

## ユーザ操作に基づく適応型ストリートビューの検討

### Consideration of Adaptive Street View based on User Operation

里形 理興<sup>1\*</sup> 滝口 啓介<sup>2</sup> 福地 庸介<sup>2</sup> 今井 倫太<sup>1</sup>

Riki SATOGATA<sup>1</sup> Keisuke TAKIGUCHI<sup>2</sup> Yosuke FUKUCHI<sup>2</sup> Michita IMAI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 慶應義塾大学 理工学部

<sup>1</sup> Keio University

<sup>2</sup> 慶應義塾大学大学院 理工学研究科

<sup>2</sup> Keio University

#### Abstract:

風景を三次元的に閲覧できるサービスであるストリートビューでは、パノラマ画像の配置間隔が適していない場合、ユーザが見たい地点が見つらなくなる問題に対処する必要がある。本研究では、ストリートビュー内のユーザ操作から推定した興味度に基づいて、ばねモデルの元で表示するパノラマ画像データを選択する手法 ALPS を提案する。実験では、ALPS を用いたストリートビューを参加者に複数のタスクのもとで使用させ、ユーザの興味に沿ったパノラマ画像配置が実現できていることを確認した。

## 1 はじめに

モバイル端末の普及に伴い地図アプリケーションが発展してきており、より多様な情報をユーザに提供できるようになっている [3, 5]。一方で、地図アプリケーションは地理情報の提示に主眼が置かれていて、景観の情報が欠落している。ユーザが移動経路を地図アプリケーションによって確認したい場合、景観情報の欠落がデメリットになる場合がある。

街路を実際に歩いているような視点でパノラマ画像を閲覧できるサービス [4, 6] (以降、ストリートビューと呼称) を使うことで、地図に不足する景観情報を補うことができる。しかし、パノラマ画像の配置間隔が適切でない場合、ユーザが見たい地点が見つらなくなるのが課題である。

ユーザが見たい場所を見られない原因として、パノラマ画像の配置間隔が粗いことがある。原因としてパノラマ画像データが疎らにしか取得されていないことがあり、2枚のパノラマ画像から2枚の間の景観を補完するパノラマ画像を推定する手法が提案されている [7]。しかし、単にパノラマ画像を増やしてしまうと、ストリートビュー内を移動する際の操作量が増えてしまう。ユーザの操作量が増加することを抑えつつ各ユーザに必要な情報を提示するために、ユーザが必要としている情報を推定し、取捨選択した上で提供するパーソナ

ライゼーションを行う方法がある。従来研究では、地図におけるパーソナライゼーションは存在する [1] が、ストリートビューにおけるパーソナライゼーションはまだ考えられていない。

本研究では、ユーザ操作によって推測されるユーザの地点への興味度によってストリートビューのパノラマ画像の配置を適応的に変える手法 ALPS (Adaptive Location of Panoramic Street-images) を提案する。ALPS では、各パノラマ画像表示位置が、推定した興味度をもとに弾性力の変化するばねによって接続されているとみなす。ばねモデルで考えることにより、各パノラマ画像表示位置の疎密が連続的に容易に実現できる。ALPS によりユーザが興味のない地点では画像の配置が疎になることでスムーズに進み、ユーザは面倒に感じづらくなることが予想できる。また操作の観点以外でも、ユーザが興味のある地点の近くで画像の配置が密になることで、より様々な視点からの閲覧が可能になる。

## 2 背景

本章では研究の背景として、ストリートビューや地図アプリケーションにおける関連研究を紹介し、ストリートビューの課題について説明する。

\*連絡先： 慶應義塾大学 理工学部  
〒 223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1  
E-mail: satogata@ailab.ics.keio.ac.jp

## 2.1 パノラマ画像間隔の粗さに対する提案

ストリートビューではパノラマ画像内で視点を移動しながら近隣のパノラマ画像間を遷移できるため、ユーザにとってどの場所をどのような順番で移動したのかの把握が容易であることは利点である。しかしながら、現在のストリートビューではパノラマ画像の間隔が大きく、ユーザが自分の位置を見失ってしまうこともある。Zhaoら [7] はパノラマ画像間の実距離の大きさを撮影データ量を増やすことなく埋めるために、2枚のパノラマ画像間を補完するパノラマ画像を生成する手法を提案した。

## 2.2 地図パーソナライゼーション

地図上の情報過多により、ユーザが欲しい情報を得ることが困難になりうる問題を解決する方法として、地図のパーソナライゼーションが考案されている。Aoidhら [2] は、地図アプリケーションを閲覧する際のユーザのマウスの動きやクリックに基づいて地図に対するユーザの興味が測れることを示し、ユーザに必要なと思われるアプリケーションの機能を推薦する CoMPASS を作成した [1]。小林ら [8] は地図上およびストリートビュー上の操作からユーザの意図を推測し、推測結果からユーザに必要なストリートビューの景観画像を統合した地図を出力するシステムを提案した。

## 2.3 課題

ストリートビューにおいてユーザが見たい場所を見られないという課題は、パノラマ画像の枚数を増やすことによって解決できる。しかし、多すぎるパノラマ画像はユーザの操作量を増やすことにつながり、ユーザは快適に情報を取得することが困難になる。ユーザの操作量が増加することを抑えつつ各ユーザに必要な情報を提示するために、ユーザが必要としている情報を推定し、取捨選択した上で提供するパーソナライゼーションを行う方法が考えられる。従来研究では地図アプリケーションのパーソナライゼーションは多くなされているが、ストリートビューにおいてパーソナライゼーションを行なった例はない。

## 3 提案

ALPS(Adaptive Location of Panoramic Street-images) は、ユーザが興味のある地点にストリートビューのパノラマ画像配置が集中するように、パノラマ画像を再配置する手法である。興味のある地点への集中を実現する仕組みとして、経路の各地点にユーザの

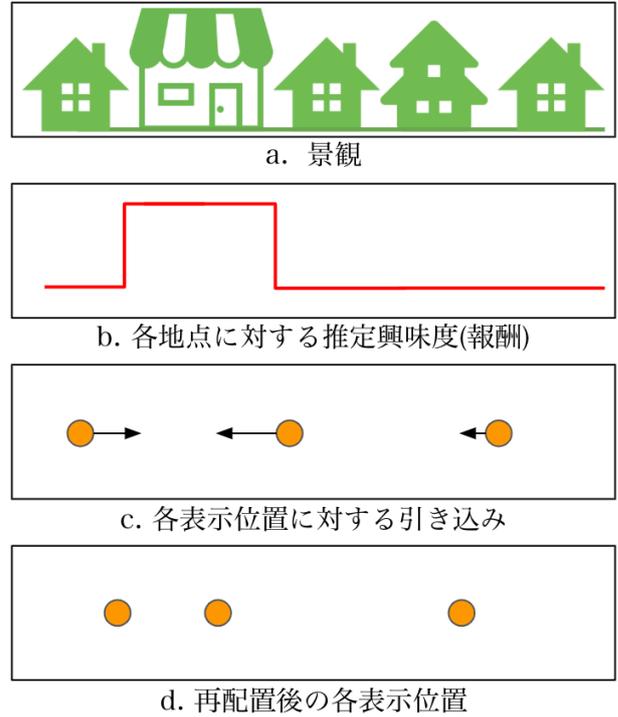


図 1: ALPS の概念図

興味の度合いが設定されると考え、各パノラマ画像表示場所には興味度の高い位置へと引き込まれていくよう、その前後から興味度のより大きいほうへと移動させる (図 1)。

以上のような仕組みは、各パノラマ画像表示位置が、興味度をもとに弾性力の変わるばねで接続されているとみなすことができる。まず、自然長が0で  $k_A$ ,  $k_B$  のばね定数を持つばねによって左右から接続された物体を考える。左端から右端までの長さを  $L$  とすると、物体は左端から  $\frac{L \times k_B}{k_A + k_B}$  の位置でつりあう。すなわち、 $k_A$  が大きくなるほど物体の位置は左端に寄っていく。以上の考え方を複数のばねで接続されたパノラマ画像表示位置として拡張する。更新は微小距離に区切って  $i$  回行うものとする。はじめは各パノラマ画像表示位置の間隔が等しくなるように並んでいるとすると、 $n$  番目のパノラマ画像表示位置を  $x^n$  は以下の式で初期化、および更新される。

$$x_i^n = \begin{cases} \alpha \times n & (i = 0) \\ x_i^{n-1} + \beta(x_{i-1}^{n+1} - x_{i-1}^{n-1}) \frac{k_{i-1}^{n,n+1}}{k_{i-1}^{n-1,n} + k_{i-1}^{n,n+1}} & (i \neq 0) \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $\alpha$  は初期状態におけるパノラマ画像表示間隔を表す定数であり、 $\beta$  は1より小さい定数である。 $\beta$  をつりあいの位置を表現する項に乗することで微小距離を表現している。 $k^{n,n+1}$  は  $x^n$  と  $x^{n+1}$  の間にあるばねのばね定数を表している。本手法においては以下の



図 2: 撮影した経路は A-B 間の約 120m(地図データ ©2019 Google, ZENRIN)

ように表現される。

$$k_i^{n,n+1} = \frac{\sum_{x \in [x_i^n, x_i^{n+1}]} r(x)}{N} \quad (2)$$

$r(x)$  は各パノラマ画像データの位置に存在する興味度を表す関数である。  $N$  は  $x^n$  と  $x^{n+1}$  の間にあるデータ数を表す。すべてのばね定数は、ばねの両端間の興味度の平均として表現する。興味度が変化するたびにすべてのパノラマ画像表示が弾性力によるつりあいを保つように移動させる。

ストリートビューにおいてユーザが後方に進む操作をする場合、ユーザは何か見たい対象を見落としたということが推測される。ALPS はユーザが後方に進んだ後再度前方に進む操作をもとに、操作の発生したパノラマ画像表示位置と次のパノラマ画像表示位置の区間における、ALPS の推測するユーザの興味度を増加させる。一般のストリートビューでは見落としがパノラマ画像間隔の広さに起因する時、後方に進んでもユーザは目的の対象をよく見ることができず、ユーザは再度前方へ進行することになる。ALPS によってパノラマ画像の再配置を行うことで、ユーザが再度前方へ進行した時にユーザの興味地点と推測された地点の新しいパノラマ画像が表示される。

## 4 実験

実験では、ALPS を用いて実装したストリートビューを 3 つの異なるタスクのもとで実験参加者に使用させ、

使用後に得られた推定興味度および配置の有効性を検証する。データの撮影場所は夢見ヶ崎動物公園 (図 2) である。パノラマ画像データは VIRB 360<sup>1</sup> を用いて天球動画を撮影した後、121 枚の天球画像を切り出し、画像 0 から画像 120 まで通し番号をつけたものを用いた。

3 つの異なるタスクの内容は以下のようにになっている。検索タスクは、経路の中に一つだけ存在する自動販売機を探すタスクである。自動販売機は初期配置の状態から見つけることができるが、そのままでは正面から観察することは難しい。環境把握タスクは、経路を閲覧した後、どのような経路であったかを答えるタスクである。計数タスクは、経路内に存在する動物を見て、動物の種類と数を答えるタスクである。1 つのタスクにつき 5 名ずつ、合計 15 名の参加者に使用してもらった。

## 5 結果

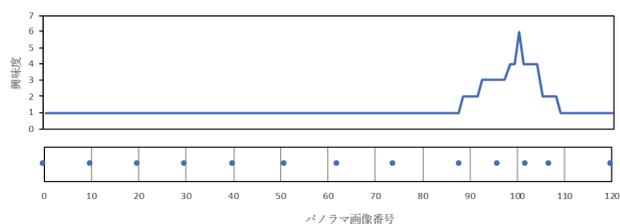
図 3 に各タスクにおいて記録された推定興味度および、記録されたパノラマ画像配置を各タスクにつき一つずつ示した。

検索タスクにおいて、自動販売機は画像 102 地点で正面から観察できる。5 名の参加者は全員が 90~110 付近で前後に移動し、その付近に興味があると推定された。全ての参加者がパノラマ画像配置が変化したことによって正面から自動販売機を捉えることができた。図 3a の下部グラフから、画像 100 付近にパノラマ画像配置が集中していることが観察できる。

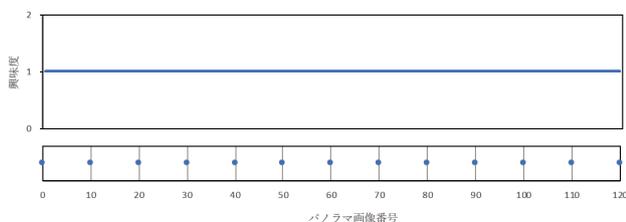
環境把握タスクにおいては、参加者に注目すべき地点を明示的に与えなかったため、各参加者間で興味度や配置に共通する特徴はみられなかった。図 3b の一例では、参加者は一度も後退操作をしなかったため、配置は実験中常に初期配置のままであった。他の例では興味度が上昇する例もあったが、全ての参加者で共通しておらず、各々の興味にしたがって閲覧した結果だと考えられる。

計数タスクでは、程度に多少はあったが、どの参加者もタスク達成のために複数回ストリートビュー内で引き返す操作を行なった。全ての参加者の興味度で、マーカー (パノラマ画像番号 30 前後) 付近の地点では興味度が高くなった。初期配置の角度からだと見えづらいためにユーザが再確認するべく引き返した結果だと考えられる。他に、ラマ (画像 70 前後) やホンシュウジカ (画像 100 前後) の存在する地点でも、一部参加者の興味度が高くなっていることが確認できた。計数タスクは検索タスク、環境把握タスクと比較して多くの場所に注目する必要があるため、あまり注目しなくても

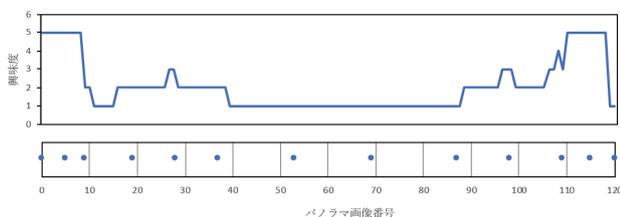
<sup>1</sup><https://www.garmin.co.jp/products/intosports/virb-360/>



a. 検索タスクにおける一例



b. 環境把握タスクにおける一例



c. 計数タスクにおける一例

図 3: 各タスクにおける全参加者の推定興味度と、得られた配置のうち一つ

よい地点でパノラマ画像表示位置が疎らになる傾向も顕著に見られる例があった

## 6 今後の課題

ALPS では、ストリートビュー閲覧時に前後する移動操作に対し、その付近の地点に興味があるとみなした。興味度を上昇させるトリガーとなる操作や、上昇のさせ方については更なる調査が必要である。

ALPS では、ストリートビュー内での移動に基づく興味推定を用いたが、地理的特徴やユーザの注視方向や注視時間からも興味度が推定できる可能性がある。興味推定の手法については、ユーザのシステムへの印象評価も踏まえつつ検討していく必要がある。

## 7 結論

本論文では、ユーザ操作によって推測されるユーザの地点への興味度によってストリートビューのパノラ

マ画像の表示位置を適応的に変更する手法 ALPS を提案した。

ALPS では、ストリートビュー内でのユーザ操作からユーザの地点への興味度を推定し、推定された興味度に基づいてパノラマ画像表示位置を変更する。各パノラマ画像表示位置は、推定した興味度をもとに弾力力の変化するばねによって接続されているとみなす。結果、パノラマ画像表示位置はユーザの興味度が高い地点付近に集中し、ユーザの興味度が低い地点では疎らになる。

タスクによってユーザが興味を向ける地点を操作して行なった実験の結果、ALPS でユーザの見たい地点に集中するパノラマ画像配置を実現可能なことがわかった。

今後は ALPS のような適応的なインタフェースがユーザに与える影響も考慮しながらシステムを発展させていく予定である。

## 参考文献

- [1] E. Mac Aoidh and M. Bertolotto. Improving spatial data usability by capturing user interactions. In *The European Information Society: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, pp. 389–403, 2007.
- [2] E. Mac Aoidh, M. Bertolotto, and D. C. Wilson. Analysis of implicit interest indicators for spatial data. In *Proceedings of the 15th Annual ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems*, pp. 1–4, 2007.
- [3] Bing. Bing maps. <https://www.bing.com/maps>.
- [4] Bing. Streetside: Dynamic street-level imagery via bing maps. <https://www.microsoft.com/en-us/maps/streetside>.
- [5] Google. Google maps. <https://www.google.com/maps>.
- [6] Google. ストリートビュー - 絶景や世界の名所を見て回ろう. <https://www.google.co.jp/intl/ja/streetview/>.
- [7] Q. Zhao, L. Wan, W. Feng, J. Zhang, and T. Wong. Cube2video: Navigate between cubic panoramas in real-time. *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol. 15, No. 8, pp. 1745–1754, Dec 2013.
- [8] 小林加織里, 北山大輔, 角谷和俊. オンライン地図におけるユーザ操作に基づくストリートビュー自動生成システム. In *DEIM Forum*, 2010.