

DyPRoS：地域情報発信のための動的フォトロゲイニングシステム

松田 裕貴[†] 荒川 豊[†] 安本 慶一[†]

[†] 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

あらまし 人々への ICT の浸透やスマートフォンの普及に伴い、観光地における地域情報発信の取り組みが活発化している。しかしながら、既存のサービスの多くが静的かつ特定のコンテンツ配信にとどまっており、ユーザに対し十分な情報を提供できていない。このような情報を網羅的に整備・更新するための手法として、一般ユーザが都市センシングに寄与する「ユーザ参加型センシング」が近年注目されている。本稿では、フォトロゲイニングとジオキャッシングの利点をユーザ参加型センシングに導入した、ユーザ参加型写真収集システム「DyPRoS」を提案する。通常のユーザ参加型センシングシステムやフォトロゲイニングシステムにおいては、タスクはシステム管理者またはイベント開催者によって事前に準備されている場合が多い。これに対し、本システムではフォトロゲイニングのタスク（チェックポイント）をユーザが動的に生成することが可能となっている。本システムにより、地域情報収集といったサステイナブルなユーザ参加型写真収集システムを達成する。

キーワード 位置情報サービス、モバイルアプリケーション、地域情報、フォトロゲイニング、ゲーミフィケーション、ユーザ参加型センシング

DyPRoS：

Dynamic Photo Rogaining System for Sharing Local Information.

Yuki MATSUDA[†], Yutaka ARAKAWA[†], and Keiichi YASUMOTO[†]

[†] Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

Abstract In recently, many tourist spots start utilizing an information technology for activating the spot. However, the most of current contents are static and typical information of selected spots. As a technique to collect these local information widely and dynamically, a participatory sensing have received much attention. In this paper, we propose Dynamic Photo Rogaining System for Sharing Local Information(DyPRoS) by introducing the advantage of photo rogaining system and geocaching system into a participatory sensing. In a normal participatory sensing and photo rogaining system, tasks are prepared by the organizer before the event. On the contrary, our system enables participants to set their original tasks of photo rogaining dynamically. By using our system, sustainable participatory photo sensing, i.e local information sensing, will be achieved.

Key words Location Based Services, Mobile Applications, Local Information, Photo Rogaining, Gamification, Participatory Sensing

1. はじめに

人々への ICT の浸透やスマートフォンなどのモバイル端末の普及に伴い、スマートフォン向け観光案内アプリケーションや、クーポンアプリケーションをはじめとする、観光地における地域情報発信の取り組みが活発化している。しかしながら、既存のサービスの多くが、観光地の名所や飲食店などを紹介する静的なコンテンツ配信にとどまっており、情報の網羅性や情報の更新頻度の観点から十分な情報を提供できていない。

この課題を解決する手法として、近年注目を集めている「ユー

ザ参加型センシング」が挙げられる。ユーザ参加型センシングとは、一般ユーザがスマートフォン等のデバイスを用いた都市センシングに寄与するセンシング手法であり、様々な都市や環境の情報を、多くのユーザから収集することで網羅的に、かつリアルタイムに収集することが可能となる。しかしながら、ユーザ参加型センシングにおいては、ユーザがセンシングに参加するためのモチベーションを生み出す「ユーザの持続的な参加促進」や「ユーザの離脱防止」など、持続可能性に関する課題が存在する。

そこで、我々はユーザ参加型都市センシングにゲーム性を取

り入れることでこの問題を解決しようと考えている。ゲーム性と実世界における行動を組み合わせたものとして、古典的な例ではスタンプラリーがある。その場にしかないスタンプを置くことで、ユーザの移動に対してゲーム性を持たせ、広い範囲を持続的に巡回させる手段として使われている。近年では、これをIT化した Rally というサービスも始まっている。類似の例として、フォトロゲイニングというスポーツも近年普及している。これはロゲイニングというスポーツを写真に特化させたものであり、スタンプラリーのように地図上に書かれた多数のチェックポイントを探して周り、その写真を撮影して得点を競うものである。また、フォトロゲイニングで収集された写真データは開催地域に特化したものとなっていることが想定されるため、地域情報発信との親和性が高いと考えられる。

本研究では、このようなフォトロゲイニングシステムを拡張し、都市情報の参加型センシング基盤にするユーザ参加型写真収集システム DyPRoS (Dynamic Photo Rogaining System) を提案する。通常のフォトロゲイニングでは、正解となる写真は主催者によって事前に撮影され、課題として提示されるため、主催者側の事前準備の負担が大きい上にサステナブルではない。そこで、提案システムでは、ダイナミックにユーザがタスクを作成する仕組みを提供し、ユーザ間でクイズのような形でタスクを出し合えるようにする。これは従来のジオキャッシングというゲームの要素を取り入れたものである。ジオキャッシングでは、宝物のある場所に隠し、その位置情報を公開する。そして、第三者がその情報を元に GPS レシーバを駆使して宝を探す。このような自己創発的な仕組みを導入することで、サステナブルなフォトロゲイニングが可能になると考えている。

出題されたタスクに対して、閲覧数に対する回答数、回答数に対する正解数などを評価することで、出題者としてのポイントと回答者としてのポイントを稼ぐことが可能となる。提案システムは、このような仕組みをロゲイニングに導入することで、ユーザ間で楽しみながら、写真や音といった都市情報の収集が加速できるのではないかと期待している。

2. 関連研究

2.1 ユーザ参加型センシング

2.1.1 ユーザ参加型センシングの定義と適応範囲

ユーザ参加型センシングとは、一般ユーザがスマートフォン等のデバイスを用いた都市センシングに寄与するセンシング手法であり、様々な都市・環境情報を多数ユーザから収集することで、網羅的かつリアルタイムに収集することが可能となる。

ユーザ参加型センシングのセンシング対象としては、騒音 [1] [2] や大気汚染 [3] [4]、電波状況 [5]、CO₂ 濃度 [6] といった環境センシングが一般的である。しかし、ユーザ参加型センシングを広義に捉えると、チェックインなどの人の行動認識や写真・動画収集 [7] [8] [9] といったものも、データ収集・蓄積を行うことで都市センシングとなるといえるため、本研究では、これらもユーザ参加型センシングのセンシング対象の一つであるとする。

またユーザ参加型センシングの多くは、ユーザの明示的な

参加によりデータを収集するシステムとなっており、暗黙的にデータ収集がなされるソーシャルデータ分析とは区別される。しかしながら、ユーザの明確な参加が必要となるがゆえ、2.1.2 項で示す、ユーザが参加するモチベーションを高める必要が生じることが課題となる。

2.1.2 ユーザの積極的な参加促進手法

ユーザ参加型センシングにおいては、ユーザが積極的に参加するためのモチベーションを高めることや、ユーザがセンシングから離脱することを抑制することが課題として存在する。これらを解決するための手法として、金銭的インセンティブやゲーミフィケーションなどが多く提案されている。

金銭的インセンティブとは、ユーザがセンシングに参加する対価として金銭的な報酬を与えるというものであり、昨今のユーザ参加型センシングにおいては広く用いられている一般的な手法である。しかしながら、本質的に金銭的な報酬を上げるほどセンシングタスクの達成率が高くなる構造であるため、支給可能な報酬と達成率とのトレードオフを取る必要が生じる。

ゲーミフィケーションとは、システムにゲーム性を取り入れることにより、人の行動を変化させたり促進したりすることにより、課題解決へと導く手法である。これは、前述の金銭的インセンティブとは異なり、ユーザがセンシングに参加する対価として、ユーザにある種の体験を与えるというものである。この体験とは、単純なゲームとしての「楽しみ」、仮想のバッジやシールなどといった「収集欲」を満たすもの、ランキングなどの「競争心」を与えるものなど、多種多様である。上山ら [10] は、ユーザ参加型センシングにゲーミフィケーションを適用することにより、前述の金銭的インセンティブの報酬金額を抑制するシステムを提案しており、ゲーミフィケーションのユーザの参加に対する寄与は大きいといえる。

なお、本稿ではこのゲーミフィケーションを対象としたシステムの提案を行う。

2.2 ユーザ参加型センシングシステムの事例

2.2.1 環境センシングシステム

環境センシングの例としては、騒音 [1] [2] や電波状況 [5]、CO₂ 濃度 [6] のセンシングが挙げられる。それらの詳細について以下に述べる。

Maisonneuve ら [1] や Kanjo ら [2] は、モバイル端末を用いたユーザ参加型センシングにより、地域の騒音情報を収集、地図上に可視化するというシステムを提案している。収集した雑音にはユーザ自身または自動タグ付けにより、音源や場所、時間やコメントなどのメタデータを付与することが可能である。

OpenSignal [5] は、一般ユーザがスマートフォンアプリケーションを用い、自身のいる地点の電波状況をクラウド上にアップロード、解析を行うことにより世界規模の電波状況を共有することができるサービスである。アプリケーションや Web 上では、図 1 に示すヒートマップや、通信途絶状況のレポートといったユーザからのフィードバックが閲覧可能となっている。

田島ら [6] は、ユーザがモバイル端末に CO₂ センサを接続し、歩行することにより都市の CO₂ 濃度を網羅的に収集、可視化するプラットフォームを提案している。

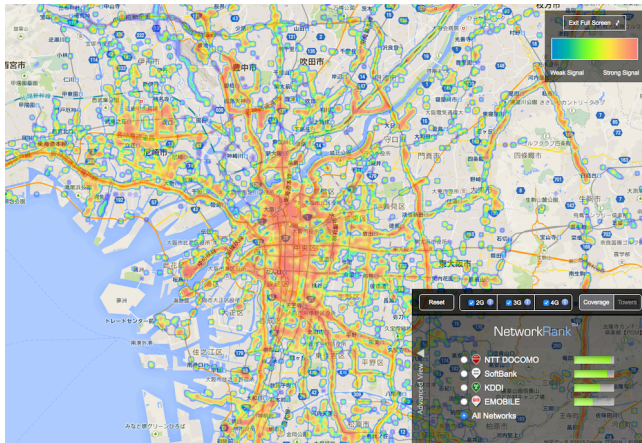


図1 OpenSignal.com



図2 フォトロゲイニングの用具



図3 フォトレポーター

2.2.2 写真・動画収集システム

写真・動画収集システムとしては、フォトロゲイニング^(注1)やここピン!^[7]^(注2)、森下らの桜センサ^[8]、山本らの土地獲得ゲーム^[9]などがあげられる。それらの詳細を以下に述べる。

フォトロゲイニングとは、図2に示す、コンパスおよびチェックポイントの位置が示された地図、そしてチェックポイントの説明が示されたリストが与えられ、山野に多数設置されているチェックポイントをできるだけ多く制限時間内に周り、写真を撮影する野外スポーツである^(注1)。特徴としては、チェックポイントごとに得点が決まられており、写真を撮影することにより得点を獲得することができる点、そして、チェックポイントを辿る順序が決まっていないことが挙げられる。また、観光とスポーツを組み合わせることにより、参加者はおのずと地域情報を得ることができる。

近年では、スマートフォンの普及により、図3に示すようなスマートフォンアプリケーション^(注3)を用いたフォトロゲイニングも広く行われるようになってきた。このアプリケーションは、ユーザが撮影した写真をアップロードすることにより、チェックポイントに訪れたことを本部に報告する機能、フォトロゲイニング内の現在の獲得ポイントや順位をユーザに通知する

機能を有する。

ここピン!^[7]は、位置情報と写真、コメントの記録用アプリケーションである。このアプリケーションは、生物多様性の現状を把握するフィールドワークのサポートを目的に開発され、記録した情報セットは、登録されたグループ内で共有することも可能となっている。

特に動画に焦点を当てた研究として、森下ら^[8]は、車載スマートフォンを用いて、多数の車両が走行中の経路の動画を撮影し、景観の良い場所（桜の多く咲いている場所）の動画を自動的に収集、配信するユーザ参加型センシングシステムの研究開発を行なっている。これは、車載スマートフォンにより撮影された動画から桜の写っている度合い（桜度合い）を数値化し、同時に取得している位置情報と合わせて、桜が多く写っているルートをユーザに提案する。これにより、様々な時間帯や季節における、広範囲な景観情報を動画付きで自動的に収集可能となるため、より鮮度の高い景観情報の提供を実現している。

また、山本ら^[9]は、土地獲得ゲームを活用した地理情報付きデジタル写真収集システム「フォトポリエ」を提案している。これは、本研究と同じく、写真データの追加・更新の問題に着目し、土地獲得ゲームという新しいプラットフォームにより、写真収集を行うシステムを実現している。山本らが実証実験を行った結果、ゲームという形を採用することにより、ユーザのモチベーションが維持される可能性があることが示されている。

2.2.3 チェックインシステム

本研究では、参加型センシングの仕組みを広義に捉え、チェックインシステムなどもデータ収集により都市センシングが可能であると考えている。

篠原ら^[11]は、NFCとQRコードを搭載する「情報杭」をチェックポイントにしたスマートフォン上で稼働するチェックラリーアプリケーションを提案している。ユーザはスマートフォンを持ち「情報杭」を巡ることにより、それぞれの情報杭が持つ、その地点の説明や写真の部分的な情報（ピース）を収集することができる。すべての情報を閲覧するためには、これらピースを集める必要がありゲーミフィケーションも兼ね備えたシステムとなっている。さらに、ユーザがチェックポイント間を移動した際の交通手段や、気圧といった情報を収集することも可能となっている。

また、世界規模で行われている宝探しゲーム「ジオキャッシング」では、動的なチェックポイント生成の概念が導入されている。このチェックポイント（宝物の在り処）はユーザによって次のように生成することが可能である。

- (1) あるユーザが宝物のある場所に隠す。
- (2) ジオキャッシングの公式サイトに隠し場所のヒントと位置情報を公開する。
- (3) 他のユーザがその情報を元にGPSレシーバを駆使して宝を探す。

このように、参加しているユーザによって動的に生成されるチェックポイントをゲームに取り入れることにより、持続的なシステム運用が可能となるといえる。

(注1)：フォトロゲイニング協会：<http://photorogaining.com/>

(注2)：ここピン！(Myriad Leaves Project)：<http://www.kokopin.com/>

(注3)：フォトレポーター：<https://play.google.com/store/apps/details?id=ms.photo.rogaining>

表 1 既存の参加型センシングシステムの機能比較

名称	収集情報の充実度・網羅性			ユーザの参加促進		
	写真アップロード	写真への付加情報	ユーザによるタスクの生成	ゲーム性	チェックイン機能	ユーザ間情報共有
フォトロゲイニング	○	×	×	○	○	×
Rally	—	—	×	○	○	—
ジオキャッシング	—	—	○	○	○	○
ここピン！	○	○	△	×	×	○
フォトポリエ	○	○	×	○	×	△

2.2.4 既存手法の比較

これまで取り上げてきた、参加型センシングシステムの機能を比較、本研究で取り扱う課題を示す。表 1 は、各参加型センシングシステムの機能比較表である。

フォトロゲイニングや Rally, ジオキャッシングは、情報収集が主体ではなくイベント主体のシステムであるため、写真自体や、写真への付加情報（メタデータ）に関する機能が不足しているといえる。対照的にここピン！は、情報収集が主体であるため、それらの機能が充実しているといえる。しかしながら、必要最低限の機能にとどまっているため、ゲーミフィケーションやその他ユーザの意欲を高める仕組みは導入されていない。

また、ジオキャッシングを除くこれらの写真収集やチェックインのタスク生成に関しては、全てのシステムにおいて「トップダウン型」のタスク生成システムを採用している。しかしながら、トップダウン型のみで行う場合においては、新たな地点やその地点に関する情報を収集することが困難となることが予想され、収集する情報の網羅性に関する課題が残るといえる。

フォトポリエでは、上記のシステムの問題点を解決しようが、検証実験で、ユーザが新たな地点の写真を登録するためのモチベーションとして、フォトポリエにおけるゲーム性は寄与しないことが明らかとなっているなど、解決すべき課題が存在するといえる。また、新たなゲームを提案すること、Ingress に代表される類似のゲームが存在することから、ユーザの参入障壁が大きく、システムとしての持続可能性にも課題があると考えられる。

本研究では、網羅性や情報の更新頻度に配慮した地域発信のための写真収集システムを検討しているため、現行のシステムでは実現することが難しいといえる。そこで本研究において実現すべきシステムは以下に示すものとなる。

- 既存システムのそれぞれの利点を採用し、欠点を補うシステム
- ユーザからのタスク生成も可能な「トップダウン・ボトムアップ型」のタスク生成システムを導入したシステム
- 持続可能性を視野に入れたシステム

以上の課題を解決するための、ユーザ参加型フォトロゲイニングシステムを次章にて提案する。

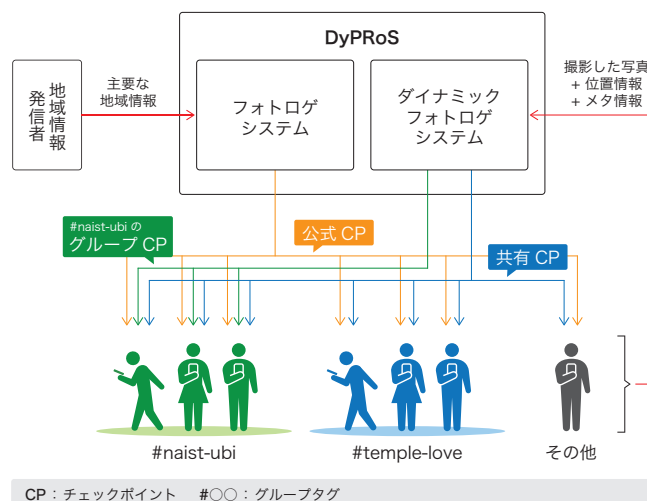


図 4 ユーザ参加型フォトロゲイニングシステム DyPRoS の概要

3. ユーザ参加型フォトロゲイニングシステム DyPRoS の提案

2. 章にて述べたとおり、既存の写真収集を行う参加型センシングシステムにおいては、収集する情報の網羅性やその更新、およびシステムの持続可能性が課題となっている。この課題を解決するために、システムの基盤に既存のスポーツとして確立しているフォトロゲイニングを採用し、そこに情報収集の網羅性の課題を解決するための仕組みを掛け合わせる。本章では、フォトロゲイニングの概念を参加型センシングに応用し、写真収集のための参加型システム「DyPRoS」を提案する。

3.1 DyPRoS のシステムコンセプト

ユーザ参加型フォトロゲイニングシステム DyPRoS（以下、本システム）の概要図を図 4 に示す。本システムは、システム管理者（地域情報の発信者）の用意したデータに基づく一般的な「フォトロゲイニング」と、ユーザからの投稿により生成される「ダイナミックフォトロゲイニング」という 2 つの側面をもち、任意のタイミングで使用可能なユーザ参加型写真収集システムである。それぞれのシステムは以下の役割を果たす。

フォトロゲイニングシステム： 従来のシステムと同様であり、地域情報発信者によって登録された主要な地域情報をチェックポイント（CP）としてユーザに配信する。

ダイナミックフォトロゲイニングシステム： 参加ユーザからの写真投稿に基づき動的にチェックポイントを生成、全ユーザまたは特定グループに属するユーザに対し、配信する。

(注 4)：イベント開催者のみ生成可能

(注 5)：プロジェクトオーナーによってテーマのみ決めることのみ可能

(注 6)：一貫した「写真を撮影し陣地を得る」というテーマが存在する

(注 7)：全ユーザの投稿を無作為に閲覧することが可能

なお、特定グループとは、家族や友人といった集団や、同じ観光目的を持った（神社仏閣を見に来た等）不特定多数のユーザの集合も対象となり、「ダイナミックフォトリゲイニングシステム」にアップロードした写真および地点情報の共有範囲はユーザにより設定することが可能である。

また、この参加ユーザによる新たなチェックポイント生成に関しては、公式チェックポイントのチェックイン数に応じて上限を設けるなど（例：公式チェックポイント 5 チェックインにつき、新規に 1 チェックポイント生成権）、公式チェックポイントを回るモチベーションを高める仕組みを検討している。

次に、本システムの動作の流れを以下に示す。

(1) 「フォトリゲイニングシステム」は、公式チェックポイント（CP）として地域の地点情報をユーザに配信する。

(2) ユーザは配信されたチェックポイントの情報をたよりにチェックポイントを探す。その道中で新たなランドマークとなる地点を発見した場合、「ダイナミックフォトリゲイニングシステム」に投稿することができる（これにより、通常のフォトリゲイニングで得られる得点とは別に得点を獲得することができる）。

(3) 「ダイナミックフォトリゲイニングシステム」に投稿された地点情報は、共有チェックポイントまたは、投稿ユーザの属するグループチェックポイントとして、対象のユーザに配信される。

(4) ユーザは公式・共有・グループチェックポイントのいずれかに到達し、写真を撮影、アップロードすることで得点を獲得することができる。なお、ユーザは写真をアップロードする際に、位置情報やメタデータを写真に付与する。

(5) 手順 (2)～(4) を繰り返す。

(6) 制限時間が終了した時点での得点により、ランキングが付けられる（グループ内・全体）。

また、本システムでは、従来の「フォトリゲイニングシステム」における公式チェックポイントを定期的にアップデートする。ユーザによって「ダイナミックフォトリゲイニングシステム」へと投稿された写真とメタデータのセット、そしてその地点における他ユーザのチェックイン数をもとに、公式チェックポイントへのランクアップを行う優先順位を算定する。公式チェックポイントにおけるこれまでのチェックイン数との比較により、次期公式チェックポイントを生成する。

3.2 ゲーム性を持たせたチェックポイント配信方法

本システムはダイナミックフォトリゲイニングシステムを導入しているが、ユーザへ与えるチェックポイントの地点情報の配信方法にゲーム性をもたせることにより、よりユーザの意欲的な参加を促すことができる可能性がある。現在検討している例を以下に示す。

チェックポイント同士の依存関係： ユーザがチェックインした地点の順序や組み合わせによって、チェックポイントが新たに配信する方法。複数のチェックポイント同士があるストーリー性を持ったものであった場合に有効な方法である。

配信情報のマスキング： ユーザに配信する情報を意図的にマスキングし、曖昧な情報をユーザに配信する方法。図 5 に示す



図 5 写真の情報マスキング例



図 6 地図の情報マスキング例

ように写真の一部分のみをユーザに配信することや、図 6 に示すように地点情報をポイントではなくエリアとしてユーザに配信することがあげられる。

3.3 システムの利用例

本システムは、ゲーム性の度合いを変更した運用が可能なシステムとなっている。以下にそれぞれのレベルについて概説する。

Level 2: フォトリゲ+ダイナミックフォトリゲシステム

地域の情報発信者からの公式チェックポイントおよび、ユーザ同士のグループチェックポイント・共有チェックポイントにより、既存地点の情報更新、および新規地点の写真・情報の収集・更新が可能。

Level 1: フォトリゲシステム

フォトリゲイニング主催者による公式チェックポイントにより、既存地点の情報更新が可能。

※ Level 0: 観光案内システム

フォトリゲイニングのシステムは用いず、地域の情報発信者からの公式チェックポイントを観光案内に利用する。写真・情報を更新すると、上記のレベルで収集した観光情報を得ることが出来るといった仕組みにより、既存地点の情報更新が可能。

3.4 データの活用

収集した写真データの活用先としては、本システム自体による地域情報発信に加えて、オープンデータ化が挙げられる。

オープンデータとは、機械判読に適したデータ形式で、二次利用が可能な利用ルールで公開されたデータのことを指す。政府が平成 25 年度に示した世界最先端 IT 国家創造宣言においても、オープンデータ活用の推進を掲げていることから、今後より理解が進むであろう概念であるといえる。

画像・写真に着目すると、オープンデータ化している事例はまだ少ないといえるが、2014 年末に神戸市が「阪神・淡路大震災の記録写真」^(注8)を公開するなど、今後、画像・写真オープンデータは注目が集まると考えられる。

3.5 今後検討すべき課題

本システムの機能をより充実させるとともに、データ創出の価値を高めるための課題を整理する。現在検討している課題は以下のとおりである。各項目について以下に詳述する。

- 情報の統合処理
- ユーザの嗜好に応じたグループ推薦
- より満足度の高い観光案内ルートの推薦

3.5.1 情報の統合処理

本システムは、フォトロゲイニングのシステムを基盤としているため、チェックポイントを撮影し、アップロードした際にそれが正しい画像なのかどうかを確認し、ユーザへの点数フィードバックをすることが必要となる。なお、従来のシステムではフォトロゲイニングの運営者が手作業で確認する必要があった。

そこで、画像の類似度やメタデータから、類似した画像をピックアップし、同じものを撮影しているかを参加している他のユーザに問う、参加型情報統合処理システムの検討を行う。

3.5.2 ユーザの嗜好に応じたグループ推薦

本システムは、複数のグループに参加することが可能であるため、参加するグループを増やすことにより、よりユーザの嗜好に合うシステムに調整することができる。現在のシステム構想では、ユーザが検索することによりグループへ参加する仕組みを検討しているが、ユーザが撮影している対象物のジャンルを推定（メタデータや上記の統合処理により推定）することにより、ユーザの嗜好に応じたグループの推薦を行う機能の検討を行う。

3.5.3 より満足度の高い観光案内ルートの推薦

本システムは、地域情報発信を行うことが可能となっているが、その発信方法は既存のフォトロゲイニングと同等である。そこで、収集された写真とメタデータ、チェックインされた数やその時間的粒度、チェックインしたユーザの所属するグループなどから、地域を重み付けすることにより、その観光地における「きれいな自然の風景を楽しめるルート」や「より名物を食べ歩くことのできるルート」といったユーザの嗜好に合わせた観光案内ルートを推薦する機能の検討を行う。

4. ま と め

本研究では、観光地における ICT を利用した地域情報発信の取り組みが活発化しているものの、既存の取り組みの多くが、データの網羅性や情報の更新という観点において課題を抱えており、ユーザに対し十分な情報を提供できていないとはいえないことに着目した。

そこで本稿では、近年人気が高まっている「フォトロゲイニング」というスポーツを拡張し、ユーザ参加型センシングに導入することによる、持続可能性に考慮したユーザ参加型写真収集システムを提案した。今後は、本提案システムを実装・実証実験を通して、有効性の検証を行いたいと考えている。

謝辞 本研究の一部は、戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE) で得られた知見を利用したものである。ここに記して謝意を示す。

文 献

- [1] N. Maisonneuve, M. Stevens, and B. Ochab, "Participatory noise pollution monitoring using mobile phones," *Information Polity*, vol.15, no.1, p.51, 2010.
- [2] E. Kanjo, "Noisespy: a real-time mobile phone platform for urban noise monitoring and mapping," *Mobile Networks and Applications*, vol.15, no.4, pp.562-574, 2010.
- [3] D. Mendez, A.J. Perez, M. Labrador, J.J. Marron, et al., "P-sense: A participatory sensing system for air pollution monitoring and control," *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops)*, 2011 IEEE International Conference on IEEE, pp.344-347 2011.
- [4] Y. Zheng, F. Liu, and H.-P. Hsieh, "U-air: When urban air quality inference meets big data," *Proceedings of the 19th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining* ACM, pp.1436-1444 2013.
- [5] OpenSignal, Inc, "Opensignal," <http://opensignal.com/>.
- [6] 田島誠也, 中下岬, 篠原雅貴, 重田航平, 岩井将行, "リアルタイム情報共有を実現するモバイル CO₂ 濃度センシングプラットフォーム," *マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2014 論文集*, pp.853-858, jul 2014.
- [7] M. Mishima, T. Matsumoto, S. Takano, and O. Matsuda, "Kokopin app: A mobile platform for biogeography," *Proceedings of the 2nd ACM International Workshop on Multimedia Analysis for Ecological Data*, pp.35-40, MAED '13, ACM, New York, NY, USA, 2013. <http://doi.acm.org/10.1145/2509896.2509901>
- [8] S. Morishita, S. Maenaka, D. Nagata, M. Tamai, K. Yasumoto, T. Fukukura, and K. Sato, "Sakurasensor: Quasi-realtime cherry-lined roads detection through participatory video sensing by cars," *Proc. UBIComp '15*, pp.695-705, 2015.
- [9] 山本理絵, 吉野孝, "土地獲得ゲームを活用した地理情報付きデジタル写真収集システムの提案," *マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2014 論文集*, pp.1299-1306, jul 2014.
- [10] Y. Ueyama, M. Tamai, Y. Arakawa, and K. Yasumoto, "Gamification-based incentive mechanism for participatory sensing," *IEEE CROWDSENSING 2014 (First International Workshop on Crowdsensing Methods, Techniques, and Applications) in conjunction with IEEE PerCom 2014*, pp.98-103, 2014.
- [11] 篠原雅貴, 日向 慧, 飯塚直亮, 岩堀哲也, 川崎以七海, 三輪洋介, 岡田謙吾, 森川祐亨, 岩井将行, "大船渡における nfc・qr コードを用いたツーリズムアプリケーションの実証," *マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2015 論文集*, pp.575-580, 2015.

(注8)：阪神・淡路大震災「1.17 の記録」：<http://kobe117shinsai.jp/>