

エージェントモデルを用いた被災地トイレ利用のシミュレーション

今村 絵里^{*1} 前田 義信^{*1} 牧野 秀夫^{*2}

^{*1} 新潟大学工学部福祉人間工学科, ^{*2} 新潟大学工学部情報工学科

Email: t03f405f@mail.cc.niigata-u.ac.jp (今村) maeda@bc.niigata-u.ac.jp (前田)

要旨

大地震後の被災地において、流通問題、生活問題、排泄問題を効率よく調整することは大変重要な課題である。仮設トイレの設置状況が良くないために被災者がトイレを我慢したり、水分摂取を控えたりするといった行動をとることがあり、特に排泄問題は被災者の健康面へ直接影響する。そこで、大規模災害後、被災者が仮設トイレを利用する状況をエージェントベースでモデル化し、どのような状況のときにトイレ待ちの混雑状況が生じるのかを調べた。

1. はじめに

近年、自然災害の発生率が年々増加し、多くの人が避難所での生活を強いられた。避難生活において、流通問題、生活問題、排泄問題を効率よく調整することは大変重要な課題である。その中でも排泄問題は、被災者の健康面に直接影響する重要な問題である。それに関わらず、阪神・淡路大震災では避難者 100 人に対して仮設トイレ 1 基を設置するまでに震災発生から二週間もかかる程トイレは不足していた^[1,2]。被災者を対象に行った「避難生活に必要なもの」というアンケートでもトイレの問題が上位を占める^[1]。このような現状のもとで、なるべくトイレを使わなくて済むよう水分の摂取を控え、尿意を催しても我慢するようになり、脱水症状、尿道炎、腎盂炎などを患う被災者が多い^[3,4]。

このように非常に重要でありながら改善が困難な災害時のトイレ問題について、マルチエージェントシミュレーション(以下、MAS)を用いて分析する。具体的には、どのようなときにトイレの混雑状況が発生するのかを調べた。

2. 1日におけるトイレ回数の調査

モデルのパラメータを決定するため、日常生活を行っている 20 代～30 代の成人男女 11 人(男性 8 名、女性 3 名)を対象に、一日のトイレ回数(尿)のアンケート調査を行った。その結果を図 1 に示す。主に 5 回/日と 9 回/日においてトイレに行く人が多く、6～8 回/日ではそれほどでもなかった。よって、トイレ回数の多い群(タイプ A)と少ない群(タイプ B)に大別されると考えられる。そこで、タイプ A とタイプ B から無作為に 1 名を選び(それぞれ 20 代女性と 30 代男性)、任意の 4 日間におけるトイレ回数を調査した(図 2)。

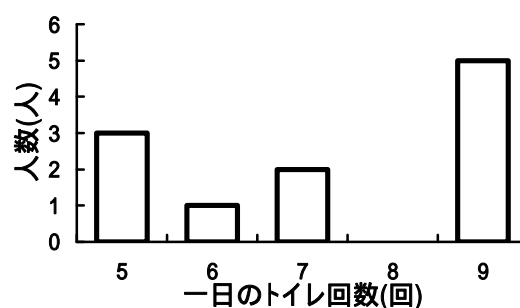


図 1: 1 日の排泄回数アンケート結果

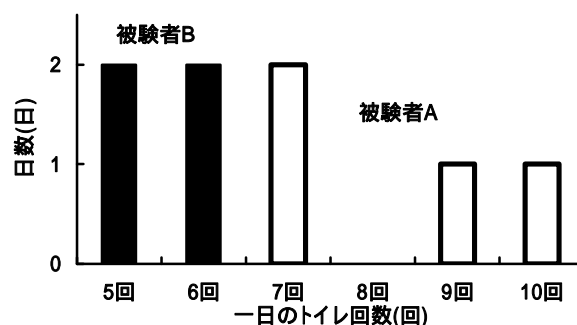


図 2: 被験者 A と被験者 B の比較

なお、図 2 の白帯グラフが 20 代女性被験者(タイプ A)、黒帯グラフが 30 代男性被験者 B(タイプ B)を表す。

3. 提案モデルの概要

3.1 エージェントの設定

エージェントにはトイレ回数の多いエージェント(以下、タイプ A)とトイレ回数の少ないエージェント(以下、タイプ B)の二種類のエージェントを設定し(3.2)、それぞれのエージェントにおけるト

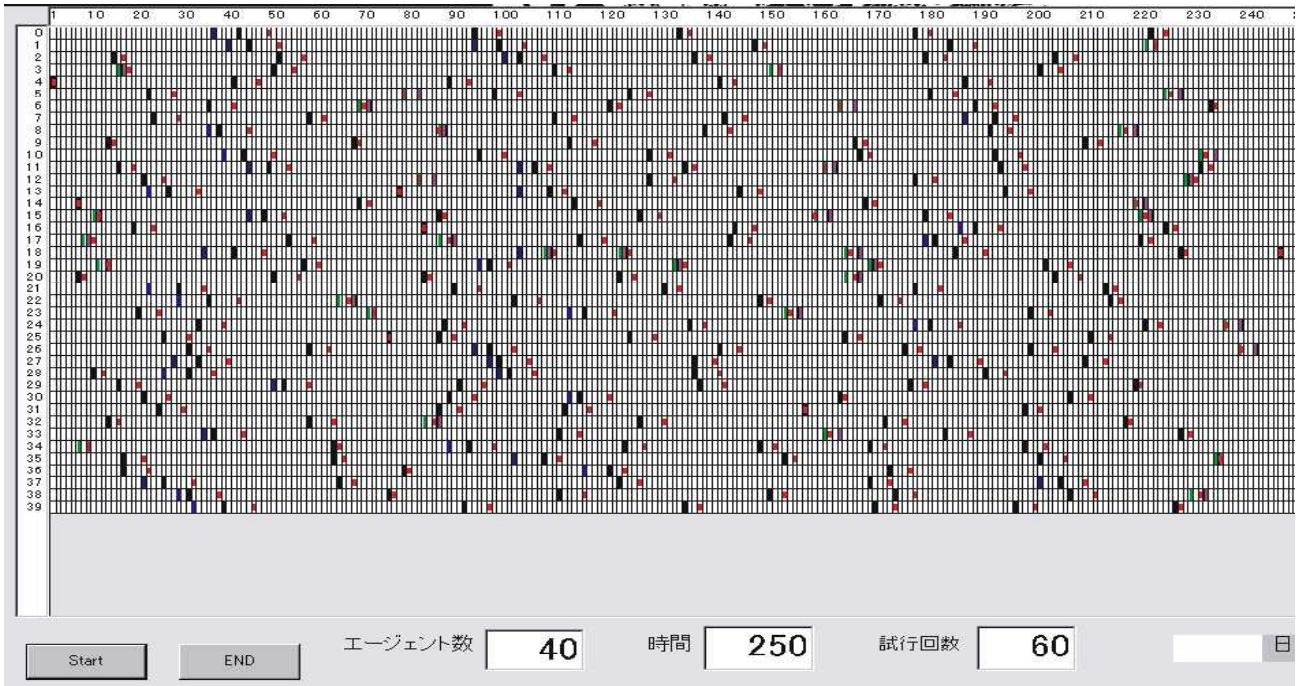


図 3：シミュレーション例

イレ回数の変化を調べる．ここで，各エージェントにはストレス度を設定する(3.3)．

3.2 エージェントの行動

エージェントはある一定時間間隔(以下，トイレ間隔．表 1 参照)でトイレを使う．なお，時間単位は 5 分を 1 コマとし，エージェントは 1 コマに 1 人トイレを使用する．1 日を 250 コマとし，就寝中はトイレを使わないと仮定する．トイレまでの移動時間は考慮せず，全エージェントは尿意を催すとすぐにトイレに並ぶ状況を想定する．各エージェントのトイレ間隔は 2 章のアンケート調査結果をもとに設定した．

また，各エージェントはトイレ待ち行列に並ぶ時，以下の行動をとる．

- 1) 5 人以上並んでいたら一度だけ並びなおす．
- 2) 2 人以下しか並んでいない，かつ 4 コマ後以内にトイレを使う予定だった場合，確率 1/5 で早く並びなおす．
- 3) 起きてから 18 時間以降はトイレを使わない．

3.3 エージェントのストレス値

3.3.1 ストレス値の加算

エージェントはトイレの待ち行列で並ぶとストレス値 m が上昇し，一定以上のストレスが蓄積することでトイレに行く回数を恣意的に減じるように設定する．最終的には病気になる．

ストレス値は以下の状態の時に加算され，減算されることはない．

表 1：トイレ間隔

	タイプ A	タイプ B
1 日の最初に トイレを使う 時刻(コマ)	0~36 コマの中から ランダムに決定	
2 回目以降に トイレを使う 時刻(コマ)	$p = 0.05$: 5~14 コマから ランダムに決定	$p = 0.05$: 10~19 コマから ランダムに決定
	$p = 0.20$: 15~24 コマから ランダムに決定	$p = 0.20$: 20~34 コマから ランダムに決定
	$p = 0.70$: 25~44 コマから ランダムに決定	$p = 0.70$: 35~54 コマから ランダムに決定
	$p = 0.05$: 45~54 コマから ランダムに決定	$p = 0.05$: 55~69 コマから ランダムに決定

- 5 人より多く並んでいて，並びなおした時 5 ポイント加算する
- 自分が並んだ時に 3 人以上いた時，3 人以上いた人数分ストレス値を加算．

なお，ストレス値は並んでいる間，ターンごとに加算される．ストレス値の最大値を $M (=1000)$ とする．ストレス値が $m > M$ のときエージェントは病気を患うと仮定し，場から退場する．

3.3.2 ストレス値の閾値 d とトイレを使う時刻

ストレス値の閾値を $d=100$ とし, $m > d$ のとき, $0.05(m - d)$ だけ次にトイレを使う時刻の範囲が長くなるよう設定する. ただし, この遅延はその日だけであり, 翌日の最初(朝)にトイレを使うときはストレスによる遅延(トイレの我慢)は生じないものとした. なぜなら, アンケート調査より, すべての被験者 11 人中 10 人が朝起きてから 30 分以内にトイレに行っていたため, たとえストレスが蓄積してようと, 朝のトイレ使用時刻の遅延は生じないこととした.

4. 結果

あるシミュレーション画面の例を図 3 に示す. 図 3 に示すように, エージェントごとにトイレに並ぶ時刻(黒), トイレに入れた時刻(赤), 混んでいて並びなおした時刻(青), 早く並んだ時(ピンク: トイレに並ぶはずだった時刻, 緑: トイレに並びなおした時刻)などがわかるようになっている.

$M=1000$ としたとき, トイレ 1 個あたりの使用エージェント数 $n=80$ としたときのタイプ A, タイプ B における一日のトイレ回数を図 4-1 に, 病気により退場したエージェント数のグラフを図 4-2 に示す. また $M=5000$ としたとき, トイレ 1 個あたりの使用エージェント数 $n=80$ としたときのタイプ A, タイプ B における一日のトイレ回数を図 5-1 に, 病気により退場したエージェント数を図 5-2 に示す. ここで, $M=1000$, $M=5000$ 双方において, シミュレーションの総日数は 60 日とした.

$M = 1000$ と, $M = 5000$ でのタイプ A とタイプ B の 1 日あたりのトイレに行く平均回数において, t 検定(有意水準 $\alpha=0.05$)を用いて有意差があるかどうかを調べた.

$M = 1000$ の場合において有意確率は 1.9×10^{-31} となり, よりも非常に小さいため, タイプ A とタイプ B の平均値の間に有意差はあるといえる. $M = 5000$ の場合において有意確率は 3.9×10^{-1} となり, よりも大きいため, タイプ A とタイプ B の平均値の間に有意差はないといえる.

5. 考察

図 4-1, 図 5-1 より, n が増加するとトイレ回数のゆらぎの大きさが減少した. 人数増加に伴う各エージェントのストレス度が増加し, トイレを使う間隔が長くなり, このことが表 1 で示した乱数のゆらぎを相殺したためと考えられる.

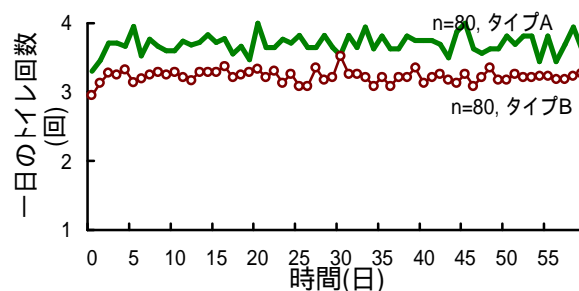


図 4-1: $M=1000$, $n=80$ のときのタイプ別トイレ回数

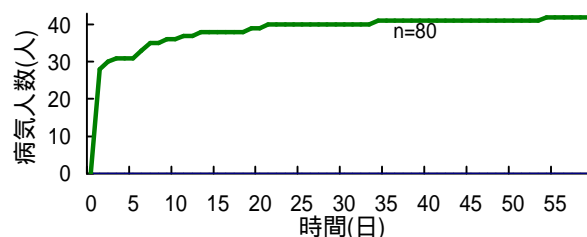


図 4-2: $M=1000$, $n=80$ のときの病気人数

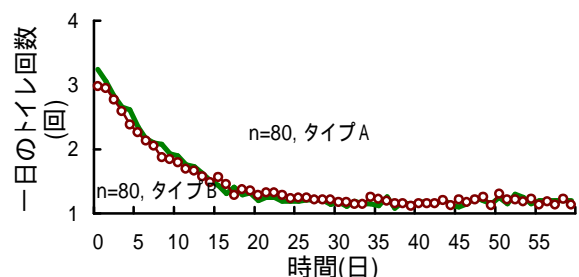


図 5-1: $M=5000$, $n=80$ のときのタイプ別トイレ回数

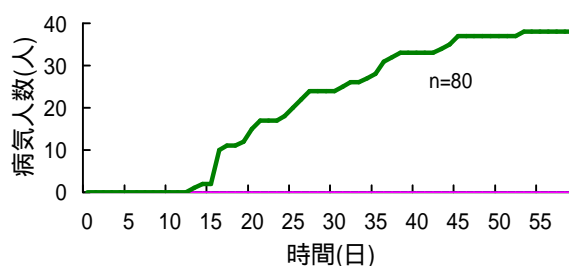


図 5-2: $M=5000$, $n=80$ のときの病気人数

図 4-2 の $n=80$ の場合では, $M=1000$ が比較的小さな値なのでストレス度が最大値に早期に達し, 1~2 日目で急激に病人が増加する. 病人が 30 人を超えたあたりで緩やかになり, やがて病人が 40 人程度で収束した. これは病人が退場することでエージェント数が少なくなり, ストレスが比較的小さくなる

人数(今回の場合, $n=40$ のあたり)で落ち着いたためと思われる。

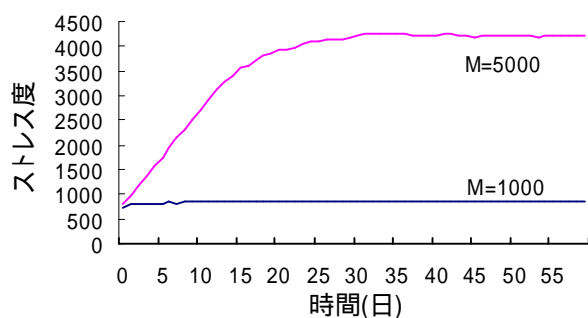


図 6: $M=1000$, $M=5000$ のときのストレス度

$M=1000$ でエージェント数 $n=80$ のときはタイプ別でトイレ回数に有意差が認められたが, $M=5000$ のときは有意差が認められなくなった。図 6 に示すように, $M=5000$ のときは $M=1000$ と比べてストレスの負荷が大きく, 初期状態でのタイプ別トイレ回数のゆらぎは事実上消滅すると考えてよい。このようなストレス過負荷状況では, 最終的にどちらのタイプのエージェントも朝最初の 1 回しかトイレを使用していない(図 5-1)。朝しかトイレを使用しないという状況は今後改善を要する。

6. まとめ

被災地での避難所における仮設トイレの設置に関するマルチエージェントシステムを設計し, シミュレーションを通して, トイレの混雑状況の発生の有無を調べた。今回のシミュレーションではトイレ 1 個あたりのエージェント数 $n=40$ のとき, 各エージェントのストレスの負荷が最も小さかった。

謝辞 本研究の一部は新潟大学災害復興科学センターの補助による。

参考文献

- [1] コラム: トイレでトイレを考える(6), 震災時トイレの惨状, <http://www.janjan.jp/column/0310/0310097190/1.php>
- [2] 村山茂, “阪神・淡路大震災から 100 学んだ ~ 防災・復興に活かす知恵と心構え ~,” 海文堂出版, 2004
- [3] 近畿弁護士会連合会, “阪神・淡路大震災人権白書,” 明石書店, 1996
- [4] 内閣府 阪神・淡路大震災 総括・検証 捜査シート 079, <http://www.bousai.go.jp/kensho-hanshinawaji/chosa/index.htm>