

地域特性理解促進のための画像・検索クエリ・GISデータに基づくデジタルマップアプリケーション

久保田 祐輝^{1,a)} 安納 爽響^{1,b)} 谷口 智美^{2,c)} 坂本 隆之^{3,d)} 辻本 顕^{3,e)} 安田 啓紀^{3,f)}
宮崎 光世^{4,g)} 石川 貴明^{5,h)} 坪内 孝太^{5,6,i)} 下坂 正倫^{1,j)}

概要：近年、町おこしや地域ブランディング事業など、地域独自の特性を活用した地域計画事業の重要性が増している。特にインターネットや携帯端末の普及に伴い、SNSを活用したプロモーションや、地域活性化を目的としたアプリケーションなど、ICT技術の活用が着目されている。しかしながら、現在開発されているアプリケーションの多くは地域の来訪者を主対象としたものであり、地域計画事業の施行者を支援するためのアプリケーションは見受けられない。そこで、本研究では地域計画事業者を支援することを目的としたアプリケーション CityScouter を提案する。CityScouter は地域景観の特性と、地域滞在者の特性という二つの側面に着目する。地域内にどのような人々が滞在しているか、また地域のどのような景観が人々の誘客に関与したかについての理解を促すことで、地域計画の方新策定に貢献することを目指す。実際にアプリケーションを使用した地域計画事業の専門家の批評に基づき、CityScouter の地域計画事業に対する貢献可能性を検証する。

1. 序論

近年、町おこしを始めとした地域創生に関する取り組みや、観光地のブランディングによる来訪者の誘客など、地域の活性化を目指した計画事業の重要性が高まっている。中でも、SNSを活用した地域のプロモーションや [15]、デジタルサイネージの活用 [16] など、ICT 技術を活用した地域計画事業の支援が着目されている。

また、位置情報を活用することで、地域の活性化を目的としたアプリケーションも数多く開発されている。例えば、地域の情報が記載された地図を、現在地に重ねて表示するアプリケーション [14] や、周辺の観光スポットの推薦を行うアプリケーション [12] などが提案されている。このようなアプリケーションは、地域内の魅力の伝達や、周遊行動の利便性の向上を図ることで、来訪者の体験の質向上を目的としている。すなわち、地域の来訪した人々を対象に、どのようにして満足度を向上させるかに注力している。

一方で、地域計画事業を推進する立場である計画事業者を支援することを目的としたアプリケーションは見受けられない。これは、地域来訪者を対象としたアプリケーションと比較して、地域計画事業者を対象としたアプリケーションにはより高度な機能が要求されるためであると考えられる。地域計画事業における目的は、地域に特有の魅力や資源を発信することで、ターゲットとなる特定の人々を地域に誘客することに帰着されると考えられる。つまり、地域計画事業者は最終的にどのような人々に来訪して欲しいかを考慮した上で、計画方針の策定を行う必要がある。この観点に基づく、地域計画事業者を支援するアプリケーションには、地域来訪者を対象としたものよりも俯瞰的な視点に基づいた知見を提供することが望まれる。しかし、このような知見を提供することは容易ではなく、実際にこれまで地域計画事業者の支援を目的として提案された

¹ 東京工業大学 情報理工学院 情報工学系
Department of Computer Science, School of Engineering,
Tokyo Institute of Technology
² TANIGUCHI TOMOMI DESIGN
³ 株式会社日建設計
Nikken Sekkei Ltd.
⁴ 兵庫大学 現代ビジネス学部 現代ビジネス学科
Department of Contemporary Economic Studies, Faculty of
Contemporary Economic Studies, Hyogo University
⁵ ヤフー株式会社
Yahoo Japan Corporation
⁶ Yahoo! JAPAN 研究所
Yahoo! JAPAN Research
^{a)} kubota@miubiq.cs.titech.ac.jp
^{b)} anno@miubiq.cs.titech.ac.jp
^{c)} i.talk.him@gmail.com
^{d)} sakamotot@nikken.jp
^{e)} akira.tsujimoto@nikken.jp
^{f)} hiraki.yasuda@nikken.jp
^{g)} kosei@hyogo-dai.ac.jp
^{h)} tishikaw@yahoo-corp.jp
ⁱ⁾ ktsubouc@yahoo-corp.jp
^{j)} simosaka@miubiq.cs.titech.ac.jp

アプリケーションは見受けられないのが現状である。

そこで、本研究ではこれまでに例のない、地域計画事業者を支援することを目的としたアプリケーションの開発を試みる。前述したように、地域計画事業者には、将来的にどのような人々を地域に誘客するかを考慮した上で、計画の方針を策定していくことが要求される。この観点を考慮すると、現段階において地域内にどのような人々が滞在しているかを把握することができれば、地域の現状の理解に貢献すると考えられる。一方、現状を把握するだけでは将来的な開発の方針を策定することは困難である。現段階で地域に滞在している人々の特性に加え、地域のどのような特性が人々の誘客に寄与したのかを併せて理解することで、開発方針の策定に貢献することが可能となる。

そこで、本研究では地域滞在者の特性に加えて、地域景観の特性を把握することを試みる。これは、地域景観は地域の商業施設や交通網といった機能的な特性とは独立して、来訪者の誘客に寄与するという仮説に基づく。例えば、埼玉県川越市は小江戸の街並みを備える観光地として人気を博しており、数多くの観光客の誘客に成功している。この地域は、商業施設といった地域の機能が着目されたのではなく、地域の景観を魅力的に感じた多くの人々が来訪している。つまり、地域の景観は、工夫を施すことで特定の人々の誘客にも活用可能であると考えられる。また、地域の景観は、地域の機能と比較して変更を加えやすいという利点も存在する。例えば、地域機能の充実を目指した場合、交通網の整備や商業施設の建設といった大きな労力と費用を必要とするが、地域景観の洗練は容易に行うことが可能である。この観点からも、地域への来訪者の誘客を目的とした計画事業と、地域の景観という観点は親和性が高いと考えられる。

これらの観点を踏まえ、本研究では、地域計画事業者の支援を目的とし、地域の景観と地域の滞在者に着目したアプリケーションである CityScouter を提案する。提案アプリケーションは、地域景観の特性を解析する機能と、地域滞在者の特性の提示を行う機能の両方を備える。具体的には、アプリケーションを介して景観を撮影することで、撮影された景観の魅力度を機械学習モデルが推論を行い、定量化されたスコアとして表示する機能を搭載する。さらに、写真撮影が行われた位置情報を参照することで、周辺地域の滞在者が潜在的に有している欲求や、頻繁に検索されるクエリをランキング形式として提示する。これらの機能に基づき、提案アプリケーションは、地域にどのような人々が滞在しており、地域景観のどのような特性が該当する人々の誘客に寄与したのかについて理解することを支援する。

本研究の貢献は以下のようにまとめられる。

- 地域景観の魅力度を定量化する機能と、潜在的欲求の定量化技法を使って、訪問者・居住者の特性を提示す

る機能を搭載し、地域計画事業者の支援を目的としたアプリケーション、CityScouter を提案する。

- 実際にアプリケーションを使用した地域計画事業の専門家による批評に基づき、CityScouter の地域計画事業に対する貢献可能性を検証する。

関連研究

多種類データに基づく地域の分散表現の獲得。位置情報に基づくモビリティの流動データや、商業施設におけるユーザーのチェックインデータなどを活用することで、地域を低次元のベクトルとして表現した研究事例が存在する [7], [8], [10]。Wang ら [7] は各地域間におけるタクシーの移動履歴に着目することで、地域の分散表現を獲得している。Zhang ら [10] はユーザーの移動履歴に加え、POI の分布に代表される各地域の特徴も追加で考慮し、複数の観点に基づき地域の特性を数値化した。これらの研究では地域を数値で表現することに成功した一方で、獲得された数値を解釈することは困難であるという課題が存在する。すなわち、得られた数値が何を意味するのかを把握し、具体的な地域の開発方針の策定に応用することは困難である。

地域滞在者及び地域景観に対する解析。検索クエリや画像データを活用することで、地域の滞在者の特性、及び地域景観の特性の解析を試みた研究事例が幾つか存在する [2], [3], [5], [6], [9]。Sakamoto ら [6] は、ユーザーの位置情報と検索クエリに基づき、各地域の滞在者が潜在的に有している欲求を定量化している。さらに、Li ら [5] は滞在者の欲求を行政区分に基づき算出することで、得られた値の解釈性を向上することに成功した。また、Dubey ら [2] は Google Street View より収集された景観画像を活用することで、地域の景観に対して人々が何を知覚するかを定量化している。Zhang ら [9] は同様の技術を活用し、算出されたスコアを現実の地図に重ねて表示することで、人間の知覚に基づいた地域の特性を可視化している。これらの研究は、地域滞在者が有する欲求や、地域景観に対する知覚を解析しており、地域の現状を理解することに貢献する。しかしながら、これらの研究は地域景観のみに着目したものの、または地域の滞在者のみに着目したもののいずれかに分類される。一方で、地域景観の特性と、地域の滞在者が有する特性を組み合わせることで、地域への有客の観点から、将来的な開発の方針策定に寄与した研究は存在しない。

2. 地域計画事業者を支援するアプリケーションにおいて重要な観点とその課題

本章では、地域計画事業者を支援することを目的としたアプリケーションにおいて、重要となる機能とそれに伴う課題に関して述べる。

2.1 地域計画事業者を支援するアプリケーションにおいて重要となる観点

本研究では、地域計画事業者を支援するためのアプリケーションに求められる機能を以下のように定義する。

- 地域への誘客に貢献する発見が得られる。

地域計画事業において、どのようにして地域への誘客を促すかは重要な観点となる。従って、地域への誘客に貢献する情報・知見を提供するアプリケーションは、地域計画事業者に対しても有益性が高いと考えられる。

- 一次情報からは分からない新たな知見が得られる。

計画対象地域においてどのような施設や資源が存在するかなど、調査すればすぐに判明する事実を提示するだけではアプリケーションの有益性は不十分である。通常の情報からは得られない、新たな知見を提供することが、地域計画事業に対する貢献をもたらすと考えられる。

2.2 地域の活性化に貢献するアプリケーション

近年地域の活性化に貢献するアプリケーションが数多く開発されている [11], [12], [13], [14]。例えば、上田ら [14] は、古地図やイラストの地図を、位置情報に基づき現在地に重ねて表示するアプリケーションを提案している。提案されたアプリケーションを使用することで、地域の歴史に関する理解を深めたり、周辺の情報を観光スポットを強調して表現した地図で確認することなどが可能となる。観光地での利用という観点では、杉浦ら [12] は気分や興味に併せた観光スポットを推薦するアプリケーションを提案している。他にも、松林ら [13] は AR 技術を活用し、地域内で遊べるゲームアプリケーションを開発することで、訪問者の地域への誘客を試みている。また、酒井ら [11] はユーザーに対する実店舗の推薦を行うアプリケーションを開発し、地域内での周遊の利便性向上を図っている。

2.3 地域計画事業者を支援するアプリケーションにおける課題

前述したアプリケーションのように、地域計画事業との関連性が高いアプリケーションは数多く提案されている。しかしながら、これまで提案されてきたアプリケーションは、地域内での体験に着目したものや、地域内での観光の利便性向上を目的としたものなど、地域の来訪者を対象としたものがほとんどである。一方で、地域計画事業を推進する事業者の立場から、どのようにして人々を誘客するかに関する、方針の策定に貢献したものは見受けられない。さらに、地図を重ねて表示するアプリケーションや、周辺の観光スポットを表示するアプリケーションでは、近隣の情報を提示するに留まり、一次情報からは得られない新たな知見を提示したものではない。すなわち、これまで提案されたアプリケーションにおいて、2.1 節に提示された項

目を全て満たすものは管見の限り存在しない。

3. CityScouter が搭載する機能の詳細

先述の通り、地域計画事業者を支援するアプリケーションには、一次情報からは得られない、地域の有客に貢献する知見を提供することが求められる。本研究ではこれらの機能を実現するアプリケーションである CityScouter を提案する。本章では、CityScouter が搭載する機能と、機能の実現手法に関して述べる。

3.1 CityScouter の機能の概要

CityScouter には大きく分けて以下の三つの機能が搭載されている。

- (1) 地域の景観を撮影することで、撮影された景観の魅力度を定量化する機能。
- (2) 地域滞在者が潜在的に有する欲求を表示する機能。
- (3) 周辺地域に関連した統計量を表示する機能。

まず、アプリケーションを起動すると図 1 に示されるような画面が表示される。この時、中央に表示された SELECT ボタンをタップすることで写真の撮影を行うことが可能である。写真撮影を行うことで、撮影された景観の画像と撮影が行われた位置情報が API に送信され、レスポンス内容が図 2 に示される画面に表示される。画面では前述した定量化された景観の魅力度、及び滞在者の潜在欲求や地域統計値を一覧として確認することが可能である。以下、各機能のより詳細な情報や定量化手法に関して述べる。

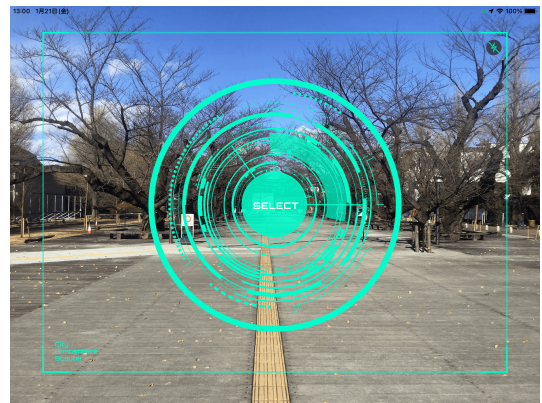


図 1: CityScouter 起動時に表示される画面。画面中央をタップすることで写真の撮影が行われる。

3.2 景観画像スコアの提示機能

CityScouter では、撮影された景観の魅力度を、「雰囲気が良いと感じるか」、「秩序を感じるか」、「高価さを感じるか」、「こだわりを感じるか」という 4 つの軸に基づき測定を行う。景観画像からこれら 4 つの軸に対するスコア推論を行うモデルを構築し、API に導入することで、撮影された画像に対して推論されたスコアを表示する。推論された

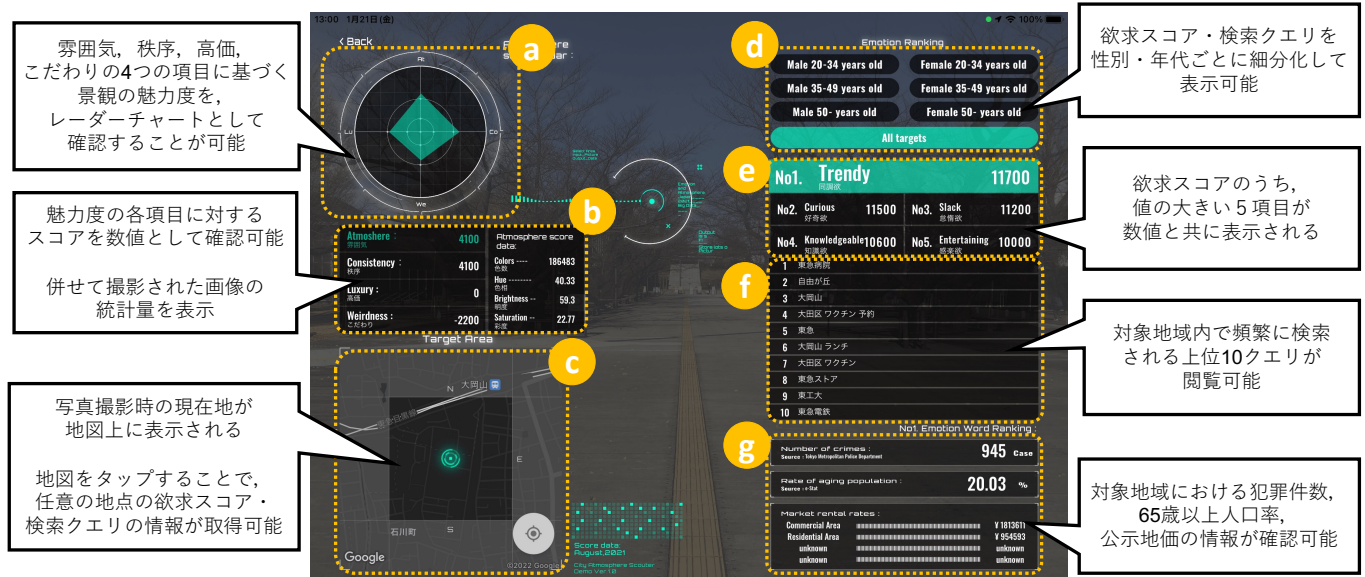


図 2: 写真撮影後に表示される画面。画面からは景観画像の魅力度（図中 a・b）、地域滞在者が潜在的に有する欲求（図中 e）、地域内で頻繁に検索されるクエリ（図中 f）、地域に関連した統計情報（図中 g）を確認することが可能である。

スコアの値は 4 つの軸ごとに数値として確認することが可能であり（図 2 中 b 参照）、正に値が大きいほど該当する軸の特性が強く検出され、反対に負に値が大きいほど該当する軸の特性が弱く検出されたことを意味する。また、アプリケーションでは、これら 4 つの軸に関するスコアの値をレーダーチャートとして表示することで、（図 2 中 a 参照）景観魅力度の大まかな傾向を即座に理解することを可能とする。

3.2.1 景観画像スコアの定量化手法

本節では、景観画像に対する魅力度スコアの定量化手法に関して述べる。本研究では景観画像を入力として受け取り、魅力度スコアを推論するモデルを構築する。推論モデルの概略を図 3 に示す。推論モデルは、まず MobileNet[4] を使用することで画像から特徴量を抽出し、その後「雰囲気」、「秩序」、「高価」、「こだわり」の 4 つの軸に対応する魅力度を Softmax 関数を使用することで、複数段階の評価に対応した確率分布として出力する。以下、構築したモデルの詳細を記す。

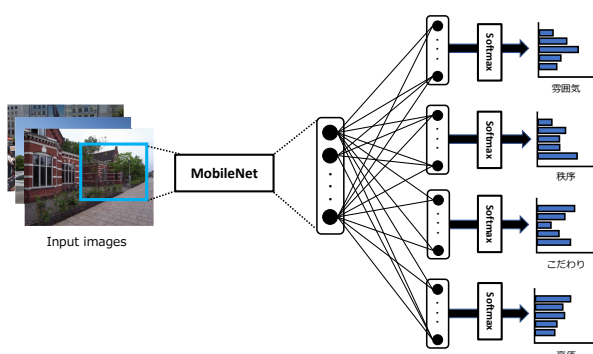


図 3: 本研究で使用する景観画像スコア推論モデルの概略図

景観を魅力的であると感じるかは個々人の感性に左右される指標であり、魅力的である・魅力的でない、のように二値的に判定することは困難である。この観点に基づき、本研究で構築するモデルでは、景観の魅力度を 5 段階の尺度に基づく確率分布で出力することを試みる。例えば、魅力度の内「雰囲気の良さ」に関する軸であれば、景観画像の雰囲気の良さを 5 段階の尺度で評価し、画像が各評価段階に該当する確率を推定する。この処理を前述した「雰囲気」、「秩序」、「高価」、「こだわり」の 4 軸について同時に行い、全ての軸に対するスコアの確率分布をまとめて推定する。スコアを確率分布として推定することで、景観画像から抱く印象に対する個々人のバラつきを考慮することが可能となるため、推定精度の向上が期待される。

また、人々が景観を魅力的であると感じるか、すなわち何を知覚するかは、景観に映り込んだ被写体や、物体によって大きく左右されると考えられる [9]。この観点に基づき、本研究では特徴量抽出器として用いる MobileNet に対して、ImageNet[1] による事前学習を行う。つまり、画像のクラス分類用に学習されたモデルを用い、画像に写り込んだ物体を考慮した特徴量を抽出する。最終的に、得られた特徴量を各軸の推定のために設けた 1 層の全結合層に入力として与え、Softmax 関数を適用することで確率分布を出力する。

3.3 地域滞在者の特性提示機能

続いて、地域滞在者の特性提示に関する機能について述べる。CityScouter は写真撮影を行った位置情報に基づき、周辺地域の滞在者が潜在的に有している欲求と、頻繁に検索されるクエリをランキング形式で表示する機能を備え

る。滞在者の潜在的欲求は、同調欲、好奇心、生活安定欲、金銭欲、物欲、服従欲、欲楽欲、知識欲、性欲、生存欲、怠惰欲、食欲という12種類の項目で表現されており、各欲求項目と対象地域間の関連性の強さが、検索クエリのカテゴリに基づきスコア化される。アプリケーションではスコアの大きかった欲求項目のうち上位5項目を、数値と共にランキング形式で確認することが可能である(図2中e参照)。また、対象地域内で頻繁に検索されるクエリに関しても、検索数の多かった上位10クエリを確認可能である(図2中f参照)。

さらに、CityScouterでは、これらのスコア化された滞在者の欲求と検索クエリに関する情報を、特定の性別・年代で対象ユーザーを絞り込んだ上で表示することが可能である。標準時では全ユーザーを対象として算出された値が表示されるが、男性・女性という性別の区分に加え、20から34歳、35から49歳、50歳以上、という年齢の区分に基づき、対象ユーザーの絞り込みが可能である(図2中d参照)。

また、欲求のスコアと検索クエリの情報は写真撮影時に限らず、写真撮影後の画面から任意の地点に関しても取得可能である。写真撮影後の画面には現在地を示した地図が表示され(図2中c参照)、この地図をタップする度に、タップされた地点の欲求のスコアと検索クエリの情報が表示される。従って、当機能を用いることで現地を訪れずとも、任意の地点における滞在者の欲求の特性を参照することが可能となる。

現在、CityScouterでは欲求のスコア・検索クエリの解析対象地域を、総務省によって定められた1/2地域メッシュに基づき定めている。すなわち、各地域は約500m四方のメッシュで表現され、アプリケーション使用時には写真撮影地点を内包するメッシュに紐付いた情報が提示される。現段階のアプリケーションでは埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、福井県、京都府、大阪府、兵庫県の1都2府5県に対応しており、これらの地域内であれば欲求のスコア・検索クエリの閲覧が可能である。

3.3.1 地域滞在者の潜在的欲求の定量化手法

本節では、アプリケーションで使用されている、地域滞在者が潜在的に有している欲求の、定量化手法に関して述べる。本研究では位置情報履歴と検索クエリを活用することで都市滞在者の潜在的欲求を解析した研究[5]、[6]で提案された手法を参照している。

先行研究では、ユーザーの位置情報履歴から各地域への訪問者を特定し、訪問者の検索履歴を参照することで、地域と検索クエリとの対応関係を作成している。前述したように、滞在者の潜在的欲求は12種類の欲求項目で表現されている。ユーザーが検索したクエリは、12種類の欲求カテゴリとの関連性の強さに基づきスコア化され、最終的に地域に対する重要度に基づき重みが配分された上で、地域

の潜在的欲求の算出に使用される。

このとき、各クエリの地域に対する重要度はTF-IDFに基づき算出している[5]、[6]。具体的には、解析対象地域の全域でよく検索されるようなクエリは、普遍的なクエリであると判断される。すなわち、このようなクエリは地域の特性を強く反映しているものではないと考えられるため、最終的な欲求のスコア算出に対する寄与度は低く設定される。一方で、一部の地域でのみ頻繁に出現するクエリは、その地域の特性を強く表していると考えられるため、寄与度は大きく設定される。これらの指標に加え、解析対象地域の全域で、対象クエリを検索した人数を考慮することで最終的な重みを算出する。解析対象地域における欲求のスコアは、欲求項目との関連性でスコア化したクエリに対し、前述した重みを用いた加重平均により求める。

3.4 地域統計量の提示機能

最後に、周辺地域の統計情報を表示する機能に関して述べる。CityScouterは行政区分に基づいて集計された、犯罪件数・公示地価・65以上人口率の3種類の統計情報を提示する機能を搭載している。アプリケーションで写真を撮影することで、撮影地点の位置情報に基づき該当する市区町村の統計情報が表示される。現時点でのアプリケーションでは本機能は東京都のみに対応しており、犯罪件数は警視庁^{*1}のホームページより、公示地価は国土数値^{*2}より、65歳以上人口率は政府統計の総合窓口^{*3}よりそれぞれオープンソースとして提供されているデータを使用している。

4. 景観画像スコア推定モデルの性能評価実験

CityScouterに搭載されている景観画像のスコア推定を行うモデルの性能を評価するために、実際の景観画像を使用した性能評価実験を行った。

4.1 景観画像の魅力度に関する指標の設計

4.1.1 景観画像に対するスコアの付与

本研究では、景観画像に対するスコアの付与にYahoo!クラウドソーシング^{*4}を活用する。Yahoo!クラウドソーシングは、アンケート調査などの簡易な作業を不特定多数のYahoo!JAPANユーザーに対して依頼できるプラットフォームである。本研究ではこのサービスを活用することにより、不特定多数のユーザーから景観画像に対して抱く印象をアンケート形式で収集する。具体的には、ユーザーはある雰囲気項目に関して、景観画像からどの程度その要素を知覚するかを5段階評価に基づき回答する。例えば、雰囲気の良さに関する調査であった場合、ユーザーは

^{*1} <https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/index.html>

^{*2} <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>

^{*3} <https://www.e-stat.go.jp/>

^{*4} <https://crowdsourcing.yahoo.co.jp/>

調査対象の景観画像と共に「とても雰囲気が悪い」、「雰囲気が悪い」、「どちらでもない」、「雰囲気が良い」、「とても雰囲気が良い」という5つの選択肢が提示される。ユーザーはこれらの選択肢の中から最も直感に合うと感じた選択肢を単一選択する。また、同一ユーザーが同じ画像に対し、複数回答を行うことによる擬似相関の発生をさけるために、本研究ではユーザーに紐付けられた一意なIDを活用することで、同一のユーザーに対しては、常に異なる画像に関する設問が割り当てられるようにしている。クラウドソーシングの調査対象となった景観画像は合計2,418枚存在し、最終的には画像ごとに魅力度に関連した5段階評価の各回答件数が得られる。

4.1.2 景観の魅力度に関する指標の選定

3.2節で述べたように、本研究では景観の魅力度を「雰囲気」、「秩序」、「高価」、「こだわり」という4つの軸に基づき計測しているが、これらの指標の選定手順に関して述べる。

景観に対する魅力度は、抽象的であり個々人の感性にも左右される指標である。そこで、本研究では魅力度という指標を複数の観点から総合的に判断することを試みた。具体的には、景観の魅力度を測定するために「雰囲気のよさ」、「親しみやすさ」、「秩序を感じるか」、「こだわを感じるか」、「綺麗さ」、「訪れたいか」、「興味を抱くか」、「澄んでいると感じるか」、「高価であると感じるか」の9つの軸を試験的に設定した。その上で、各軸に対応したスコアを算出し、スコア間の相関係数を求めることで、比較的独立性の高い軸のみを魅力度の指標として選定している。

各軸のスコアの算出には前述したYahoo!クラウドソーシングの回答結果を用いている。より詳細には、クラウドソーシングによる結果の収集後に、5段階評価のうち最も評価の低い選択肢から順に $[-2, -1, 0, 1, 2]$ のスコアを付与し、画像ごとに回答されたスコアの平均値を算出することで、各軸の数量化を行う。例えば、ある画像に対して雰囲気の良さの回答結果を集計した際に、とても雰囲気が悪い:10件、雰囲気が悪い:15件、どちらでもない:25件、雰囲気が良い:25件、とても雰囲気が良い:25件、という結果が得られた場合、画像の雰囲気の良さに関するスコアはその平均値 $(-2 \times 10 - 1 \times 15 + 0 \times 25 + 1 \times 25 + 2 \times 25) / 100 = 0.40$ となる。9つの軸に対応したスコアの集計を行い、各軸のスコア間の相関係数を算出した結果を図4に示す。相関行列から、多数の軸のスコア間において、強い正の相関関係が観測されたことが確認できる。先述の通り、景観の魅力度を総合的に判断するためには、比較的独立性の高い軸を用いることが望ましい。そこで、雰囲気の良さを基準の軸として設け、雰囲気の良さとの相関係数が0.84以下であった軸のみを選出した。その結果、「秩序」・「こだわり」・「高価」の3項目が選出され、最終的にこれらの軸と「雰囲気」を併せた4項目を景観の魅力度を計測するための軸として

定めた。

このように、本研究では魅力度と関連性が高いと思われる軸を多数用意し、クラウドソーシングによって一度スコアを集計した結果から、比較的独立性の高い軸を抽出している。なお、9つの軸に対してクラウドソーシングを行うことは莫大なコストを要するため、軸の選定においては画像を300枚のみに限定した上で相関係数を算出している。その上で、魅力度の指標として適切な軸を決定した後に、追加の調査を実施することでデータ量を拡充した。最終的に、4つの軸に関してクラウドソーシングの回答結果が付与された2,418枚の画像データセットを作成した。

秩序	1.00	0.69	0.85	0.70	0.59	0.77	0.79	0.76	0.64
こだわり	0.69	1.00	0.78	0.76	0.82	0.67	0.78	0.74	0.54
綺麗さ	0.85	0.78	1.00	0.88	0.80	0.91	0.83	0.94	0.83
訪れたい	0.70	0.76	0.88	1.00	0.91	0.84	0.71	0.93	0.86
興味	0.59	0.82	0.80	0.91	1.00	0.73	0.67	0.85	0.75
澄んでいる	0.77	0.67	0.91	0.84	0.73	1.00	0.71	0.88	0.84
高価	0.79	0.78	0.83	0.71	0.67	0.71	1.00	0.76	0.56
雰囲気	0.76	0.74	0.94	0.93	0.85	0.88	0.76	1.00	0.92
親しみ	0.64	0.54	0.83	0.86	0.75	0.84	0.56	0.92	1.00
	秩序	こだわり	綺麗さ	訪れたい	興味	澄んでいる	高価	雰囲気	親しみ

図 4: 9つの軸に対して算出されたスコア間の相関行列

4.2 モデルの性能評価における実験設定

本実験では、前述した回答結果のラベルが付与された景観画像データを用い、提案モデルの推定精度を検証する。画像に付与されたスコアを確率分布として推定する有効性を検証するために、比較手法として画像ごとに平均されたスコアを回帰するモデルを設ける。より詳細には、回帰モデルは4.1.2節で述べた、画像ごとに平均値を算出する処理を適用した結果を教師ラベルとして用い、学習を行う。すなわち、回帰モデルでは画像に対する個々人の回答のバラつきを考慮できない。モデルの損失関数として、提案モデルに関してはKLダイバージェンスを使用し、比較手法である回帰モデルには平均二乗誤差(MSE: Mean Squared Error)を使用する。両モデルにおいて、バッチ数は32に設定し、学習率0.0001のもと50エポック学習を繰り返した。

両モデルの推定精度を5分割交差検証に基づき、平均絶対誤差(MAE: Mean Absolute Error)において比較を行った結果を表1に記載する。なお、提案モデルの推論結果は5段階評価に対する確率分布として得られるが、4.1.2節において述べた手法と同様の手順に基づき平均スコアを算出した上で、MAEを算出している。

表1の結果から、提案モデルであるスコアを分布として推論するモデルが、比較手法である回帰モデルよりも推定精度で上回っていることが分かる。これは前述した通り、

表 1: 推論モデルによる各軸に対する予測精度の比較. 評価指標として MAE を使用.

モデル	雰囲気	秩序	高価	こだわり	全体平均
平均値推定	0.256 ± 0.028	0.272 ± 0.028	0.272 ± 0.016	0.301 ± 0.024	0.277 ± 0.023
確率分布推定	0.239 ± 0.023	0.267 ± 0.020	0.263 ± 0.026	0.290 ± 0.019	0.265 ± 0.021

スコアの平均値を取る処理は回答のばらつきに関する情報を失うこととなり、クラウドソーシングの結果を推定する上で重要な情報が損なわれることに起因すると考えられる。また、図 5 に提案手法における推論スコアと真のスコア間の散布図を示す。散布図からも、提案手法がスコア推論を高精度に行えていることが分かる。

5. CityScouter のフィージビリティ調査

本章では、実際に CityScouter によって推論された景観の中から、特徴的なスコアを示した画像の例を示すと共に、アプリケーションを使用した地域計画事業の専門家の批評に基づき、地域計画事業への貢献可能性について論ずる。

5.1 景観画像に対する魅力度推論の例

CityScouter によって実際に推論された景観の魅力度スコアのうち、ある項目のスコアが 1.0 よりも大きい値を示した画像の例を図 6 に、−1.0 よりも低い値を示した画像の例を図 7 に示す^{*5}。ここで、雰囲気の良さを例にとると、推定スコアが 1.0 を上回るということは、アンケート調査において「雰囲気が良い」・「とても雰囲気が良い」という回答が多く得られるとモデルが判断したと解釈できる。同様に、推定スコアが −1.0 を下回るということは、アンケート調査において「雰囲気が悪い」・「とても雰囲気が悪い」という回答が多く得られるという推測に対応する。図 6、図 7 から、荘厳な建築物や、自然景観において推論スコアが正に大きくなり、裏路地や閉塞感を感じる景観においては推論スコアが負に大きくなるなど、人間の直感にも合致する形でモデルが推論を行えていることが確認できる。

5.2 地域計画事業の専門家による批評

次に、実際に CityScouter を使用した地域計画事業の専門家から、アプリの有益性に関して述べられた批評の一部を下記に記載する。

- A 氏（建築設計事業者）：「アプリケーションを利用することで、同じ『繁華街』と形容されるような場所でも東京と大阪では感じられる雰囲気が違う、ということが欲求偏差値の傾向が違うことから確認できるようになった。これまでは主観的で計測が困難かと思っていた場所の雰囲気に関する感覚が 4 つの分類ごとに点数化され共有できるようになったことで、例えば点

数に突出した値が出たときの要因等について具体的に議論することが可能となったと考えられる。」

- B 氏（行政 CDO 補佐官）：「CityScouter を使用する利点として、景観の魅力度を統一的な尺度に基づき理解可能となる点が挙げられる。さらに、地域の開発事業に伴い、地域に大きな変化が生じた状況下において、滞在者の特性を把握できる機能が、地域に生じた変化が滞在者の需要と合致しているのかを確認することに貢献している。CityScouter は地域の雰囲気を変えるための取り組みや、地域の歴史や文化を活用した事業との親和性も高いと考えられる。モデルの推論結果に対し、景観画像のどの部分が大きく関与しているかを特定することができれば、アプリケーションの価値がより高まると考えられる。」

批評の内容から、CityScouter に搭載されている景観の特性を解析する機能、滞在者の潜在的欲求を提示する機能が、通常とは異なる観点から地域を理解することに貢献していることが分かる。一方で、地域の滞在者が、地域内のどのような景観の特性に影響され誘客したかを明らかにするためには、モデル推論の解釈性を向上させるなど、改善が必要な点も発見された。

6. 結論

本研究では、地域創生や地域ブランディングといった、地域計画事業の施行者を支援することを目的としたアプリケーション CityScouter を提案した。地域の活性化に貢献するアプリケーションの大半は、地域来訪者を主対象として作成されていたものであったが、本研究で提案したアプリケーションでは、人々を地域へ誘致する計画の策定に貢献する情報を提供することで、地域計画事業者に対しても有益性の高い機能を搭載した。

CityScouter は地域景観の魅力度と、地域滞在者の有する潜在的欲求という二つの側面に着目した地域特性の提示を行う。実際にアプリケーションに搭載されたモデルによる推論が、我々の直感とも合致することが確認された。さらに、地域計画事業の専門家による批評に基づき、CityScouter が地域計画事業に対して貢献する可能性を有していることを確認した。

将来課題として、モデルの推論の解釈性向上が挙げられる。推論された景観の魅力度に対して、景観のどのような要素が大きく関与したかが明らかにされれば、地域計画事業に対してより重要な知見を提供することが可能となる。

^{*5} 実際のアプリケーションにおいては、スコアの視認性を高めるために、推論値の少数第三桁を四捨五入した上で 10,000 倍された値が表示される。

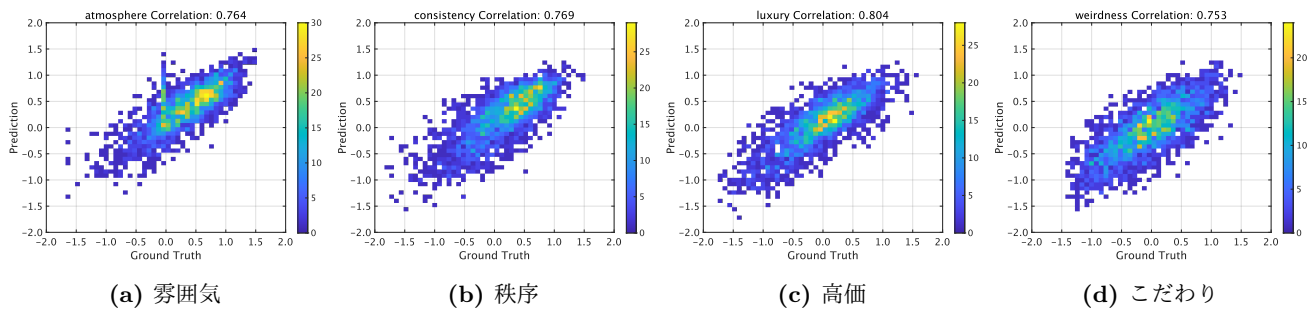


図 5: 事前学習に加えスコアの分布推定を行うモデルによる予測値と真値の散点図



図 6: モデルの推論結果が正に大きな値を示した画像の例



図 7: モデルの推論結果が負に大きな値を示した画像の例

参考文献

- [1] Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L.-J., Li, K. and Fei-Fei, L.: ImageNet: A large-scale hierarchical image database, *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (2009).
- [2] Dubey, A., Naik, N., Parikh, D., Raskar, R. and Hidalgo, C. A.: Deep Learning the City: Quantifying Urban Perception at a Global Scale, *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)* (2016).
- [3] Guan, W., Chen, Z., Feng, F., Liu, W. and Nie, L.: Urban Perception: Sensing Cities via a Deep Interactive Multi-Task Learning Framework, *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)*, Vol. 17, No. 1s (2021).
- [4] Howard, A. G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., Andreetto, M. and Adam, H.: MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications, *arXiv preprint arXiv:1704.04861* (2017).
- [5] Jinyuan, L., Soto, A., Takayuki, S., Hiraki, Y., Akira, T., Kota, T. and Masamichi, S.: Capturing spatial distribution of people interests with web queries and location data: A large scale empirical study of metropolises in Japan, *IPJS SIG Technical Report*, No. 18 (2021).
- [6] Sakamoto, T., Yasuda, H., Tsujimoto, A., Iwamoto, M., Hayakawa, Y., Usami, T., Tsubouchi, K. and Shimosaka, M.: CityAtmosphere: VR Image to Glimpse Wishes in the Air, *Adjunct Proceedings of the 2019 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2019 ACM International Symposium on Wearable Computers*, pp. 342–345 (2019).
- [7] Wang, H. and Li, Z.: Region Representation Learning via Mobility Flow, *Proceedings of the 2017 ACM on Conference on Information and Knowledge Management (CIKM)*, pp. 237–246 (2017).
- [8] Wang, Z., Li, H. and Rajagopal, R.: Urban2vec: Incorporating street view imagery and pois for multi-modal urban neighborhood embedding, *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, Vol. 34, No. 01, pp. 1013–1020 (2020).
- [9] Zhang, F., Zhou, B., Liu, L., Liu, Y., Fung, H. H., Lin, H. and Ratti, C.: Measuring human perceptions of a large-scale urban region using machine learning, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 180, pp. 148–160 (2018).
- [10] Zhang, M., Li, T., Li, Y. and Hui, P.: Multi-view joint graph representation learning for urban region embedding, *Proceedings of the 29th International Conference on International Joint Conferences on Artificial Intelligence (AAAI)* (2021).
- [11] 酒井政裕, 高明淑, 西沢孝浩, 阿部真美子: 地域活性化のためのスマートフォンアプリを用いた実店舗および商品の推薦, 第 14 回情報科学技術フォーラム, Vol. 2, pp. 303–306 (2015).
- [12] 孔明杉浦, 直人岩橋, 麻誉美芳賀: 観光スポット推薦アプリ「京のおすすめ」を用いた長期実証実験 (観光スマホアプリ), 観光と情報: 観光情報学会誌, Vol. 10, No. 1, pp. 15–24 (2014).
- [13] 松林静輝, 織田喜雄, 高橋大斗, 加藤雄輝, 白石陽, 新美礼彦, 高橋修: ケータイアプリによる体感型 RPG を用いた地域活性化サービスの提案, 第 73 回全国大会講演論文集, Vol. 2011, No. 1, pp. 229–230 (2011).
- [14] 上田洋, 高橋徹, 加藤文彦, 松村冬子, 小林巖生: Linked Open Data による公開情報と GPS 位置情報を用いたイラスト地図アプリの作成, 人工知能学会全国大会論文集 (2013).
- [15] 定平誠, 片山美緒: ソーシャルメディアによる地域コンテンツのウェブプロモーションー埼玉の特選観光サイトを事例にー, 日本テレワーク学会研究発表大会予稿集, Vol. 14, pp. 30–34 (2012).
- [16] 大野邦夫: 地域情報共有のためのデジタルサイネージ・コンテンツに関する一検討, 技術報告 1 (2019).