

車椅子混入による歩行空間の群集流動シミュレーション

九州大学工学部地球環境工学科	学生会員	○松山 久寿
九州大学大学院工学府	学生会員	劉 建宏
九州大学大学院工学研究院	正会員	大枝 良直
九州大学大学院工学研究院	正会員	角 知恵

1. はじめに

近年、ハートビル法（高齢者や身体障害者が円滑に利用できる特定建築物の建築の促進に関する法律）などによりバリアフリー化が進み、歩行空間においてもさまざまな条件を負った交通弱者も考慮した快適性、安全性に優れた環境への問題意識が要求されている。そこで、通路や道路など歩行者が数多く通行する歩行空間で、歩行者と車椅子の混在時においても快適な歩行流が保てる環境の構築のために、空車椅子混入時に歩行流に与える影響を調査する。

2. 概要

本研究は、歩行者による群集流を作り出し、その中に車椅子を混在させシミュレートする。シミュレーションにあたっては群集流の歩行モデルを必要とする。本研究は、歩行者が自分の周囲の各歩行者からの干渉を極力避けるために、歩行者が自身にとって、「目的方向に向かおうとする行動心理」、「自己の最大歩行速度を確保しようとする行動心理」を用いることにより、歩行者の行動モデルを構築している。これらの歩行モデルを用いることにより、車椅子混入による群集流の解析を行う。

3. 歩行者の行動モデル

(1)歩行モデル 歩行者の歩行モデルとしてパーソナル・スペースモデル¹⁾を用いることにする。図-1(a)にその概念図を示す。

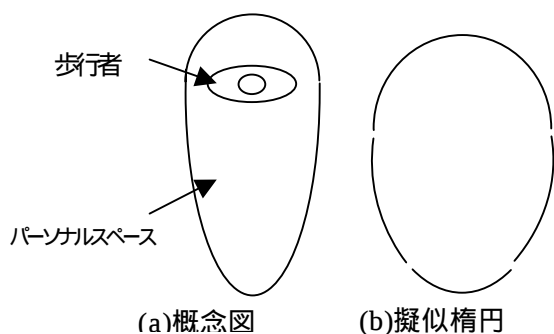


図-1 パーソナルスペースモデル

パーソナルスペースとは他者が入り込むと不快感を感じるような、歩行者を取り巻く目でみえない空間

である。パーソナルスペースは周囲の状況によって、大きさも変化する。パーソナルスペースが小さくなるとそれに応じて速度も遅くなる。パーソナルスペースの形状は、基本的に歩行者の前方に楕円形を想定する。しかし、モデル化して数値的にシミュレーションする際に、楕円と楕円の接触の計算は複雑である。そこで、楕円の代わりに図-1(b)に示すような4つの円弧を用いた擬似楕円²⁾を用いて近似する。

本研究では、「目的方向に向かおうとする行動心理」、「自己の最大歩行速度を確保しようとする行動心理」を仮定する。歩行者同士のパーソナルスペースが接触すると、「自己の最大歩行速度を確保しようとする行動心理」により、進行する角度を変更し、さらに「目的方向に向かおうとする行動心理」により、より目的方向に近い角度で回避しようとし、回避を終えると再び目的方向に進むこととする。

(2)被験者実験 歩行者、車椅子のパーソナルスペースに関する詳細なデータを得るため被験者による歩行実験を行った。被験者は大学内の男女学生約20名で行った。広い空間で十分離れた距離から被験者を1対1、1対2で対向させ、1人の方に常に任意の距離で対向する歩行者を回避させる。また、対向する歩行者を車椅子に置きかえて実験する。

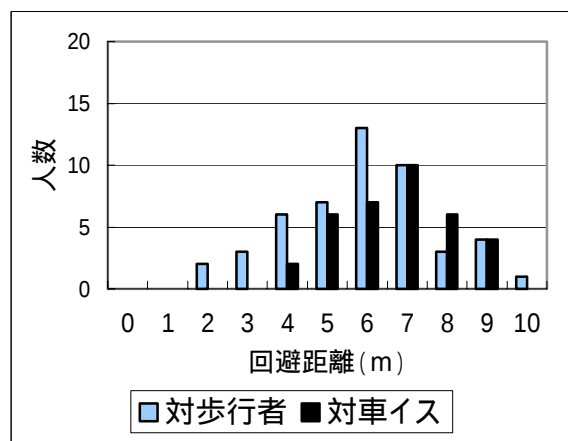


図-2 対歩行者、車イスへの回避距離

実験により、対向者が複数の場合、車椅子が存在する場合で、回避距離に違いが出るか調べる。図-2は、歩行者が対向する歩行者もしくは車椅子に対し

て回避を始める距離を測定したものである。図によると、歩行者と車椅子とでは回避距離の分布、平均から、対車椅子の方が比較的回避距離が大きくなる傾向が見られた。また、表-1 に示すように、対向する歩行者が車椅子も含め 2 人の場合、回避距離が長くなる結果となった。これらをもとに、歩行者、車椅子それぞれにパーソナルスペースの大きさを設定する。

表-1 歩行者の平均回避距離 (m)

	1 対 1	1 対 2
車イス無し	5.95	6.18
車イス含む	5.56	7.06

4. シミュレーション

(1)歩行者の設定 歩行者のパーソナルスペースは表-1 より 1 対 1 を基準にして、歩行者の頭上を始点に回避距離の約 1/2 の前方 3m とする。他の歩行者のパーソナルスペースに接触すると、前方 180° から 10° ごとに最適な回避角度を選択する。初期位置は図-3 に示すように歩行者が横一列に頭上を基準に 100cm ごとに 5 人並び、その前方 10m に対向する 5 人が同様に並び、人数を増やす時は同様に 5 人を後方 3m に配置する。5 対 5、10 対 10、15 対 15 の 3 パターンをそれぞれ 10 回行う。

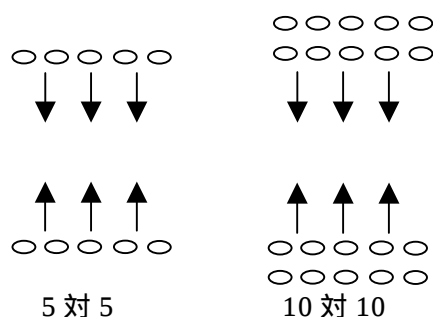


図-3 歩行者の初期位置

(2)車椅子の設定 歩行者と同様にパーソナルスペースを設定。ただし回避行動は行わず、行動パターンは直進のみとする。位置は最前の 1 列の最端もしくは中央の歩行者を車椅子におきかえる。

(3)パーソナルスペースの結合 対向する歩行者が 2 人以上で、それら歩行者間の間隔が十分でないとき、回避する歩行者は通常よりも回避距離が長くなる。そのため、同方向を進む 2 人以上が一定距離まで接近すると、ひとまとまりのパーソナルスペースを構成し、それによって回避する歩行者の回避距離は若干長くなるよう設定する。

これらの設定を用い、歩行者の量、車椅子の有無によって 8 秒後における各歩行者の平均歩行速度に

どのような変化が生じるか、シミュレーションを用いて測定した。結果を表-2 に示す。

表-2 シミュレーション結果(cm/s)

	5 対 5	10 対 10	15 対 15
車イス無	112	106	103
車イス A	114	106	93
車イス B	117	102	100

A：車イスの初期位置が最端

B：車椅子の初期位置が中央

5. 考察

表-2 のシミュレーション結果から、歩行空間における密度の増加によって各歩行者の平均速度が小さくなる傾向が読み取れる。歩行者密度が大きくなると、パーソナルスペースが小さくなり、自由速度での歩行が困難になる。結果、同一時間内でも歩行距離は短くなる。一方、これら群衆の中に車椅子を混入させた場合、車椅子無しの場合と比較して、歩行者の平均速度に若干の違いが見られた。歩行者の密度が増加すると車椅子の有無によって平均速度が落ちる歩行者が増え、歩行者平均でみると差が生じている。しかし、全体のレベルでみると本シミュレーションの限られた条件の中においては、少なくとも車椅子の有無によって歩行者の流れに支障があったとはいえない。今回のシミュレーションでは歩行空間に特に壁などの障害がないために、歩行者同士がばらけやすく、比較的歩行者に空間的余裕があったため、結果的に車椅子としての影響力があまり働かなかったためと思われる。そのため車椅子の初期位置の違いによる影響も読み取ることはできなかった。

6. 終わりに

今回のシミュレーションにおいては、歩行者の初期位置や歩行空間など、条件の制約が多くあった。歩行者のパーソナルスペースによる個人差や初期位置にランダム性をもたせ、壁などの物理的制約のある空間を用いるなど、実際に想定している環境により近い条件でシミュレーションを行う必要がある。

参考文献

- 1) 渋谷昌三、人と人との快適距離-パーソナル・スペースとは何か-、日本放送出版協会、1997。
- 2) Wang, C. Y. and Liang, V. C.: A Packing Generation Scheme for the Granular Assemblies With Planar Elliptical Particles, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol.21, pp. 347-358, 1997.