

# 公共空間デザイン評価のためのスマートフォンを用いた 行動センシング手法に関する研究

Study on Smartphone-Based Activity Sensing Methods for  
Evaluating Public-Space Design

学籍番号 47-146743

栗林 慧介 (Kuribayashi, Keisuke)

指導教員 木實 新一 准教授

## 1. 研究の背景と目的

近代に始まるモータリゼーションの影響により人々の屋外における活動は排斥されてきたが、地球・生活環境改善の必要性から、近年様々な公共空間を魅力的にするためのハードやソフトのデザインが行われている。これらのデザインと平行して、それぞれの自治体や団体が独自に行っている評価の取り組みは存在するが、評価方法の違いや情報の取り扱いの問題から、デザインを定量的に評価するために用いるデータが断片的であり、また一般解としての評価手法は未だに明らかにされていない。本研究では、スマートフォンセンシングを用いた計測手法の提案とツールの開発を行い、対象空間の使われ方を、高い時空間的な網羅性を持って明らかにすることで、公共空間のデザインを定量的に評価する新たな手法の可能性を示すと同時に、提案手法に基づく公共空間デザインの評価並びにデザインの方針について言及する。

## 2. 既往研究

ウィリアム・H・ホワイト及びPPS (Project for Public Space) [1]の提唱する公共空間のアクティビティ計測手法並びに良い公共空間の特徴に関する議論や、ヤン・ゲールが街のアクティビティを強化するための要素として挙げている活動量の概念[2]に基づき、本研究

では公共空間のアクティビティの重要な特徴量のいくつかを計測の対象とする。提案手法は、スマートフォンによるセンシング及び行動認識の一般的な手法[3][4]に基づくものであり、従来の追跡調査方法[5][6]よりも網羅的なデータ収集が可能である。

## 3. 事前調査

スマートフォンに内蔵されたセンサ等によってどのようなデータを取得すれば場所の評価に役立てることができるかを明らかにするために、様々な項目のデータの計測を事前に行った。

## 4. 計測手法とアプリケーション開発

### 4-1. 計測手法の提案

事前調査の結果と考察を元にスマートフォンセンシングを用いた微行動模倣（ミミッキング）を提案する。微行動模倣はスマートフォンを持った調査者が、追跡対象者の行動を短時間模倣することで匿名の標本データの収集を行うものである。これにより人の行動を

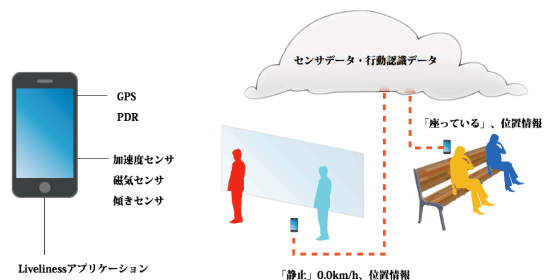


図 1: 微行動模倣型センシングの概念図

仔細かつ網羅的に観測することができる。

## 4-2. アプリケーションの開発

アプリケーションの開発においては、スマートフォンによって位置・加速度・磁気・傾きセンサのデータを取得するアプリケーション「Liveliness」のプロトタイプを用いてアクティビティのサンプルデータ計測実験を行った後、追跡対象者の性別、年齢、グループサイズ、社会活動を片手で入力するためのインターフェースの実装を行った。



図 2: インターフェースのデザイン

## 4-3 予備実験

微行動模倣の実現可能性を検討するために、柏の葉キャンパス駅西口エリアにおいて、スマートフォン上のプロトタイプを用いて、スマートフォンによるセンサデータ取得と行動認識の予備実験を行った。また、従来の手書きやビデオを用いた計測手法と提案手法の比較を行った。

	手書き	ビデオ	スマートフォン
人数	○	○	△
通過人数 (歩行者)	△	○	△
滞留人数 (立位)	△	△	×
滞留人数 (座位)	△	△	×
歩行速度	×	△	○

図 3: 各計測手法とその特徴

## 5. 公共空間における計測実験

対象空間を柏の葉キャンパス駅西口エリアとした。まず、提案手法の有効性を検証する

ために、ビルの6階にビデオカメラを設置して撮影を行い、人数と滞在時間を手作業で計測した。同時に提案手法を用いた計測も行い、両者の結果を比較した。次に、提案手法の有用性を明らかにするために駅前一带の広いエリアで提案手法を用いて平日と週末の日中にそれぞれ3時間程度の計測を行った。

ビデオを利用した計測はビデオのコーディングに膨大な時間がかかるが、手書き・スマートフォンを利用した提案手法による計測においてはそのような手間を必要とせず、手軽に各種計測値をデータベース化することができる。また、ビデオ計測から読み取ることが難しい人口学的属性データや、移動速度・方向などの情報も同時に取得できる。

## 6. 計測実験結果

計測データをグリッド上に配置された一辺15mの正方形領域単位に集約し可視化を行った。なお、取得した全データの集約と可視化を行うとともに、日時 (平日・休日・カメラ日)、年齢 (子供・若者・大人・高齢者)、性別 (女性・男性)、社会活動 (会話・飲食・遊び)、椅子番号 (1~95)、居方 (座位・立位)、人数 (1人・2人・3~5人・5人以上)、歩行速度 (滞留・遅い歩行・歩行・速い歩行)、入口番号 (①~⑨) ごとの活動量、移動方向の分散といった属性ごとの可視化も行った。なお、ここでは対象空間における訪問者の滞在時間の総和を活動量と定義した。

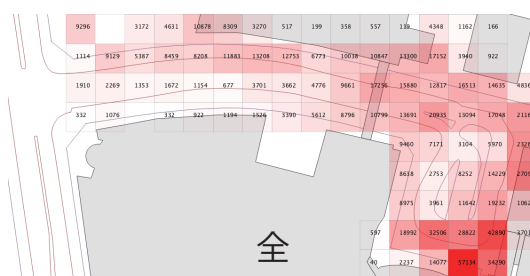


図 4: グリッドごとの活動量の可視化

## 7. 計測結果の分析

### 7-1. 提案手法の有効性

スマートフォンを用いた微行動模倣型の公共空間センシングによって得られる活動量データは、これを15m×15mの領域ごとに集約した場合、ビデオカメラの映像に基づいて取得した実際の活動量と非常に強い相関を示すことが明らかになった。したがって、提案手法は多大な手作業を要せずに、広い公共空間の活動量や人の移動に関わる特徴量、人口学的属性データを面的及び継続的に計測することを可能にするため、公共空間の定量的なデザイン評価のための有力な手段の一つとなり得る。

### 7-2. 個別活動量と総活動量の比較

次に、属性ごとの活動量と総活動量の比較を行った結果、平日と休日の滞留活動量については、人々のグループサイズ、居方、社会活動、性別が活動量の空間的な分布に特に大きな影響を与えること、平日の滞留及び通過活動量については年齢とグループサイズが、休日の滞留及び通過活動量については、社会活動、年齢が、平日と休日の通過活動量については、年齢が特に大きな影響を与えていることが示唆された。

### 7-3 項目活動量同士の比較

場所の使われ方に差が見られた属性ごとの比較を行った結果、(1)平日と休日の滞留活動量では、平日に立位で滞留する人々と休日に立位で滞留する人々の活動量に強い相関、平日の単独で行動する人々と平日のグループで行動する人々の活動量に中程度の相関、(2)平日の滞留及び通過活動量では、単独で通過する人々とグループで通過する人々の活動量に強い相関、単独で滞留する人々とグループで滞留する人々、通過する子供と単独で通過

する人々、通過する子供とグループで通過する人々の活動量に中程度の相関、(3)休日滞留・通過活動量では、通過しながら会話する人々と通過する高齢者の活動量に強い相関、滞留しながら会話する人々と滞留する高齢者、通過しながら会話する人々と通過する子供、通過する子供と通過する高齢者の活動量に中程度の相関、(4)平日・休日通過活動量の比較では、平日の通過する高齢者と休日の通過する高齢者の活動量に強い相関、平日の通過する子供と平日の通過する高齢者、休日の通過する子供と休日の通過する高齢者の活動量に中程度の相関が見られた。

### 7-4. 活動量と活動量以外の特徴量の統合

公共空間の使われ方には、活動量以外にも様々な要素が影響しあっていると考えられる。例えば、人数と滞在時間の積が大きな値を示しても、全ての人々が同方向移動している場合は、単に混雑した空間である可能性がある。本研究では、賑わいに寄与する活動量に着目するため、単なる混雑に過ぎない活動量を除外するモデルを導入する。そこで、移動方向の分散  $V$  を、公共空間の使われ方を定量的に評価するための1要素として用い、以下のようにして公共空間の使われ方  $U$  を定量的に算出する。

$$U=KC+K(1-C)V$$

$U$ :公共空間の使われ方,  $K$ :活動量,  $C$ :通過総活動量と移動方向の分散の相関係数( $0 \leq C \leq 1$ ),  $V$ :移動方向の分散( $0 \leq V \leq 1$ )

この式から対象空間の使われ方を算出すると、平日=619000, 休日=637000となる。

次に、公共空間の賑わいについて考える。賑わいに影響を与える要素  $F_i$  の重みを  $w_i$  とすると、上に示した公共空間の使われ方の指標と賑わいの関係を以下の式によって定義する

ことができる。

$$N \propto KC + K(1-C)V + \sum w_i F_i = U + \sum w_i F_i$$

N:公共空間の賑わい, K:活動量, C:相関係数 ( $0 \leq C \leq 1$ ), V:移動方向の分散 ( $0 \leq V \leq 1$ ),  $w_i$ :重み,  
F<sub>i</sub>:賑わいに影響を与える他の要素

## 8. 考察

本研究では、対象空間を 15m で全域を覆うように、時間的変動も含めて計測を行い、それによって、従来は別々に扱われていた、滞留活動、通過活動、人々の属性などをまとめて計測することができた。

第7章において行った項目ごとの分析によって、(1)1人とグループは平日・休日の通過活動において、同じような場所を使用していること、(2)1人とグループは、平日は同じような場所で滞留活動をしているが、休日には別々な場所で滞留活動をしていること、(3)休日において、子供を含んだグループ、高齢者を含んだグループは、通過活動の途中に会話をしやすい、もしくは会話が発生している場所を通過しやすいこと、(4)滞留活動において立ち止る行為は同じ場所で起こりやすく、滞留活動が起こるグリッドは、そのグリッドまたは隣接するグリッドが高い総活動量を示しており、場所としては対象空間の境界に当たる場所であること、(5)平日・休日に関わらず、子供あるいは子供を含んだグループと高齢者もしくは高齢者を含んだグループは、似たような場所を通過していること、(6)平日・休日に関わらず高齢者はほとんど同じ場所を通過していることが新たな知見として明らかになった。本研究においては、項目の組み合わせを特徴的なものに限定して行ったが、組み合わせを増やすことによって更なる知見を得ることができると考えられる。

## 9. 結論

本研究においては、アクティビティの計測、結果の分析、考察を行うことで提案手法の有効性と有用性を実証し、項目ごとの関係性、場所の使われ方を明らかにし、それを元にデザイン評価並びにデザイン方針について言及することができた。提案手法は手軽に様々なデータを面的及び継続的に取得できるものであり、公共空間のデザイン評価に役立つデータを取得するために利用することができる。実際に提案手法を用いて取得したデータから、高齢者の活動を広げるための仕掛け作りや、休日における若者に対する仕掛け作りが必要なことが示唆された。また、滞留立位活動は、活動量が多く直線的でない境界部分に活動が集中しているが、柏のはらっぱを除いて立ち止っての活動を促すようなハードやソフトの仕組みが整っているとは言い難いため、改善していく必要があることが示唆された。

今後の方針としては、複数対象空間での計測によってデータの蓄積を行い、場所ごとの差を明らかにすることや、年齢の多様性における理想値の把握、複合的な評価軸の統合などが挙げられる。

### 参考文献

- [1] プロジェクト・フォー・パブリックスペース (著) 加藤源 (監訳) 鈴木俊治, 服部圭郎, 加藤潤 (訳), 株式会社コトブキ (企画) (2006), オープンスペースを魅力的にする 親しまれる公共空間のためのハンドブック, 学芸出版社
- [2] ヤン・ゲール (著), 北原理雄 (訳) (2014), 人間の街 公共空間のデザイン, 鹿島出版会
- [3] 村尾和哉, 寺田努 (2011), 加速度センサの定常性判定による動作認識手法, 情報処理学会論文誌, Vol. 52 No. 6 1968-1979 (June 2011)
- [4] Seyed Amir Hoseini-Tabatabaei, Alexander Gluhak, and Rahim Tafazolli (2013), A Survey on Smartphone-Based Systems for Opportunistic User Context Recognition, ACM Computing Surveys, Vol. 45, No. 3, Article 27, Publication date: June 2013
- [5] 朴喜潤, 佐藤滋 (2006), 中心市街地における都市空間構成と歩行者回遊行動に関する研究, 日本建築学会計画系論文集 第605号, 143-150, 2006年7月
- [6] 植平健 (2015), 商業地空間における来訪者の回遊行動に関する研究 一街区構成による境界の分類を通して一, 大阪市立大学大学院都市系専攻修士論文概要集 2015年2月