

グループ歩行者の存在する環境下での心理的ストレスについて

竹内友菜・大佛俊泰・金子弘幸

Psychological Stress in the Presence of Group Pedestrians

Tomona TAKEUCHI, Toshihiro OSARAGI and Hiroyuki KANEKO

Abstract: In the previous papers, we have constructed a pedestrian behavior model based on the psychological stress, and estimated parameters using the pedestrians behavior data observed by laser-scanner. However, we did not consider the presence of group pedestrians. In this paper, we construct a pedestrian behavior model that takes into account the psychological stress received from other pedestrians of the same group or other pedestrian groups. Also, we analyze pedestrian behavior by their attributes using the estimated parameters.

Keywords: レーザセンサ (laser-scanner), グループ検出 (group detection), 歩行軌跡 (walking trajectory), 病院 (hospital), 歩行者モデル (pedestrian behavior model), 心理的ストレス (psychological stress)

1. はじめに

筆者らは、心理的ストレス概念（大佛・佐藤, 2003）に基づく歩行者モデルを構築し（大佛ほか, 2019），レーザセンサによる行動モニタリングデータ（大佛・金子, 2014）を用いて、パラメータを推定した。しかし、単独歩行者だけでなく、グループ¹⁾歩行者の存在も考慮することが必要と考えられる。本稿では、歩行時に他者から受ける心理的ストレスについて、グループ内歩行者から受けるストレスは小さく、対面する他のグループ（対グループ）の歩行者から受けるストレスは大きいことを表現する歩行者モデルを構築する（図-1）。

2. 心理的ストレスモデルに基づく歩行者モデル

2.1 心理的ストレスモデルに基づく歩行者モデルの概要

竹内友菜 〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1

東京工業大学 環境・社会理工学院

建築学系 大佛研究室

Email: takeuchi.t.aj@m.titech.ac.jp

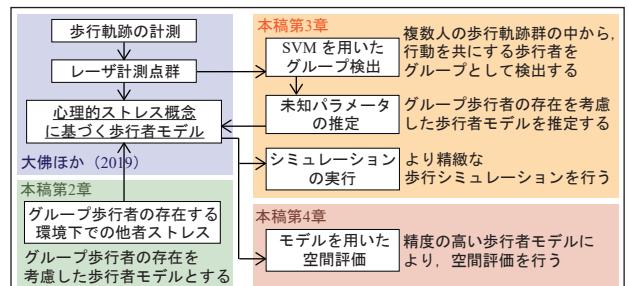


図-1 本研究の構成

速度や方向を変化させながら、回避行動を繰り返す群集流動内の歩行者の挙動を記述するため、心理的ストレスに基づく歩行者モデルを構築した（図-2(a)）。具体的には、経路選択モデルを用いて、TIN ネットワークに基づく目的地までのコスト最小経路を定めた上で、各時点において、周辺環境から受ける心理的ストレス（他者ストレス、目的地ストレス、物ストレス）（図-2(b)）の合計値が最小となる地点を選びながら、移動するものと考えた。

2.2 グループ歩行者の存在する環境下での他者ストレスの定義

単独歩行者だけでなく、グループ歩行者の存在も考慮した歩行者モデル（以下、モデル）に

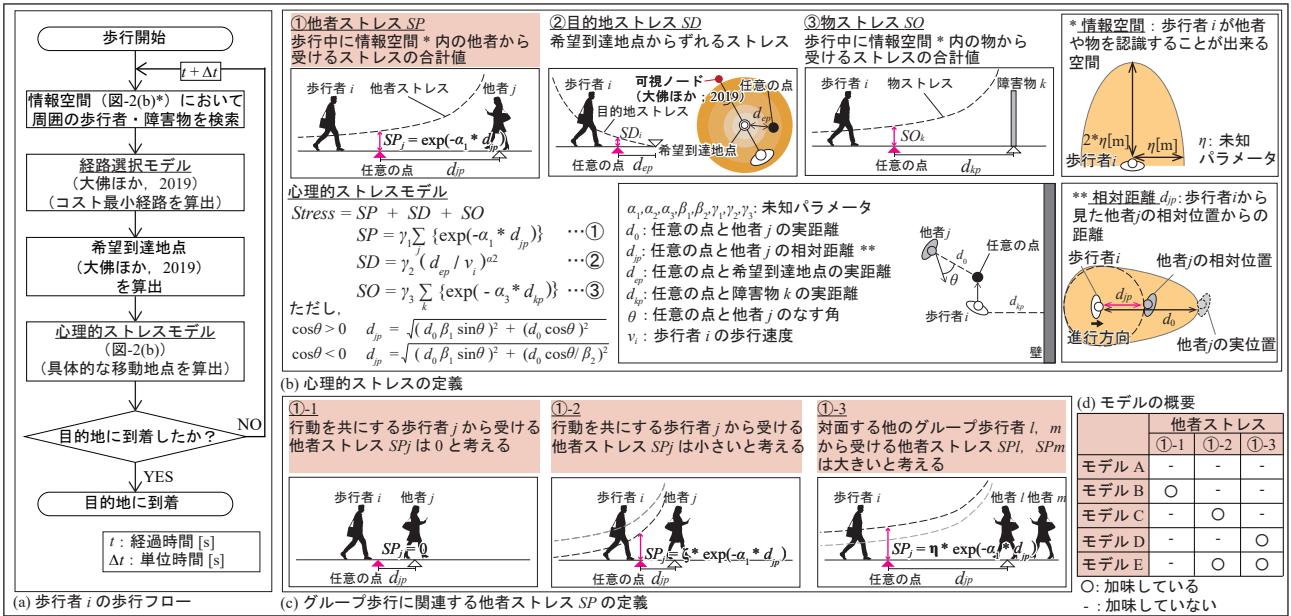


図-2 心理的ストレス概念に基づく歩行者モデルの概要

について検討するため、他者ストレスについて、既往研究（大佛ほか, 2019）のモデル A の他に、4 つのモデルを考える（図-2(d)）。具体的には、グループ内歩行者から受ける他者ストレスは無視できるほど小さい（図-2(c) ①-1）と考えるモデル B、グループ内歩行者から受ける他者ストレスは相対的に小さい（図-2(c) ①-2）と考えるモデル C、対面するグループ歩行者から受ける他者ストレスは相対的に大きい（図-2(c) ①-3）と考えるモデル D、さらにモデル C・D の概念を組み合わせたモデル E という 5 つのモデルである。これら 5 つのモデルを推定し、比較・検討を試みる。

3. パラメータの推定と歩行者モデルの検討

3.1 SVM を用いたグループ検出

A 病院を対象に、レーザセンサと目視調査による行動モニタリング調査から作成した計測データを用いて（表-1），サポートベクターマシン（SVM）によりグループ検出を行う。計測データ II を学習させた学習済みモデルを計測データ I に適用し、同一のグループである歩行者の組を 161 組検出した（表-2）。

3.2 計測軌跡を用いたパラメータの推定

	他者ストレス	①-1	①-2	①-3
モデル A	-	-	-	-
モデル B	○	-	-	-
モデル C	-	○	-	-
モデル D	-	-	○	-
モデル E	-	○	○	-

○: 加味している
- : 加味していない

表-1 計測データの概要

	データ I	データ II
調査日	2015年10月21日(水)	2017年11月1日(木)
対象時刻	10:30~11:30	14:30~15:30
データ取得のインターバル	$\Delta t = 0.25$ 秒	$\Delta t = 0.25$ 秒
対象エリア面積	266m ²	141m ²
使用用途	歩行者モデルのパラメータの推定 歩行シミュレーションの条件設定 (3章) モデルを用いた空間評価 (4章)	SVM によるグループ検出の教師データ (3章)

表-2 SVM によるグループ検出結果

	データ I	データ II
軌跡数 [本]	1605	800
グループ組数 [組]	161	71

※竹内ら (2018) に示す手順で SVM によるグループ検出を行った。

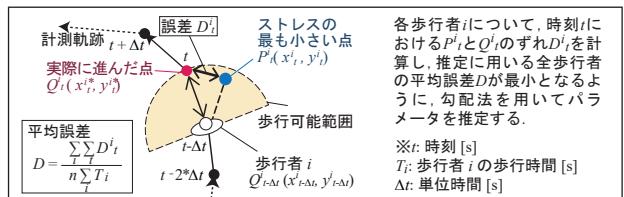


図-3 心理的ストレスモデルのパラメータの推定

前節で検出されたグループ歩行者には、前述した計 5 つのモデルを想定し、歩行者の属性ごとに、平均誤差（図-3）が最小となるように、勾配法でパラメータを推定した。

3.3 歩行者モデルの検証

歩行者 i は推定モデルに従い歩行し、それ以外の歩行者は計測軌跡 I に従い歩行する状況を想定することで、歩行者モデルの精度を検証した（図-4）。いずれのモデルについても、軌跡誤差の平均値 L_i が 80cm (1 歩程度) 以下となっており、モデルの記述精度は概ね良好といえ

る。軌跡誤差の平均値 L_i が最も小さいのはモデル C とモデル E である。しかし、モデル E は、グループ内相対距離の差の平均値 M_{ij} ・対グループ相対距離の差の平均値 N_{ij} が大きい。モデル D も、グループ内相対距離の差の平均値 M_{ij} ・対グループ相対距離の差の平均値 N_{ij} が大きい。すなわち、対面する他のグループ歩行者から受ける他者ストレスは大きいと考えるモデルは、他者との距離を適切に記述できていないことがわかる。これは、モデル A によって、対面する他のグループ歩行者から受ける他者ストレスについて十分に記述できているために、モデル D, E がモデル A の改良になっていないためと考えられる。一方、モデル C は、グループ内相対距離の差の平均値 M_{ij} ・対グループ相対距離の差の平均値 N_{ij} も小さく、全モデルの中でも最も精度が高い。このことから、歩行者モデルには同一グループ内歩行者の考慮が重要であることがわかる。

3.4 歩行シミュレーション軌跡の比較

計測データ I に基づき、各歩行者の出現時刻・場所、歩行速度、目的地を設定し、全歩行者を対象に、モデル A ~ E を用いたシミュレーションを実行した。

3.1 節で同一グループであると判定された 2 人の歩行者について、歩行シミュレーション軌跡と計測軌跡を比較した(図-5)。モデル B は、同一グループ歩行者間の距離を、計測軌跡よりも過度に小さく記述していることがわかる。グループ内歩行者同士の他者ストレスの存在を考

慮したモデル C の方が、同一グループ内の距離の近さを良好に記述できている。

3.5 モデル C の検証結果

3.3 節、3.4 節において、精度の高かったモデル C について、図-6 に仔細な検証結果を示す。いずれの属性についても、軌跡誤差が 80cm 以内の範囲に、約 80% の歩行者が収まっており、モデルの記述精度は概ね良好といえる。また、計測軌跡 I とモデル C による推定軌跡の総歩行距離を個人ごとに比較すると、こちらも概ね一致しており、歩行距離の観点からも良好に記述できている(図-6(b))。一方、過大・過少推計となっている歩行者も散見される。こうした歩行者は、モデルでは表現できない滞留行動を伴う場合や、壁や柱による分岐を別方向へ進んだため、大きな差異となっている。

3.6 モデル C のパラメータの解釈

モデル C の推定パラメータに基づき、各ストレス値を算出した(図-7)。他者 j が同一グループ内歩行者の場合、男性・女性の他者ストレス

(a) 歩行者モデルの検証		モデル A	モデル B	モデル C	モデル D	モデル E
軌跡誤差 L_i (大佛ほか, 2019) の平均値 \bar{L}_i [mm]		774.0	779.4	764.9	778.5	764.9
グループ内相対距離の差 M_{ij} の平均値 \bar{M}_{ij} [mm]		729.4	715.8	711.3	762.5	752.1
対グループ相対距離の差 N_{ij} の平均値 \bar{N}_{ij} [mm]		800.2	797.6	788.0	800.6	806.5

※検証においては、データ I (表-1) のうち、属性のわかっている 695 本の軌跡を推定した。695 本に対して、軌跡誤差、グループ内相対距離の差(図-4(b))、対グループ相対距離の差(図-4(b))をそれぞれ求め、その平均を上記に示している。

グループ内歩行者 j

D_{ij}^t : 計測軌跡の歩行者 i と他者 j との距離

D_{ij}^t : 推定軌跡の歩行者 i と他者 j との距離

計測軌跡

推定軌跡

歩行者 i

グループ内歩行者相対距離の差

$$M_{ij} = \frac{\sum_{i \in Test_j} D_{ij}^t}{\sum_{i \in Test_j} 1} \cdot \frac{\sum_{j \in Tra_{ij}} D_{ij}^t}{\sum_{j \in Tra_{ij}} 1}$$

Test_j : 計測軌跡の歩行者 i から他者 j が視認できる時点の集合

Test_j も同様。

※対グループ歩行者相対距離の差 N_{ij} についても、歩行者 i に対面する他のグループ歩行者 j に対して、同様に計算を行う。

(b) グループ内相対距離の差 M_{ij}

図-4 歩行者モデルの検証

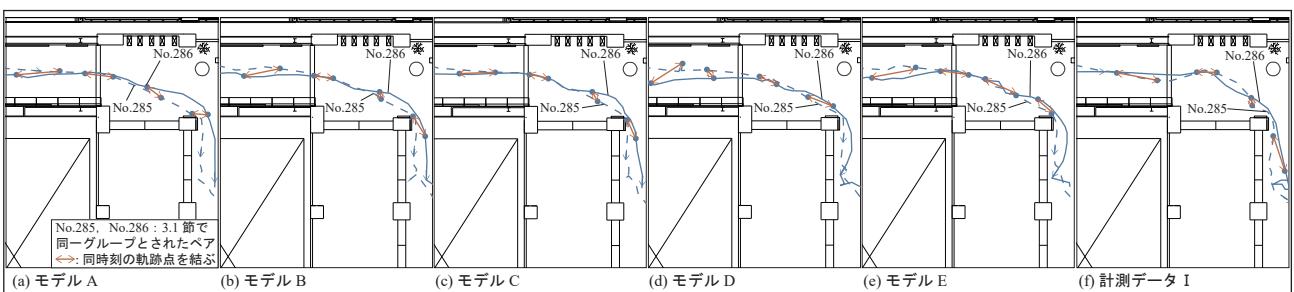


図-5 計測データ I とシミュレーション軌跡の差

は約 0.75 倍小さくなっている (図 -7(a), (b)). 補助具利用者の他者ストレスは、他者 j が同一グループ内歩行者であるかどうかに関わらないことがわかる。また、補助具利用者の物ストレス・目的地ストレスは高い (図 -7(c), (d)). すなわち、急な方向転換が困難である補助具利用者の行動特性を読み取ることができる。一方、スタッフの目的地ストレスは低いことがわかる (図 -7(c)). これは、スタッフが、患者や来訪者にいつでも対応できるよう、目的地からのずれにストレスを感じないよう行動しているためと考えられる。

4. モデル C を用いた空間評価

モデル Cにおいて、計測データ Iにおける各メッシュのストレスの平均値 \bar{S}_m を算出することで (図 -8(a))、空間の評価を行った。他者ストレスの空間分布をみると (図 -8(b))、受付機 (i) や会計機の立ち待ちが多い箇所 (ii) の前で他者ストレス \bar{SP}_m が大きいことがわかる。また、物ストレスの空間分布をみると (図 -8(c))、壁や椅子・受付台に近い箇所で物ストレス \bar{SO}_m が大きいことがわかる。

5. まとめ

歩行者のレーザセンサ計測データを用いて、SVMにより、グループ歩行者を検出した。さらに、グループ内歩行者から受ける他者ストレスは小さく、対面する他のグループ歩行者から受ける他者ストレスは大きいことを表現する歩行者モデルを推定した。その結果、対面する他のグループ歩行者から受ける他者ストレスは大きいという概念を取り入れる歩行者モデルよりも、グループ内歩行者から受ける他者ストレスは小さいと考える歩行者モデルの方が精度が高く、計測データへの適合性も良好であることを示した。

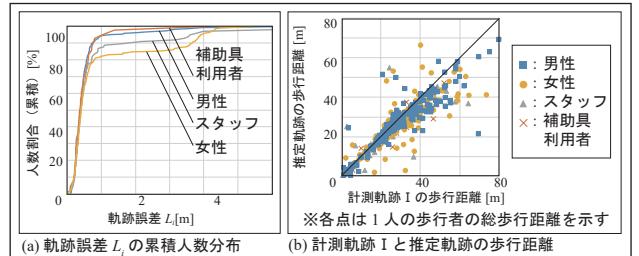


図 -6 歩行者モデル C の検証

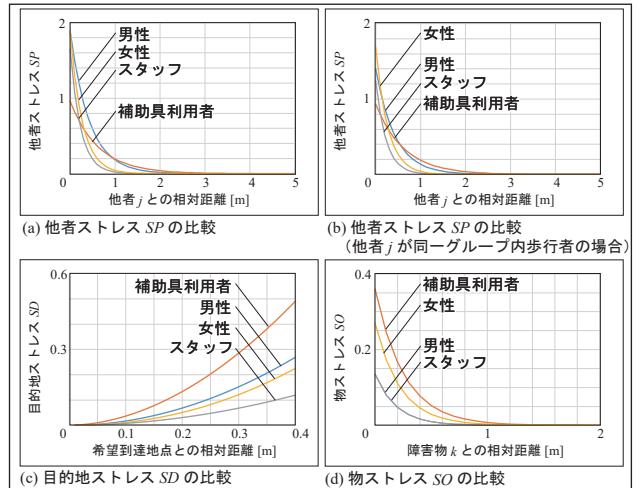


図 -7 歩行者モデル C のパラメータの推定結果

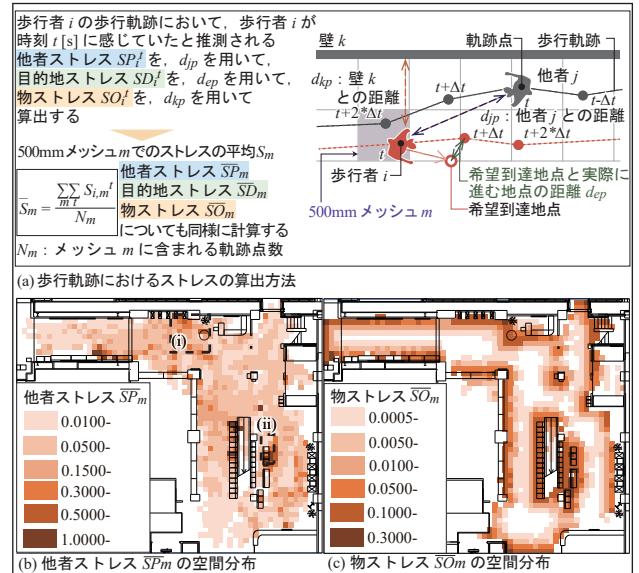


図 -8 計測データ I に基づく空間評価

注

1) 本稿では、共に移動している複数人の集団をグループと定義する (スタッフと患者のように、一時的に行動を共にする集団も含む)。

参考文献

- 大佛俊泰・佐藤航 (2003) : 心理的ストレス概念に基づく歩行行動のモデル化, 日本建築学会計画系論文集, 573, 41-48.
大佛俊泰・本間ありさ・金子弘幸 (2019) : レーザセンサによる高精度軌跡データを用いた歩行者行動モデルの推定と検証, 日本建築学会計画系論文集, 84, 763.
大佛俊泰・金子弘幸 (2014) : レーザセンサによる行動モニタリングデータを用いたオフィスワーカーの着座状態と交流状態の推定, 日本建築学会環境系論文集, 79, 706, 1083-1092.
竹内友菜・大佛俊泰・金子弘幸 (2018) : 歩行軌跡データを用いたグループ検出における機械学習の可能性検証, 地理情報システム学会講演論文集, C-2, 1.