

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 4 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24300005

研究課題名(和文)ミニブログを利用した災害時避難行動推薦システムのためのクラウドミドルウェアの研究

研究課題名(英文) Research on cloud middleware for systems recommending evacuation activities from disasters using miniblogs

研究代表者

大須賀 昭彦 (Ohsuga, Akihiko)

電気通信大学・大学院情報システム学研究科・教授

研究者番号：90393842

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、Twitter に代表されるミニブログにおいて有用な情報がリアルタイムに投稿される点に着目し、震災などの災害時に、災害の種類、避難行動に関する状況、および利用可能な情報インフラの多様性を考慮し、現実の一般的な災害時における避難行動推薦システム構築を可能とするようなミドルウェアを開発した。そのために、これまでに構築したプロトタイプの各要素技術の改良と新規技術の開発を行い、それらを利用して様々な要求に応じたシステムを開発可能なミドルウェアを実運用中のクラウド環境を活用して構築した上で、具体的なアプリケーションをミドルウェア上に構築し実験と評価を行った。

研究成果の概要(英文)：In this research, as we paid attention to the fact that people post a lot of useful information to miniblogs such as Twitter in real time, we developed middleware that enables to build evacuation activity recommendation systems for actual general disasters such as earthquake. Specifically, we took account of the variety of disasters, the situations about evacuation activities, and the variety of available information infrastructure. For this purpose, we improved the technologies we had established to develop the existing prototype and established new technologies. After that, we developed middleware on which we can build systems satisfying various requirements by using a cloud computing environment that is operating in practice. Finally, we built practical applications on the middleware and conducted experiments and evaluations.

研究分野：エージェント技術

キーワード：ソフトウェア工学 クラウドコンピューティング ミニブログ 行動推薦 ミドルウェア

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災が起きた 2011 年 3 月 11 日、東京都内で外出中であった人は約 1 千万人と推定され、そのうち 300 万人の帰宅が困難となった。その当日、一般電話や携帯電話などの電話回線が遮断された中、避難に関する情報(個人の避難行動や避難所の状況など)を交換するために Twitter のようなミニブログが活用された。この事実は、今後の災害においても、ミニブログから適切な避難情報を獲得できる可能性を示唆しているが、一般のユーザが、災害で余裕のない中、自分の状況に合った適切な避難情報をミニブログから探し出すのは容易ではない。

そこで応募者はこれまでに、Twitter 上の情報から震災時の避難行動ネットワーク(人々の避難行動の系列をネットワーク表現したもの)をリアルタイムに構築する手法を構築し、これを用いてユーザの状況に応じた適切な避難行動を推薦するシステムのプロトタイプを開発し、実験評価によりその有用性を確認してきた。本プロトタイプの詳細は次の通りである。(1) Twitter への投稿から、条件付き確率場の理論に基づいた手法により、投稿された避難行動、および行動間の遷移関係を特定し、さらに協調フィルタリング手法により投稿されなかった避難行動を補完して避難行動ネットワークを構築する。(2) Twitter への投稿から、避難所や交通機関の最新状況を抽出し、これを避難計画オントロジのインスタンスとして取り込む。(3) ユーザの位置や周辺状況に応じて関連する上記インスタンスを検索し、A* アルゴリズムによる避難行動ネットワークの探索により適切な行動系列を特定し、それらを行動コストに基づいてランク付けした上でユーザに推薦する。本プロトタイプについて、東日本大震災発生当時の投稿データを用い、特定地域の帰宅困難者に対して避難行動を推薦する実験を行った結果、その有効性が確認された。

2. 研究の目的

一方本プロトタイプを強化し、実用的なシステムにするためには、震災だけでなく、台風や洪水など、各種の災害時において、実際のミニブログ上の大量の投稿から、信頼性の高い情報をリアルタイムに抽出し、多数のユーザに対する避難行動推薦サービスを、安定的に継続して提供可能とする必要がある。

このような問題に対し本研究では、災害の種類、避難行動に関する状況、および利用可能な情報インフラの多様性を考慮し、現実の一般的な災害時における避難行動推薦システムの構築を可能とするミドルウェアの開発を目的とする。本研究における具体的な課題は以下の通りである。

(課題 1) 大量のミニブログ投稿から情報を抽出する際の精度と性能の向上:災害時には、通常よりも大量のミニブログへの投稿から、リアルタイムに適切な情報を抽出するため、

に、精度と性能の向上が必要である。

(課題 2) 急速な状況変化への追従:災害時には、避難経路や避難先などの状況の変化が頻繁に起こるため、変化に対応した適切な行動推薦をリアルタイムに可能とする必要がある。

(課題 3) 抽出した情報の信頼性の確保:ミニブログでは不特定多数のユーザが不確かな情報を投稿することが多いため、抽出した情報の信頼性を確保するための工夫が必要である。

(課題 4) 推薦行動のランク付けの改良:推薦行動を提示する際のランク付けをより現実的なものにする必要がある。

(課題 5) 震災以外の災害など適用範囲の拡大:現在のプロトタイプは、震災時における東京都中心部の限定された範囲の地域のみを対象としているので、他の災害やより広い範囲の地域にも対応できるようにシステムを強化する必要がある。

(課題 6) 現実の災害時におけるサービス提供の継続性:実際の災害時には、多数のユーザによるアクセス集中や、一部のサーバやネットワークに障害が発生した場合でも、サービスを安定的に継続して提供可能とする必要がある。

3. 研究の方法

本研究は次の 4 サブテーマに分けて実施した(図 1)。

サブテーマ 1 :要素技術の改良と新規開発

本テーマでは、これまでに開発したプロトタイプ of 要素技術の改良、および新規技術の開発により課題 1~4 を解決し、実際のミニブログ上の大量の投稿から、信頼性の高い情報をリアルタイムに抽出し、適切な行動推薦ができるような精度と性能向上を実現する。具体的には、各課題に対応して、以下の各項目を実施する。(1) 課題 1 について、たとえば東日本大震災当日の 3 月 11 日は Twitter での 1 日の平均総投稿数約 1,800 万件に対し、約 3,300 万件と投稿件数が 1.8 倍に増加した。このように、災害時にはミニブログへの投稿が急増するが、情報の抽出精度と処理性能の間にはトレードオフがある。そこで大量のミニブログ投稿から情報を抽出する際の精度と性能をバランスよく向上させるために、既存の避難行動ネットワーク構築手法と避難計画オントロジのインスタンス自動抽出手法に対し、既存アルゴリズムの改良と新規アルゴリズムの開発を行う。具体的には、不正解データのフィードバックによる精度向上や MapReduce などのクラウドコンピューティング技術による性能向上を図る。(2) 課題 2 について、現在の情報格納方式では情報が蓄積され続けて増加していくため、長時間の稼働で探索性能や記憶領域の効率が悪化する。そこで、避難行動ネットワーク構築において発生頻度の下がった行動情報を削除する機構や、オントロジを洗

練化する機構などにより、探索性能と記憶領域の効率向上を図る。(3) 課題3 について、ミニブログへの投稿には信頼性の低い情報やデマも含まれるため、投稿履歴や投稿者間のネットワークを利用して定義した投稿の信頼度に基づき、抽出した情報の信頼性を評価可能とする。(4) 課題4 について、推薦行動の適切なランク付けを行うために、従来の行動の種類と移動距離によるランク付けに加え、ミニブログへの投稿から抽出した避難所の評判などの情報も利用して、避難行動の推薦に適したランキング関数を定義する。

サブテーマ2：システム構成要素の一般化

課題5 に示したように、本システムが対象とすべき災害として、震災の他に台風や洪水など様々な種類がある。また、交通インフラや情報インフラ、および避難者の集中度など、様々な状況に対応する必要がある。さらに、東京都中心部だけでなく、国内の幅広い地域にも対応しなければならない。そこで本テーマでは、既存のプロトタイプで開発した各システム構成要素を一般化することにより、他の災害やより広い範囲の地域にも対応できるようなシステムを構築可能とする。そのために、まず他地域の情報の追加などにより避難行動ネットワークと避難計画オントロジを拡張する。さらに、地理、交通機関、気象現象などの避難行動に関わる既存のオントロジとの連携機構を開発し、ミニブログから抽出した情報と合わせてシームレスに探索可能とすることで、より一般的な避難行動推薦を可能とする。

サブテーマ3：自己適応システム技術とクラウド環境により安定的にサービス提供を継続可能とするミドルウェア構築

本テーマでは、サブテーマ1 と 2 で改良、新規開発、および一般化した各要素を統合し、避難行動推薦システム開発のためのミドルウェアを構築する。課題6 に示したように、実際の災害時には、多数のユーザが短時間に集中的にアクセスする可能性が高いため、予期せぬ負荷集中の恐れがある。また、災害のために一部のサーバやネットワークが利用不可能となることも予想される。そこで、これらの状況下でも、可能な限りサービス提供を継続できるようにするため、自己適応システム技術を利用したミドルウェアを、実運用中のクラウド環境上に構築する。具体的には、自己適応機構、および他のシステム構成要素との連携機構を開発し、サブテーマ1 と 2 で改良、新規開発、および一般化した各要素と合わせて、実運用中のクラウド環境上で統合する。

サブテーマ4：ミドルウェア上での避難行動推薦システムの開発、実験、評価

本テーマでは、サブテーマ3 で構築したミドルウェアを利用して避難行動推薦アプリケーションを開発し、実験と評価を行う。具体的には、まず既存の震災時向けプロトタイプをミドルウェア上で再開発し、東日本大震

災発生時の投稿データからリアルタイムに行動ネットワークと避難計画オントロジを構築して状況の変化にも追従できるかどうか、抽出した情報が当時の事実と照らしあわせて信頼できるものであるかどうか、および高いランク付けで推薦された避難行動が当時の状況下で適切なものであったかどうかを広い地域で検証する。東日本大震災でミニブログが有効活用された事実をうけて、今後の災害では投稿量がさらに増加すると予想されている。そこで、1日あたりの投稿量を5,000万件程度まで増やした実験も行う。さらに、他の災害に対応したアプリケーションを本ミドルウェア上で新規開発し、大量の投稿、多数のアクセス集中、サーバ故障やネットワーク障害などを発生させる実験を行い、頑健性や効率性などの面からの評価も行う。

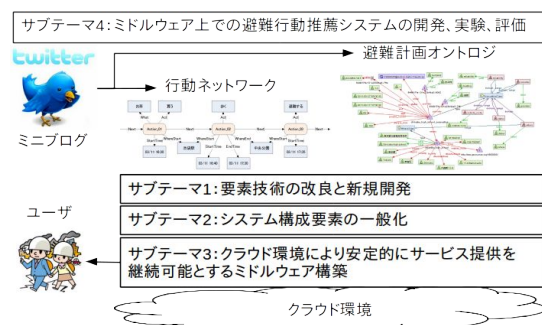


図1 研究の方法

4. 研究成果

本研究では、災害の種類、避難行動に関する状況、および利用可能な情報インフラの多様性を考慮し、現実の一般的な災害時における避難行動推薦システム構築を可能とするようなミドルウェアを開発した。そのために、これまでに構築したプロトタイプの各要素技術の改良と新規技術の開発を行い、それらを利用して様々な要求に応じたシステムを開発可能なミドルウェアを実運用中のクラウド環境を活用して構築した上で、具体的なアプリケーションをミドルウェア上に構築し実験と評価を行った。

本研究の成果により、大都市圏での震災など、今後予想される様々な災害に対して、交通インフラや情報インフラの変化に応じて、各時点で適切な避難行動を推薦するシステムが構築、運用可能となるため、災害に伴うリスクが軽減でき、多大な社会的インパクトをもたらすものと考えられる。

今後は、本ミドルウェアをより広範囲の災害や社会問題に適用可能とする予定である。

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215件)

1. Takahiro Kawamura, Akihiko Ohsuga: Development of Web API for Triplification of Text Information, New Generation Computing (採録決定), 査読有り
2. Masayuki Ashikawa, Takahiro Kawamura and Akihiko Ohsuga: Quality Improvement by Worker Filtering and Development in Crowdsourcing, Web Intelligence Journal (採録決定), 査読有り
3. Shusaku Egami, Takahiro Kawamura, Yuichi Sei, Yasuyuki Tahara and Akihiko Ohsuga: A Solution to Visualize Open Urban Data for Illegally Parked Bicycles, Transactions on Large-Scale Data and Knowledge-Centered Systems (採録決定), (2016.5), 査読有り
4. Teruyuki Iijima, Takahiro Kawamura, Yuichi Sei, Yasuyuki Tahara and Akihiko Ohsuga: Sake Selection Support Application for Countryside Tourism, Transactions on Large-Scale Data and Knowledge-Centered Systems, (2016.5) (採録決定), 査読有り
5. Masayuki Ashikawa, Takahiro Kawamura, and Akihiko Ohsuga: Deployment of Private Crowdsourcing System with Quality Control Methods, IEEE/WIC/ACM Web Intelligence Conference (2015.12), 査読有り, 10.1109/WI-IAT.2015.81
6. 村上隆史, 杉村博, 一色正男, “HEMS における通信インタフェースの業務用機器への拡張”, IPSJ CDS 研究会トランザクション (14), Vol.CDS14, No.8, pp.1-7, Oct.2015 (査読あり), https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=112794&file_id=1&file_no=1
7. Masahito Saito, Atsuo Hazeyama, Nobukazu Yoshioka, Takanori Kobashi, Hironori Washizaki, Haruhiko Kaiya, Takao Ohkubo: A Case-based Management System for Secure Software Development Using Software Security Knowledge, 19th International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems (KES2015) 1092-1100 2015 年 9 月, 査読有り, 10.1016/j.procs.2015.08.155
8. Yuichi Sei, Takao Takenouchi, Akihiko Ohsuga: (I1, .., Iq)-diversity for Anonymizing Sensitive Quasi-Identifiers, Proc. of IEEE International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (IEEE TrustCom), pp.596-603 (2015.8), 査読有り, 10.1109/Trustcom.2015.424
9. Seiji Muneto, Nobukazu Yoshioka: Method Using Command Abstraction Library for Iterative Testing Security of Web Application, International Journal of Secure Software Engineering (IJSSE) 6(3) 26-49 2015 年 7 月, 査読有り, 10.1007/s10270-004-0077-7
10. Takahiro Kawamura, Akihiko Ohsuga: Question-Answering for Agricultural Open Data, Transactions on Large-Scale Data- and Knowledge-Centered Systems XVI, Vol. 8960, pp. 15~28, 2014.12, 査読有り, 10.1007/978-3-662-45947-8_2
11. Takahiro Kawamura, Akihiko Ohsuga: A Social Approach for Natural Language Query to the Web of Data, International Journal On Advances in Software, Vol. 7, No. 3&4, pp. 446~455, 2014.12, 査読有り, https://www.thinkmind.org/download.php?articleid=soft_v7_n34_2014_3
12. Ryohei Yoko, Takahiro Kawamura, Yuichi Sei, Yasuyuki Tahara and Akihiko Ohsuga, "News Recommendation based on Semantic Relations between Events", Proceedings of the 4th Joint International Semantic Technology Conference (JIST 2014), pp.128~131 (2014.11), 査読有り, http://ceur-ws.org/Vol-1312/jist2014pd_paper5.pdf
13. Takahiro Kawamura, Shinichi Nagano, Akihiko Ohsuga: Image-based Literal Node Matching for Linked Data Integration, International Journal of Web & Semantic Technology, Vol. 5, No. 4, pp. 101~112, 2014.10, 査読有り, 10.5121/ijwest.2014.5
14. Mian Wang, Takahiro Kawamura, Yuichi Sei, Hiroyuki Nakagawa, Yasuyuki Tahara and Akihiko Ohsuga: Music Recommender Adapting Implicit Context Using 'renso' Relation among Linked Data, Journal of Information Processing (JIP) Vol.22, No.2, pp.279~288 (2014.4), 査読有り, https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=100928&file_id=1&file_no=1
15. グエン ミン テイ, 川村隆浩, 大須賀昭彦: "Twitter からの咳かれなかった行動の推測手法の提案 震災時の帰宅行動に関する事例検討", Vol.J96-D, No.12, pp.2970~2978 (2013.12), 査読有り, <http://ci.nii.ac.jp/naid/110009685315>

16. The-Minh Nguyen, Takahiro Kawamura, Akihiko Ohsuga: Extraction and Estimation of Human Activity from Twitter for Information Sharing in Disaster, Special Issue on Computational Intelligence and Data Mining, Journal of Convergence Information Technology, Vol.8, No.11 (2013), pp.707~715. ISSN:1975-9320, 査読有り, 10.4156/jcit.vol8.issue11.79
17. Mian Wang, Takahiro Kawamura, Yuichi Sei, Hiroyuki Nakagawa, Yasuyuki Tahara, Akihiko Ohsuga : Context-aware Music Recommendation with Serendipity Using Semantic Relations, Proceedings of the 3rd Joint International Semantic Technology (JIST) 2013, pp. 未定 (2013/11), 査読有り, 10.1007/978-3-319-06826-8_2
18. Takahiro Kawamura, I Shin, Akihiko Ohsuga: Web-Based Ontology Editor Enhanced By Property Value Extraction, International Journal of Web & Semantic Technology, Vol.4, No.3 (2013.7), pp.1~10, ISSN:0976-2280. 10.5121/ijwest.2013.4301, 査読有り
19. Keisuke Umezu, Takahiro Kawamura, Akihiko Ohsuga: Context-based Barrier Notification Service Toward Outdoor Support for the Elderly, International Journal of Computer Science & Information Technology, Vol.5, No.3 (2013.6), pp.23 ~ 34. ISSN:0975-4660 10.5121/ijcsit.2013.5302, 査読有り
20. Takahiro Kawamura, Akihiko Ohsuga: Flower Voice: Virtual Assistant for Open Data, International Journal of Web & Semantic Technology, Vol.4, No.2 (2013.4), pp.37 ~ 47. 10.5121/ijwest.2013.4204, 査読有り
21. Hiroyuki Nakagawa, Akihiko Ohsuga, Shinichi Honiden, "A Goal Model Elaboration for Localizing Changes in Software Evolution", IEEE Proc. of 21st IEEE International Requirements Engineering Conference (RE 2013), pp 155 ~ 164 (2013.7). 10.1109/RE.2013.6636715, 査読有り
22. The-Minh Nguyen, Takahiro Kawamura, Yasuyuki Tahara, and Akihiko Ohsuga, "Building a Timeline Network for Evacuation in Earthquake Disaster". The AAAI 2012 Workshop on Semantic Cities, pp.15~20, AAAI Publications. Toronto, Ontario, Canada, July 22-26, 2012, 査読有り, <http://www.aaai.org/ocs/index.php/W> S/AAAIW12/paper/view/5251/5677
23. 杉村 博, 松本一教: アノテーション付き時系列データからの知識発見システムの開発, 電気学会論文誌. C, 電子・情報・システム部門誌 132(4), 592~597, 2012-04-01, 査読有り, 10.1541/ieejieiss.132.592
24. Hisayuki Horikoshi, Hiroyuki Nakagawa, Yasuyuki Tahara, and Akihiko Ohsuga , "Dynamic Reconfiguration in Self-adaptive Systems Considering Non-functional Properties", ACM Proc. the 27th ACM Symposium On Applied Computing (SAC2012), 1144-1151 (2012.3), 査読有り, 10.1145/2245276.2231956
25. Sombat Chanvilai, Kozo Honda, Hiroyuki Nakagawa, Yasuyuki Tahara, and Akihiko Ohsuga , "Goal-oriented Approach to Creating Class Diagrams with OCL Constraints", ACM Proc. the 27th ACM Symposium On Applied Computing (SAC2012), 1051-1056 (2012.3), 査読有り, 10.1145/2245276.2231940
26. The-Minh Nguyen, Takahiro Kawamura, Yasuyuki Tahara, and Akihiko Ohsuga , "Building a Time Series Action Network for Earthquake Disaster", Proc. the 4th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART2012), 100-108 (2012.2), 査読有り, 10.5220/0003741701000108
27. The-Minh Nguyen, Takahiro Kawamura, Yasuyuki Tahara, Akihiko Ohsuga , "Self-Supervised Capturing of Users' Activities from Weblogs" , International Journal of Intelligent Information and Database Systems , vol.6 , No.1, pp61-76 (2012), 10.1504/IJIIDS.2012.045117, 査読有り
28. Takahiro Kawamura, Norihito Mishiro, and Akihiko Ohsuga , "Green-Thumb Phone: Development of AR-based Plant Recommendation Service on Smart Phone" , Proc. International Conference on Advanced Computing and Applications (ACOMP2011) (2011.10), 査読有り
29. 伊藤 雅博, ゲン ミン テイ, 川村隆浩, 中川 博之, 田原 康之, 大須賀昭彦, "震災時の効率的な避難のための行動推薦エージェント Ready for 87%の提案(3) ~行動ネットワークを用いた避難行動の推薦~", 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2011(JAWS-2011) 論文集 (2011.10), 査読有り
30. ゲン ミン テイ, 越川 兼地, 川村隆浩, 中川 博之, 田原 康之, 大須賀昭彦,

"震災時の効率的な避難のための行動推薦エージェント Ready for 87%の提案(2) ~時系列避難行動ネットワークの構築~", 合同エージェントワークショップ & シンポジウム 2011 (JAWS-2011) 論文集 (2011.10), 査読有り

31. ミヤマエ イワナガ イサベル シズ, ゲン ミン テイ, 川村隆浩, 中川 博之, 田原 康之, 大須賀昭彦, "震災時の効率的な避難のための行動推薦エージェント Ready for 87%の提案(1) ~避難計画オントロジーの設計~", 合同エージェントワークショップ & シンポジウム 2011 (JAWS-2011) 論文集 (2011.10), 査読有り
32. Hiroyuki Nakagawa, Akihiko Ohsuga, and Shinichi Honiden, "gocc: A Configuration Compiler for Self-adaptive Systems Using Goal-oriented Requirements Description", Proc. The 6th International Symposium on Software Engineering for Adaptive and Self-Managing Systems (SEAMS 2011), ICSE2011, 40-49 (2011.4), 10.1145/1988008.1988015, 査読有り, 10.1145/1988008.1988015

[学会発表](計43件)

1. 中川博之, "自己適応システムはなぜ動くのか", 電子情報技術産業協会 (JEITA) ソフトウェアエンジニアリング技術ワークショップ 2015 ~ソフトウェアエンジニアリング 基盤と革新/理論と実践~, 東京, (2015年12月17日). [招待講演], 電子情報技術産業協会(東京都・千代田区), 2015年12月17日
2. 中川博之, "ソフトウェア工学の最新動向-要求駆動型開発のすすめ-", 株式会社 カジマアイシーティ, (2015年9月4日). [招待講演], 株式会社 カジマアイシーティ(東京都・港区)
3. 清雄一, 大須賀昭彦, 田原康之, 川村隆浩, 中川博之, 吉岡信和, 松本一教, 一色正男: ミニブログを利用した避難行動推薦 (3) プライバシー保護データマイニングの適用, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-9-26 (2015.3.13), 立命館大学草津キャンパス(滋賀県・草津市)
4. 田原康之, 大須賀昭彦, 川村隆浩, 清雄一, 中川博之, 吉岡信和, 松本一教, 一色正男: ミニブログを利用した避難行動推薦 (2) 自己適応システム技術の適用, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-9-25 (2015.3.13), 立命館大学草津キャンパス(滋賀県・草津市)
5. 大須賀昭彦, 田原康之, 川村隆浩, 清

雄一, 中川博之, 吉岡信和, 松本一教, 一色正男: ミニブログを利用した避難行動推薦 (1) システム概要, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-9-24 (2015.3.13), 立命館大学草津キャンパス(滋賀県・草津市)

[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
<http://www.ohsuga.lab.uec.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大須賀昭彦 (Akihiko Ohsuga)
電気通信大学・大学院情報システム学研究科・教授
研究者番号: 90393842

(2) 研究分担者

田原康之 (Yasuyuki Tahara)
電気通信大学・大学院情報システム学研究科・准教授
研究者番号: 30390602

中川博之 (Hiroyuki Nakagawa)
大阪大学・大学院情報科学研究科・准教授
研究者番号: 40508834

川村隆浩 (Takahiro Kawamura)
電気通信大学・大学院情報システム学研究科・客員准教授
研究者番号: 10426653

吉岡信和 (Nobukazu Yoshioka)
国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・准教授
研究者番号: 20390601

松本一教 (Kazunori Matsumoto)
神奈川工科大学・情報学部・教授
研究者番号: 40350673

一色正男 (Masao Isshiki)
神奈川工科大学・創造工学部・教授
研究者番号: 90567364

(3) 連携研究者