

MASを用いた歩きスマホの迷惑さの測定

玉田 瑛子^{†1,a)} 浅本 紀子^{†2}

概要：混雑時の駅の改札や乗り換え通路等で歩きスマホ（歩きながらスマートフォンを操作すること）をしている人が、人混み全体の歩行者流やスピードにどのような影響を与えるかを MAS（Multi Agent Simulation）を用いて検証する。本研究では、歩きスマホをしている人（歩きスマホ者）が、周囲にかける『迷惑さ』を、歩きスマホをしていない人の『目的地までの所要時間』をシミュレーション上で測ることにより分析した。その結果、歩きスマホ者の影響で群集全体の歩行速度が遅くなること、歩行速度にばらつきが出ることがわかった。さらに歩きスマホ者の歩行特性の内、どの要素が特に周囲に迷惑をかける要因となっているのかを分析した。結果として、歩きスマホ者の歩行速度が遅いこと、そして蛇行しながら歩行することが、周囲や群集全体の歩行速度を低下させていることがわかった。

キーワード：Multi Agent Simulation, 歩きスマホ, 歩行者流

To measure the annoyance of walking while on the phone by the MAS

TAMADA EIKO^{†1,a)} ASAMOTO NORIKO^{†2}

1. はじめに

スマートフォンが普及した近年、歩きスマホ（歩きながらスマートフォンを操作すること）が原因の事故が増え、大きな社会問題となっている。私は、日々問題視されている歩きスマホは実際には周囲にどれほどの悪影響を及ぼすのだろうか、と疑問を持ったことがきっかけで、『人混みの中での歩きスマホの存在は、全体にどう影響し社会の非効率を生むのだろうか。』ということを研究したいと考えた。本研究では、混雑度の高い状況下を想定して群集歩行の様子をシミュレーションすることで、歩きスマホをしている『歩きスマホ者』が、歩きスマホをしていない『基本歩行

者』にかける『迷惑さ』を測定する。

また、シミュレーションは（1）基本モデル、（2）茗荷谷駅モデル、の2つのモデルで行ったのち、より実際の状況考慮した（3）ラッシュモデル（通勤ラッシュ時の茗荷谷駅モデル）にて行う。（1）基本モデルでは2方向の群集流が向き合う対向流、（2）茗荷谷駅モデルでは茗荷谷駅コンコース階での群集歩行流、（3）ラッシュモデルでは、茗荷谷駅における朝の通勤ラッシュの時間帯の群集歩行者流について、それぞれ検証を行う。（2）（3）の空間設定は関連研究 [1] を参考にする。

なお、シミュレーションの手法は MAS（Multi Agent Simulation）を用い、シミュレータは（株）構造計画研究所の artisoc を利用する。

MAS とは、複数のエージェントに各々のルールを設け、相互作用を与えながら実行させるシミュレーションのことである。社会には例えば、交通渋滞や鳥の群れなどのように、ミクロの動きだけでは想定できないマクロの現象、い

^{†1} 現在、お茶の水女子大学 人間文化創成科学研究科 理学専攻 情報科学コース

Presently with Ochanomizu University

^{†2} 現在、お茶の水女子大学

Presently with Ochanomizu University

^{a)} tamada.eiko@is.ocha.ac.jp

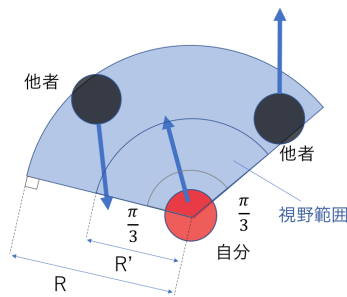


図1: 基本歩行者の視野

いわゆる『複雑系の現象』がある。『複雑系』とは、人間や生物の個人的な好みや行動様式が、必ずしも現象全体に反映しないもののことであり、MASはこのような現象について、個々の相互作用が積み重なった結果、全体の状況がどう変化しているのか、についての仕組みを解析するツールである。

2. 歩行者の設定

2.1 基本歩行者の設定

歩きスマホをしていない歩行者を『基本歩行者』として[3][4]を参考に、歩行速度は女性 $1.42 + \sigma$ (m/s)、男性 $1.52 + \sigma$ (m/s) (σ は平均 0、標準偏差 0.2 の正規分布に従う乱数)、人体円平均を 50 (cm)、視野範囲は進行方向ベクトルを中心に左右 60 度、半径 R ($= 1.5$ m) の扇形内と設定する。(図1)

回避行動ルールについては、1 ステップ $= 1$ 秒として、毎ステップ自分の至近距離（半径 $R' = 1.0$ m）内と扇形視野（半径 $R = 1.5$ m）内の『対向者（進行方向が対向方向である人）』、『同方向者（進行方向が同じ方向である人）』の有無情報を取得し、[①至近距離内の対向者を回避→②扇形視野内の左側・正面・右側の3区域で対向者の人数が最小の方向へ方向転換→③前方を歩く同方向者との衝突を回避]という順で回避を行う。

ここで“視野内の他者の進行方向”は、他者の進行方向ベクトルと自分の進行方向ベクトルのなす角度を θ とした $\cos \theta$ の値によって、また“他者が視野内のどの区域にいるか”は、自分の進行方向ベクトルと、自分から他者への方向ベクトルとの角度を ϕ とした $\arctan \phi$ を算出することによってそれぞれ判定する。そして全ての回避において、決定した進行方向の視野内に他者が存在する場合は減速する。

さらに、歩きスマホをする歩行者を『歩きスマホ者』、歩きスマホをする対向者と同方向者をそれぞれ『対向スマホ者』、『同方向スマホ者』とする。視野内に歩きスマホ者が存在する場合、回避を行う優先順序は、[①対向者→②対向スマホ者→③同方向スマホ者→④同方向者]と設定する。そして歩きスマホ者と衝突後、1 ステップ静止しその後減速して回避を行うこととする。

2.2 歩きスマホ者の設定

次に歩きスマホ者の行動ルールは既存研究[5][6]を参考に、基本歩行者との違いとして、主な特徴を3つ設定する。

- 歩きスマホ者の歩行速度は、基本歩行者の歩行速度の約 0.7 倍である。
- 視野半径は、基本歩行者は約 1.5 m であるのに対して、歩きスマホ者は約 1.0 m とされる。
- 歩きスマホ者は、基本歩行者よりも蛇行する傾向がある。

したがって歩きスマホ者の歩行速度は基本歩行者の 70%、視野半径 $R = 1.0$ m とし、進行方向の左右 15° 以内で蛇行しながら前進することとする。また、一般的に歩きスマホ者は歩行速度が基本歩行者よりも遅いため、同方向者を追い抜く可能性は考えない。従って回避を行う優先順序は、[①対向者→②対向歩きスマホ者]としている。

3. 『迷惑さ』の評価

評価条件として混雑空間を想定し、人口密度を 0.7-1.1 (人/m²) と設定した。総歩行者に対する、歩きスマホ者率を 0%、20%、40%、60%、80%、99% とする 6 パターンの場合においてシミュレーションを実行し評価を行う。

評価項目は、『減速率』、『衝突率』、『方向転換率』、『所要時間』の4つである。ここでの『減速率』は、その1ステップ（= 1 秒）で減速した人数を全体の人数で割った値を、定めたステップ数計測し、その平均をとった値とする。つまり“毎秒空間内の基本歩行者の何%が減速しているか”の平均値である。『衝突率』は、“毎秒空間内の基本歩行者の何%が歩きスマホ者と衝突しているか”、『方向転換率』も同様に“毎秒空間内の基本歩行者の何%が方向転換しているか”の平均値を算出する。

そして歩きスマホ者の存在が基本歩行者にかける『迷惑さ』の度合いを、本研究では『所要時間』、つまり“基本歩行者が目的地に到達するまでの所要時間”で測ることを試みる。

4. 基本モデル・茗荷谷駅モデルの設定とシミュレーション結果

4.1 基本モデル

モデルは縦 10 m × 横 50 m の 2 次元空間である。通勤ラッシュ時の駅の乗り換え通路のような場所を想定し、2 方向の群集流が向き合う対向流を再現した (図2)。このように、2 方向に移動する歩行者群が交錯する場合、2 つの歩行者群が縞状に分割する状態が最も歩行者間の交錯が少ない状態であり、実際の歩行者群も縞模様を形成すると言われ、実測研究でもそれが観察されている[3]。所要時間に関しては、100 ステップ間に目的地まで到達した基本歩行者全ての『所要時間 (秒)』の平均値 (表1)、最大値、最小値、標準偏差、変動係数 (表2・図4) を計測・算出した。これ

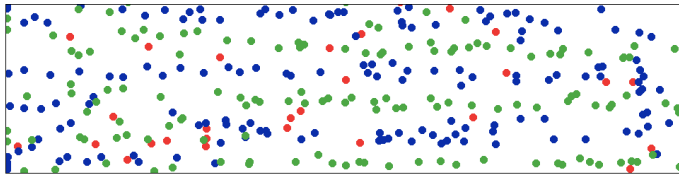


図 2: 基本モデル
(赤... 歩きスマホ者, 青・緑... 対向流)

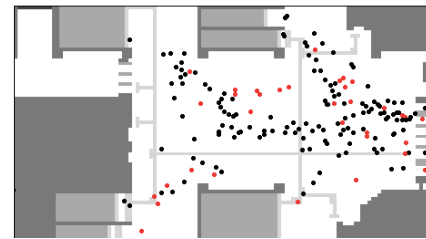


図 4: 茗荷谷駅モデル
(赤... 歩きスマホ者)

表 1: 結果 基本モデル

歩きスマホ率	0%	20%	40%	60%	80%	99%
減速率 (%)	12.59	49.60	57.18	65.20	69.88	48.67
衝突率 (%)	0.00	12.89	20.03	27.64	35.87	28.63
方向転換率 (%)	38.61	48.58	40.96	37.43	30.60	27.37
平均時間 (秒)	44.85	50.81	64.93	77.32	100.16	112.18

表 2: 所要時間 (秒) 基本モデル

歩きスマホ率	0 %	20 %	40%	60%	80%	99%
平均	44.85	50.81	64.93	77.32	100.16	112.18
標準偏差	4.44	8.54	11.33	14.58	20.83	25.18
変動係数	0.09	0.16	0.17	0.18	0.20	0.22

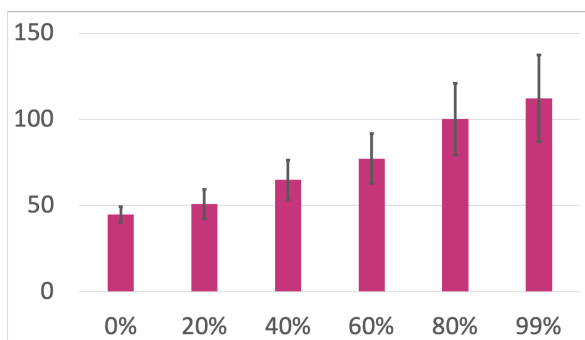


図 3: 基本モデル所要時間
(縦軸... 時間 (秒), 横軸... 歩きスマホ者率 (%))

らの値を測定することにより、歩きスマホ者の存在は、基本歩行者の平均歩行速度や歩行速度のばらつきにどう影響を与えているかを分析する。ただし計測値は小数点第2位までの値とする。

4.2 茗荷谷駅モデル

モデル空間は関連研究 [1] を参考に、駅の床の 30cm × 30cm の正方形タイルを 1 格子として、縦 120 × 横 68 の 2 次元空間で再現する (図 3)。改札は小日向方面改札 3 つとお茶の水女子大学・筑波大学附属中高方面の改札 6 つである。階段横にあるミニ売店と ATM は簡単のため省略する。(図 3) において右側が改札、上側が池袋方面ホームへの階段・エスカレーター、下側が東京方面ホームへの階段・

表 3: 結果 茗荷谷駅モデル

歩きスマホ (%)	0%	20%	40%	60%	80%	99%
減速率 (%)	20.90	25.17	27.66	28.41	32.31	43.86
衝突率 (%)	0.00	3.83	7.65	11.44	15.15	19.07
方向転換率 (%)	21.07	20.00	18.12	14.04	13.34	15.02
平均時間 a(秒)	38.19	48.23	51.91	63.60	54.70	☆
平均時間 b(秒)	66.49	71.13	74.82	80.86	82.05	☆

表 4: 所要時間 (秒) 茗荷谷駅モデル

歩きスマホ	0 %	20 %	40%	60%	80%	99%
平均 a	68.02	70.84	72.52	77.07	78.22	☆
標準偏差 a	10.64	11.64	12.64	13.95	15.25	☆
変動係数 a	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	☆
平均 b	39.43	39.72	40.79	45.21	45.10	☆
標準偏差 b	9.67	10.80	8.56	10.57	10.16	☆
変動係数 b	0.24	0.27	0.21	0.23	0.22	☆

エスカレーターとして当駅コンコース階を再現している。

本研究では、以下の 2 つの理由から茗荷谷駅を選定した。1 つ目は、お茶の水女子大学の最寄り駅であるため、私自身がよく利用し、実情を把握しやすいからである。2 つ目は、駅周辺に教育機関やオフィスが多くあり、ある程度の混雑が見込まれるため、歩きスマホによる弊害が大きいと考えられるからである。

本モデルでは、3 種類のエージェントを設定する。乗車客、上り方面降車客、下り方面降車客の 3 つである。今回は茗荷谷駅において日中の平均的な乗降客数を想定し、降車客は列車 1 本につき約 100-150 人、乗車客は常に途切れず一定数存在するものとする。また、上り降車客と下り降車客を 1 分間隔で 1 回ずつ発生させる。なお本研究では、対象を乗降客の殆どが利用するお茶の水女子大学方面の 6 つの改札の利用客に限り、シミュレーションを実行する。

所要時間に関しては、ホーム出入口から改札への距離によって乗降客を 2 種類に分け、歩く距離が長い乗降客を a、歩く距離が短い乗降客を b として、240 ステップ間において基本モデルと同様に計測を行った。(表 3・表 4・図 5) なお、歩きスマホ者率を 99% に設定したシミュレーションでは基本歩行者数が極めて少ない為計測不可能であった (表 3・4 ☆, 図 5 ☆)。

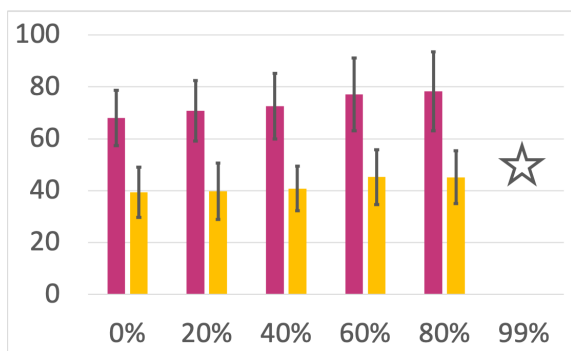


図 5: 茗荷谷駅モデル所要時間
(縦軸... 時間 (秒), 横軸... 歩きスマホ者率 (%))

4.3 考察

2つのモデル共に、歩きスマホ者の発生率が上がるほど、基本歩行者が目的地に到達するまでの所要時間の平均・標準偏差の値が大きくなる場合が多かった。

歩きスマホ者の発生率が高いほど、基本歩行者の所要時間の平均値が大きいということは、歩きスマホ者の存在によって群集全体の歩行速度が遅くなると言える。

また、歩きスマホ者の発生率が高いほど、基本歩行者の所要時間の標準偏差、及び変動係数が大きいことについては、歩きスマホ者による影響を受けて歩行速度が遅くなる基本歩行者もいる一方で、逆に歩きスマホ者によって安定した群集対向流が乱れ、空いたスペースを運よく歩行できたため歩行速度があまり変わらない基本歩行者もいるということが考えられる。

5. ラッシュモデル（通勤ラッシュ時における茗荷谷駅モデル）

5.1 モデル設定とシミュレーション結果

4.1, 4.2において、共に混雑状況下を想定した2種類のモデルにおいて歩きスマホ者による悪影響を分析したが、実際の通勤ラッシュアワー時の駅構内は、さらなる混雑に加え、乗降客数の偏りや電車の発車間隔など様々な要素が複雑に絡み合う状況である。そこで、実際のラッシュアワー時を想定したモデルについても4.3と同じ分析結果となるかはわからない為、4.2での茗荷谷駅モデルを応用し、実際の通勤ラッシュ時の茗荷谷駅を想定したモデル（図6）（以下ラッシュモデル）について、同様に歩きスマホ者が基本歩行者に与える迷惑さを分析した。

茗荷谷駅は丸ノ内線のみが通る駅であるにも関わらず、1日の乗降客数は79,409人（2017年度・一日平均）にもなる[7]。上述した通り、駅の徒歩圏内にはお茶の水女子大学・附属小/中/高等学校、拓殖大学、跡見学園、学芸大附属竹早中学校など多くの教育機関があり、通勤通学時間帯の乗降者が非常に多いことが、その理由であると考えられる。

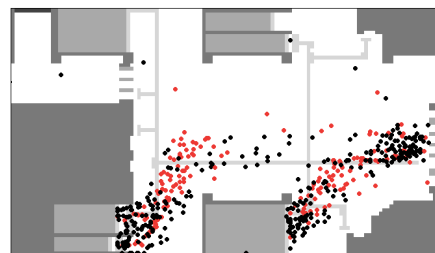


図 6: ラッシュモデル

表 5: 所要時間 (秒) ラッシュモデル

歩きスマホ	0 %	20 %	40%	60%	80%	99%
平均 a	89.57	111.78	136.75	139.30	139.21	☆
標準偏差 a	31.11	45.11	57.49	43.98	41.20	☆
変動係数 a	0.34	0.40	0.42	0.31	0.29	☆
平均 b	52.67	68.69	84.17	92.61	96.82	☆
標準偏差 b	21.03	26.73	32.60	36.18	34.33	☆
変動係数 b	0.39	0.38	0.38	0.39	0.35	☆

本モデルでは、平日の1日の中で茗荷谷駅が最も混雑すると考えられる朝7:30頃から8:30頃の内、30分間の歩行者流を想定しシミュレーションを行うこととする。乗降客数については、当駅の性質上、1日ののべ乗降客約80,000人のうち大多数が1日に降車と乗車を1度ずつ行うと考えられる為、1日の間に（約80,000人/2＝）約40,000人が降車するとする。その内朝7:30頃から8:30頃にかけて降車する人は10,000人程度であると仮定し、さらにそのほとんどが東京方面行き（上り列車）を利用している為、9,000人程度が東京方面行きの電車から降り、1,000人程度が池袋方面行き（下り列車）の電車から降りると設定する。その1時間における1列車の乗降客数はほぼ一定であると考えられるため、その内の30分間では上記の人数のそれぞれ半数が乗降するとする。丸ノ内線の発車間隔については、東京メトロホームページ[7]より時刻表を参考に、30分間で上り・下り線が1分間隔で交互に15本ずつ発車するものとする。

4.1基本モデル、4.2茗荷谷駅モデルと同様の方法で、30分間（＝1800ステップ間）に目的地まで到達した基本歩行者の、『所要時間（秒）』に関する値を計測・算出した。（表5・図7）また、茗荷谷駅モデル同様歩きスマホ者率が99%の場合は基本歩行者数が極めて少ない為計測不可能であった（表5☆、図7☆）。

5.2 基本・茗荷谷モデルとの比較

混雑度や群集流が発生するメカニズムが違うことによって、歩きスマホ者が周囲に与える悪影響はどのように変わるだろうか。

図3・5・7を比較すると、まず3つのモデル全てにおいて、歩きスマホ者の割合が高くなるにつれ、基本歩行者の

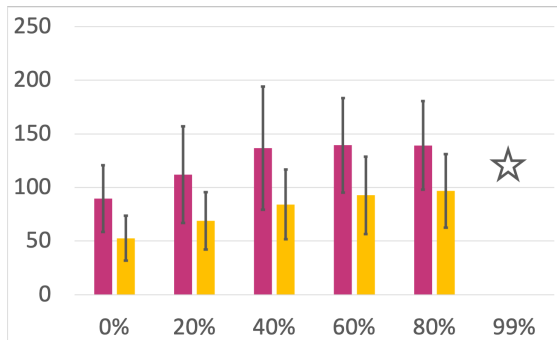


図 7: ラッシュモデル所要時間
(縦軸... 時間 (秒), 横軸... 歩きスマホ者率 (%))

目的地までの平均所要時間が増える傾向があった。ある閾値以上の混雑状況においては、歩きスマホ者の存在により、群集全体の歩行速度が遅くなるということが言える。

また、基本モデル・茗荷谷駅モデルにおいては、歩きスマホ者率が上がるほど、基本歩行者の目的地までの所要時間の変動係数が大きくなる場合が多い。その一方ラッシュモデルにおいては、目的地までの距離が長く、より歩きスマホ者の影響を受けやすい基本歩行者 (表 5b) については歩きスマホ者率が 40% の時に、所要時間の変動係数が最も高い値を示した。以上から、ある閾値以下の混雑空間では、歩きスマホ者率が高いほど基本歩行者の歩行速度にばらつきが生まれるが、極度の混雑時では、歩きスマホ者率が 40% 程度の時に基本歩行者の歩行速度のばらつきが最も大きいと言える。

ゆえに、通勤ラッシュ時などのように極めて混雑した空間においては、歩きスマホ者率が 40% 程度であれば、茗荷谷駅モデル同様、歩行速度が遅くなる基本歩行者もいる一方で、歩きスマホ者により群集対向流が乱れ、空いたスペースを運よく歩行できたため歩行速度があまり変わらない基本歩行者もいるが、それよりも歩きスマホ者率が高くなると、基本歩行者の大多数がその影響を受け、人による歩行速度の差は少なくなると考えられる。

5.3 各特徴が与える影響

以上の通り、特に混雑状況において、歩きスマホ者が群集全体に及ぼす迷惑や危険を排除する方法はないのだろうか。今日の日本においては、歩きスマホによる事故を防ぐ為の策としては、歩きスマホ自体をやめるように注意や声かけをすることがほとんどである。歩きスマホ者が前方の障害物を回避するための方法を提案する研究例 [8] などもあるが、現在実用化に至っているものはない。そこで、歩きスマホのどのような特徴が特に周囲に悪影響を及ぼしているのか、を知ること、歩きスマホによる迷惑や危険を防ぐ効果的な方法の提案に繋がるのではないかと考えた。

表 6: 基本歩行者と歩きスマホ者の歩行特徴

	基本歩行者 (40%)	歩きスマホ者 (60%)
視野半径	約 1.5m	約 1.0m
歩行速度	女性 $1.42 + \sigma$ (m/s) 男性 $1.52 + \sigma$ (m/s)	基本歩行者の 0.7 倍程度
蛇行	有	無

表 7: 所要時間 (秒) - 視野半径を変化させた場合-
(速度は基本歩行者の 0.7 倍, 蛇行歩行)

視野半径	平均	標準偏差	変動係数
0.50m	140.85	50.79	0.36
0.75m	139.93	42.64	0.30
1.00m	<u>139.30</u>	<u>43.98</u>	<u>0.31</u>
1.25m	139.99	43.56	0.31
1.50m	144.79	49.63	0.34

表 8: 所要時間 (秒) - 速度を変化させた場合-
(視野半径は基本歩行者の 2/3, 蛇行歩行)

歩行速度	平均	標準偏差	変動係数
0.5 倍	204.84	96.71	0.47
0.6 倍	163.87	60.32	0.36
0.7 倍	<u>139.30</u>	<u>43.98</u>	<u>0.31</u>
0.8 倍	139.00	44.30	0.31
0.9 倍	117.52	38.46	0.32
1.0 倍	109.09	32.86	0.30

表 9: 所要時間 (秒) - 蛇行の有無-
(速度は基本歩行者の 0.7 倍, 視野半径は基本歩行者の 2/3)

蛇行歩行	平均	標準偏差	変動係数
有	<u>139.30</u>	<u>43.98</u>	<u>0.31</u>
無	132.61	40.00	0.30

今回は、3つのモデルの中で最も現実の混雑時に近いラッシュモデルにおいて、歩きスマホ者の割合を固定し、2.2で述べた歩きスマホ者の主な3つの歩行特徴 (表 6) について1つずつパラメータを変化させながら同様の計測を行った。対象エージェントは、ホーム出入口から改札への距離によって乗降客を2種類に分けた内の、より歩きスマホ者からの影響を受けやすい、歩く距離が長い乗降客とする。駅構内での群集流の中で、歩きスマホをする人が5割を超えている場合を考え、歩きスマホ者率は60%に設定した。以下 (表 7・8・9) が計測結果である。

5.4 歩きスマホ者の特徴についての考察

(1) 歩きスマホ者の視野半径と、基本歩行者の所要時間の関係について (表 7)

表 7 を参照すると、歩きスマホ者の視野半径と、基本

歩行者の所要時間に関する値に相関はなさそうである。視野半径の大きさは、つまり、歩行中に他人との接触を回避する能力であるため、視野半径が小さくなれば周囲との接触回数が増え、危険度は増すかもしれない。しかし、周囲の歩行速度という観点で考えると、歩きスマホ者の視野半径の大きさは、基本歩行者の歩行速度にはあまり影響しないということがわかる。

(2) 歩きスマホ者の歩行速度と、基本歩行者の所要時間の関係について (表 8)

表 8 を参照すると、歩きスマホ者の歩行速度が遅くなるほど、基本歩行者の所要時間の平均値・標準偏差・変動係数の値が大きくなっていることがわかる。したがって、混雑空間においては、自身の歩行速度の低下が群集全体の歩行速度の低下をまねき、及び歩行速度の差を生むことに繋がると言える。

(3) 歩きスマホ者の蛇行歩行と、基本歩行者の所要時間の関係について (表 9)

表 9 を参照すると、歩きスマホ者が蛇行歩行をしている時の方が、していない時と比べて、基本歩行者の所要時間の平均値・標準偏差・変動係数の値が大きいことがわかる。特に、平均値の変化が大きかったため、スマートフォンを操作し直線的に歩けないことで、周囲の歩行速度を低下させると言える。

歩きスマホ者の主な 3 つの特徴の中で、『歩行速度が遅いこと』、そして『蛇行しながら歩行すること』が、周囲や群集全体により迷惑をかけているといえる。たとえば歩きスマホ者の視野半径が基本歩行者と等しいとしても、つまり歩行中に他者を回避する能力は劣っていないとしても、歩行速度が遅く蛇行しながら歩行していれば、周囲の歩行速度を低下させるということである。それにより群集全体の歩行速度が遅くなり、さらなる混雑に繋がっている。また、その影響を受けて、乗降車時刻や乗降車場所によっては、目的地までの所要時間が大幅にかかる可能性があると考えられる。

6. おわりに

本研究では、混雑している場所での歩きスマホが周りにとってどれほど迷惑かを測ることを試みた。混雑状況では、歩きスマホの存在により群集全体の歩行速度が遅くなり、さらなる混雑を招いている。また、歩行速度にばらつきがうまれることによって、衝突や接触の危険性も高まる可能性があると考えられる。今回は、歩きスマホ者の行動ルールを 1 種類に設定したが、実際には歩行途中でスマートフォンを手取る人や、途中で歩きスマホをやめる人など様々な人がいる。また、ホームから改札までの導線が複

雑な場合も多い。今後はそれらの条件を考慮した上で、歩きスマホは特にどのような環境で悪影響や危険を生むのかを検証したい。

参考文献

- [1] 荒川玲佳：MAS による茗荷谷駅の混雑解消のためのモデリング，お茶の水女子大学理学部情報科学科卒業研究，2018.
- [2] 山影進，服部正太：コンピュータのなかの人工社会 マルチエージェントシミュレーションモデルと複雑系，共立出版，2002.
- [3] 浅野美帆，桑原雅夫：先読み行動を考慮した歩行者交通流シミュレーション，生産研究 59 巻 3 号，pp.184-187，2007.
- [4] 松本麻美，マークミスカ，桑原雅夫：交錯交通及び混雑時における歩行者属性に応じた挙動の観察，土木計画学研究・講演集 40 巻，pp.21，2009.
- [5] 三田 隆広，佐藤 雅也，大貫 誠，小山 裕徳，川澄 正史：携帯端末利用者の歩行特徴に関する研究 -足圧分布計を用いた解析-，情報・システムソサイエティ特別企画 学生ポスターセッション予稿集，pp.73，2016.
- [6] 小塚一宏：歩行中・自転車運転中の“ながらスマホ”時の視線計測と危険性の考察，電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ Fundamentals Review，10 巻 2 号，pp.129-136，2016.
- [7] 東京メトロ ホームページ 『各駅の乗降人員ランキング』、『時刻表』<https://www.tokymetro.jp> (2019 年 7 月 20 日閲覧)
- [8] 野田口 宗，赤池 英夫，角田 博保：歩行中のスマートフォン使用時における障害物検出および提示手法の提案と評価，情報処理学会研究報告 Vol.2013-HCI-151 No.3，2013.
- [9] 山影進 服部正太：コンピュータのなかの人工社会 マルチエージェントシミュレーションモデルと複雑系，共立出版，2002.
- [10] 「MAS コミュニティ Artisoc ホームページ」<http://mas.kke.co.jp/> (2019 年 7 月 20 日閲覧)