

群衆の感情レベルを制御する避難支援システム

TANAKA, Yosukle / 田中, 洋輔

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

57

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

5

(発行年 / Year)

2016-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00013045>

群衆の感情レベルを制御する 避難支援システム

EVACUATION SUPPORT SYSTEM TO CONTROL EMOTIONAL LEVEL OF THRONG

田中洋輔

Yosuke TANAKA

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修士課程

In this paper, we propose an evacuation support system for a large-scale disaster. In general, those conventional systems, such as an emergency earthquake reporting system, were designed to display objective information only by text. In these systems, we assumed that the recipients can select the optimal action to save themselves only if they have the necessary correct and immediate information. However, in reality, it is difficult to select the correct action because humans are influenced by the surrounding crowd. In psychology, this mechanism is called conformity. We focus on the conformity mechanism of human, and we control the emotional level of the escaping people by controlling the emotional behaviour of robots and avatars among the escaping people. We employ a broadcast controller, and conduct a simulation to confirm the effectiveness of the proposed system.

Key words : broadcast control; conformity; normalcy bias

1. はじめに

近年、地震や津波、噴火、大火災などの大規模災害に対する避難支援システムが注目を集めており、様々なシステムが開発されている。その中でも、インターネットやテレビ、ラジオ等を介したシステムが進展しており、災害時にはどこにいても素早く情報を得ることが可能である。

緊急地震速報などの従来のシステムは、災害や、避難についての情報を音声や文字として表示するという手法で開発されている。そのようなシステムは、自分の身を守るためにはどのような情報を取捨選択すればいいのかを冷静に判断できる人に対して有効である。しかし、実際の災害時には、冷静に状況を判断できる人は限られている。John Leach 等の研究 [1] によると、災害時、冷静に判断し行動できる人間は 15%程度であり、情報を正確に得ることは困難であるといわれている。この問題の一つの原因として、人間が自身の意思決定を行う際に、周囲の環境に影響されてしまう生き物であるということが挙げられている。災害時、どうして良いか分からないときに時に、他人と同じ行動を取ることで危機を乗り越えようとする心理現象が発生する。心理学ではこの現象は“同調現象”と呼ばれている。



Fig.1 周囲に合わせた行動をしてしまう同調現象

大規模災害時のように、多数の群衆が同時に避難を行う場合には、パニックによる群衆災害や、自分は安全であると過信することにより生じる正常性バイアス [2] など、心理的要因による問題が発生することが報告されている。

例えば、2001 年の明石花火大会歩道橋事故においては、平常時に於いてさえ、異常なストレスが大勢に同調する場合、将棋倒しなどの群衆災害の原因となってしまうことを示している[3]。

また、逆に 2011 年の東日本大震災において、津波の被害にあった多くの被災者が、緊急地震速報などによって津波の接近を知りながらも、自宅から避難しなかったという事態が報告されている。正常性バイアスにより、都合の悪い情報を無視したり、「自分は大丈夫」「まだ大丈夫」と問題を過小評価してしまった結果、自宅から避難せず、被害にあってしまったと考えられる[4]。

これらの問題は、群衆の感情レベルが極端に偏ってしまうことが原因として発生する。パニック、正常性バイアスのどちらが発生しても避難は失敗してしまうため、

この問題を解決することが、従来の避難誘導システムの大きな課題であるとする。

本論文では、これらの問題を解決するために、逆に同調現象を利用した、群衆の感情レベルを制御する新しい避難誘導システムを提案し、シミュレーションによってその有用性を確かめる。

2. 提案手法

(1) 概要

提案するシステムでは普段エンターテインメントや接客など、身近な生活空間に進出しているロボットや、携帯端末に表示されるアバターなどが避難情報を表情や動きなどで感情的に振る舞いながら伝えるという方法をとる。同調現象によってロボットやアバターの感情レベルを群衆に伝え、群衆の感情レベルを制御する。

具体的には、群衆がパニック状態に陥る場合、ロボットやアバターが落ち着いた状態で必要な情報を提示する。それによって落ち着いた気持を同調させ、パニックによる二次災害を防ぎつつ、避難を誘導することが可能となる。逆に正常性バイアスによって人々が避難しない場合は、ロボットやアバターが慌てた振る舞いをして危険を知らせることにより、避難に対する緊張感を与え、適切な避難を誘導することが可能となる。

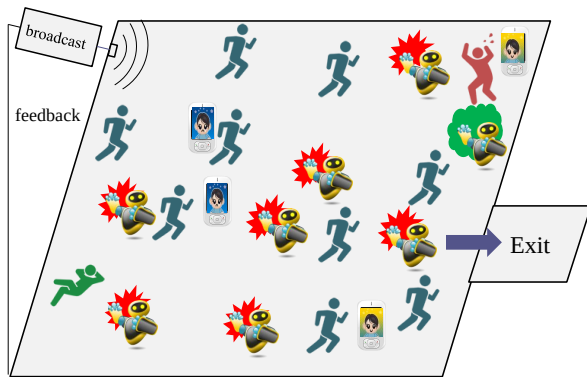


Fig.2 人の感情レベルを制御するシステム



Fig.3 ロボットとアバター

これらの制御システムを実現させるために、ブロードキャスト制御 [5] [6] を採用した。

ブロードキャスト制御は指示値を信号として複数のユニットに一様に伝搬する制御方法である。個々のロボット、アバターは信号を遷移確率として受け取るだけなので、複数のロボット、アバターはそれぞれ確率的な振る舞いをする。

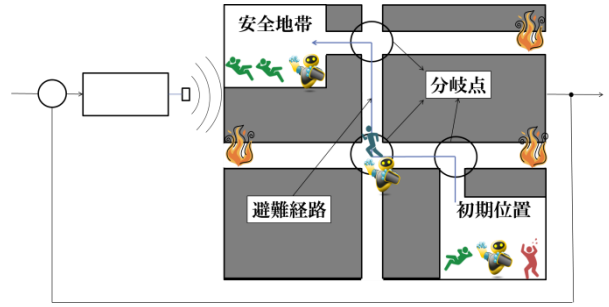


Fig.4 提案手法

(2) ブロードキャストコントローラー

Fig.5 および(1)~(2)式に示すように、ブロードキャスト制御のコントローラを設計する。指示値 p または q によってロボットの状態を遷移させる。 p は落ち着いた状態のロボットが、慌てた状態に遷移する遷移確率であり、逆に q は慌てた状態のロボットが落ち着いた状態へと遷移する遷移確率である。指示値 p および q は、(3)式で与えられる目標値 r と計測値 y の差 e から算出する。目標値、および計測値は、群衆の感情レベルを数値化して用い、目標値 y は(4)式によって与えられる。ここで f は個人の感情レベルを、 N は群衆の人数を示している。群衆がパニック状態の場合、 y は1に近い値となり、逆に落ち着いた状態の人数が多い場合は0に近い値となる。

指示値 p および q はエラー e の正負によってどちらか一方が与えられる。

e が正の場合、指示値は p が与えられる。この状態は目標としている状態よりも群衆が落ち着いている状態である。避難に必要な緊張感を持たせるため、落ち着いた状態のロボットが慌てた状態に遷移する確率を与える。

逆に e が負の場合、指示値は q が与えられる。この状態は目標としている状態よりも群衆が慌てている状態である。周囲のロボットが落ち着いて群衆を落ち着かせるために、慌てた状態のロボットが落ち着いた状態に遷移する確率を与える。

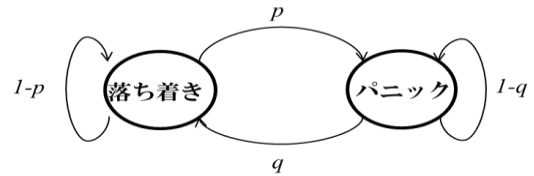


Fig.5 ロボットの情遷移図

$$p(e) = \begin{cases} 0 & e \leq 0 \\ e & e > 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$q(e) = \begin{cases} -e & e < 0 \\ 0 & e \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$e = r - y \quad (0 \leq r \leq 1) \quad (3)$$

$$y = \frac{\sum_{i=1}^N f^i}{N} \quad f^i = \begin{cases} 1 & \text{パニック} \\ 0.5 & \text{適度} \\ 0 & \text{落ち着き} \end{cases} \quad (4)$$

(3) 同調モデル

次に、Fig. 6 のグラフで示すように、同調による確率状態遷移モデルを構築した。人間の同調に関する研究は数多く行われてきているが、災害現場のような危機的状況下における同調現象の詳細なデータは少ない。本研究では緊急時に近傍が全て同一の反応を示したとき、それに同調して自身も同じ反応を示す確率を 90% とした。

ここから、最大で 90% の同調確率となるよう、各点を直線で結び、Fig. 6 および(5)～(8)式に示すようにモデル化する。人間はパニック状態、落ち着いた状態、避難するのに適度な状態を持つとした。これらの状態は、心拍数などを参考にして測定ができると想定する。 a は近傍の感情レベルの平均であり(8)式で表され、近傍が落ち着いているほど a は 0 に近づき、慌てているほど 1 に近づく。 n は同調する際に影響を受ける近傍の人、およびロボットの数であり、本研究では近傍の 10 人に影響を受けるとする。

破線はパニック状態に遷移する確率を示している。近傍の過半数が落ち着いている場合はパニック状態に遷移する確率は 0% となり、逆に近傍の過半数がパニック状態であった場合、パニック状態に遷移する確率は直線的に増加する。

$$\text{パニックになる確率 } p_p = \begin{cases} 0 & a < 0.5 \\ 1.6a - 0.7 & a \geq 0.5 \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{適度になる確率 } p_m = \begin{cases} 1.6a + 0.1 & a < 0.5 \\ -1.6a + 1.7 & a \geq 0.5 \end{cases} \quad (6)$$

$$\text{落ち着く確率 } p_c = \begin{cases} -1.6a + 0.9 & a < 0.5 \\ 0 & a \geq 0.5 \end{cases} \quad (7)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n f}{n} \quad f = \begin{cases} 1 & \text{パニック} \\ 0.5 & \text{適度} \\ 0 & \text{落ち着き} \end{cases} \quad (8)$$

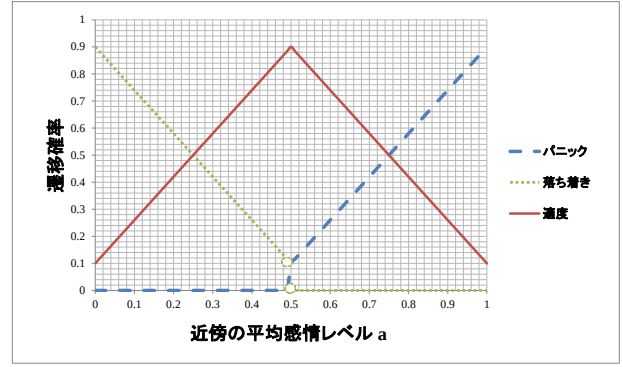


Fig.6 同調モデル

3. シミュレーション

(1) 予備実験

a) さまざまな設定下での実験

提案手法を用いて、人間の数に対してロボットの数がどの程度必要なのかを確かめるために予備実験を行った。以下にシミュレーションの設定を示す。

Table 1 シミュレーション時間設定

シミュレーション時間[分]	10
サンプリング間隔[秒]	5

Table 2 想定する時間ごとの誘導状況

時間[分]	状況	目標状態
0～1	災害発生前	制御なし
1～5	避難開始	適度(目標値 $r=0.5$)
6～	避難完了	落ち着き(目標値 $r=0$)

Table 3 人間とロボットの数設定

実験1	
群衆の人数	100
ロボット・アバターの数	500
実験2	
群衆の人数	100
ロボット・アバターの数	100
実験3	
群衆の人数	100
ロボット・アバターの数	25
実験4	
群衆の人数	100
ロボット・アバターの数	10
実験5	
群衆の人数	100
ロボット・アバターの数	1

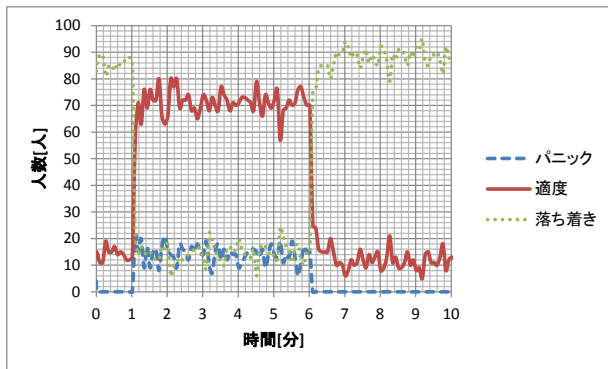


Fig.7 実験1の結果 (ロボット 500 体)

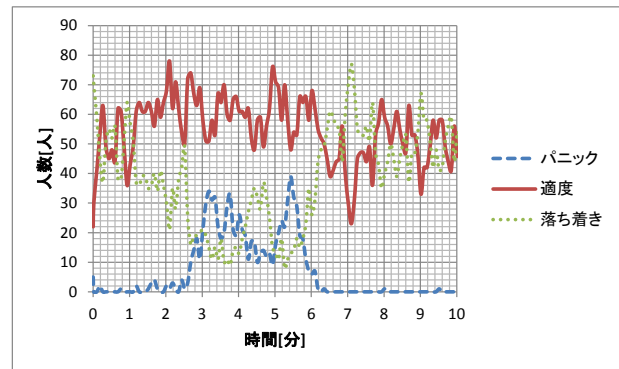


Fig.11 実験5の結果 (ロボット 1 体)

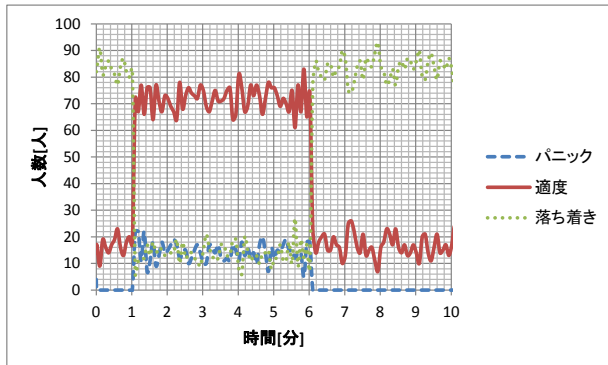


Fig.8 実験2の結果 (ロボット 100 体)

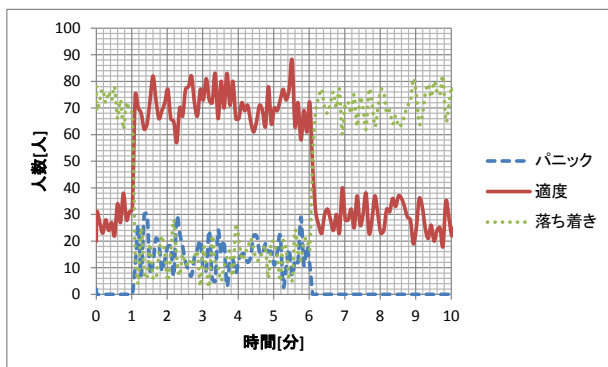


Fig.9 実験3の結果 (ロボット 25 体)

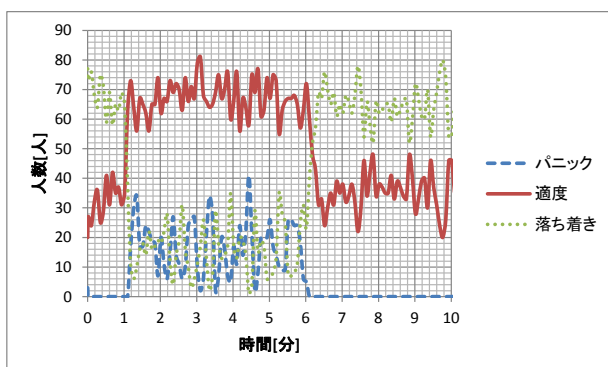


Fig.10 実験4の結果 (ロボット 10 体)

次に適度な状態に制御した時 (1~6min) に、同調して適度になっている人数の平均と、ロボットの数の対応をグラフにして Fig.12 に示す。

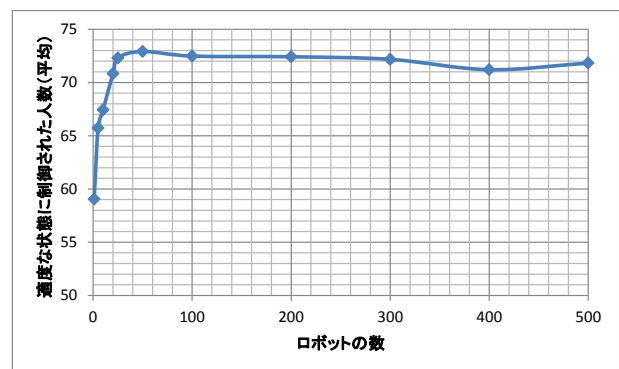


Fig.12 ロボットの数に対する、適度な状態になった人数

b) 考察

シミュレーションの結果、人間の数に対しロボットの数が減るにつれ、目的の状態への制御が不安定になることがわかった。ロボットの数が少ないほど目的の状態に制御することが不安定になる原因として、近傍にいる制御されているロボットに同調する人の数が少なくなるためであると考えられる。

また、Fig. 12 から、ロボットの数が増加するにつれて、適度な状態に制御される人数は対数的に増加していることがわかる。しかし、ロボットの数が 100 体を超えてから、一定の値に落ち着く結果となった。ここから、携帯端末の普及率とあわせて、実環境を想定した実験を行う場合、人間とロボットの割合は 1 : 1 であれば適当であると考えられる。

(2) シミュレーションによる避難誘導

a) 実環境を想定した実験

提案手法の妥当性を示すため、シミュレーションを行った。予備実験から、人間とロボットの数の割合を 1 : 1 とし、以下のような設定でシミュレーションを行った。また、時間ごとの誘導状況は予備実験と同じ設定である。

Table 4 シミュレーションの設定

群衆の人数	100
ロボット・アバターの数	100
シミュレーション時間[分]	10
サンプリング間隔[秒]	5

Fig.13 に時間ごとに測定したそれぞれの感情レベルの人数をグラフとして示す。

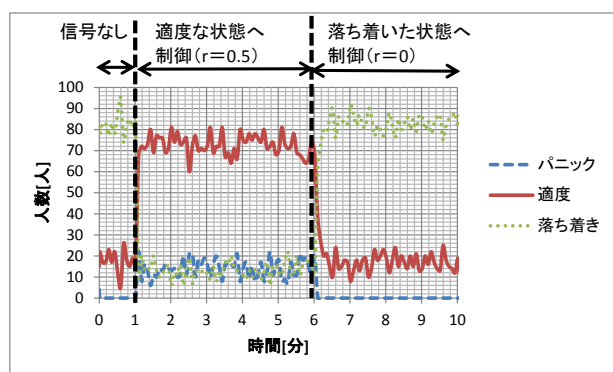


Fig.13 人間の感情レベルの時間変化

b) 考察

0～1 分の間は災害が発生していない状況である。そのため、ロボットやアバターには信号は送られていない。このシミュレーションでは群衆の初期状態は、10%が適度な状態で、90%が落ち着いた状態としている。

1～6 分の間は、災害が発生し、避難誘導を行う状況である。この時、適度な緊張度を保ちながら避難を行えるように、ロボットおよびアバターには目標値 0.5 を与えている。その結果、多くの人の感情レベルを適度な状態に制御できていることがわかる。

6 分以後、安全な地帯への避難が完了しているという状況である。パニックによる二次災害の発生を防ぐために、ロボットに指示値 0 を与え、避難者を落ち着かせる。グラフから、パニックを起こしている人数を減らし、大多数の感情レベルを落ち着いた状態にできていることがわかる。

これらの結果から、避難が必要なときには適度な緊張を、落ち着く必要があるときには避難者を落ち着かせるというように、状況に応じて避難者の感情レベルを制御することができているといえる。

よって、提案する避難支援システムは、従来の問題であったパニックや正常性バイアスなどの集団の心理現象による問題を解決することが可能である。

4. おわりに

本研究では、大規模災害に対する避難支援システムを提案した。我々は人間の同調現象に注目し、ロボットやアバターの感情的な振る舞いを制御することで避難者の感情レベルを制御する新しい避難誘導システムを提案した。システムの有用性を示すため、シミュレーションを行い、提案手法はその時々状況に応じて集団の心理状態を適切なものに制御することが可能であり、従来の避難誘導システムでの問題であった、集団の心理現象による逃げ遅れの被害という問題を解決するのに有効である事を示した。

謝辞：最後に、本研究に際してご指導いただいた法政大学理工学部伊藤一之准教授、伊藤研究室の方々に心から感謝いたします。また、今後の皆様のご健闘を願うとともに、法政大学における各研究で、本論文がほんのわずかながらでも参考になればと願うものであります。

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 June 2004.
- [2] 矢守克也：正常化の偏見，実験社会心理学研究． Vol. 48, No. 2, pp. 137-149, 2009
- [3] 室崎益輝：明石花火大会における群衆雪崩，予防時報， 208 号， pp.8-13, 2002
- [4] 広瀬弘忠：大災害時の避難行動，消防科学と情報， 107 号， pp. 10-13, 2012
- [5] 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).
- [6] J. Ueda, L. Odhner, and H. Harry Asada. "Broadcast Feedback for Stochastic Cellular Actuator Systems Consisting of Nonuniform Actuator Units", *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 642-647 (2007).