

行動モニタリングデータを用いた行動解析・評価技術に関する研究

Study on Behavior Analysis and Evaluation Technology Using Data of Laser-Scanners Tracking System

金子 弘幸 Hiroyuki Kaneko

1. はじめに

合理的な建築計画の立案を行う上で、空間の活用状況や利用者の動きについて根拠となるデータを得ることは重要な課題である。従来、利用者の移動軌跡をデータ化するには、調査員による追跡調査や目視調査において人的作業に頼ることが多く、作業負荷の低減や測定精度の向上が課題であった。そのため、様々な位置計測技術の活用が模索されてきた。中でも、レーザセンサを用いた行動モニタリング技術（以下、レーザ計測）は、測位精度の高さとプライバシー保護に優れている点から実務活用の期待度が高い（Fig.1）。しかし、実用的な活用には、着座状態が検知できない、交流状態を把握できないなど、ワークプレイス調査への活用促進には技術的に不十分な面がある。加えて、計測データが膨大なため時間帯別の特徴把握が難しい、時間-空間の相関的な理解が難しい、大量の軌跡群を分類し、その特徴を整理・理解する手作業が煩雑である等々、大規模データの特徴を簡便に解釈するにも技術的に不十分な面がある。このような技術的課題に対応するため、本研究ではオフィス調査におけるレーザ計測技術の適用範囲を拡張すること、及び集めたデータを要約・分類してわかりやすく見せる表現法を整備することを達成するため、オフィス内での計測に必要な着座・交流の推定手法、及び計測した大規模データを要約・分類してわかりやすく見せる表現手法を提案し、実測データを用いて手法の有用性の検証を行うことを目的とする。

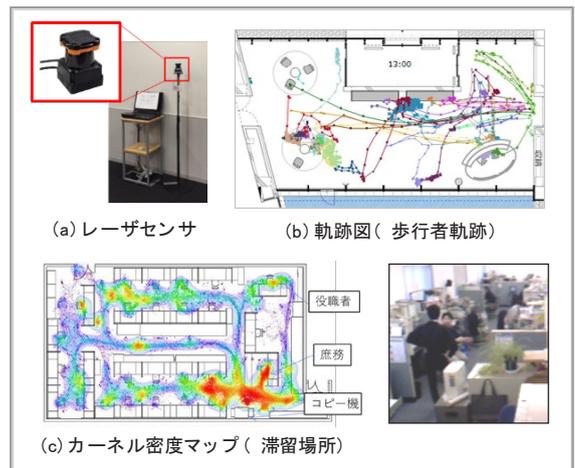
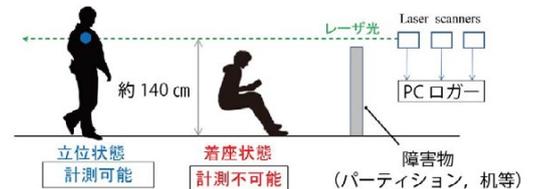


Fig. 1 レーザセンサによる行動モニタリング (Behavior Monitoring Using Laser Sensors)

2. 着座状態推定手法

レーザセンサは 140cm 程度の高さの水平断面を計測するため、着座状態については直接計測できないという課題に対し、歩行軌跡の端点に着席-離席、入室-退出などの行動タグを付与して、断片化した歩行軌跡を効率的に連結することで、着座状態を推定する手法を提案した（Fig.2）。行軌跡群の連結の組合せは無数に存在し、手作業で行うには限界があることから、パラメータフリー遺伝的アルゴリズム(pfGA)を用いて効率的に連結する手法を示している。さらに、小規模オフィスにおける着座の目視判定データと比較することで、提案手法の有用性を示している（正解率約 98%）。



2つのオフィスにおける推定モデル正解率

目視判定	在席		不在		正解率 ①×②
	在席	不在	在席	不在	
レーザ判定	正解判定①	誤判定	誤判定	正解判定②	
オフィスA	60.7%	0.6%	2.2%	36.3%	98.9%
オフィスB	29.4%	0.3%	0.0%	70.4%	99.7%
計	45.0%	0.5%	1.1%	53.3%	98.3%

Fig.2 着座状態推定手法 (Estimation Method of Sitting-and-Moving Behavior)

3. 交流状態推定手法

レーザ計測の軌跡データは利用者の顔や身体が向いている方向情報が無いため、2者が対話している状態を直接的には抽出できないが、対人距離や両者の位置関係などの情報を用いながら交流状態であるか否かを判定できるようにしたい。この課題に対し、まず対面状態（接近している状態）にあることを毎秒について推定し、この状態が一定時間連続していれば、交流状態にあると判断する手法を提案した。対面状態を対人距離や位置関係などの4つの説明変数を有するロジスティック回帰モデルを用いて推定し、目視判定データと比較することで、対面状態を良好に推定できることを示している。さらに、一定時間連続している交流状態についても、距離・継続時間の条件を付加することで判定可能であることを示している。

4. 時間帯抽出のための表現手法

オフィス内のワーカー活動量（移動・滞留を含む立位者の総計測点数）を時系列で表現する場合、10分単位では細かすぎるし、2時間単位では粗すぎる。そこで、時間帯に応じて大きく変動する活動特性をわかりやすく理解するという課題に対し、原データに備わる平均情報量をなるべく損なわないように時間帯の境界を設定する手法を提案した（Fig.3）。具体的には、同じ活動特性が同じ時間帯区分にまとまるように、区分境界を確率的に変更する操作を繰り返し、統計的に有意な時間帯を抽出することで、オフィスワーカーの活動特性を表現する手法を提案した。また、速度情報（歩行速度）と時刻情報を同時分割することで「移動・滞留（会話）」を表現するようにしたのも特徴のひとつである。

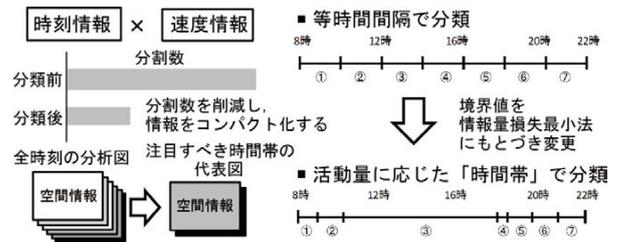


Fig. 3 時間帯抽出のための表現手法 (Time Zone Extraction Method)

5. シーン抽出のための表現手法

空間情報（どの場所で滞留や移動が起きやすいか）と時間情報（どの時間帯に起きやすいか）の同時生起パターンを分析する場合、空間情報だけでクラスター分類すると異なる時間帯の情報が混在し、解釈を誤る恐れがあり、逆に時間情報だけで分類しても場所情報が混在してしまう。そこで、自然言語処理分野で用いられる文書と単語の同時生起性から概念を獲得する手法を活用し、「文書＝時刻情報、単語＝空間情報、概念＝シーン」といったアナロジーに基づきながら、時刻情報、空間情報、速度情報の同時生起性パターン（潜在クラス）としてのシーンを表現する手法を提案した（Fig.4）。

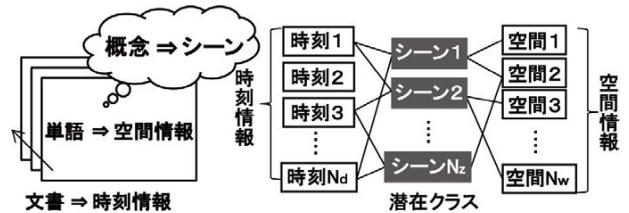


Fig. 4 シーン抽出のための表現手法 (Day Scene Extraction Method)

6. 軌跡パターンの分類手法

移動・滞留を表現する軌跡データを平面計画の動線評価に活用したいが、大量に収集した軌跡データを行動特性に応じて目視分類するには大変な労力を伴う。そこで、機械学習のひとつである制限付きボルツマンマシンを用いて、移動方向・滞留場所を記述する入力データから潜在パターンの特徴を自動的に抽出し、大量の歩行者軌跡からなる行動モニタリングデータを機械分類する手法を提案した（Fig.5）。さらに、病院の外来待合エリアにおける歩行者軌跡の目視判定データと比較することで、軌跡データのクラスタリング技術として、提案手法の有用性が高いことを示した（Fig.6）。

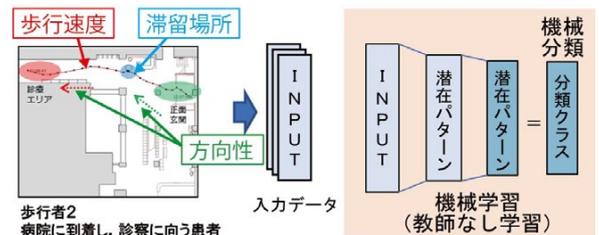


Fig. 5 軌跡パターンの分類手法 (Pedestrian Trajectory Classification Method)

7. おわりに

動線計画や規模計画について従来の想定を超えた案件が増えつつあり、顧客との対話の質を向上させるために、実空間でのエビデンスを起点に設計意図を可視化する技術が必要とされている。レーザ計測は、測位の正確さやプライバシー保護に優れ、エビデンスを整備するための行動理解のツールとして期待度は高いが、活用には幾つかの課題があった。本研究の提案手法により、オフィス調査の基本となる「移動と滞留（着座）」の把握が容易になった。空間の全体的な使われ方を俯瞰する数学的な表現法を整備することで、大規模データが故に時空間的な特徴発見に費やした膨大な作業が軽減できるようになった。本研究で得られた知見は、顧客に対する説得力・提案力の向上において、有効活用されるものと期待する。

キーワード：歩行者軌跡データ、レーザセンサ、大規模データ、着座・交流状態、時空間活動パターン、機械学習

Keywords : pedestrian trajectory data, laser-scanner, big data, sitting-and-moving behavior and face-to-face communication, spatio-temporal activity, machine learning

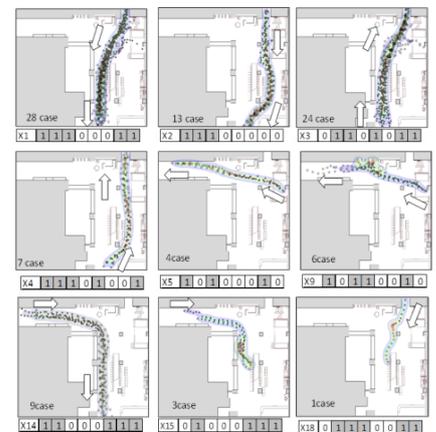


Fig. 6 自動分類の結果図 (Plots of Automatic Classification)