

自治体職員参加型センシングによる 業務効率化と都市理解の向上

米澤 拓郎^{1,a)} 伊藤 友隆¹ 坂村 美奈¹ 竹内 孝² 納谷 太² 上田 修功² 中澤 仁¹

概要：本研究では、自治体職員向けの参加型センシングにより、網羅的な都市情報が収集可能となり、それが業務効率および都市理解の向上へとつながることを示す。現状の地方自治体の日常的な自治体業務では、情報がデータ化・共有できておらず時間的・人的コストが高い部分が存在する。本研究では、地方自治体の日常的な行政業務において、職員の持つ携帯端末を通してリアルタイムな情報を取得可能とする参加型センシングを適用し、効率的な情報収集・共有を可能とすることを目的とする。本研究で開発した情報収集・共有システム、みなレポにより、地方自治体の日常的な業務の効率化だけでなく、自治体職員による専門的知識に基づいた情報収集が実現される。また、網羅的に収集したデータにより都市理解が可能となる。本稿では手法の概要とこれまでの実験・解析結果について報告する。

Improvement of municipal administration works and city understandings by participatory sensing with city officers

Takuro Yonezawa^{1,a)} Tomotaka Ito¹ Mina Sakamura¹ Koh Takeuchi² Futoshi Naya² Naonori Ueda²
Jin Nakazawa¹

1. はじめに

世界的な都市部への人口集中を背景として、現代の都市はエネルギー管理の効率化、経済成長と開発、生活の質と安心安全など、多様な問題に直面しようとしている。また日本では少子高齢化社会の到来により、働き手の不足や税金収入の低下が確実となっており、都市運営・行政の効率化は社会的な課題となっている。これら問題を解決するため、ネットワーク化された電力メータや監視カメラネットワーク、交通情報を監視する ITS ネットワーク等の情報基盤を中心としたスマートシティの構築プロジェクトが現在広く推進されている。また、従来のスマートシティで目指されている都市エネルギーや交通渋滞の解消といったシティオフィスの視点からの都市リソースの最適化機能だけでなく、実空間情報を含むオープンデータの利活用を進めることによって、住民の視点からも、住民の QoL の向上に資するサービスや災害時の安心・安全の保障のためのサー

ビスといった付加価値の高いサービスを容易に実現可能となるソーシャル・ビッグデータの利活用が重要となってきた。

日本では、自治体業務の透明性・信頼性の向上、国民参加・官民協働の推進、経済の活性化・行政の効率化を目的として、2012年に電子行政オープンデータ戦略^{*1}が策定された。各自治体には積極的な公共データの公開が望まれてきており、2018年1月時点で300を超える自治体^{*2}がオープンデータの取り組みを行っている。現在公開されているオープンデータは主に行政業務で得られた調査結果等（例：人口統計や工業統計、農業センサスなどの各統計調査）が多く、それ自体の価値はもちろん重要ではあるが、これらはあくまで業務の結果得られた「まとめ」であるため、種類が限定されていたり、更新頻度の低さ（頻度が高くて月次掲載）が制限として存在する。

本研究では、時々刻々と変化する都市の状況に対応する様々なサービスを提供可能とするスマートシティを実現するためには、行政業務の結果だけでなく、その過程で得ら

¹ 慶應義塾大学

² 日本電信電話

^{a)} takuro@ht.sfc.keio.ac.jp

^{*1} <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/denshigyousei.html>

^{*2} <https://cio.go.jp/policy-opendata>

れる情報にも高い価値が存在すると考える。また、それらをプライバシーやセキュリティを考慮しつつリアルタイムで他自治体職員や研究者、企業等と共有可能とすることが、今後非常に重要となると考えている。自治体では行政運営を行っていく上で、多数の部や課が存在し、その業務中に得られる都市情報も街灯の故障、道路損傷、公園遊具の破損、落書き、不法投棄、下水管の破損など様々である。近年、都市内の異常を市民の協力により収集し、それを行政業務に活かす参加型センシングの取り組みが盛んであるが、市民から通報される情報は都市情報の氷山の一角であり、より多くの情報は自治体業務中に職員により収集されている。一方で、それら自治体業務中に得られる情報は、特に日本においては電話や FAX、紙の書類などアナログな手段により報告・共有されているのが現状であり、データ化された形での蓄積も進んでおらず、分析を含む利活用は進んでいない。

本研究では、自治体業務に携わる職員を対象とし、普段の業務を共有・分析可能なデータ化された都市情報の収集機会と融合させることにより、業務の効率化と都市理解を向上させることが可能な自治体職員参加型センシングを提案する。自治体職員参加型センシングは、大きく2つの特徴を有すると考えられる。まず第一に、行政業務の過程で得られる都市情報をデータ化し職員間で即時共有可能とすることで、行政業務の効率化に寄与する。第二に、都市の空間的・時間的に網羅性の高いデータが収集可能であるため、都市全体の理解の向上に寄与可能なデータ分析を可能とする。この2つの特徴に加え、収集されたデータを、プライバシーやセキュリティを考慮した上で即時オープン化していくことで、多種多様なスマートシティサービスを構築可能とするリアルタイムな都市情報源として活用可能となる、と考えられる。

上記の目的を達成するため、我々は自治体職員参加型センシング「みんなのレポート」(以下、みなレポ)を構築し、藤沢市の主にゴミ収集業務に携わる環境部と連携し、1年を超えるシステム運営を行ってきた。みなレポは、自治体職員が保有するスマートフォンやタブレット端末の GPS 機能とカメラ機能を利用し、都市情報の収集と共有を可能としつつ、業務遂行に必要な関連情報の閲覧や業務終了のフィードバック等を可能とするシステムである。本稿ではこれまでの取組に関する報告を主な目的としつつ、自治体職員参加型センシングの狙いについてまず述べ、次に構築したシステムの詳細を述べる。次に、自治体職員参加型センシングの特徴である、業務改善および都市理解への寄与が可能であったか、述べる。みなレポの試行結果から、これまで3,000件を超えるレポートが自治体職員より発行され、業務改善への寄与が見受けられた。また、空間的に網羅されるデータが収集されたことで、人口統計や不動産情報との相関分析より、都市理解への向上を可能とする分析

へ寄与することが見受けられた。

2. 自治体職員参加型センシング

本章では、まず本研究で提案する自治体職員参加型センシングの定義について述べたあと、それにより収集可能な都市情報について述べ、最後に自治体職員参加型センシングに求められる要件を整理する。

2.1 定義

参加型センシング (Participatory Sensing) [1] とは、スマートフォンなどの携帯端末を持つユーザを対象とし、同端末に搭載されたカメラや GPS、マイクなどのセンサとユーザ自身の五感や知識を活用し、都市地域の様々な情報を広範囲に収集可能とするセンシング技術を指す。すなわち、主観・客観視点の両方に基づいた情報が収集可能であり、都市状況把握のための重要なセンシング手段として位置づけられている。本稿では、自治体職員参加型センシングを、参加型センシングでも特に自治体職員を対象とし、彼らの日常の自治体業務に組み込まれたセンシング手段として定義する。それぞれの自治体職員が己の業務に必要な情報のみをセンシングする場合は「参加型」というニュアンスは薄れるが、本研究では自治体職員が自らの業務に直結した情報だけでなく幅広い都市情報を収集可能とさせる狙いを有しているため、「参加型」という名称をつけている。自治体職員を対象とすることで、次の利点があると考えられる。

- センシング量の多さ: 自治体職員は仕事として業務に取り組んでいるため、一般人を対象とする際に問題となるインセンティブの付与を行わずとも、業務を遂行する上で必要な情報を大量に収集可能であるという点が挙げられる。
- センシング質の高さ: 自治体職員は業務遂行に必要な知識を有しているため、業務中に収集されるべき都市の事象に関して、正確性・信頼性を付与した上で情報の収集が可能である。例えば、ある場所にゴミが放置されているとして、一般人ではそのゴミは職員が収集し忘れのゴミなのか、不法投棄なのか、それとも残渣(回収日とは異なる種類のゴミなので収集不能)なのか、判断はしにくい。一方で自治体職員はその判別を正確に行える。

また、特に国内の自治体職員は数年ごとに部署異動し、複数の業務に携わることも多く、ある程度の専門性と汎用性を持った知識を有している。よって、現在自分が関わっている業務以外にも、量的にも質的にも高い都市情報のセンシングに貢献可能であると考えられる。言うまでもなく、自治体職員のリソースには限界があるため、収集すべきであるが収集に漏れてしまった都市情報や、収集したいが難しい都市情報などは存在する。それらは補完的に、千葉市

表 1 環境・ゴミ業務で収集すべき情報の例

名称	内容
死骸	動物の死骸
回収忘れ	回収し忘れたゴミ
不法投棄	不法に投棄されたゴミ
残渣	ゴミの出し間違い
落書き	公共物に描かれた落書き
カラス被害	カラスによって荒らされた集積所
集積所	資源ごみ集積所の場所

のちばレポ^{*3}や、FixMyStreet^{*4}の取り組みなどにより、市民による参加型センシングで収集されうる。一方で、市民から通報を受ける量以上の膨大な都市の情報を自治体職員が普段から収集していることは事実であり、その情報をいかに共有・分析しやすい形式（デジタルデータ）として収集可能とさせることは、集めた情報の利用価値を高めるという意味で重要である。

2.2 収集可能な都市情報

自治体業務は多岐に渡るため、収集可能な都市情報も多種多様である。例えば、藤沢市では14の部（環境部、都市整備部、防災安全部など）、およびその下部組織の100以上の課（環境保全課、公園課、防犯交通安全課など）から構成されており、都市に関する様々な情報が日々収集されている。例として、表1に環境・ゴミ業務で、表2に道路管理業務で、表3に公園管理業務で収集すべき情報の例をそれぞれ示す。これらの情報は、それぞれ単体の報告としてはそれぞれの場所での問題のレポートにすぎないが、空間的な網羅性と時間的な継続性をもって収集を続け、分析を行うことで、都市全体の問題の傾向分析が可能となり、都市状況把握や都市理解の向上に役立つと考えられる。通常、これら日々の業務で収集し得る様々な情報は重要な事象を除き担当者間で共有されるにとどまる場合が多く、情報の管理・蓄積はされたとしても紙ベースな場合が多い。よって、それぞれの都市事象はその業務に携わる数人のみの知識・経験として蓄積されていく。すなわち、知識・経験の継承の難しさであったり、異なる知識から共通のパターンを抽出し、都市の問題の本質的な気づきにつながるような取り組みが難しいことにつながる。様々な都市情報を職員間で共有・蓄積可能とし、またプライバシーなどに問題がない情報はオープン化することにより、自治体業務上収集した都市の知を公共財として利活用可能とすべきである。

2.3 要件

本研究で提案する自治体職員参加型センシングを実際に自治体業務の現場で活用してもらうためには、同センシングを実現するシステムは以下の要件を満たす必要があると

*3 <https://chibarepo.secure.force.com>

*4 <https://www.fixmystreet.jp>

表 2 道路管理業務で収集すべき情報の例

名称	内容
道路損傷	道路の損傷、凸凹
水溜り	道路上の大きな水溜り
伐採	見通しを悪くする枝・草の抜粋
民地からの越境	民家の土地からはみ出した木々
ミラー	ミラーの損傷
照明灯	照明灯の破損・照明切れ
事故	交通事故
側溝浚渫	側溝の詰まり
舗装要望	路面舗装の要望

表 3 公園管理業務で収集すべき情報の例

名称	内容
倒木	倒れた木
遊具破損	公園遊具の破損
スズメバチ	スズメバチの巣
設備破損	公園設備の破損
土流出	砂場や公園の砂の流出
剪定	公園内の枝・草の剪定
病害虫	病害虫の発生

考える。

- 収集容易性
業務に必要な都市情報を、業務・情報の種別ごとに容易に収集可能とする必要がある。収集すべき情報は都市全体に広がっているため、GPS等のセンサ情報に加え、詳細なコメントを入力可能とする。
- 自治体業務との親和性
通常の自治体業務に組み込み、収集だけでなくその後の対応等もスムーズに行えるよう、業務遂行上必要な情報を収集・閲覧可能とする必要がある。
- 共有性
オープン化可能な情報とプライバシーに関わる情報を区別し、適切な役割を持ったユーザに情報を共有できる必要がある。

なおこれらの要件は、実際には藤沢市役所の職員の方々と継続的な議論を通じて明らかになってきたものである。自治体職員参加型センシングは既存業務に組み込まれてこそ量・質ともに高いデータが得られることが想定される。自治体職員参加型センシングを導入することにより既存業務の妨げとなったり、業務量を増やしてしまうことは避けなければならない。また、これまで行われてきた日々の自治体業務を停止してはならず、また必ずしも全ての職員が最初から自治体職員参加型センシングを利用するわけではないため、システム導入のはじめには従来（電話やFAXの利用）での業務も平行して行われることが想定される。よって、既存業務を理解した上でのシステム開発が重要であるとともに、実際の試行を通じて利用の際の問題点や欠点を明らかにしていく方法が望まれる。更に、自治体



図 1 自治体職員，ステークホルダーとの開発打ち合わせの様子

№	項目	要望	開発内容	対応状況
1	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
2	機能	書き込みのスピードを遅く抑えたい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
3	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
4	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
5	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
6	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
7	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
8	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
9	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
10	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
11	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
12	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
13	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
14	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
15	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
16	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
17	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
18	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
19	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
20	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
21	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
22	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
23	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
24	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
25	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
26	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
27	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
28	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
29	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
30	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
31	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
32	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
33	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
34	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
35	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
36	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
37	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
38	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
39	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済
40	機能	「誰でも入力できる」がほしい	この点ですが、ユーザーの属性情報等によってアクセスが異なるように設計を予定しています。お返事いたします。	対応済

1 投稿した地図上のピンを手で動かせるようにしてほしい

2 地図を詳細(ZOOMIN)もしくは、詳細地図(ズームアウト)に変更してほしい

3 地図にエリア分けができるようにしてほしい

【方法】

1. 投稿した地図上のピンを手で動かせるようにしてほしい

2. 地図を詳細(ZOOMIN)もしくは、詳細地図(ズームアウト)に変更してほしい

3. 地図にエリア分けができるようにしてほしい

【イメージ】

1. 投稿した地図上のピンを手で動かせるようにしてほしい

2. 地図を詳細(ZOOMIN)もしくは、詳細地図(ズームアウト)に変更してほしい

3. 地図にエリア分けができるようにしてほしい

4. 事務所から投稿する際には、【新報レポート】で投稿を行うが、この時に地図をGoogleマップ本体へ移動後、そちらにピンを立てることができるのか？(航空写真を使ったピンを立てると、詳細な位置を特定しやすい)

図 2 ステークホルダー（藤沢市資源循環協同組合）により作成されるシステム改善要望の例

業務によっては市役所内だけで完結するものではなく、関係するステークホルダー（業務委託企業など）と連携して行われている。よって、市役所と業務委託企業間の情報のやり取りや、収集した情報の取扱方法の差異なども考慮すべきである。本研究では、システムに求められる要件を最初に全て洗い出して開発を行うウォーターフォール型の開発ではなく、設計、実装、運用の各フェーズをステークホルダーとともにそのサイクルを回し、定期的な打ち合わせ（図 1）を重ねて改善や機能追加等を適宜行っていくアジャイル型のシステム開発を行った。改善内容は開発側と利用者側との日々のコミュニケーションで把握されることや、ドキュメント化された改善要望としてこれまで 40 を超える項目を自治体職員およびステークホルダーより指摘いただいている（図 2）。

3. 設計と実装

みなレポシステムの全体概要図を、図 3 に示す。自治体業務において報告・共有が求められる都市事象は、自治体職員による日々のパトロール業務中に発見した場合と、市

民からの要望・問い合わせを受けた場合の 2 種類が存在する。前者の場合は、例えば環境部の職員自身によりゴミの出し間違い（残渣）が発見された、等が挙げられ、後者の場合は、例えば市民より自宅前に不法投棄物があるので対応してほしい、等の問い合わせが挙げられる。みなレポでは、都市事象を発見した職員自身による業務報告共有、および市民から通報を受けた職員による業務報告共有の両者とも同じフォーマット・プロトコルで情報共有が行えるよう、外出職員が持つスマートフォンや自治体役所内のコンピュータなど、多種多様なデバイスから情報報告・閲覧可能とさせる設計・実装を行った。投稿された情報は、これまで著者らが開発してきたセンシングデータ流通基盤である SOXFire [2] を通じ配送され、みなレポのデータベースへと情報が蓄積される。蓄積された情報は WEB インタフェースを通じ閲覧が可能である。

3.1 情報投稿機能

自治体職員が都市事象の報告を行う際に利用するインタフェースを、図 4 に示す。スマートフォン版インタフェースは、屋外業務に従事する自治体職員が報告事象を見つけ次第すぐに円滑に情報共有を行えるよう、スマートフォンの GPS 機能を利用し位置の自動付与（位置の詳細調整も可能、また住所も確認可能）を行った上で、写真とコメントを投稿可能としている。Web 版インタフェースは、主に自治体役所で内勤を行っている職員が市民からの通報などを受けてレポートを作成する際に利用される。両方のインタフェースとも、レポートのタイプ、レポート対応の緊急度、写真（Web 版の方は必要であれば添付できる）、コメントを設定し、投稿を行うようになっている。これらの機能により、上述した要件である収集容易性と既存業務との親和性（の一部）を満たす。また投稿された情報は SOXFire を経由し、データベースに蓄積される。なお、緊急のレポートとして設定された場合は、E メールや外部通知システムと連携し、担当職員へ通知がいくよう設計・実装がなされている。SOXFire は Publish-Subscribe 機能に基づくセンサデータ配送モデルを採用しており、レポートの種類ごとに仮想センサノードが設定されている。レポートの種類に対応したアクセス権限を設定可能としており、自治体職員しかアクセスできないレポートと、オープンアクセスが可能なレポートが区別可能な運用を実現しており、上述した要件である共有性を満たす。

3.2 情報閲覧機能

自治体職員が他の職員が報告したレポートを閲覧する際に利用するインタフェースを、図 5 に示す。レポートは、リスト形式および地図形式で表示され、レポートの種類、報告された期間、投稿者名などでフィルタリングが可能となっている。報告詳細表示では、報告の各内容が表示され

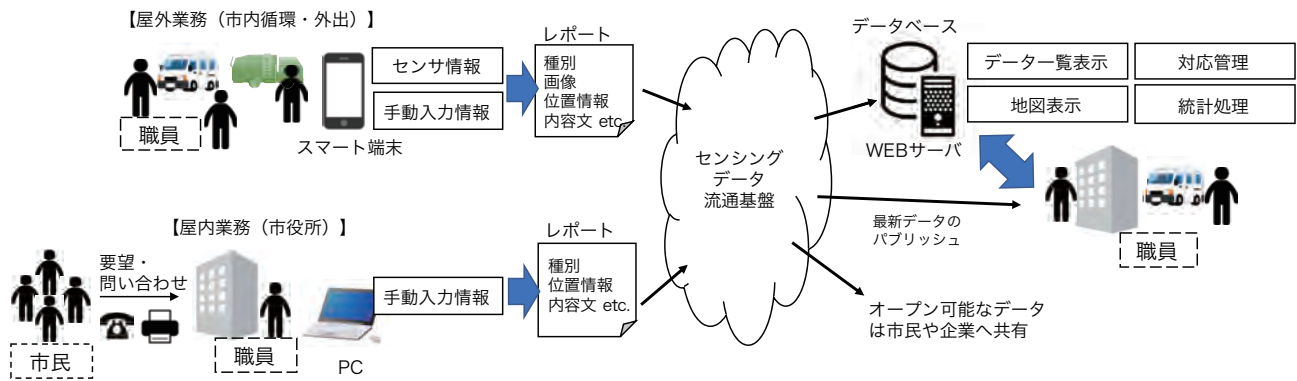


図 3 自治体職員参加型センシングシステム・みなレポの概要図



図 4 スマートフォン版情報投稿インタフェース (左)、Web 版情報投稿インタフェース (右)

るとともに、対応が行われた場合にはその経過の議論が可能となっている。また、自治体業務によっては自治会の境界や委託業者の担当区域など、様々な情報を考慮して業務を遂行する必要がある。本システムでは、任意の KML ファイルを読み込みレイヤとして地図に重畳可能となっており、円滑な業務連絡などに寄与している。また、既存業務との兼ね合いやファイリングの観点から、既存フォーマットへの報告整形と印刷機能も提供している。

4. 運用実験

4.1 概要

2016 年 10 月から 2018 年 5 月現在まで、藤沢市のゴミ関連業務に携わる環境部の職員、およびゴミ回収委託業者である藤沢市資源循環協同組合の方々の方々のスマート端末にみなレポのアプリをインストールしてもらい、本システムの運用を継続して行っている。表 4 に、iOS 版のみなレポクライアントアプリケーションがインストールされた端末数とその時期を示す（みなレポのクライアントアプリケーションとして iOS 版、Android 版、Web アプリ版を構築したが、概ね iOS 版が利用されている状況であるため、iOS 版のインストール数を示す）。当初は 20 台の端末で試行をはじめたが、その後、本システムの利便性が認められ、資源

循環協同組合の全てのゴミ清掃関係車両にタブレット端末を設置し、みなレポのインストールを行って頂き、現在は 70 台弱の端末で運用を行っている。報告対象の事象は、動物死骸、道路損傷、災害、ゴミ未回収、集積所間違い、落書き、不法投棄、キュンスポット（藤沢市では笑顔になれる場所をキュンスポットと呼んでいる）、残渣（出すべきゴミの日と違う種別のゴミが出され回収できないこみ）、その他、とした。

表 4 みなレポ iOS 版アプリケーションのインストール状況

時期	インストール端末数
2016 年 10 月	20
2017 年 2 月	9
2017 年 3 月	2
2017 年 4 月	3
2017 年 5 月	9
2017 年 6 月	21
2017 年 7 月	1

4.2 収集されたデータ

みなレポによって職員より収集された月別のレポート数を図 6 に示す。2016 年 10 月 6 日から 2018 年 3 月 20 日までに、3667 件の報告が収集された。また、レポート種別と、報告主体の状況（現場から報告か、市民から連絡を受け事業所から報告のどちらか）ごとのレポート数を表 5 に示す。全報告数のうち、およそ 81% が現場からの報告、19% が事業所からの報告であったが、事業所からの報告の多くは市民からのゴミ未回収の連絡により生成された報告であった。また、今回の運用実験に協力して頂いた部局がゴミ関連業務を対象していたため、残渣の報告が全体の半分を占めていた。また、1 年の中で 5 月（次いで 11 月）に多くレポートが投稿されたのは、5 月と 11 月に藤沢市職員によるスマートチェックという落書き・不法投棄やポイ捨ての重点チェックの取り組みがあり、特に落書きの報告が多数得られたためである。



図 5 投稿レポート閲覧インターフェース

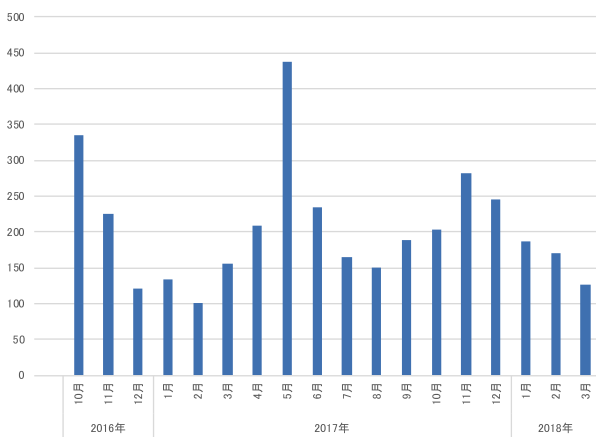


図 6 月別の報告レポート数

4.3 業務効率化に関する寄与

みなレポを導入し、8ヶ月間の時点で市職員にアンケートを行った [3] が、その後ゴミ関連業務において残渣報告や回収忘れ報告のほとんどをみなレポを利用することとなったため、どの程度の効率化に寄与したか、改めて市職員の方に意見を伺った。まず、定量的には、これまで連絡・報告業務等に1件平均10分かかっていたものが即時に行われるようになったため、業務全体を通じて一日約2時間の業務効率化が図られているとの意見を得た。また、定性的には、1) 従前の事務の流れでは、翌日に対応せざるを得なかった対応が、当日現地対応できるようになった、2) 従前は現地の状況がわからない中での情報のやり取りであったため、残渣物、汚い集積所、壊れた容器など、どの程度か状況説明が出来ずにいたが、(口頭説明なので地域担当者や回収員との行き違いが発生や現地が特定できない事により再度の苦情起こっていた) みなレポ導入後は、現場の写真で状況が直接確認できるため、地域担当者が現地で素早く対応出来るようになった、また3) 収集したデータを活用することにより、住民へ適切な説明ができるようになった、との新たな意見を得た。

4.4 市民参加型センシングとの比較

自治体職員参加型センシングの特徴を理解するため、市民参加型センシングで得られるデータ量やデータ分布と比較を行う。千葉市で行われている住民による参加型センシングの実証実験であるちばレポのデータと、みなレポによって得られたデータの比較を表6に示す。また、みなレポおよびちばレポで収集されたデータの地理分布を図7に示す。みなレポは報告対象となった業務がゴミ関係が中心であり、ちばレポではゴミ関係だけでなく道路・公園遊具の破損も含まれ、また自治体の面積も異なるため一概に比較はできないが、以下の特徴が見受けられる。

- 収集データの量
自治体職員をユーザとしたみなレポでは、普段の業務に組み込まれ利用されていることもあり、より多くの都市情報が取得される。今回の比較では、1人あたりの投稿平均で、約110倍の差があった。
- 収集データの地理分布
図7に示すように、自治体の面積は異なるが、自治体職員をユーザとしたみなレポの方が、住民を対象としたちばレポより、自治体全体から網羅的に情報を収集している様子が見受けられる。これは、ユーザの活動範囲や興味範囲に地理的な偏りが少ないということが挙げられる。一方、住民の場合は利用者の多い地域の情報が重点的に得られると考えられる。

表 5 レポート種別、報告場所ごとのレポート数

種別	現場から報告	事業所から報告	小計
動物死骸	19	24	43
道路損傷	10	1	11
災害	8	4	12
ゴミ未回収	18	584	601
集積所間違	342	7	349
落書き	509	1	510
不法投棄	63	3	66
キュンスポット	12	1	13
残渣	1809	6	1815
その他	180	67	247
合計	2970	697	3667

表 6 みなレポとちばレポの比較

	みなレポ	ちばレポ
実証地域	藤沢市 (69.57 平方キロ)	千葉市 (271.8 平方キロ)
主なユーザ	職員	住民
レポート種類	ゴミ関係・ 落書き等	道路・公園・ ゴミ関係等
期間	約 1 年 6 ヶ月 (2016 年 10 月 6 日- 2018 年 3 月 20 日)	約 1 年 6 ヶ月 (2014 年 8 月 28 日- 2016 年 2 月 27 日)
ユーザ数	65 (端末数)	3615
投稿総数	3667	1873
1 人あたり 投稿平均	56.41	0.51

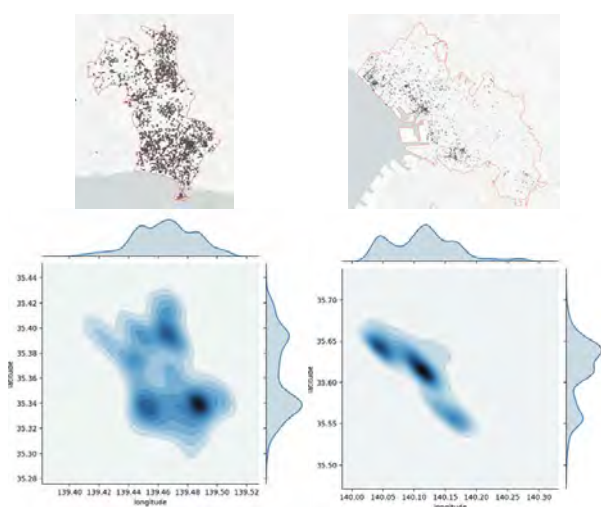


図 7 みなレポおよびちばレポのレポートの地理散布図 (上) およびカーネル密度推定による可視化 (下)

5. 分析実験

自治体職員参加型センシングみなレポを用いて得られた網羅的なデータが、都市理解の向上に寄与しうるか確認するため、分析を行った。今回の実験期間で得られたデータのうち多くはゴミに関するデータ、特に残渣や回収忘れ・依頼であったため、それら事象の発生しやすさの空間的な傾向を明らかにする。本分析では、地域の人口や住宅統計情報とゴミ情報との関係性を明らかにするためにその回帰問題を解くことを目的とし、その分析によりこれまで明らかになっていなかった都市の傾向を把握可能とする。

5.1 分析対象データ

みなレポのデータセットとして、2016 年 10 月 6 日から 2017 年 4 月 25 日までのデータ (1,173 件) を対象とした分析を行った。含まれるレポート種類は表 5 と同様であるが、分析対象として適切かどうかを測るため、それぞれのレポートのデータに対して空間的自己相関分析を行った。藤沢市

の 192 の町字における人口分布とみなレポデータセットの相関を測るため、K 近傍グラフ ($k = 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$) を用いた計算を行った。空間的自己相関の指標として Moran's I の値と、その p 値の結果を表に示す。今回得られたデータセットのうち、残渣のデータが正の空間的自己相関が得られ、かつ p 値が 0.01 より小さかったため、より詳細な分析対象データとして選択する。

また、地域特性との相関を計算するため、町字ごとの人口統計および住宅統計を用いる。住宅統計は、藤沢市における賃貸不動産情報を扱う Web サイトをクロールし、収集した。住宅統計情報としては 87 の特徴量を収集し、アパート・マンション・一軒家の種別、賃貸価格、部屋の広さ、バス・トイレ別か、ペット飼育可能か、などの特徴が含まれる。クロールで取得した合計物件数は 8484 件であった。

表 7 レポート種別ごとの空間的自己相関

レポート	Moran's I	K	p 値
残渣	0.154	6	0.000022
落書き	0.075	5	0.030596
集積所	0.116	4	0.005596
不法投棄	0.025	3	0.290003
回収忘れ	0.035	4	0.197829

5.2 分析手法と結果

藤沢市内の 192 の町字ごとの残渣の発生頻度を統計情報化した上で、残渣の統計を目的変数とし、町字毎の住宅統計および人口統計の情報から予測する分析実験を行った。正則化線形回帰モデルとして Elastic Net, Lasso, Ridge, および Ordinal Least Squares (OLS) [4] 回帰を用いた分析を行った。目標値、入力値、および係数ベクトルをそれぞれ $y_n \in \mathbb{R}$, $\mathbf{x}_n \in \mathbb{R}^d$ for $n = (1, \dots, N)$, $\boldsymbol{\beta} \in \mathbb{R}^d$ と定義する。次に、 ℓ_1/ℓ_2 ペナルティを考慮した線形回帰問題を次のように定義する。

$$\min_{\boldsymbol{\beta}} \sum_{n=1}^N \|y_n - \boldsymbol{\beta}^T \mathbf{x}_n\|_2^2 + \lambda_1 \sum_{i=1}^d |\beta_i| + \lambda_2 \sum_{i=1}^d \|\beta_i\|_2^2,$$

$\lambda_1, \lambda_2 \in \mathbb{R}$ はハイパーパラメータである。 $\lambda_1 \neq 0$ かつ $\lambda_2 \neq 0$ の場合、上述の式は Elastic Net に対応し、特に ($\lambda_1 \neq 0$ かつ $\lambda_2 = 0$)、($\lambda_1 = 0$ かつ $\lambda_2 \neq 0$)、また ($\lambda_1 \neq 0$ and $\lambda_2 \neq 0$) の場合、それぞれ Lasso, Ridge および OLS に対応する。

予測精度の評価指標として、Root Mean Squared Error (RMSE) と Mean Absolute Error (MAE) を用いた。

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \|y_n - \boldsymbol{\beta}^T \mathbf{x}_n\|_2^2},$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |y_n - \beta^T x_n|.$$

本分析では、入力特徴量として、住宅特徴量 ($d = 87$)、人口特徴量 ($d = 12$) およびその両方の特徴量 ($d = 99$) を用いた。そのうち、80%を訓練データとし、残りをテストデータとした。正則化線形回帰における λ_1, λ_2 のハイパーパラメータは、一個ぬき交差検証により選択された。訓練データで学習した回帰モデルを用いテストデータを予測した際の誤差を計測する試行を10回行い、予測誤差に関する平均と標準偏差の値を導出した。結果を、8および表9にのせる。結果より、Ridge回帰モデルが予測精度が最も高く、また住宅統計と人口統計の両者がともに残渣の回帰において大きな係数を持つことがわかった。

Ridge回帰によって学習された係数の値と入力特徴量の数との関係を、図8に示す。また、表10と表11に、係数が高い特徴順および低い特徴順とその目的変数との相関について示す。すなわち、表10は今回の実験において上から残渣を増やす傾向にある特徴、表11は上から残渣を減らす傾向にある特徴と解釈できる。藤沢市職員への聞き取り調査では、若い世代が多い地域ほど残渣が多く、高齢者が多い地域ほど残渣が少ないという傾向があることが感覚的にわかっており、その特徴が今回の分析からも見受けられる。一方、セキュリティ会社加入済みの賃貸物件が多い地域は残渣が多い傾向があるといった、市職員がこれまで気づかなかった様々な傾向も見受けられ、みなレポで得られたデータの分析を行うことにより都市理解の向上に寄与可能であることがわかった。

表 8 残渣の予測を行う際の RMSE の平均と標準偏差。(RMSE*10³)

手法	住宅特徴	人口特徴	両方
Elastic Net	1.44(0.28)	1.42(0.28)	1.43(0.27)
Lasso	1.52(0.21)	1.51(0.20)	1.52(0.20)
Ridge	1.39(0.19)	1.36(0.22)	1.35(0.21)
OLS	2.44(0.69)	1.50(0.23)	2.73(0.71)

表 9 残渣の予測を行う際の MAE の平均と標準偏差。(MAE*10³)

手法	住宅特徴	人口特徴	両方
Elastic Net	1.10(0.16)	1.08(0.17)	1.10(0.16)
Lasso	1.13(0.09)	1.14(0.09)	1.14(0.09)
Ridge	1.07(0.09)	1.05(0.11)	1.05(0.11)
OLS	1.73(0.26)	1.12(0.13)	1.94(0.32)

6. 関連研究

既存の参加型センシングシステムには、都市の騒音 [5] [6]・混雑度 [7]・公園やゴミの状況をレポートするアプリケーション [8] やタスク定義・配布を容易にするツール [9] [10] [11] など、人々の協力と情報技術を利用して効

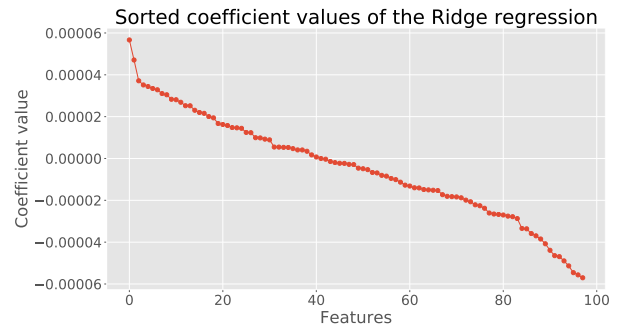


図 8 Ridge 回帰における特徴量と係数値との関係性

表 10 Ridge 回帰において高い回帰係数となった特徴量一覧.

特徴量	回帰係数 *10 ⁵	残渣数との相関
セキュリティ会社加入済み	5.529	0.161
単身者限定	4.745	0.132
専用トイレ	3.715	0.168
専用バス	3.678	0.158
30 歳代人口	3.672	0.149
ルームシェア可	3.408	0.087
募集建物数	3.224	0.126
床下収納	3.079	0.092
二人入居不可	2.985	0.08
追焚機能	2.894	0.095
オートロック	2.854	0.087
インターネット使用料無料	2.545	0.075
シャワー付洗面化粧台	2.539	0.088
ペット相談	2.506	0.045
タイル貼り	2.329	0.052

表 11 Ridge 回帰において低い回帰係数となった特徴量一覧.

特徴量	回帰係数 *10 ⁵	残渣数との相関
分譲賃貸	-5.705	-0.157
バルコニー	-5.564	-0.124
インターネット対応	-5.458	-0.177
70 歳代人口	-5.133	-0.203
ルームシェア不可	-4.894	-0.205
ガスコンロ設置済	-4.691	-0.121
照明器具付	-4.645	-0.099
フリーレント	-4.388	-0.101
床暖房	-4.077	-0.097
ロフト付き	-3.849	-0.179
二人入居可	-3.697	-0.087
駐輪場あり	-3.59	-0.088
90 歳代	-3.362	-0.143
下水	-3.343	-0.045

率的に都市の情報を収集しようとする研究が多く見られる。しかし既存の研究では、特定の課題カテゴリのみの実施であることや、データが広く公開されていないことなどから、都市全体の状況理解・把握に十分な情報の収集性や共有性を満たしているとは言えない。また、多くの既存システムは情報収集者として一般市民を対象としているものが多い。市民は日々の生活の中で様々な気づきや意見を得るが、それらを自発的かつ継続的に発信するための適切な動機付けがない限り、情報の収集量や質の高さに偏りが生じる。一方で自治体職員は毎日の業務の中で特別なインセンティブの付与を必要としなくとも定期的に専門性の高いの情報収集を行うことが期待される。本研究で提案するみなレポは、情報収集者として自治体職員を対象とし、業務中に得られる多種多様な都市情報を取得可能とする参加型センシングを行うことで都市理解に必要な時空間性と専門性の高い情報収集を可能とする。そして、収集されたデータを、プライバシーやセキュリティを考慮した上で即時オープン化していくことで、多種多様なスマートシティサービスを構築可能とするリアルタイムな都市情報源として活用可能とする。

一方、全国の地方自治体における情報のデータ化・共有に関しては、殆ど進んでいないという現状がある。一部の地方自治体における先進的な取り組みの例として、スマートゴミ箱によるゴミの蓄積・回収状況の可視化 [12]、塵芥車用カーナビの取り入れ [13]、ゴミ分別アプリ構築サービスの導入 [14] や AI を利用したごみ分別案内の実証 [15] などが挙げられるが、特定の業務カテゴリや業務内容に限られた情報のデータ化もしくは共有の実現や実証実験となっており、みなレポのように自治体職員が日常的にこなす業務における情報収集と収集された情報を元にした業務の効率化及び都市理解を可能とするシステムは少ない。

また、投稿に対する動機付けとなりうるインセンティブについての研究に関して、金銭的なインセンティブを与える研究 [16] [17] やゲーミフィケーションの適用 [18] [19]、依頼の際の文言を変化させるなどした心理的なアプローチ [20] に関する研究が存在する。本研究では自治体職員の業務中に参加型センシングを行うことを想定しているため、現在は特定のインセンティブは付与していないが、今後職員の収集に対するモチベーションを高め、より多くの情報収集を行うために職員間や部署間におけるランキング制度やゲーミフィケーションの導入を考えている。

7. まとめ

本研究では、自治体職員向けの参加型センシングを実現し、それにより網羅的な都市情報が収集可能となり、それが業務効率および都市理解の向上へとつながることを示した。本稿では自治体職員を対象としたシステムに求められる要件を整理し、構築したシステムの設計・実装について

述べた後、1年半に渡る実験結果について示した。結果、住民を対象とした参加型センシングに比べ多くの量、空間網羅性が高いデータが得られることが明らかとなった。また、データ分析により、人口統計や住宅統計とゴミの出し間違いとの関係性を明らかとした。今後は、藤沢市だけでなく、他の自治体にも本技術の適用を行い、多種多様な社会データを収集・分析可能なプラットフォームとすることを目指す。

謝辞

本研究の一部は、国立研究開発法人情報通信研究機構に支援頂いた。

参考文献

- [1] Burke, J., Estrin, D., Hansen, M., Parker, A., Ramanathan, N., Reddy, S. and Srivastava, M. B.: Participatory sensing, In: Workshop on World-Sensor-Web (WSW'06): Mobile Device Centric Sensor Networks and Applications, pp. 117–134 (2006).
- [2] Yonezawa, T., Ito, T., Nakazawa, J. and Tokuda, H.: SOXFire: A Universal Sensor Network System for Sharing Social Big Sensor Data in Smart Cities, *Proceedings of the 2Nd International Workshop on Smart, Smart-Cities '16*, New York, NY, USA, ACM, pp. 2:1–2:6 (online), DOI: 10.1145/3009912.3009922 (2016).
- [3] 坂村美奈, 米澤拓郎, 伊藤友隆, 金子義之, 中澤仁: みなレポ: 地方自治体の日常的な行政業務における参加型センシングによる情報収集・共有システム, *デジタルプラクティス*, Vol. 9, No. 2, pp. 550–572 (2018).
- [4] Zou, H. and Hastie, T.: Regularization and variable selection via the elastic net, *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, Vol. 67, No. 2, pp. 301–320 (2005).
- [5] Rana, R. K., Chou, C. T., Kanhere, S. S., Bulusu, N. and Hu, W.: Ear-phone: an end-to-end participatory urban noise mapping system, *Proceedings of the 9th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks*, ACM, pp. 105–116 (2010).
- [6] Maisonneuve, N., Stevens, M., Niessen, M. E. and Steels, L.: NoiseTube: Measuring and mapping noise pollution with mobile phones, *Information technologies in environmental engineering*, pp. 215–228 (2009).
- [7] Berkeley, U.: Mobile Millennium, <http://traffic.berkeley.edu/>.
- [8] 松島隆一: ちばレポ (ちば市民協働レポート): 市民と行政をつなぐ新たなコミュニケーションツール, 月刊建設, Vol. 60, No. 9, pp. 44–46 (2016).
- [9] Kim, S., Mankoff, J. and Paulos, E.: Sensr: evaluating a flexible framework for authoring mobile data-collection tools for citizen science, *Proceedings of the 2013 conference on Computer supported cooperative work*, ACM, pp. 1453–1462 (2013).
- [10] Ra, M.-R., Liu, B., La Porta, T. F. and Govindan, R.: Medusa: A programming framework for crowd-sensing applications, *Proceedings of the 10th international conference on Mobile systems, applications, and services*, ACM, pp. 337–350 (2012).
- [11] Kit, O. D.: Open Data Kit, <http://opendatakit.org>.
- [12] 日本システムウエア株式会社

- : BigBelly Solar, <http://www.nsw-cloud.jp/cloud/service/m2m/bigbellysolar/>.
- [13] clarion: SOLiD AD-1, <http://www.clarion.com/jp/ja/products-business/navigation/UA-1138A/index.html>.
- [14] 日本グリーンボックス株式会社: ごみスケ, <http://gomisuke.jp/index.html>.
- [15] 横浜市資源循環局: NTT ドコモ × 横浜市共同実証実験, <http://www.city.yokohama.lg.jp/shigen/subshimin/study-event/chatbot.html>.
- [16] Danezis, G., Lewis, S. and Anderson, R. J.: How much is location privacy worth?, *WEIS*, Vol. 5 (2005).
- [17] Reddy, S., Estrin, D., Hansen, M. and Srivastava, M.: Examining micro-payments for participatory sensing data collections, *Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing*, ACM, pp. 33–36 (2010).
- [18] Ueyama, Y., Tamai, M., Arakawa, Y. and Yasumoto, K.: Gamification-based incentive mechanism for participatory sensing, *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2014 IEEE International Conference on*, IEEE, pp. 98–103 (2014).
- [19] Crowley, D. N., Breslin, J. G., Corcoran, P. and Young, K.: Gamification of citizen sensing through mobile social reporting, *Games Innovation Conference (IGIC), 2012 IEEE International*, IEEE, pp. 1–5 (2012).
- [20] Masli, M. and Terveen, L.: Evaluating compliance-without-pressure techniques for increasing participation in online communities, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp. 2915–2924 (2012).