

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月21日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2014～2018

課題番号：26220001

研究課題名(和文)人・車両・異種インフラのマイクロモジュール連携による超分散型時空間情報集約機構

研究課題名(英文) Large-Scale, Tempo-Spatial Information Gathering Mechanism over DTN-enabled Distributed Micro-modules

研究代表者

東野 輝夫 (HIGASHINO, TERUO)

大阪大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：80173144

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 143,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、電話網やインターネット網が至るところで寸断されるような状況下でも、対象街区に事前に敷設されている無線基地局と臨時に敷設する無線基地局、救援車両などに搭載された無線通信機器と被災者が持つスマートフォンを知的に連携させることで、対象都市街区で救助隊や被災者同士が高信頼・高効率に災害関連情報を伝達できるような情報センシング集約機構を開発・実装すると共に、都市街区の人や車、公共交通機関におけるモビリティや滞在状況を高精度かつ迅速に把握する技術の開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地震や災害の多発する日本では「安全・安心な都市基盤の構築」に資する技術開発は重要である。大都市などで通信インフラの耐震性強化や無停電化、多重化などの設備投資を行うことは十分妥当性があるが、過疎化の進む地方では通信基盤の強化はコスト的に現実的でない場合も多い。近年急速に機能が進化しているスマートフォンなどの情報伝達手段を遅延耐性ネットワーク上で有効に活用することで、災害に強い街づくりに資する情報伝達基盤の構築が可能になる。

研究成果の概要(英文)：In this research, even under the situation where the telephone networks and the Internet are cut off everywhere, we have designed and developed an intelligent information gathering mechanism that enables rescue teams and victims to communicate disaster-related information with high reliability and high efficiency by intelligently linking victims' communication devices and smartphones with wireless base stations installed in the target area in advance, temporarily installed wireless base stations and wireless devices mounted on the rescue vehicles. We have also developed a novel technology to accurately and quickly estimate the mobility of people, cars and public transports.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：無線ネットワーク 時空間データ 遅延耐性ネットワーク 災害支援 エッジコンピューティング モビリティ解析 群衆センシング

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

地震や災害の多発する日本では「防災・減災」に資する技術の開発は最も重要な研究テーマの一つであり、第4期科学技術基本計画でも「安全・安心な都市基盤の構築」が最優先課題とされている。また、欧州委員会のFP8(Horizon 2020)計画や米国NSF研究でも安全・安心な都市基盤の構築に関する研究の推進が謳われている。特に大災害時においては、道路や建築物の損壊、車両による道路の閉塞や人の分布などの情報を広域で迅速かつ円滑にセンシング・集約し、人や物資の輸送戦略や救命救急従事者の配置戦略、被災者への情報配信などを可能とすることが求められる。一方で、インターネット網のみならず電話網すら寸断される状況においては、3G/4GやWiFiなど従来のパラダイムに基づくデータ集約や固定カメラなどのインフラによる状況把握だけでは機能せず、災害時でも有効性を発揮する新しいパラダイムとアーキテクチャに基づく情報センシング集約機構が必要となっており、震災ビッグデータや近年急速に普及しつつあるスマートフォンなどを活用して、より高速且つ確実に地域住民に災害関連情報（災害現場の危険情報、交通情報、ライフライン復旧情報、家族の安否確認情報、帰宅難民誘導情報など）を伝達する仕組みを構築する必要性が高まっている。

2. 研究の目的

本研究では、電話網やインターネット網が至るところで寸断されるような状況下でも、対象街区に事前に敷設されている無線基地局と救助隊が臨時に敷設する無線基地局、救援車両などに搭載されたカーナビなどの無線通信機器と被災者が持つスマートフォンを知的に連携させることで、救助隊や被災者同士が高信頼・高効率に災害関連情報を伝達できるような新しいパラダイムとアーキテクチャに基づく情報センシング集約機構を開発すると共に、提案手法に基づく情報センシング集約機構のプロトタイプを開発し、提案手法の有効性を評価・検討することを研究目的とする。具体的には、(1)周辺の被災状況をセンシング・理解し、環境認識する機能、(2)遭遇する人や車両、生存するインフラ間との限られた通信機会を捉えて関連情報の収集・配信を行う「マイクロモジュール」間で情報伝達を行う機能、(3)多数のマイクロモジュール群がセンシング・認識し、分散的に蓄積する環境情報、人や車両の分布情報などに対し、近隣マイクロモジュールが連携処理する機能、(4)マイクロモジュールの緩やかな連携により、時空間依存の情報をできるだけ短い遅延で集約する分散型時空間情報集約機能、を構築するとともに、(5)提案プラットフォームのプロトタイプを開発し、実証実験を行うことで、提案手法の有効性を評価・検討する。

3. 研究の方法

近年のIoT技術の進展に伴い、ドローンの活用、AIによる画像処理等により、スポット的な被災状況把握や情報伝達を高速・高信頼に行うことを目的とした技術開発が活発化している。災害情報を効率よく収集・伝達するには、当該街区の建物内外の人や車の滞在状況や移動状況（モビリティ）を平常時においてもできるだけ正確に把握しておく必要がある。今後の5G通信技術の進展に伴い、都市空間には携帯基地局が緻密に配置されると想定され、超次元都市空間センシングなど高度通信機能を用いたサービスやシステムの実現が期待されている。一方で、高度通信への社会インフラの依存度が高くなる中、携帯電話網が利用できない非常時でも情報通信を継続可能とするための戦略的な通信機能・センシング機能の実現も必要となる。例えば、都市センシングの先進的事例として知られるシカゴ市のArray of Things (AoT)のように、無線通信機能を持つ都市センシング機器や稼働型センサー基地局（本研究におけるマイクロモジュール）を効率よく配置・活用することが必要となり、そのためにはマイクロモジュールを利用するクライアント（群衆）の時間帯による滞在状況やモビリティ動態を常時高精度に把握しておくことが不可欠となる[20]。この実現のため、本研究では次のような2つの課題に関する研究を実施した。

(課題A) ビルや地下街など屋内の混雑・滞在状況を把握したり、数百メートル四方～数キロメートル四方の街区の人や車、公共交通機関におけるモビリティや滞在状況を可能な限り高精度かつ迅速に把握したりする技術の開発

(課題B) 災害発生時の道路や建造物の損壊、車両や帰宅難民による道路の閉塞、群衆分布などの情報を広域で迅速かつ円滑にセンシング・集約し、被災者同士の情報共有や広域災害地図構築、人や物資の輸送戦略、救命救急従事者の配置戦略を支援する技術の開発

課題Aは主に大阪大学と滋賀大学チーム、課題Bは主に奈良先端科学技術大学院大学チームが担当した。前者は、(1)ビルなどの屋内空間における個人や群衆の高精度トラッキング技術、(2)屋内・都市街区や公共交通機関におけるインフラ低依存型のトラッキングおよび状況理解技術、(3)車両センシングデータやモバイルセンシング情報の共有・集約技術の開発で実現し、後者は、(4)マイクロモジュール通信のための基地局最適化やエッジコンピューティング技術、(5)遅延耐性ネットワーク（DTN: Delay Tolerant Network）上での計算基盤の実現技術と同基盤

上で動作する災害地図の自動生成や安否確認等のアプリケーション技術の開発により実現した。

4. 研究成果

前述の課題Aの(1)~(3)の研究では、都市街区の群衆モビリティ把握や推定をターゲットとし、(1)については、商業ビルやオフィスビルに設置された LIDAR センサーの高精度かつ広域センシングデバイスを用いた高精度トラッキング技術を開発し、屋内における位置誤差数十 cm オーダーの群衆把握を実現している。特に複数の LIDAR センサーが多地点に設置された場合も、センサー誤差を考慮して連続的かつ実時間に移動体のみを検出する技術を開発し、国内の商業施設や海外企業の実オフィスでのモビリティ解析などへ導入し、提案技術を実用レベルに高めている。また、同システムと加速度センサー・モバイルカメラ画像を組み合わせた端末特定技術も開発し、ソーシャルメディアと高精度トラッキングとのマッチングによる独創的な位置情報ベースの情報共有手法も提案している[19]。

(2)では災害時のインフラ依存度を低減するために、可能な限り個人のスマートフォンの多様なセンサーや通信機能を活用した位置トラッキングや周辺混雑理解を実現する技術を開発している。こういったインフラ低依存型センシングは(3)の情報共有・集約技術や後述する課題Bのための重要なデータ生成手段となると共に、本研究の主題である非クラウド集約型都市モバイルセンシングへ直接展開が可能となる。また、屋内外や公共交通機関の状況把握に直接活用できる実践的技術であり、学術的に重要且つ意義ある多くの成果を得ている。例えばスマートフォン協調によるインフラレスな高速位置特定技術として、停電時のビル内など WiFi も利用できない環境下での救助隊支援向けの技術や、協調測距を前提とした低電力測位技術を開発し、いずれも IEEE Transactions 誌に掲載されている[2][15]。また、協調型インフラレス軌跡高度化技術は Elsevier のモバイルパーベイシブ分野のトップジャーナル Pervasive and Mobile Computing 誌に掲載されている[14]。また、スマートフォンのカメラ画像を用いたクラウドセンシング技法を提案しており、協力ユーザによるビルや歩道橋等の準高所からの撮影が地上の群衆分布把握に有効であることを示している。LTE の通信履歴から電車や車両による広域モビリティを推定する技術も開発し、携帯事業者との協働により実践的な成果をあげている。公共交通機関における行動検知技術とクラウドソーシングによる駅混雑推定のための基本技術も開発し、ACM のモバイルシステムのフラグシップ国際会議 MobiSys におけるフルペーパー採択を実現している[21]。加えてウェアラブルデバイスによる電車移動検知技術、スマートフォンによる歩行中の周辺混雑センシング技術ならびに電車乗車中の混雑センシング技術などを ACM のウェアラブルコンピューティングのトップ会議 ISWC ならびにユビキタスコンピューティングのフラグシップ会議 UbiComp で発表し (いずれも採択率 11%~20%)、国際的なプレゼンスを示している[22][23][24][25][26]。また、これらを応用した屋内行動推定技術や路面推定技術も開発し、招待論文としてモバイルセンシング技術のサーベイを論文誌発表している[11]。さらに、安価なドローン搭載カメラで対象領域の平常時の 3D マップを事前に自動生成し、災害後の 3D マップと比較することで、家屋の倒壊や瓦礫の散乱など、2つの 3D マップ間の数十センチの差異を高精度に検知する技術を考案した[18]。

上記(3)は(2)で得られたセンシングデータをインフラ低依存型で交換・共有するための通信技術開発であり、(課題B)で扱う遅延耐性ネットワーク (DTN) の主体である車両間の情報共有技術として重要である。例えば車車間通信における信頼性低下要因の課題発見をテーマとし、車両間の情報共有を DTN で行う際のコスト試算を含む独創性に富んだアプローチを提案し、IEEE のサービスコンピューティングに関する国際会議 IEEE SC2-2016 で Best Paper Award を受賞した。車車間通信とレーザーなどを主体とした周辺車両把握技術で将来の高精度デバイス普及を見据えた実践的取組みも行い、DTN 評価モデルや交通量予測モデルを構築している。また車両行動モデルを開発し、パーベイシブ計算の IEEE のトップ会議 PerCom で発表している[16]。

課題Bでは、マイクロモジュールの存在を前提に、被災状況把握や情報伝達を高速・高信頼に行うための技術を扱う。特に災害マップ等の構築は広域通信の非可用性により困難と想定されるため、クラウドに相当する計算基盤を、マイクロモジュール間で局所水平的に提供する必要がある。これらの課題に対して、(4)は本研究開発におけるマイクロモジュールの上位概念となるエッジコンピューティング技術や情報流技術、その高効率な通信を実現するための基地局最適化技術に関する研究開発である。その成果は、招待講演でエッジコンピューティング・情報流技術のコンセプト啓蒙を図るとともに、通信分野で国際的に著名で極めて難易度の高い論文誌 ACM SIGCOMM Computer Communication Review 誌[10]にエッジコンピューティングのビジョンを発表し、情報流に関するサーベイ論文を招待論文[3][6]として発表している。それらの

コンセプトを完全分散で実現するアプローチも提案し、マイクロモジュール連携の基盤構築を行った[1]。また、災害時の主力インフラとしての期待が高い公衆 WiFi を対象とした通信効率化技術も開発し、機械学習を用いた通信チャネル最適化モデルの構築を行う前例のないアプローチを提案している。マイクロモジュールなどの基地局が面的かつ密に設置される場合の干渉問題を扱った論文は無線通信に関する著名な難関会議 ACM MSWiM における Best Paper 候補として Performance Evaluation Journal[13]への推薦を受けた（電気通信普及財団賞受賞）。加えて通信アプリケーションの高信頼化技術、多次元センシングデータのデータ圧縮・プライオリティ技術を発表している。

最後に、(5)ではマイクロモジュールが局所的かつ断続的に接続される厳しい状況下でも動作する災害時アプリケーション基盤の実現を行った。例えば、レスキュー隊等の救助活動結果から得られる多数の時系列位置データから通行可能道路網を推定する技術を開発している。国連の International Search and Rescue Advisory Group が定めた災害救助指針に基づいて分割された各サブ区域に救助チームとバッテリー駆動計算ノードを配置する現実的シナリオを想定し、救助隊の探索通行記録や災害状況撮影画像等を救助隊員間の DTN (Epidemic Routing) により計算ノードに収集して災害地図を推定している。計算ノードの負荷不均衡を解消するため、サブ区域巡回車両をデータフェリーとして活用し、区域を跨いだ地図共有と計算負荷平準化を実現している。全データ集約方式と比較し、地図生成時間が 1/4 に短縮されることを確認し、通信分野で著名な Elsevier の Computer Communications 誌[5]に発表している。また、インターネット利用不能時に、各種サービス機能を搭載した低コスト計算機群による無線メッシュネットワークをアドホックに設置し、クラウドのようなサービス環境を提供する技術も実現している[17]。これらの基盤上のシステムアプリケーションとして、アンドロイド端末で動作する被災状況マップ生成アプリケーション DTN MapEx、火山噴火時の眼の傷病を遠隔診療するための医療画像配信システム、顔画像により別々の避難所に避難した家族の安否確認システムなどを開発している[9]。本基盤をベースとし、時空間センサデータ流集約基盤設計、センサデータ流の実時間編纂システム開発、被災地エリア内の人口密度の偏りと各避難所の収容数を考慮し、各被災者に適切な避難所の指示を行うシステムの設計などを実施している。さらに、大阪大学吹田キャンパスや近隣商業施設、地方の自治体などと連携して、LIDAR による商業施設の訪問客のモビリティ収集やドライブレコーダー、ドローン、スマートフォンなどを併用した実証実験やシミュレーション実験の実施、IoT 機器群を用いた平常時の情報伝達基盤の構築などを行った。

本研究課題の研究代表者、研究分担者は学術的に数多くの成果を上げ、IEEE Transactions on Mobile Computing 誌[15]、IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics: Systems 誌[2]、Computer Communications 誌[5]、ACM SIGCOMM Computer Communication Review 誌[10]、Pervasive and Mobile Computing 誌[14]、Wireless Networks 誌[7]、Performance Evaluation 誌[13]、IEEE Access 誌[1]等の著名論文誌で論文発表を行った。また IEEE ICDCS 国際会議[19][20]、ACM MobiSys 国際会議[21]、ACM ISWC 国際会議[22][25]、ACM UbiComp 国際会議[23][24][26]、IEEE PerCom 国際会議[16]など、分散システムやモバイル・ユビキタスコンピューティングに関する当該分野のトップランクの国際会議（採択率 10~20%）に多数の論文発表を行うことで、国際的なプレゼンスも発揮している。さらに、群衆センシングや ICT を活用した災害支援技術などについて、米国 NSF CPS Principal Investigators 会議や SMARTCOMP 2017 国際会議などで招待講演を行った。また、本研究開発の全体ビジョンを述べた論文が、分散システムに関して最も歴史と権威のある国際会議 IEEE ICDCS2017、ICDCS2018 に採録されている[19][20]。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 15 件）

- [1] Sunyanan Choochotkaew, [Hirozumi Yamaguchi](#) and [Teruo Higashino](#): “A Self-Organized Task Distribution Framework for Module-based Event Stream Processing”, *IEEE Access*, 査読有, Vol.7, pp.6493-6509, 2018. (DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2890005)
- [2] Youngtae Noh, [Hirozumi Yamaguchi](#) and Uichin Lee: “Infrastructure-free Collaborative Indoor Positioning Scheme for Time-critical Team Operations”, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics: Systems*, 査読有, Vol.48, No.3, pp.418-432, 2018. (DOI: 10.1109/TSMC.2016.2615652)
- [3] [山口 弘純](#), [安本 慶一](#): “エッジコンピューティング環境における知的分散データ処理の実現”, *電子情報通信学会和文誌(IEICE)*, 査読有, Vol. J101-B, No. 5, pp.298-309, 2018. (招待論文) (DOI: 10.14923/transcomj.2017MOI0001)
- [4] Sunyanan Choochotkaew, [Hirozumi Yamaguchi](#) and [Teruo Higashino](#): “Two-tier Vol

- Prioritization System on Requirement-based Data Streaming toward IoT”, *Mobile Information Systems*, 査読有, Vol. 2017, pp.1-16, 2017. (DOI:10.1155/2017/7892545)
- [5] Edgar Marko Trono, Manato Fujimoto, Hirohiko Suwa, Yutaka Arakawa and Keiichi Yasumoto: “Generating Pedestrian Maps of Disaster Areas through Ad-hoc Deployment of Computing Resources Across a DTN”, *Computer Communications (Elsevier)*, 査読有, Vol.100, No.1, pp.129-142, 2017. (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2016.12.003>)
- [6] Keiichi Yasumoto, Hirozumi Yamaguchi and Hiroshi Shigeno: “Survey of Real-time Processing Technologies of IoT Data Streams”, *Journal of Information Processing*, 査読有, Vol.24, No.2, pp.195-202, 2016. (Invited Paper)
(DOI: <https://doi.org/10.2197/ipsjjip.24.195>)
- [7] Takamasa Higuchi, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “Trajectory Identification based on Spatio-Temporal Proximity Patterns between Mobile Phones”, *Wireless Networks (Springer)*, 査読有, Vol.22, Issue 2, pp.563-577, 2016.
(DOI: <https://doi.org/10.1007/s11276-015-0987-z>)
- [8] Kazuki Fujisawa, Yuko Hirabe, Hirohiko Suwa, Yutaka Arakawa and Keiichi Yasumoto: “Automatic Live Sport Video Streams Curation System from User Generated Media”, *International Journal of Multimedia Data Engineering and Management (IJMDEM)*, 査読有, Vol.7, No.2, pp. 36-52, 2016. (DOI: 10.4018/IJMDEM.2016040103)
- [9] Muhammad Ashar, Hirohiko Suwa, Yutaka Arakawa and Keiichi Yasumoto: “Priority Medical Image Delivery using DTN for Healthcare Workers in Volcanic Emergency”, *Scientific Phone Apps and Mobile Devices*, 査読有, Vol.2, No.9, pp.1-13, 2016. (DOI: <https://doi.org/10.1186/s41070-016-0010-9>)
- [10] Pedro Garcia Lopez, Alberto Montesor, Dick Epema, Anwitaman Datta, Teruo Higashino, Adriana Iamnitchi, Marinho Barcellos, Pascal Felber and Etienne Riviere: “Edge-centric Computing: Vision and Challenges”, *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 査読有, Vol.45, Issue 5, pp.37-42, 2015. (DOI: 10.1145/2831347.2831354)
- [11] Takamasa Higuchi, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “Mobile Devices as an infrastructure: A Survey of Opportunistic Sensing Technology”, *Journal of Information Processing*, 査読有, Vol.26, No.2, pp.94-104, 2015. (DOI: 10.2197/ipsjjip.23.94)
- [12] Ana Rosa Cavalli, Teruo Higashino and Manuel Núñez: “A Survey on Formal Active and Passive Testing with Applications to the Cloud”, *Annals of Telecommunications*, 査読有, Vol.70, Issue 3-4, pp.85-93, 2015. (DOI: <https://doi.org/10.1007/s12243-015-0457-8>)
- [13] Hirozumi Yamaguchi, Akihito Hiromori, Teruo Higashino, Shigeki Umehara, Hirofumi Urayama, Masaya Yamada, Taka Maeno, Shigeru Kaneda and Mineo Takai: “Scalable and Robust Channel Allocation for Densely-Deployed Urban Wireless Stations”, *Performance Evaluation Journal (Elsevier)*, 査読有, Vol.87, pp.74-91, 2015.
(DOI: 10.1016/j.peva.2015.02.001)
- [14] Takamasa Higuchi, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “Context-Supported Local Crowd Mapping via Collaborative Sensing with Mobile Phones”, *Pervasive and Mobile Computing*, 査読有, Vol.13, pp.26-51, 2014.
(DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2013.10.012>)
- [15] Takamasa Higuchi, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “Mobile Node Localization Focusing on Stop-and-Go Behavior of Indoor Pedestrians”, *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 査読有, Vol.13, No.7, pp.1564-1578, 2014.
(DOI: 10.1109/TMC.2013.139)
[学会発表] (計 11 件)
- [16] Yusuke Nishimura, Atsushi Fujita, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino, Akira Suwa, Hirofumi Urayama, Susumu Takeshima and Mineo Takai: “A Study on Behavior of Autonomous Vehicles Cooperating with Manually-Driven Vehicles”, *Proceedings of 17th IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom2019)*, 査読有, pp. 212-219, 2019.
- [17] Jose Paolo Talusan, Yugo Nakamura, Teruhiro Mizumoto, Keiichi Yasumoto: “Near Cloud: Low-cost Low-Power Cloud Implementation for Rural Area Connectivity and Data Processing”, *Proceedings of IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC2018)*, 査読有, pp.622-627, 2018.
(DOI: 10.1109/COMPSAC.2018.10307)
- [18] Katsuya Ogura, Yuma Yamada, Shugo Kajita, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino and Mineo Takai: “Ground Object Recognition from Aerial Image-based 3D Point Cloud”, *Proceedings of 11th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2018)*, 査読有, pp.1-8, 2018. (DOI: 10.23919/ICMU.2018.8653608)

- [19] Teruo Higashino, Hirozumi Yamaguchi, Akihito Hiromori, Akira Uchiyama and Takaaki Umedu: “Re-Thinking: Design and Development of Mobility Aware Applications in Smart and Connected Communities”, *Proceedings of IEEE 38th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS2018)*, 査読有, pp.1171-1179, 2018. (DOI: 10.1109/ICDCS.2018.00117)
- [20] Teruo Higashino, Hirozumi Yamaguchi, Akihito Hiromori, Akira Uchiyama and Keiichi Yasumoto: “Edge Computing and IoT Based Research for Building Safe Smart Cities Resistant to Disasters”, *Proceedings of IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS2017)*, 査読有, pp.1729-1737, 2017. (DOI: 10.1109/ICDCS.2017.160)
- [21] Moustafa Elhamshary, Moustafa Youssef, Akira Uchiyama, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “TransitLabel: A Crowd-Sensing System for Automatic Labeling of Transit Stations Semantics”, *Proceedings of 14th ACM International Conference on Mobile Systems, Applications and Services (MobiSys2016)*, 査読有, pp.193-206, 2016. (DOI: 10.1145/2906388.2906395)
- [22] Takamasa Higuchi, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “Tracking Motion Context of Railway Passengers by Fusion of Low-Power Sensors in Mobile Devices”, *Proceedings of 19th ACM International Symposium on Wearable Computers (ISWC2015)*, 査読有, pp. 163-170, 2015. (DOI: 10.1145/2802083.2808387)
- [23] Shoko Nakamura, Saeko Shigaki, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “A Model-based Approach to Support Smart and Social Home Living”, *Proceedings of 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp2015)*, 査読有, pp.1101-1105, 2015. (DOI: 10.1145/2750858.2805835)
- [24] Shigeya Morishita, Syogo Maenaka, Daichi Nagata, Morihiko Tamai, Keiichi Yasumoto, Toshinobu Fukukura, Keita Sato: “SakuraSensor: Quasi-Realtime Cherry-Lined Roads Detection through Participatory Video Sensing by Cars”, *Proceedings of 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp2015)*, 査読有, pp. 695-705, 2015. (DOI: 10.1145/2750858.2804273)
- [25] Tomohiro Nishimura, Takamasa Higuchi, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “Detecting Smoothness of Pedestrian Flows by Participatory Sensing with Mobile Phones”, *Proceedings of ACM 18th International Symposium on Wearable Computing (ISWC2014)*, 査読有, pp. 15-18, 2014. (DOI: 10.1145/2634317.2642869)
- [26] Yuki Maekawa, Akira Uchiyama, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino: “Car-level Congestion and Position Estimation for Railway Trips Using Mobile Phones”, *Proceedings of 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp2014)*, 査読有, pp.937-948 (2014). (DOI: 10.1145/2632048.26)

[その他]

ホームページ等 : <http://www-higashi.ist.osaka-u.ac.jp/~higashino/jpn/research/KibanS-J.html>

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名 : 安本 慶一

ローマ字氏名 : (YASUMOTO, Keiichi)

所属研究機関名 : 奈良先端科学技術大学院大学

部局名 : 先端科学技術研究科

職名 : 教授

研究者番号(8桁) : 40273396

研究分担者氏名 : 山口 弘純

ローマ字氏名 : (YAMAGUCHI, Hirozumi)

所属研究機関名 : 大阪大学

部局名 : 大学院情報科学研究科

職名 : 准教授

研究者番号(8桁) : 80314409

研究分担者氏名 : 廣森 聡仁

ローマ字氏名 : (HIROMORI, Akihito)

所属研究機関名 : 大阪大学

部局名 : 経営企画オフィス

職名 : 准教授

研究者番号(8桁) : 90506544

研究分担者氏名 : 内山 彰

ローマ字氏名 : (UCHIYAMA, Akira)

所属研究機関名 : 大阪大学

部局名 : 大学院情報科学研究科

職名 : 助教

研究者番号(8桁) : 70555234

研究分担者氏名 : 梅津 高朗

ローマ字氏名 : (UMEDU, Takaaki)

所属研究機関名 : 滋賀大学

部局名 : データサイエンス学部

職名 : 准教授

研究者番号(8桁) : 10346174