

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02690

研究課題名(和文)人と群衆の行動情報のセキュアな流通基盤の実現

研究課題名(英文)A Study on Secure Platform for Sharing Human Behavior information

研究代表者

山口 弘純(Yamaguchi, Hirozumi)

大阪大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：80314409

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：人々の屋内空間の位置や行動を共有するプラットフォーム「ひとナビ」を開発し、その高度化を行っている。また、SNS、モーションセンサー、温度センサーなどと連携し、屋内ナビやスマートビルディングなど人々の位置行動情報が本質的に必要なスマートシティアプリケーションへの様々な応用可能性を示している。鉄道、バスによる移動状況の推定や混雑状況の推定やそれらの共有技術、さらに家庭内の行動センシング技術等も開発している。最後に、そういった絶え間なく生成される位置情報行動データの遅滞ないデータストリーム流通技術として、エッジコンピューティングのコンセプトに基づくプラットフォーム技術を開発している。

研究成果の概要(英文)：In this project, I have developed a human-sensing platform called Hitonavi and enhanced its capability. In particular, I have combined various sensor information such as motion sensors, temperature sensors as well as SNS data to understand the situation of people, and to provide such information to smart city applications. Positioning of passengers and congestion estimation of railway stations and buildings is also investigated. Finally, I have designed a new platform based on the concept of edge-heavy computing, where a number of data streams containing human location and behavior are handled and processing in IoT distributed environment.

研究分野：モバイルコンピューティング

キーワード：位置推定 混雑推定 センシング プラットフォーム エッジコンピューティング

1. 研究開始当初の背景

日本国内では少子高齢化の影響による課題が顕在化しており、中でも認知症患者が徘徊して事故に遭う痛ましい報道が後を絶たない。しかし、日本の世帯構成員数の減少や認知症患者の増加等により、そういった人々を見守る社会の目や耳が不足し、支援体制が十分でない現実が浮き彫りになっている(厚労省社会保障審議会資料「認知症施策の推進について」2013年9月)。また、東日本大震災後の検証から、大規模災害時の人の位置行動情報の集約とその情報提供が重要であったことが明らかになっている。例えば東京都心部では災害発生直後、多数の人々が混雑状況を把握できず帰宅行動をとったため、道路混雑や交通麻痺に拍車がかかる事態が発生した。関西地域では南海トラフ大地震の発生も懸念されるが、津波による浸水は、大阪駅が含まれる大阪市北区で300ha以上になると計算されている(大阪府HP「大阪府津波浸水想定の設定について」)。地下街水没や火災で人々がビル内に閉塞された場合、ビル毎の被災者数把握は、自治体や消防、警察等の公的機関にとって救助方針の立案などに極めて重要となる。

2. 研究の目的

こういった課題は、個人や群衆の屋内外での位置や行動が適切に把握され、適切な人々の間で安全かつリアルタイムに共有されることが解決の糸口になる場合も多い。例えば徘徊する高齢者のGPSトラッキングデータは非営利組織や一般ユーザに提供することで、オフライン解析による非日常行動パターン検出の協力が得られる可能性もある。平常時や災害時の個々のユーザの位置情報を集約すればビルや公共空間のリアルタイム混雑度も把握可能であり、混雑ピークシフト行動推薦や公的機関による避難誘導、帰宅難民の回避などにも活用できる。これに対し、個人や群衆の位置行動を様々なセンサーで実時間に検知し理解する高度な行動把握技術や、把握した行動情報を安全に集約流通・共有する技術が確立されれば、行動情報の共有と利活用が十分に実現できると考えられる。

3. 研究の方法

本研究開発では、インフラ型トラッキングセンサーやGPS、スマートフォン内蔵センサー、ウェアラブルセンサーなど多種多様な複数のセンサーから実時間で発生する複数のセンシング情報を融合することで、個人や群衆の存在やアクティビティをリアルタイムに検出・把握し可視化する人や群衆の行動把握技術を開発する。さらに、行動情報をセキュアに流通させ利活用するための行動情報流通基盤を構築する。これらの技術や流通基

盤により、実世界の行動情報を安全かつ実時間で共有でき、参加者全員がそれぞれの立場から位置行動情報を提供し共有する利益を享受できる。位置推定やセンシング技術、分散通信基盤技術などにおける申請者のこれまでの研究開発成果を活用しつつ、必要十分なレベルで位置行動情報の安全化を図る技術を開発する。

4. 研究成果

これに対し、本研究では、人々の屋内空間の位置や行動を共有するプラットフォーム「ひとなび」を開発し、その高度化を行っている。レーザ測域センサ(LIDAR)による人の位置推定及び軌跡推定が注目を集めており、LIDARは周囲の物体との距離を正確に測定することができるセンサである。例えば、北陽電機株式会社製のLIDAR(UTM-30LX-EW)は検出保証距離30m、走査角度270度、距測精度50mm、走査時間25ms/scanと、広範囲を高速かつ正確に計測することができる。また、LIDARの計測データは方位角と距離で表される計測対象物の位置情報のみであり、顔や服装といった個人情報あるいはプライバシー情報を一切含まないため、プライバシー侵害リスクは極めて小さい。本研究では、水平に設置した複数のLIDARを用いた歩行者の位置推定及び軌跡推定アルゴリズムを開発するとともに、ひとなびをベースに、SNS、モーションセンサー、温度センサーなど、様々な外部情報と連携し、屋内ナビゲーション、スマートビルディングなど人々の位置行動情報が本質的な環境情報として必要なスマートシティアプリケーションへの様々な応用可能性を示している。開発したシステムは情報とメディアアートの世界最大の展示会Ars Electronica 2015への出展、海外企業の1,000㎡超のオフィスへの導入や国内実店舗への導入等、社会実装を実現している。ひとなびの技術成果は、論文誌論文および査読付き国際会議録論文[1][2][23][26][32]で、それらのスマートアプリケーション応用成果は国際WSの招待論文[8]を含む論文誌論文および査読付き国際会議録論文[9][16][33]で発表している。



加えて、人の行動情報を活用するスマートシティの実現に向けて、ビル内における位置推定や、公共交通機関（鉄道、バスなど）や移動状況の推定や混雑状況の推定、人の位置情報ならびに地図などのコンテキスト情報を生成して共有する技術を実現し、論文誌論文および査読付き国際会議録論文 [5][6][7][12][14][15][18][21][22][27][28]での成果発表を行った。特に、[6]は韓国の位置推定を専門とする研究者らとビル内位置推定技術に関するアイデアを議論し、IEEE Transactions 誌への掲載を実現した。また[7][22]ではIEEEのモバイルパーベシブ分野およびACMのモバイルシステムでのそれぞれの分野トップのプレミア国際会議IEEE PerComおよびACM MobiSysでの論文発表を位置推定や行動推定技術で顕著な業績を有するエジプトのグループと共同で実現している。国際的な共同研究体制を構築しながら、成果の国際発信に努めている。

また高齢者などを対象とした家庭内の行動センシング技術や関連する位置センサー推定技術等を開発し、[11][29][30]で発表を行っている。

こういった絶え間なく生成される位置情報行動データの遅滞ないデータストリーム流通技術として、エッジコンピューティングのコンセプトに基づくプラットフォーム技術を開発している。これらは招待論文2件を含む[3][13][10][19][24][31]等での発表を実現している。

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 33 件)

- [1] 吉貞 洸, 山田 遊馬, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, 屋内空間における測域センサ群の相対位置推定手法の提案, 情報処理学会論文誌 (推薦論文) (採録決定)
- [2] Hikaru Yoshisada, Yuma Yamada, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, Indoor Map Generation from Multiple LIDAR Point Clouds, Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Smart Computing (IEEE SMARTCOMP2018), June 2018 (in press)
- [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, J101-B(5), pp. 298-309, 2018 (招待論文)
- [4] 倉 聖美, 白石 陽, 山口 弘純, Wi-Fi 受信電波強度の変化を利用した通路の歩行者数推定手法, 情報処理学会論文誌

- (IPSJ), Vol. 59, No. 2, pp. 496-507, 2018
- [5] Ryosuke Narimoto, Shugo Kajita, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, Wayfinding Behavior Detection by Smartphone, Proceedings of the 32nd IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (IEEE AINA2018), 8pages, May 2018
- [6] 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 (IEEE), Vol. 48, No. 3, pp. 418-432, 2018
- [7] Moustafa Elhamshary, Moustafa Youssef, Akira Uchiyama, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, CrowdMeter: Congestion Level Estimation in Railway Stations Using Smartphones, Proceedings of the 16th Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (IEEE PerCom2018), pp. March 2018
- [8] Hirozumi Yamaguchi, Akihito Hiromori and Teruo Higashino, A Human Tracking and Sensing Platform for Enabling Smart City Applications, Proceedings of the Workshop on Smart and Connected Communities: Technological Foundations, Challenges and Opportunities (SCC-2018), pp. 1-6, January 2018 (invited paper)
- [9] 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 37th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems (IEEE ICDCS 2017), pp. 1729-1737, June 2017
- [10] Sunyanan Choochootkaew, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, Two-tier VoI Prioritization System on Requirement-based Data Streaming toward IoT, Mobile Information Systems, Vol. 2017, pp. 1-16, 2017
- [11] Nathavuth Kitbutrawat, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, Localization of Binary Motion Sensors in House, Proceedings of the 13th International Wireless Communications and Mobile

- Computing Conference (IWCMC2017), pp. 1-6, June 2017
- [12] Tatsuya Amano, Shugo Kajita, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino and Mineo Takai, A Crowdsourcing and Simulation based Approach for Fast and Accurate Wi-Fi Radio Map Construction in Urban Environment, Proceedings of the IFIP Networking 2017 (IFIP Networking2017), pp. 1-9, June 2017
- [13] Sunyanan Choochotkaew, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino, Megumi Shibuya and Teruyuki Hasegawa, EdgeCEP: Fully-distributed Complex Event Processing on IoT Edges, Proceedings of The IEEE 13th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (IEEE DCOSS2017), pp. 121-129, June 2017
- [14] Sohei Kojima, Akira Uchiyama, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, Crowd and Event Detection by Fusion of Camera Images and Micro Blogs, Proceedings of the 4th International Workshop on Crowd Assisted Sensing, Pervasive Systems and Communications (CASPer2017), pp. 1-6, March 2017
- [15] 小島 颯平, 内山 彰, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, 俯瞰画像における動体領域面積に基づく群衆人数推定法の提案, 情報処理学会論文誌 (IPSJ), Vol. 58, No. 1, pp. 33-42, 2017 (推薦論文)
- [16] Masao Chiguchi, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino and Yoshiyuki Shimoda, Human Thermal Comfort Estimation in Indoor Space by Crowd Sensing, Proceedings of International Workshop on SmartBuildings2016 (SmartBuilding2016), pp. 45-50, November 2016
- [17] Keita Nakahara, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, In-home Activity and Micro-motion Logging Using Mobile Robot with Kinect, Proceedings of the International Workshop On Mobile Ubiquitous Systems, Infrastructures, Communications, And Applications (MUSICAL2016), pp. 106-111, November 2016
- [18] Yuma Yamada, Akira Uchiyama, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, Travel Estimation Using Control Signal Records in Cellular Networks and Geographical Information, Proceedings of the 9th IFIP Wireless and Mobile Networking Conference (IFIP WMNC2016), pp. 138-144, July 2016
- [19] Yugo Nakamura, Hirohiko Suwa, Yutaka Arakawa, Hirozumi Yamaguchi, Keiichi Yasumoto, Design and Implementation of Middleware for IoT Devices toward Real-Time Flow Processing, Proc. of the 1st Workshop on Edge Computing (WEC 2016) (WEC2016), pp. 162-167, June 2016
- [20] Keiichi Yasumoto, Hirozumi Yamaguchi and Hiroshi Shigeno, Survey of Real-time Processing Technologies of IoT Data Streams, Journal of Information Processing (IPSJ), Vol. 24, No. 2, pp. 195-202, 2016 (招待論文)
- [21] 山田 遊馬, 内山 彰, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, 携帯電話の基地局通信履歴と地理情報を用いたパーソントリップ推定法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 8, pp. 1826 - 1834, 2016 (特選論文, 推薦論文)
- [22] 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 the 14th ACM International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (ACM MobiSys2016), pp. 193-206, June 2016
- [23] 樋口 雄大, 山口 弘純, 東野 輝夫, 測域センサと近距離無線通信を併用した高精度屋内測位, 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 5, pp. 1489-1498, 2016 (特選論文, 推薦論文)
- [24] Keiichi Yasumoto, Hirozumi Yamaguchi and Hiroshi Shigeno, Survey of Real-time Processing Technologies of IoT Data Streams, Journal of Information Processing (IPSJ), Vol. 24, No. 2, pp. 195-202, 2016 (招待論文)
- [25] Takamasa Higuchi, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, Trajectory identification based on spatio-temporal proximity patterns between mobile phones, Wireless Networks (Springer), Vol. 22, No. 2, pp. 563-577, 2016
- [26] 高藤巧, 藤田和久, 樋口雄大, 廣森聡仁, 山口弘純, 東野輝夫, 下條 真司, トラッキングスキャナとモーションセンサを用いた高精度屋内位置推定手法の提案, 情報処理学会論文誌 (IPSJ), Vol. 57,

- No. 1, pp. 353-365, 2016 (推薦論文)
- [27] 樋口 雄大, 山口 弘純, 東野 輝夫, スマートフォンの加速度・磁気センサを併用した鉄道車両の移動状態推定, 情報処理学会論文誌 (IPSJ), Vol. 57, No. 4, pp. 1274-1283, 2016 (特選論文, 推薦論文)
- [28] Takamasa Higuchi, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, Tracking Motion Context of Railway Passengers by Fusion of Low-Power Sensors in Mobile Devices, Proceedings of the 19th ACM International Symposium on Wearable Computers (ACM ISWC2015), pp. 163-170, September 2015
- [29] 中村 笙子, 志垣 沙衣子, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, 大衆の生活ノウハウの定量化とモデル化によるスマートライフ支援システム, 情報処理学会論文誌 (IPSJ), Vol. 56, No. 8, pp. 1621-1633, 2015
- [30] Shoko Nakamura, Saeko Shigaki, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, A model-based approach to support smart and social home living, Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (ACM UbiComp2015), pp. 1101-1105, September 2015
- [31] Kenji Yoi, Hirozumi Yamaguchi, Akihito Hiromori, Akira Uchiyama, Teruo Higashino, Naohisa Yanagiya, Toshikazu Nakatani, Atsuo Tachibana and Teruyuki Hasegawa, Multi-dimensional Sensor Data Aggregator for Adaptive Network Management in M2M Communications, Proceedings of the 14th IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management (IEEE IM2015), pp. 1047-1052, May 2015
- [32] Takamasa Higuchi, Hiroki Iwahashi, Hirozumi Yamaguchi and Teruo Higashino, TweetGlue: Leveraging a Crowd Tracking Infrastructure for Mobile Social Augmented Reality, Proceedings of the 11th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC2015), pp. 1030-1035, August 2015
- [33] Kazuhisa Fujita, Takamasa Higuchi, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino and Shinji Shimojo, Human Crowd Detection for Physical Sensing Assisted Geo-Social Multimedia Mining, Proceedings of the 1st

International Workshop on Smart Cities and Urban Informatics 2015 (SmartCity2015), pp. 642-647, April 2015

[学会発表] (計 20 件)

- ① 山田 遊馬, 測域センサを利用した高精度な路線バス乗降計測システム, 情報処理学会第 25 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, 2017 年 10 月
- ② 山口弘純, IoT エッジセンサーの知能化に向けて, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02017) シンポジウム, 2017 年 6 月
- ③ 吉貞 洗, 3 次元空間における測域センサ群の自己位置推定法, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02017) シンポジウム, 2017 年 6 月
- ④ 成元 椋祐, 認知マップの誤りによる迷い行動のスマートフォンを用いた検出手法, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02017) シンポジウム, 2017 年 6 月
- ⑤ 本田 美輝, 家庭内での移動と家電利用のセンシングによる高齢者の生活行動推定, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02017) シンポジウム, 2017 年 6 月
- ⑥ 天野 辰哉, クラウドソーシングと 3 次元地理空間情報に基づく Wi-Fi データベースの構築と活用, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02017) シンポジウム, 2017 年 6 月
- ⑦ Sunyanan Choochootkaew, Place-and-Play Complex-Event Processing Engine on Dynamic Ad-hoc Networks, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02017) シンポジウム, 2017 年 6 月
- ⑧ Choochootkaew Sunyanan, Two-Steps Independent Approach for Rule-based Complex Event Processing, 情報処理学会第 24 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, 2016 年 10 月
- ⑨ 天野 辰哉, 3 次元空間上の電波強度推定・可視化システム, 情報処理学会第 24 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ 2016 年 10 月
- ⑩ Elhamshary Moustafa, Crowd Density Estimation in Railway Stations, 情報処理学会第 24 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ 2016 年 10 月
- ⑪ 中村 優吾, 観光案内向け CGM キュレーションのためのローカル IoT プラットフォームの提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02016) シンポジウム 2016 年 7 月
- ⑫ Sunyanan Choochootkaew, A Combination Approach for Distributed Information

Flow Processing in Multi-purpose IoT, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02016) シンポジウム, 2016 年 7 月

- ⑬ 中原 啓太, 移動型センサーを想定した家庭内行動検出手法, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02016) シンポジウム, 2016 年 7 月
- ⑭ 山田 遊馬, 基地局遷移パターンの学習に基づく通信履歴からの電車旅客推定法の提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02016) シンポジウム, 2016 年 7 月
- ⑮ 小島 颯平, スマートフォン画像を用いたクラウドソーシングによる群衆人数推定システム, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02016) シンポジウム, 2016 年 7 月
- ⑯ 原 佑輔, ドライブレコーダー映像を用いた頭部検出に基づく人流推定法の提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02016) シンポジウム, 2016 年 7 月
- ⑰ 小島 颯平, スマートフォンカメラを用いた群衆人数推定システム, 情報処理学会第 23 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, 2015 年 10 月
- ⑱ 樋口 雄大, ひとなび: 群衆センシングとソーシャルメディアの融合による場の盛り上がりの可視化, 情報処理学会第 23 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, 2015 年 10 月
- ⑲ 志垣 沙衣子, 設置位置の自動推定機能を備えたポータブル人感センサーシステム, 情報処理学会第 23 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, 2015 年 10 月
- ⑳ 山田 遊馬, 携帯電話の基地局通信履歴と地理情報を用いたパーソントリップ推定法の提案, 情報処理学会第 23 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, 2015 年 10 月

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山口弘純 (YAMAGUCHI, Hirozumi)
大阪大学・大学院情報科学研究科・准教授
研究者番号: 80314409

(2) 研究分担者: なし

(3) 連携研究者: なし

(4) 研究協力者: なし