

オープン・フィールドサーバーとウェアラブルシステムによる  
環境センシング体系の構築  
～クラウドサービスの応用と低コスト・高機能性の実現を目指して～  
川倉慎司・平藤雅之・柴崎亮介

**CREATING HIGH-PERFORMANCE/LOW-COST AMBIENT SENSOR  
CLOUD SYSTEM USING OPEN FIELD SERVER AND WEARABLE  
SYSTEM**

**Shinji KAWAKURA • Masayuki HIRAFUJI • Ryosuke SHIBASAKI**

**Abstract:** Our group have been creating various kinds of application systems and hardware, taking into consideration of increasing severe, huge disasters, those systems have been concerned with agricultural advancement recently, and security issues. To get achievements about our aims and targets, we have succeeded in a number of projects, in particular our group has been concentrating 2 projects basically. Firstly, in order to monitor outdoor field (rice field, meadow, common garden, etc.) and to get environmental information under severe, harsh conditions over long periods of time, we have developed High-performance/Low-cost Field Server System which operates sensor units uniformly through built-in Web servers. This is a kind of Ambient Sensor Cloud System using Open Field Server. These systems are designed on the assumption that every component can be accessed via the Internet. With such systems, it can be possible to monitor various kinds of units, to set up parameters by the server side, and to change managing schedules dynamically according to detected conditions. Experimental use of the systems has shown the validity of the Field Server System. Secondly, we have developed Wearable measuring systems, applying advanced sensors, gadgets (united module of 3D-acceleration sensor(s) and gyro-sensor(s), GPS receiver, and more, we have been analyzing users' motion from images captured by a few digital video cameras). These works can make us possible to contribute the improvement of users agricultural jobs' skill and enhance security level in the agricultural field, and in future these technique are going to be applied other various areas, for instance in factories, residential district, hospitals. Furthermore, those are economical and robust, and the systems are scalable, distributed flexibly.

**Keywords:** field server, remote ambient sensing, wearable measuring system, motion analysis

## 1. はじめに

今世紀中には、著しい人口爆発により、穀物の決定的な不足が問題になるといわれて久しい。農業生産に関わるシステム、機械・装置のニーズ、それらを実用技術として具現化するための手法、経済的な要請、も、拡大・複雑化している (Hirafuji,

---

川倉慎司 〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

総合研究棟 4 階 435 号室

Phone: TEL:04-7136-4307 / FAX:04-7136-4292(代表)

e-mail: kawakura@iis.u-tokyo.ac.jp

2011; Jeonghwan, 2010)。今後はさらに、旧来のセンシング技術と最新のクラウドサービスを統合させたインターネットサービス、トラクター や耕運機とマイコン機器の融合といった新種の環境センシングシステムがよりユビキタスに利用できるようになり、旧来の農村における生活上の不便さはかなりの割合で解消されるであろう。

そういった背景・時流をふまえ、われわれは独自のフィールドサーバー(FS)統合システムの実地試験運用により、生産性(農作業効率など)・安全性の向上を目的に、リアルタイムに現場の状況をより的確に捉えるシステム群を開発中である。

特に本研究では人間工学的な要素を加え、複数のセンサーを盛り込んだウェアラブルシステム(WS)を農作業者に装着し、これに中・長距離からの映像分析の要素も加え、これまでにないアプローチで統合的なシステムを開発しようと試みている。

類似の固定式 FS 自体は、各国の研究機関・企業が長年工夫を重ね、種類も台数も豊富であるが(e.g. Yenu Wan, 2010 ; MIT, 2009)、複数台でフォーメーションを組み、その個々が臨機応変に変形・移動し、前述の WS と提携し合うシステムが不十分である。それらの要素をスムーズに運行する無線ネットワーク、Web 技術の開発、それらの評価、応用が目的である。それらにより既存のものより事故発生時や作業の複雑さが増した際の対応力・柔軟性が向上し、より現場への貢献度が上がるものと予想する。

## 2. 手法の概略

### 2.1 基本単位機構の作製と稼動実験

まず事前準備として、各学術機関、企業の先行事例(e.g. M Hirafuji, T Fukatsu, 2011)を考慮し、研究対象フィールドである各地のほ場や畜産農家(主に国内)の見学・打ち合わせ、使用する技術の選定、スケジューリング、1. で述べた目的

を達成するシステム全体のデザイン、各コンピュータ内の処理・命令体系、および機器の構築、それによる屋内での仮実験、ソフト・ハード面の種々の改定を実施している。

図2、3のような機構を組み、屋内外で様々な姿勢での静止時(立位、が位、座位、中腰など)、動作時(歩行、走行、座位での写筆など)の基本データ(利き手の下腕の加速度、胸部と腰部の加速度、角速度など)の収集を実施、また参考に、加速度の周波数解析(汎用のFFT演算による)を実施した。

一方、FS の基本的な稼動実験、相当の悪天候時でも安定して電力供給ができるように付随するソーラーパネルの動作テストを繰り返した。そのフレームに装着予定候補の複数のカメラの稼動実験、調整も行った。



図- 1 利き腕の下部に装着する ATR-Promotions 社  
製 小型無線多機能センサ(TSND121)



図- 2 センサモジュールや iPhone アプリを用いた  
予備実験の被験者(医療用ゴムベルト、工業用ベルト等で堅固に固定)

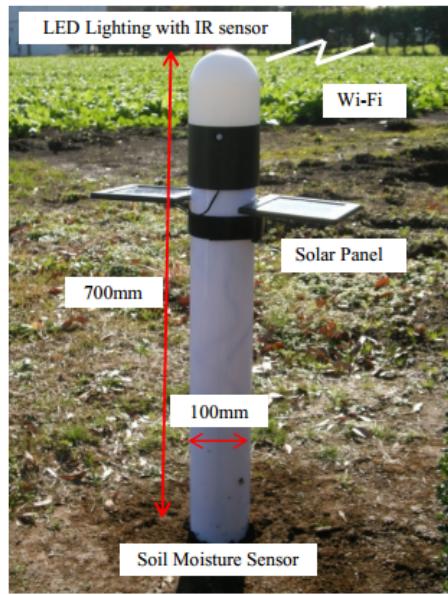


図-3 現行のFSの設置例（これにフレームを装着し、カメラ、リアルタイム処理用の軽量小型のコンピュータ、方向や位置を変動させられる機械的機構を付加する）

## 2.2 実際のほ場における種々の測定実験

小・中規模のほ場において、2.1の測定結果をふまえ、タマネギ、大根、枝豆、ジャガイモなどの収穫時の、被験者の同様のデータ収集実験を実施した。その際に、熟練者(同作業を5年経験)と初心者のデータを取り、その差異も見ることで、技術向上のための一助とする予定である。

同時に、それらの動作時の動画撮影と基本的な分析(図7、8は一例)も、現在遂行中である。

これらのデータをもとに、配線した小型ノートPCや無線通信システムXbee(DigiMesh通信機構)をリュックに納入し、今後、作業者にリアルタイムで様々な指示を出し、種々のリアルタイム通信をFSと行わせるシステムを作製する。

現実の田畠、牧場では、通常稼動の精度、外乱への反応の的確さなどの定量的データなど、まだまだ考慮すべき点は実に多い。そういう状況で、種々のデータを得るために、実際に各機器を現場に持参し、現地で一定時間さまざまな条件下で稼

動させ、時系列で獲得されたデータを分析し、改良を重ねる。可変のファクターとしては、測定ポイント、田畠のコンディション、人為的な外乱(ユーザーの転倒や動作停止、FSやユーザーへの物理的打撃など)なども変化させ、検知の感度を向上させる。また、熟練者と初心者の差異、複数作業者が同時に行動する場合、通常とは異なる動作の混入などバリエーションをもたせる。および調査紙(汎用、独自のもの両方)による内省調査やヒアリング、被験者の感想や意見も踏まえた改変、全体の調整と実地実験、定量的な評価などを繰り返す。

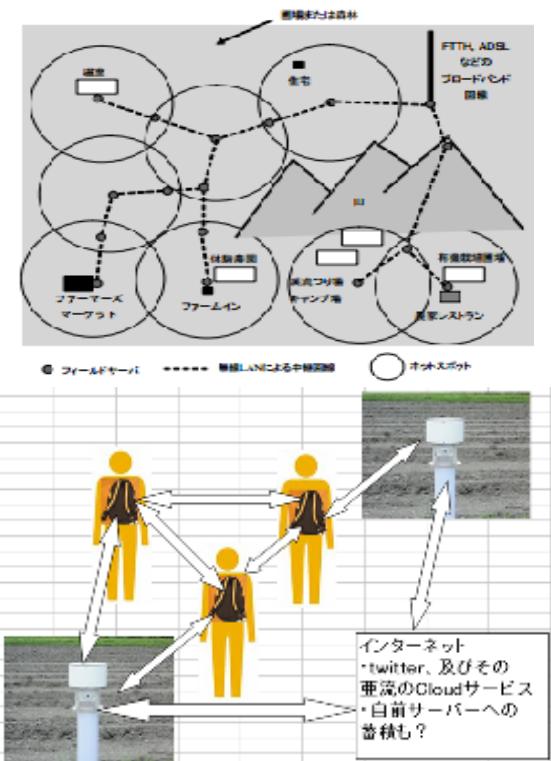


図-4 将来的なFSおよびWS(ノード)のネットワークのイメージ図(下部は、局所図。WiFi用モジュールと、Xbee(DigiMesh通信機構)を距離により使い分ける方針)

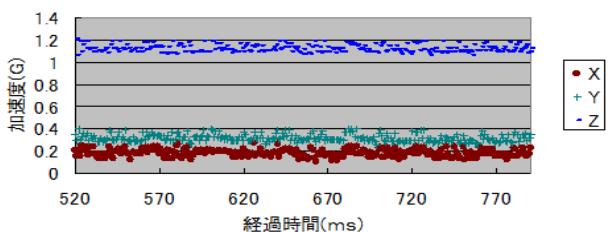


図-5 収穫動作の分析実験時の腰部加速度データ、  
そのFFT結果グラフの一例

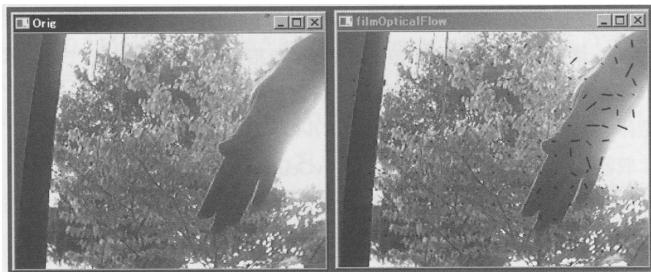


図-6 OpenCV を用いた動作分析実験の一例  
(利き手の下部の動作具合が分かる)

表-1 測定要素と使用センサー類、および分析方法

測定対象	測定量	測定機器	分析手法
①農作業者	利き腕下部と胴体部の加速度、角速度	小型無線多機能センサ (TSND121)	DC値、FFT結果のピーク位置、パワー値とエントロピー値等の演算
	全身の動作量、その特徴量	Webカメラ、マイコン用JPEGカメラ、一般のデジタルカメラ	OpenCVプログラム等を用いた、汎用の動作分析手法

②現場の環境	温度、湿度、位置座標、光量、周囲の物体との距離など	市販の各種センサ(温度センサ、GPSセンサなど)	①の各時系列データとの相関分析、t検定、特徴的な変化があったときの各値の分析など
--------	---------------------------	--------------------------	--

#### 4. おわりに

本研究では、第一産業従事者とその地域への貢献を念頭に、FS、WSとその周辺技術、そのサーバーへのリアルタイムアップ技術を含めた無線技術といった個々の要素を製作、稼動試験を行った。今後の課題としては、複数の映像分析技術を用いた、トラブル感知の精度や実用性の評価、様々な天候時の屋外稼動、幅広い種類のフィールド(屋内飼育場、屋内農園など)での安定性向上などがある。また、その結果を用い、現場の方々への安定性・生産性向上の為のコンサルティング・提案活動なども行う予定である。将来の展望として、タイ、ブラジル、中国、インドなどの日本とは比較にならない広大な農園との提携、機器システムの導入も視野に入れている。

#### 謝辞

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター、筑波大学大学院の皆様には、本研究において多岐に渡るご支援をいただきました。ここに感謝の意を表します。

#### 参考文献

- T Fukatsu, T Kiura, M Hirafuji - Computer Standards & Interfaces, 2011. A web-based sensor network system with distributed data processing approach via web application.
- M Lapinski, E Berkson, T Gill, M Reinold, JA Paradiso, 2009. A Distributed Wearable, Wireless Sensor System for Evaluating Professional.