

# ゲームを用いたセンサデータ収集方法のデザイン

## Game Design for Collecting Sensor Data

高橋 公海<sup>\*1</sup> 草野 孔希<sup>\*2</sup> 川崎 仁史<sup>\*1</sup> 秦 崇洋<sup>\*1</sup> 倉沢 央<sup>\*1</sup>  
 Masami Takahashi Kouki Kusano Hitoshi Kawasaki Takahiro Hata Hisashi Kurasawa

<sup>\*1</sup>NTT 未来ねっと研究所 NTT Network Innovation Laboratories  
<sup>\*2</sup>NTT サービスエボリューション研究所 NTT Service Evolution Laboratories

Participatory sensing is an approach for voluntarily collecting sensor data using mobile devices such as smartphones that are equipped with multiple sensor modules. In this approach, there is a problem; the supply of data is insufficient if users are not motivated to participate in sensing services. One way to collect data is to provide a financial incentive to people. However, it may increase sensing system operating costs. Therefore, a method to promote participation by improving intrinsic motivation is necessary. In this paper, we introduce game design elements to collect sensor data. We experimentally validate our gamification approach can make users enjoyable and motivating.

### 1. はじめに

近年、人々が携帯する端末を利用して環境や人間などのデータを収集・活用する参加型センシング [Burke06] が注目を集めている。センサネットワークを設置し自動的にデータを収集する場合とは異なり、センサが搭載された端末を各ユーザが管理しており、センサデータの収集や共有はあくまで副次的に行われる。そのため、参加型センシングでは端末やセンサの性能だけでなく、ユーザの参加意欲が取得するデータの有用性に影響する。ボランティアベースではデータ不足に陥りがちであり、ユーザにとってセンシングが無動機な活動であればなおさらである。外発的動機付けとして、金銭などのインセンティブを与えるという方法もあるが、コストがかかる上に報酬が次第にモチベーションを削いでしまう事例も報告されている [Kohn93]。また、参加型センシングでは基本的に参加者がそれぞれの意思で行動するため、収集者が期待するデータを取得出来るとは限らない。人が多い時間や場所のデータは集まりやすいが、そうでないデータは集まりにくい傾向があり、時空間上での収集の偏りが大きくなりがちである。参加型センシング普及のためには、出来るだけインセンティブに頼らない参加促進方法や、収集者が期待するデータを取得出来るような行動を促す仕組みを考えることが重要である。

本研究では、ユーザが楽しみや興味のために行動することによって、自然と有用なデータが集まるような仕掛けのデザインを目指している。人々の興味を引いて特定の行動を促すための動機付けを行う手法として、ゲーミフィケーションを取り入れた。ゲーミフィケーションとは、非ゲーム的文脈でゲーム要素やゲームデザイン技術を用いること [Deterding11] を指し、動機付けのデザインを行う手法である。実験では、(1) 参加意欲を向上させ継続的に参加する動機付けを行うこと。(2) 研究に有用なデータが取得出来るような行動を促すこと。という2点に留意してゲーム要素を取り入れたデザインを行い、実験後のヒアリングやアンケート、収集された実データを通じて評価した。本稿の構成は次の通りである。2章では関連研究を紹介し、3章ではゲーム要素を取り入れたセンサデータ収集実験のデザインについて述べる。4章は実験結果とその考察、5章は

まとめと今後の課題である。

### 2. 関連研究

#### 2.1 The Fun Theory

エスカレーターより階段を使った方が運動になると分かっているにもかかわらず、ついエスカレーターに乗ってしまう人は多い。しかし、スウェーデンの地下鉄の駅に、階段をピアノの鍵盤に見立て、階段をのぼると音が鳴る仕掛けを取り入れた結果、66%以上の方が階段を利用した。これは、フォルクスワーゲンが行った、人々に楽しみながら行動を変えてもらおうという The Fun Theory<sup>\*1</sup> の試みである。楽しさや興味は人々の行動を変える動機を与えるが、楽しさや興味を用いて現実の目標達成や課題解決に役立てることは容易ではない。方向性を定め楽しさを取り入れるため、我々はゲーミフィケーションに着目した。詳細は次節で述べるが、人々の興味を引いて特定の行動を促すための動機付けを行う手法の一つである。

#### 2.2 ゲーミフィケーション

ゲーミフィケーションは、本質的には人間の性質と厳密かつ精巧なデザインを融合させ、人を動かすことであると考えている。ビジネスにおいてこの手法を取り入れた事例は数多く存在し、ポイント・可視化・レベル分け・ミッションといったゲーム要素はあらゆるサービスに組み込まれている。

本研究と同様に、データを集める仕組みとしてゲーム要素を利用した例として、ESP ゲーム [Ahn04] が挙げられる。Web上の画像にその画像を説明する適切なテキストのラベルが付与されていれば、画像検索の精度向上などに有用だが、人手で全ての画像にテキストのラベルを付与することは退屈で非常にコストがかかる。そこで、画像へのラベル付与にゲーム要素を取り入れたものが ESP ゲームである。これはネット上での対戦ゲームとして作られており、2人をランダムに選んで対戦させる。その際に2人に同一の画像を見せ、プレイヤーは画像に写っているものを回答するが、相手と同じ答えを書くとポイントが入り、別の答えであればポイントはもらえない。プレイヤーは相手が入力した回答が見えないため、相手が書く答えを予測して入力する。これにより画像に対して共通する概念を示すテキストラベルを収集することが出来る。ルールはシンプ

連絡先: 高橋 公海, NTT 未来ねっと研究所, 東京都武蔵野市  
 緑町 3-9-11, t.masami@lab.ntt.co.jp

\*1 <http://www.thefuntheory.com/>

ルだが、音など画像以外を対象としたラベルの付与にも応用出来る枠組みである。ESP ゲームでは、ユーザに「画像にテキストラベルを付与する」という意識がなくとも、結果的に画像ヘラベルを付与している。本研究でも、ユーザに「端末でセンシングを行っている」という意識がなくとも、結果的にセンサデータを集められるような仕掛けのデザインを目指している。

### 2.3 参加型センシングにおける参加促進

参加型センシングの分野では、ユーザに多次元階層型ランキングを提示することにより、参加者の貢献意識や優越感を刺激し参加を促進する Top of Worlds[Kawasaki13] という手法が提案されている。これは、多くのユーザがランキング上位に入る見込みを高めるよう、粒度の異なる複数のユーザ集合を作成し、ユーザが上位に入るようなランキングを提示する手法である。スコアやランキングは広く取り入れられているゲーム要素の1つだが、ユーザの優位性や達成度合いなどを数値で明確に表されることは動機付けに繋がることもある一方、トップとの距離が正確に分かってしまいモチベーションを削ぐ恐れもある。今回の実験では単にスコアやランキングを提示していたが、興味を失ってしまったり望ましくない方向に進むプレイヤーが出る可能性を減らすため、Top of Worldsの手法を取り入れることは今後の課題としたい。

参加型センシングにおいてゲーム要素を取り入れた論文は多くないが、都市の騒音マップを参加型センシングで作成する際に、参加者への動機付けのためにゲーム要素を取り入れた研究は存在する[Garcia13]。本研究では、動機付けだけでなく、様々な場所への誘導を行う手段としてゲーム要素を活用した。

## 3. ゲーム要素を取り入れたデータ収集方法のデザイン

### 3.1 要件

スコアボードやバッジといったゲームの要素をサービスなどに取り入れることは容易に思えるが、ゲーム要素が利用可能であっても、ゲーム要素を利用すべきかどうかは目標や課題に応じて判断すべきである。ゲーミフィケーションをより効果的に行うためには、まずゲーム要素を取り入れた仕組みを活用する特定の目標や解決すべき問題といった方向性を定め、その上でどのゲーム要素を取り入れ、ゲームデザインを検討する必要がある。今回は「ユーザが楽しみながら行動する中で自然とセンシングを行う」ことを目指しているが、具体的に下記の点を要件とし、デザインの方針へと反映した。

- (1) 参加意欲を向上と継続的に参加する動機付けを行うこと  
参加するきっかけを作り、再度参加したいと思ってもらえることは参加促進につながるため、ゲーム自体を楽しんでもらえるよう設計することは非常に重要である。
- (2) 研究に有用なデータが取得出来るような行動を促すこと  
参加型センシングでは、基本的に参加者がそれぞれの意思で行動するため、人が多い時間や場所のデータは集まりやすいが、そうでないデータは集まりにくい傾向がある。今回は研究に利用出来る質・量のデータが収集出来るかに加え、収集データの偏りを減らすためゲームを利用して参加者の行動を誘導出来るかについても調査したい。

### 3.2 ゲームのデザイン

前節の要件を踏まえ、スマートフォンと NFC タグを利用して屋外を回遊する次のようなゲームをデザインした。

### 3.2.1 概要

参加者は複数名で1つのグループとなり、協力し合い制限時間内にミッション(クイズ)を全て解き、解除キーを突き止めることを目指す。会場内に多数設置された NFC タグをスマートフォンを用いてスキャンすることで、ミッションやそのヒントを得る。ミッションに正しく回答すると、解除キーの一部を入手することができる。ゲームは3つのステージから構成されており、ステージ1から3へ進行するにつれミッションやヒント取得の難易度が上がるように設計した。ステージ1: 地図(図1)を手掛かりに屋外に設置された NFC タグ(図3)を探し、そのタグをスキャンして得られる8つのミッションを全て解き、ゲーム開始地点へ集合する。



図1: NFC タグの地図



図2: ゲームのホーム画面

ステージ2: スタッフから各チームへ鍵のかかった木箱(図4)とミッションが渡される。そのミッションが鍵を開けるヒントとなっている。木箱を開けるとステージ3へ進むミッションと、ヒントとなる暗号が入っている。

ステージ3: 木箱の中の NFC タグをスキャンし最後のミッションを入手し、暗号を解読してヒントを得る。それを手掛かりにミッションを解き、チームメンバー全員で最終的な解除キーを突き止めるとゴールとなる。



図3: 設置された NFC タグ 図4: 配布される木箱

### 3.2.2 ゲーム要素の利用

3.2.1 で述べたゲームにおいて、ゲーミフィケーションにおける構成要素[神馬12]を実験の目的に合わせ具体化し、取り入れた。今回利用したゲーム要素はポイント・レベルデザイン・イベント・到達度可視化・即時フィードバック・コレクション欲求・適度な不安感・協力・グラフィカルなどが多岐にわたる。本節では主要なゲーム要素とそれをどのように具体化したかを述べる。3.1節の要件(1)に関連する主要なゲーム要素としては、協力・レベルデザイン・適度な不安感、要件(2)に関連する要素としては、スコアやランキングを説明する。協力: 仲間と体験を共有し連帯感を醸成することで自主的にゲームに参加

ゲームを通じて知り合った友達や仲間と協力し合い、ボスを倒したり宝を集めていくゲームは多数存在する。最初はごちない状況であっても、体験を共有する中で助け合い次第にチームワークが生まれ、主体的にゲームに参加するよう行動し始める。主体的に活動することは、動機付けのために非常に重要であるため、協力というゲーム要素を取り入れた。

具体的には、まず参加者複数人で1つのチームを作ることとした。次に、ゲーム中はミッションやヒントの収集など、ゲームをクリアするためにはチーム全員が協力し合うことが必須となるようシナリオを設定した。例えば、地図上に表示されるミッションやヒントの場所がメンバー1人ずつ異なるため、分担してミッションやヒントを収集し、その情報を共有しなければならないよう工夫した。さらに、ステージ1ではチームのメンバー全員のスマートフォン画面をある順序で並べることで、初めてクイズの内容が理解できるようなミッションも導入した(図5)。



図 5: スマートフォンを並べミッションを解く参加者

レベルデザイン：ユーザのレベルにあわせたコンテンツ・時間設定で難易度を調整

初めてゲームを利用する人にとって、遊び方を理解することは最初の課題となる。そのため、まずステージ1ではスマートフォンを利用し「会場内を歩き回り NFC タグをスキャンする」「チームで協力してミッションを解く」といった基本的なことが理解出来るよう設計した。また、ステージ1のミッションはヒントを手掛かりに確実に解ける難易度に設定し、その後ステージ毎に難易度を上げることで、クイズの得意不得意に関わらず導入部分で躓くこと無く、かつゲームを最後まで楽しんでもらうよう工夫した。制限時間やミッション・ヒントの難易度や数の調整はゲームにおいて非常に重要なポイントだが、事前に会場とほぼ同じ広さの場所で事前にトライアルを実施して調査を行い、本番の実験へとフィードバックした。

適度な不安感：この先何が起こるか分からない不安感を感じることでユーザは熱中

ゲームに夢中にさせるためには、これ以上進めばこれが手に入るだろう、という分かる要素と、これ以上進むと何が起こるのだろう、という分からない要素の両方が必要となる。例えばロールプレイングゲームでは、閉じ込められた空間で体力や時間に制限がある中、「この先に進むとどんな敵が出てくるのか」という適度な不安感があることでユーザは熱中していく。

今回の実験では、ステージ1が終了した時点で一旦ゲーム開始地点へ集合するよう指示を行ったが、時間に制限がある中でその後どのようにゲームを進めていけばクリアとなるかは、あえて情報を与えなかった。また、ステージ2で鍵のかかった木箱を利用し、中に何が隠されているか、どのようにして開ければ良いか分からないことで参加者のわくわく感を促すよう工夫した。

スコアとランキング：自分の位置を把握させ意欲向上を促すスコアやランキングは広く普及している手法だが、今回はセ

ンシングという行為に対してスコアやランキングを導入した。センシングを行った範囲に応じてスコアを可算し、獲得したスコアや現在の順位を随時確認出来るようにした。特に、人があまり行かない場所をセンシングした参加者には、より高いスコアが可算されるよう設計することで、会場内で人が集まりにくい場所についても参加者を誘導し網羅的にデータを収集出来るよう工夫した。また、参加者が様々な場所をセンシングすることへの達成感を感じられるよう、獲得スコアが一定数に達した時点でミッションやヒントを入手出来るように設計した。

### 3.2.3 ツール

システム：実験で行うゲームを実現するためのシステムを開発した(図2)。これは、HTML5とJavaScriptを用いたブラウザベースのアプリケーションとして実装した。システム的设计にあたっては、「ゲーム自体が面白くとも操作性が悪いとユーザが飽きてしまう」というゲームニクス理論に基づき、操作性についても配慮した。

センサ：実験中に会場内をセンシングするため、スマートフォンと9つのモジュールで構成されるセンサアレイ(図6)を開発した。参加者に1人1つ配布し、実験中は図7のように身に付けてもらうこととした。

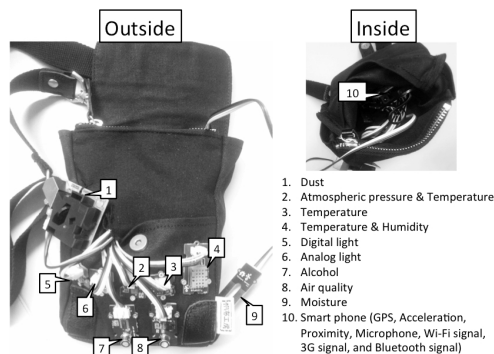


図 6: センサアレイ



図 7: センサアレイを身に付けた参加者

## 4. 実証実験

### 4.1 概要

実験は2013年10月12~13日にかけて開催された会津大学学園祭(蒼翔祭)にて実施した。参加者は全体で40名であり、1チーム4名、計10チームに分けて実験を行った。ゲーム自体は120分の制限時間を設けた。NFCタグは会場の制約や各参加者の行動範囲などを考慮し学内30カ所に設置した(図8)。

### 4.2 結果と考察

- (1) 参加意欲を向上と継続的に参加する動機付け  
実験直後と実験から1ヶ月後にアンケートを行い、いずれも良好な結果が得られた。最終的にゲームをクリアした



図 8: 会場内の NFC タグ配置

チームは 10 チーム中 6 チームであったが、ゲーム直後のアンケートで「楽しかった」と回答した参加者数は 40 名中 39 名であった。ゲームをクリア出来たか否かに関わらず、いずれのグループでも盛り上がりを見せ、ゲーム要素が効果的に作用したことが確認できた。アンケートで具体的に楽しかった点を複数回答で尋ねたところ、70%程度の参加者が「タグを見つけ出してミッションやヒントを入手」「沢山のミッションを解く」「初対面の人と協力してゲームを進める」という 3 つの選択肢を選んでいった。ゲームの要素として「協力」を取り入れたことが楽しさに繋がった可能性は高い。また、会場内の様々な場所にタグを配置しミッションやヒントを入手することは、要件 (2) の偏りの無いデータを収集するよう促す工夫であるが、ゲームを楽しくするという面でも作用していたことが分かった。

実験から 1ヶ月後に再度アンケートを行い、「今後同じようなイベントが再度実施された時、もう一度参加したいと思いますか?」という問いにも 40 名中 39 名が「参加したい」と回答していた。また、1ヶ月経過しても覚えていたミッションについて複数回答で尋ねたところ、チーム 4 人でスマートフォンを並べ協力しないと解けないミッションや、ステージ 2 のイベントとして利用した木箱を開けるミッションを挙げた参加者が比較的多く、「協力」や「イベント」といったゲーム要素を具体化した仕掛けが印象に残っている様子であった。

- (2) 有用なデータが取得出来るよう行動を促す  
今回の実験を通じて、2 日間で約 8000 万件 (約 9GB) を収集することができた。GPS による移動履歴情報から、NFC タグ配置の工夫や様々な場所へ行くことが不自然にならないようゲームを設計することにより、参加者がある程度網羅的にセンシングするよう誘導出来たことを確認した (図 9)。参加者の中には会津大学の在校生も多く居たが、アンケートを通じて「今回の実験で初めて訪問した場所の有無」を尋ねたところ、在校生の 42% が「あった」と回答しており、実験では日頃行かない場所へも誘導し、データを収集することが出来た。

また、今回取得したデータを利用して、参加型センシングにおける欠損補完手法の評価を行った [倉沢 14]。参加型センシングで収集したデータは時空間・センサの種類によって欠損を含むため、不完全データを元に任意の時刻・位置・種類のセンサデータを提供するための手法である。これま

で実環境では十分に評価出来ていなかったが、実データに対して既存の手法と比較して最も高い精度で推定出来ることが分かった。

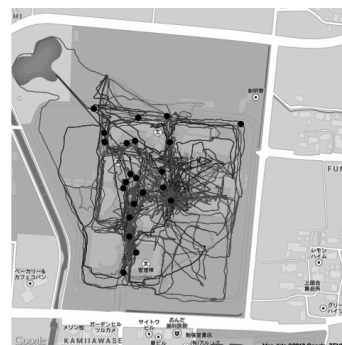


図 9: 全ユーザの移動軌跡

## 5. まとめと今後の課題

参加型センシングにおいてユーザが楽しみや興味のために行動することによって、自然とデータが集まるような仕掛けのデザインを目指し、ゲーム要素を取り入れた実験を行った。イベント後のヒアリングやアンケートから、参加者のほぼ全員が楽しんでおり、また参加したいとの声も多かった。センサを持ち歩くこともそれほど意識させずに、研究に有用なデータの取得やエリア内にある程度網羅的にセンシングするよう誘導することも出来た。

今回は 2 時間程度のゲームを設計しデータを収集したが、同様の仕組みであらゆる応用に利用可能なセンサデータが収集可能なわけではない。例えば、装着型センサにより静止・歩く・走る・階段の登り降りといった行動を推定するタスクには同様の仕組みが利用できると考えられるが、日常生活を長期に渡りセンシングするタスクにはそのまま利用することは出来ないだろう。ただし、データ収集の仕組みを考える際にゲーム要素を取り入れることは意義があると思われる。今後は、同様の仕組みでどのような応用に向けたデータを収集できるのか、また今回対象としていないタスクについても、どういった仕掛けが適しているのか明らかにし、センサデータ収集方法デザインのフレームワーク構築を目指す。

## 参考文献

- [Burke06] J. Burke, D. Estrin, M. Hansen, A. Parker, N. Ramanathan, S. Reddy, M. B. Srivastava. Participatory Sensing. WSW'2006, ACM, October 31, 2006, Boulder, CO, U.S.A.
- [Kohn93] Alfie Kohn: Punished by Rewards, Houghton Mifflin(1993).
- [Deterding11] S. Deterding, M. Sicart, L. Nacke, K. O'Hara, D. Dixon, Gamification. using game-design elements in non-gaming contexts, CHI 2011, Vancouver, BC, Canada.
- [Ahn04] Ahn, L. von and Dabbish, L. Labeling images with a computer game, CHI 2004: 319 - 326. Vienna, Austria.
- [Kawasaki13] Kawasaki, H., Yamamoto, A., Kurasawa, H., Sato, H., Nakamura, M., and Kakinuma, R.: An Evaluation of Method for Encouraging Participation, Ubicomp2013.
- [Garcia13] Garcia-Marti, I, Rodrituez-Pupo, L; Diaz, L; Huerta, J. (2013). Noise Battle: A Gamified application for Environmental Noise Monitoring in Urban Areas. AGILE 2013.
- [神馬 12] 神馬豪, 石田宏実, 木下裕司: ゲームフィクション, 大和出版 (2012).
- [倉沢 14] 倉沢央, 藤井陽平, 佐藤浩史, 山本淳, 川崎仁史, 中村元紀, 神谷正人, 筒井章博, 宮崎敏明. 参加型センシングにおける欠損補完法の実証実験による評価, 信学総大, 2014.