

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 24 日現在

機関番号：33910
研究種目：基盤研究(C)
研究期間：2012～2014
課題番号：24510238
研究課題名(和文) 機動的なフィールドセンサー配置と無人飛行機による統合的大規模洪水モニタリング

研究課題名(英文) Dynamic Deployment of Field Sensors and UAV observation for Integrated Flood Monitoring

研究代表者
本多 潔 (HONDA, Kiyoshi)

中部大学・中部高等学術研究所・教授

研究者番号：40181549

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：2011年にタイで発生したような大規模で氾濫域が刻々と変化する洪水を機動的にモニタリングできるシステムのプロトタイプをインターオペラブルなセンサーデータおよび画像情報基盤の上に開発した。自立電源で駆動され、Twitterへデータを発信する機動的な水位センサーノード、数cm解像度で空中写真を取得する無人飛行機、そして衛星から得られるマルチスケールのセンサーデータを、Sensor Observation Service(SOS)やWeb Map Service(WMS) 国際標準Web Serviceによって統合し、同時に他のシステムとの相互運用性も確保したことが大きな特徴である。

研究成果の概要(英文)：We have developed a prototype of flood monitoring system for large-scale floods (such as a flood in 2011 in Thailand). The system integrates multi-scale sensing data on top of an interoperable sensor data and image infrastructure. We have developed a water level sensor node that has an independent solar power system and sends out data to SNS (Twitter). We have also used UAV data and satellite images. The data infrastructure serves data via Sensor Observation Service (SOS) and Web Map Service (WMS) that secures the interoperability of the flood monitoring system.

研究分野：空間情報科学、リモートセンシング、

キーワード：フィールドセンサネットワーク 洪水モニタリング 無人飛行機 OGC Web Service

1. 研究開始当初の背景

大規模かつ氾濫域の予測が難しい洪水、例えば 2011 年にタイで発生したような洪水、をモニタリングするためには、機動的にモニタリングノードを設置する必要があり、通常の固定的な観測システムでは対応が難しい。電源や通信環境の制約なく設置できるモニタリングノード、メタデータを含む観測データを動的に発信・取得して利用する仕組み、さらにそれらを広域の面的情報（無人飛行機、航空機、衛星から得られる情報）と統合するシステムが必要である。統合やデータ配信にはデータおよびシステムの相互運用性 (Interoperability) が重要であるので、OGC (Open Geospatial Consortium) の世界標準 Web サービスである SOS (Sensor Observation Service) や WMS (Web Map Service) API の機能を情報基盤を開発することが有効である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、水位観測フィールドセンサーネットワーク、無人飛行機 (UAV)、衛星から得られるマルチスケールのセンシング情報を統合する機動性に富む大規模洪水モニタリングシステムのプロトタイプを開発することである。

OGC の定義する国際標準の Web Service (WMS や SOS) を利用して相互運用性を確保することにより機動的な運用や他システムとの連携を可能にすることが重要な点である。

3. 研究の方法

氾濫・浸水域に機動的に配置でき、水位と画像を観測するフィールドセンサーネットワークノードを開発する。さらに、無人機を用いて地上画像を撮影しマッピングを行う。代表者らが開発に関わってきたセンサプラグ&プレイや OGC の国際標準 API である SOS (Sensor Observation Service) を特徴とするセンサデータ基盤 cloudSense を用い、設置直後からノードを直ちにシステムに組み込み運用可能とする。さらに Web Map Service により無人飛行機、衛星画像とも統合し、洪水の動態(範囲と水位・水深)を把握、他システムへのデータ供給ができる統合システムのプロトタイプを開発する。研究の実施域は 2011 年に大規模な洪水に襲われたタイ、チャオプラヤ川下流域である。

4. 研究成果

(1) 機動的・自立的なセンサノードの開発
超音波距離計、Arduino マイコン、GPS、3G ルーターを一本のアクリル筒に収め、ソーラーセルで駆動する水位観測ノードを開発した (図-1)。超音波距離計はシリアル通信で距離を出力するので、それを Arduino に 1 時間ごとに記録、4 時間おきに Twitter へ 3G ルーター経由で Twit する。Twitter へのリレ



図-1 超音波センサーで水位を観測する水位モニタリングノード。ソーラーセルによる自立電源駆動で 3G 通信を行い、Twitter へデータを送出する。

ーサーバーとして、ThingSpeak を利用する。ソーラーセルを利用しているので電源工場の必要がなく、また、携帯電話網の拡充によりほぼ確実にインターネットへのアクセスが可能である。GPS を装備しているので位置情報を付加することができ、あらゆる場所から発信可能である。さらに、Twitter というソーシャルネットワークサービスを利用しているため、特定のデータ流通経路やサーバーの用意を待たずに即座に観測データのインターネットへの発信が可能である。ソーラーセルは可搬性を考慮して小型ものを用いたが、追加装備することで Twit する時間感覚を短縮することは容易である。

以上により氾濫範囲の予測が困難で刻々と変化する氾濫状況に応じて配置場所や配置密度を自由に設定できる、すなわち機動的な配置が可能な洪水モニタリングセンサーノードを開発することができた。

(2) Sensor Observation Service 情報基盤 SNS (本研究の場合は Twitter) へ発信されたデータはテキストとして可読性はあるものの、センサデータをさらに処理できる相互運用性のあるモニタリングシステム・データとはいえない。そこで、Twitter のアカウントをフォローしてデータを収集、SOS の情報基盤である cloudSense へフィードし、そこから SOS 標準 Web Service を通じて上位のアプリケーションへ提供する仕組みを構築した。アプリケーションは まず GetCapabilities という標準問い合わせによりセンサのメタデータを取得、さらに GetObservation という標準問い合わせにより任意期間の水位データを取得する。(1) で開発したセンサノードを配置したあと、情報基盤がノード配置情報を SOS によってアプリケーションに即座に伝えるので機動的な洪水モニタリングが可能になる。このセンサ情報基盤にはソーラーセルで駆動し 3G 回線で接続する気象計およ

びカメラも別途開発し接続したので気象条件と現地画像も把握可能になった。SOS という標準 Web Service によるデータ配信を行うので、本研究ではなく第3者が開発する SOS 準拠のアプリケーションへの接続、逆に他の観測システムが SOS でデータ供給するものであれば本アプリケーションへ接続することも容易である。以上により相互運用性を確保した洪水水位モニタリングが可能となった。

(3) UAV 画像の取得と処理

UAV(Unmanned Aerial Vehicles)は本研究終了時の 2015 年には国内外で大変話題になっているが、開始時 2012 年には広く知られていなかった。2012 年に SenseFly 社の swinglet を購入し(図-2)、タイの洪水域で実際に飛行し画像取得を行った。



図-2 Swinglet UAV

本 UAV は固定翼であり決められた飛行コースを安定的、自動的に辿り垂直写真撮影を行う。飛行計画は画像地図上に飛行範囲を設定したうえで地上解像度とオーバーラップ率を指定すると、数秒で飛行コースを計算して機体に転送し、即座に飛行が可能になる。解像度は飛行高度 100m で約 4 cm であり、都市域での浸水状態を見るのに十分である。飛行時間は約 20 分、撮影範囲は解像度とオーバーラップ率により大きく異なるが、最大約 1 平方 km² である。取得した多数の写真は特徴点抽出、対応点サーチにより 3 次元処理、モザイク処理を行って詳細かつ地図座標を持つ空中写真を合成する。既存の地図サービス(GoogleMap など)に即座にオーバーレイ可能であり、詳細な浸水状況の把握に大変有効であることが実証された(図-3)。



図-3 洪水域を UAV で撮影、モザイク後に googleMap へオーバーレイしたもの

(4) 衛星データ

大規模氾濫の全体的な動きのモニタリング、

つまり数千平方 km スケールの観測を数日ごとに繰り返し観測するには衛星データが最適である。複数の高解像度衛星や編隊衛星、中解像度衛星を用いることで高頻度大規模観測が可能になる。UAV はもとより航空機でもそのような繰り返し観測をたとえ 1 週間単位でも行うことは大規模氾濫の場合に容易ではない。本研究では a) TERRA ASTER, 25 OCT 2011、False Color 解像度 15m, 100km(N-S) x 50km(E-W) b) IKONOS-2, 18 NOV 2011, Pan Sharpened 解像度 1m の画像を用いた。

(5) データ統合アプリケーションの開発

以上のフィールドセンサノードからの時間単位のポイントデータ(水位、気象、カメラ画像)、UAV からの数平方 km で cm レベル解像度画像による詳細な浸水状況画像、衛星からの数 100 から数万平方 km をカバーする画像を統合するためのデータ統合アプリケーションを開発した。フィールドセンサデータは前述の SOS、UAV と衛星画像情報はやはり国際標準 Web Service である Web Map Service(WMS)を用い相互運用性を確保、アプリケーションは SOS や WMS 標準 Web Service からメタデータとデータを取得し、時間スライダーを操作し任意時間のデータを重ねあわせて表示する。複数の水位データから内挿によって生成される水位分布図も WMS によって表示可能である。

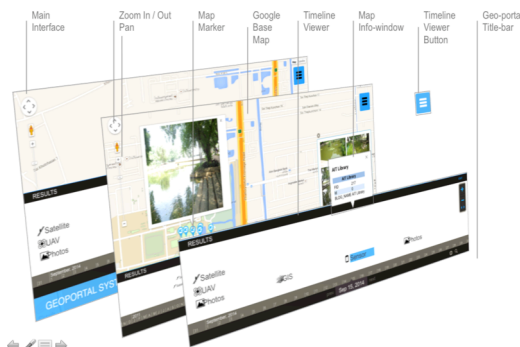


図-4 統合モニタリングシステムのインターフェース構成。タイムスライダー上にデータの存在が示され、クリックすると画面にオーバーレイ表示される。

以上の研究により国際標準 Web Service を採用して相互運用性を確保しながら、フィールドセンサネットワークデータ、UAV や衛星データなどマルチスケールのセンサデータを統合する、大規模洪水氾濫を機動的にモニタリングできるシステムのプロトタイプを提示することができた。

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)

うち査読付論文 (計 2件)

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

① Kiyoshi Honda, Amor V. M. Ines, Akihiro Yui, Apichon Witayangkurn, Rassarin Chinnachodteeranun, Kumpee Teeravech, Agriculture Information Service Built on Geospatial Data Infrastructure and Crop Modeling, Proceedings of the 2014 International Workshop on Web Intelligence and Smart Sensing, ACM 978-1-4503-2747-3/14/09, 2014, 1-9

② HONDA Kiyoshi, A. Yui, A. Ines, Rassarin Ch., A. Witayangkurn, H. Nagai, J Miyamoto, Field Touch; an innovative agriculture decision support by multi-scale sensor platforms, IEEE Xplore Digital Library, Global Conference(SRII), 2014 Annual SRII (Service Research & Innovation Institute), INSPEC 14529042, 2014, 228-229

③ Apichon Witayangkurn, Rassarin Chinnachodteeranun, Masayuki Hirafuji, HONDA Kiyoshi, Aggregating Twitter Field Servers to Sensor Observation Service (SOS), IEICE Technical Report, ISSN 0913-5685, 114(290), 2014, 81-82

④ Rassarin Chinnachodteeranun, Apichon Witayangkurn, Honda Kiyoshi, Akihiro Yui, Sensor Observation Service (SOS) for Field touch Agricultural Information Platform, IEICE Technical Report, ISSN 0913-5685, 114(290), 2014, 79-80,

⑤ 平藤雅之、情報科学による農業のイノベーション、情報処理学会研究報告、2014-CVIM-193(8)、2014、1-5

⑥ 平藤雅之、Developing Field Sensing Technologies towards Field Phenomics, 日本育種学会第126回講演会要旨集、育種学研究(別2)、2014、22-22

⑦ Masayuki Hirafuji, Atsushi Itoh, Takuji Kiura and Tomokazu Yoshida, Agricultural Big Data Analyzing System with Open-source Technologies 217 and CLOP (Cloud Open Platform), Proceedings of the 9th Conference of the Asian Federation for Information Technology in Agriculture "ICT's for future Economic and Sustainable Agricultural Systems", 2014-15112014,

2014, 217-222

[学会発表] (計 29件)

うち招待講演 (計 19件)

① Apichon Witayangkurn, Rassarin Chinnachodteeranun, Masayuki Hirafuji, HONDA Kiyoshi, Aggregating Twitter Field Servers to Sensor Observation Service (SOS), Technical Committee on Ambient Intelligence and Sensor Networks, 2014年11月07日, Japan Society for the Promotion of Machine Industry (Shibakoen, Minato, Tokyo)

② Rassarin Chinnachodteeranun, Apichon Witayangkurn, Honda Kiyoshi, Akihiro Yui, Sensor Observation Service (SOS) for Field touch Agricultural Information Platform, Technical Committee on Ambient Intelligence and Sensor Networks, 2014年11月07日, Japan Society for the Promotion of Machine Industry (Shibakoen, Minato, Tokyo)

③ HONDA Kiyoshi, A. Ines, A. YUI, A. Witayangkurn, R. Chinnachodteeranun, K. Teeravech, Agriculture Information Service Based on Crop Modeling, WMO, Proc. Of International Conference on Weather/Climate Models and Remote Sensing Applications for Sustainable Agriculture and Food Security Community (招待講演), 2014年11月25日~2014年11月28日, Jeju, Republic of Korea

④ 本多潔、センサーネットワークと相互運用性が支える農林水産業の知識産業化、IoEビッグデータ時代の第一次産業の知識産業化を目指して 第2回ICE Cube Center 研究会 第67回精密工学研究所シンポジウム (招待講演)、2014年10月02日、東京工業大学

⑤ HONDA Kiyoshi, A. Ines, A. YUI, A. Witayangkurn, R. Chinnachodteeranun, K. Teeravech, Agriculture Information Service Based on Crop Modeling and Geo-spatial Data Infrastructure, IRI Seminar, The Earth Institute's International Research Institute for Climate and Society (IRI) (招待講演), 2014年12月09日, IRI, Columbia University, NY, USA

⑥ Kiyoshi Honda, Amor V. M. Ines, Akihiro Yui, Apichon Witayangkurn, Rassarin Chinnachodteeranun, Kumpee Teeravech, Agriculture Information Service Built on Geospatial Data Infrastructure and Crop

Modeling, 2014 International Workshop on Web Intelligence and Smart Sensing, IWWISS'14, 2014年09月01日~2014年09月02日, St. Etienne, France

⑦本多潔、農業の知識産業化を支える地理空間情報、ブロードバンドアソシエーション(BA) アイディアソン、農業 x IT 前提社会を創るアイディアソン 「農業に IT」「IT で農業」が当たり前の社会を考える(招待講演)、2015年03月01日、東京大学弥生講堂セイホクギャラリー

⑧ HONDA Kiyoshi, IT-Agriculture supported by interoperable information platforms, SRII (Service Research & Innovation Institute) Japan Summit, "Innovating Digital Economy for Japan (招待講演)", 2015年03月01日~2015年03月02日, University of Tokyo

⑨本多潔、農業の知識産業化を支える地理空間情報、地理空間情報活用推進に関する産学官中部地区連携協議会 (招待講演)、2015年01月14日、愛知県産業労働センター

⑩本多潔、空間情報と生育シミュレーションに基づく農業情報サービス、日本オペレーションズ・レサーチ学会、サービス・イノベーションへの数理的アプローチ研究部会研究会 (招待講演)、2014年07月07日、名城大学 名駅サテライト

⑪ HONDA Kiyoshi, Rassarin Chinnachodteeranun, Sensor Observation Service (SOS) and Multi-Layered API for Constructing Applications in Farm Management, Joint Session with SIP & ALFAE: Standard in Agriculture, Asia Pacific Advanced Network 39th Conference, 2015年03月04, Fukuoka Convention Center (Sekijomachi, Hakata Ward, Fukuoka)

⑫ Hirafuji, Masayuki, Innovation in Agriculture Accelerated byFAB, ISDF 2015 the International Symposium on Digital Fabrication (招待講演), 2015年03月02日~2015年03月03日, Hyderabad, India

⑬平藤雅之、スマート農業とフェノミクス、第61回北海道土壌肥料懇話会シンポジウム「北海道農業における ICT 利用の可能性」(招待講演)、2014年12月04日、北海道大学

⑭ Masayuki. Hirafuji, Agricultural Big Data and Applications, Big Data Workshop "Innovation is GREAT" (招待講演), 2015年02月26日, NII, Japan

⑮ 平藤雅之、フィールド・フェノミクスのためのセンシング及びクラウド技術、平成27年度園芸学会春季大会シンポジウム(招待講演)、2015年03月28日~2015年03月29日、千葉大学

⑯ Masayuki Hirafuji, Big Data for Agriculture, Big Data French-Japanese Workshop (招待講演), 2014年11月18日~2014年11月19日, The Embassy of France in Japan

⑰平藤雅之、フィールドセンサネットワークを用いた環境モニタリング、第46回種生物シンポジウム(招待講演)、2014年12月05日~2014年12月07日、富士 Calm、山梨

⑱ 平藤雅之、センシングとモニタリングのスマート化、農業情報学会シンポジウム(招待講演)、2014年05月14日~2014年05月15日、東京大学

⑲平藤雅之、情報科学による農業のイノベーション、第193回コンピュータビジョンとイメージメディア研究発表会(情報処理学会)(招待講演)、2014年09月01日、筑波大学

⑳ Masayuki Hirafuji, Developing Field Sensing Technologies towards Field Phenomics, 日本育種学会第56回シンポジウム(招待講演), 2014年09月26日, 南九州大学

㉑平藤雅之、スマート農業とフェノミクスー農業・生物・環境の途方もない複雑性をビッグデータで読み解くー、日本農学会シンポジウム「ここまで進んだ!飛躍する農業」(招待講演)、2014年10月04日、東京大学

㉒平藤雅之、農業におけるビッグデータの構築と活用、農業x制御x情報通信ワークショップ(計測自動制御学会、電子情報通信学会、農業情報学会)(招待講演)、2014年11月07日、機械振興会館(東京都港区芝公園)

㉓ M. Hirafuji, A. Itoh, T. Kiura, T. Yoshida, Agricultural Big Data Analyzing System with Open-source Technologies and CLOP (CLOUD Open Platform), 9th Conference of the Asian Federation for Information Technology in Agriculture "ICT's for future Economic and Sustainable Agricultural Systems", 2014年09月29日~2014年10月02日, Perth, Australia

㉔平藤雅之、杉浦 綾、田口和憲、センサネットワーク及び UAV によるてん菜のフィールド・フェノタイピング、てん菜研究会第12回技術研究発表会、2014年07月18日、札幌

市北農ビル(北海道札幌市中央区北4条西)

25 Masayuki. Hirafuji, A Strategy to Create Agricultural Big Data, SRII Global Conference 2014, 2014年04月23日~2014年04月25日, San Jose, USA

26 杉浦綾, 伊藤淳士, 濱田安之, 辻博之, 村上則幸, 澁谷幸憲, 平藤雅之, UAV空撮画像による作物生長計測とフィールドフェノタイプングへの応用, 第73回農業食料工学会年次大会, 2014年05月16日~2014年05月19日, 琉球大学

27 Masahiko NAGAI, Zahid Mushtaq WANI, Kiyoshi HONDA, Apichon WITAYANGKURN, Saurav RANJIT, Sakpod TONGLEAMNAK, Ashik RAJBHANDAR, GNSS Utilization for Multi Scale Flood Monitoring, The 6th Asia Oceania Regional Workshop on GNSS, 2014年10月11日, Phuket, Thailand

28 Masahiko NAGAI, Zahid Mushtaq WANI, Kiyoshi HONDA, Apichon WITAYANGKURN, Saurav RANJIT, Ashik RAJBHANDARI, Construction of Precise Urban DEM by RTK-GPS for Multi Scale Flood Monitoring, The 6th Asia Oceania Regional Workshop on GNSS, 2014年10月11日, Phuket, Thailand

29 Apichon WITAYANGKURN, Kiyoshi HONDA, Rassarin CHINNACHODTEERANUN, Aadit SHRESTHA, Masahiko NAGAI, Cloud-based Sensor Network System with low-power consumption fieldserver for environment, agriculture and aquaculture farm monitoring”, The 20th Asia & Pacific Conference on Communications (招待講演), 2014年10月01日~2014年10月03日, Pattaya, Thailand

[図書] (計 2件)

① 平藤雅之, S&T出版, IoT/CPS/M2M 応用市場とデバイス・材料技術 (第8章-2 大規模農業における ICT 化の現状と展望 -電子デバイスへのニーズ), 2015, 319(256-264)

② 平藤雅之, 養賢堂, シリーズ 21世紀の農学 「ここまで進んだ! 飛躍する農学(スマート農業とフェノミクスー 農業・生物・環境の途方もない複雑性をビッグデータで読み解く-)、2015, 171(145-165)

[その他]

ホームページ等

<http://157.7.52.82/floodmon/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

本多 潔 (HONDA, Kiyoshi)
中部大学 中部高等学術研究所、教授
研究者番号: 40181549

(2) 研究分担者

平藤 雅之 (HIRAFUJI, Masayuki)
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道農業研究センター(芽室)、大規模畑作領域長、教授
研究者番号: 00370495

(3) 連携研究者

長井正彦 (NAGAI, Masahiko)
東京大学 空間情報科学研究センター
研究者番号: 20401309

(4) 研究協力者

杉浦綾 (SUGIURA, Ryo)
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道農業研究センター(芽室)
研究者番号: 00370495

Apichon Witayangkurn
School of Engineering Technology, Asian Institute of Technology, Thailand

Rassarin Chinnachodteeranun
中部大学、工学部

Ashik Rajbhandari
School of Engineering Technology, Asian Institute of Technology, Thailand