実空間における準実験による キャリーバッグ・ベビーカー利 用者に対する周辺歩行者の回避 行動計測

MEASUREMENT OF PEDESTRIAN'S EVASIVE BEHAVIOR AROUND A PERSON WALKING WITH A TROLLEY BAG OR BABY STROLLER BY QUASI- EXPERIMENT IN AN ACTUAL SETTING

大野隆造 ——— * 1 金子いづみ ——— * 2
小林美紀 ——— * 3

Ryuzo OHNO ——— * 1 Izumi KANEKO ——— * 2
Miki KOBAYASHI ——— * 3

キーワード：
キャリーバッグ, ベビーカー, 回避行動, 準実験, 歩行者

Keywords:
Trolley bag, Baby stroller, Evasive behavior, Quasi-experiment, Pedestrian

This study quantitatively examines the behavior of pedestrians moving close to a person with a trolley bag or baby stroller. The data will prove useful in estimating how much extra space needs to be allowed for those with such gear, for example in a railroad station or other transport facility. The experiment was conducted on a crowded street in a Tokyo business district during the morning commute. A male assistant hired for the experiment was asked to walk in three directions with respect to pedestrian flow in four conditions for a total of 12 experimental situations. The study revealed how large evasive space is required in each situation.

1. はじめに

近年, いわゆる交通バリアフリーの取り組みにより, 車椅子利用者が移動しやすい都市空間へと変化しつつあるが, 同時にキャリーバッグやベビーカー利用者にとっても好都合な環境となった。そして, キャリーバッグ等の利用者の増加にともなって接触事故¹⁾やベビーカーによるトラブルも多発している。このような事故は, 何も持たない歩行者に比べ, キャリーバッグ等の利用者を含む群衆が円滑に流動するには回避空間がより広く必要になるにも関わらず, 十分な空間が確保されていないことも発生の一因と考えられる。

本研究は, これまで以上に増加が予測される, キャリーバッグやベビーカー利用者に対する回避行動の大きさを定量的に把握することを目的とする。これにより, 今後の鉄道駅や商業施設などにおいて, 安全で快適な歩行空間を計画する上で, 基礎的な知見が得られると考えられる。

また本研究は, 実在する都市の公共通路において, 一般の歩行者に対する実験協力者の関与が引き起こす回避行動を観察する準実験(Quasi-experiment)を通してデータを取得する方法に特徴がある。本来, 自然に生じられた状況の観察を通してデータ収集すべきであるが, そのような方法では様々な条件についてデータを揃えることは困難である。一方で被験者実験では回避行動が恣意的になる可能性が否定できないため, 準実験手法を用いた。

歩行空間の計画に関わる研究として, 人間の移動を流動としてとらえた研究は数多く行われている。中²⁾は, 鉄道駅における一方向の流動だけでなくいくつかの流れが交錯する動きについて観察し, その構造を求めてシミュレーションモデルを構築している。また歩

行者の周囲にパーソナルスペースを設けた歩行行動モデルのシミュレーションとしては, 小山ら³⁾の避難行動をセルオートマトンによる群衆流動の特性に基づくモデル化や, 大佛ら⁴⁾の駅コンコースにおいて歩行者が他者に近づける限界距離を考慮した歩行モデル化の試みがある。

本研究と通じる障害物の回避行動を扱った研究としては, 人間同士のすれ違い行動について, 実験者が静止と歩行している場合について実験結果をモデル化し, 障害物を避ける回避者の属性による差異を示した依田らの研究⁵⁾がある。さらに渡部ら⁶⁾⁷⁾は, 回避者について, グループ歩行者及び女性単独歩行者の回避歩行軌跡を解析し, 男性単独歩行者との比較を行っている。これらの研究では, 歩行者が帯同しているキャリーバッグやベビーカーについては扱われていない。また実験は低密度もしくは回避者1名のみの回避軌跡しか扱われておらず, 実際の歩行者の流れの中での回避行動については考えられていない。

2. 歩行者の回避行動軌跡の計測

2. 1 準実験の対象地選定と回避行動の記録

実空間における準実験は, キャリーバッグ等の利用者に対する回避行動の大きさを定量的に把握するため, 大規模鉄道駅からほぼ一方向の通勤歩行者の流れが見られる平日の時間帯(2011年7月28日～9月13日の午前8～10時)に行った^{注1)}。通勤時間帯において多数の人々が歩行する中を, キャリーバッグやベビーカーを持った実験協力者に歩いてもらい, そこで行き交う歩行者を歩道橋の上に設置したビデオカメラで撮影し記録する。その結果は, 動画編集ソフト

本稿の一部は, 日本建築学会大会学術講演梗概集(2012)⁸⁾, International Symposium on Environment-behavior Studies(2012)⁹⁾において口頭発表した。

¹⁾ 東京工業大学大学院総合理工学研究科 教授・工博
(〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259 J3-28)

²⁾ 三菱地所ビルマネジメント(株) 修士(工学)

³⁾ 東京工業大学大学院総合理工学研究科 特別研究員・博士(工学)

¹⁾ Prof., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

²⁾ Mitsubishi Estate Building Management Co., Ltd., M. Eng.

³⁾ Research Fellow, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

トを用いて静止画像とし、それを画像編集ソフトにより正射影変換して平面図上に歩行軌跡を描いた。対象地選定に関しては、適度に一樣な歩行者通行量があること、回避行動が可能な十分な有効幅員があることを条件とし、S 鉄道駅からオフィス街に通じる公共通路（歩道幅員 7m）で行った（図 1）。

準実験では、実験協力者を同一の成人男性とし、表 1 に示すように、何も持たない [N]、ベビーカーを押す [S]、大型キャリーバッグを引く [LB]、小型キャリーバッグを引く [SB] の 4 種の設定条件で行い、それぞれ歩行者の流れに対して「対向する」、「追い越す」、「横切る」の 3 種の歩行パターン（以下、それぞれ「対向」「追越」「横切」）、計 15 の条件で通常で歩いてもらった。条件ごとに標本数は、30 前後を目安に揃えて、計 360 のデータを収集した。

2. 2 動画から平面上の歩行軌跡の抽出

準実験で得られたビデオ映像をもとに、歩行軌跡の変化から回避行動をとったと判断された歩行者（以下、回避者と呼ぶ）を特定し、0.5 秒間ごとに静止画像を切り出して（図 2 ①）、その回避者の頭頂部の座標位置を計測して歩行軌跡を求める。具体的には、実験路の斜め上方から撮影して得られた画像を地盤面への正射影図に変換す

るため、まず、画像編集ソフトを用いて回避者の頭頂部の高さに、 $0.2 \times 0.2\text{m}$ メッシュの透視射影グリッドを撮影された画像に重ねて描き（図 2 ②）、各コマに回避者の位置をそのメッシュ上にマークする（図 2 ③）。そして、それらのメッシュ上にマークされた回避者の位置を正射影に変換して、平面図（1:10）上にプロットして回避軌跡のデータを得る（図 2 ④）。

3. キャリーバッグ等の利用者に対する回避領域の推定

3. 1 対向・追越

3. 1. 1 回避軌跡の抽出方法

「対向」「追越」における実験協力者と回避者との相対的な位置関係を把握するため、前項で得られた歩行軌跡をもとに（図 3 ①）、実際には移動している実験協力者の位置を平面上の原点に固定して、回避者の相対的な軌跡を描く（図 3 ②）。これらから、回避行動を定量的に捉えるため、歩行中の実験協力者の周囲にも、パーソナルスペース（他者の侵入によって不快に感じる領域）と類似の、侵入しがたい回避領域^{注 2)}が認識されていると考えた。当初、回避者の歩行軌跡が変化したところで領域の端部を判断することを試みたが、実

表 1 準実験の設定条件と標本数

歩行パターン 設定条件		対向	追越	横切
N	何も持たない	39	17	38
S	ベビーカー (m) 1.20 0.25	30	17	41
LB	大型キャリーバッグ 1.10 0.45	40	10	36
SB	小型キャリーバッグ 1.20 0.40	45	10	37

図 1 準実験の状況

図 3 回避軌跡の抽出及び回避領域の推定方法（対向）

図 2 準実験で得られた動画から歩行軌跡のデータ作成

実験協力者

[N] 何も持たない [S] ベビーカー

①「対向」における近似軌跡計測の結果[N] [S]

②「対向・追越」の計測結果を用いた回避領域 (m)

実験協力者

[N] 何も持たない [LB] 大型 [SB] 小型
キャリーバック

③「追越」における近似軌跡計測の結果[N] [LB] [SB]

図4 設定条件による回避領域の差異(「対向・追越」)

実験協力者と回避者の歩行コースは、必ずしも同一軸上にないので、回避領域は、実験協力者を原点と定め、歩行方向を長軸とする楕円とし、回避者の歩行軌跡がその外周に沿っているとして、その大きさを推定した。こうして得られた長軸及び短軸と楕円との交点の座標をもって、回避領域の側方向距離W、前後方向距離Lとした。

3.1.2 設定条件による回避領域の差異

準実験における設定条件ごとに回避者の歩行軌跡をそれぞれ分析し、それをもとに回避領域を推定した。

まず、前項で得られた「対向」及び「追越」の近似軌跡計測の結果を、横軸にW(側方向距離)、縦軸にL(前後方向距離)として、設定条件ごとにプロットして、それぞれの回避領域を示す。

「対向」について、実験協力者が、何も持たない[N]、ベビーカー[S]の場合の結果を図4①に示す。平均値を比較すると[ベビーカー]は[何も持たない]よりW方向に0.27m、L方向に3m大きく回避したことが読み取れる(ともに1%の有意差)。「何も持たない」[大・小型キャリーバック]のW方向はいずれも0.9m前後で、L方向は[何も持たない]の5.62mに対して[大型キャリーバック]は7.67m(有意差1%)、[小型キャリーバック]は7.43m(有意差5%)であった。これにより、回避領域は、[何も持たない]に対して、[ベビーカー]は53%、[大型キャリーバック]は36%、[小型キャリーバック]は32%だけ、前方により長い回避スペースを必要とすることが分かった(図4②)。特に[ベビーカー]は、それ自体が物理的に前方に膨らみをもつ形状であるため、回避者が早い段階で回避すべきと認識したと推測される。

「追越」について、実験協力者が、何も持たない[N]、大型キャリーバック[LB]、小型キャリーバック[SB]の場合の結果を図4③に示す。平均値を比較すると、W方向は、[何も持たない][大・小型キャリーバック]とも1.06m前後で差は見られなかった。L方向

では、[何も持たない]の2.28mに対して[大型キャリーバック]が3.69mで1.41m長く(有意差5%)、[小型キャリーバック]は2.46mで0.18m長いが有意差は認められなかった。[ベビーカー]については、平均値で[N]よりもW方向は0.13m大きく、L方向は0.1m小さいが有意差が見られなかった。これにより回避領域は、[何も持たない]に対して、[大型キャリーバック]のみが後方に62%長い回避スペースを必要とするが、他の条件では差が見られない(図4②)。これは、特に[大型キャリーバック]の場合、「追越」の際に後方から見える大型キャリーバックの存在感によることが推定できる。一方で、[小型キャリーバック]は、[何も持たない]のとの差異があまり見られなかった。これは、多くの回避者が、近くに来るまで小型キャリーバックに気がつかなかったためと推測される。

「対向」及び「追越」において観察された歩行軌跡の平均値をもとに記した回避領域から、何も持たない場合に比べてキャリーバック等を利用することにより大きい回避スペースが必要であること、「対向」は「追越」よりも影響が大きいこと、ベビーカーとキャリーバックの種別、大きさによりその影響が異なることが読み取れた。

3.2 横切

3.2.1 回避軌跡の抽出方法

「横切」においては、歩行軌跡から回避領域の同定が困難であった。そのため、前述の「対向」「追越」とは異なる方法で、回避者の歩行を回避行動の開始点及び終了点の相対的位置により、把握することにした。実験協力者の進行方向をx軸、回避行動を始める前の回避者の進行方向をy軸とし、回避者の歩行軌跡を実験協力者の位置を原点とした座標で記録した^{注3)}。回避行動の開始点は、0.5秒ごとに記録した位置と進行方向から、進行方向が変化した場合の角度θが最大となる点を回避開始点とし(図5①)、回避終了点は、回避者と実験協力者との距離が最小になる地点とした(図5②)。

3. 2. 2 設定条件による差異

前項で得られた回避行動の開始点及び終了点のデータをもとに、「横切」における、実験協力者に対する回避行動への影響を、実験条件ごとに比較する。図6①～③に回避者の回避開始点(x, y)を示す。

回避開始点の平均値は、何も持たない[N]と大型キャリーバッグ[LB]では、x方向に-0.71mの違いがみられ(有意差1%)、小型キャリーバッグ[SB]は-0.28m、ベビーカー[S]は-0.18mの違いがあった。特に「大型キャリーバッグ」における回避開始点のx方向が、著しく後方に位置したのは、人ではなく、後方に引いている大型キャリーバッグ自体が回避対象となったためと考えられる。

回避終了点の平均値は、「ベビーカー」は1.38m(有意差1%)、「大型キャリーバッグ」は1.29m、「小型キャリーバッグ」は1.31m(有意差5%)で、いずれも「何も持たない」の1.09mより0.25m前後大きい。つまり、「横切」では、「何も持たない」に対して、「ベビーカー」は27%、「大型キャリーバッグ」は18%、「小型キャリーバッグ」は20%の、より大きく回避するための距離を必要とすることが明らかになった。

4. まとめ

本研究では、キャリーバッグやベビーカー利用者に対する回避行動の大きさを、実在する都市の公共通路において、一般の歩行者に対する実験協力者の関与が引き起こす回避行動を観察する準実験を通して、定量的なデータ取得を試み、その有効性を示した。

準実験において得られた結果は以下のとおりである。

- 1)「対向」では、何も持たない場合に対して、ベビーカーは53%、大型キャリーバッグは36%、小型キャリーバッグは32%前方に長い回避するためのスペースを必要とする。
- 2)「追越」では、何も持たない場合に対して、大型キャリーバッグは62%後方に長い回避するためのスペースを必要とする。
- 3)「横切」では、何も持たない場合に対して、回避終了点での距離が、ベビーカーは27%、大型キャリーバッグは18%、小型キャリーバッグは20%長くなる。
- 4)上記のデータにより、歩行空間におけるキャリーバッグ等の利用者に対して、回避領域の推測ができる。
- 5)歩行者は、近くに来るまで小型キャリーバッグに気がつかない場合が多い。これは、本来取るべき回避領域を認識できず、それがキャリーバッグにつまずく等の事故を引き起こす要因の1つになると考えられるため、今後、何らかの対策が必要である。

以上より、これからキャリーバッグやベビーカー利用者の増加が予測される鉄道駅などの公共・商業施設において、安全で快適な歩行空間を計画する上での基礎的な知見が得られた。

注

注1) 群衆密度1.0人/㎡未満。なお安全を考え、特に「横切」の場合はより低密度の状態で行った。

注2) 回避領域とは、歩行者の移動や障害物の移動予測によって回避者自身が知覚し決定する領域である。

注3) 「横切」の場合は、実験協力者が右手で引いているキャリーバッグの位置が、回避者に対して歩行方向によって異なるが、ともにt検定の結果、有意差がみられなかったため、区別せずにまとめて分析した。

①回避開始点

②回避終了点

図5 回避行動の開始点及び終了点の抽出方法(横切)

①大型キャリーバッグ

②小型キャリーバッグ

③ベビーカー

図6 回避者の回避開始点(横切)

参考文献

- 1) 国民生活センター：キャリーバッグでの事故，くらしの危険，No. 294，pp. 1-4，2010. 3
- 2) 中祐一郎：交錯流動のシミュレーションモデル-鉄道駅における旅客の交錯流動に関する研究(2)-，日本建築学会論文報告集，第267号，pp. 103-112，1978. 5
- 3) 小山維之，篠崎喜彦，森下信：セルオートマトンによる群衆流動の特性に基づく歩行行動のモデル化-避難行動シミュレーションの開発-その1，日本建築学会環境系論文集，第691号，pp. 669-678，2013. 9
- 4) 大佛俊泰，佐藤航：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，第573号，pp. 41-48，2003. 11
- 5) 依田光正，塩田泰仁：人間同士のすれ違い行動における回避領域の実験的研究，人間工学，第35号，pp. 9-15 1999. 2
- 6) 建部謙治：歩行者の属性による回避行動特性，MERA，第6号，pp. 23-29，1997. 1
- 7) 渡部謙治，中島一：静止した障害物に対する単独歩行者の回避行動-歩行者の回避行動に関する研究(I)-，日本建築学会計画系論文報告集，第418号，pp. 51-57，1990. 12
- 8) 金子いづみ，大澤昭彦，大野隆造：キャリーバッグ等の利用者が周辺歩行者の回避行動に及ぼす影響，日本建築学会学術講演梗概集E-1，pp. 639-640，2012. 9
- 9) Ryuzo Ohno, Izumi Kaneko: How much additional space is required around a person walking with a trolley bag or baby stroller?, Proceeding of the 10th International Symposium on Environment-Behavior Studies, EBRA 2012, Central South University Press, China, p. 83, 2012. 10

[2014年6月15日原稿受理 2014年8月15日採用決定]