

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 3 日現在

機関番号：12601
 研究種目：基盤研究(B)
 研究期間：2010 年～2012 年度
 課題番号：22360149
 研究課題名（和文） 突発的地滑りを検知する地盤センシング杭システムの研究

 研究課題名（英文）
A Study of WSN for Ground Picket Sensing System Detecting Slope Failure
 研究代表者 瀬崎薫 (SEZAKI KAORU)
 東京大学 空間情報科学研究センター 教授
 研究者番号：10216541

研究成果の概要（和文）：

日本国内でも、突発的な局地的集中豪雨により、土石の濁流が人命を奪う痛ましい被害が多数報告されている。国土の 7 割が山間部である日本において広域なエリアをカバーし、地滑りをいち早く検知のインフラを構築するのはコスト面と技術面で困難である。申請者らは、地滑り検知のため公的施設や一般家庭も含めて自ら設置や運用を可能とする高精度かつ低運用コストを兼ね備えた地盤センシング杭の無線センサネットワークシステムを研究し実用化につなげる研究を行った。特に気象データや斜面の特性を加味したセンサネットワークを構築し自然エネルギーを活用して長期間運用する手法を構築した。

研究成果の概要（英文）：

Recent years, large-scale land slide disaster was occurred in Japan. It is needed to monitor large area slopes using wireless sensor networks. Wireless sensor network can be applied to disaster/environment monitoring since it can cover wide-area flexibly. Energy harvesting technology is a effective approach to extend WSN's lifetime. We proposal a novel and sustainable management system for WSN using renewable energy. Also we developed a novel simulator including real information(e.g. weather and terrain) to verify our sustainable management scheme.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
22 年度	4100000	1230000	5330000
23 年度	7200000	2160000	9360000
24 年度	1800000	540000	2340000
年度			
年度			
総計	13100000	3930000	1703000

研究分野：無線センサネットワーク

科研費の分科・細目：基盤研究(B)

キーワード：土砂崩落,降雨実験施設,崩落予測,防災モニタリング,自然エネルギー,WSN シミュレータ

1. 研究開始当初の背景
近年地球規模で亜熱帯化する気候変動の影

響もあり、日本国内でも、突発的な局地的集中豪雨により、土石の濁流が人命を奪う痛ま

しい被害が多数報告されている。一般民家の居住地だけでなく安全性を重視し建設されている老人介護施設や避難所となる市町村施設においても人命が危険にさらされる可能性があることが明るみになった。一方国土の7割が山間部である日本において広域なエリアをカバーし、地滑りをいち早く検知のインフラを構築するのはコスト面と技術面で困難である。

2. 研究の目的

滑り検知が技術的に不可能である現状は、山間部で生活する人々にとっては急務の問題であり、また地震に伴う土砂災害が多いのも日本には必要な技術と考える。地震災害時には、事故やインフラ崩壊が同時多発的に発生し、通信が麻痺し、電源供給できない状況が長時間続く。高速道路の破壊でも問題になったように主要道路は地震後に崩落の危険性から寸断され状況の把握や救護が大幅に遅れる可能性がある。大規模な交通網のインフラ麻痺状態や2次災害の危険により、救助や補修工事の足止めになり、災害救助の絶対といわれている72時間以内の救助対応は不可能になる。崩落の危険が地盤を特定し豪雨や地震の災害前後もモニタリングし続けることは安全な復旧においても重要なことである。

既存研究は、長時間の無電源、警報の正確性と無線等の警報の迅速性を兼ね備えていない欠点がある。提案する手法とは異なり、多くの既存の地盤モニタリングの計器は非常に巨大でありコストが高い欠点がある。本研究の目的は、大規模な通信インフラ崩壊時にも災害情報を検知・把握可能にするため、道路や山間部の地盤状況の変化を低コストで高精度に分析する手法を確立すべく、本年度危機の調査および、実際に実験で用いるセンサ杭を作成し無線センサを斜面に検知実験を行った。実験には、防災科研の大型降雨実験施設を活用して行い検知し崩落前の加速度の特性の把握に成功した。またエネルギーの有効活用やリスクシュミレータに関する調査研究を行い、論文発表を行った。

3. 研究の方法

本研究では以下の各課題に継続的に取り組んだ。

課題A：長期的に計測を可能とする省電力・太陽蓄電センシング技術

集中豪雨による土砂災害が近年ゲリラ豪雨と言われるように突発的性が高くなり、あらかじめ予測がむずかしい現状がある。そこで本課題では6軸加速度センサだけでなく、様々なセンサ情報を組み合わせ、動的にセンシングレートと動的にデータ計測間隔、送信間隔を変化させ長時間運用を可能にする。また太陽エネルギーの効率的な活用も行えるように

理論構築を繰り返した。

課題B：加速度のデータ解析からの地盤危険度の把握技術

センサ杭は先端部に6軸方向の加速度センサが取り付けられており回転加速度も計測する。加速度が示す値は土質や水量などの物理現象によって異なるためいくつかのパターンを計測し崩落の予測を高精度で可能にする。

課題C：危険を住民に知らせる迅速なデータ転送技術

地滑り検知用を可能する6軸の加速度センサの情報を上流の危険地域から下流の地域までマルチホップ通信を用いて広域にセンサ杭間で無線通信を行い遠隔の民家に対して迅速にリレーさせるアルゴリズムとシステムを確立した。

課題D：情報共有のための災害伝達アプリケーションフレームワーク

地滑り災害を検知した場合に素早く住民に周知する方法を確立する。また防災科研や実用化を考えたシステムを企業と伴に提案し実用化を検討した。

4. 研究成果

またH22、H23年度茨城県つくば市の防災科学技術研究所と合同で行った降雨実験施設で行った実験の解析により各種センサのついたセンサノードが100mmの降雨時にセンサデータを安定的に取得および崩落予測が行えることが分かった。

土砂災害の発生を予測するために大規模にWSNを用いてモニタリングする手法が検討されている。広域エリアを柔軟にカバーできるWSNは災害探知のモニターリングに適している一方でセンサノードのバッテリーの容量制限のため限られた日程での運用を行うことを強いられてきた。しかしより広域長期運用するため、ソーラーパネル・風力などのEnergy Harvesting技術でより効率的にエネルギーを利用するセンサノードの導入が可能であるが経済的に高コストな点が普及を妨げている。そこで全体のライフタイムを伸ばすため、HarvestedEnergy予測モデルを改良し、より現実に近いシミュレーションを行う環境を構築した。気象現象を加味した上でエネルギー予測モデルを確立しルーティングプロトコルを改良した。天候や地形情報などの情報を導入したシミュレータでWSNの広域・長期運用手法を検証させ、要件に見合う最低限の自然エネルギーセンサノード数や配置の特定が容易になった。

「無線センサネットワークを利用した斜面崩壊検知システムおよびシミュレータ」として論文発表を行い自然エネルギー活用を含めた広域センサネットワークの基礎を構築した。またプライバシーを考慮したセンサネットワークやネットワークコーディングを用い

たセンサネットワークに関する研究論文も認められ学術論文および研究発表している。

今後は、土木関係の企業と連携し、被災地を含めた山間部や森林伐採で宅地造成工事を行なっている地点でのシステムの実運用を行う予定である。

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 5 件)

1. *Tian Hao, Masayuki Iwai, Yoshito Tobe, Kaoru Sezaki: "ESMO : An Energy-Efficient Mobile Node Scheduling Scheme for Sound Sensing" IEICE Transactions on Communications, Special Issue : Fundamental Issues on Deployment of Ubiquitous Sensor Networks Vol.E93-B No.11. 2912-2924 (2010), 1*
2. *Sekyung Han Sconce Han Sezaki K.: "Development of an Optimal Vehicle-to-Grid Aggregator for Frequency Regulation" Smart Grid, IEEE Transactions Issue Date : Volume : 1 Issuer : 1. 65-72 (2010), 1*
3. *Hongyang Chen, Qingjiang Shi, Rui Tan, H.Vincent Poor, Kaoru Sezaki: "Mobile element assisted cooperative localization for wireless sensor networks with obstacles." IEEE Transactions on Wireless Communication s9(3). 2010 (2010), 1*
4. *Bin Liu, Hongyang Chen, Xianfu Lei, Fengyuan Ren, and Kaoru Sezaki, Internode distance-based redundancy reliable transport in underwater sensor networks, EURASIP Journal on*

Wireless ommunications and Networking - Special issue on theoretical and algorithmic foundations of wireless ad hoc and sensor networks, Volume 2010, pp1--pp16 ,DOI:10.1155/2010/35807 1

5. *Yunlong Zhao, Zhao Dong, Masayuki Iwai, Kaoru Sezaki, Yoshito Tobe: An Extended Network Coding Opportunity Discovery Scheme in Wireless Networks, International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC) Vol.4, No.1,2012 pp63-77 DOI:10.5121/ijcnc.2012.4106*

[学会発表] (計 28 件)

1. *岩井将行・今井大樹・瀬崎薫: "無線センサ杭を利用した斜面崩壊モニタリングシステムの構築" IEICE 電子情報通信学会総合大会 2011,B-20-42. (20110315). 東京都市大学*
2. *岩井将行, 齋藤修, 中嶋紀夫, 戸辺義人, 瀬崎薫: "モバイル CO2 センサを用いた通勤者自身による生活圏レベル空気計測システム" 情報処理学会 dicomo 2010 1345-1351. (20100707-20100709). 岐阜県下呂市*
3. *S.Han, S.H.Han, K.Sezaki: ""Optimal Control of the Plug-In Electric Vehicles for V2G Frequency Regulation using Quadratic Programming" IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies (ISGT2011).*

- (20110117-20110119). Anaheim, CA USA
4. Masaki IMAI Masayuki IWAI Ryouyuke SHIBASAKI, Kaoru SEZAKI: "The designs of slope failure detection system using wireless sensor network" *The 31st Asian Conference on Remote Sensing(ACRS2010)*. (20101104). Hanoi, Vietnam
 5. S.Han, Y.Choi, M.Iwai, K.Sezaki: "Position Estimation of an Indoor Tracking System Using Kalman Filter" *International Conference on Internet (ICONI & APIC-IST 2010)*. (20101216-20101220). Mactan Island, Philippines
 6. Congwei Dang, Masayuki Iwai, Kazunori Umeda, Yoshito Tobe and Kaoru Sezaki, *NaviComf: Navigate Pedestrians for Comfort Using Multi-modal Environmental Sensors, IEEE Pervasive Computing and Communication (Percom 2012)*, March 2012, Switzerland
 7. S. Han, S. H. Han, K. Sezaki, *Economic Assessment on V2G Frequency Regulation Regarding the Battery Degradation, IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies (ISGT 2012)*, 17-19 January 2012, Washington (DC), USA
 8. S. Han, S. H. Han, and K. Sezaki, (Invited Paper) *Probabilistic Analysis on the V2G Power Capacity Regarding Frequency Regulation*, 18th IFAC World Congress, 28 Aug-2 Sep 2011, Milan, Italy
 9. 汪少哲, 岩井将行, 瀬崎薫, 自然エネルギー発電を利用した WSN の広域運用シミュレータ, 電子情報通信学会総合大会, B-19-36, 2012/3/23, 岡山大学
 10. 清水和人, 木實新一, 岩井将行, 瀬崎薫, Bluetooth の近接性センサとしての性能評価, 電子情報通信学会総合大会, B-19-7, 2012年03月21, 岡山大学
 11. Muhammad Asif Khan, Masayuki Iwai, Kaoru Sezaki, *Generating training data without human supervision for classifying emotions in Microblogs*, 電子情報通信学会 総合大会, D-5-6, 2012年03月21, 岡山大学
 12. Guangwen Liu, Masayuki Iwai, Kaoru Sezaki, *A Fast and Novel Online Compression Method for GPS Trajectory*, IEICE General Conference, A-17-11, 2012年03月21, 岡山大学,
 13. 李晨超, 岩井将行, 瀬崎薫, WSN 為のネットワークコーディングを利用したデータの生成と分散に関する提案, 電子情報通信学会第6回 HPB 研究会, 2012/2/21, 鳥取大学,
 14. Guangwen Liu, Masayuki Iwai, Kaoru Sezaki, *A Preliminary Study on Trajectory Sensing and Data Reduction in Mobile Terminal*, IEICE Human Probes Workshop, 2012/2/21, 鳥取大学,
 15. 岩井将行, センサと SNS で加速される Internet of Things の世界, 電気学会 全国大会 Internet of Things 時代の物品情報管理技術の現状と今後の展望, 2012/3/24, 広島県立大学,

16. Tomohiro Sakamaki, Masayuki Iwai and kaoru Sezaki, *User Behavior Analysis using Twitter and Geo-tag*, *International Conference on Human Probes and Smartphone Sensing (ICHPSS 2011)* pp.13-18, 17th Dec. 2011, Chiangmai University,
17. B.He, M.Iwai, J.Chen, H.Chen, K.Sezaki, *SoMoS: An Interactive Social Network Service-Enabled Middleware for Wireless Sensor Networks*, *In IEEE INSS2011, The 8th International Conference on Networked Sensing Systems.* pp108-123., 12th June. 2011, Penghu, Taiwan,
18. Hongyang and Kaoru Sezaki, *Distributed target tracking algorithm for wireless sensor networks*, *IEEE International Conference on Communications ICC2011, 5-9th June, 2011., Kyoto, Japan,*
19. Congwei Dang, Masayuki Iwai, Yoh Shiraishi, Kazunori Umeda, Yoshito Tobe, Kaoru Sezaki, *A Design of Ambient Navigation System for Pedestrians Using Heterogeneous Environmental Sensors*, *International Conference on Human Probes and Smartphone Sensing (ICHPSS 2011)* pp.13-18, 17th Dec. 2011, Chiangmai University,
20. Guangwen Liu, Masayuki Iwai and Kaoru Sezaki, *A Method for Online Trajectory Simplification by Enclosed Area Metric* *International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU 2012) 2012年05月23日~2012年05月24日 Okinawa, Japan*
21. Muhammad Asif Khan, Masayuki Iwai, and Kaoru Sezaki, *Towards Urban Phenomenon Sensing by Automatic Tagging of Tweets* *The International Conference on Networked Sensing Systems (INSS2012) 2012年06月11日~2012年06月14日 antwerp Belgium*
22. 岩井将行, 岡田 謙吾, 石澤 友浩, 酒井 直樹, 瀬崎 薫, *無線センサネットワークを利用した斜面崩壊検知システムおよびシミュレータ*, *マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2012)シンポジウム 2012年07月04日~2012年07月06日 金沢*
23. 汪 少哲・岩井将行・瀬崎 薫, *再生可能エネルギーを利用した大規模WSNの長期運用手法*, *IN 研 信学技報, vol. 112, no. 464, IN2012-171, pp. 101-106, 2013年3月., 2013年03月07日~2013年03月08日, 沖縄*
24. Hao Niu・Masayuki Iwai・Kaoru Sezaki, *Outage-Optimal Relay Selection with Jamming for Secrecy Purpose in Cooperative Networks*, *IEICE Society Conference 2012, 2012年09月17日~2012年09月20日, 富山*
25. 汪少哲, 岩井将行, 瀬崎薫, *風力・太陽光発電を用いるWSNシミュレータによる長期運用評価[ポスター]* *HPBシンポジウム 2012, 2012年11月16日~2012年11月16日, 東京*

26. *Li Chenchao, Iwai Masayuki, Sezaki Kaoru, A Multi-Loss Flexible Regenerating Code Recovery Scheme For WSN, IEICE General Conference, Gifu, 2013.3, 2013年03月19日～2013年03月20日, 岐阜*
27. *岩井将行 夢の杭・未来の杭, 浅口市公民館市民フォーラム (招待講演), 2012年08月19日～2012年08月19日, 岡山*
28. *Masayuki IWAI, Practical Cyber Physical System, Korea-Japan Joint Workshop on Complex Communication Sciences, Seoul, Korea, (招待講演) 2012年11月22日～2012年11月23日*

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

瀬崎 薫 (SEZAKI KAORU)
東京大学 空間情報科学研究センター 教授
研究者番号 : 10216541

(2) 研究分担者

岩井 将行 (IWAI MASAYUKI)
東京大学 生産技術研究所 助教
研究者番号 : 30458971