

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：14603

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25280031

研究課題名(和文) センシング粒度調整とゲーミフィケーションに基づく高効率ユーザ参加型動画センシング

研究課題名(英文) Efficient Participatory Video Sensing through Adaptive Sensing Granularity Selection and Gamification

研究代表者

安本 慶一 (YASUMOTO, KEIICHI)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：40273396

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、参加型センシングの枠組みで、ユーザが移動中に記録した動画を位置情報に関連付けて収集・共有する臨場感・直感性の高い情報共有サービスを実現することを目標に、(1) 地点ごとの最適センシング粒度を自動で決定し、必要な地点の動画を必要十分な粒度で取得する機構、(2) 解析に基づき最適な動画を選別する機構、(3) ユーザの参加確率を上げるためのゲーミフィケーションに基づくインセンティブ機構を考案・設計・開発した。また、これらの機構を組み込んだミドルウェアを構築し、ミドルウェアを使って開発したスマートフォンアプリケーションを用いて、提案機構の有用性を評価した。

研究成果の概要(英文)：In this study, aiming to realize participatory video sensing and collection, we have developed mechanisms for (1) determining sensing granularity adaptively, (2) extracting interesting segments of video through real-time analysis. We have also developed middleware with those mechanisms for participatory sensing. Finally we evaluated the usefulness of the developed mechanisms by using the mobile phone application developed on top of the middleware.

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 動画記録・解析 センシング粒度調整 ゲーミフィケーション

## 1. 研究開始当初の背景

小型高機能カメラのスマートフォンへの搭載、1人称視点映像を撮影可能なウェアラブルカメラの登場により、ユーザが自動車や徒歩で移動中に周囲の映像を取得することが容易になってきた。参加型センシングの枠組みを用いて、興味エリア (Area of Interest, AoI) における各地点の最新の状況を撮影した動画を収集・共有することができれば、AoI 内で起こっている様々な事象をより高い臨場感で直感的に把握することが可能になると考えられる。既存のユーザ参加型センシングシステムは、多数のユーザによりセンシングされた位置情報付データをクラウドやサーバに Big Data として収集・保存し、解析・集計・可視化等の処理を経て、ユーザにサービスとして還元する。しかし、動画などサイズの大きいデータを収集対象とする場合、対象エリアの大きさやデータ収集の期間、センシング粒度 (データの解像度、更新頻度など) によっては、収集するデータの総量が膨大になり、無線ネットワーク資源およびクラウドの計算資源を圧迫する (課題 1)。この課題に対処するには、参加ユーザが同じ粒度でデータをセンシングしその全てをクラウドに送信するのではなく、センシング依頼者の要求に合わせて、システムが、詳細なセンシングを要する場所 (ホットスポット) や場所ごとに必要十分なセンシング粒度を動的に特定し、ユーザからアップロードされるデータを選別するメカニズムが必要である。さらに、動画を収集データとする場合、動画の内容がセンシング依頼者の興味に合っている必要があり (課題 2)、コンテンツ解析等による動画内容の有用性に基づいた選別メカニズムが必要になる。参加型センシングシステムにおけるもう一つの課題は、AoI を必要十分な粒度で被覆するセンシングデータを短時間で取得することが難しいことである (課題 3)。参加型センシングシステムでは、通常、ユーザは独自の目的に沿って移動している最中に「ついでに」センシングを行うため、ユーザが通過する頻度が少ない道路・エリアのセンシングデータ入手は困難となる。そのような「過疎」エリアから短時間でセンシングデータを取得するためには、近隣ユーザに「回り道」してでも協力してもらえらるインセンティブメカニズムが必要である。依頼者のコスト抑制のため、参加ユーザへの報酬をできるだけ低く抑える仕組みも必要となる。

## 2. 研究の目的

本研究では、既存の参加型センシングシステムにおける、上記課題 1-3 の解決を目指し、ユーザが移動中に記録した動画を位置情報に関連付けて収集・共有する臨場感・直感性の高い情報共有サービスを実現することを目的とする。

具体的には、(1) 地点ごとの最適センシング粒度を自動で決定し、必要な地点の動画を

必要十分な粒度で取得する仕組み、(2) コンテンツ解析に基づく最適な動画の選別機構、(3) センシング時間の短縮に向けたゲーミフィケーションに基づくインセンティブ機構を備えた新しい参加型センシングのフレームワークを実現することを目標とする。

## 3. 研究の方法

上記目的を達成するため、平成 25~27 年度の 3 年間にわたり研究開発を行った。

平成 25 年度は、(a-1) センシング粒度決定機構、(b-1) ゲーミフィケーションに基づくインセンティブ機構に関して、対象環境のモデル化、問題設定を行い、アルゴリズムの開発を行った。

(a-1) に関して、車載スマートフォンにより撮影した紅葉や桜を対象に、静止画から紅葉あるいは桜の度合いを算出し、度合いがしきい値以上である時のみ動画を撮影する方法を考案した。また、撮影した動画から、より紅葉や桜の度合いが大きな 10 秒程度の区間を切り出し、サーバにアップロードするアルゴリズムを考案し実装した。

(b-1) に関して、レベル制度、ランキング制度、バッジ制度といったゲーミフィケーションの要素を盛り込んだインセンティブ機構を設計した。本インセンティブ機構を組み込んだ参加型センシングシステムを開発し、20 名弱の参加者による実験を行った。

平成 26 年度は、(a-2) 対象エリアにおけるホットスポット (桜が咲いている箇所など) の発見と各地点におけるセンシング粒度の決定法の考案と実装、(a-3) 粒度可変センシング機構・最適動画選別機構の設計と実装、(b-2) ゲーミフィケーションに基づくインセンティブ機構の考案・実装を前年度から継続して実施した。また、これらを組み込んだ、(c-1) スマートフォン向けユーザ参加型動画センシングミドルウェアの構築に着手した。

(a-2)、(a-3) に関して、モバイルノードが一定距離間隔で画像を撮影・解析し、興味対象が検出された地点を PoI (興味地点) としてサーバに記録するとともに、これから通過する道の PoI 密度が高いほど、画像撮影・解析の間隔を短くする機構 (多段階センシング) と高 PoI 密度付近の動画を自動的に切出す機構を考案・実装した。

(b-2) に関しては、ゲーミフィケーションに基づいたインセンティブ機構を組み込んだ参加型センシングシステム (昨年度に実装) の被験者実験結果に基づき、タスクの難易度、参加者のレベル、ゲーミフィケーションの各機構の有無による影響を調査し、各ユーザに依頼した時のセンシング成功確率を予測するモデルを構築した。

(c-1) に関しては、サーバ側ソフトウェアと iOS を対象としたクライアント側ソフトウェアからなるシステムおよび各種 API を備えたミドルウェアを構築した。

平成 27 年度は、前年度に引き続き、粒度可

変センシング機構の設計・開発, インセンティブ機構の評価, 粒度可変センシング機構およびインセンティブ機構のスマートフォンへの実機実装と評価を行った. また, 提案手法のアプリケーションとして, 走行中車両が 車載スマートフォンで撮影した動画からリアルタイムに桜の開花情報を抽出し, 位置情報および桜が写っている場面だけを切り出した ショート動画を自動共有するシステム「桜センサ」を開発した.

#### 4. 研究成果

成果として, 粒度可変センシング機構と最適動画選別機構を備えた参加型センシングミドルウェアを実現した (図 1). また, 本ミドルウェア上で動作するスマートフォンアプリケーション「桜センサ」を開発した (図 2) さらに, ゲーミフィケーションを組み込んだ参加型センシングアプリケーションを開発した (図 3).

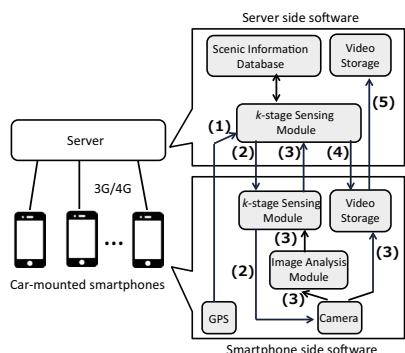


図 1: 参加型センシングミドルウェア

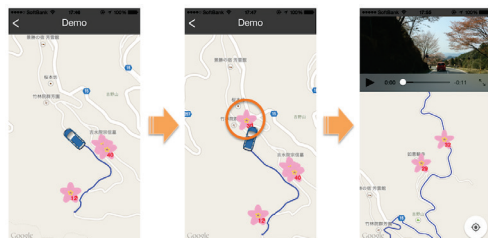


図 2: 桜センサ

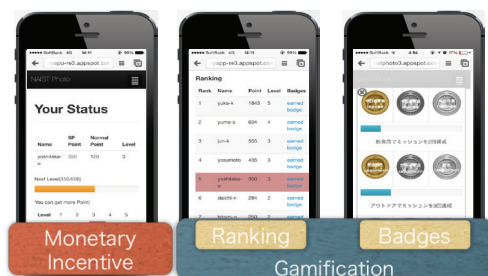


図 3: ゲーミフィケーション

開発した粒度可変センシング機構は, 固定間隔でのセンシングと比べ, PoI の発見率をほとんど下げることなく, センシング回数を約半分に減らすことに成功した [雑誌論文①],

学会発表②]. また, 開発した最適動画選別機構は, 桜の開花状況について, 90%以上の高い適合率で, ホットスポットを特定できた [雑誌論文①, 学会発表②]. さらに, 開発したゲーミフィケーション機構は, ユーザのセンシングへの参加確率を 20%以上増加させることに成功した [学会発表⑥].

本研究で開発した参加型センシングミドルウェアおよび桜センサアプリに関する論文は, 情報処理学会論文誌 [雑誌論文①] および ACM UbiComp 2015 のフルペーパー [学会発表②] として採択された. 本研究は, 国内研究会・ワークショップにおいて複数受賞するなど高い評価を受けた. 特に, 国際会議 UbiComp2015 においては, Top 5% の論文に与えられる Honorable Mention Award を受賞するなど, 国際的に高い評価を得ることができた.

本研究で開発したゲーミフィケーション機構の論文 [学会発表⑥] は, Google Scholar において, 約 3 年の間に 34 件の他論文からの引用を獲得し (平成 29 年 5 月 30 日現在), その数は増え続けている. 参加型センシングのインセンティブにゲーミフィケーションを使用することへの注目がますます高まっており, 本研究が他研究者に一定の影響を与えることができたと考えている.

また, 本研究で得られた知見は, 異なる目的に合わせてシナリオを設定するだけで, すぐに参加型のデータ収集を行うことができる. 参加型センシングプラットフォーム ParmoSense (<https://ubi-naist.github.io/ParmoSense/>) の設計開発に活用された.

#### 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 7 件) ※全て査読有

- ① Keiichi Yasumoto, Hirozumi Yamaguchi, Hiroshi Shigeno: Survey of Real-time Processing Technologies of IoT Data Streams, Journal of Information Processing 24 (2): 195-202, 2016. <http://doi.org/10.2197/ipsjjip.24.195>
- ② 前中 省吾, 森下 慈也, 永田 大地, 玉井 森彦, 安本 慶一, 福倉 寿信, 佐藤 啓太: 桜センサ: 車載スマートフォンを用いた桜開花状況の収集・共有システム, 情報処理学会論文誌 57 (2): 195-202, 2016. [https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository\\_uri&item\\_id=148202](https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=148202)
- ③ Nuttapoom Amornpashara, Yutaka Arakawa, Morihiko Tamai, Keiichi Yasumoto: Phorec: Context-Aware Photography Support System based on Social Data Analysis, IPSJ Transaction on Consumer Devices and Systems 5 (2): 30-37, 2015.

<http://doi.org/10.2197/ipsjjip.23.373>

- ④ 木谷 友哉, 澤 悠太, 柴田 直樹, 安本 慶二, 伊藤 実: 運転者に対する交通安全支援のための指向性アンテナおよび車車間通信を用いた歩行者の位置推定手法, 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM) 7 (2): 74-85, 2015.  
[https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository\\_uri&item\\_id=107203](https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=107203)
- ⑤ 安本慶二, 山口弘純: 多数のデータストリームを実時間で融合・編纂し活用するための次世代「情報流」技術, 情報処理 55 (11): 35-41, 2014.  
[https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository\\_uri&item\\_id=106364](https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=106364)
- ⑥ Jovilyn Therese Baco Fajardo, Keiichi Yasumoto, Naoki Shibata, Weihua Sun, Minoru Ito: Disaster Information Collection with Opportunistic Communication and Message Aggregation, Journal of Information Processing 55 (2), 2014.  
<http://doi.org/10.2197/ipsjjip.22.106>
- ⑦ 隅田麻由, 水本旭洋, 安本慶一: スマートフォンを用いた歩行時心拍数推定法, 情報処理学会論文誌 55 (1): 399-412, 2014.  
[https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository\\_uri&item\\_id=98374](https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=98374)

[学会発表] (計 8 件)

- ① Keiichi Yasumoto, Information Flow of Things: Sensing, Networking, and Processing Technologies for Real-time Utilization of IoT Data, The 22nd International Display Workshops (IDW2015), 2015/12/9, びわ湖大津プリンスホテル (滋賀県大津市). (招待講演)
- ② Shigeya Morishita, SakuraSensor: Quasi-Realtime Cherry-Lined Roads Detection through Participatory Video Sensing by Cars, the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp 2015), 2015/9/10, グランフロント大阪 (大阪府大阪市).
- ③ Kazuki Fujisawa, Automatic Content Curation System for Multiple Live Sport Video Streams, 11th IEEE International Workshop on Multimedia Information Processing and Retrieval (MIPR 2015), 2015/12/16, マイアミ (米国).
- ④ Nuttapoom Amornpashara, Landscape Photo Classification Mechanism for Context-Aware Photography Support System, IEEE 33rd International

Conference on Consumer Electronics (ICCE 2015), 2015/1/9, ラスベガス (米国).

- ⑤ Edgar Marko Trono, DTN MapEx: Disaster Area Mapping through Distributed Computing over a Delay Tolerant Network, The 8th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU 2015), 2015/1/22, ロワジュールホテル函館 (北海道函館市).
- ⑥ Yoshitaka Ueyama, Gamification-Based Incentive Mechanism for Participatory Sensing, 1st International Workshop on Crowdsensing Methods, Techniques, and Applications (CROWDSENSING), 2014/3/24, ブダペスト (ハンガリー).
- ⑦ Jovilyn T.B. Fajardo, Content-Based Data Prioritization for Fast Disaster Images Collection in Delay Tolerant Network, 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU 2014), 2014/1/7, シンガポール (シンガポール).
- ⑧ Mayu Sumida, Estimating heart rate variation during walking with smartphone, The 2013 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp 2013), 2013/9/11, チューリッヒ (スイス).

[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

<http://ubi-lab.naist.jp/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

安本 慶一 (YASUMOTO KEIICHI)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・教授

研究者番号: 40273396

### (2) 研究分担者

荒川 豊 (ARAKAWA YUTAKA)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号: 30424203

玉井 森彦 (TAMAI MORIHIKO)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教 (平成 25, 26 年度のみ)

研究者番号：90523077

諏訪 博彦 (SUWA HIROHIKO)  
奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教 (平成 27 年度のみ)  
研究者番号：70447580

藤本 まなと (FUJIMOTO MANATO)  
奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教 (平成 27 年度のみ)  
研究者番号：80758516

(3) 連携研究者

勝間 亮 (KATSUMA RYO)  
大阪府立大学大学院・理学系研究科・助教  
(平成 25 年度のみ)  
研究者番号：80611409

(4) 研究協力者

なし