

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月10日現在

機関番号：32612  
 研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2017～2018  
 課題番号：17K12677  
 研究課題名(和文) Modeling, Design and Implementation of Heterogeneous Opportunistic Urban Sensor Network using Garbage-collecting Trucks as Communication Backbones  
 研究課題名(英文) Modeling, Design and Implementation of Heterogeneous Opportunistic Urban Sensor Network using Garbage-collecting Trucks as Communication Backbones  
 研究代表者  
 陳寅(CHEN, Yin)  
 慶應義塾大学・政策・メディア研究科(藤沢)・特任講師  
 研究者番号：60773124  
 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：清掃車を用いた都市情報収集基盤技術を構築するために、(1) 車載ネットワークにおける通信機会を分析するモデル、(2) 清掃車にセンサーを搭載する車載センシング実験システム、及び(3) 実験システムから得られたデータを利活用し、お見守り、ゴミ排出量検知といったアプリケーションの開発を行った。これらの技術により、超スマート社会を実現するための次世代都市情報収集の構築技術を確立した。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は都市のデータ収集におけるゴミ清掃車のモビリティの有用性を明らかにした。しかし、本研究は規模の限りがあるため、示した価値は氷山の一角にすぎないと考えている。今後、得られたデータの分析や新しいアプリの開発より、新しい価値を作り出す。研究成果を国際論文誌、国際会議等にて発表した。また、論文[4,5]の成果がYRP研究開発推進協会(YRP協会)WSN協議会のWSN-IoT AWARD 2019 最優秀賞を受賞した。本研究成果は、社会的にも高い注目を集めている。

研究成果の概要(英文)：To implement the vehicular urban sensing technology, we have investigated: (1) Network modeling for the transmission opportunity of mobile network, (2) experiment system using sensors installed on garbage trucks, and (3) applications, like Omimamori service and sensing of garbage disposal, based on the data collected from the experiment system. It is expected that the developed technologies will be applied to fulfill the version of a super smart society.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：urban sensing vehicular sensing vehicular network IoT wireless sensor network

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

都市情報収集技術(Urban Sensing)は都市における都市計算技術の基盤の一つとなっているため、超スマート社会への進化に不可欠な役割を果たしている。既存の都市情報収集技術は主に設置型センシングや参加型センシングなどを中心としており、カバーレージの不足やセンシング機能の制限があるなどの欠点がある。本研究では都市情報収集技術の革新を目指し、清掃車を用いる都市情報収集技術の研究を行う。

日本の家庭ゴミの収集は主に戸別収集や集積場収集で行うため、ゴミ清掃車が毎日、町の中を走っているため、都市のカバーレージを確保することができる。すなわち、町の大部分は1日中、清掃車が経由することがあるので、そのモビリティを生かし、都市情報収集ネットワークを構築する。

### 2. 研究の目的

本研究は、ゴミ清掃車のモビリティを生かした街からデータを収集する車載センサーネットワークを提案し、ネットワークモデル化とルーティンアルゴリズムの設計を行うと共に、藤沢市の清掃車にセンサーを装着した実験システムをベースとして、アプリケーションの開発と性能評価まで行う。

### 3. 研究の方法

まず、ネットワークのモデルとして、Aloha プロトコルを用いた Mobile Ad Hoc Network を研究した。当ネットワークモデルは有限なネットワークノードが有限な空間に「uniform」なモビリティを持つネットワークシナリオをモデル化する。また、2項点過程の分析ツールを用いて、当ネットワークにおける通信機会を分析した(図 1)。当結果は国際論文誌 Elsevier Ad Hoc Networks に発表した [2]。

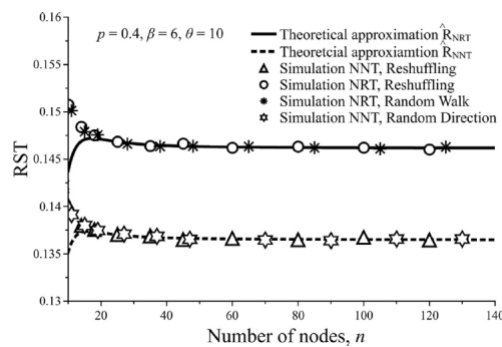


図 1 通信機会(RST, rate of successful transmission)分析結果とシミュレーションとの比較  
次は、藤沢市の清掃車にセンサーを装着し、PM2.5、紫外線、加速度などのデータを収集し、かつ、リアルタイムにサーバに送信する実験システムを実装した。収集したデータに基づき、清掃車の移動軌跡を分析し、清掃車のカバーレージ性能を評価した(図 2)。得られた結果は国際論文誌 Elsevier Ad Hoc Networks [1]と 国際学会 ICMU[6]に発表した。

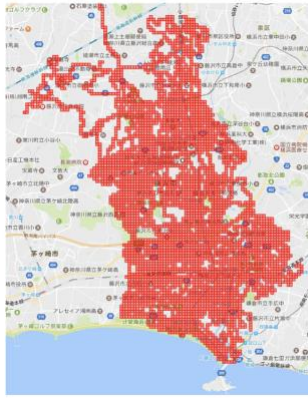


図 2 藤沢市の清掃車に実装した実験システムのカバーレッジ評価

最後に、開発したセンシングネットワークの有用性を示すため、実験システムから得られたデータを活用し、お見守り(図 3 と図 4)、ゴミ排出量推定(図 5)などのアプリケーションサービスを開発した。これらの結果は IEEE ICMU[3]、IEEE RTCAS[4]、ACM SenSys[5]などの国際学会に発表した。

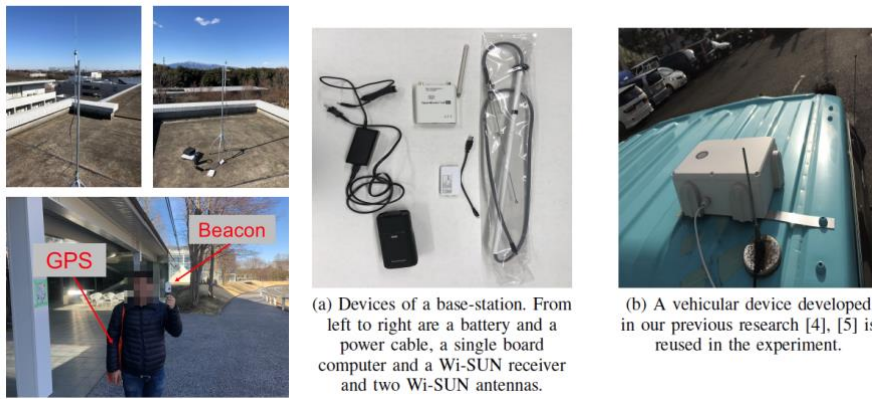


図 3 清掃車センシングを用いた位置推定システム

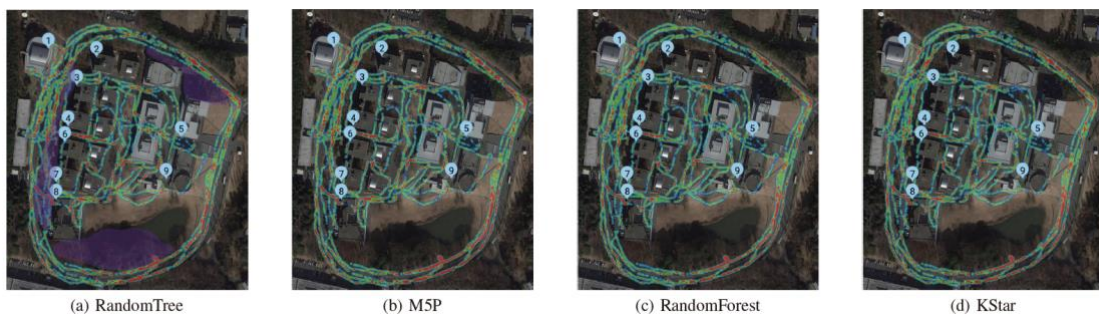


図 4 位置推定の誤差部分

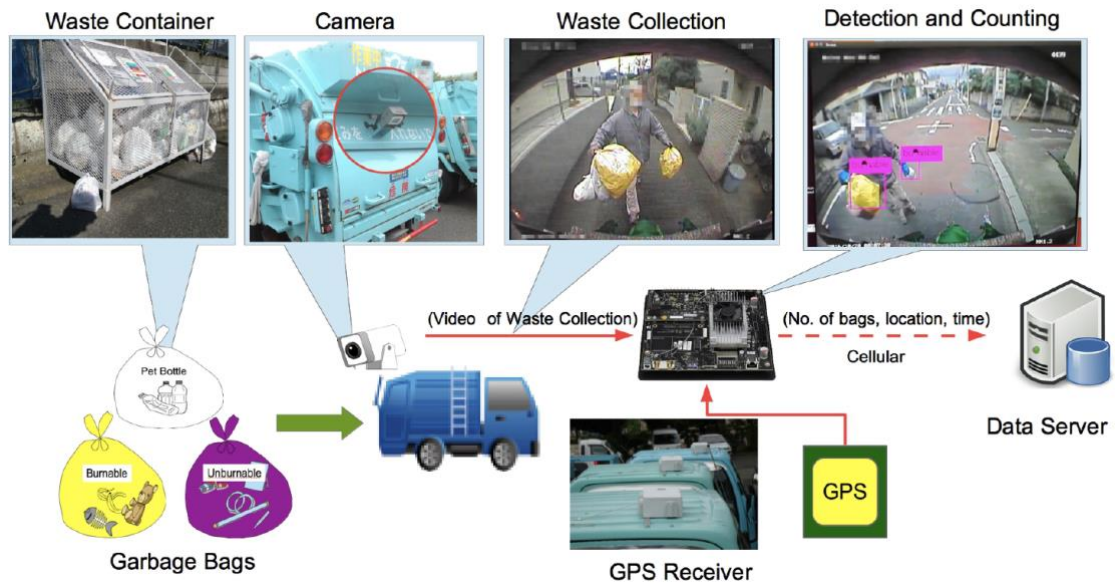


図 5 ゴミ排出量センシング

#### 4. 研究成果

本研究は都市のデータ収集におけるゴミ清掃車のモビリティの有用性を明らかにした。しかし、本研究は規模の限りがあるため、示した価値は氷山の一角にすぎないと考えている。今後、得られたデータのや新しいアプリの開発より、新しい価値を作り出す。研究成果を国際論文誌、国際会議等にて発表した。また、論文[4, 5]の成果が論文[4, 5]の成果が YRP 研究開発推進協会 (YRP 協会) WSN 協議会の WSN-IoT AWARD 2019 最優秀賞を受賞した。(2019年5月29日)。本研究成果は、社会的にも高い注目を集めている。

以上から本研究は当初の予定を大幅に上回る研究成果を挙げたと言える。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 2 件)

- [1] Yin Chen, Jin Nakazawa, Takuro Yonezawa, Hideyuki Tokuda, "Cruisers: An automotive sensing platform for smart cities using door-to-door garbage collecting trucks", In Ad Hoc Networks, vol. 85, pp. 32 - 45, 2019 (Peer Reviewed)
- [2] Yin Chen, Jinxiao Zhu, Yulong Shen, Xiaohong Jiang, Hideyuki Tokuda, "On the rate of successful transmissions in finite slotted Aloha MANETs", In Ad Hoc Networks, vol. 62, no. , pp. 76 - 87, 2017. (Peer Reviewed)

〔学会発表〕 (計 5 件)

- [1] Yin Chen, Mina Sakamura, Jin Nakazawa, Takuro Yonezawa, Akira Tsuge, Yuichi Hamada, "OmimamoriNet: An Outdoor Positioning System Based on Wi-SUN FAN Network", In The 11th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2018), 2018. (Peer Reviewed)
- [2] Mikami, Kazuhiro, Yin Chen, and Jin Nakazawa. "Using deep learning to count garbage bags." Proceedings of the 16th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems. ACM, 2018. (Peer Reviewed)
- [3] Kazuhiro Mikami, Yin Chen, Jin Nakazawa, Yasuhiro Iida, Yasunari Kishimoto, Yu

Oya, "DeepCounter: Using Deep Learning to Count Garbage Bags", In The 24th IEEE International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications, 2018 (Peer Reviewed)

- [4] Yin Chen, Takuro Yonezawa, Jin Nakazawa, "Automotive Sensing for Smart Cities: Current Practices and Challenges", 研究報告高度交通システムとスマートコミュニテ (ITS) ,2018-ITS-72(9),1-7 (2018-03-01) , 2188-8965, 2018
- [5] Yin Chen, Takuro Yonezawa, Jin Nakazawa, Hideyuki Tokuda, "Evaluating the Spatio-temporal Coverage of Automotive Sensing for Smart Cities", In the Tenth International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU 2017), 2017. (Peer Reviewed)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年 :

国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

当該なし

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。