

群衆行動における特殊エージェントの影響検証 — 養鶏場の飼育鶏密集事故防止 —

愛知県立大学 *大藤 哲平 OFUJI Teppei

愛知県立大学 奥田 隆史 OKUDA Takashi

*愛知県立大学 情報科学部 情報科学科 メディア・ロボティクスコース

*〒 480-1198 愛知県長久手市茨ヶ廻間 1522-3

1. 研究背景と目的

人や動物は、しばしば群を成して行動する。時や場所、状況によって群で行動をする理由は様々であるが、その中でも特に群衆がある同一の出来事を対象として同じように感情的に反応した結果として起こる動きのことを群衆行動と呼ぶ [1]。たとえば、養鶏場で飼育されている鶏の行動や、集団意思決定はその一つである。

ところで、「朱に交われれば赤くなる」ということわざがある。時田 [7] は、このことわざの意味を「人は付き合い仲間によって良くも悪くもなるというたとえ」と述べている。群衆行動では、異なる行動様式を持つ構成要素同士が相互に作用しあう。そのため「朱に交われれば赤くなる」ように、群衆行動がどのように展開していくのかは群に属する要素がどのように委ねられるだろう。

本研究では、群衆の中に特殊な行動様式を持つ要素を追加したときに、群衆行動がどのように発展していくかをマルチエージェント・シミュレーション (MAS) により検証する。本稿では、群衆行動の具体的な事例として「飼育鶏の密集事故」を取り上げる。養鶏場では、外的刺激を受けた鶏が一か所に密集して下敷きになった鶏が圧死するという事故が起こる。これを MAS を用いて再現し、さらに特殊な行動をするエージェントを導入することで密集事故発生にどのような影響を与えるか検証する。

以下、第2章で群衆行動とそのモデル化について述べる。第3章で飼育鶏密集事故について述べ、第4章で養鶏場のモデル化、第5章で数値例について述べ、第6章にてまとめる。

2. 群衆行動とそのモデル化

2.1. マルチエージェント・シミュレーション

社会には群衆行動によって生じる複雑な事象が数多く存在しており、その中には個々のミクロな動きからだけでは予測ができないようなマクロの事象もある。これを「複雑系の現象」という [19]。私たちが日常的に見かける「群れながら飛ぶ鳥」や「自然渋滞の発生」、「人とのつながり」や「流行の広がり」といった現象もまさに複雑系である [20]。

このような複雑系の予測や分析のために、複数 (マルチ) の人や生物 (エージェント) を各自のルールに基づきながら相互作用させて行うシミュレーションのことを「マルチエージェント・シミュレーション」という [19]。

2.2. 群衆行動のマルチエージェントモデル

本節では、前節で述べたマルチエージェント・シミュレーションを用いて群衆行動をモデル化する。

2.2.1 では、群衆行動の背景にある空間のモデルについて述べる。続いて 2.2.2 では、群衆の構成要素であるエージェントの行動のモデル化について述べる。

2.2.1. 空間モデル

空間とは、エージェントが存在している場所のことである。エージェントは空間の中で各々のルールに基づきながら動作し、空間とエージェントは相互作用する。本研究の舞台である養鶏場を例に挙げると、空間は養鶏場、

エージェントは鶏である。空間には「二次元平面」「三次元空間」の二種類がある。空間の大きさは正の実数値で設定する。

2.2.2. エージェント行動モデル

群衆に属するエージェントの行動をモデル化する。エージェントには、群衆行動の主体となる人や生物など、個々の行動規範に従って動く「自律エージェント」と、群衆行動に影響を与える壁など、自らは動かず他の自律エージェントに作用する「非自律エージェント」がある。ここでは自律エージェントの行動について述べる。

自律エージェントは自身の周囲の状況を認識し、それに対応しながら各自の持つルールに従い行動する。養鶏場の鶏を例として挙げると、鶏を模した自律エージェントは他の自律エージェントのとの距離・向きなどを認識し、自身の進行先を決定する。

3. 飼育鶏密集事故

養鶏場では鶏を飼育する際に、いくつかの問題に直面する。そのうちのひとつとして密集事故があげられる。密集事故とは、何らかの要因で一ヶ所に密集した鶏が重なり合い、下敷きになった鶏が死んでしまうことである。これを圧死と呼ぶ [14]。

3.1. 発生要因

鶏は外部からの刺激に対して敏感な生物である [13]。周囲の生物や物の急激な移動や大きな物音、あるいは突然発せられる光などに反応し、パニックに陥ってしまう [15]。パニックに陥った鶏は逃避行動をとるが、その過程の中である一ヶ所に密集してしまう [15]。すなわち、密集事故発生の要因は不意に発生する物音や光であると言える。

3.2. 具体的事例

本節では密集事故の具体的事例を二つ紹介する。3.2.1 では「名古屋コーチン」について、3.2.2 では「地震による圧死」について述べる。

3.2.1. 名古屋コーチン

名古屋コーチンは、愛知県名古屋市特産の地鶏である。性格は温順で人になつきやすいが、一方で神経質な一面もある [15]。不意な物音や光に驚いて密集してしまい、群が大きくなっていたり過密な状態になっていた場合、圧死事故を引き起こすこともある [15]。

名古屋コーチンの密集事故を引き起こす要因と反応をまとめた物を、表 1 に示す。

3.2.2. 地震による圧死

2019 年 6 月 18 日、山形県沖で最大震度 6 強を観測する地震が発生した [17]。この地震により、新潟県の養鶏場で飼育されている採卵鶏 2200 羽のうち 10 羽が圧死した [18]。不意な地震に驚いてパニックに陥った鶏が、局所的に密集してしまったためと考えられる。

3.3. 問題解決へのアプローチ

密集事故の発生は養鶏場に大きな損害をもたらすので、できる限り防ぎたい。

近年の技術の発展により、任意に行動を設定できる鶏の姿を模したロボットを作成することも不可能ではないだろう。本研究では、特殊な行動様式を持つ機械鶏を養鶏場に追加することで、密集事故にどのような影響をもたらすか検証する。

4. 飼育鶏密集事故モデル

4.1. 養鶏場モデル

養鶏場は起伏や障害物のない平坦な二次元平面である。養鶏場の中には、普通の鶏に見立てた一般エージェントが N_{norm} 体と、機械の鶏に見立てた特殊エージェントが N_{char} 体存在する。

表 1: 名古屋コーチンの密集事故を引き起こす要因と反応 [15]

刺激	反応
野鳥（トビ，カラス）の飛来	N~*
急に人が動く	**
座っていて急に立つ	N~**
扉を急に動かす	**
窓を急に動かす	***
窓をガタンと開ける	**~***
パンと手を打ちならす	*
ブリキ版を叩く	*~**
ドアが倒れる	***~****
クラクションの音	***~****
カメラのフラッシュ（昼間）	N
カメラのフラッシュ（夜間）	N~***
突然の雷雨	N~**
雷の光	N~*
台風	N~**

※ 1 群 400 羽を $40m^2$ で雌雄混合飼育した場合の反応.

- N : ほとんど動かない
- ** : 一部が移動する
- *** : 1/2~1/3 が移動する
- **** : 全群が大きく移動し寄り固まる
- ***** : 圧死事故が起きる

4.2. エージェント行動様式

本節では、一般エージェントと特殊エージェントの行動モデルについて説明する。4.2.1 では両エージェントに共通する行動様式について、4.2.2 では一般エージェントの行動様式について、4.2.3 では特殊エージェントの行動様式について述べる。

4.2.1. 共通行動様式

両エージェントは、boid モデル [21] に従い、速度と方向を変化させながら行動する。boid モデルは、以下の 3 要素から構成される。

接近 (cohesion)

近傍の他エージェント群の重心に近づく

速度マッチング (matching)

周囲の他エージェントの方向と速度の平均に合わせる

回避 (avoidance)

距離が近いエージェントに接触しないよう離れる

上記の各要素のイメージを図 1 に示す。

4.2.2. 一般エージェント行動様式

一般エージェントは視野半径 A_{norm} 、視野 V_{norm} および視野増分 Δ_{norm} を持ち、図 2 で示す範囲内に存在するエージェントを観測できる。

一般エージェントの行動は、次の (step1)~(step5) から決定される。

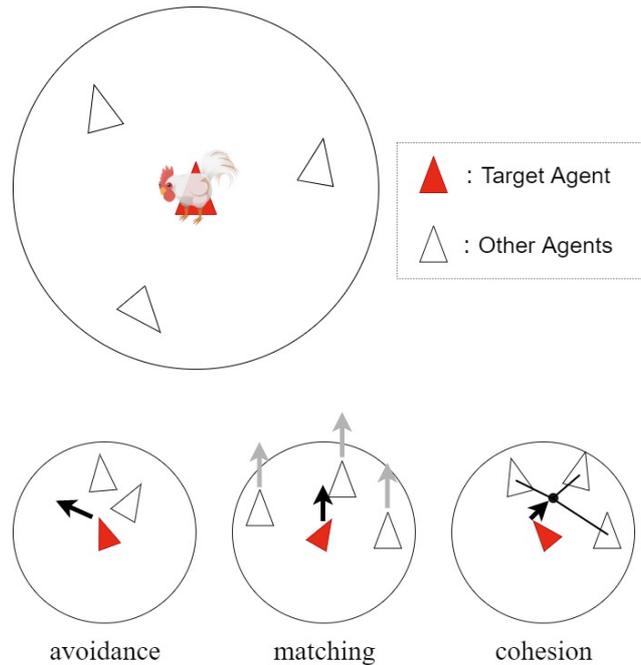


図 1: boid モデル

- (step1) 視野半径 $A_{norm} + \Delta_{norm}$ (ただし, Δ_{norm} は実数), 視野 V_{norm} に範囲内に存在するエージェント群の重心を計算する.
- (step2) 視野半径 $A_{norm} + \Delta_{norm}$, 視野 V_{norm} の範囲内に存在するエージェントの方向と速度の平均を計算する.
- (step3) 視野半径 A_{norm} , 視野 $V_{norm}/2$ の範囲内のエージェントを回避するよう方向を決定.
- (step4) (step1)~(step3) で決定した方向に進行.
- (step5) 進行先に他の一般エージェントが存在した場合, その内の 1 体が圧死する.

4.2.3. 特殊エージェント行動様式

一般エージェントは視野半径 A_{char} , 視野 V_{char} および視野増分 Δ_{char} を持ち, 図 3 で示す範囲内に存在するエージェントを観測できる.

特殊エージェントの行動は, 次の (step1)~(step4) から決定される.

- (step1) 視野半径 $A_{char} + \Delta_{char}$ (ただし, Δ_{char} は実数), 視野 V_{char} に範囲内に存在するエージェント群の重心を計算する.
- (step2) 視野半径 $A_{char} + \Delta_{char}$, 視野 V_{char} の範囲内に存在するエージェントの方向と速度の平均を計算する.
- (step3) 視野半径 A_{char} , 視野 V_{char} の範囲内のエージェントを回避するよう方向を決定.
- (step4) (step1)~(step3) で決定した方向に進行.

なお, 特殊エージェントは圧死することは無く, 一般エージェントと重なっても圧死させない.

5. 数値例

5.1. シミュレーション条件

シミュレーションをおこなうにあたり設定したパラメータを表 2 に示す. 養鶏場のサイズを 50×50 平面, 一般エージェント数 $N_{norm} = 200$, 特殊エージェント数 $N_{char} = 0, 5, 10, 20, 40$, 一般エージェントの視野半径

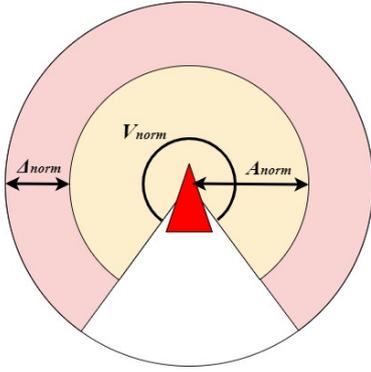


図 2: 一般エージェントの観測範囲

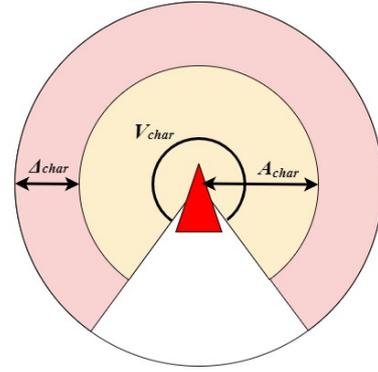


図 3: 特殊エージェントの観測範囲

$A_{norm} = 1$, 特殊エージェントの視野半径 $A_{char} = 3$, 一般エージェントの視野 $V_{norm} = 240$, 特殊エージェントの視野 $V_{char} = 360$, 視野増分 $\Delta_{norm}, \Delta_{char} = 2$ とする.

本研究で設定する条件において, 特殊エージェントとは一般エージェントのに比べて観測可能な範囲が広く, 圧死に影響を及ぼさないエージェントである.

表 2: シミュレーション条件

Parameter	Notation	Value
The size of space		50 × 50
The number of agent	N_{norm}	200
	N_{char}	0, 5, 10, 20, 40
The radius of view	A_{norm}	1
	A_{char}	3
The range of view	V_{norm}	240
	V_{char}	360
View increment	$\Delta_{norm}, \Delta_{char}$	2

5.2. 評価指標

評価指標には, シミュレーションを開始してから初回の圧死が発生するまでの所要ステップ数の平均 \bar{S} を用いる.

5.3. シミュレーション結果

特殊エージェント数 N_{char} を, 5.1 で示した数値に変化させ, それぞれの条件ごとに 1000 回ずつシミュレーションをおこない平均値を算出した. 所要ステップ数 \bar{S} の値をまとめたグラフを図 4 に示す. 縦軸はステップ数, エラーバーは, 95%信頼区間を表している.

$N_{char} = 0$ の場合, 所要ステップ数 \bar{S} の値は 472.68 となった. N_{char} の値を増加させていくと \bar{S} の値も増加していき, $N_{char} = 5$ では $\bar{S} = 522.43$, $N_{char} = 10$ では $\bar{S} = 567.22$, $N_{char} = 20$ では $\bar{S} = 578.16$, $N_{char} = 40$ では $\bar{S} = 611.73$ となった. 特殊エージェントの追加は圧死リスクの低減に有効であり, $N_{char} = 5$ の場合でも 10%程度圧死リスクを抑えられることが分かった.

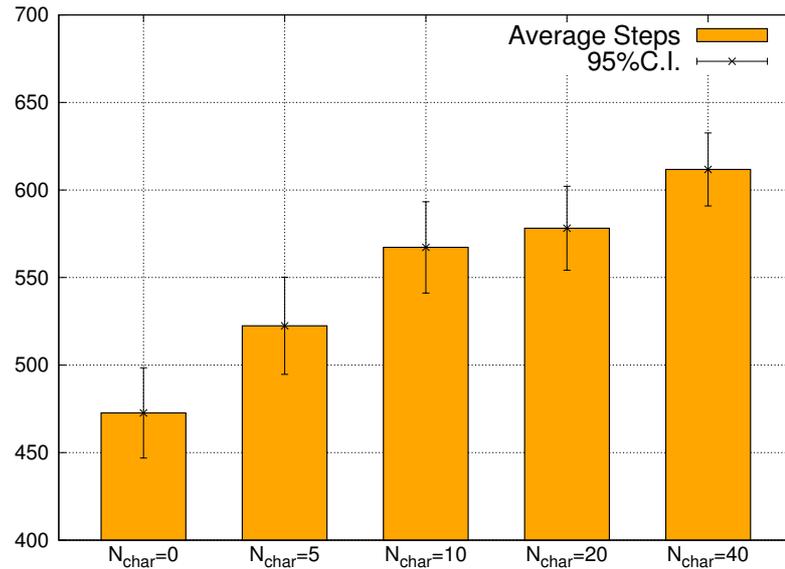


図 4: N_{char} ごとの所要ステップ数 \bar{S}

6. おわりに

6.1. まとめ

本研究では、飼育鶏密集事故を防ぐために養鶏場をモデル化し、その中に特殊な行動様式を持つ機械鶏を追加した場合に密集事故発生にどのような影響が見られるかをマルチエージェントシミュレーションにより検証した。

シミュレーションの結果、養鶏場の中に通常の鶏よりも広い視野を持つ特殊エージェントは、密集事故発生リスクの低減に有効であることが判明した。また特殊エージェントの数は少数でも効果は見られるが、数を増加させることでより高い効果を得られることが分かった。

6.2. 今後の課題

今後の課題として、特殊エージェントの行動様式を変化させた場合の密集事故への影響検証や、異なる行動様式を持つ特殊エージェントを複数種類採用した場合の密集事故リスクへの影響検証などがあげられる。

参考文献

【書籍】

- [1] ブリタニカ・ジャパン, 『ブリタニカ国際大百科事典小項目電子辞書版』, ブリタニカ・ジャパン2011
- [2] 新村出編, 『広辞苑(第七版)』, 岩波書店, 2018.
- [3] 外山滋比古, 『思考の整理学』, ちくま文庫, 1983.
- [4] 木下是雄, 『理科系の作文技術』, 中央公論新社, 1981.
- [5] 広岡博之, 他5名, 『シリーズ・いま日本の「農」を問う8 おもしろい! 日本の畜産はいま ー過去・現在・未来ー』, ミネルヴァ書房, 2015.
- [6] 山影進, 『人工社会構築指南 artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門』, 書籍工房早山, 2010.
- [7] 時田昌瑞, 『岩波ことわざ辞典』, 岩波書店, 2001.
- [8] 中村明, 『たとえことば表現辞典』, 東京堂出版, 2014.
- [9] 市川俊男編, 金田一春彦監修『イラストことわざ辞典』, 学習研究社, 2001.
- [10] 穴田義孝, 他14名, 『ことわざを楽しく学ぼう, 社会・文化・人生 ーことわざの魅力と威力の再発見』, 人間の科学新社, 2016.
- [11] 堀田秀吾, 『このことわざ, 科学的に立証されているんです』, 主婦と生活社, 2019.
- [12] レン・フィッシャー著, 松浦俊輔訳, 『群れはなぜ同じ方向を目指すのか?』, 白揚社, 2012.

【資料】

- [13] アニマルライツセンター, 『採卵鶏の死因』, <https://www.hopeforanimals.org/eggs/522/> (最終閲覧日: 2019年6月23日)
- [14] 家畜改良センター兵庫牧場, 『育すう管理Q&A』, <http://www.nlbc.go.jp/hyogo/shiiku/kanri/> (最終閲覧日: 2019年6月23日)
- [15] 愛知県農業総合試験場, 『卵用名古屋コーチンの飼養管理マニュアル(改訂版)』, <https://www.pref.aichi.jp/nososi/jouhou/kenkyuushitsudayori/nagoyakouchinmanyuaru2014.pdf> (最終閲覧日: 2020年1月21日)
- [16] 永光農園, 『平飼いとは』, <http://nagamitsufarm.com/eggs/平飼いとは> (最終閲覧日: 2019年6月23日)
- [17] 気象庁, 『震源データベース』, <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php> (最終閲覧: 2020/01/18)
- [18] 日本農業新聞, 『最大震度6強 土砂崩れ田に泥 被害把握, 対応に奔走 新潟・山形』, <https://www.agrnews.co.jp/p47981.html>, (最終閲覧: 2020/01/18)
- [19] 構造計画研究所, 『マルチエージェント・シミュレーションとは?』, <https://mas.kke.co.jp/about/> (最終閲覧日: 2019年12月18日)
- [20] 構造計画研究所, 『身の回りの複雑系』, <https://mas.kke.co.jp/fukuzatsu/> (最終閲覧日: 2019年12月18日)
- [21] 構造計画研究所, 『ボイドモデル』, <https://mas.kke.co.jp/model/voide-model/> (最終閲覧日: 2020年1月28日)

【論文】

- [22] Tomoo TANAKA, J.F.Hurnik, "Stereotyped Behavior in Caged Laying Hens", Anim. Sci. Technol. (Jpn.), 63(8), pp.800-804, 1992.