

# 空間演算に基づく遭遇率を考慮したスポット推薦システムの提案

吉村 晴夏<sup>†,a</sup> Panote Siriaraya<sup>‡,b</sup> 王 元元<sup>‡,c</sup> 河合 由起子<sup>‡,d</sup>

<sup>†</sup> 京都産業大学 <sup>‡</sup> 京都工芸繊維大学 <sup>‡</sup> 山口大学 <sup>‡</sup> 京都産業大学/大阪大学

a) g1645375@cc.kyoto-su.ac.jp b) spanote@gmail.com c) y.wang@yamaguchi-u.ac.jp d) kawai@cc.kyoto-su.ac.jp

**概要** 近年、外出先など屋内外で経路案内やスポット検索など地図検索サービスの利用が増加しているが、異なる場所にいる人との待ち合わせなど、地図の共有利用の需要も増加している。複数人の共有利用として、ユーザの嗜好抽出や SNS 分析による POI 抽出により、複数人にとって嗜好性の高いスポットを推薦する研究が広く行われている。本研究では、先行研究である地図上の複数の地点を起点とした同心円上の集合演算を可能とする空間演算に基づき、複数のユーザに対して最適な範囲内にあるスポットの推薦システムを提案する。特に、遭遇を避けたい等でユーザに関する情報の少ない場合に CF と空間演算による遭遇率の低いスポット推薦を提案する。

**キーワード** ジオタグツイート分析, スポット推薦

## 1 はじめに

近年、外出先など屋内外で経路案内やスポット検索など地図検索サービスの利用が増加しているが、異なる場所にいる人との待ち合わせなど、地図の共有利用の需要も増加している。複数人の共有利用として、ユーザの嗜好抽出や SNS 分析による POI 抽出により、複数人にとって嗜好性の高いスポットを推薦する研究が広く行われている [1, 2]。また、地図検索を利用する際の携帯端末の画面制約の解消や操作性の向上を目指したインタフェースの研究も存在する [3]。しかしながら、空間および時間の演算は困難である。例えば、「現在地から 500m 圏内のコンビニ」の問い合わせは、「コンビニ」の地図検索結果に「500m」のとなる制約指定が可能であれば 2 トランザクションにより検索可能であるが、(Q1) 現在地から 500m 圏内で友人のいる場所から 50m 圏内にある共通のコンビニや、(Q2) 現在地から車で、かつ友人のいる場所から徒歩圏内で待ち合わせできるコンビニ、または (Q3) 現在地から 500m 圏内にあるが、大学から 1km 圏内にはないカフェ、といった問い合わせはできない。そこで本研究では、遭遇を避けたい等でユーザに関する情報の少ない場合に CF と空間演算による遭遇率の低いスポット推薦手法を提案する。これまで我々は、地図上の複数の地点を起点とした同心円状の集合演算を可能とする空間演算に基づき、複数のユーザに対して最適な範囲内にあるスポットの推薦システムを提案した。本稿では、これら空間演算を用いて、特に遭遇率の低いスポット推薦を提案する。



図 1 時空間範囲演算システムの概要

## 2 複数地点間のスポット検索及び遭遇回避スポット推薦システムの概要

本研究では、地図上の複数の地点を起点とした同心円上の集合演算を可能とする空間演算に基づき、複数の起点間に対して最適な範囲内にあるスポットの推薦システムを提案する (図 1)。ユーザは、他者の位置と待ち合わせしたいスポット名、そして徒歩や車といった自分を含めた移動形態を入力する。提案システムはそれらの情報から複数人にとって最短で待ち合わせ可能なスポットの候補を地図上にプロット提示する。これにより、他ユーザとの効率的な待ち合わせや、一方で他ユーザとの遭遇率を低下させるスポットの取得が可能となる。

本稿では、提案する空間演算に基づくスポット検索及び回避スポット推薦手法を提案する。

### 3 関連研究

#### 3.1 地図検索

地図検索の代表的なルート検索では、最短経路だけでなく、景色のよい、心地の良い、安全性などの基準を考慮したルート検索に関する研究がある [4]。また、Google Maps や Bing Maps などの地図検索サービスは単純なロケーションを含めたキーワードや文章で構成されているが、複数地点の空間演算はできない。なお、PostGIS や Espacenet などの近接演算子を用いた検索語間の距離や位置関係を指定して問合せする近接演算があるが、本研究では地図上での直感的な空間演算を実現できる点が特徴である。

#### 3.2 嗜好抽出と位置情報 SNS 分析によるスポット推薦

複数人の嗜好を抽出し集団意思決定手法を用いて統合することで、嗜好に適した観光地の推薦を行う研究 [1] や、スポットごとに最も有効な環境要因の組合せを用いる環境要因モデルと、CF を用いて旅行者の嗜好を記述する人的要因モデルを融合させた観光行動モデルを用いた旅行ルート推薦手法 [2] が提案されている。また、位置情報サービスのチェックイン回数・場所、チェックイン間の移動距離などを分析しユーザ行動への影響を評価し、POI を推薦する手法 [5] が提案されている。

### 4 空間演算に基づくスポット推薦システム

#### 4.1 空間演算と空間長算出の定義

本章では、地図上の複数の地点を起点とした同心円上の集合演算を可能とする空間演算について述べる。まず、提案する空間演算は下記を前提とする。

**定義 1:** 最小の空間演算の問い合わせ (SQ) は「 $A_{\square}$  [空間演算子] 空間長 $\square\alpha$ 」の形式とする。

$A$  と  $\alpha$  はキーワードであり、 $A$  を起点とした空間上の  $\alpha$  の検索を意味する。先行研究より提案した空間演算子 [6] に続いて数値と単位を記述する。

(例)「 $A_{\square}1km_{\square}\alpha$ 」は「 $A$  から 1km 圏内の  $\alpha$ 」

**定義 2:** 最小の空間演算 SQ の問合せを集合演算子の組合せ「 $SQ^1 \cup SQ^2 \cup \dots = SQ^+$ 」で記述できる。

(例) 「 $(A_{\square}80m_{\square}\alpha) + (B_{\square}60m_{\square}\beta)$ 」は「 $A$  から 80m 圏内の  $\alpha$  と  $B$  から 60m 圏内の  $\beta$  の和集合」

#### 4.2 集合演算子

上記の定義に基づき、待ち合わせスポットや遭遇率を低下させるスポット検索を集合演算の和「+」、差「-」、積「\*」より実現する (図 2)。

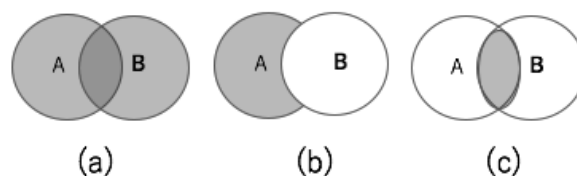


図 2 (a) 和演算 (b) 差演算 (c) 積演算

**和演算 (例 1)** 「 $(A_{\square}3km_{\square}\alpha) + (B_{\square}3km_{\square}\alpha)$ 」

$A$  と  $B$  の 3km 圏内の和演算 (図 2 (a))

**差演算 (例 2)** 「 $(A_{\square}3km_{\square}\alpha) - (B_{\square}3km_{\square}\alpha)$ 」

$A$  と  $B$  の 3km 圏内の差演算 (図 2 (b))

**積演算 (例 3)** 「 $(A_{\square}3km_{\square}\alpha) * (B_{\square}3km_{\square}\alpha)$ 」

$A$  と  $B$  から 3km 圏内の積演算 (図 2 (c))

#### 4.3 起点からの空間長算出

空間演算に必要な起点からの空間長 (半径) を算出する。まず、地図入力インタフェースより起点の緯度経度と移動速度  $v$  を取得する。次に移動速度の最も遅い起点  $A$  と次に遅い起点  $B$  間の直線距離を算出し起点  $A$  からの半径  $l_{AB}$  を  $(2v_A + 1) / (2v_A + 2v_B)$  として算出し、 $A$  から半径  $l_{AB}$  までの移動時間  $t_{AB}$  を算出する。また、 $A$  と最も直線距離の遠い起点  $C$  との半径  $l_{AC}$  を同様に算出し、移動時間  $t_{AC}$  を算出し、移動時間の長い方の移動時間を  $t_{max}$  とし、これより他全ての起点  $p$  の空間長  $l_p$  は移動速度  $v_p$  と時間  $t_{max}$  より算出される。

空間演算に基づいた複数地点間スポット検索 Web システムは、ユーザからの Web リクエストの入出力となる Web 入出力処理と前節の空間演算式への変換処理と空間演算処理の 3 つの要素で構成される。

#### 4.4 Web 入出力処理と空間演算式変換

ユーザの入力は起点の地点名と徒歩や車といった移動形態とする。取得した地点名から緯度経度に変換し、移動形態から速度に変換する。また、友人等のいる別の場所の地点名と移動形態も同時に入力する。そして、カフェやコンビニといったスポットの属性を入力し、最後に集合演算子を選択する。出力結果は、地図に各起点と移動形態に適した円が描かれ集合演算に基づいて検索されたスポットがプロット推薦される (図 1)。

次に、取得した地点名と緯度経度、移動速度より各起点の空間長を算出する。各起点と空間長、スポットの属性と集合演算より空間演算式へ変換する。

#### 4.5 空間演算処理

空間演算式は先行研究 [6] の Web リクエスト<sup>1</sup>によって空間演算処理される。これにより、各起点から空間長

<sup>1</sup><http://yklab.kyoto-su.ac.jp/~sakata/spatialQuery/>



(A1) 積集合

図3 車と徒歩による待ち合わせスポット推薦例 (積演算)



(A2) 3地点間積&差集合

図5 複数地点のスポット推薦例: 対象を避けつつ二人で待ち合わせ



(A3) 差集合

図4 複数地点のスポット推薦例: 対象を避けたスポット推薦



図6 遭遇率を考慮したスポット推薦

の指定範囲内にあるスポット情報 (位置や店舗名, 評判等) のリストを得ることができる。最後に, 取得したリストから集合演算を行う。

#### 4.6 CF に基づく遭遇率算出

現在地が不明な会いたくないユーザとの遭遇率を下げるスポットの推薦手法は, 対象ユーザの属性と類似する他ユーザを選別し, それらユーザの訪問先店舗 (現在地のを起点とした一定距離内) との CF 値を算出し, 値の低い下位  $n$  店舗を推薦する。

具体的には, まず, 事前にツイートコンテンツから各ユーザの特徴語を抽出する。次に, ユーザが避けたいユーザの属性を入力する。例えば, K 大学, R 学部, 男性といった属性となる。入力された属性キーワードを特徴とするユーザを選別し, それらユーザ群 ( $U_{G1}$ ) を対象ユーザと仮定し, ユーザがチェックイン (I'm @) した各店舗のチェックイン数を総チェックイン数で割った平均値を算出する。各店舗の平均値を対象ユーザの評価値として, 下記のピアソン相関より各店舗の類似性を算出する。  $U$  は  $U_{G1}$  以外のユーザ集合,  $I$  は店舗集合,  $r_{u,i}$  はユーザ  $u$  の店舗  $i$  に対する評価値 (チェックイン数),  $\bar{r}_u$  はユーザ  $u$  の評価平均である。

$$W_{\text{対象},u} = \frac{\sum_{i \in I} (r_{\text{対象},i} - \bar{r}_{\text{対象}})(r_{u,i} - \bar{r}_u)}{\sqrt{\sum_{\text{対象} \in U} (r_{\text{対象},i} - \bar{r}_{\text{対象}})^2} \sqrt{\sum_{\text{対象} \in U} (r_{u,i} - \bar{r}_u)^2}} \quad (1)$$

対象ユーザの店舗  $i$  に対する評価予測は下記となる。

$$P_{\text{対象},i} = \frac{\sum_{u \in U} (r_{u,i} - \bar{r}_u) W_{\text{対象},u}}{\sum_{u \in U} |W_{\text{対象},u}|} \quad (2)$$

図6に対象ユーザの訪問確率の低いスポット推薦例を示す。現在地の範囲内のスポットに対して, CF より算出された店舗を決定する。ここでツイートの評価対象となっていない店舗に対しては, CF より抽出された店舗の距離を決定することで, 空間演算よりその範囲内にある店舗も遭遇率の高い店舗として抽出できる。例えば, 評価予測値が 0.8, 半径の最大値を 100m 圏内とした場合, 80m 圏内にある店舗も推薦対象から除外される。

## 5 プロトタイプ構築と検証

### 5.1 スポット推薦システムの有用性検証

提案手法の有用性を判定するためユーザ評価実験を行い, 満足度をシステムユーザビリティスケール (SUS)

によって判定する。評価は、提案手法であるスポット推薦システムと従来手法である Google Maps で比較する。5 名を被験者とした。各参加者には両方の手法を使い、2つの検索課題をしてもらった。被験者に出題した問いは、1) 大徳寺と龍安寺からの徒歩での待ち合わせスポット、2) 京都御所にいる友人との遭遇率を低下させるスポット検索課題の2つである。スポット推薦システムの課題は簡単な例を示してからテスト用サイトの URL を載せ、解答してもらった。Google Maps では、Google Maps を使えば検索方法は自由としている。解答後に主観的満足度である SUS のアンケートを行った。この心理尺度は、10 項目の質問に対して全くそう思うから全くそう思わないまでの5段階のリッカート尺度で評価してもらうことで、手間が少なく具体的な評価が得られるものである。

実験結果は、正答率については Google Maps を用いた場合の平均は 10%、スポット推薦システムを用いた提案手法では平均が 90% となり、提案手法を用いた場合ほとんどの人が課題で求めたスポットを正しく見つけることとなり。また、満足度については Google Maps を用いた場合では平均 2.03 であったが、時空間演算を使った手法の平均は 3.96 となり、おおよそ倍に向上した。

## 5.2 複数地点間のスポット推薦

図 1 に実装したスポット推薦システムのインターフェースを示す。プロトタイプでは、起点は現在地をデフォルトとし携帯端末より緯度経度を取得し、移動形態は徒歩 (80m/m) と車 (400m/m) とした。また、待ち合わせの場合を「meeting area」とし、遭遇を避けたい場合を「avoid area」として集合演算の積と差を設定した。提案システムは複数人にとって最短で待ち合わせ可能なスポットの候補を地図上にプロット提示する。

図 3, 図 4, 図 5 にスポット推薦結果の例を示す。(A1) は現在地から車で、友人のいる場所から徒歩圏内にあり待ち合わせできるコンビニの検索結果である。(A2) は現在地から徒歩圏内にある他者が大学にあり、他者の車移動の圏内でないカフェの結果である。(A3) は 1 人を避けつつ、2 人で待ち合わせできるカフェの推薦結果である。これにより、他ユーザとの効率的な待ち合わせや、一方で他ユーザとの遭遇率を低下させるスポットの提供が確認できた。

## 5.3 遭遇率を低下させるスポット推薦

ユーザは、起点として地名を入力する。なお、「現在地」の入力がデフォルトとなっており、その場合は自動取得する。次に自身の移動形態を入力する。そして遭遇したくない他者の情報 (性別, 年齢, 会社の所在地等) を入力し、目的のスポット名 (例えばカフェ, レストラン, 地下鉄) を入力し、検索を実行する。提案システム

は入力された情報から遭遇率の低いスポットを地図上にプロットする。

## 6 まとめ

本論文では、地図上の複数の地点を起点とした同心円上の集合演算を可能とする空間演算に基づき、複数の起点間に対して効率良く待ち合わせや遭遇率を低下させるスポットの検索手法を提案し、プロトタイプを実装した。また、ユーザ評価による正答率と SUS の満足度に基づく有用性の評価実験を行った。実験では平均正答率が 90% となり、また平均満足度は Google Maps を用いた場合と比較しておおよそ倍の 3.96 となり、提案手法の有用性が確認された。現在は他者間との直線距離を用いているが、今後、それらの集合結果から実際に移動にかかる時間を算出し、最短となるスポット提供を実現する予定である。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 16H01722, 17K12686, 17H01822, 19K12240 の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] 奥園基, 牟田将史, 平野廣美, 益子宗, 星野准一. 複数人での旅行における嗜好分析による観光地推薦システムの提案. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2015, No. 19, pp. 1-8, 2015.
- [2] 笠原秀一, 田村和範, 飯山将晃, 椋木雅之, 美濃導彦. 行動履歴に基づく地域の環境要因を考慮した観光行動モデルの構築とその応用. 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 5, pp. 1411-1420, 2016.
- [3] K. Church, J. Neumann, M. Cherubini, N. Oliver. The "Map Trap"? An Evaluation of Map Versus Text-based Interfaces for Location-based Mobile Search Services. In *19th international conference on World wide Web*, pp. 261-270. WWW, 2010.
- [4] D. Quercia, R. Schifanella, L. M. Aiello. The Shortest Path to Happiness: Recommending Beautiful, Quiet, and Happy Routes in the City. In *Proc. the 25th ACM conference on Hypertext and social media*, pp. 116-125, 2014.
- [5] 落合桂一, 深澤佑介, 山田渉, 松尾豊. 位置情報サービスの利用状況を活用した poi 推薦手法. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. 2017, p. 2, 2017.
- [6] 阪田晴香, Panote Siriaraya, 王元元, 河合由起子. 検索ワード間の空間演算の提案と地図検索への応用. 情報処理学会論文誌データベース (IPJSJ-TOD), 第 80 巻, 2019.