

戦略的国際科学技術協力推進事業
日本－インド研究交流
研究課題「農村開発のための地理情報通信技術
及びセンサーネットワークの開発」

研究終了報告書

研究交流期間 平成20年2月～平成23年3月

研究代表者：二宮正士
(国立大学法人東京大学大学院農学
生命科学研究科、教授)

1. 研究・交流の目的

本研究は、高密度なセンサーネットワークを半乾燥地の農村流域に設置し、地理情報通信技術とグリッド技術を組み合わせることで、乾燥状態や気象・気候状態といった環境把握に加え、作物の状態や生産性、土壌の健康状態、土壌水分、その他農村社会がリアルタイムに必要とするダイナミックな状態をモニターし、地域の自らの意思決定に貢献できる意思決定支援システムの開発を目的とする。

2. 研究・交流の方法

2. 1 研究・交流計画

インドの農村地帯における計画立案は主に省庁から普及組織を経由したトップダウン的な流れによって行われてきた。このような計画立案に対して、現場で自ら意思決定を行うことへの要望が高まる中、インド側では地理情報・通信技術システムを応用した農村情報システム、GramyaVikas（農村開発の意味）と呼ばれる分散型の連携支援システムをこれまでに開発した。一方、日本側では、農村で気象情報などを効率的に収集するセンサーネットワーク・フィールドサーバを開発してきた。

本研究では、分散協調連携モデルである GramyaVikas にセンサー・ネットワーク機能を付加することで目的を達成する。この機能により典型的な半乾燥地流域の農業気候帯に設置するフィールドサーバを介してリアルタイム環境データを獲得できることになり、地域の農業を適切に実践するうえでの意志決定プロセスがさらに強化されることになる。Web 型の農村システムとフィールドサーバの組み合わせは、これまでの中央集中型のシステムに比べ数多くの利点を持っている。維持管理、研修などの費用は低廉であり、世界中どこからでもアクセスでき、相互接続性も高く、頑健で柔軟なシステム構築ができる。

2. 2 日印の役割分担と提供できる研究資源

当初の研究計画の中で、双方の提供資源と役割は下記のように想定していた。

(1) 日本側

- プロジェクトに提供できる資源

- ✓ センサーネットワークノード技術、センサーネットワークハードウェア「フィールドサーバ」ならびに気温、湿度、雨量、日射量、土壌水分、炭酸ガスなどのセンサー群を提供、およびそれらを管理する管理する基本ソフトウェア、分散データ資源を統合するためのグリッド技術。

- 日本側の役割

- ✓ インドの半乾燥地にも耐えうるセンサーネットワークノード「フィールドサーバ」の新たなモデルの再設計・開発。
- ✓ センサーネットワーク技術のインド側への技術移転ならびにテストベッドにおける設置・運用指導。
- ✓ 分散データベースを統合するための基盤ソフトウェアの実装。

(2) インド側

- プロジェクトに提供できる資源

- ✓ 農業意思決定支援システムならびに地理情報システムインタフェース技術。
- ✓ 半乾燥地テストベッド圃場ならびに現地農家の情報。

- インド側の役割

- ✓ GramyaVikas の web 意思決定支援の改善ならびに、センサーネットワークとの連携インタフェースの開発。

公開資料

- ✓ インドの気象条件下でセンサーネットワークの運用・維持・評価.
- ✓ データの収集とデータベース化.
- ✓ 農村地域における能力開発, インド側の連携調整. 関連部局へ技術普及.

2. 3 研究開始後の変更について

研究開始後, 双方のもつ資源をさらに活用できることがわかり, 研究方法について下記のような変更を行った.

- 意思決定支援システム開発について, インド側に加え, 日本側の作物モデル研究者も合流することで, 支援内容の高度化をはかることとした.
- センサーネットワークについて, インド側が開発する Zigbee 仕様のセンサーネットワークも採用し, 双方の利点を兼ね備えたハイブリッド型のシステムを構成することとした.

3. 研究・交流実施体制

3. 1 日本側

氏名	所属	役職	学位	役割
二宮正士	東京大学大学院農学生命科学研究科	教授	農学博士	研究統括ならびにシステム統合
平藤雅之	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	研究チーム長	農学博士	フィールドサーバ・ハードウェア
木浦卓治	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	上席研究員	農学博士	データ・グリッド技術
深津時広	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	主任研究員	農学博士	データ収集ソフトウェア
田中 慶	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	主任研究員	農学博士	意思決定支援ソフトウェア開発
法隆大輔	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	主任研究員	農学博士	データマイニング
吉田ひろえ	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	研究員	農学博士	水稻生育モデル
三木悠吾	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	契約研究員	理学修士	フィールドサーバ・ハードウェア
世一秀雄	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	契約研究員	工学修士	センシング・デバイス開発
溝口 勝	東京大学大学院農学生命科学研究科	教授	農学博士	土壌データ収集技術
亀岡孝治	三重大学生物資源学部	教授	農学博士	環境センサー技術
高田大輔	東京大学大学院農学生命科学研究科	助教	農学博士	果樹栽培モデル
久保田浩史	東京大学大学院農学生命科学研究科	技術専門職	農学士	センシング・デバイス設置支援

3. 2 相手国側

氏名	所属	役職	学位	役割
J. Adinarayan	IIT-Bombay, 資源工学研究所	准教授	PhD	研究統括ならびにシステム統合
U.B. Desai	IIT-Hyderabad	学長・教授	PhD	センサーネットワーク
M.V. Khire	IIT-Bombay, 資源工学研究所	上席技術員	PhD	地形評価とテストベッド運用
S.N. Merchant	IIT-Bombay, 電子工学部	教授	PhD	センサーネットワーク
D Sudharsan	IIT-Bombay, 資源工学研究所	研究員	MA	GIS
Naveen Reddy	IIT-Bombay, 電子工学部	研究員	ME	センサーネットワーク
Abhishek Kodilkar	IIT-Bombay, 電子工学部	研究員	ME	センサーネットワーク
Ketan Karandikar	IIT-Bombay, 資源工学研究所	研究員	MA	作物モデル
Amiya K	IIT-Bombay, 資源工学研究所	研究員	MA	作物モデル

4. 研究成果

4. 1 研究成果の自己評価

- ☐ 計画以上の成果がでた ☒ 計画通りの成果がでた
☐ 計画とは異なるが有益な成果がでた ☐ 計画ほどの成果はでなかった
☐ いずれでもない

4. 2 研究成果の自己評価の根拠

(1) テストベッドの設定

- インドの典型的な農業地帯である半乾燥地を研究対象とし、ハイデラバード市郊外, Acharya N G Ranga Agricultural University の圃場とし, 対象作物は水稻, トウモロコシ, 落花生とした. 当初, 実際の農村に設定することを考え調査したが, 部品の調達, 運営維持の容易さ, 圃場への機器設置や栽培作物の自由度の高さ, バックボーン通信回線や電源確保の利便性から決定した (日印連携).

(2) 半乾燥地向けセンサーネットワーク開発

- 日中摂氏 50 度にもなる半乾燥地で太陽パネルだけで運用できる農地向けセンサーネットワークのプロトタイプが開発された (日印).
- 高温対策として, 内部ファンの強化, 筐体材料の改善などを行った. また, 太陽パネルと自動車用バッテリーで夜間も含め画像, 気温, 湿度, 日射量, 土壌水分など間欠的に計測できるフィールドサーバを開発した (日本).
- Zigbee による気温・土壌水分計測システムを開発した (インド)
- 作物モデルの高精度化用に熱及び炭酸ガス測定用フラックスタワー機能付きや,

公開資料

- 1 土壌水分、土壌温度センサーを組み込んだフィールドサーバを開発した（日印）。
- 2 ● アクセスポイントになる重装備のフィールドサーバとセンシングしデータをプッ
- 3 シュするだけの子機に分割し、維持管理や電源運用を容易化した。
- 4 ● 日本側の WIFI センサーネットワークとインド側の Zigbee センサーネットワーク
- 5 をシームレスに統合し、インターネットから共通的にデータ収集できるしくみを
- 6 開発した（日印）。
- 7 (3) 電源ならびに通信バックボーン
- 8 ● データ収集用ネットワークバックボーンとして 3G 回線を採用したが、現状ではサ
- 9 ービスがまだ不安定であることも多く、課題を残した（インド）。
- 10 ● 電源は、間欠的測定であれば、画像収集も含めてセンサーネットワークを運用で
- 11 きるようになった。ただし、3G 回線接続のために PC が必要で、そのための AC 電
- 12 源供給が今のところ必要である（日印）。
- 13 (4) 半乾燥地向け意思決定支援モデル開発
- 14 ● GramyaVikas を改良し作物モデルとの連携を可能にした（インド）。
- 15 ● DSSAT モデルを基盤に、水稻、落花生、トウモロコシについてインド品種向け生育
- 16 モデルを開発した（インド）
- 17 ● SIMREW モデルを用いて、インド向け品種の水稻生育モデルを開発した（日本）。
- 18 ● 生育モデルとセンサーネットワークによる収集データを組み合わせることで、栽
- 19 培可能性、最適品種、栽培適期などの情報を提供できるようになった（日印）。
- 20 (5) 日印相互連携による技術移転ならびに波及効果
- 21 ● 日印連携で相互に持ち味を出すことで、半乾燥地という環境条件が劣悪な場所
- 22 でも運用可能な農業向きセンサーネットワークが開発できた。また、相互の技術移
- 23 転も進んだ（日印）。
- 24 ● インド側の橋渡しにより、現場農民との意見交換も実現し、より現場で必要な技
- 25 術開発の目標をさだめることができた。今後はより現場で使いやすい利用者イン
- 26 タフェース開発が中心となる（日印）。
- 27
- 28 4. 3 研究成果の補足
- 29
- 30 とくになし。
- 31
- 32 5. 交流成果
- 33
- 34 5. 1 交流成果の自己評価
- 35 ☐ 計画以上の交流成果がでた ☒ 計画通りの交流成果がでた
- 36 ☐ 計画ほどの交流が行われなかったが成果はでた
- 37 ☐ 計画ほど交流成果がでなかった
- 38 ☐ いずれでもない
- 39
- 40 5. 2 交流成果の自己評価の根拠
- 41
- 42 (1) 公開ワークショップ等の日印主催
- 43 ● 2008 年 8 月 24 日 : Geo-ICT and Sensor Network Technology and Applications
- 44 開催。東京農大、厚木市、20 カ国、50 名参加（World Conference on Agricultural
- 45 Information and IT 内で開催）。
- 46 ● 2009 年 5 月 21 日～22 日 : Sensor Network Technology and Application Workshop
- 47 開催、つくば国際会議場、10 カ国 80 名参加。
- 48 ● 2009 年 12 月 5 日～6 日 : Indo-Japan Workshop Geo ICT and Sensor Network for
- 49 Agri-systems を開催、ハイデラバード、2 カ国 80 名参加。

公開資料

- 2010 年 12 月 24 日 : Indo-Japan Workshop:Geo-ICT and Sensor Network based Decision Support Systems in Agriculture and Environment Assessment 開催。秋葉原ダイビル, 20 名参加。
- (2) 関連ワークショップへの共同参加
 - 2009 年 7 月 23 日 : Agriculture WG meeting in APAN28th, クアラルンプール
 - 2010 年 2 月 11 日 : Geoss Sensor Web meeting in APAN29th, シドニー
 - 2010 年 10 月 5 日 : Sensor research workshop in AFITA2010, ボゴール
 - 2011 年 2 月 24 日 : Agriculture WG meeting in APAN31st, 香港
- (3) 技術交流, セミナー等
 - 2008 年 3 月 10 日 : キックオフ会議, テレビ会議にて実施。双方で 16 名参加。
 - 2008 年 8 月 20 日～9 月 3 日 : インド側が来日しフィールドサーバ技術の移転とテストベッド構築に関する試験設計
 - 2008 年 11 月 16 日～11 月 19 日 : 日本側がインド工科大学ボンベイを訪問し, 双方の持つ技術について情報交換ならびにフィールドサーバ試験運用。
 - 2008 年 11 月 20 日～11 月 24 日 : 日印関係者がハイデラバード付近でテストベッド候補地視察および現地農業調査。
 - 2009 年 2 月 13 日～14 日 : 日本側が農業試験場を訪問しインドで栽培される水稻品種に関する情報収集。
 - 2009 年 5 月 11 日～31 日 : インド側が日本を訪問し, フィールドサーバ技術の詳細について習得。
 - 2009 年 8 月 15 日～8 月 22 日 : 日本側がハイデラバード郊外テストベッドへフィールドサーバ設置。
 - 2009 年 11 月 30 日～12 月 9 日 : 日本側がハイデラバードを訪問し, インド側と設置機器類のメンテナンス。
 - 2010 年 6 月 29 日～7 月 7 日 : 日本側がハイデラバードを訪問し, インド側と最新機器の設置とメンテナンス。
 - 2010 年 9 月 8 日～15 日 : インド側が来日し故障したフィールドサーバのメンテナンスを行いながら技術移転。
 - 2010 年 11 月 7 日～14 日 : 日本側がハイデラバードを訪問し, インド側と機器類の設定・チューニング。現地農業調査。
 - 2010 年 12 月 19 日～26 日 : インド側が来日しフィールドサーバならびにセンサーネットワーク技術について研修ならびに情報交換。
 - 2011 年 2 月 26 日 : 日本側がムンバイを訪問し, プロジェクトとりまとめについて協議。

5. 3 交流成果の補足

とくになし。

6. 論文発表・特許出願

論文 or 特許	・論文の場合: 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合: 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、 出願番号、出願人、発明者等	特記 事項
論文	田中 慶, 木浦 卓治, 杉村 昌彦, 二宮 正士, 溝口 勝, 農業情報研究 Vol. 20 (2011), No. 1, 2011	
論文	Tokihiro Fukatsu, Teruaki Nanseki, Monitoring System for Farming Operations with Wearable Devices Utilized Sensor Networks,	

公開資料

	, Sensors, 9(8),6171-6184, 2009	
論文	Masayuki Hirafuji, Tokihiro Fukatsu, Takuji Kiura, Haoming Hu, Hideo Yoichi, Kei Tanaka, Yugo Miki, Seishi Ninomiya, Sensor Network Architecture Based on Web and Agent for Long-term Sustainable Observation in Open Fields, Advances in Practical Multi-Agent Systems, SCI325, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 425-433, 2010	

7. 写真・資料

下記を提出いたします。写真は大量にありますが、下記 PDF にピックアップしたものを入れてあります。必要ならオリジナル写真も提供可能です。

- ✓ 日本側で開催したワークショップのプログラム
- ✓ プロジェクト期間中の各種イベントをまとめた PDF（必要なら PPT 提供可能）
- ✓ プロジェクト期間中に開発したシステムの説明 PDF（必要なら PPT 提供可能）
- ✓ 関連 URL
 - ◇ <http://afita.ac.affrc.go.jp/wcca2008/workshops.htm>
 - ◇ http://www.earthobservations.org/meetings/20090521_22_geoss_sensor_web_workshop_invitation.pdf
 - ◇ <http://www.agmodel.org/geoss-SenW2009/>
 - ◇ <http://www.csre.iitb.ac.in/geosense/geosense-dec2009-workshop/home.htm>

10. その他