

観光客参加型センシングによる観光情報収集における ゲーミフィケーションの有効性調査

河中 祥吾^{1,2} 松田 裕貴^{1,2} 諏訪 博彦¹ 藤本 まなと¹ 荒川 豊^{1,3} 安本 慶一¹

概要：我々は、観光客が快適に観光を満喫するため、実時間観光コンテンツの提供に向けた観光情報収集・キュレーションシステムの提案を行っている。本システムにおいて、実時間観光コンテンツを収集する方法として、ユーザ参加型センシングによる方法を検討している。ユーザ参加型センシングにおいて収集されるデータの量や質はユーザの貢献度に依存する。ユーザのセンシングに対するモチベーション維持機構として一般にゲーミフィケーションの導入が挙げられる。しかし、従来研究において、観光というシチュエーションに適用し、具体的なゲーミフィケーションの内容を比較検討したものやユーザタイプを考慮したものは少ない。本研究では、我々はゲーミフィケーション要素として2種類の依頼タスクと3種類の配点方法を定義し、それらを我々のプラットフォームアプリケーション上に実装した。さらに、3種類のユーザタイプを定義した上で、観光実験を実施し、アンケートを実施した。その結果、観光客を対象とした参加型センシングにゲーミフィケーションを導入することにより、観光を楽しみながら観光者の行動変容を導き、観光情報の収集を依頼できる可能性が示唆された。

Investigating effect of a gamified participatory sensing to a sightseeing

SHOGO KAWANAKA^{1,2} YUKI MATSUDA^{1,2} HIROHIKO SUWA¹ MANATO FUJIMOTO¹
YUTAKA ARAKAWA^{1,3} KEIICHI YASUMOTO¹

1. はじめに

現在日本では、2020年の東京オリンピック開催を背景にインバウンド観光客の更なる増加が見込まれている。そのため、観光客が快適に観光を満喫するため観光情報の充実が求められている。そこで、我々は個々の観光客に対して観光の満足度を向上させるため、実時間観光コンテンツの提供に向けた観光情報収集・キュレーションシステムの提案を行っている [1]。本システムでは、従来のガイドブックや Web サイトから得られる静的な情報に加えて、ユーザの嗜好情報や観光スポットの混雑度情報、期間限定イベントと行った動的に変化する情報を考慮した上で観光客へ観光コンテンツを提供する。ここで、スポットに関する詳細情報や動的な情報の収集には、ユーザ参加型セン

シング [2] を用い、観光客が観光情報の生成や更新の役割を担うことで、鮮度の高い観光情報を低コストに得られる。しかしながら、ユーザ参加型センシングでは、収集される情報の量や質がユーザ依存となるため、持続的に安定して情報を収集するには、センシングへの参加者の動機づけが重要となってくる。ユーザ参加型センシングにおける動機づけの方法として、ゲームデザインの技術やメカニズムを利用したゲーミフィケーションが挙げられる [3]。これまでに、ユーザ参加型センシングにおいて、ゲーミフィケーションの導入の有無による情報量や質に対する評価は行われてきており、ゲーミフィケーションの有効性は明らかとなっている [3][4][5]。しかし、ゲーミフィケーション要素の具体的な設計内容に対する比較検討が行われている研究はあまり多くなく、検討の余地がある。また、ゲーミフィケーションを観光中の観光客に適用した例は著者らの知る限り存在しない。

本研究の目的は、ユーザ参加型センシングによる観光情報収集においてゲーミフィケーションの種類やそれに参

¹ 奈良先端科学技術大学院大学

Nara Institute of Science and Technology

² 日本学術振興会特別研究員 DC1

Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science

³ JST さきがけ, JST Presto

加するユーザの属性によって貢献度合いに違いがあるかどうかを明らかにすることである。そこで、依頼タスク、配点方法が異なるゲーミフィケーションを設計し、我々が開発しているユーザ参加型センシングプラットフォーム (ParmoSense [6]) 上に実装した。設計したゲーミフィケーションは次の計 6 種類である：特定のエリア内を歩き回る「エリアミッション」と、特定の場所で写真撮影を行う「チェックインミッション」の 2 つタスク；各タスクにつき 3 つの配点方法（一定、重み付き、動的重み付き）。

また、実験前にアンケートを用いてユーザの属性を調査し、センシングに対するモチベーションに基づき 3 つのグループに分類した（ゲームタイプ、報酬タイプ、観光タイプ）。ゲーミフィケーションの影響を評価するため、被験者 33 名を対象に京都市左京区周辺において、我々のアプリケーションを使いながら観光を行う観光実験を行った。実験後に、実験に関していくつかのアンケートを行い、その結果を分析した。その結果、今回設定したゲーミフィケーションの効果として、以下の知見が得られた。

- 設計したゲーミフィケーションは、観光の楽しさの向上につながる。
- 報酬タイプのユーザは、ゲーミフィケーションにより観光行動を変化させやすい傾向にある。
- エリアミッションに比べて、チェックインミッションの方が観光よりミッションクリアを優先する傾向が強い。
- 配点方法により、観光行動の変容が促される傾向にある。
- チェックインミッションは、ピンポイントな情報を収集するためには有用であるが、観光満足度を維持しながら情報収集するためには、エリアミッションの方が良い。

2. 関連研究

ユーザ参加型センシングによる情報収集のアプローチでは、一般市民の主体的な参加に依存するため、継続的な貢献を得るためにはユーザを動機づけることが不可欠である。ユーザに動機づける方法には、1) 金銭的インセンティブと、2) 非金銭的インセンティブがある。金銭的インセンティブはユーザに動機づけるために非常に有効であるが、現実においては報酬の予算には限界がある。非金銭的インセンティブは、参加者の貢献に対する報酬として経験や楽しさを与える [7], [8], [9]。非金銭的インセンティブの手法の一例として、ゲーミフィケーションがあげられる。ゲーミフィケーションは、既存システムにゲーム要素を組み込みユーザの行動に影響を与えることを狙っている [3]。Niels ら [5] は、GeoOulu というゲーミフィケーションが組み込まれたクラウドソーシングアプリケーション

を提案している。この研究では、アプリケーションに、アニメーションやスコアボードなどのゲーム要素を組み込むことで、参加者の貢献が促進されることが確認された。加えて、ゲーミフィケーションにより得られるデータの品質の向上にも効果があることがわかった。Ueyama ら [4] は、金銭的インセンティブとゲーミフィケーションの両方を採用した参加型センシングシステムを提案した。この研究では、ゲーミフィケーションにより参加者の動機づけになるだけでなく、必要な金銭的報酬の総額を抑える効果があることが確認された。Medusa [10] では、様々な種類のゲーミフィケーションが効果的に取り入れられている。Medusa では、参加者を維持するために、タスクを実行する代償として逆インセンティブ（タスク実行の義務／責任）というコンセプトを採用している。本手法により、参加者がセンシングタスクの途中でシステムから離脱することを抑止する。

しかし、既存研究ではゲーミフィケーションがユーザに動機づけし、金銭的報酬を抑える方法について具体的に議論されていない。また、これらゲーミフィケーションの手法を観光中の観光客による観光情報収集に適用した例は著者らの知る限り存在しない。本研究では、我々が設計した各ゲーミフィケーションを実装した参加型センシングスマートフォンアプリケーション ParmoSense を用いた観光実験を通して、ゲーミフィケーションの有効性や観光行動への影響を明らかにする。

3. 提案手法

本研究では、観光客を主な対象としたユーザ参加型センシングによる観光情報収集においてゲーミフィケーションの種類やそれに参加するユーザの属性によって貢献度合いに違いがあるかどうかを明らかにする。そこで、依頼タスク、配点方法が異なるゲーミフィケーションを設計し、我々が開発しているユーザ参加型センシングプラットフォーム (ParmoSense) 上に実装した。設計したゲーミフィケーションは次の計 6 種類である：特定のエリア内を歩き回る「エリアミッション」と、特定の場所で写真撮影を行う「チェックインミッション」の 2 つタスク；各タスクにつき 3 つの配点方法（一定、重み付き、動的重み付き）。また、ユーザの属性として、参加モチベーション 3 種類を設定した。以下の節で、ParmoSense のアプリ概要、依頼タスク、配点方法およびユーザタイプ設定について説明する。

3.1 ParmoSense

我々が開発しているユーザ参加型センシングプラットフォームアプリケーション ParmoSense は 図 1 に示すように 6 つの画面から構成されている。各画面の詳細を以下に説明する。

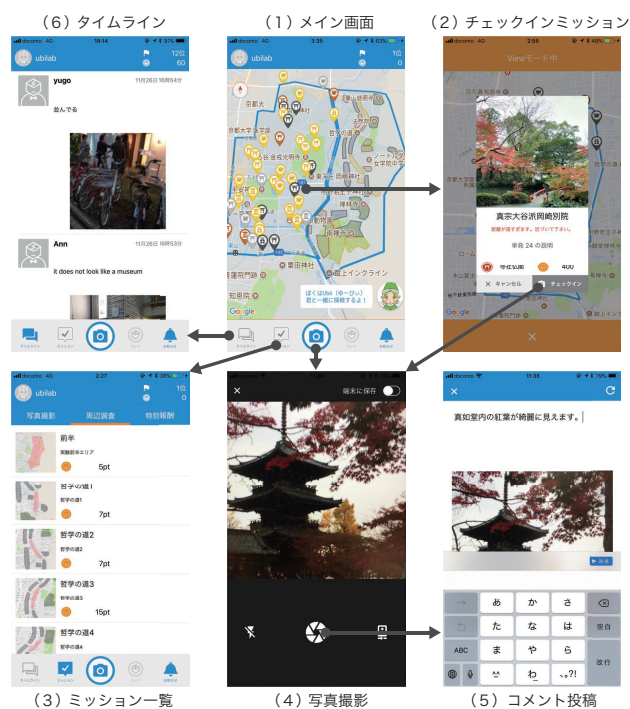


図 1 ParmoSense のアプリ画面

- (1) 地図ベースのメイン画面となっている。依頼タスクがミッションとしてピンやポリゴンで示されている。また、画面右上部には現在の獲得ポイント数と獲得ポイントに応じたランキングが表示されている。
- (2) 画面中左下二番目のミッションボタンをタップした時に表示され、それぞれのミッションの詳細をリスト形式で確認することができる。
- (3) チェックインミッションや自由投稿を行う時に写真撮影を行うことができる。
- (4) (3) で撮影した写真に対して、そのスポットの情報や感想を入力し、投稿することができる。
- (5) 画面中左下のタイムラインボタンをタップした時に表示され、(4) で投稿されたすべてのユーザの写真やコメントを見ることができる。

アプリケーション起動中（バックグラウンドを含む）は、サンプリングレート 10Hz で、スマートフォンのタイムスタンプ、GPS 情報、加速度、角加速度、地磁気および照度の値を収集する。これらは、5 秒ごとにサーバへ送信され蓄積されるようになっている。また、写真撮影時にも上記のセンサ値が収集され投稿される。

3.2 ミッション設計

依頼タスクとして、以下に示すエリアミッションとチェックインミッションの 2 種類を設計した。加えて、自身が興味を持った場所の情報を自由に投稿し他の観光者へ共有できる「自由投稿」が実装されている。

エリアミッション



図 2 エリアミッション



図 3 チェックインミッション

エリアミッションは、図 2 に示すように、マップ上に特定のエリアがポリゴンで表示される。このエリア内を歩き周りセンサ値を収集することで、一定時間毎にポイントが付与される。付与されるポイント数に応じて高い方から金色エリア、銀色エリア、銅色エリアを設定している。

チェックインミッション

チェックインミッションは、図 3 に示されるように、マップ上の特定スポットにピンで表示される。ピンを中心に一定半径内にユーザがいるときチェックインすることが可能となる。そのスポットの写真およびコメントを投稿することでチェックイン完了となり、ポイントが付与される。ピンの種類には、観光スポットのジャンルとして一般的にあげられる寺社仏閣、博物館、飲食店、お土産屋を設定している。また、エリアミッションと同様にポイント数に応じてピンの色が設定されている。

上記のミッションに加えて、ユーザ自身が興味を持った場所で自由に写真を撮影し、コメントとともに投稿することでポイントが得られる自由投稿も可能となっている。投稿された内容はタイムライン上でグループ内の全ユーザに共有される。

3.3 配点方法

ミッションクリア時に得られるポイントの配点方法による影響を明らかにするために以下に示す三種類の配点方法を設定した。

一定配点: 依頼タスクの種類（エリアミッション、チェックインミッション）に応じて一定のポイントがミッション達成時に付加される。

重み付き配点: スポットに応じて付加ポイントが変化する。重みはそのスポットに対する情報の需要度により

決定する。なお、実施した実験（後述）においては、各観光スポット名を Web 検索した際にヒットした件数を情報の需要度と想定し、その値に応じて決定した。**動的重み付き配点**：重み付き配点に加えて、参加型センシングにより収集された情報量を一定時間ごとに重みとして反映させる。実験においては、簡単化のため、著者らが予め重みを設定し、それに従って 30 分毎に変更させた。

3.4 ユーザタイプ設定

参加者に対して以下のようなアンケートを実施し、その回答に応じてユーザタイプを決定した。Q.「観光中、ポイント数に基づいて報酬が支払われるスタンプラリーに参加した場合、あなたが重視するものはなんですか？」回答（三択）：スタンプラリーを楽しむ（ゲームタイプ）、できるだけ多くの報酬を得る（報酬タイプ）、観光を楽しむ（観光タイプ）。

4. 観光実験

今回設計したゲーミフィケーションやユーザタイプの違いによる影響を明らかにするために、我々のアプリケーションを使いながら観光を行うよう依頼した。以下の節で実験グループ および 実験手順を述べる。

4.1 実験グループ

33 名に実験への参加を依頼した（男性 25 名、女性 8 名、20 代、31 名、30 代 1 名、40 代 1 名、日本人 29 名、外国人 4 名）。今回の参加者のユーザタイプは、観光タイプが 17 名、ゲームタイプが 7 名、報酬タイプが 9 名であった。参加者を、年齢・性別・国籍・ユーザタイプがそれぞれ均等になるよう A,B,C の 3 グループにそれぞれ 11 人ずつ振り分けた。そして、各グループに異なる配点方法を設定した：A:一定配点, B: 重み付き配点, C: 動的重み付き配点。

4.2 実験手順

実験は、2017 年 11 月に京都市左京区周辺で実施した。本実験では、参加者に、ミッションをクリアし、ポイントを稼ぎながら観光を行うよう依頼し、実験終了後アンケートを行った。依頼タスクの違いによる影響を明らかにするため、前半と後半それぞれにエリアミッションとチェックインミッションを別々に依頼した。実験時間は、観光モデルコースを参考に前半 2 時間半、後半 2 時間の合計 2 時間半とした。事前準備として、参加者には我々の開発したアプリケーションを自身のスマートフォンにインストールするよう依頼した。その後、グループ毎にアプリの使い方およびそれぞれのミッションの内容を十分に説明した。

実験前半（エリアミッション）

前半の実験では、参加者にエリアミッションを依頼した。蹴上駅を出発し、銀閣寺を目指し、アプリケーションを使いながら自由に観光を行ってもらった。実験グループ毎の配点方法は以下の通りである。

- (A) 前半の実験エリア内、どこでも 10 秒ごとに一定で 10 ポイント付与される。
 - (B) 金色エリア、銀色エリア、銅色エリア、それ以外のエリアで、10 秒毎にそれぞれ 15 ポイント、10 ポイント、7 ポイント、5 ポイント付与される。
 - (C) B の各色のエリアが、30 分毎に更新される。
- ここで、B,C の加対象エリアとして、金色、銀色、銅色エリアについてそれぞれ 11 個ずつ、合計 33 箇所設定した。また、自由投稿は 1 投稿あたり 30 ポイント付与されることとした。

実験後半（チェックインミッション）

後半の実験では、チェックインミッションを依頼した。銀閣寺を出発し、東山駅を目指し、アプリケーションを使いながら自由に観光を行ってもらった。実験グループ毎の配点方法は以下の通りである。

- (A) いずれのスポットでも、チェックインすると 400 ポイント付与される。
 - (B) 金色ピン、銀色ピン、銅色ピン でチェックインした際、それぞれ 730 ~ 620 ポイント、370 ~ 310 ポイント、180 ~ 150 ポイント付与される。
 - (C) B のピンが、30 分毎に更新される。
- ここで、スポット数は、寺社仏閣 23 箇所、博物館 7 箇所、飲食店 11 箇所、土産屋 4 箇所の合計 45 箇所とした。また、いずれのグループにおいても、すべてチェックインした際に得られる最高ポイントは一定となるよう設定した。前半と同様に、自由投稿では 1 投稿あたり 30 ポイント付与されることとした。

実験後アンケート

今回設定したゲーミフィケーションの種類やそれに参加するユーザの属性による影響を、以下の観点から明らかにするため、実験終了後アンケートを行った。アンケートの内容を 表 1 に示す。

- 観光の楽しさ (Q1)
- ユーザの観光行動への影響 (Q2)
- 観光とミッションの優先度の違い (Q3, Q4)

質問はすべて 5 段階評価による回答を依頼した。Q1 は、1 を全く楽しくなかった、5 をとても楽しかったとした。加えて、そう答えた理由の自由記述による回答を依頼した。Q2 は、1 が“0 回”、2 が“1~3 回”、3 が“4~6 回”、4 が“7~10 回”、5 が“10 回以上”とした。Q3 および Q4 は、1 が“観光をかなり優先した”、5 が“ミッションをかなり優先した”とした。最後に、観光実験に対する感想を自由記述により収集した。

表 1 実験後に実施したアンケート内容

質問項目	質問内容
Q1	アプリを使うことで観光は楽しくなりましたか？
Q2	実験中、ミッションが理由で目的地や移動経路を変更したことは何度ありましたか？
Q3	前半の実験において、観光することとミッションをクリアすることのどちらを優先して行いましたか？
Q4	後半の実験において、観光することとミッションをクリアすることのどちらを優先して行いましたか？

5. 実験結果および考察

ゲーミフィケーションおよびユーザタイプの違いによる観光の楽しさおよびゲーミフィケーションの観光への影響を明らかにするため、各項目の結果に対してグループ別およびユーザタイプ別に分析を行った。その結果を図 4、図 5 および図 6 に示す。図 4 および図 5 は、Q1、Q2 の回答結果に対して、それぞれグループ別、ユーザタイプ別に一要因分析を行った結果である。また、図 6 は、Q3、Q4 の回答結果に対して、実験前半、後半とグループ別、ユーザタイプ別をそれぞれ二要因分析を行った結果である。

次に、ゲーミフィケーションにより実験参加者がどのように行動変容を促されたかを考察するため、グループ A、グループ B の実験参加者 22 名の移動経路を可視化した。可視化された実験参加者の移動経路を図 7 に示す。図中青色、緑色、オレンジ色で示す経路は、それぞれユーザタイプのゲーム、報酬、観光に対応している。

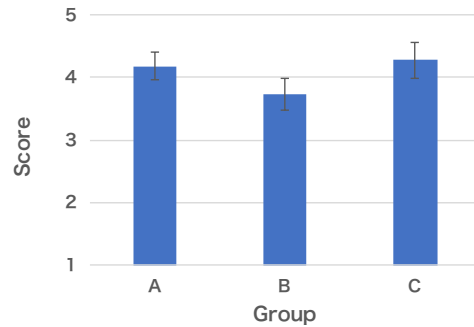
5.1 アンケート結果

5.1.1 観光の楽しさ

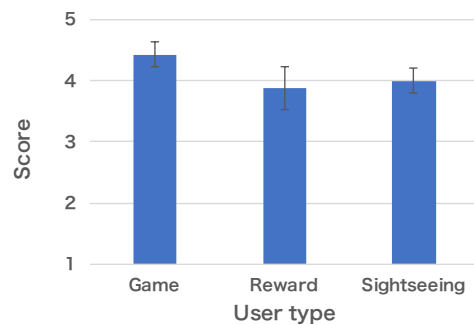
Q1 の観光の楽しさに関しては、全体の平均スコアが 4 以上となった。また、グループ別、ユーザタイプ別それぞれにおいて一要因分散分析を行った結果、有意差は確認されなかった ($p>0.05$)。すなわち、全体として実験参加者は観光を楽しんでおり、ゲーミフィケーションのタイプやユーザタイプにより、その差がないことが確認された。また、Q1 に対する自由記述では、ポジティブな意見として、“普段自分では行かない場所にミッションをクリアするために行けたから”や“周りとポイントを競えるようなゲーム要素があったから”といった意見があった。

5.1.2 行動変容

Q2 のゲーミフィケーションによる行動変容回数は、全体として最頻値は 2 の 1 回から 3 回であり、平均は 2.88 であった。グループ別の一要因の分散分析の結果、有意差は確認されなかった ($p>0.05$)。一方、ユーザタイプ別の一要因分散分析の結果、有意差が確認された ($p<0.001$)。ゲームタイプ、報酬タイプ、観光タイプのそれぞれの平均スコアは、2.57、4.11、2.35 であり、報酬タイプがより多く変更していることが確認された。すなわち、報酬タイプのユーザは、ミッションにより目的地や移動経路を変更しやすいことがわかった。



(a) グループ別



(b) ユーザタイプ別

図 4 Q1 の回答に対する一要因分析結果

5.1.3 ミッションと観光

Q3、Q4 の前半実験 (エリアミッション) と後半実験 (チェックインミッション) における観光とミッションの優先度に関する回答の平均値は、前半が 2.39 で後半が 3.82 であった。実験の前後半とゲームタイプまたはユーザタイプの 2 要因の分散分析の結果、いずれも前後半にのみ主効果が確認された ($p<0.001$)。また、交互作用はいずれも確認されなかった ($p>0.05$)。このことから、グループ別、タイプ別によらず、後半のチェックインミッションのほうが、観光よりミッションを優先することがわかった。また、実験に対する自由記述において、“前半は観光を楽しむことが出来たが、後半は観光を楽しむことができなかった”、“アプリに気を取られた”や“ポイント集めに必死になり観光する余裕がなかった”といった意見があった。

5.2 移動経路の可視化結果

グループ A、B それぞれの実験参加者の移動経路を可視化した図 7(a) および (b) を比較し、配点手法の違いによる移動経路の変化を確認する。実験前半のエリアミッションにおいては、図中①、② および ③において大きな差が

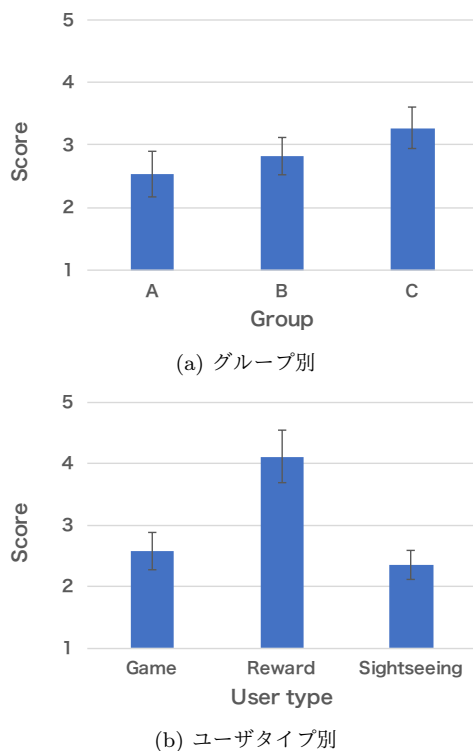


図 5 Q2 の回答に対する一要因分析結果

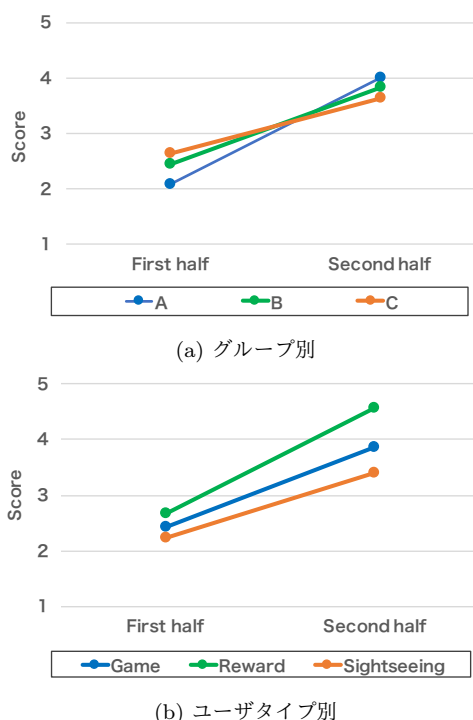


図 6 Q3, Q4 の回答に対する二要因分析結果

見られる。①および②においては、一定配点のグループ A では 11 人中 1 人もその経路を選択することがなかったが、重み付き配点のグループ B においては、高得点が得られる金色エリアになっており、異なるユーザタイプの実験参加者が複数名選択していた。③の並行した 2 つの通りのうち右側の通りは、哲学の道と呼ばれる観光スポットとし

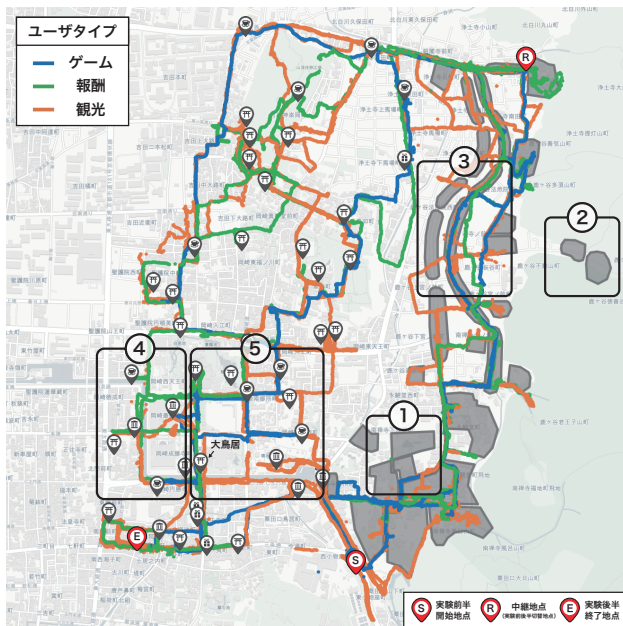
て有名な通りとなっている。グループ A においては、ほぼすべての実験参加者が右側の哲学の道を選択しているが、グループ B では左側の一般道の通りを選択する参加者も複数名存在した。

次に、実験後半のチェックインミッションにおいては、図中④ および ⑤において大きな差が見られる。グループ A では④、⑤それぞれ分散して経路が選択されている事がわかるが、グループ B においては、ユーザタイプ関係なくほぼすべてのユーザが、高得点が得られる金色ピンの観光スポットが連なっている④の経路を選択していた。④内の金色ピンにチェックインした人数をグループ A と B で比較した所、それぞれ平均 3.8 人、平均 7.8 人となり、グループ B の方が平均 4 名多くチェックインしていることがわかった。一方、⑤内にある一般に観光スポットとして有名な平安神宮大鳥居へチェックインした人数を比較した所、グループ A では 11 人全員がチェックインしたのに比べて、グループ B では 5 人のみにとどまった。

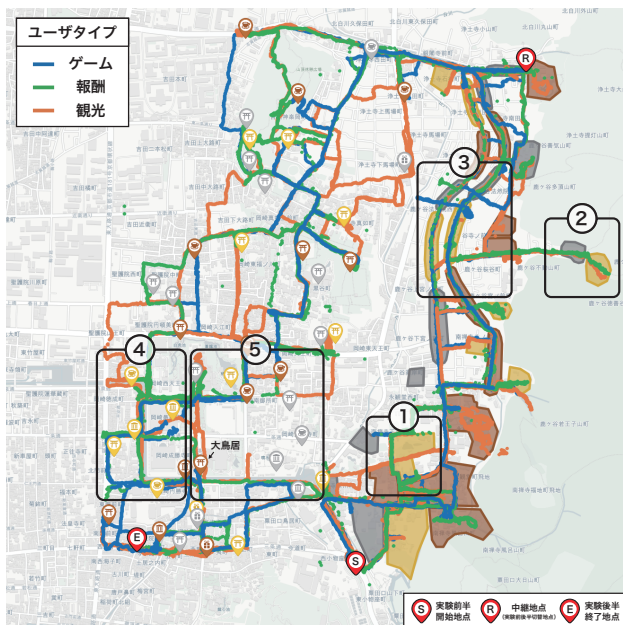
5.3 ゲーミフィケーションの妥当性に関する考察

上記の結果から、観光客を対象とした参加型センシングによる観光情報収集において相応しいゲーミフィケーションとはどのようなものかを考察する。まず、Q1 の結果から、観光中にゲーミフィケーションを導入しても、観光を楽しむことが確認された。また、Q2 および 移動経路の可視化により、観光中にゲーミフィケーションを導入することで、行動変容を導けることが確認された。これらのことから、ゲーミフィケーションを導入することにより、観光を楽しみながら観光者の行動変容を導き、情報収集を依頼できる可能性が示唆された。

ここで重要となるのは、ゲーミフィケーションとして採用される依頼タスクである。Q3, Q4 の結果より、チェックインミッションはエリアミッションと比べて、ミッションが優先されることが分かった。また、自由記述によりチェックインミッションでは、観光に集中できないとの意見が複数得られた。加えて、移動経路の可視化からユーザタイプに関係なく高得点ピン周辺の経路を選択することが明らかとなった。すなわち、チェックイン形式のミッションは特定の情報を収集するためには効果的な方法であるが、観光を楽しむ以上にミッションをクリアすることに注力してしまう。そのため、観光においてはユーザの満足度を考慮すると、チェックインミッションのようなスタンプラリー形式のゲーミフィケーションは不向きであると考えられる結果となった。これらのことから、観光時におけるゲーミフィケーションとしては、エリアミッションを採用すべきと考える。また、行動変容を導くためには、報酬タイプのユーザにより効果的なゲーミフィケーションを検討する必要があると考える。



(a) グループ A



(b) グループ B

図 7 実験参加者の移動経路

6. 結論

本研究では、参加型センシングによる観光情報収集を対象に、2種類の依頼タスクと3種類の配点方法を提案した。これらを、スマートフォンアプリケーションに実装し、京都市左京区周辺において33名の参加者を対象に観光実験を行った。実験後に収集したアンケート結果を分析したところ、いくつかのユーザタイプの観光客にはゲーミフィケーションにより観光を楽しみながら観光情報の収集が依頼できることが明らかになった。また、チェックインミッションは特定の情報を収集するためには、有用な方法であ

ることが確認されたが、観光客が観光を楽しむよりもミッションのクリアを優先してしまう可能性があることが分かった。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 JP16H01721 および 独立行政法人情報通信研究機構 (NICT) 委託研究の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Masato Hidaka, Yuki Matsuda, Shogo Kawanaka, Yugo Nakamura, Manato Fujimoto, Yutaka Arakawa, and Keiichi Yasumoto. A system for collecting and curating sightseeing information toward satisfactory tour plan creation. In *Proceedings of The 2nd International Workshop on Smart Sensing Systems (IWSSS '17)*, 2017.
- [2] J. A Burke, D. Estrin, M. Hansen, A. Parker, N. Ramanathan, S. Reddy, and M. B Srivastava. Participatory sensing. *Center for Embedded Network Sensing*, 2006.
- [3] Yutaka Arakawa and Yuki Matsuda. Gamification mechanism for enhancing a participatory urban sensing: survey and practical results. *Journal of Information Processing*, Vol. 24, No. 1, pp. 31–38, 2016.
- [4] Yoshitaka Ueyama, Morihiko Tamai, Yutaka Arakawa, and Keiichi Yasumoto. Gamification-based incentive mechanism for participatory sensing. In *Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops)*, 2014 *IEEE International Conference on*, pp. 98–103, 2014.
- [5] Niels Van Berkel, Jorge Goncalves, Simo Hosio, and Vassilis Kostakos. Gamification of mobile experience sampling improves data quality and quantity. *Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol.*, Vol. 1, No. 3, pp. 107:1–107:21, 2017.
- [6] Yuki Matsuda, Yutaka Arakawa, and Keiichi Yasumoto. Design and evaluation of participatory mobile sensing platform for diverse sensing and gamification scenarios. *Proceedings of the 14th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services Companion (MobiSys '16 Companion)*, p. 57, 2016.
- [7] Gabe Zichermann and Christopher Cunningham. *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps*. " O'Reilly Media, Inc.", 2011.
- [8] Sebastian Deterding, Dan Dixon, Rilla Khaled, and Lennart Nacke. From game design elements to gamefulness: defining gamification. In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, pp. 9–15. ACM, 2011.
- [9] Fabian Groh. Gamification: State of the art definition and utilization. *Institute of Media Informatics Ulm University*, Vol. 39, , 2012.
- [10] Moo-Ryong Ra, Bin Liu, Tom F. La Porta, and Ramesh Govindan. Medusa: A programming framework for crowd-sensing applications. In *Proceedings of the 10th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, MobiSys '12, pp. 337–350, New York, NY, USA, 2012. ACM.