

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 2 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25560164

研究課題名(和文) マルチエージェント・シミュレーションによる“群集リーダー”誕生の研究

研究課題名(英文) Research on the birth of the "crowd leader" by the multi-agent simulation

研究代表者

畠中 憲之 (HATAKENAKA, NORIYUKI)

広島大学・総合科学研究科・教授

研究者番号：70363009

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：災害時、避難誘導員の役割は極めて大きい。しかし、実際には避難訓練のように事前に誘導員が配置されている訳ではない。本研究の目的は、パニックのような極限環境下における群集から、危険回避のために自発的に避難誘導員(リーダー)が出現するかどうかを明らかにすることである。分子動力学的手法による群集の避難シミュレーションを行い、避難者は個別に避難するのではなく群集を形成し、その群集があたかも一人の仮想的な避難者のように振舞うことを明らかにした。そして、群集の意思決定過程を個人の素過程から探究し、他者への心理的依存度が低い避難者がリーダーとして振舞うことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The role of evacuation leaders is extremely important at disasters. However, the leaders are not placed like a fire drill beforehand. The purpose of this study is to clarify whether an evacuation leader spontaneously emerges from the crowd under the extremely dangerous environment like a panic. We performed multi-agent simulation based on molecular dynamics and found that evacuees formed a crowd rather than evacuated individually and the crowd behaved just like a single virtual evacuee. In addition, we also found that an evacuee with a low psychological dependence to others behaves as a leader from the research in decision-making of the crowd at individual elementary processes.

研究分野：量子物性理論

キーワード：マルチエージェント 避難シミュレーション パニック リーダー 意思決定

1. 研究開始当初の背景

近年、コンピュータの性能向上に伴い、多変数を含む複雑なシステムの解析が可能になってきた。そして最近では、自然科学に係わる現象だけでなく、人間の営みに係わる社会現象をも再現するシミュレーション技術が、主要教育研究機関において発展している。そして、その守備範囲は、経済、交通などへ広がり、行動科学においても、Helbing らにより、パニック時における避難シミュレーションに対する一つの試みが提出された[1]。

行動科学において、統制された集団行動を理解するうえで、リーダーは欠くことができない存在である。群集行動を扱ったパニック時の避難シミュレーションにおいても、訓練された誘導者が一種のリーダーの役割を果たし、避難効率を改善することが確認されている[2]。環境の違いこそあれ、統制行動のリーダーも群集行動の誘導者も、集団行動を支配する特異な行動主体である。以下、群集行動を支配する行動主体を「群集リーダー」と呼ぶことにする。

緊急時の群集行動は、多くの場合「見知らぬ他人同士(したがって、個々人の知識や性格をよくわかっていない)」で構成されており、しかも煙や停電などで視界が悪い状況での行動になるため、基本的に近くの物体しか見えない。そして、「同調性が高まる」ことが指摘されている。そのため、意図的に避難誘導する際には、「あっちへ逃げろ」と逃げる方向を指し示すよりも、誘導者が先頭に立って周囲の人間を連れて(同調性を利用して)出口へ向かうことの方が効率的であることが示されている。この時、人々の同調の「核」となる存在として誘導者が機能している。しかし問題は、訓練された誘導者をあらかじめ配置しておくことが困難なことである。

以上の観点により、訓練されていない他人同士の集団の中から同調性の核として群集

リーダーが自発的に生まれ、誘導者の役割を果たせるかどうか、避難行動におけるパニック回避の鍵を握っており、群集リーダーの誕生過程を明らかにすることが極めて重要である。

2. 研究の目的

災害時、避難誘導員の役割はきわめて大きい。しかし、多くの場合、避難訓練のように事前に誘導員が配置されているわけではない。本研究の目的は、パニックのような極限環境下における群集から、危険回避のため自発的に誘導員(リーダー)が出現するかどうかを明らかにすることである。本研究では、分子動力学に自律的な意思決定の要素を考慮したマルチエージェントモデルに基づく社会シミュレーションによって、この問題に迫る。そして、自発的に群集のリーダーが出現するなら、どのような条件のもと、どのような変遷を経て形成されるのかを解明することである。

3. 研究の方法

極限環境下における群集リーダーの誕生に関する研究を実施するにあたり、分子動力学を基盤に心理学的要素を加味したマルチエージェントモデルを採用し、群集の避難行動のシミュレーションを行なった。

これまでの群集行動のシミュレーションでは、暗黙のうちに群れが形成されるような要素をモデル自身が含有していた[3]。これに対して、今回採用したモデルでは、そのような要素を含まず、エージェント自身に自律的な意思を導入し、その上で群れの形成を必要とするのか否か、エージェントに判断させることを可能にしたことが特徴である。

4. 研究成果

(1) 避難者の群集化

今回実施した避難シミュレーションでは、避難者相互に直接的な凝集作用を導入し

ていないにもかかわらず、避難者は個別に避難するのではなく、群集（クラスター）を形成し、しかもその群集があたかも一人の避難者（仮想避難者）のように振る舞うことを確認した。この群集化は、避難者の他者への依存度に由来しており、他者への依存度が大きいほど群集化することがわかった。この群集化により、避難経路の情報の収集能力が高まり、避難行動には有利に働くことがわかった。しかし一方で、肥大化した群集では出口のサイズによる制限のため、逆に避難効率を下げ、いわゆるパニック現象を引き起こすことになり、これらの間にトレードオフの関係が成り立つことを見出した。

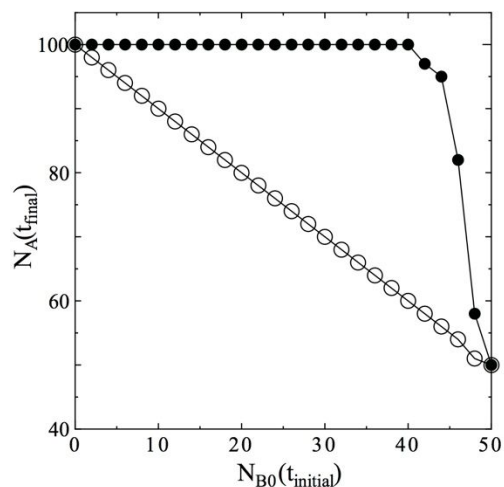
質点系における重心座標を導入することに、仮想避難者（群集）の従う支配方程式を導出することができた。ここでは、群集を導く力が、群集を構成する避難者の平均的な意思の力だけではなく、仮想避難者（群集）がその構成員の意向を個人レベルの心理学的依存性に基づく力、いわば広義の相談、によることがわかった。

(2) 群集の意思と個人の意思の競合

避難行動における群集化は、個人レベルでの他者への依存度に由来するが、一旦、群集が形成された場合、その群集がどのように避難経路を決定するのかが重要な課題となる。すなわち、避難者個人の意思が如何に仮想避難者（群集）の意思決定に反映されるかが重要となる。そこで、群集の意思決定過程を個人の素過程から理解するために、避難問題を二者択一問題に還元し、その振る舞いを調べた。結果、基本的には群集の行動は、群集の構成員による多数決理論にしたがって振る舞うことが分かった。

図は、二者択一問題に対する群集シミュレーションの結果である。各エージェントは目標地 A または B の志向を持って目標に向かって移動するものとする。横軸は初期に B へ好

んで行きたいという意思を持ったエージェントの数 (N_{B0}) である。縦軸は A 地点に到達したエージェントの総数 (N_A) である。エージェントの数は 100 人でシミュレーションを実行した。また、他者への依存度は 90% としているので、群集を形成して目標地へと移動する。これによると、群集の中に目標地 B へ行きたいエージェントがいるにもかかわらず、群集が目標地 A へ向かった場合、そのエージェントは群集の構成員として目標地 A へと移動していることがわかる。この現象は、ちょうど構成員の数が半々近くなるまで、個人の個性を押さえて、群集に従属している様子を示している。



特筆すべき点は、目標地 A と B へ向かうエージェントの数が拮抗する状況において、両者が競合する状況を確認したことである。これは、熱統計力学で見られる相転移的な振る舞いに酷似しており、この群集行動の熱統計力学的定式化へ道を拓く重要な現象である。

(3) 心理学的依存度と避難リーダー

これまでのシミュレーションにおいて、すべての避難者は同じ心理学的依存度を持ち、それが高い場合、避難者を群集化させ効率良い避難回避行動へ導くことがわかった。しかし、一般には他者への信頼度を表す心理学的依存度は、エージェントごとに異なるはずである。そこで、心理学的依存度に分布を

持たせた避難シミュレーションを実施した。結果、一様分布の場合に比べて、避難回避行動の効率が高まることを確認した。そして、そのメカニズムを探るため、避難者を依存度の高いグループと低いグループの二つに分けて、避難シミュレーションを実施した。その結果、依存度の低いグループが高いグループを出口へと誘導することを観測した。特筆すべきことは、低い心理学的依存度を持ったエージェントのグループメンバーがたった一人であっても避難誘導が可能であることが分かった。これは、言わば本研究目的の対象である“群集リーダー”とも言える存在とみなすことができる。

心理学的依存度の時間依存性

群集リーダーの特徴が心理学的依存度の低い避難者であることが理解できたので、次の目的である“群集リーダー”が如何にして生まれるかという課題に取り組んだ。避難初期には、すべての避難者はそれぞれが持つ心理学的依存度を持っており、他者の行動と総合して避難行動を決定していく。避難者の心理学的依存度が固有のものなら、避難者の個性で決まってしまうが、一般には、他者の行動如何によって心理学的依存度は時々刻々と変化すると考えられる。そこで、心理学的依存度の時間依存性を考慮した避難シミュレーションへと展開した。これには避難者それぞれの主観を取り入れた取り扱いが必要となる。そこで、主観的確率を取り扱ったベイズ推定法を導入することにした。しかし、ベイズ推定では、暗黙のうちに群集にリーダーが存在することを仮定しなければならないことから直接適応することはできず、残念ながら、現段階ではその定式化には至っていない。しかし、それらを克服する方法として、既存のベイズ推定をリファレンスとする自己無撞着ベイズ推定法なる新手法を開発中である。

<引用文献>

- D. Helbing et al., Nature **407** (2000) 487.
N. Pelechano, et al., IEEE Computer Graphics and Applications, **26** 80 (2006).
I. D. Couzin, et al., Nature **433** 513 (2005).

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

- N. Hatakenaka, S. Matsuo, K. Sakata, and M. Nishida, “Crowd Behaviors in Alternative@ Conflicts in the Decision-making between an individuals and the group”, Proceeding of the 8th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, 1, 258-261 (2016) 査読有。
ISBN: 978-989-758-172-4

[学会発表](計2件)

- N. Hatakenaka, S. Matsuo, K. Sakata, and M. Nishida, “Crowd Behaviors in Alternative@ Conflicts in the Decision-making between an individuals and the group”, 8th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, Feb. 24-26. 2016, Roma, Italy.
N. Hatakenaka, “Cluster interpretation of escape efficiency in emergency evacuation”, Physics of Emergent Behavior, Hun. 24-26, 2013, Brighton, England.

[図書](計0件)

6. 研究組織

(1)研究代表者

畠中 憲之 (HATAKENAKA, Noriyuki)
広島大学・大学院総合科学研究科・教授
研究者番号：70363009

(2)研究分担者

坂田 桐子 (SAKATA, Kiriko)
広島大学・大学院総合科学研究科・教授
研究者番号：00235152

(3)研究分担者

西田 宗弘 (Nishida, Munehiro)
広島大学・大学院先端物質科学研究科・准教授
研究者番号：10329112