

平成22年 5月14日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2009

課題番号：18580244

研究課題名（和文）グリッドコンピューティングの自動灌漑システムへの応用に関する研究

研究課題名（英文）Study on application of grid-computing to automatic irrigation management system

研究代表者

伊藤 良栄 (ITO RYOEI)

三重大学・大学院生物資源学研究科・助教

研究者番号：30232490

研究成果の概要（和文）：三重県東紀州地域のみかん園にフィールドサーバを設置し、最適灌水制御法の確立に向けて、気温・土壌水分等の環境因子計測と画像収集に関する実証実験を行った。高解像度カメラを野外に設置可能なハウジングを開発し、高精細画像の連続長期間撮影に成功した。また、農地におけるインターネット回線として、衛星データ通信と携帯データ通信の性能評価を行い、FOMA回線を利用した携帯データ通信の有用性を示した。

研究成果の概要（英文）：Demonstration experiments to establish optimal irrigation management were carried out in the region of southern part of Mie prefecture. A FieldServer was installed in a mandarin orange farm to measure environment factors such as air temperature, soil moisture contents, etc. and to obtain images of trees and fruits. Housing for high resolution camera was developed to be adopted in the field. Continuous recording of high-resolution images was successful over a long term. Moreover, both satellite and mobile data communication services were evaluated and it was shown that FOMA data communication services would be useful as an Internet connection at agricultural farm,

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,300,000	0	1,300,000
2007年度	700,000	210,000	910,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
年度			
総計	3,500,000	660,000	4,160,000

研究分野：農業情報学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：センサーネットワーク、灌水制御、圃場計測、インターネット、携帯データ通信、組み込み系、Linux, USB Webcam

1. 研究開始当初の背景

BSE・鳥インフルエンザ・外国産野菜の残留農薬問題などを契機に、一般消費者の間で安心・安全で、健康によい食料・食品に対する関心が高まり、このニーズに対応するため、トレーサビリティ・システムが実用化されるようになった。さらに、農場における安全性確保の具体的な対策として、農業適正規範（GAP）の遵守が求められるようになるなど、農業生産現場においても ICT(Information and Communication Technology)の導入が促進されてきた。

性質の異なる様々な要素技術を有機的に接続する仕組みとして、インターネットを中心とするネットワーク環境の向上により開発されてきたグリッド技術がある。農業分野におけるグリッドコンピューティングの応用では、独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構(NARO)の農業グリッド構想が世界的に先行していたが、農業土木の分野では Zazueta ら(2004)のメタコンピューティング技術を仮想的な開水路灌漑システムの水利計算に応用した例があるのみで、これも仮想系を対象としており、実フィールドレベルでの検証に至っていなかった。

2. 研究の目的

背景で述べたように BSE や鳥インフルエンザを契機とする食の安全・安心への要求に対応するため、新たな食糧生産の仕組み作りが求められている一方で、農業生産には様々なノウハウが必要であり、新規参入者が一朝一夕に容易にできるものではないことも事実である。そこで、やる気のある新規就農者をサポートする仕組みとして、ベテランの農業生産者が持つ技術やノウハウ、さらには農業生産にかかわるデータをできるだけ数多く集め、それを基に意志決定支援システムが必要となるが、これには ICT が中心的役割を果たすことになる。

本研究では、研究代表者がこれまで基礎研究を行ってきた「フィールドサーバ」、「ローカルデータストレージ」、「データベース」、「GIS」などの個別要素技術を自動灌漑システムに応用することにより、グリッド・コンピューティングをキーテクノロジーとして、センサーグリッドを利用したリアルタイムフィールドデータ収集・蓄積、土壌水分以外に気温・湿度といった気象条件やネットワークカメラによる撮影画像から得られる樹体・葉・果実の形状情報なども加味した上で灌漑装置を自動制御することにより、フィールドにおける計測から、データベース参照を通じた最適灌漑制御に至るプロセスの自動化・省力化技術の確立を目的とする。

3. 研究の方法

本研究は、フィールドにおける各種センシング、小型計測ロボット「フィールドサーバ」、データブローカシステム、データベース、GIS をベースとする診断システム等の個別要素技術の開発と、各要素技術をグリッドコンピューティングにより有機的に結合し、統合システム化する部分から構成される。

しかし研究開始後、フィールドサーバの計測精度や屋外での耐久性に問題が発見され、その改良に時間を要したため、当初の計画を変更し、「フィールドにおける各種センシング技術の開発」、「耐環境性の高いデータ収集システムの構築」、「高精細圃場画像収集システムの開発」、「農地における通信経路の確保」を実施することにした。

(1) フィールドにおける各種センシング技術の開発

高品位みかんを生産するには、みかんの樹に適度な水分ストレスを与えることが求められる。樹体の水分ストレスを直接計測するのは困難なので、その原因となる土壌水分量の計測から推測できればよい。本研究では、一般的な畑地で用いられる誘導率水分計や水ポテンシャルセンサが礫の多いみかん園で使用可能かについて検討する。

(2) 耐環境性の高いデータ収集システムの構築

研究代表者らは、国内外での実証実験から、外部とのネットワーク接続が切れている間のデータ蓄積にローカルデータサーバが有用であることを示してきた。しかし、一般的なハードディスクドライブを内蔵する装置は、過酷な気象条件となる屋外や不安定な電源条件下での使用に不安が残る。そこで、室内設置型と屋内設置型の2つのタイプを想定し、それぞれについての最適なローカルデータサーバの設計を行う。屋内設置型は機能の充実を重視し、データベースサーバ、遠隔サーバとのデータ同期、ローカルネットワークでのデータ閲覧機能などを持たせるものとする。一方屋外設置型は、厳しい環境でも動作する堅牢さを重要視し、可動部品を排除したソリッドステート化をはかることにより、温度耐性を持ったものを目指す。

(3) 高精細圃場画像収集システムの開発

フィールドサーバに内蔵されるネットワークカメラは、画素数が最大で数十万画素と解像度が低く、撮影画像の色もくすんだ感じになる。一方、200万画素もの高解像度を持つ USB Webcam や 1,000万画素を超えるコンパクトデジタルカメラや一眼レフデジタルカメラが容易に入手できる。そこで、これらのカメラを用いて圃場の様子を高精細画像で連

- 続撮影できるシステムを開発する。
- (4) 農地における通信経路の確保
 中山間地の農地は、一般的に人家から離れた場所に存在することが多く、居住域を対象に整備されている ADSL や CATV 等の有線系のネットワークインフラを圃場で利用するのは困難である。そこで、衛星データ通信および携帯データ通信の2つの回線について、回線速度等について性能評価を行い、圃場におけるインターネット回線としての可能性を評価する。

4. 研究成果

研究室における基礎実験および和歌山県有田市や三重県熊野市のみかん園で実施した実証実験により得られた成果は、以下のとおりである。

- (1) フィールドにおける各種センシング技術の開発

熊野市の対象圃場で最も乾燥し、点滴灌漑を実施した時期の水ポテンシャルおよび誘導率水分センサの計測値の時系列を図1に示す。図中には、現在のところ最も信頼度の高い TDR 計による計測値と観測期間の降水量と降雨換算の灌水量も示してある。

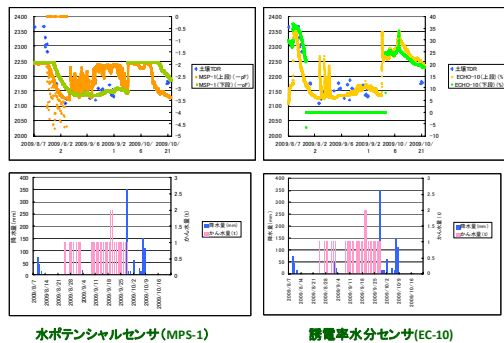


図1 土壌水分計測結果

水ポテンシャルセンサは土壌水分変化に対する応答が悪く、湿潤時に一定値を示す。一方、誘導率水分センサは、土壌水分変化に対する応答はよいが、乾燥時に一定値を示すことが分かった。

- (2) 耐環境性の高いデータ収集システムの構築

屋内設置型は Linux を内蔵する安価な市販 NAS 装置をベースとし、データベースサーバ、遠隔サーバとのデータ同期、ローカルネットワークでのデータ閲覧機能などを持たせたものを開発した。これを三重大学 FSC 演習林や和歌山県有田市のみかん園に設置し、外部とのネットワーク接続切断時にも安定してデータ収集が可能であることを示した。

屋外設置型は、組み込み系 Linux のひとつである Openwrt に着目し、I/O に汎

用の USB 端子を備えた無線 LAN ルータを利用したシステムを開発した。HDD 等の可動部品を排除し、ソリッドステート化することにより、夏期の屋外での耐久試験でも安定稼動することを示した。(図2)

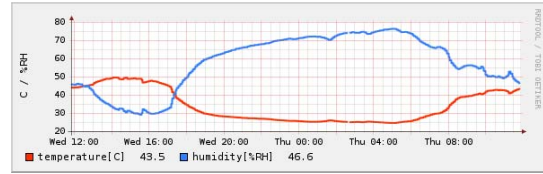


図2 野外設置時の温湿度環境

- (3) 高精細圃場画像収集システムの開発

(2)で構築した Openwrt ベースのサーバに、画素数が 200 万画素の Logicool 社の Webcam Qcam OrbitAF を接続し、1600x1200 ドットの高分解像度で野外の様子をクリアに撮像し、遠隔のサーバに自動転送することに成功した。しかし、用いた CPU ボードの性能が低く、高分解像度での連続撮影に問題があったので、サーバを CF カードで起動できる Linux Box に変更したものを熊野市のみかん園に設置した。カメラの設置状況を図3に、撮影画像例を図4に示す。



図3 USB Webcam の屋外設置

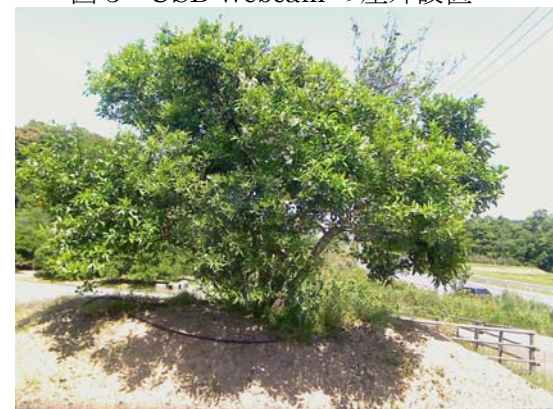


図4 USB Webcam による撮像例

- (4) 農地における通信経路の確保

対象地とした三重県熊野市の金山パイロットは、人家から離れた場所に存在するため、ADSLやCATV等の有線系のネットワーク回線を利用するのが困難であった。そこで、フィールドサーバで収集したデータはスカパーJSAT社の衛星データ通信回線を利用して、三重大学との間にVPN回線を構築し、データ転送を行った。(図5) 5分毎に最大600KB程度の画像ファイルを三重大のサーバに転送したが、回線速度に余裕があった。定期メンテナンスや気象条件により通信不能な時があったが、ローカルに設置したFSABによりデータ欠損は認められなかった。ただし、初期コストおよび通信費が高く、特に通信費は月に6万5千円と高額なのがネックである。

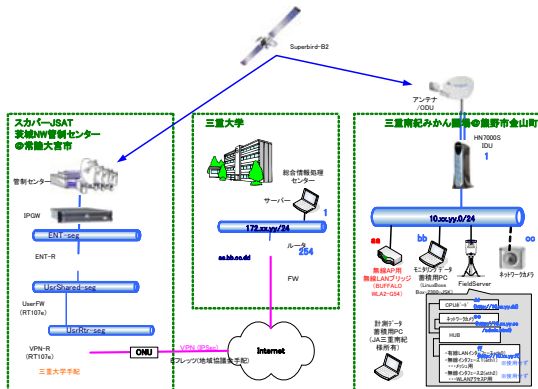


図5 衛星データ通信ネットワークの構成図

また、携帯データ通信についても調査を行った。都市部ではイーモバイルなど安価な定額データ通信サービスが利用可能であるが、農村部はサービスエリア外な場合が多い。本研究では、FOMA回線を利用したIIJモバイルおよびb-mobile 3Gの2つのサービスについてテストを行った。通信速度テストの結果は、下りが370kbps、上りが300kbpsとなり、間欠的な静止画転送であれば十分な速度が得られることが分かった。モバイルルータの登場により設定が簡単になったので、今後はより利用しやすくなっている。

以上本研究では、ネットワーク回線を利用して遠隔地の農地で計測を行い、園地における現場発生情報を安定かつ効率的に収集するための基礎モジュールを開発し、三重県熊野市のみかん園において実証実験を行い、システムの有用性を示すことができた。

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7件)

- (1) Takashi TOGAMI, Yoshitaka MOTONAGA, Ryoei ITO, Atsushi HASHIMOTO, Takaharu KAMEOKA, Tsuyoshi NAKAMOTO, A Web Strategy for Cultural Inheritance Centered on Agriculture ~ Case Study Approach; The Olive Project in Shodoshima Japan, post-proceedings of Culture and Computing 2010, 査読あり, 2010, Springer, 印刷中
- (2) Chiaki Yamaguchi, Ryoei Ito, Application of embedded system in field image monitoring, Proceedings of Joint Conference of 12th IAALD, 6th AFITA and 6th WCCA, 査読なし, 2008, p.263-266
- (3) Yoshitaka Motonaga, Ryoei Ito, Tokihiro Fukatsu, Atsushi Hashimoto, Seishi Ninomiya, Takaharu Kameoka, and Tsuyoshi Nakamoto, Monitoring the olive cultivation in Shodoshima using Field Server systems, Proceedings of Joint Conference of 12th IAALD, 6th AFITA and 6th WCCA, 査読なし, 2008, p.1067-1074
- (4) Atsushi Hashimoto, Ryoei Ito, Kenichi Nakanishi, et al., An Integrated Field Monitoring System for Sustainable and High-Quality Production of Agricultural Products Based on BIX Concept with Field Server, Proceedings of International Symposium on Applications and the Internet - SAINT 2007 Workshops, 査読あり, 2007, CD-ROM
- (5) Masayuki Hirafuji, Seishi Ninomiya, Takuji Kiura, Tokihiro Fukatsu, Haoming Hu, Hideo Yuoichi, Kei Tanaka, Koji Sugahara, Tomonari Watanabe, Takaharu Kameoka, Atsushi Hashimoto, Ryoei Ito, Reza Ehsani, Hiroshi Shimamura, Field Server Projects, Proceedings of International Symposium on Applications and the Internet - SAINT 2007 Workshops, 査読あり, 2007, CD-ROM
- (6) Ryoei Ito, Toyokazu Hirozumi, Yuichi Nagaya, Modification of Inexpensive NAS Devices for Field Monitoring, Proceedings of the 4th World Congress, 査読なし, 2006, 72-77
- (7) T. Hirozumi, R. Ito, T. Mishima, K.

Nakanishi, A. Hashimoto and T. Kameoka, Inexpensive Field Monitoring System with Field Server, AFITA2006 The Fifth International Conference of the Asian Federation for Information Technology in Agriculture, 査読なし, 2006, p.487-493

[学会発表] (計5件)

- (1) 伊藤良栄・中西健一・梅川逸人 ソリッドステート化によるフィールドサーバモニタリングシステムの信頼性向上, 農業農村工学会, 2009年8月5日, 筑波大学
- (2) 伊藤良栄・亀岡孝治・米野浩之 フィールドサーバを利用した小学校環境教育の試み, 日本環境学会, 2009年6月14日, 立命館大学
- (3) 山口千明・伊藤良栄, 組み込み系Linuxを用いた圃場画像モニタリングシステムの構築, 農業情報学会, 2009年5月21日, 東京大学
- (4) 伊藤良栄・山口千明, 組み込み系Linuxを利用した低価格環境計測システムの開発, 日本環境学会, 2008年8月10日, 富山県立大学
- (5) 伊藤良栄・廣住 豊一, フィールドサーバを用いたミカン園の遠隔モニタリング, 農業土木学会, 2006年8月10日, 宇都宮大学

[その他]

ホームページ等

- (1) フィールドサーバ収集データ公開 (チェンマイ大学・熊野市金山パイロット・生物資源学部農場・津市内小学校)
<http://133.67.104.64/FS/>
- (2) 熊野市金山パイロットみかん樹画像公開
<http://mizupc8.bio.mie-u.ac.jp/yamaguchi/kanayamaP/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

伊藤 良栄 (Ito Ryoei)
三重大学・大学院生物資源学研究科・助教
研究者番号：30232490

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

