

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月13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：17K12678

研究課題名（和文）情報発信主体の擬態化による参加型センシング手法

研究課題名（英文）Participatory Sensing Method with Mimicking Users as Location-based MOmonster

研究代表者

米澤 拓郎（YONEZAWA, Takuro）

慶應義塾大学・政策・メディア研究科（藤沢）・特任准教授

研究者番号：90596917

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、情報擬態化を通じた参加型センシングシステムの実現と、実環境での実験を通じて上述した仮説の実証・評価を行う。提案手法の実現にあたっては、ポケモンを紐付けるためのPoI範囲の設定方法、ユーザ位置情報との紐付け手法、プライバシー保護手法、擬態化を含むアカウント管理手法、情報収集・流通手法、ゲーム性デザイン、直感操作可能なユーザインタフェース等の課題に取り組んだ。また合わせて、参加型センシングを含む都市データの広域流通手法や、参加型センシング技術の実社会応用を目指した研究を行った。研究成果として、6件の論文発表および3つの受賞等を得て高く評価された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでユビキタスコンピューティング・スマートシティ分野において、参加型センシングの効率性やプライバシー性を高める研究が多くなされているが、情報発信主体として「ユーザ名」もしくは「匿名」の利用であることは前提の上で、課題解決に取り組まれていた。本研究は、効率性やプライバシーの問題を、これまでの限られた発信主体を前提とした不可避な問題として捉えるのではなく、新たな発信主体モデルの考案によって解決しようとする、独創的な手法を実現した。また、本研究により付随的に得られたセンシング基盤や、自治体職員用参加型センシングシステムは学術成果の社会応用事例として顕著な成果を挙げ、本研究の重要性と有効性を示した。

研究成果の概要（英文）：This research focused to create new participatory sensing system which leverages a concept of mimicking users as location-based monsters. In the proposed method, the research succeeded to design and implement PoI design function, algorithm for mimicking users as location-based monster, and actual applications both client-side and server-side. Through the research period, we executed three real-world experiments, and confirmed that proposed system has several advantages compared to existing method such as increasing number of posts from the PoIs, changing communication style between users, etc. In addition to the participatory sensing method, the research also succeeded to design and implement sensor data distribution platform called SOXFire with extending several features of server-to-server federation, defining new scheme for leveraging participatory sensing data. Moreover, the research enabled to deploy the system into city workers' daily operation.

研究分野：ユビキタスコンピューティング

キーワード：参加型センシング スマートシティ ユビキタスコンピューティング

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

都市地域のリアルタイムな情報を一般ユーザから取得可能とする参加型センシング技術の研究が盛んになされている。人の知覚情報とスマート端末搭載のセンサ（カメラ・GPS等）を組み合わせることで、主観・客観視点の両方に基づいた情報が都市全体で収集可能となるため、都市状況把握のための重要なセンシング技術として位置づけられている。しかし一方で、参加型センシングには下記の問題が存在する。

・プライバシー問題：

参加型センシングに参加するユーザは位置に紐付いた情報を送信するため、その時間にその空間にいたというプライバシー情報の露呈につながる。

・情報品質問題：

プライバシーを保護するため匿名ユーザの利用が考えられるが、匿名による情報はその品質の低下や（虚偽情報）、ユーザ間の罵り合い等のトラブルにつながる恐れもある。

・動機づけ問題：

ユーザの善意に基づく情報提供となるため、継続した情報提供を促すためのインセンティブ付与をどう行うかが問題となる。

これらの問題に対して、既存研究では Negative Survey を用いた情報回答再構築によるプライバシー保護手法[M. M. Groat et.al, IEEE PerCom' 12 など]や、金銭的インセンティブ付与によるユーザの参加動機調査[Sasank Reddy et.al, ACM UbiComp' 10 など]などの研究がなされているが、手法の適応対象が選択式の回答のみという制限や、金銭的インセンティブ付与など外的要因による動機づけの不十分さ等、課題が存在している。

2. 研究の目的

本研究では、参加型センシングにおいてユーザがある空間に関する情報を発信する際に、そのユーザ名もしくは匿名として情報を発信するのではなく、その空間の特性に紐付いた形で擬人化されたキャラクタに、ユーザが「擬態」して情報を発信する方式を確立する。情報の発信元を匿名化することでプライバシー露呈を防ぐのではなく、その空間に生息するキャラクタを情報の発信元として情報発信主体としての緩やかな同一性を保持しながらプライバシー露呈を防ぎ、またキャラクタに「なりきる」楽しさ、キャラクタを「収集する」楽しさなどのゲーム性を参加型センシングに付与し、ユーザ参加の動機づけを狙う。提案方式で各 PoI 範囲に設置されるキャラクタを「ロケモン（＝ロケーション・モンスター）」と呼ぶ。ロケモンを利用した参加型センシングは、以下の特徴を有する。

・擬態方式によるプライバシー露呈リスクの軽減：

実名（ユーザ名）でも匿名でもない、その空間に存在するユーザが空間に紐付いたロケモンに擬態することによる新たなプライバシー保護方式を提供する。

・ロケモンのデザイン（キャラクタ性）を通じた情報品質操作：

人は何かになりきった行動をする際、そのキャラクタ性に基づいた行動を行う習性があると仮定できる。すなわち、ロケモンのデザインにより、得られる情報の性質を操作可能とする可能性がある。

・ロケモン収集、育成などのゲーミフィケーション要素によるユーザ参加の動機づけ：

提案手法ではその空間を訪れることによりロケモンを収集でき、収集してはじめてロケモンが発する情報を閲覧したり、その空間にいる際にはロケモンに擬態可能とする、という設計を想定している。好みのロケモンを収集したり擬態する、ユーザがロケモンに擬態して有益な情報が提供された際には、ロケモンのデザインやユーザに対するフィードバックを行う、などのゲーム性を付与することで、ユーザ参加の動機づけに寄与することが想定される。

本研究ではその研究期間において、ロケモンを通じた参加型センシングシステムの実現と、実環境での実験を通じて上述した仮説の実証・評価を行う。提案手法の実現にあたっては、ロケモンを紐付けるための PoI 範囲の設定方法、ユーザ位置情報との紐付け手法（GPS 位置情報および Beacon 情報の活用）、プライバシー保護手法、擬態化を含むアカウント管理手法、情報収集・流通手法、ゲーム性デザイン、直感操作可能なユーザインタフェース等の課題に取り組む。また合わせて、参加型センシングを含む都市データの広域流通手法や、参加型センシング技術の実社会応用を目指す。

3. 研究の方法

本研究の目的は、参加型センシングにおいて情報発信主体の擬態化によりプライバシー保護とユーザ参加動機づけを可能とする手法の実現である。PoI 範囲に紐づくキャラクタをロケモンと呼び、ユーザは PoI 範囲内にいる場合、そのロケモンに擬態し、都市地域情報の報告が可能となる。本手法は、擬態管理機能、情報取得・流通機能、ユーザインタフェース機能の3機能により実現される（図1参照）。

【機能1】擬態管理機能

擬態管理機能では、(1) PoI 情報および PoI に紐付いたロケモンの管理、(2) 機能3より得られるユーザの位置情報により、擬態可能ロケモンの一覧をユーザに送信、(3) ユーザの擬態状況管理、の3つの機能を実現する。ユーザの状態は、通常ユーザステート、擬態可能ステート、擬態ステートの3つのステート間の遷移が本機能により管理される。

【機能2】情報取得・流通機能

情報取得・流通機能では、(1) ロケモンとして発信された情報を取得し、(2) その情報を欲するユーザに対して配送を行う機能を有する。情報取得・流通を効率よく行うため、ロケモンは Publish-Subscribe モデルにおけるトピックノードとして管理され、ユーザがロケモンとして情報を送信した場合、内部的にはロケモンに対応するトピックノード に対して情報の Publishが行われる。Publishされたデータは、そのロケモンを収集した(内部的にはSubscribe状態)ユーザに対して、配信される。本機能の実現には、申請者がこれまで開発してきたユニバーサルセンサネットワーク基盤 SOXFire を拡張する。これにより、柔軟なアクセス制御、スケーラビリティ、拡張性等を有した情報取得・流通基盤の一部として参加型センシングが実現される。

【機能3】ユーザインタフェース機能

ユーザインタフェース機能は、ユーザがロケモンを利用するために、ユーザの持つスマート端末のアプリケーションとして動作する。本機能は、(1) ロケモンの発見、収集、擬態して情報を送信する際のインタフェース機能、および(2) ユーザ位置情報の管理・送信機能、を有する。

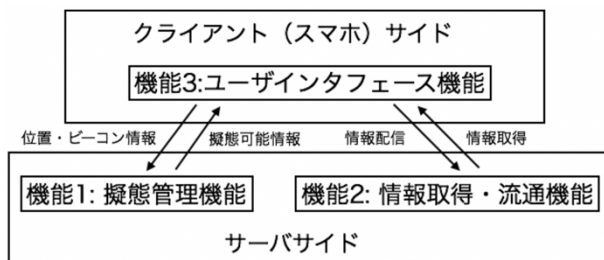


図1: 機能構成要素

4. 研究成果

本研究により、下記の3つの成果が得られた。

(1) 情報擬態方式による参加型センシング手法の実現とその有効性が確認された

情報擬態方式による参加型センシングシステムを構築し、複数の実証実験によりその有効性を確認した。構築したシステムの構成図を図2に記す。本システムはスマートフォン上で動作するクライアントアプリケーションと、データの処理と他ユーザへの通知を行うサーバソフトウェアから構成される。同システムは、図3に示すアルゴリズムによってユーザが擬態化モードにあるか、そうでないか判別を行い、擬態中であればその擬態先の名前を利用した情報投稿を行う。擬態化ができるかどうかに関しては、擬態用のキャラクタが存在する位置の周辺にユーザが存在するかどうかで判別が行われる。本アルゴリズムを適用するため、サーバ側で登録されたキャラクタ情報はユーザのクライアント端末とその変更があった際に自動的に同期が行われるように実装されており、任意のキャラクタの追加・削除が可能となっている。

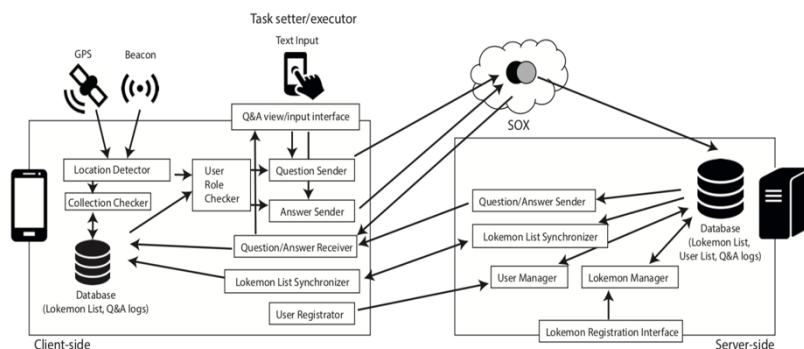


図2: システム構成図

ALGORITHM 1: Allocate a monster based on a user's current position

Input: *LokemonAll*: The collection of all monsters, *LokemonCaptured*: The collection of monsters, *DistanceMimicable*: The maximum distance of MA, *DistanceContiguous*: The maximum distance of CA

Output: *LokemonGetInfo*: The collection of monsters whose CA the user is in and of those which have been captured by the user, *LokemonMimicable*: The collection of monsters whose MA the user is in

```

1: for each i in LokemonAll do
2:   if GetDistanceBetween(i, user) ≤ DistanceMimicable then
3:     add i into LokemonInMimicableArea
4:   else if GetDistanceBetween(i, user) ≤ DistanceContiguous then
5:     add i into LokemonInContiguousArea
6:   else
7:     add i into LokemonInDistantArea
8:   end if
9: end for
10: LokemonCaptured = LokemonCaptured ∪ LokemonInMimicableArea
11: LokemonGetInfo =
    LokemonInContiguousArea ∪ (LokemonInDistantArea ∩ LokemonCaptured)
12: LokemonMimicable = LokemonInMimicableArea

```

図 3：擬態化アルゴリズム

本提案システムを用い、大学キャンパス内における比較実験、藤沢市民まつりにおける実証実験、藤沢ちよい呑みフェスティバルにおける実証実験のあわせて3箇所における実験を行った。図4に、それぞれの実験における擬態化用キャラクターの配置図を示す。

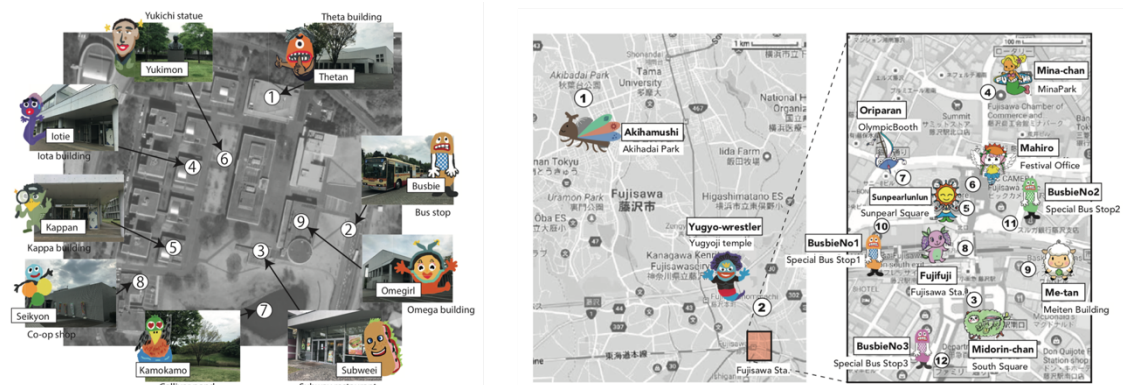


図 4：実験における擬態化用キャラクターの配置図（左：大学内キャンパス、右：藤沢市民まつり）

それぞれの実験において、擬態化用キャラクターを利用した際に、そうでない場合よりユーザーの投稿数が増加したことや、プライバシーへの懸念の低下がアンケートなどで評価された。また、ユーザー間のコミュニケーションの変化も見られ、個人対個人のコミュニケーションの際には見受けられないようなコミュニケーションが創発された。実験後に行ったアンケートの結果を表1に示す。回答は5段階評価で1:全くそう思わない、2:あまりそう思わない、3:どちらとも言えない、4:そう思う、5:とてもそう思うである。まず発信の楽しさ、しやすさ、モチベーションに関して、Lokemon（提案手法）の方が Lokerepo（従来の擬態化を行わない場合）より良いフィードバックを得られた。さらに、プライバシーに関して、従来手法よりも Lokemon の方が流出リスクが減ったと感じる人が多かった。これらの結果から、Lokemon の新しい参加型センシング手法としての有効性が確かめられたと共に、より多くのユーザーに受け入れられる可能性があることが分かる。一方で、信憑性に欠けると感じた人は Lokemon、Lokerepo 共に少なかったものの、Lokemon の方が僅かに多かった。これはモンスターによる匿名性が故だと考えられるが、今後の実験で信憑性に関するフィードバックをさらに得ることで考察していくこととする。

表 1: キャンパス内実験後のアンケート結果

質問\回答	Lokemon							Lokerepo						
	1	2	3	4	5	N.A.	avg.	1	2	3	4	5	N.A.	avg.
Q1:発信が楽しかった	1人	0人	2人	4人	2人	2人	3.7	0人	3人	3人	4人	0人	1人	3.1
Q2:モンスター/ユーザー名の発信はしやすかった	1人	0人	1人	5人	2人	2人	3.8	0人	5人	4人	1人	0人	1人	2.6
Q3:発信するモチベーションが上がった	1人	0人	5人	1人	2人	2人	3.3	0人	6人	2人	2人	0人	1人	2.4
Q4:信憑性に欠ける	1人	4人	4人	1人	1人	0人	2.7	3人	6人	0人	2人	0人	0人	2.1
Q5:プライバシーの流出リスクが減った	0人	1人	2人	4人	2人	2人	3.8	1人	5人	2人	1人	1人	1人	2.6

(2) 参加型センシングを含むセンサデータ流通基盤の実現とその有効性が確認された
 本研究では更に付随的な成果として、センサデータ流通基盤自体の拡張を行い、その有効性を確認した。本基盤は SOXFire と呼ばれる XMPP に基づくセンサデータ流通基盤を拡張したシステムとなっているが、参加型センシングを内部情報として扱うことが可能となるようにスキーマの拡張や、異なる組織で管理・運用される SOXFire サーバ間の統合技術を開発した。これらの研究の結果は、情報処理学会 MBL 研究会で発表を行い、優秀論文賞を受賞した。

(3) 参加型センシングの実社会応用事例として、自治体職員参加型センシングシステムを構築し、その有効性が確認された。
 また最後に、参加型センシングの実社会応用事例として、本研究では自治体職員参加型センシングシステムを構築し、藤沢市のゴミ収集業務において実運用を達成した。また、得られたデータの分析を行い、地域特性とゴミの出し間違いの関係性分析を行い、情報処理学会 DICOMO で発表を行った。結果、優秀論文賞を受賞した。

現在、上記の研究成果をまとめ、国内および国際学術誌への投稿を準備している。すでに研究期間中も複数の学術雑誌に投稿を行い条件付き採録などの結果を得ているが、複数の観点から分析や実験の不備を指摘されているため、これらの課題を解決し、学術成果のより多くの発表と社会実装を進めていく。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

- [1] 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”, 情報処理学会デジタルプラクティス, vol9, number2, pages 550-572, Apr. 2018 (査読有)
- [2] 中澤 仁, 陳 寅, 米澤 拓郎, 大越 匡, 徳田 英幸, “ユニバーサルセンサネットワークと清掃車を活用した藤沢市のスマート化”, 情報処理学会デジタルプラクティス Vol. 8 No. 3, pp. 244-252, 2017(査読有)

[学会発表] (計 4 件)

- [1] T. Yonezawa, K. Takeuchi, T. Ito, F. Naya, N. Ueda, J. Nakazawa, “Accelerating Urban Science by Crowdsensing with Civil Officers”, Proceedings of the 2018 ACM International Joint Conference and 2018 International Symposium on Pervasive and Ubiquitous Computing and Wearable Computers, Pages 303-306(査読有)
- [2] 米澤 拓郎, 伊藤 友隆, 坂村 美奈 (慶大), 竹内 孝, 納谷 太, 上田 修功 (NTT), 中澤 仁 (慶大). “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”, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02018)シンポジウム, pp. 320 - 329, June, 2018 (優秀論文賞) (査読なし)
- [3] 米澤拓郎, 伊藤友隆, 陳寅, 中澤仁, “SOXFire: XMPP に基づく都市センサ情報流通基盤”, 研究報告モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム (MBL), 2018-MBL-88(8), 1-8 (優秀論文賞) (査読なし)
- [4] 坂村 美奈, 米澤 拓郎, 大越 匡, 中澤 仁, 徳田 英幸, “Lokemon: その場に潜むモンスターを介した参加型センシング手法”, 第 54 回情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会, 2017, vol. 2017-UBI54, pp. 1-8. (査読なし) (優秀論文賞受賞/山下記念研究賞受賞)

[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]

ホームページ等:

6. 研究組織

研究分担なし

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：坂村 美奈

ローマ字氏名：SAKAMURA, mina

研究協力者氏名：中澤 仁

ローマ字氏名：NAKAZAWA, jin

※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。