

群衆の感情レベルを制御する避難支援システム： 様々な条件において群衆の個体差を想定したシミュレーションによる有用性の検証

QIN, Haitao / 秦, 海燾

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学研究科編

(巻 / Volume)

64

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

7

(発行年 / Year)

2023-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00026355>

群衆の感情レベルを制御する避難支援システム ~様々な条件において群衆の個体差を想定したシミュレーションによる有用性の検証~

EVACUATION SUPPORT SYSTEM TO CONTROL THE EMOTIONAL LEVEL OF A CROWD
~ Verification using various conditions with individual differences~

秦海燾

Haitao QIN

指導教員 伊藤一之

法政大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻博士後期課程

Generally speaking, when we face disasters, we will take the same actions as the surrounding environment. This psychological phenomenon is called "Majority synching bias" and is the main reason for delayed escape. In our previous work, we proposed a system that uses robots to express emotional behaviors to control the emotional level of people. In this study, we use various synchronization models including individual differences to simulate and prove the effectiveness of the proposed control system.

Key Words : Majority synching bias, Normalcy bias, Evacuation guidance system

1. はじめに

ここ数年では、自然災害に遭遇する際に、避難行動の行いに対する関心が高まり、災害現場から素早く避難することが求められてきた。特にハザードマップや防災アプリが普及している今は、災害時に避難する意識がより強くなっている。例えば、地震が来る際に、携帯のアプリが提示して、地震の備えや短い時間に避難行動を行うことが期待されている。

しかし、実際に自然災害が発生した場合、突然のことであるため、情報の提示があっても、冷静を保ちながら避難をするのが非常に困難である。John Leachの研究によれば、実際に人間が災害に遭う際に、冷静に避難できる人数が全体の人数の約15%であることが明白した[1]。つまり、約85%の避難者が冷静を保つことができない。したがって、避難行動が遅れていて、大惨事になってしまうことがある。例で言うと、2001年の時明石花火大会歩道橋事故があった。その日は非常に混雑であり、事故現場である歩道橋がボトルネックとなって、加えて当日は蒸し暑く、心理的に焦りもあり、やがてパニックとなって、「群衆雪崩」が発生してしまった。この結果、避難が行えずに11名が圧死され、183名が傷害を負った。このように、逃げるのが可能であっても、パニックに陥っていれば、うまく避難できるとは限らない。また、これに対し、「正常性バイアス」のケースも少ない[2]。「正常性バイアス」とは、災害を「まだ大丈夫」のような過小評価し、逃げ遅れの原因となる。一つの例は2011年の東日本大震災である。こ

の災害による死者及び行方不明者は約1万8425人であることが明らかになった。そして死傷者の中、津波による溺死の人数が全体の90.64%である。なぜ避難命令が出されていながら、死傷者数が減らないのか、それは群衆が「まだ大丈夫」だと思い込んで、逃げ遅れになってしまったからである。

これらの現象について、突然災害に遭遇した際に、自身のやるべきことが判断できず、周りの人と同じ行動を取るというような現象[3]は「集団同調性バイアス」と呼ばれている。この現象が対処できれば、災害の時の避難効率があがると考えられる。

従来の研究[4][5]で、我々はロボットに振る舞いをさせ、判断のできない避難者の「集団同調性バイアス」を利用し、ロボットと同じ振る舞いを同調させる。これにより、避難者の感情状態を避難に適切な状態に制御する方法を提案してきた。

したがって、本論文は、避難者の感情遷移傾向に個体差があることに注目し、多種のモデルを用いてシミュレーションを行う。これにより、上の考えたシステムの有効性を検証および考察する。

2. 従来研究

(1) ブロードキャスト制御

ブロードキャスト制御[6][7][8][9]は、一つの制御信号を送ることで、複数の受信体を持つ制御対象に対し、受信体全体の行動を制御する方法である。各受信体の動作

を単独に測定したり、もしくは各受信体の中で通信を行い、全体の動作を維持したりする必要がなく、受信体全体の動作を簡単に制御することができる。

本研究では、避難信号を受け、避難指示を行う複数のロボットやアバタの感情表現をブロードキャスト制御を用いて制御し、それを避難者へと伝播させることにより、避難者の感情レベルを安全かつ素早く避難できるところまで制御する。

(2) 避難支援システム

我々は避難現場に設置されている防犯カメラやウェアラブル機器のセンサによって、人間の感情レベルを測定することが可能であると想定し、避難者の感情が「集団同調性バイアス」によりロボットやアバタに同調することで、図1のようなシステムを提案した。

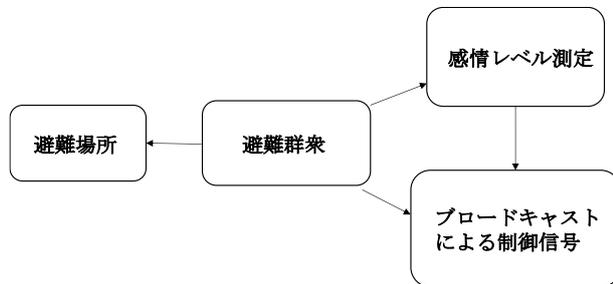


図1 避難支援システムの仕組み

図1のように、最初は避難群衆の全体の感情レベルを測定し、システムがどんな信号を送った方がいいのかを判断する。続いて、発信器により、ロボットに信号を送り、振舞いをさせる。そして、避難者の行動はロボットに同調され、適切な避難行動を取る。ここで、避難者の状態遷移図は図2に示す。

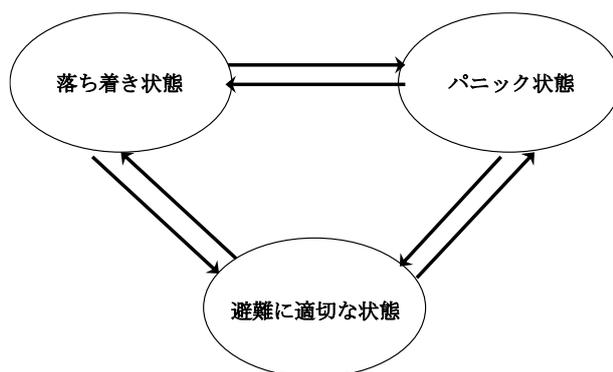


図2 避難者の状態遷移図

避難者の感情状態を遷移させるため、ロボットの状態遷移図は図3に示す。

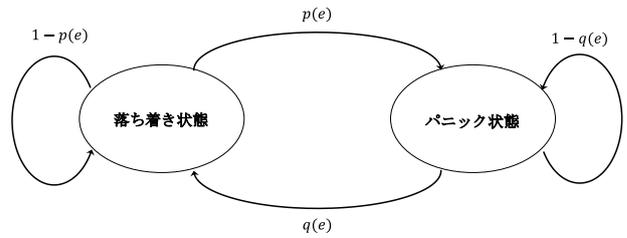


図3 ロボットの状態遷移図

制御則は以下の(1)から(4)式を用いて求められる。

ここで、集団の各個体の感情状態を f_i とし、集団のロボットおよび避難者の合計の個体数を N とし、集団の感情レベルを y とする。集団全体の感情レベルは式(1)により算出できる。

$$y = \frac{\sum_{i=1}^N f_i}{N}, f_i = \begin{cases} 0 & \text{過度な落ち着き状態} \\ 0.5 & \text{適度な落ち着き状態 (1)} \\ 1 & \text{パニック状態} \end{cases}$$

次に、感情レベルの目標値を r とし、現在の感情レベルとの差を e とする。よって

$$e = r - y \quad (2)$$

続いて、 e を用いて制御信号 $p(e)$ 及び $q(e)$ を式(3)(4)により算出できる。

$$p(e) = \begin{cases} 0 & e \leq 0 \\ e & e > 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$q(e) = \begin{cases} -e & e \leq 0 \\ 0 & e > 0 \end{cases} \quad (4)$$

以上の式により、出した制御信号は図4に示す。

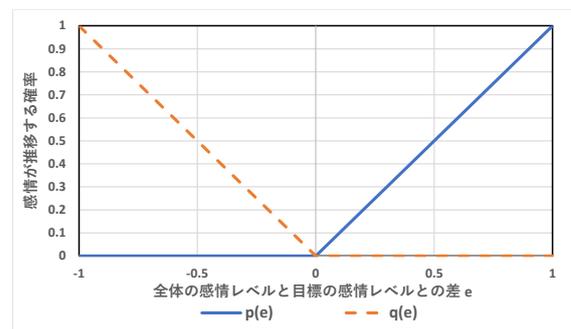


図4 生成される制御信号

3. 個体差を考慮したシミュレーション

(1) 提案手法

従来の研究では、避難者の初期状態及び環境を極端に考え、ブロードキャスト制御を用いることにより、その場で設置したロボットの数の増減によって避難者全体の感情レベルを制御するようになった。しかし、従来の研究で想定した避難者の初期状態及び避難環境が理想的なもの

であり、人間は感情を持つため、一人一人の感情傾向が違う。例えば、災難にあった時、避難者 A はパニックになりやすいが、避難者 B は冷静に避難することができる。このように、様々な感情遷移傾向を持った人からなる集団への有効性については検討されていなかった。

本研究では、感情遷移モデルとして、パニックになりやすいモデル、正常性バイアスになりやすいモデル、その中間の三つのモデルを用いて、この三つの感情遷移傾向を持つ人から構成される避難者集団に対し、シミュレーションを行い、システムの有用性を検証する。

(2) シミュレーション設定

本シミュレーションでは、ロボットと避難者を合わせた総数を 200 と設定した。なお、集団の個体数の影響を確認するため、集団のスケールの条件を 1 倍（基本）、4 倍とし、これらの結果を比べる。また、避難に適切な状態になった避難者は避難してその場からいなくなり、ロボットは避難せずその場にとどまって残りの避難群衆を誘導し続けるものとし、ロボットと避難者との割合が変化していく状況を想定する。

異なる初期状態に対する変化を観察するため、表 1-①はスケール 1 倍の時の a から d の 4 通りの初期状態を示す。表 1-②はスケール 4 倍の時の a から d の 4 通りの初期状態を示す。

また、避難者の感情遷移傾向の個体差として、標準的な感情遷移モデル、落ち着いた状態になりやすい感情遷移モデル、パニックになりやすい感情遷移モデル、この三つの感情遷移モデルについて考え、それぞれ図 5、図 6、図 7 に示す。集団において、この三つの感情遷移傾向を持つ人の割合について、表 2 に示すように条件 1 及び条件 2 この二つの条件を考える。また、個体差の有無の結果を対照するため、個体差なしの場合も表 2 に示すように条件 3、条件 4、条件 5 でシミュレーションを行う。表 3 に、その他のパラメータを示す。

表 1-① ロボットと避難者の個体数の比（初期状態）

条件	ロボットと避難者の個体数の比[ロボット:人]
a	100:100
b	80:120
c	60:140
d	20:180

表 1-② ロボットと避難者の個体数の比（初期状態）

条件	ロボットと避難者の個体数の比[ロボット:人]
a	400:400
b	320:480
c	240:560
d	80:720

表 2 相違なる避難者のモデルの割合

条件	図7のモデル:図6のモデル:図5のモデル	
	個人差あり	1
	2	2:6:2
個人差なし	3	10:0:0
	4	0:10:0
	5	0:0:10

表 3 相違なる避難者のモデルの割合

項目	パラメータ
人間が同調する際に影響する個体数	10[人]
試行時間	200[s]
計算時間間隔	10[s]

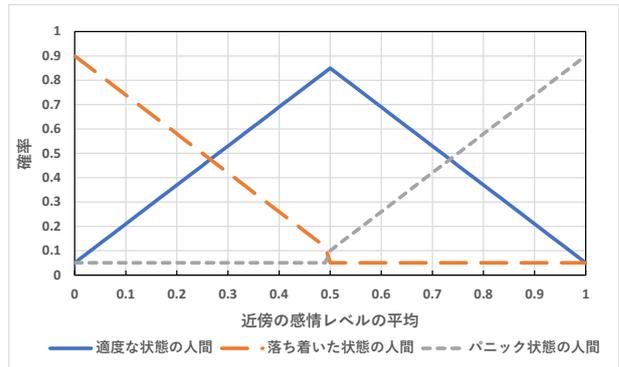


図 5 標準的な感情遷移モデル

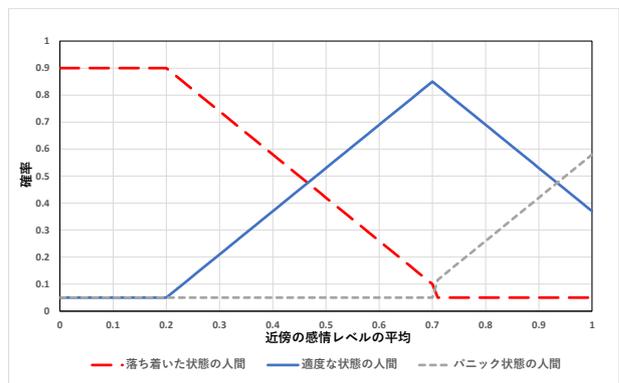


図 6 落ち着いた状態になりやすい感情遷移モデル

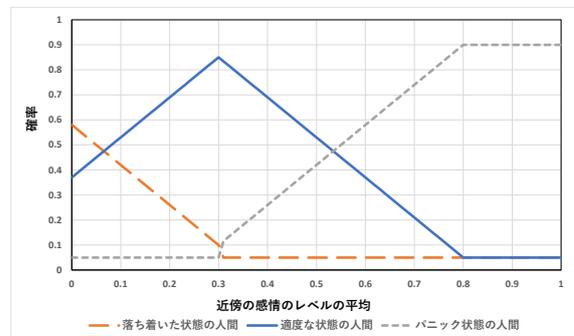


図 7 パニックになりやすい感情遷移モデル

(3) シミュレーション結果

a) スケール1倍

(条件1)の結果

スケールが1倍の時、パニックになりやすい人が多い集団におけるシミュレーション結果を、図8および図9に示す。ここで、図8は避難した人の割合の変化を、図9はロボットも含めた集団の平均感情レベルの変化を示している。

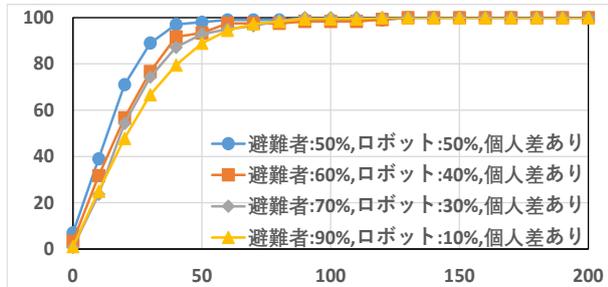


図8 条件1における避難者数(割合)の変化

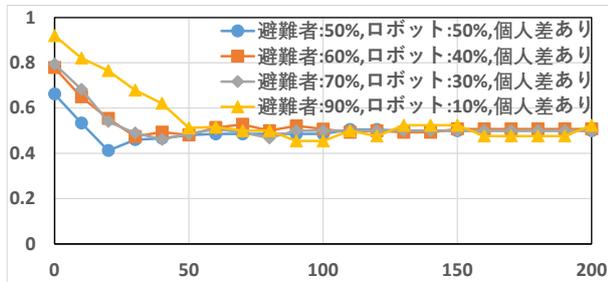


図9 条件1における平均感情レベルの変化

(条件2)の結果

同様に、スケール1倍の時、条件2における結果を図10および図11に示す。

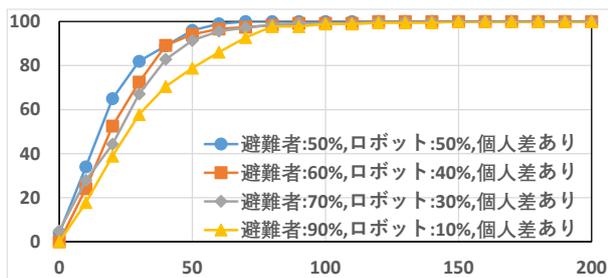


図10 条件2における避難者数(割合)の変化

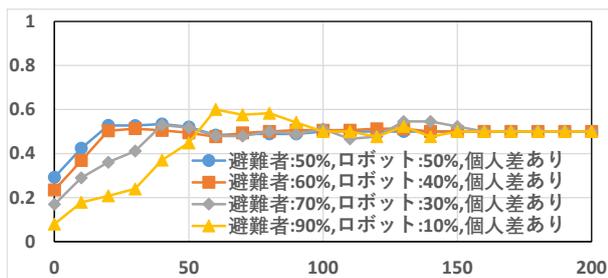


図11 条件2における避難者数(割合)の変化

(条件3)の結果

続いて、スケール1倍の時の個人差なしの場合の結果を示す。図7のモデルを用いた場合の結果を、図12および図13に示す。ここで、同様に図12は避難した人の割合の変化を、図13はロボットも含めて集団の平均感情レベルの変化を示している。

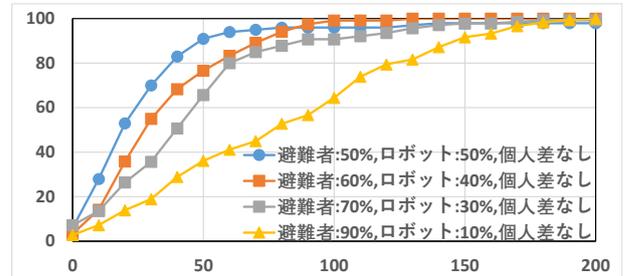


図12 条件3における避難者数(割合)の変化

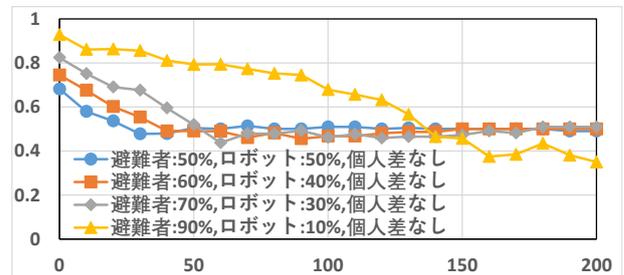


図13 条件3における避難者数(割合)の変化

(条件4)の結果

同様に、スケール1倍の時の条件4における結果を図14および図15に示す。

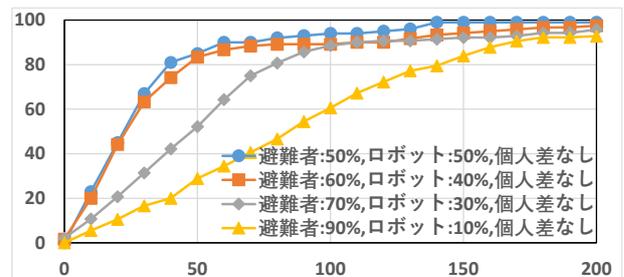


図14 条件4における平均感情レベルの変化

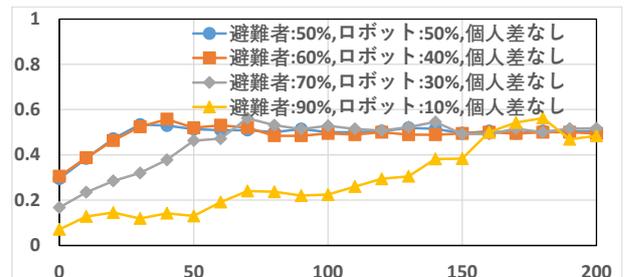


図15 条件4における平均感情レベルの変化

(条件5)の結果

同様に、スケール1倍の時の条件5における結果を図16および図17に示す。

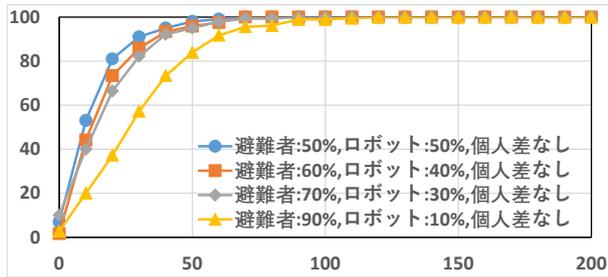


図16 条件5における避難者数(割合)の変化

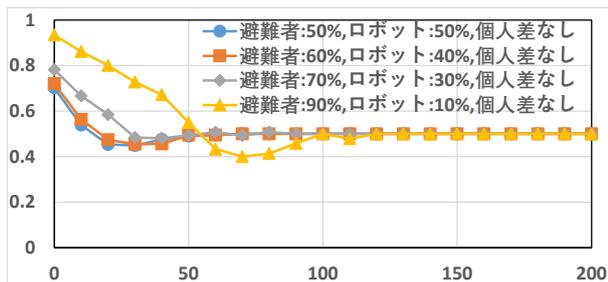


図17 条件5における避難者数(割合)の変化

b) スケール4倍

(条件1)の結果

スケールが4倍の時、パニックになりやすい人が多い集団におけるシミュレーション結果を、図18および図19に示す。

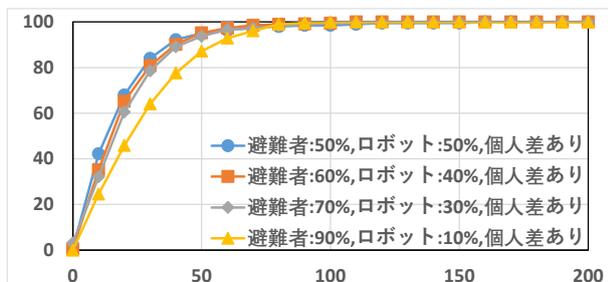


図18 条件1における避難者数(割合)の変化

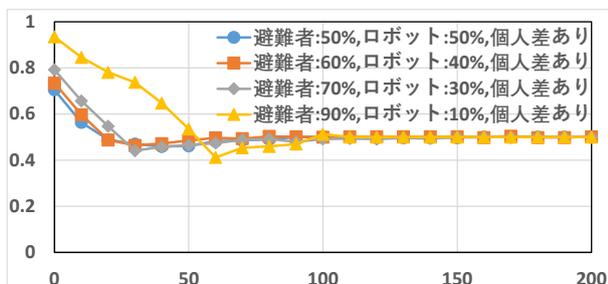


図19 条件1における平均感情レベルの変化

(条件2)の結果

同様に、スケール4倍の時、条件2における結果を図20および図21に示す。

0および図21に示す。

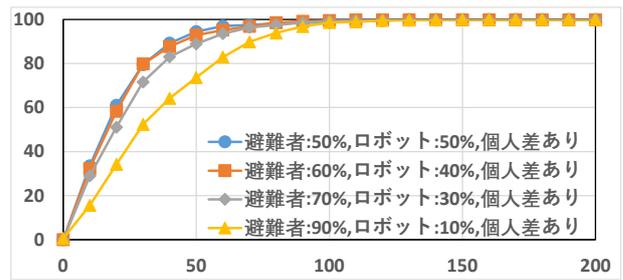


図20 条件2における避難者数(割合)の変化

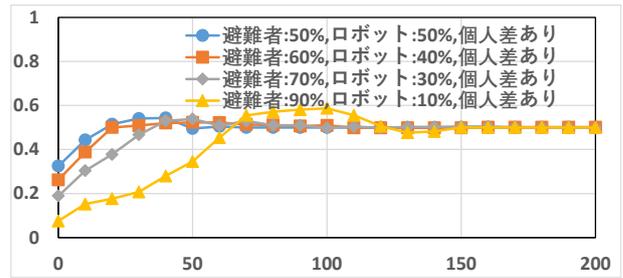


図21 条件2における避難者数(割合)の変化

(条件3)の結果

続いて、スケール1倍の時と同じ様に、図7のモデルを用いた場合の結果を、図22および図23に示す。

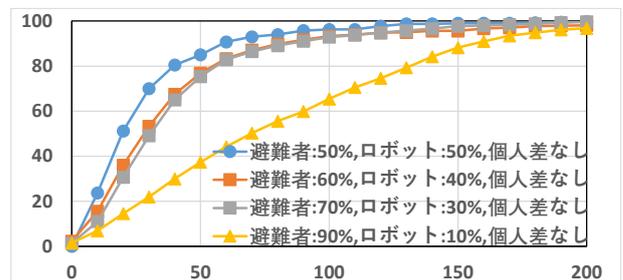


図22 条件3における避難者数(割合)の変化

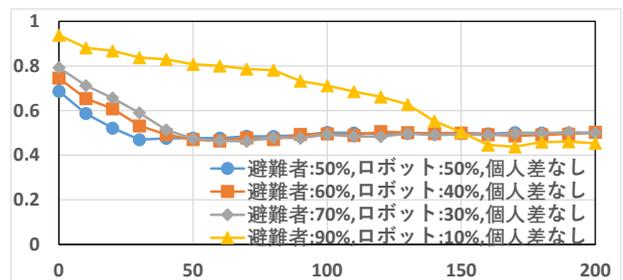


図23 条件3における避難者数(割合)の変化

(条件4)の結果

同様に、スケール4倍の時の条件4における結果を図24および図25に示す。

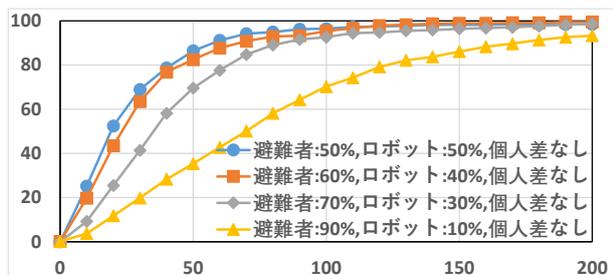


図 2 4 条件 4 における平均感情レベルの変化

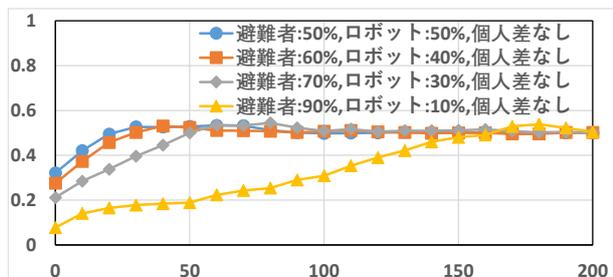


図 2 5 条件 4 における平均感情レベルの変化

(条件 5)の結果

スケール 4 倍の時の条件 5 における結果を図 2 6 および図 2 7 に示す。

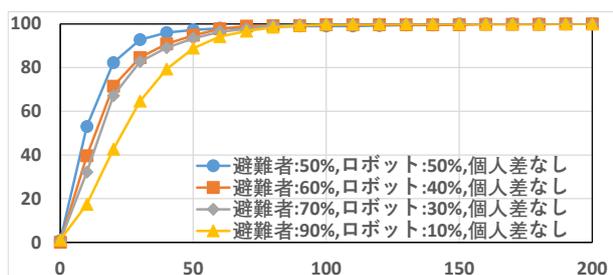


図 2 6 条件 5 における避難者数 (割合) の変化

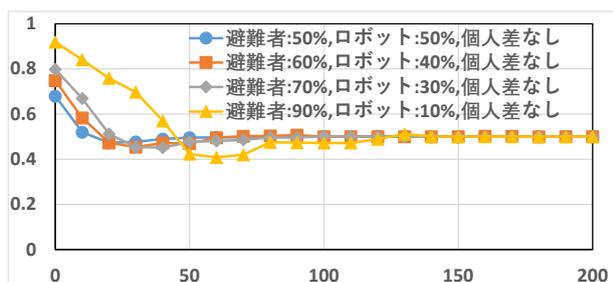


図 2 7 条件 5 における避難者数 (割合) の変化

4. 結び

避難者集団スケールが 1 倍の時, 図 8 から図 11 により, 時間の変化につれ, 群衆の感情レベルは避難に適切な状態に変化し, 安全かつ素早く避難できたことを確認した。したがって, 避難群衆の避難者個体が個体差を持つことになっても, 本研究で提案したシステムが有効であることが分かる。また, 避難者集団のスケールが 4 倍の時, 同じ結果が出るのが明らかになった。よって, 個体差がある場合, 避難者集団のスケールを変えても, このシステム

が有効に機能することが分かった。

続いて, 個体差のある場合 (条件 1, 条件 2) と個体差の無い場合 (条件 3, 条件 4, 条件 5) の結果を比較すると, 個体差を持つ避難者集団のほうが, 避難が迅速に行われることが分かる。その原因は, 避難集団にそれぞれ違う感情傾向を持った避難者がいることにより, 避難集団の全体の感情レベルがどちらか一方に偏ってしまうことを避けられるからであると考えられる。

以上の結果から, 提案したシステムは, 個体差を持つ人々が集まった集団に対しても有効だと考えられる。

今後は, 実環境への適用に向けて実験設備の開発を行ってゆく予定である。

謝辞: この研究を行った際に, ご指導頂いた伊藤一之教授, 及び伊藤研究室の方々に心から感謝いたします。

参考文献

- 1) J. Leach. : Why People “Freeze” in an Emergency: Temporal and Cognitive Constraints on Survival Responses, Aviation, Space, and Environmental Medicine, Vol. 75, No. 6, pp. 539–542, 2004
- 2) 貝辻正利: 雑踏事故に至る高密度群衆滞留下での群衆波動現象に関する研究-大規模イベント事例分析を通じて-, 地域安全学会論文集, No. 17. pp. 63-71, 2012
- 3) 皆川勝, 中村遼太, 高橋翔天: 極低頻度の災害に対する避難行動の社会心理学的な考察, 土木学会論文集 F6(安全問題), Vol. 71, No. 2, pp. 191-198, 2015
- 4) 伊藤一之, 佐藤祐亮: 群衆の感情レベルを制御する避難支援システム-様々な集団同調性バイアスモデルを用いた評価シミュレーション-, 第 35 回ファジィシステムシンポジウム 講演論文集 (FSS2019 大阪大学, TE3-3, pp. 213–217, 2019
- 5) Kazuyuki Ito, Yusuke Sato. : Evacuation support system to control emotional level of crowd : simulation - based evaluation under various scales and ratios of guide robots for evacuees , Artificial Life and Robotics (2021) Vol. 26, pp. 61–65, 2021
- 6) J. Ueda, L. Odhner, and H. Harry Asada. : Broadcast Feedback of Stochastic Cellular Actuators Inspired by Biological Muscle Control , The International Journal of Robotics Research, Vol. 26, No. 11-12, pp. 1251-1265, 2007
- 7) J. Ueda, L. Odhner, and H. Harry Asada. : Broadcast Feedback of Stochastic Cellular Actuator Systems Consisting of Nonuniform Actuator Units , IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 642-647, 2007
- 8) 上田淳: 筋肉を規範としたアクチュエータの確率的な制御, 日本ロボット学会誌, Vol. 29, No. 5, pp. 431-434, 2011
- 9) 東俊一: ブロードキャスト信号によるマルチエージェント

ントシステムの制御, 計測と制御, Vol. 53, No. 12, pp.
1093-1098 , 2014