

移動ビッグデータを用いた公共空間の価値評価手法

坂倉 波輝^{1,a)} 米澤 拓郎^{1,b)} 田村 直樹^{1,c)} 永田 吉輝^{1,d)} 庄子 和之^{1,e)} 山口 公平^{1,f)}
浦野 健太^{1,g)} 河口 信夫^{1,2,h)}

概要：都市公共空間の価値評価を多様な観点で行うことは、行政施策の立案と評価、住民の QoL 向上のために今後益々重要となる。近年、スマートフォンなどから収集された移動ビッグデータの利活用が進んでおり、公共空間の価値分析にも適用することで、エビデンスベースでの政策立案につなげることができる可能性がある。本研究は、公共空間、特に公園を対象とし、市民の訪問距離と滞在時間の特徴を考慮した場所の埋め込みモデルを構築し、各公園の特徴をモデリングし、その特徴に応じた分類を可能とする手法を構築する。提案した手法に基づき、各公園の施設情報（面積や遊具数）を顕在的な価値と捉え、その顕在的な価値のみでは捉えられない公園の価値を潜在価値として捉え、各公園を定量的に評価可能とする手法の実現を目指す。

キーワード：スマートシティ、公共空間分析、移動ビッグデータ、価値評価

A method for evaluating the value of public space using mobility big data

1. はじめに

都市公共空間とは、都市において一般市民による交流やレクリエーション、森林保護や災害時の避難先など多様な利用目的のために開放されている公共空間である。都市公共空間の具体例として、公園、広場、歩道、道路があげられる。これらの都市公共空間は、多様な利用目的を備え、複雑な滞在が発生している空間である。また、地域住民の利用頻度が高い性質から都市公共空間は地域と密接に関わりを持ち、その充実度は都市の住みやすさや魅力、都市の持続可能性に深い関わりがある。例えば公園は、遊びの空間、憩いの場、運動の場など子供から高齢者まで幅広い年

齢層に多様な目的で利用され、近隣住民をはじめとした地域コミュニティ形成に貢献している [1]。更に、都市景観の形成、都市環境の形成・改善、都市の防災性向上、生物の多様性の確保など、社会や都市運営の観点でも都市公園は重要な空間である [2]。同様に、広場も都市公園と多様な利用目的が混在する空間である。社会的価値の観点では市民同士が集まり、交流することで地域コミュニティの形成を促進させる役割を持ち、文化的価値としては、イベントや祭りなどの行事開催空間としての役割から地域の文化的な多様性を支え、更に経済的価値として観光客が集まる役割もあるため、広場周辺の商業施設への恩恵もある。

行政にとってこれらの都市公共空間は重要な政策対象である一方で現状では2つの課題：1) 網羅的な利用実態把握の難しさと、2) 政策の効果測定の難しさがあげられる。行政でよく使われる都市公共空間の利用実態調査手法として、モニタリングとアンケートがある。モニタリングは、監視員を調査対象の都市公共空間に配置し、一定期間の利用実態を調査する手法である。また、アンケート調査は利用者に直接聞き込みをする手法である。これらの調査手法は、住民のリアルな声や実際の利用実態を計測する上で有効な手段である。一方で、予め調査対象と調査期間を設定

¹ 名古屋大学大学院工学研究科
Furo-cho, Chikusa, Nagoya, 464-8603, Japan
² 名古屋大学未来社会創造機構
Furo-cho, Chikusa, Nagoya, 464-8603, Japan
a) namiki@ucl.nuee.nagoya-u.ac.jp
b) takuro@nagoya-u.jp
c) tam@ucl.nuee.nagoya-u.ac.jp
d) teru@ucl.nuee.nagoya-u.ac.jp
e) shoji@ucl.nuee.nagoya-u.ac.jp
f) kohei@ucl.nuee.nagoya-u.ac.jp
g) urano@nagoya-u.jp
h) kawaguti@nagoya-u.jp

した上で限定された条件の上で調査が行われることが基本のため、行政が管理するすべての都市公共空間を長期的に調査するためには莫大なコストがかかるため実現が難しい。

本研究では、これらの問題を解決した都市公共空間の価値定量化手法を実現するため、1) 都市公共空間の利用実態のモデル化とクラスタリング、2) 都市公共空間の価値の定量化の2段階から構成されるアプローチを提案する。まず1)では、都市公共空間内の滞在の特徴を学習し都市公共空間ごとの利用実態を反映した多次元ベクトル（分散表現）を生成する。この分散表現は滞在の局所的な特徴を抽出した多次元ベクトルであり、学習する特徴量よりも低次元で表現される。次に都市公共空間ごとに対応した多次元ベクトルを用いて教師なし学習の一種であるクラスタリングを実行することで、似た滞在特徴を持つ都市公共空間ごとに分類することができる。これにより、大量の都市公共空間について人力では困難な相対的な比較を実現する。次に2)として、生成された各クラスごとに着目し、クラスを構成する各都市公共空間の供給情報を用いて価値の定量化を行う。価値の定量化では、公共空間の価値を顕在価値（例えば公園の場合では面積や遊具数などの指標）と潜在価値の和として評価する手法を提案し、同一クラスに含まれる都市空間の中でも潜在価値の高い公共空間の抽出を行う。本研究では評価実験として、都市公共空間の中でも数が豊富で多用な滞が見込める都市公園を対象に神奈川県藤沢市のデータを用いて検証した。一連の検証の中でクラスごとに潜在価値の分散が異なり、同一のクラスでも潜在価値に差ができることを確認した。これらの潜在価値の違いと実際の公園の周辺状況を比べることで潜在価値の意味の解釈を行った。本研究により、膨大にある都市公共空間について利用実態を反映したデータに基づいた優先順位付けが可能になり、既存の定性的な評価手法に加えて定量的な評価手法で判断基準を明確にできる可能性を示す。まとめると、本論文の貢献は以下の3点である。

- 移動ビッグデータを用いた滞在情報による都市公共空間の利用実態のモデル化手法を提案したこと
- 構築したモデルに基づいて都市公共空間の価値評価、特に潜在価値の評価手法を構築したこと
- 藤沢市の公園を対象とした実験を通じて市内の公園のモデリングと価値付けを実際に行ったこと

2. 関連研究

2.1 都市公共空間の価値評価

従来の都市公共空間の価値の定量的評価手法として、都市公共空間や周辺の空間構造や統計データに基づく手法と、人流データを用いた手法が存在する。それぞれで異なった視点から都市公共空間の価値定義や実態分析を提案している。

都市公共空間を位相幾何学のアプローチで分析する手法

の Space syntax[3] を用いて公園や庭園、動物園などの鑑賞や回収を目的する空間の役割や設計意図を分析する研究が行われている [4]。Space syntax は、1976 年に英国 UCL の Hillier らによって提唱された理論・手法であり、住宅の内部空間から都市空間まで規模に制限されずにシームレスな解析ができ、わが国の都市計画分野でも適用されている。Space syntax の特徴は都市の空間構造をグラフ理論を用いて位相幾何学的な尺度で取り扱うことにより、空間同士の接続性や空間全体を指標化し評価することができる点であり、木川らの研究では日本茶庭の露地の空間構造と役割との関係性を移動効率の優位性から分析している [5]。これらの手法では、対象とする空間の解析を統計情報だけでなく、空間構造をモデル化し数式化することで都市の分析や定量的評価を実現している。Space syntax による人流のシミュレーション結果が観測された人流の正確な反映を確認した研究結果 [6] もあり、都市計画の分野では信頼された手法であるが、この手法も空間構造という静的なデータに基づいた解析手法であり、動的な空間内の人の滞在傾向反映に重点は置かれていない。

国土交通省は、国または地方公共団体による公園の事業評価の評価方法について大規模公園費用対効果分析手法マニュアル [7] 及び小規模公園費用対効果分析手法マニュアル [8] にまとめている。当該マニュアルでは、公園事業の経済的価値を網羅的にまとめ、健康・レクリエーション空間の提供、都市環境維持・改善、都市景観、都市防災の4つの観点で公園を評価し、公園事業の費用対効果分析のための手法が提示されている [9]。この中で、公園の価値を公園施策の効用を貨幣価値で評価する効用関数法に基づいて定量化をしている。効用関数法では、公園の面積、公園へのアクセス距離、周辺の世帯所得、防災施設の有無などの複数のパラメータで構成された効用関数を用いる。この手法では公園や空間の利用価値を定量化するために、公園の価値に関連する統計要素を組み合わせたモデル式を作成し、経済的な指標で出力することで公園の価値の定量化を実現している。この手法は事業判断をするための評価手法としての親和性は高いが、実際の公園の利用実態に関連するデータの使用は限定的である。

2.2 移動ビッグデータを用いた滞在分析

次に移動ビッグデータを用いた研究例を示す。携帯端末の GPS データを用いた都市公共空間内の人流解析は盛んに行われており、静岡県の藤枝市は東京大学及び同大学の発のベンチャー企業と共同で公園内の人流解析により、昼夜間の人口密度の変化や移動・滞在傾向を分析するの実証実験を実施している [10]。この実証実験では GPS データのみならず、交通量や歩行者通行量を計測するセンサーも併用し分析精度の向上を図っている。また、玉田らは公園内に携帯端末の Wi-Fi プローブパケットを取得する Wi-Fi

パケットセンサを設置し、取得した情報を分析することで公園内の訪問者人数や滞在傾向を推定する研究を行っている [11]. 上野らの研究 [12] では、平日と週末の公園への来訪者数、来訪時間帯、公園へのアクセス距離を用いて公園の利用状況の変化を分析した。この研究では 2019 年、2020 年、2021 年の滞在量の出力結果を解釈し、コロナ前後での公園の利用傾向の変化を結論づけている。さらに、訪問数に限らず、訪問者の出発地と公園の距離を示すアクセス情報も活用することにより公園の利用実態を多角的に分析している点が優れている。しかし、この手法では 1 つ 1 つの公園の滞在傾向を人間が解釈する必要があり、複数の公園の解析や公園同士の共通する特徴を分析するためには解析者の負担が大きくなってしまう。そこで、本研究では複数の公園の滞在傾向を教師なし学習で分類して、1 度に複数の公園の解析を実施し、似た滞在特徴を持つ公園の分類手法を目指す。

本研究のアプローチと近い手法として、都市公共空間の需要を移動ビッグデータを用いて分析する研究が進められている。Jiiso らの研究 [13] や Li らの研究 [14] では位置情報付き SNS を用いて公園の滞在実態の集計及び SNS の投稿内容を学習し公園内での行動分析をすることで公園の需要を評価している。この研究は中国の主要都市すべての都市公園を対象としており、大量の移動ビッグデータを用いることにより広い範囲の中で複数の都市公園を同時に相対的に比較することができる。一方で、プライバシー保護が重視される近年において位置情報付きの SNS の収集・利用は難しくなっており、同様の手法を今後も利用することは困難である。また、需要を投稿内容から分析しているため、投稿をしないユーザー層の需要を反映できないという根本的な課題も存在する。

2.3 Area2Vec

都市空間の中で地域ごとのユーザーの土地利用特徴をモデル化するエリアモデリングの研究が盛んに行われている。エリアに隣接した施設の情報など、その地域の特徴的な静的なデータ (POI: Point of Interest) に基づく研究 [15] や移動遷移からエリアの特徴を定義づける手法 [16] がある。近年では GPS データを用いた都市空間の人流解析の研究は盛んに行われており、エリアモデリングにも人流データを用いる手法が提案されている。筆者らが提案している Area2Vec [17] は収集された GPS データからどの場所にどのくらいの期間滞在したのかを示す滞在データを用いたエリアモデリングの手法である。Area2Vec の特徴は、滞在データから各エリアの分散表現を教師なし学習でモデリングし、正解ラベル付きのデータを用いずにエリア利用形態の変化を捉え、エリア間の類似度算出も計算できる点である。本研究では Area2Vec を応用し、公共空間の価値評価手法を検討する。

3. 提案手法

本章では本研究で提案する利用実態を反映した都市公共空間のモデル化と価値の定量化手法について説明する。

3.1 都市公共空間の利用実態を反映した分散表現の生成

3.1.1 都市公共空間の分散表現の生成

本節では都市公共空間内の滞在履歴データと訪問距離データを用いて、似た利用実態を持つ都市公共空間群の分類を行う手法を説明する。本手法では都市空間をメッシュ化し、各メッシュにおける滞在時間長と滞在開始時間を用いてエリアモデリングをする Area2Vec [17] の手法を応用する。Area2Vec はエリアの滞在特徴の分散表現のために Word2Vec を応用した手法である。Word2Vec は自然言語処理において、単語周辺の意味情報を教師なし学習することにより各単語の分散表現を生成する手法である。Area2Vec では対象とする地域をメッシュ状に分割し、各メッシュの分散表現を生成していた。一方で、本手法では都市公共空間に含まれる滞在データのみを学習データとして使用することで都市公共空間の滞在特徴を反映した分散表現の生成を目指す。

Area2Vec では分析対象が都市の全域に及び、その中には住宅地、繁華街、ビジネス街など異なる機能を持つエリアで構成されている。そして、学習を経てエリアごとの滞在特徴 (滞在期間、滞在開始時間) の特性を多次元ベクトル (分散表現) で示す。この出力された分散表現を比較し、似た滞在特徴を持つエリアを同じグループにする (クラスタリング) ことで、似た機能を持つエリアのクラスタを作ることができる。一方、都市公共空間を対象に Area2Vec を試みる場合、運動、休憩、散歩などのもともと似ている機能を持つ空間のクラスタリングをすることになる。似た機能を持つエリアは似た滞在特徴を持つ可能性が高いため、滞在特徴のみを利用した学習のみでは生成される分散表現が似てしまい、クラスタリングが困難になる。そこで本研究では、都市公共空間の利用実態を知る上で滞在特徴だけでなく、どれくらいの遠い場所からアクセスしたのかを示す訪問距離の利用を試みる (表 1)。

図 1 に、本手法の構成図を示す。入力層には滞在が紐付けられている都市公共空間の ID を one-hot ベクトルで入力する。また、出力層は平日か休日か・滞在時間長・滞在開始時間・訪問距離の全組み合わせ数を次元数とした one-hot ベクトルである。Area2Vec では様々な特徴を持つエリア対象としてするため滞在時間長を 30 分ごとに区切り学習している。一方で、本手法では都市公共空間内の数分レベルの短期間の滞在にも着目したいため、30 分未満の滞在時間長を 0~2 分、2 分~5 分、5 分~10 分、10 分~20 分、20 分~30 分に分割している。このように着目したい滞在の特徴に紐付けられる出力層のラベルを他の滞在特徴より

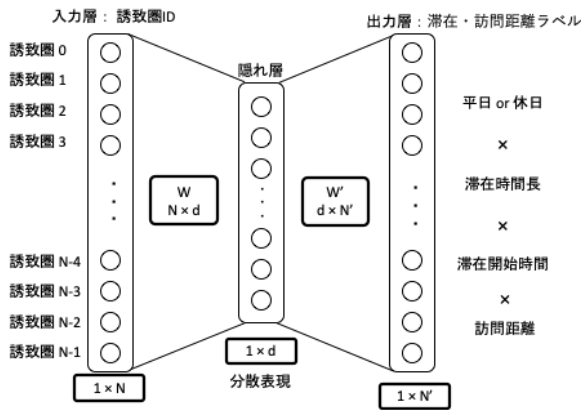


図1 都市公共空間内滞在の分散表現手法のアーキテクチャ

も多く確保することにより、着目したい滞在特徴を反映した分散表現の生成を期待できる。また、訪問距離については、匿名化された各ユーザーごとの生活拠点を推定し、都市公共空間までの距離を0 100m, 100m 250m, 250 500m, 1000m 5000m, 5000m 以上に6区分してラベリングする。

3.1.2 滞在特徴に基づく都市公共空間の分類

次に3.1.1で生成された多次元ベクトルで表現された都市公共空間の分散表現を教師なし学習であるクラスタリングを用いることによって、任意の数のクラスに分類された都市公共空間群を生成する。作成されたクラスは似た滞在特徴を持つ都市公共空間で構成されている。同じクラスに分類された都市公共空間が持つ共通点の意味的な解釈や考察をすることで、既存の手法では知り得なかった新たな都市公共空間の特徴の分析を目指す。

図2は、30個の公園を3つのクラスで分類した結果の例であり、左列は平日、右列は週末の滞在の積層グラフである。横軸は滞在開始時間、縦軸は滞在時間長ごとの滞在データ数であり、公園の面積で正規化処理を施した。図2において、上から2段目のクラス1は平日と週末ともに10時頃と15時頃に滞在が大きくなる傾向がある。一方で、クラス2では他のクラスに比べて全時間帯に滞在が分散しており、夜の19時頃に長時間の滞在が増える傾向がある。クラス数は任意の数を指定できるが、クラス数と反映している滞在特徴はトレードオフの関係にあり、注意が必要である。クラス数が少なすぎる場合は各公園の滞在特徴のうち、大まかに似ている特徴を元に公園群が生成され、各公園の細かい滞在特徴が反映されにくい。一方で指定するクラス数が多すぎる場合、公園の細かい滞在特徴もクラスタリング結果に反映できる反面、1クラスに所属する公園数が少なくなり、クラスに所属する公園の共通点の解釈が困難になる可能性がある。

3.2 都市公共空間の価値の定量化

3.2.1 都市公共空間の価値の定義

都市公共空間の価値を評価する上で、本研究では都市公

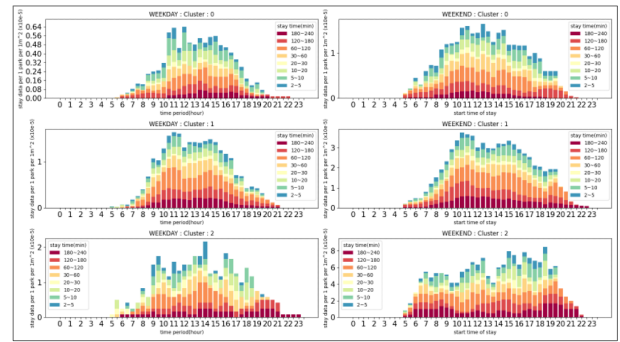


図2 クラスタリング結果の例

共空間の価値を顕在価値と潜在価値に分類して考える。顕在価値は、都市公共空間の面積や設備など供給量としての価値として、潜在価値は顕在価値として現れていない価値として定義する。潜在価値の例としては、都市公共空間の地理的な特徴や周辺地域の治安による影響など、都市公共空間単体ではなく、都市公共空間と地域との関係性から発生しうる価値など多種多様な要素が考えられる。もっともその要素の一部は関連研究で述べたようにSpace syntaxなどによる分析によって定量化は可能である。本研究では何らかの指標や分析によって定量化されうる要素は顕在価値として捉え、それ以外の要素を潜在価値として捉えることにより、未だ明らかになっていない価値に着目可能とし、それらの価値を有する空間に対する追加の分析や政策立案の一助として利用可能とすることを目指している。

3.2.2 都市公共空間の潜在価値の導出

3.1節で生成した各クラスは似た特徴をもつ都市公共空間の集合として考えることができる。本研究では同じクラスに属する都市公共空間が等しい価値を持つという仮定のもと、その価値が公共空間が有する顕在的な価値（面積や施設情報など施設が供給する価値）と潜在的に持つ価値の和で表現されると考え、各都市公共空間の潜在価値を導出する手法を提案する。まずはじめに、顕在価値を導出するために都市公共空間の供給量を準備する。例えば、面積、トイレの数、通路の幅など都市公共空間ごとに取得できる供給量を用意する。各供給量に対して、その供給量の最大値で割った正規化供給量を導出する（式1）。

$$\text{正規化供給量} = \frac{\text{供給量}}{\text{供給量}_{\max}} \quad (1)$$

次に、各種の正規化供給量を足し合わせる。このときに供給量の種類ごとに設定した重み係数を掛け合わせてその総和を都市公共空間の顕在価値として定義する（式2）。

$$\text{顕在価値} = \sum \alpha_i \text{正規化供給量}_i \quad (2)$$

i 供給量の種類

α 重み係数

最後に同一クラス内における（相対的な）潜在価値と

表 1 Area2Vec と提案手法の比較

比較項目	Area2Vec	提案手法
対象空間	メッシュエリア	都市公共空間
対象空間の規模	都市内全域	都市内に点在する限定的な箇所
対象空間の特性	異なる機能を持つエリア	似た機能を持つエリア
学習データ	滞在特徴 (滞在期間, 滞在開始時間)	滞在特徴と訪問距離

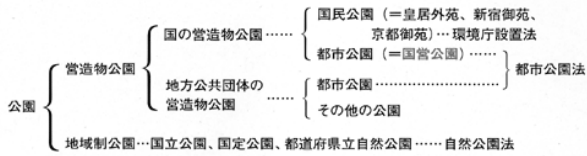


図 3 国土交通省による都市公園の定義

して、導出した顕在価値の逆数を取る (式 3)。

$$\text{潜在価値} = \frac{1}{\text{顕在価値}} \quad (3)$$

これにより、同一クラス内での各都市公共空間ごとの潜在価値の数値比較を可能とする。一方、異なるクラス間の比較は、クラスごとの潜在価値の分散を比較することが可能となる。この際、顕在価値は供給量から導き出した絶対評価であるが、潜在価値はあくまで同一クラスは等しい価値をもつという仮定に基づいた相対評価であることに注意が必要である。すなわち、異なるクラス間での潜在価値を比較しても、基準が異なるため意味をなさない。

4. 実験

4.1 対象空間：都市公園

本研究では、都市公共空間の中でも都市公園について着目する。都市公園とは、図 3 に示すように都市公園法により国または地方自治体が設置・管理する公園である。日本には 112, 716 箇所、面積にして約 12 万 ha の都市公園が存在しており、都市公園の数は毎年増加している [18]。都市公園は、緑地や道路などの他の都市公共空間とは異なり、一定時間の滞留を常に持ち滞在数が豊富な空間である。また、都市公園は大きさのちがいはあるものの、日本の各都市に存在し、日本以外の国でも同様に住民の暮らしに身近な都市公共空間である。本研究では都市公園及び周辺地域の移動ビッグデータを活用した分析を行う。

都市公園は、住区基幹公園、都市基幹公園、大規模公園、国営公園、緩衝緑地等の 5 つに分類される。[19] このうち、住区基幹公園は全体の公園の数の 9 割を占め、面積ベースでは住区基幹公園、都市基幹公園、大規模公園が 3 割前後を占める [20]。5 つの分類の中で、住民が自宅から歩いていける範囲に置かれているのが住区基幹公園である。住区基幹公園は誘致距離と公園面積の大きさから 3 種類に分類される。誘致距離とは、公共施設を利用する人の誘致圏の示す半円の距離であり、公園の場合は自宅から公園までのア

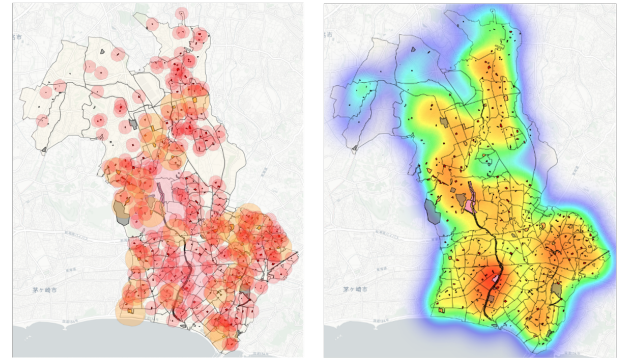


図 4 街区公園と近隣公園による誘致距離のカバーエリア (左) と藤沢市人口分布のヒートマップ (右)

クセス距離を示す。住区基幹公園の中でも、街区公園は最も誘致距離が短い 250m であり、面積は 0. 25ha が標準とされており、街区に居住する者の利用を想定している [19]。近隣公園は、街区公園の次に大きく点在している公園であり、誘致距離は 500m で標準面積は 2ha である。最後に地区公園は、徒歩圏内でのアクセスを想定した公園の中で最も大きい公園であり、誘致距離 1km で標準面積は 4ha である。これら 3 種類の公園のうち、街区公園は最も数が多く、都市の中で広く点在しており、最も住民に身近な公園であるといえる。本研究では、市民に身近に利用されており、市民の滞在が豊富であるために、主に街区公園と近隣公園を対象として分析を行う。

4.2 対象都市: 神奈川県藤沢市

本研究では、神奈川県藤沢市の都市公園を対象とする。藤沢市は、神奈川県の中央南部に位置し、人口が約 44 万人 (20 万世帯)[21] の都市である。藤沢市には 313 箇所の都市公園を有し、その 8 割以上 (269 箇所) は街区公園である。小さい都市公園が多数配置されていることが藤沢市の特徴であり、その分布は地域によって不均一である。図 4 に、街区公園と近隣公園の誘致距離によるカバーエリアと、人口分布のヒートマップを示す。街区公園と近隣公園が集中しているエリアと人口分布のヒートマップを比較すると、人口が集中しているエリアが重なっていることがわかる。

4.3 分析結果：モデリング

本実験では、株式会社ブログウォッチャー社が保有している携帯端末の滞在履歴データを用いて、神奈川県藤沢市の公園を対象に実験した。対象とする期間は、2019 年の

4 月, 2020 年の 4 月, 2021 年の 4 月とした。その理由として, 気候が穏やかで外出が多い 4 月を対象とすることで多様な特徴を持つデータを学習でき, 1 ヶ月の中での生活や滞在の周期性の影響を受けないと考えたためである。また, コロナ禍による公園への滞在の変化を比較するためにコロナ禍前後の連続 3 ヶ年のデータを使用した。候補となる街区公園は上述したように藤沢市の中に 269 箇所存在する。この中で, 2019 年の 4 月, 2020 年の 4 月, 2021 年の 4 月の各期間において 15 滞在以上のデータを持つ下記の 28 公園を対象とした。学習する際には 2019 年, 2020 年, 2021 年をまとめて学習した。

- 原谷公園, 遠藤公園, 若尾山公園, 砥上公園, 大道東公園, 丸山公園, 四ツ辻公園, 六会駅前公園, 円行公園, 二番橋公園, 神台公園, 御殿辺公園, 舟地蔵公園, 奥田公園, 富士公園, 西横須賀公園, なかむら公園, 大塚戸公園, 鍛冶山公園, 御所ヶ谷公園, 御幣公園, 天神公園, 東奥田公園, 奥田三角公園, 桐原公園, 湘南台公園, 渋谷ヶ原公園, 宮の下公園

また, 滞在履歴データの GPS 誤差を鑑み, 公園の周囲 5m 圏内の滞在データも公園に帰属する滞在データとして定義した。この滞在データのうち, 日中の公園利用を想定した以下の条件を満たす計 6347 滞在使用した。

- 滞在開始時間が午前 5 時～午後 7 時
- 滞在時間が 2 分以上 240 分未満

この際のアーキテクチャの構成は表 2 に示す通り, 入力層は 28 公園の 3 ヶ年分の 84 次元, 隠れ層は 7 次元, 出力層は総当りの one-hot ベクトルであるため 1569 次元である。

提案するモデル化手法の有効性を検証するために, 学習に訪問距離を使用する場合と使用しない場合のクラスタリング結果を比較した。クラスタ数の決定は Area2Vec の知見から現時点では適切なクラスタ数決定方法がないとわかっているため, 平均して 1 クラスタあたりに最低でも 10 公園は属する 5 クラスタでの検証を行った。その上で, 学習に訪問距離を使用したことによる, クラスタリング結果の検証を行う。

訪問距離を学習に入れた場合と入れなかった場合のそれぞれで学習とクラスタリングを行った。結果を比較するため, クラスタの要素として同じ名称の公園をもっとも含むクラスタ同士をペアとし, その類似性について検証を行う。その結果を, 図 5 に示す。図 5 の左側は提案手法 (訪問距離あり), 右側は従来手法 (訪問距離なし) の結果である。それぞれのグラフは, 横軸に滞在開始時間, 縦軸に滞在時間とした積層グラフとなっている。赤文字と黒文字で表示されているものは, 各クラスタに含まれる公園名である。濃い赤文字は同じ年度で同じ公園, 薄い赤文字は違う年度だが同じ公園を示す。また, 各クラスタごとの平均訪問距

離と従来手法と提案手法の平均訪問距離の標準偏差は表 5 の通りである。表 5 内のクラスタ番号は, 図 5 内のクラスタ番号と一致させている。これらを比較すると, 提案手法と従来手法ともに滞在傾向や訪問距離の傾向が似ているクラスタが生成されていることがわかる一方で, 平均訪問距離の標準偏差は提案手法が従来手法の 2 倍近くあり, 提案手法はクラスタごとに訪問距離のバラツキが大きく, 似た訪問距離を持つ公園同士でクラスタが生成されたと考えられる。これらの結果より, 提案手法により訪問距離を考慮した学習が行われていることがわかる。よって, 本研究では近隣からもしくは遠方から来訪される特徴を持つ公園を, その滞在傾向とともに特徴づけを可能とするモデリングが行えたと考える。この特徴づけは, 市民の訪問距離を想定して設置された街区公園 (250m) や地域公園 (500m) を対象とした分析を行う中で, その訪問距離を考慮した分析を可能とするという点で, 重要であると考えられる。

4.4 分析結果：潜在的価値

上述した分析結果のうち, 特に提案手法 (訪問距離を学習に用いる) によるクラスタリング結果を対象に, 各クラスタ内での各公園の潜在価値の導出を図 6 のように行う。今回は公園を対象としたため, 顕在価値は藤沢市より提供を受けた各公園の面積と遊具数を利用し, 重み係数は簡単のため 1 として計算した。

これを 5 個分のクラスタで実施し, クラスタごとに潜在価値を集計し分散と平均を計算する。クラスタ番号は, 図 6 の提案手法のクラスタ番号と同一である。計算結果を図 7 に示す。この結果より, クラスタ 1 は潜在価値の分散が最も大きく, クラスタ 3 は潜在価値の分散が最も小さいことがわかる。

クラスタ 3 は潜在価値の分散と平均が小さいことから, 他のクラスタに比べて顕在価値の影響が大きい公園で形成されているクラスタと言える。つまり, クラスタ 3 を構成する公園は滞在特徴や訪問距離といった利用実態は似ているが, その原因として公園の面積や遊具といった, 供給量の共通点が多いが周辺地域との関係などの創発的な因子は少ないと考えられる。図 9 はクラスタ 3 を構成する各公園の顕在価値及び潜在価値の計算結果である。また, クラスタ 3 の中で潜在価値が最も低いと判断された神台公園と, 最も高いと判断された奥田三角公園の周辺情報を図 8 に示す。潜在価値が最も低い神台公園は遊具数が多く面積が豊富であり, その顕在価値が反映されていることがわかる。さらに, 周辺地域が子育て世代が多く開発されている地域であることも大きな特徴である。一方で, 奥田三角公園は小さい公園ではあるが, 周辺を集団住宅で囲まれていることから, 地理的な要因により利用者が確保できていると考えられる。

一方で, クラスタ 1 は潜在価値の分散の平均が大きいこ

表 2 日中を対象とした 28 公園の滞在ラベル

種類	分類
曜日判定	平日, 週末
滞在開始時間判定	5:00～05:59, 06:00～06:59, . . . , 17:00～17:59, 18:00～18:50
滞在時間長判定	表 3
訪問距離判定	表 4

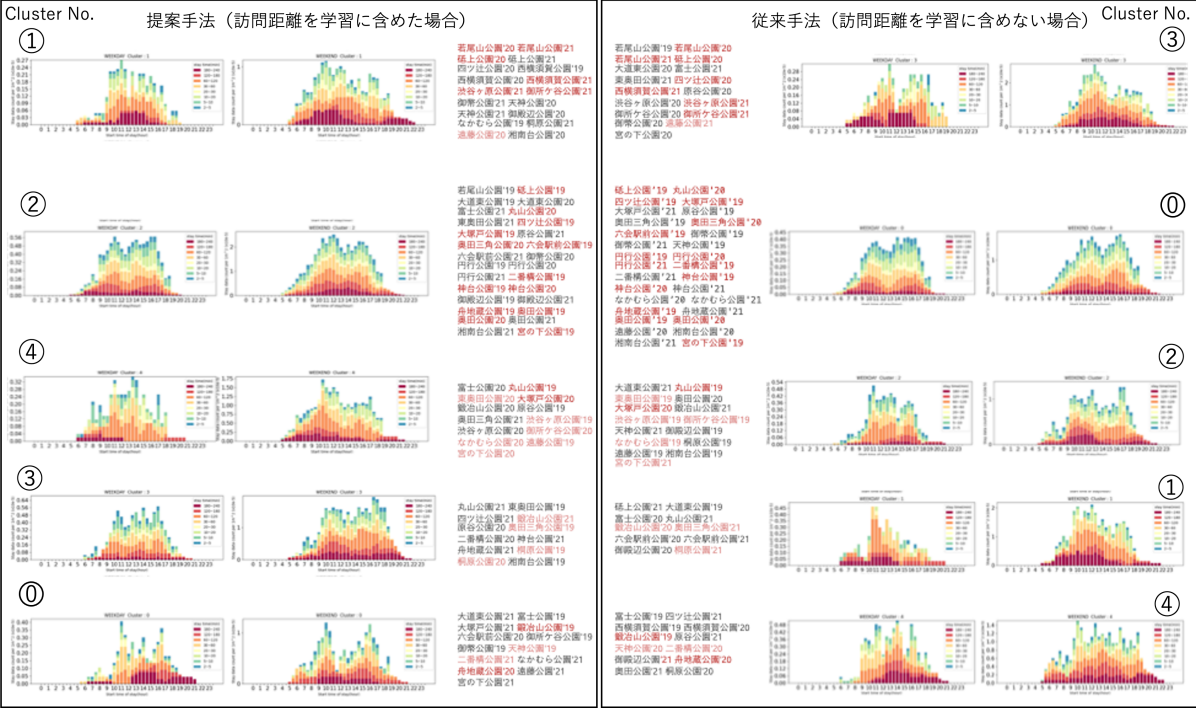


図 5 提案手法と従来手法のクラスタリング結果

表 3 滞在時間長の分類

分類	滞在時間長
1	0～2 分
2	2 分～5 分
3	5 分～10 分
4	10 分～20 分
5	20 分～30 分
6	30 分～60 分
7	60 分～120 分
8	120 分～180 分
9	180 分～240 分

表 4 訪問距離の分類

分類	滞在時間長
1	0～100m
2	100m～250m
3	250m～500m
4	500m～1000m
5	1000m～

表 5 平均訪問距離と標準偏差

クラス番号	提案手法 [m]	従来手法 [m]
1-3	1308. 3	1063. 6
2-0	1357. 2	1383. 2
4-2	1014. 3	1260. 6
3-1	1938. 2	1228. 9
0-4	1092. 0	1529. 1
標準偏差	362. 9	174. 4

公園名	面積[m ²]	遊具数	正規化面積	正規化遊具数	顕在価値	潜在価値
宮の下公園	16454	11	1.00	1.00	1.00	1.00
天神公園	6985	6	0.42	0.55	0.48	2.06
大塚戸公園	2358	9	0.14	0.82	0.48	2.08
六会駅前公園	3143	5	0.19	0.45	0.32	3.10
富士公園	1848	5	0.11	0.45	0.28	3.53
大道東公園	1798	3	0.11	0.27	0.19	5.24

図 6 同一クラス内での潜在価値の導出

クラスター	公園数 (年度重複許す)	潜在価値 分散	潜在価値 平均
Cluster 0	13	2.74	3.27
Cluster 1	18	3.70	3.62
Cluster 2	28	2.53	3.30
Cluster 3	12	0.74	2.58
Cluster 4	13	2.18	3.50

図 7 同一クラス内での潜在価値の導出

とから、公園の価値を占める潜在価値が大きいことを示す。
図 10 はクラス 1 を構成する各公園の顕在価値及び潜在
価値の計算結果である。また、クラス 1 の中で潜在価値
が最高だった若尾山公園と最低だったなかむら公園の周辺



図 8 クラスタ 3: 神台公園と奥田三角公園の周辺情報

公園名	面積[m ²]	遊具数	正規化面積	正規化遊具数	顕在価値	潜在価値
神台公園	10052	8	0.59	1.00	0.80	1.26
舟地藏公園	14820	4	0.87	0.50	0.69	1.46
桐原公園	16988	0	1.00	0.00	0.50	2.00
丸山公園	1910	7	0.11	0.88	0.49	2.03
東奥田公園	2083	6	0.12	0.75	0.44	2.29
二番橋公園	9740	2	0.57	0.25	0.41	2.43
原谷公園	2810	5	0.17	0.63	0.40	2.53
鍛冶山公園	2534	4	0.15	0.50	0.32	3.08
奥田三角公園	2915	3	0.17	0.38	0.27	3.66

図 9 クラスタ 3 の潜在価値の導出結果

公園名	面積	遊具数	正規化面積	正規化遊具数	顕在価値	潜在価値
なかむら公園	13445	15	0.51	1.00	0.75	1.33
湘南台公園	26520	7	1.00	0.47	0.73	1.36
御殿辺公園	11218	11	0.42	0.73	0.58	1.73
遠藤公園	20551	5	0.77	0.33	0.55	1.80
御幣公園	6959	8	0.26	0.53	0.40	2.51
天神公園	6985	6	0.26	0.40	0.33	3.01
桐原公園	16988	0	0.64	0.00	0.32	3.12
渋谷ヶ原公園	3164	7	0.12	0.47	0.29	3.41
西横須賀公園	2290	5	0.09	0.33	0.21	4.77
四ツ辻公園	2152	5	0.08	0.33	0.21	4.83
御所ヶ谷公園	6418	2	0.24	0.13	0.19	5.33
砥上公園	1676	4	0.06	0.27	0.16	6.06
若尾山公園	1511	3	0.06	0.20	0.13	7.78

図 10 クラスタ 1 の潜在価値の導出結果

情報は図 11 である。潜在価値が低いなかむら公園は、クラスタ 3 の神台公園と同じく面積が広く遊具数も豊富な公園であり、顕在価値が高い公園であることがわかる。一方で、若尾山公園は小さなグラウンドがある程度の公園ではあるが、周辺に保育園や小学校があり、子供が遊びに来る可能性が高い公園であることが考えられる。この公園が潜在価値が高い理由として、周辺の人口分布が子育て世代が多く、治安が良いなど子育てに安心できる地域であることが、公園の価値を上げている要因と考えられる。

5. まとめと課題

都市公共空間政策を検討する際の定量的な根拠の必要性から、移動ビッグデータを用いた都市公共空間の利用実態

のモデル化及び価値の定量化手法を提案した。既存手法である Area2Vec を都市公共空間に適用する場合に出力された分散表現が似てしまい差別化ができないという課題については、訪問距離を学習に追加することにより訪問距離の違いを反映した分散表現及びクラスタリングを実現した。また、都市公共空間の価値評価手法については、顕在価値と潜在価値を定義し、同一のクラスターの中で供給量から潜在価値を導出する手法を提案した。

本研究では、都市公共空間の中でも数が豊富で多様な滞在が見込める都市公園を対象に神奈川県藤沢市のデータを用いて検証した。一連の検証の中でクラスターごとに潜在価値の分散が異なり、同一のクラスターでも潜在価値に差ができることを確認した。これらの潜在価値の違いと実際の公園の周辺状況を比べることで潜在価値の意味の解釈した。しかし、正解データがないために潜在価値の計算手法の検証ができておらず、今後その有効性の検証を進める必要がある。

検証実験では、公園を対象に提案手法を検証したが、対象とした都市公共空間のポリゴンデータ及び、面積や施設情報が用意できればどの都市の都市公共空間でも同様の分析ができる。一方で、対象とする都市公共空間によって滞在データの総数は異なるため、滞在データが少ない都市公共空間と滞在データが多い都市公共空間を比較する際の正規化手法についてはさらに検討する必要がある。特に本手法では、都市公共空間内に含まれる滞在データのみを学習にしようとしたが、都市全体のデータを学習後に都市公共空間に着目したモデリングを行うことにより、提案手法よりも精度の高いモデリングと価値の定量化ができる可能性がある。また、現状ではクラスタリングする際に教師なし学習を使用しているため、どのような根拠のためにクラスターが分類されているのかを提示することは難しく、人の解釈による推定が必要である。よって、今後はクラスターが生成された要因分析についても出力できる手法の検討が必要である。

本研究では、住民との関わりの関係性から都市公園を対



図 11 クラスタ 1: 若尾山公園となかむら公園の周辺情報

象として実験を行った。都市公共空間は都市公園以外にも広場や歩道、道路があり、それらの都市公共空間でも本手法が適用できるかの汎用性を調査する必要がある。また、本実験では都市公園の供給量を調べるために藤沢市から提供いただいた遊具情報を使用した。都市によってこれらの遊具情報の内容や情報量は異なるため、他都市でも同様の分析ができるような地域汎用性の検討も今後の課題として挙げられる。

謝辞 本研究の一部は NICT 委託研究 (222C01, 22609), JST CREST(JPMJCR21F2, JPMJCR22M4), 科学研究費補助金 (22H03696) に支援いただいています。また、データ提供にご協力いただきましたブログウォッチャー社および藤沢市公園課に感謝いたします。

参考文献

- [1] 大塚芳嵩, 那須守, 岩崎寛. 都市公園における利用行動の多様性と地域における交流状況と関係性. 日本緑化工学会誌, Vol. 44, No. 1, pp. 111–116, 2018.
- [2] 国土交通省関東地方整備局. 国営公園とは? 都市公園とは? https://www.ktr.mlit.go.jp/city_park/machi/city_park_machi00000005.html.
- [3] B Hillier, A Leaman, P Stansall, and M Bedford. Space syntax. *Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol. 3, No. 2, pp. 147–185, 1976.
- [4] 裕作, 佐々木葉. Space syntax を用いた都市空間構造研究の動向と展望. 景観・デザイン研究講演集, No. 6, pp. 183–190, 2010.
- [5] 木川剛志, 古山正雄. スペース・シンタックス理論による空間位相構成の抽出とその比較に関する研究: 京都における町家と露地の解析とその比較を事例として. *Journal of Architecture and Planning (transactions of Aij)*, Vol. 70, pp. 9–14, 2005.
- [6] *Space Syntax: A multi-disciplinary tool to understand city dynamics*, 06 2020.
- [7] 国土交通省 都市局公園緑地・景観課. 改訂第 4 版 大規模公園費用対効果分析手法マニュアル. <https://www.mlit.go.jp/common/001187812.pdf>.
- [8] 国土交通省 都市局公園緑地・景観課. 改訂第 2 版 小規模公園費用対効果分析手法マニュアル. https://www.mlit.go.jp/crd/park/shisaku/p_toshi/hyouka/pdf/hyouka_shoukibo.pdf.
- [9] 西坂涼. 都市公園等事業の事業評価から見る都市公園の

- 機能と評価指標. 都市計画報告集, Vol. 20, No. 4, pp. 409–414, 2021.
- [10] 藤枝市情報デジタル推進課. 藤枝地区の人流解析及び蓮華寺池公園の混雑状況可視化に向けた検証を実施しました / 藤枝市ホームページ. <https://www.city.fujieda.shizuoka.jp/soshiki/kikakuzaisei/johoseisaku/oshirase/17747.html>.
 - [11] 玉田拓, 豊木博泰, 渡辺喜道. Wi-fi プローブパケットと目視データを用いた公園内の訪問者流動推定手法と効果的なセンサ配置の検討. 情報科学技術フォーラム講演論文集 (FIT), Vol. 19, No. 4, pp. 195–198, 2020.
 - [12] 上野裕介, 加藤禎久, 白土智子, 船本洋司, 中谷俊文. 人流ビッグデータで見た covid-19 流行後のグリーンインフラや観光地利用の変化. ランドスケープ研究, Vol. 85, No. 5, pp. 585–588, 2021.
 - [13] Jisoo Sim and Patrick Miller. Understanding an urban park through big data. *International journal of environmental research and public health*, Vol. 16, No. 20, p. 3816, 2019.
 - [14] Fangzheng Li, Fengyi Li, Shuangjin Li, and Ying Long. Deciphering the recreational use of urban parks: Experiments using multi-source big data for all chinese cities. *Science of the Total Environment*, Vol. 701, p. 134896, 2020.
 - [15] *Discovering Regions of Different Functions in a City Using Human Mobility and POIs*, KDD '12, New York, NY, USA, 2012. Association for Computing Machinery.
 - [16] Zijun Yao, Yanjie Fu, Bin Liu, Wangsu Hu, and Hui Xiong. Representing urban functions through zone embedding with human mobility patterns. In *Proceedings of the Twenty-Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-18)*, 2018.
 - [17] 庄子和之, 青木俊介, 米澤拓郎, 河口信夫. 大規模ユーザの滞在情報に基づくエリアの特徴付けと covid-19 による影響分析. 情報処理学会論文誌, Vol. 62, No. 10, pp. 1644–1657, 10 2021.
 - [18] 国土交通省. 都市公園等整備の現況等. https://www.mlit.go.jp/crd/park/joho/database/t_kouen/pdf/01_R02.pdf.
 - [19] Parkful. そもそも「都市公園」って? <https://parkful.net/2022/02/park-management-next-gen-1/>.
 - [20] 国土交通省. 都市公園データベース. https://www.mlit.go.jp/crd/park/joho/database/t_kouen/index.html.
 - [21] 藤沢市. 藤沢市の人口と世帯数. <https://www.city.fujisawa.kanagawa.jp/bunsho/shise/toke/jinko/jinko/index.html>.