

街路空間における利用行動の実態調査と AI 分析を融合した解析手法 - 積雪寒冷都市における都市デザイン その 27 -

街路空間 滞留行動 機械学習
動画解析 物体検出 トラッキング

正会員 ○林 拓実*
同 瀬戸口 剛**
同 渡部 典大***

1. 背景と目的

現在まちなかに賑わいを創出することが多くの都市に共通して求められており、都市空間の再編を通して人中心の「居心地が良く歩きたくなるまちなか」の創出に取り組む必要がある¹⁾。それに伴い今後のまちづくりの方向性を確立し、滞留を促進する空間デザインのあり方を示すため、国土交通省は「ストリートデザインガイドライン」を取りまとめた²⁾。一方で高度経済成長期から 50 年余りが経過し都市空間再編が困難となる中、仮設的でまた実験的な空間再編を伴う長期的視点を持ったまちづくりが求められている。実験を繰り返して結果を評価することは必須だが、従来の公共空間での行動の分析手法はカウント調査や追跡調査といった人力によるものは、膨大な時間と労力を要する上、調査日や調査地点が限定されるために、信頼性に限度があった。近年では、機械学習の計算能力の向上に伴い音声や画像解析の技術が進化し、実社会での応用が期待される。これを応用して物体検出や物体追従を行うことで、これまでの行動分析のあり方の変換が期待される。

本研究では、街路空間での利用行動を機械学習による分析と実態調査を通した分析の両手法を融合させることによって把握し、さらに機械学習により分析を自動化する解析手法の構築に向けた課題を明確にすることを目的とする。

2. 研究の方法

2-1. 撮影方法

本研究は北海道大学札幌キャンパス北 13 条通りを対象とした。北 13 条通りは、北海道大学キャンパスマスタープランにおいて、まちと大学の接点として、人・活動・情報が交わる歩行や滞留の空間の形成を図っている。

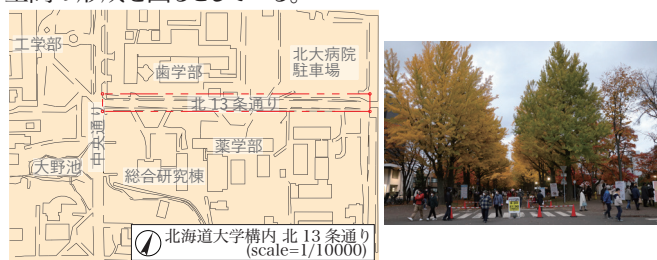


図 1 対象周辺地図

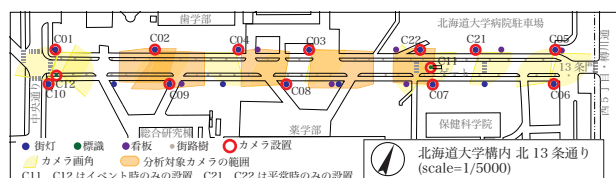


図 2 調査時におけるカメラ設置位置及び画角

研究手法として北 13 条通りでカメラを設置し (図 2)、撮影した動画データによる行動分析及び人流解析を行った。動画撮影は、イベント時、平常時平日、平常時休日の 3 期に分けて行い、イベント時は北大金葉祭の開催期間である 2022 年 10 月 29 日及び 30 日に行った。平常時平日及び平常時休日は、2022 年

10 月 31 日から 11 月 13 日の間の任意の日に行った。なお、撮影時間についてはイベント時は 10:00 から 21:00、平常時平日及び平常時休日は 8:00-19:00 とした。

2-2. 分析方法

撮影した動画データのうち、イベント時と平常時の最も多くの利用者が想定される 11:45 ~ 13:15 の 90 分間を分析対象とし、カメラ C02、C03、C07、C08、C09 のデータを用いて分析を行った。

2-2-1. 機械学習による解析

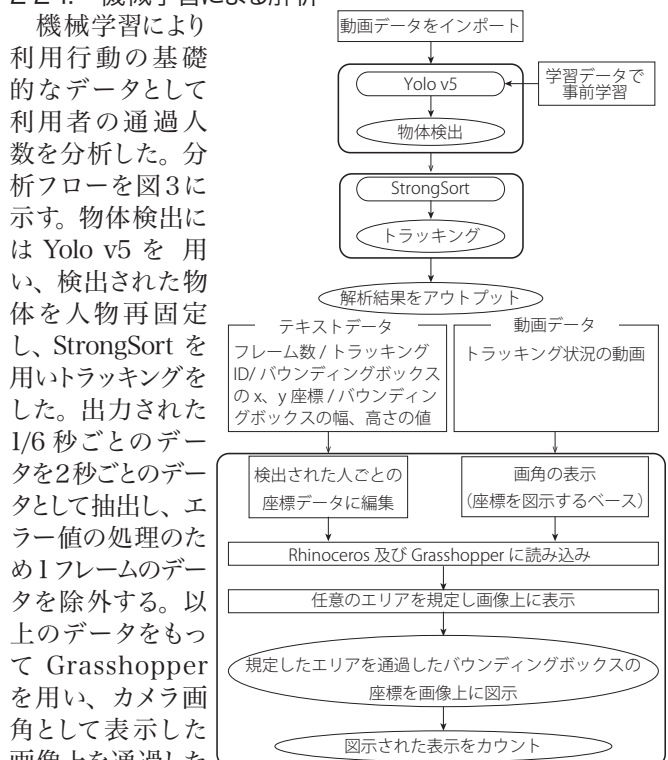


図 3 機械学習のカウント分析フロー

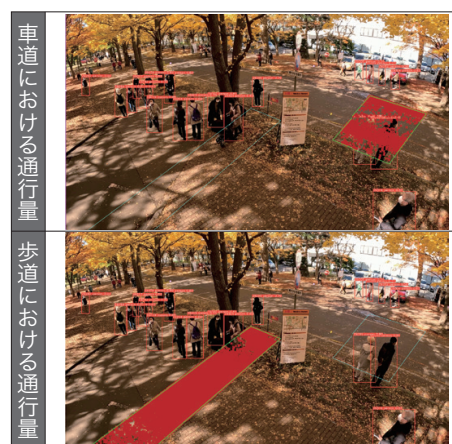


図 4 カウント分析画面

ントすることで、街路空間の利用者数の把握した (図 4)。

2-2-2. 目視による行動分析

動画データより、北 13 条通りでの利用者の行動種別を抽出した(表 1)。街路空間における歩行者の行動を通行行動と滞留行動に二分し、さらに詳細な活動ごとに分析した。また、各利用者が活動のために滞留した場所、組の人数、滞留時の姿勢を観測し、得られたデータを組み合わせて利用行動の人数との関係性を分析した。

表 1 利用者の行動種別

通行	無目的	遅い通行	自転車の押し歩き、飲み物を持参、見渡し
	有目的	目的がある歩行	犬の散歩、ランニング
滞留	無目的	遊びを含む歩行	肩車、スキップ
		無目的な滞留	何もしない、地図などを見る、見渡し / 見上げ
	有目的	休憩	スマホ操作、電話をする、会話を含む休憩
		写真撮影	景色、子供、家族、友人、恋人、ペット、自撮り、動画
		遊び	走り回る、落ち葉で遊ぶ、落ち葉を拾う
		会話	尋ねる、偶発的な会話、集団で話す
		観覧	人を眺める、看板を見る
		飲食	食べる、飲む

3. 調査時の気象条件

調査日時における気象データとして、歩行者の滞留行動の誘発に影響を及ぼすと予想される気温、風速、日照時間の 3 項目を、気象庁のホームページより分析対象時間を含む 11:40 ~ 13:20 の 10 分ごとのデータを用いて、その平均を算出した(表 2)。

表 2 調査時の気象条件

	気温 (°C)	風速 (m/s)	日照時間 (分)
10/29	13.87	3.67	2.00
10/30	13.57	5.57	1.36
10/31	14.39	1.07	10
11/2	12.84	3.59	10
11/10	11.84	7.80	9.92
11/3	8.60	2.15	0
11/5	8.94	4.02	2.91
11/12	16.15	2.67	5.09

■ イベント時 ■ 平常時平日 ■ 平常時休日

4. 機械学習による分析の結果

4-1. 歩行者の通行量分析結果

2-2-1 章に従い、街路空間における利用者の通過人数を分析した。利用者の通過人数は、大学関係者以外の利用が見込めるイベント時及び休日では街路の北側である C02 及び C03 において少なく、南側の C07、C08、C09 で多くなっている。通勤通学者が多い平日には街路の北側と南側で通行量の差がない。また、利用者全体に対する滞留者の割合は、休日で最も多く 10% から 15% ほどの歩行者が滞留行動をし、次いで平日、最も少ないのがイベント時となった(図 5) ほか、利用者数も同様の順で観察されており、街路空間における滞留行動の誘発と利用者数に関係性が見出せる。

4-2. 機械学習による分析で見られた課題

撮影した動画を元に機械学習で歩行者の行動分析を行う際にエラーが見られた(図 6)。①のように本分析においては画角中央及び手前の歩行者は機械学習によって認識できた一方で画角奥の歩行者を認識することができず、範囲を限定して通過人数のカウント分析を行う必要があった。また②のように、街路樹などの障害物により通過前と通過後で歩行者の認識番号の重複が起こった。そのため、本分析においては障害物のない任意のエリアに限定してカウント分析を行う必要があり、街路空間の限定的な分析にとどまった。

5. 目視による分析の結果

5-1. 北 13 条通りにおけるアクティビティ

分析により見られた街路空間における歩行者の行動をまとめた(図 7)。一般に都市での活動は大きく滞留行動と通行行動に二分される。さらに滞留行動は必要性の度合いから必要

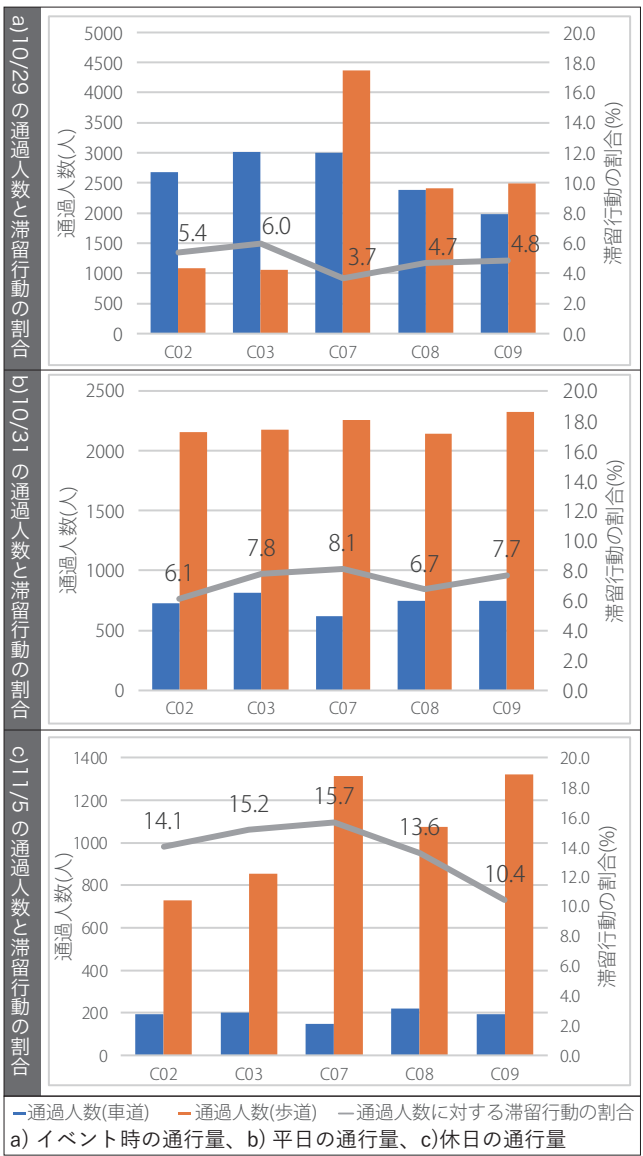


図 5 機械学習による通行量の分析



図 6 機械学習による分析のエラー

行動、任意行動、社会行動に分類され⁴⁾、余暇的な性格の強い任意行動及び他者とのコミュニケーションを含む社会行動の数が多くなることで、都市に賑わいがもたらされる。任意行動としては写真撮影や遊び行動を含め多数見受けられたほか、社会行動も他者との偶発的なコミュニケーションなど一部確認された。



図7 街路空間における多様な行動一覧（抜粋）

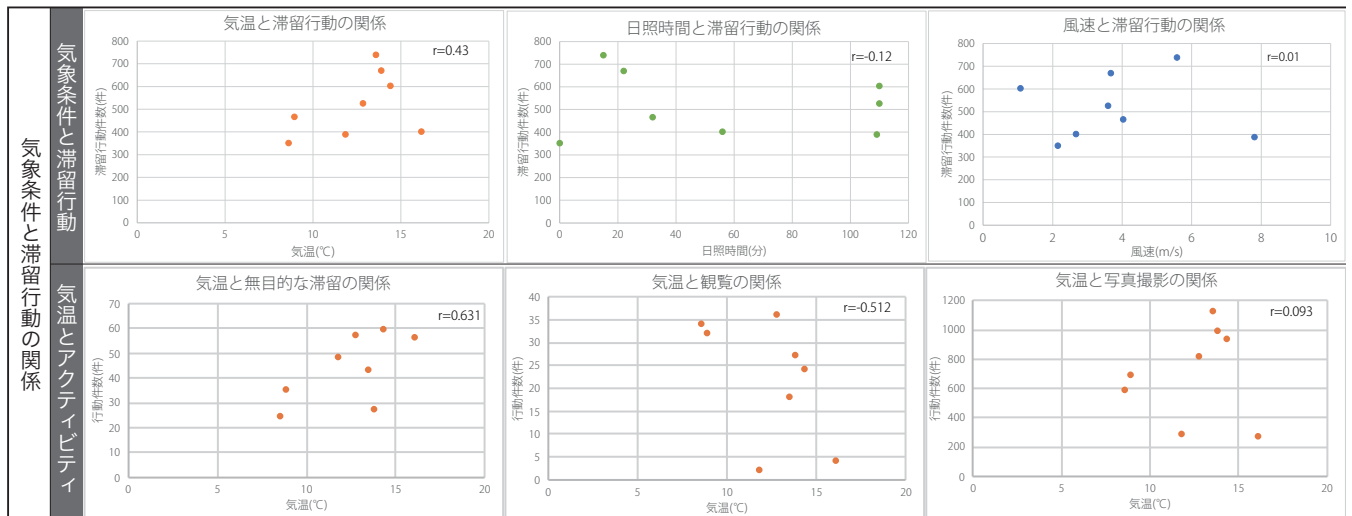


図8 気象条件と滞留行動の関係

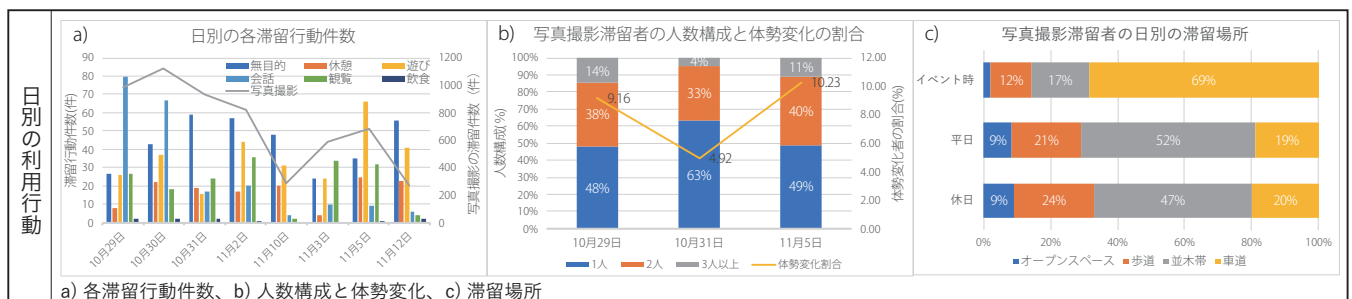


図9 日別の利用行動

5-2. 気象条件と滞留行動の関係

気象条件と滞留行動件数の関係を図8に示す。気温の低下とともに滞留行動が減少した一方で調査期間中の最低気温8.6℃においても一定の滞留行動が見られた。北3条広場を対象とした既往論文⁵⁾においても気温と利用行動の相関が見られ、8℃以下の寒冷期に入ると急激に利用行動が減少している。一方で日照時間と風速は歩行者の滞留行動数と相関がなく影響要素ではない。アクティビティ別に見ると、気温の上昇と街路空間での立ち止まりを主とする滞留行動である無目的な立ち止まり行動や観覧行動に一定の関係性がある一方で写真撮影や遊びなどは気温との関係はほとんど見られない。

5-3. 日別の利用行動

調査期間中において最も多く観察された滞留行動は写真撮影による滞留であり、次いで立ち止まり等を含む無目的な滞留、遊びを伴う滞留であった(図9a)。冬に調査を行った既往論文⁶⁾では雪を利用した遊び、秋に調査を行った本研究では落ち葉を利用した遊びが目立ち、アメニティの豊富な外部空間では季節ごとの要素に触発された一定数の遊び行動が見られる。

写真撮影による滞留は、イベント時には複数人での滞留が多く、一方で平日は1人での滞留が多い。また平日では撮影者のうち7%の人がしゃがむなどの体勢変化を伴い、イベント時は11%と多い(図9b)。滞留場所別では、イベント時には車道、平常時には並木帯がそれぞれ最多であった(図9c)。

遊びを伴う滞留は、利用者数が最も少ない休日において最多となり、次いで平日、イベント時となり、街路空間の利用者数と遊びの滞留者数には関係性が見られた。会話はイベント時において平日や休日と比較して多く、街路空間の利用者数が多様であったことと関連が見られる。一方で飲食を伴う滞留はイベント時にわずかに見られたものの調査期間を通じてほとんど観察されなかった。

5-4. 街路空間の構成と利用行動の関係

イベント時には車道での滞留が最多で全体の78%であり、平常時には並木帯での滞留が最も多い。交差点のないC02及びC09では車道に出るの滞留が少なく、ゲート付近のC07では並木帯での滞留が他より少ない(図10)。

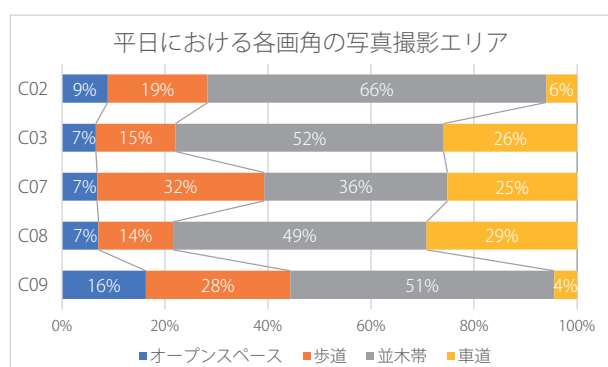


図10 空間構成と滞留

6. 結論

6-1. 街路空間における歩行者のアクティビティの変化

街路の利用者の滞留行動を促進するための街路の計画手法として以下のことが言える。

【共通事項】

1) 屋外の街路空間での利用行動は気温と関係があり、8℃を下回ると著しく利用行動が減少する傾向にある。2) 座具やテーブルの未設置は飲食を伴う滞留行動に大きく影響する。3) 立て看板の設置は利用者への情報発信に有効である。

【イベント時】

1) 遊びの滞留が見込めるアメニティの豊富な街路空間でのイベント開催では、車道での遊び行動を考慮する。2) 車道と歩道のレベルが同じになる交差点を複数設けることで、車道と歩道の往来が活発化する。

【平常時】

1) 遊びの滞留が見込めるアメニティ豊富な街路空間においては、車道と歩道の間の中間的な領域を設けることで促進される。

6-2. 行動調査における機械学習の応用

機械学習により算出したデータより、以下のことが言える。

1) イベント時及び休日においては、地下鉄駅からの最短経路が影響し南側での通行量が多い一方で、平日は関係が見られない。2) 利用者のうち滞留行動をした割合は、休日、平日、イベント時の順となり、混雑度と大いに関係が見える。

また、機械学習を用いた分析手法としての課題として、以下のことが明らかになった。

1) 本研究において対象としたような動画を撮影する上で障害物となるものがある場所においてはエラーが見られる場合もあり、画角全体を対象とするためには障害物への対応やトラッキング手法の検討が必要である。2) 機械学習において利用者のアクティビティを識別する手法はアクティビティ種類別の学習データを用いた動画解析、人の姿勢解析を応用したアクティビティ種類別の解析が考えられる。

7. まとめ

従来の動画視聴による人力の分析方法をもって「基礎データ」「利用行動」を分析し、街路空間の利用行動を把握することは可能である。一方人力による解析では膨大な時間と労力を要し、機械学習による分析が必要不可欠である。本研究において基礎データのうち、通過人数と通過エリアを機械学習を用いて自動で解析することが可能となり、今後は基礎データのうち空間の密度や利用者の歩行速度、利用行動の解析について機械学習を用いた手法を検討し、それらを複合的に用いた手法を実践する(図11)。

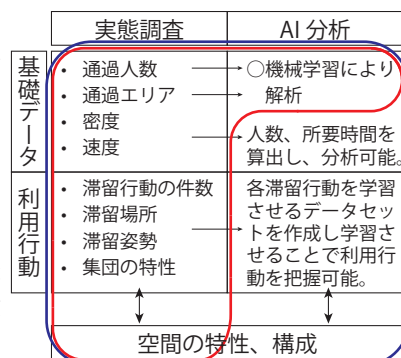


図11 本論文の位置付け

【参考文献】1) 国土交通省都市局:「居心地が良く歩きたくなる」まちなかづくり〜ウォーカブルな街中の形成〜 https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_machi_tk_000072.html, (最終閲覧2022/11/18) 2) 国土交通省都市局:「ストリートデザインガイドライン-居心地が良く歩きたくなる街路づくりの参考書-(ver.2)」 https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_gairo_fr_000055.html, (最終閲覧2022/11/18) 3) T. Y. Lin et al., Microsoft COCO: Common Objects in Context, arxiv.org:1405.0312, 2014 4) 「人間の街」/J.ゲル 5) 日下みゆり ほか、「積雪寒冷都市における寒冷移行期の都心オープンスペースでの利用行動」、松山倫之 ほか、「積雪寒冷期の都心オープンスペースにおける利用行動と都市デザインガイドライン」、佐藤勇人 ほか、「積雪寒冷都市における寒冷移行期の都心オープンスペースの空間構成と利用行動」6) 長谷川怜史 ほか、「積雪寒冷都市における屋内外パブリックスペースの空間構成と冬季の利用行動」

* 北海道大学大学院工学院 修士課程

** 北海道大学大学院工学研究院 教授 博士(工学)

*** 北海道大学大学院工学研究院 助教 博士(工学)

* Master Course, Graduate School of Eng., Hokkaido Univ.

** Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr.Eng

*** Assist Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr.Eng