

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 16 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420372

研究課題名(和文) 緊急時ネットワークの実用的構成法の検討

研究課題名(英文) A study on practical network construction in emergency

研究代表者

石井 啓之 (ISHII, Hiroshi)

東海大学・情報通信学部・教授

研究者番号：50365996

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、災害時等の緊急状況下で通信を確保できる、緊急時対応暫定ネットワーク構成法を2つの観点で検討した。1つは、災害直後などにアドホックネットワークを簡易に構築するため、個別のIPアドレスを必要せず、隣人情報や位置情報を利用しつつ省電力型緊急通信手段の確保を行う構成法、2つには、インフラとの接続ポイントからツリー型に多段の無線LANを構築し順次疎通を確保する方法である。前者では、位置情報利用型経路確立手法についていくつかの斬新な提案を行い、後者では、アドホック型の無線中継LANにインフラモードの端末を収容する2段構成の網構成手法を明らかにし、いずれも良好な評価結果を得、論文等で公表した。

研究成果の概要(英文)：This research has studied a tentative network setting up methods for emergency situation such as disaster with two approaches. One approach is how to build an ad hoc network realizing a energy saving emergency communication way by use of information of neighbors and position data without specific IP addresses. The other is setting up tree shaped multiple cascade wireless LANs starting from the access point to the infrastructure. For the former, we have proposed several methods on location data based routing. For the latter, we have proposed two-tier wireless LAN. Both approaches showed good performance and we have published results.

研究分野：情報通信ネットワーク

キーワード：アドホックネットワーク 位置情報 貪欲前進法 マルチホップLAN 地域情報ネットワーク デジタル  
デバインド対策 ZigBee

## 1. 研究開始当初の背景

昨今ネットワークインフラの整備が進み、移動通信の発展もあいまって非常に快適な環境が形作されつつある。しかし、記憶に新しい大震災や台風の惨禍は、インフラの快適さはもちろん、最低限の接続性さえ奪う事態となった。これは、インフラそのものが切断され故障し流されたこと、さらに生き残ったインフラ設備も給電インフラの不稼働により電源喪失しサービス停止に陥ったことによるものである。従って、緊急時に最低限の通信を確保する方法が必要となってくる。

このとき、勘案すべきことは、できるだけ早期に代替の暫定ネットワークを構築できること、その際、インフラの再整備ができる数日間、電力消費を効率化し残った設備の寿命を延ばすことである。このような条件に合致する可能性のある技術として、アドホックネットワークが考えられる。しかし長く研究されてきたアドホックネットワークが実際に緊急時にインフラの代替として利用された実例は乏しい。この理由として、インフラが物理的に使用不可能となったときに、手持ちの PC やスマートフォンなどが実際にはアドホックネットワークを構成できないことがあげられる。すなわち、アプリケーション、グローバル IP アドレス、GPS 機能、電源などが具備されていないまたは乏しいなどがあげられる。

研究代表者らはすでに、緊急時に適用できるアドホックネットワークについて、アドレス情報などが未知であるネットワークの初期状態において所望の目的情報を発見する方法、情報転送路の安全性を確保する認証方式、緊急時に必要な効率的放送型情報配信方式、品質を確保できるマルチサーバマルチルート情報転送方式を検討し、重複トラフィックをほぼ十分の一に抑制できることを明らかにしている。これらの検討は、上記の問題へのひとつの解を与えている。

## 2. 研究の目的

以上の背景をふまえて、その他の緊急時ネットワークの普及を妨げる要因を取り除くために、本研究では2つの面から検討を行う。

1つは、アドホックネットワークを用いて災害直後などの最緊急時に情報を広範囲に拡散したり、隣人端末情報や位置情報を利用して特定の領域に情報を配布したり特定領域の状況を把握する省電力型緊急通信手段の提案をめざす。ここでは、個別の IP アドレスを必要としない放送型情報転送方式を用い、また位置情報もインフラが提供する GPS を用いないで行う。

2つには、インフラ不能地域と可能地域の境界に属する端末を接続ポイントとし、インフラ側から必要な通信アプリケーションを供給し、多段にツリー型に無線 LAN を構築していくことにより順次その緊急通信アプリケーションを供給しながら疎通を確保する

方法の確立をめざす。

## 3. 研究の方法

### (1) 省電力型緊急通信手段

#### 位置情報供給型通信手段

GPS が機能しないノードが多く含まれるアドホックネットワークにおいて、GPS を有するノードからそれを有さないノードに位置情報を供給することにより、効率的な経路発見を行う手法を、机上計算、シミュレーションにより検討し既存手法と比較を行う。

ノード情報先読みによる省電力型経路探索

近隣情報を問い合わせる機構を拡張し、より遠方のノードの情報を収集し、結果として省電力で効率的な経路を作成する手法を机上計算、シミュレーションにより検討し既存手法と比較を行う。

### (2) 多段接続無線 LAN の構築

#### 2 段無線 LAN

複数のアクセスポイントを街中に設置したとの前提でそのアクセスポイントのは以下に一般端末を収容する 2 段ネットワーク構成法の特性的評価と緊急時に必要となるアプリケーションの開発と評価を行う。

#### デジタルデバイド解消ネットワーク

高齢化社会に対応するため、デジタルデバイドを被る方々が簡易に使える緊急時連絡アプリケーションの開発とその情報を簡易に流通できるネットワーク構成を検討する。

## 4. 研究成果

### (1) 省電力型緊急通信手段

#### 位置情報供給型通信手段

位置情報を把握できないノードに周辺の把握できるノードが位置情報を配信することで位置の推定を行わせ通信への参加を可能とする新規性のある手法を考案し、その有効性を示した。さらに、その有効性を高める改良提案を行い、有効性を強化した。

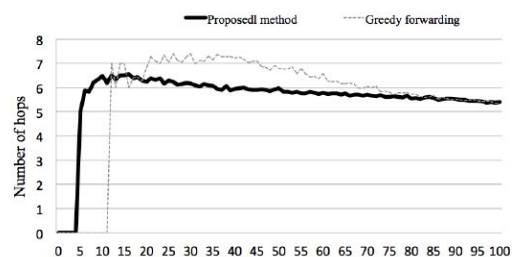


図1 提案によるホップ数削減効果 (実線が提案方式、横軸は位置情報を自分で把握できるノードの百分率)

ノード情報先読みによる省電力型経路探索

問い合わせ機構を用いて2ホップ先の位置情報を把握することにより、2ホップ先の隣人数や目的までの距離などを求めそれにより最も有効な経路を求める手法を考案し、従来手法に比べて高い経路形成率、低いオー

パヘッドと遅延を実現することを示し、その有効性を示した。さらに、目的地により近い端末が存在せず経路生成が中断される void zone 課題の解決策を考案し一次評価により有効性を示した。また電池駆動の端末の生存時間をいかに長く保つかについて、電力使用を削減できる経路探索機構を提案し有効性を示した。

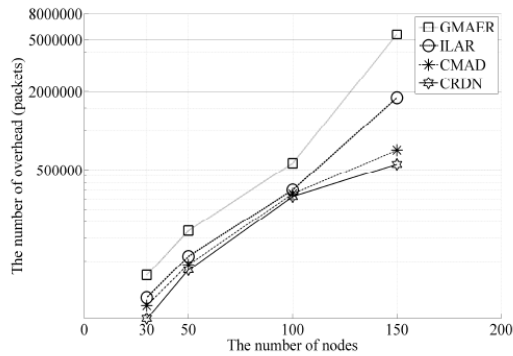


図2 提案手法のオーバーヘッドの少なさ (CRDNが提案方式)

### 秘密分散手法の検討

緊急時でも情報の秘匿が必要な場合を勘案して、最低限の秘密通信を可能とする秘密分散手法についても基本的概念を提案し一次評価により有効性を示した。

これらからの成果は、複数の国際会議やジャーナル論文に採択され、高い評価を得ている。

### (2)多段接続無線 LAN の構築

#### 2 段無線 LAN

港区をモデルに、街灯などの公共物にアクセスポイントを設置しそれらをネットワーク化するとともにその配下に端末を収容する2段ネットワークを考案し、地域見守りのためのコミュニティ情報ネットワークとその有効なアプリケーションの検討を行った。日常生活支援システム向けコミュニティ情報システムとして位置付けその性能評価を行い、スループットなどの基礎データを求めるとともに、小型 PC を用いたアクセスポイント装置の開発を行った。データに加えて音声情報転送の可能性を検証し有効性を示した。

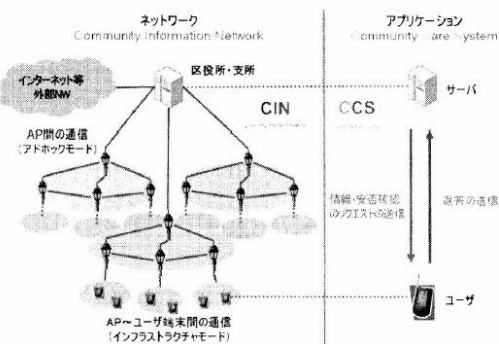


図3 地域見守りネットワーク構成案

### デジタルデバインド解消ネットワーク

より小規模なネットワーク構成をめざし、ZigBee インタフェースを用いたデジタルデバインド解消を可能とする端末とアプリケーションの開発を行い、実際に地区住民にお使いいただきフィードバックを図った。

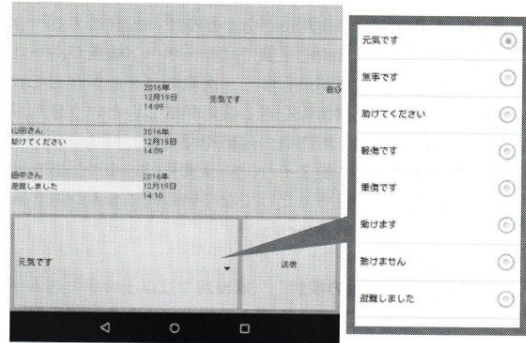


図4 提供したアプリケーション画面

### 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 12 件)

(1) Phonepadith Phoummavong, Keisuke Utsu, Hiroshi Ishii, "BATTERY SAVING GREEDY FORWARDING WITH CLASSIFYING INCLUSIVE NODES BASED ON TWO-HOP INFORMATION OVER AD-HOC NETWORKS", International Journal of Advanced Computer Technology, Vol.5, Issue 4, pp.48-54, August 2016, <http://ijact.org/volume5issue4/IJ0540009.pdf>, 査読有

(2) Keisuke Utsu, Chee Onn Chow, Hiroaki Nishikawa, Hiroshi Ishii, "Broadcast-based information sharing system (BBISS) on wireless ad hoc communication environment", Springer Journal of Supercomputing, Vol.72, Issue 4, pp.1399-1421, April 2016, DOI 10.1007/s11227-016-1668-0, 査読有

(3) Yosuke Totani, Kei Kobayashi, Keisuke Utsu, Hiroshi Ishii, "An efficient broadcast-based information transfer method based on location data over MANET", Springer Journal of Supercomputing, Vol.72, Number 4, pp.1422-1430, April 2016, DOI 10.1007/s11227-016-1669-z, 査読有

(4) Naoya Imaizumi, Kei Kobayashi, Keisuke Utsu, Hiroshi Ishii, "A study on effective flooding over MANET based on exchange of neighbor information", Springer, The Journal of Supercomputing Vol.72, Number 3, pp.1201-1214, March 2016, DOI 10.1007/s11227-016-1659-1, 査読有

(5) Kei Kobayashi, Yosuke Totani, Keisuke Utsu, Hiroshi Ishii, "Achieving secure

communication over MANET using secret sharing schemes”, Springer, The Journal of Supercomputing Vol.72, Number 3, pp.1215-1225, March 2016, DOI 10.1007/s11227-016-1657-3, 査読有

(6)Kei Kobayashi, Yosuke Totani, Keisuke Utsu, Hiroshi Ishii, “A proposal on location data supplementing information transfer method over MANET”, Springer, The Journal of Supercomputing Vol.72, Number 3, pp.1226-1236, March 2016, DOI 10.1007/s11227-016-1658-2, 査読有

(7)Phonpadith Phoummavong, Keisuke Utsu, Chee Onn Chow, Hiroshi Ishii, “Location-aided route discovery mechanism based on two-hop neighbor information for ad hoc networks,” Springer, The Journal of Supercomputing Vol.72, Number 3, pp.1237-1245, March 2016, DOI 10.1007/s11227-016-1656-4, 査読有

(8)小林桂, 戸谷洋介, 宇津圭祐, 石井啓之, “災害時のMANETにおける秘密分散法を用いた秘匿通信手法の検討”, 東海大学紀要情報通信学部, Vol.8, No.2 2015, pp.9-15, 2016年, [http://www.u-tokai.ac.jp/academics/undergraduate/information\\_and\\_telecommu/kiyou/index/pdf/vol\\_8\\_002/PP9-15.pdf](http://www.u-tokai.ac.jp/academics/undergraduate/information_and_telecommu/kiyou/index/pdf/vol_8_002/PP9-15.pdf), 査読有

(9)小林桂, 戸谷洋介, 宇津圭祐, 石井啓之, “MANETにおける位置情報共有型情報伝達手法の最適化”, 東海大学紀要情報通信学部, Vol.8, No.2 2015, pp.16-20, 2016年, [http://www.u-tokai.ac.jp/academics/undergraduate/information\\_and\\_telecommu/kiyou/index/pdf/vol\\_8\\_002/PP16-20.pdf](http://www.u-tokai.ac.jp/academics/undergraduate/information_and_telecommu/kiyou/index/pdf/vol_8_002/PP16-20.pdf), 査読有

(10)Phonpadith Phoummavong, Keisuke Utsu, Chee Onn Chow, Hiroshi Ishii, “Location-Aided Route Discovery Based on Two-Hop Neighbor Information in Ad Hoc Networks,” 電気学会論文誌C Vol. 135, No. 10 pp.1180-1188 2015, [https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieejc/135/10/135\\_1180/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieejc/135/10/135_1180/_article/-char/ja/), 査読有

(11)宇津圭祐, チャウチーオン, 石井啓之, “放送型情報共有方式を用いた高信頼・高効率の音声ストリーミング配信” 電子情報通信学会和文論文誌B, Vol.J98-B, No.7, pp.582-590, 2015年, [http://search.ieice.org/bin/summary.php?id=j98-b\\_7\\_582](http://search.ieice.org/bin/summary.php?id=j98-b_7_582), 査読有

(12)小林桂, 戸谷洋介, 宇津圭祐, 石井啓之, “無線アドホックネットワークにおける位置情報共有型情報転送方式”, 東海大学紀要情報通信学部, Vol.7, No.2 2014, 2015年3月, [http://www.u-tokai.ac.jp/academics/undergraduate/information\\_and\\_telecommu/kiyou/index/pdf/vol\\_7\\_002/PP17-21.pdf](http://www.u-tokai.ac.jp/academics/undergraduate/information_and_telecommu/kiyou/index/pdf/vol_7_002/PP17-21.pdf), 査読有

有

〔学会発表〕(計33件)

(1)菅野真優花, 松田功作, 福崎 稔, 石井啓之, “緊急時対応プラグイン式通信システムの検討” 電気学会通信研究会, CMN-17-019, 2017年1月27日, 宮古島市中央公民館(沖縄県宮古島市)

(2)Yuto Terao, Phonpadith Phoummavong, Keisuke Utsu, Hiroshi Ishii, “A Proposal on Void Zone Aware Greedy Forwarding Method over MANET,” 2016 IEEE Region 10 Conference(TENCON), 343, pp.1333-1337, 2016.11.24, シンガポール(シンガポール)

(3)Ayami Manaka, Chee Onn Chow, Hiroshi Ishii, and Keisuke Utsu, “Simulation Study of Broadcast Voice Streaming using BBSS over a Multi-hop Wireless LAN”, the 22nd International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '16), 2016.7.26, ラスベガス(米国)

(4)Phonpadith Phoummavong, Keisuke Utsu, Hiroaki Nishikawa, and Hiroshi Ishii, “Greedy Forwarding Prolonging the Network Life-time based on Two-hop Information over MANET”, the 22nd International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '16), 2016.7.26, ラスベガス(米国)

(5)Phonpadith Phoummavong, Keisuke Utsu, Hiroshi Ishii, “Energy Efficient Greedy Forwarding with Classifying Inclusive Nodes Based on Two-hop Information over Ad-hoc Networks,” The 4th Annual Conference on Engineering and Information Technology (ACEAIT 2016), pp.366-376, 2016.3.30, 京都リサーチパーク(京都府・京都市)

(6)小林 桂, 渡邊雄大, 品川拓哉, 上條尚人, 新井貴広, 石井啓之, “MANETにおける電池残量を考慮した貪欲前進法の提案と評価” 電気学会研究会通信研究会, CNM-016-006, 2016.1.28, 九州大学(福岡県福岡市)

(7)寺尾祐人, 小林 桂, 戸谷洋介, 石井啓之, “MANETにおけるvoid zone情報の事前共有による効率的貪欲前進法の提案” 電気学会研究会通信研究会, CNM-016-007, 2016.1.28, 九州大学(福岡県福岡市)

(8)Kei Kobayashi, Yosuke Totani, Keisuke Utsu, Hiroshi Ishii, “Improvement of Secure Communication Method Using Secret Sharing Schemes over MANET”, The 2nd International Conference on Information Science and Security (ICISS2015), pp.96-99, 2015.12.15, ソウル(韓国)

(9)Minako Sato, Hiroshi Ishii, Keisuke Utsu, “A Testbed Experiment of the Server Selection Indicators for Pre-recorded

Video Publishing,” The 2nd International Conference on Information Science and Security (ICISS2015), pp.92-95, 2015.12.15, ソウル(韓国)

(10)Akio Ogata, Hirohide Matsuzaka, Hayato Taniguchi, Masaya Nomoto, Ayami Manaka, Koichi Saito, Minoru Fukuzaki, Hiroshi Ishii, Yasuhiro Nozawa, Keisuke Utsu, “ Prototype Development and Performance Evaluation of Wireless LAN Access Points for Community Information Network,” IEEE TENCON 2015, PID:524, 2015.11.3, マカオ(中国)

(11)寺尾祐人, 小林桂, 石井啓之, ”MANET における void zone 情報共有による効率的貪欲前進法の提案”, 2015 年ソサイエティ大会, B-8-37, 2015.9.11, 東北大学(宮城県・仙台市)

(12)小林桂, 戸谷洋介, 宇津圭祐, 石井啓之, ”無線分散ネットワークにおける秘密分散法を用いた秘匿通信手法の改良”, 2015 年ソサイエティ大会, B-8-38, 2015.9.11, 東北大学(宮城県・仙台市)

(13)Phonepadith Phounmmavong, Keisuke Utsu, Hiroaki Nishikawa, Hiroshi Ishii, “ Efficient Location-aided Route Discovery Mechanism for Ad-hoc networks”, the 21st International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '15), pp.551-556, 2015.7.21, ラスベガス(米国)

(14)Kei Kobayashi, Yosuke Totani, Keisuke Utsu, Hiroshi Ishii, “ A Study on Secure Communication Method Using Secret Sharing Schemes over MANET”, the 21st International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '15), pp.546-550, 2015.7.21, ラスベガス(米国)

(15)Ayami Manaka, Akio Ogata, Hirohide Matsuzaka, Hayato Taniguchi, Masaya Nomoto, Yasuhiro Nozawa, Minoru Fukuzaki, Hiroshi Ishii, Keisuke Utsu, “ A Concept of Community Care System and Community Information Network” the 21st International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '15), pp.533-538, 2015.7.21, ラスベガス(米国)

(16)Ayami Manaka, Tomomi Itoh, Yasuhiro Nozawa, Chee Onn Chow, Minoru Fukuzaki, Hiroshi Ishii, Keisuke Utsu, “ Performance Evaluation of a Community Information Network for a Daily Life Support System”, the 21st International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '15), pp.539-545, 2015.7.21, ラスベガス(米国)

(17)小林桂, 石井啓之, ”MANET における秘密

分散法を用いた秘匿通信手法の提案” 電気学会研究会資料通信研究会, CNM-015-011, 2015.6.11, 亀田福祉センター(北海道・函館市)

(18)眞中絢美, 野澤靖弘, 福崎稔, 石井啓之, 宇津圭祐, ”東京都港区高輪地域における地域見守りシステム構築に向けた取り組み” 電気学会研究会通信研究会, CNM-015-012, 2015.6.11, 亀田福祉センター(北海道・函館市)

(19)尾形秋生, 松坂浩秀, 谷口勇人, 野本匡哉, 野澤靖弘, 福崎 稔, 石井啓之, 宇津圭祐, ”地域内情報流通ネットワークの構築に向けた無線 LAN アクセスポイント装置に関する検討” 電気学会研究会通信研究会, CMN-015-013, 2015.6.11, 亀田福祉センター(北海道・函館市)

(20)伊藤友美, 菅原友香, 眞中絢美, 野澤 靖弘, 福崎稔, 石井啓之, 宇津圭祐, ”地域内情報流通ネットワークの構築に向けたスループットのシミュレーション評価”, 電気学会通信研究会 CMN-15-002 2015.1.22, 愛媛県立大学(愛知県・長久手市)

(21) Ayami Manaka, Keisuke Utsu, Chee Onn Chow, Yasuhiro Nozawa, Minoru Fukuzaki, Hiroshi Ishii, “ An Application of Broadcast Based Information Sharing System to A Community Information Network”, MJIT-JUC Joint International Symposium 2014 (MJJIS2014), 2014.11.12, クアラルンプール(マレーシア)

(22)Kei Kobayashi, Yosuke Totani, Hiroshi Sano, Keisuke Utsu, and Hiroshi Ishii, “ Evaluation of Location Data Supplementing Information Transfer Method Over MANET “, MJIT-JUC Joint International Symposium 2014 (MJJIS2014), 2014.11.12, クアラルンプール(マレーシア)

(23)眞中絢美, 宇津圭祐, 野澤靖弘, 福崎稔, 石井啓之, ”地域内情報流通ネットワークの構築に向けた無線 LAN アクセスポイント間放送型通信に関する検討”, 電気学会通信研究会 CMN-14-040 2014.9.18, 高知工科大学(高知県・香美市)

(24) Keisuke Utsu, Chee Onn Chow, Hiroaki Nishikawa, and Hiroshi Ishii, “ A Novel Information Sharing Architecture constructed by Broadcast based Information Sharing System (BBISS) “, the 2014 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '14), 2014.7.22, ラスベガス(米国)

(25)Sayuri Wada, Hiroshi Ishii, Hiroaki Nishikawa and Keisuke Utsu, “ An Optimization Study on Broadcast Based Information Sharing System (BBISS)”, the 2014 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '14), 2014.7.22, ラ

スベガス (米国)

(26)Tomomi Itoh, Ayami Manaka, Yuuka Sugawara, Hiroshi Ishii, Hiroaki Nishikawa, and Keisuke Utsu, "A Safety Information Sharing Application on BBISS", the 2014 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '14), 2014.7.22, ラスベガス (米国)

(27)Kei Kobayashi, Yosuke Totani, Hiroshi Sano, Keisuke Utsu, and Hiroshi Ishii, "Location Data Supplementing Information Transfer Method over MANET", the 2014 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '14), 2014.7.22, ラスベガス (米国)

(28)Phonpadith Phounmvong, Keisuke Utsu, and Hiroshi Ishii, "A Proposal on Location-aided Route Discovery based on two-hop Neighbor Information over Ad hoc Network and its preliminary evaluation", the 2014 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '14), 2014.7.22, ラスベガス (米国)

(29)Yosuke Totani, Keisuke Utsu, and Hiroshi Ishii, "A Proposal on Efficient Broadcast Based Information Transfer Method Using Location Data over MANET", the 2014 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '14), 2014.7.22, ラスベガス (米国)

(30)和田紗侑里,宇津圭祐,石井啓之, "放送型情報共有システム BBISS の最適化" 電気学会通信研究会 CMN-14-019 2014.6.19, 北海道大学 (北海道・札幌市)

(31)菅原友香,真中絢美,伊藤友美,佐野浩士,石井啓之,宇津圭祐, "BBISS を用いた災害時安否情報共有アプリケーションの提案", 電気学会通信研究会 CMN-14-020 2014.6.19, 北海道大学 (北海道・札幌市)

(32)小林 桂,戸谷洋介,佐野浩士,宇津圭祐,石井啓之, "MANET における位置情報共有型情報転送手法の改良", 電気学会通信研究会 CMN-14-021 2014.6.19, 北海道大学 (北海道・札幌市)

(33)戸谷洋介,宇津圭祐,石井啓之, "MANET における位置情報を利用した効率的放送型情報転送方式", 電気学会通信研究会 CMN-14-022 2014.6.19, 北海道大学 (北海道・札幌市)

東海大学情報通信学部・教授

研究者番号: 50365996

(2)研究分担者

宇津 佳祐 (UTSU KEISUKE)

東海大学情報通信学部・講師

研究者番号: 80631796

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

石井 啓之 (ISHII HIROSHI)