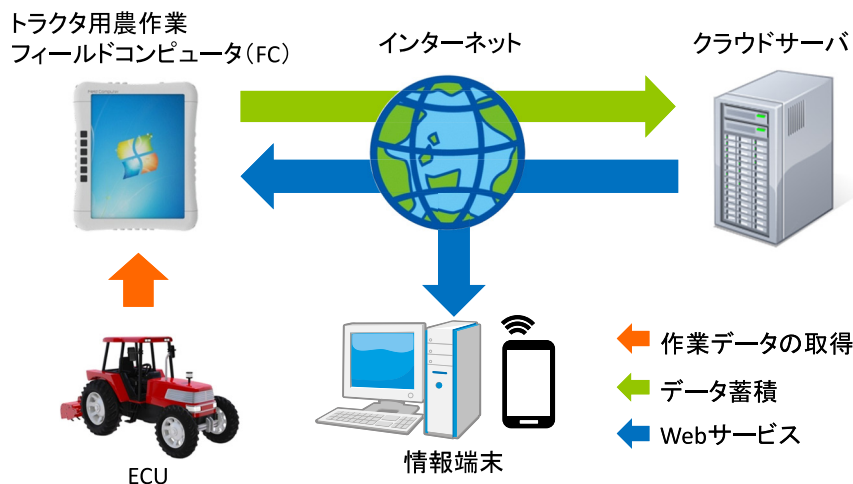


図 1 農業情報クラウドシステムの概念図

農業簿記などの複数のアプリケーションソフトウェアを利用することも想定している。

表1は開発したFCの主要諸元を示すが、上記の利用形態を考慮すると小型でかつ、Windows OSが動作する処理能力が要求される。そこで、本研究ではCPUにIntel Atom525を採用した小型のマザーボード（Giada, MI-ION2）を選定し、農作業で生じる振動の対策とアクセス性能を向上させるためにストレージにSSDを選択した。

表示画面と操作部の設計は、FCの農作業環境を考慮して、タッチパネルと機能ボタンの入力インターフェースを実装した。市販の情報端末に採用されている静電容量式のタッチパネルは、指先での操作は可能である。しかし、農作業の場合に手袋を装着して作業することが多く、ある程度の画面面積が必要であることから、タッチパネルには圧力を感知できる12インチの抵抗膜方式を採用した。タッ

チパネルは画面の表示に合わせて直観的な操作が可能である反面、タクトイルスイッチに比べて物理的な入力に対して反応が遅いことや耐久性が低いことから、その欠点を補完するために、瞬時に直接的な入力が可能な機能ボタンをディスプレイの周囲に組み込んだ。これらの機能ボタンはWindows OSのアプリケーションソフトウェアで利用することが可能である。また近年、欧米の農業機械ではトラクタ作業のためのICT機器が数多く販売されているが、それらは取り外しが容易ではないために複数の操作画面がキャビン内に設置され、配線が複雑になっている。また、複数の操作画面が運転者の注意を散漫にさせることで農作業事故につながる危険性が増加すると考えられる。しかし、FCはWindows OSを搭載しているため、操作画面を切り替えることで数種類の機能を一つの端末に集約することができる。なお、FCの外装はSolidWorks 2012 Premiumで設計し、3Dプリンタ（Stratasys, Dimension Elite）を用いて製作した。図2は試作したFCをトラクタの運転席に設置している状態を示す。FCと外部との通信環境は、インターネットを介してサーバに農作業データをアップロードすることやWebページを閲覧するための無線LANモジュールと、トラクタのキャビン内でFCとトラクタや作業機のECUとで限定された機器と無線通信するためにBluetoothモジュールを組み込んだ。農作業データをECUから受信するFCのWindowsアプリケーションはC#を利用し、BluetoothのSPP（Serial Port Profile）で送信された文字列をFCにCSVファイルとして保存する。このように、入力部のインターフェースを無線化することにより、トラクタのキャビン内の省配線化とICT機器の簡素化が可能になり、FCの接続は充電用の電源アダプタのみとなる。

表1 トラクタ用農作業フィールドコンピュータの主要諸元

項目	内容
オペレーティングシステム	Microsoft Windows7
CPU	Intel Atom525, 1.8 [GHz]
マザーボード	Giada MI-ION2
ストレージ	SSD, 64 [GB]
メモリ	2 [GB]
サイズ	W310 × D257 × H38 [mm]
重量	2.0 [kg]



図2 試作したトラクタ用農作業フィールドコンピュータの外観

CAN と ECU による農作業データの取得

トラクタおよび作業機の農作業データは図3に示す3つのECUとCANを介して取得される。データ送信ECUはBluetoothモジュール(SparkFun Electronics, Bluetooth SMiRF)を用いて無線通信を行い、トラクタECUはトラクタの位置データと作業速度を計測するためにDGPS(東京計器(株), VSAS-3GM+DG-14)とレーダー式対地速度計(Philips Automotive Electronics, RGSS-201)を用いた。本研究では作業記録の対象としてブームスプレーヤによる散布作業を行う。そのため、作業機側のブームスプレーヤECUはスプレーヤのメインバルブに図4に示す近接センサを取り付けてバルブの開閉を検出して散布の有無を検出した。それぞれのECUはmbed(ARM Holdings, LPC1768)を用いてC++で開発した。それらの外観を図5に示す。

なお、CANの通信速度は250 kbpsに設定した。データ送信ECUがFCに送信するフォーマットは、XML(Extensible Markup Language)を用いるのが主流であるが、作業データの項目が少ないことから、本研究では簡素化した独自のフォーマットを利用した。

サーバの構築とサーバアプリケーション

本システムのクラウドサーバは帯広畜産大学構内のローカルネットワークに構築した。サーバが取得した農作業データがサーバアプリケーションで表示される仕組みを図6に、サーバの主要諸元を表2に示す。サーバはWebブラウザからの要求ごとにWebページを動的に生成するためにPHP(Hypertext Preprocessor)を用いた。

本研究は開発したシステムの動作確認を行うための一例

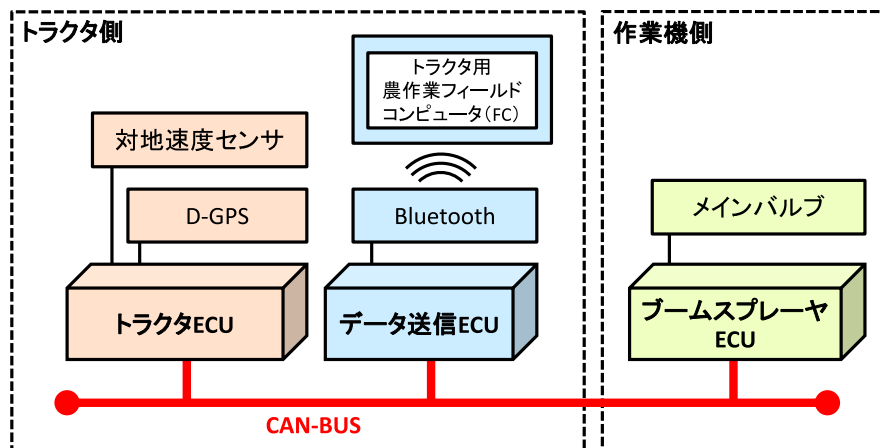


図3 トラクタと作業機に取り付けたECUの構成図

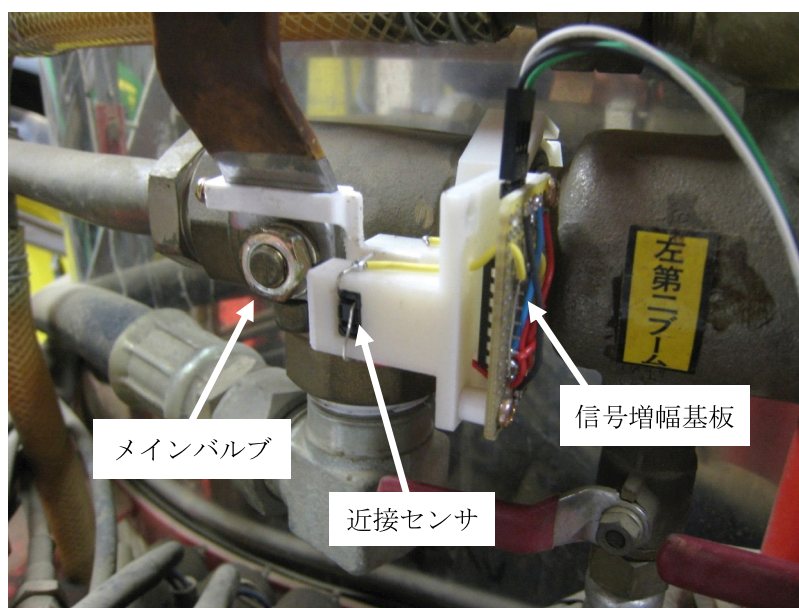


図4 メインバルブに取り付けたセンサ

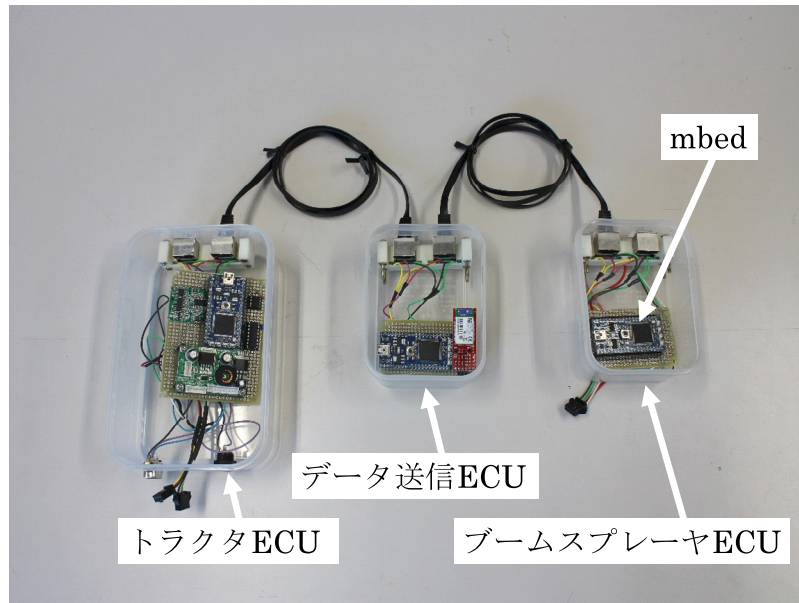


図 5 ECU の外観

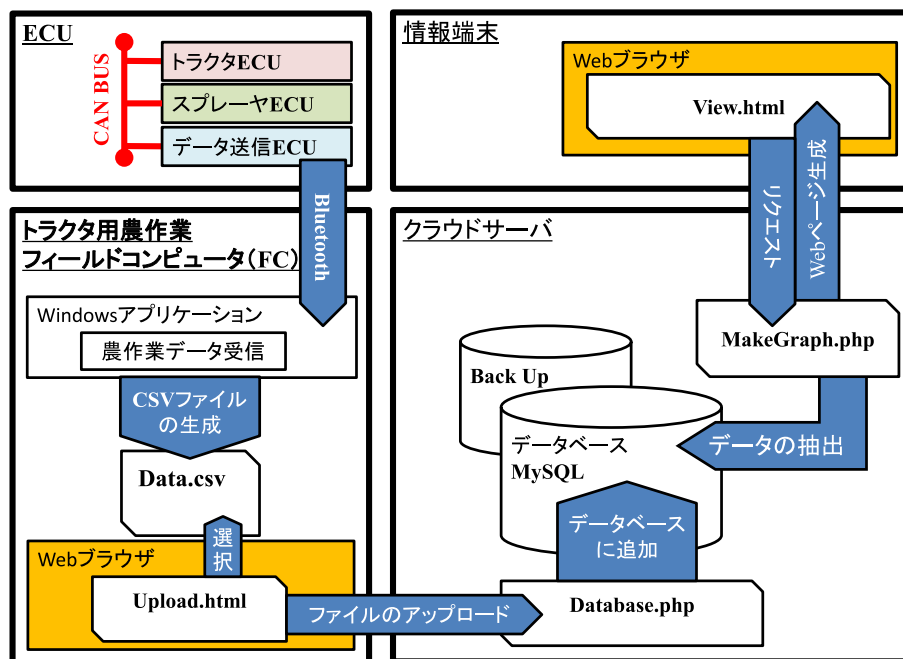


図 6 サーバ内部の情報処理

表 2 クラウドサーバの主要諸元

項目	内容
オペレーティングシステム	Microsoft Windows7, 64 bit
CPU	Intel Core 2 Duo E6600, 2.4 [GHz]
ストレージ	HDD, 1 [TB]
メモリ	4 [GB]
関係データベース管理システム	MySQL 5.5.27
Hypertext Preprocessor (PHP)	PHP 5.4.7
Web サーバソフトウェア	Apache 2.4.3

として、防除作業を可視化するサーバアプリケーションを制作した。一般に、北海道の畑作ではブームスプレーヤによる防除作業が行われおり、年間を通して農業機械の中で最も使用頻度が高い。散布作業は同一作物に対して複数回行われるため、本システムを用いて農作業データを管理することで、年間に散布された農薬の積算量を把握することができる。また、数年にわたって農作業データをサーバに蓄積することができるため、輪作を行う圃場管理において作業データを一元管理することは極めて有効である。そのため、本研究では農作業データの自動記録の一例として防除作業での利用を想定した基礎実験を行った。

制作したサーバアプリケーションは、トラクタおよびブームスプレーヤ ECU から読み取った散布の有無、対地速度計による作業速度、GPS による作業軌跡から散布状況をグラフと地図で表示することができる。サーバアプリケーションが生成する Web ページは HTML と JavaScript で記述され、時間軸に対応したトラクタの作業速度、散布の有無、散布作業の平均値を折れ線グラフに示す機能と、速度変動による散布量分布の密度を地図上に可視化する機能を搭載した。トラクタの速度変動を示す折れ線グラフは Google Charts の Line Chart および Area Chart を利用し、地図上に示す散布量分布マップの可視化は Google Maps API の Heatmaps Layer を利用して密度変化を色で表現した。

動作確認実験と考察

実験装置および方法

本システムの動作確認を行うために FC を用いて防除作業の記録を行った。供試機は散布幅 16.5 m のトラクタ直装式ブームスプレーヤ（東洋農機（株）、TMS-1200）と機関出力 47.8 kW のトラクタ（ヤンマー（株）、EG65）である。供試圃場は帯広畜産大学構内の農業機械精密実験圃場であ

り、圃場の面積は約 1 ha の裸地である。なお、本実験では農作業データの可視化が明確に現れるように、人為的にトラクタの作業速度と隣接行程の作業間隔を変化させた。図 7 は FC を用いた防除作業の様子を示す。

実験結果と考察

サーバアプリケーションにより可視化された防除作業の農作業データを図 8 に示す。トラクタの速度変動を示す折れ線グラフからは、散布開始と終了時の作業速度が変化していることが表示されている。そのため、速度変動と散布密度の関係を比較すると、作業速度の変動が散布量分布の密度に影響している様子が可視化されている。図 8 (a) の作業速度については、散布開始と終了付近の作業速度が遅くなるため、図 8 (b) の枕地付近の散布量密度が高くなるのがわかる。また、トラクタの作業間隔が狭くなる領域は農薬の散布密度が高くなり、特に二重散布の危険領域が濃い色で表現されることが確認できた。

このように、開発した FC でトラクタの農作業データを取得し、サーバから提供されたサーバアプリケーションによって防除作業の散布状態のマップが可視化でき、その情報を農業情報クラウドシステムで閲覧できることが実験で確認できた。

結言

本論文ではトラクタを用いた農作業データを収集するために FC を開発し、防除作業を例として農薬の散布分布を可視化するサーバアプリケーションを制作した。実際の農作業で利用する場合、送受信するデータフォーマットの拡張性やインターネットに接続する際のセキュリティについては改善の余地があるものの、トラクタを用いた農作業データを農業情報クラウドシステムで利用できることを示



図 7 ブームスプレーヤによる防除作業の記録風景

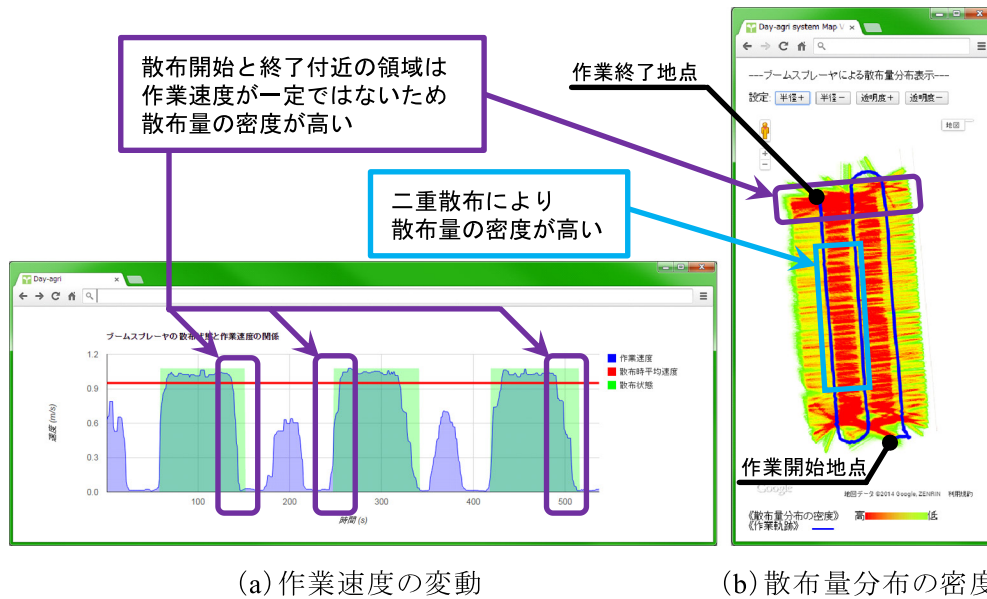


図8 Webブラウザで表示された散布量分布の密度マップと作業速度

した。今後は、農作業を請け負うコントラクターなどでFCを活用して作業履歴や作業の管理を一元管理することを想定している。また、トラクタのドラフトコントロールなどのデータを取得して圃場全体の土壌の状態を可視化することや、ブロードキャストの施肥状態を可視化することも考えられる。さらに、FCで取得した農作業情報を地図上に重ねあわせてマッピングすることで、多面的に作業能率などの分析が可能になることも期待できる。

引用文献

濱田安之 (2011) ISO11783 に準拠した ECU 用ソフトウェアライブラリの開発, 農業機械学会誌, 73(4): 227-229.
 原 令幸・竹中秀行・関口建二・遠藤雅博 (2004) 施肥マップに基づく可変施肥機の開発, 農業機械学会誌, 66(1): 98-103.
 平谷拓也・鷹箸孝典・中沢 実・大黒 篤 (2013) 3G および ZigBee を利用したクラウドセンサネットワークシステムの検討と試作, 情報処理学会研究報告, 157(8): 1-4.
 北海道農政部技術普及課 (2014) 農業用 GPS ガイダンスシステム等の出荷台数の推移, <<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/gjf/>

>, 2014 年 10 月 16 日参照。
 林 和信 (2013) 農業機械の稼働情報モニタリングおよび FARMS を利用した情報管理技術, 農業機械学会誌, 75(4): 231-235.
 日本農業機械工業会 (2012) トラクタと作業機間の通信用接続コネクタ, JAMMAS 0021-2012.
 農林水産省大臣官房統計部 (2012) 2010 年世界農林センサス 第 1 巻 都道府県別統計書 北海道, <<http://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc/2010/dai1kan.html>>, 2014 年 10 月 10 日参照。
 大畑亮輔・星 岳彦・渡邊勝吉・上田正二郎・安場健一郎・南石晃明・林真紀夫 (2013) UECS 通信規約の拡張による作物栽培情報の記録・共有を目的とした SNS 型 Android アプリケーションの開発, 農業情報研究, 22(2): 96-102.
 大嶺政朗・杉浦 綾 (2011) 農作業情報記録装置 Digi Farm Logger の開発, 機械化農業, 3116: 23-27.
 田中 慶・平藤雅之 (2009) 農業モデルにおける Web 地図サービスを利用した地図インタフェース, 農業情報研究, 18(2): 98-109.

受付日 2014 年 10 月 20 日
 受理日 2014 年 12 月 22 日
 担当分野 工学分野

Development of a Mobile Field Computer to Record Tractor Operations for Cloud Computing Analysis

Atsuru Fujimoto¹⁾, Tadatoshi Satow^{*2)} and Tadashi Kishimoto²⁾

1) *United Graduate School of Agricultural Sciences, Iwate University (Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine), 3-18-8 Ueda, Morioka, Iwate 020-8550, Japan*

2) *Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, 2-11 Nishi, Inada, Obihiro, Hokkaido 080-8555, Japan*

Abstract

Because the volume of data that must be managed in large-scale farming has become enormous, we developed a mobile field computer to record tractor operations for analysis by a cloud-computing-based farm management system. The newly developed field computer running Microsoft Windows is mounted in the cabin of a tractor and acquires data from sensors attached to implements and the tractor's GPS receiver via a controller area network, and sends the data to a cloud server through the Internet. The user of the system can view and use the data to aid farm management decision in a web browser. This paper describes the acquisition of spraying data and its analysis to verify the operation of the system. The server software simulated the change in the dispersion density of the spray from the path and working speed of the tractor, which was displayed in the web browser.

Keywords

farm work terminal, precision agriculture, boom sprayer, CAN, Internet, working record

*Corresponding Author
E-mail: fmsatow@obihiro.ac.jp