

歩行者空間における歩行者挙動の物理学的考察

東京理科大学 大学院 学生会員 ○福田 一太
 東京理科大学 理工学部 正会員 山下 良久
 東京理科大学 理工学部 フェロー会員 内山 久雄

1. はじめに

これまでの歩行者空間整備は例えば道路空間では自動車交通を妨げないという制約のもと歩行者が余裕を持って歩行できるように歩行者空間を拡幅などを行い物理的に確保してきた。また駅構前広場や駅構内などの公共交通空間においては面積算定式による設計であったり、断面交通量や流動係数、 F_{ruin} により提唱された密度の逆数の空間モジュール¹⁾といった指標により集中する旅客を効率的に処理するためにはどの程度の空間が必要であるかといった議論がなされてきた。

しかしながら、近年では高齢社会の進展により「どこでも、だれでも、自由に、使いやすく」というユニバーサルデザインの考え方が浸透し、安全で快適な歩行者空間整備を行なうことが求められている。そのため従来までの整備で社会的なニーズに十分に対応することは困難であると考えられる。この原因として歩行者空間を一様に評価しており、通勤・通学、買い物など様々な目的を持って行動する歩行者一人一人の挙動を整備に反映できていないことが挙げられる²⁾。

そこで、本研究では様々な歩行目的の中でも通勤・通学目的の歩行者を対象とし、ビデオ画像から得られた歩行者個々の座標より、速度、位置関係を取得し、それらのデータから歩行者間に生じる抵抗を物理学的に表現することを試みる。これより、従来までの評価では捉えることのできなかつた歩行者個々の挙動の評価を試みることを目的としている。

2. 使用データ

本研究では、ケーススタディとして2003年10月19日(日)、20日(月)に東武春日部駅で行なった歩行者流動調査のビデオ画像を用いる。使用データは20日(月)の通勤時間帯7:00~9:00の歩行者84サンプルである。この時間帯は歩行者が多い混雑時と少ない閑散時の両方が存在しており、様々な状況のデータを取得することができる。データは動画を0.5秒単位で静止画として分割したうえで歩行者の座標デー

タを取得する。

3. 水理学のせん断応力の概念を応用した歩行者間の抵抗の表現

本研究では歩行者流を水の流れに例えることにより歩行者間で生じる抵抗を表現する。

水理学では、固体面上を流れる層流において生じるせん断応力は式(1)のように表現される。

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (1)$$

τ : せん断応力 (N/m^2)

μ : 粘性係数 (比例係数) ($N \cdot s/m$)

du : 上層の流速と下層の流速との速度差 (m/s)

dy : 上層の下層のy方向距離 (m)

次に、図1のような平均歩行速度が \bar{u} の歩行者空間を仮定すると、歩行者1と歩行者2との間の距離は d_{12} 、それぞれの歩行速度は図1のように表現される。また空間内の他の歩行者も同じように定義し、これらの値により歩行者1の感じる抵抗は空間にn人いる場合、全ての歩行者から感じる抵抗で表現できるので式(1)を参考に以下の式のようになる。

$$\tau_1 = \sum_{i=1}^n \frac{|du_i|}{\exp(d_{1i})} \quad (2)$$

τ_1 : 歩行者1が感じる抵抗 ($1/s$)

du_i : 歩行者1の歩行速度と歩行者空間の平均歩行速度(希望歩行速度)との差分 (m/s)

d_{1i} : 歩行者1と歩行者iとの間の距離 (m)

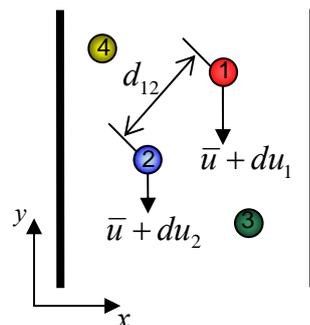


図1 歩行者空間

キーワード：歩行者，せん断応力，歩行者間抵抗

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL 04-7124-1501(内線 4058) FAX 04-7123-9766

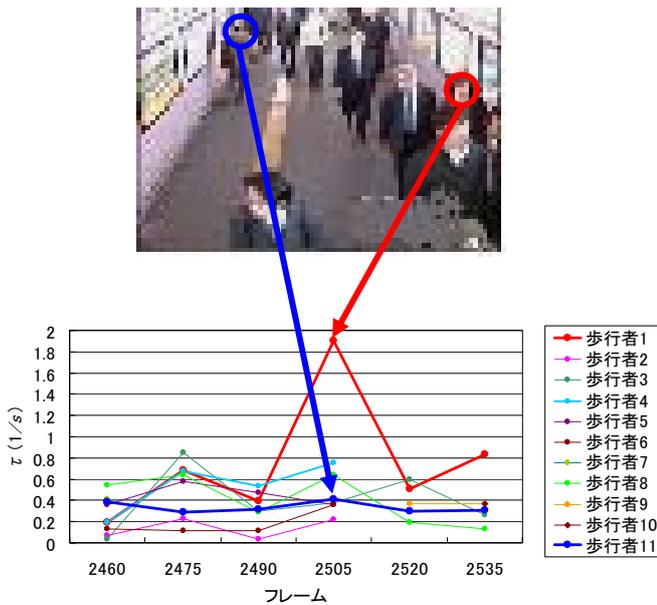


図2 単位時間ごとの τ の変化

この歩行者間抵抗 τ はこの値が大きいほど歩行者間の抵抗が大きいことを示している。式(2)で歩行者間の距離 d は人間の感覚は直線的に変化するものではなく指数的に変化することから指数をとった。また本研究では歩行者空間内の平均歩行速度を各歩行での希望歩行速度と定義し、希望歩行速度と各歩行者の平均歩行速度との差を用いている。また定数項 μ には本来歩行者の属性などを取り入れる予定だが、本稿では考慮せずに算出する。

また歩行者空間における τ は式(2)で求められる n 人分の τ の合計で表現されるので以下の様になる。

$$\tau = \sum_{i=1}^n \tau_i \quad (3)$$

τ : 歩行者空間における抵抗 (1/s)

τ_i : 歩行者 i の感じる抵抗 (1/s)

4. 歩行者間抵抗 τ の算出

歩行者間の抵抗を実際の歩行者流に適用する。図2はそれぞれの歩行者感じる抵抗を算出し0.5秒間隔での変化をグラフに表したものである。図2より同じ歩行者空間でも歩行者が密集している場所では τ が大きく(赤い歩行者)、周囲に歩行者がいない場所では τ が小さい(青い歩行者)関係がみとれる。

次に、単位時間の空間モジュールと歩行者空間における τ の関係を示したものが図3である。空間モジュールは大きいと歩きやすいことを示しており、その段階ごとにサービス水準A～Fに分けられ、徐々に歩行環境が悪化していく。図3

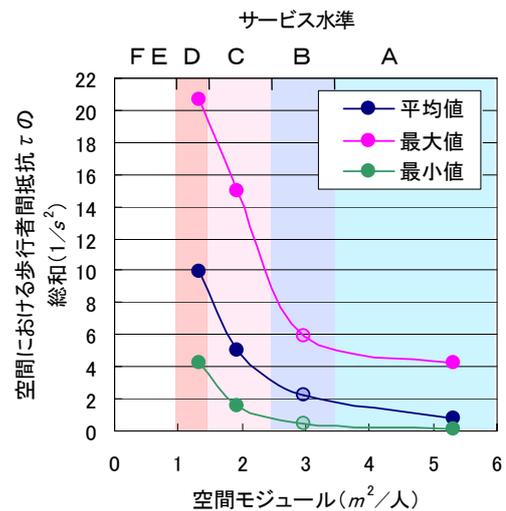


図3 空間モジュールと τ の関係

より空間モジュールが大きくなるにつれ、指数的に τ が小さくなるかんけいのみとれ、空間モジュールによる評価と τ は対応していることが分かる。しかしながら、歩行者間抵抗 τ の最大値と最小値の間には幅があることから、同じ空間モジュールでも歩行者空間の τ に差があることが表現されている。

5. おわりに

本研究では歩行者の挙動を考慮した歩行者空間の評価を行なうため、歩行者個々人の感じる歩行者間の抵抗を水理学におけるせん断応力の概念を応用することにより表現することを試みている。また、歩行者個々人の歩行者間抵抗 τ 及び、歩行者間抵抗の総和である歩行者空間における τ を算出した。この結果、歩行者間抵抗 τ は抵抗を感じる状況では τ が大きくなることが分かり、同じ空間モジュールのサービス水準として評価される状況でも歩行者間に生じる抵抗には差があることを示している。このことより、 τ を用いることにより歩行状況の違いによる抵抗を表現できた。

今後は、歩行者の心理的な面を取り入れるために定数項 μ に歩行者の属性、身体疲労度、カロリー消費量など抵抗を感じる際に要因となる情報を取り入れ抵抗を算出する必要がある。また本研究では通勤・通学を目的とする歩行者のみを対象としたが、買い物等の目的を持つ歩行者も対象とする。

参考文献

- 1) JOHN J. FRUIN: 歩行者の空間～理論とデザイン～, 鹿島出版社, 1974, pp.45-91
- 2) 鈴木雄高, 日々野直彦, 毛利雄一, 内山久雄: ビデオ画像を用いた歩行者挙動分析, 土木学会第56回年次学術講演会, 2001