

群れ行動が想起する感情について

A Study on Swarm behaviors that evoke Fundamental Emotion

菅原研 大友亜美 西條蒼太 松田詩月

Ken Sugawara, Ami Ohtomo, Sota Saijo, Shizuki Matsuda

東北学院大学教養学部情報科学科

Department of Information Science, Tohoku Gakuin University

Abstract: Objective of this study is to explore the dynamics of swarm behaviors which evoke us fundamental emotions. We sometimes notice the group shows emotional behaviors: an aggressive swarm motion of bee, for example, reminds us their anger at the stranger, or the rush of feed sometimes seems to express a feeling of enjoyment. Why do their behaviors evoke us such emotions? Can we make a kinetic model for emotional behaviors and treat them in a frame of physical dynamics? In this paper, we report our trials for this problem. Firstly, we mention emotional group motions based on jumping behaviors. Next, we discuss the emotional group behaviors in two-dimensional field.

はじめに

自然界には群れをなして行動する生物が数多く見られる。海中ではイワシなどの魚類による群れ行動、空中では鶴やムクドリなどの鳥類による群れ行動、そして陸上では羊などの大型動物から昆虫、微生物に至るまで様々な動物による群れ行動を観察することができる。

物理学の分野では、複雑に見える「生物の群れ行動」を「自己駆動粒子系の動力学」という枠組みでとらえ、群れ行動に対する普遍的な理解を得ることを目的とした数理モデルが多数報告されている[1]。自己駆動力を有する多体系の振る舞いは、古典力学系と本質的に異なるものであることから、近年積極的に研究が進められている。生物の群れ行動を抽象化・単純化し、数理モデル化することで、群れ行動のさらなる理解につなげることができる。

群れの科学の発展は自然現象の理解につながるだけでなく、応用面での有用性も期待できる。ロボット工学における応用は比較的早い段階から議論されてきた[2]。近年ではアート、エンターテインメント、エデュテインメントでの応用も報告されている[3][4]。

本稿ではエンターテインメントへの応用におけるひとつの可能性として感情表現との結びつけを試みる。単体の行動についてはヒューマノイドによる感情表現や単純図形の動きによる感情的な振る舞いの表現[5][6]などの研究事例が報告されている。単純な個体群が集団になることによって高度な機能が発現する「群知能」と同様に、感情表現についても単体と集

団では異なる様相を示すことがあるか、また、さまざまな感情を想起させる集団運動を共通の枠組みで取り扱うことができるか、といった点に焦点を当て群れ行動と感情表現の関係性について論じる。

基本感情と群れ行動

感情とは、一般にヒトのコミュニケーションにおいて、「喜ぶ」、「悲しむ」、「怒る」などの気持ちの表れのことを指す[7]。高度に進化したヒトの感情は複雑であるが、その起源は生物の生存と密接な関係をもつ「快・不快情動」にあると考えられている。生存に有利なものに快を、不利なものに不快を感じる仕組みが生物には備わっており、その感覚はしばしば行動と直接的に関係する。快を与えるものには接近する行動を、不快なものには距離をとる行動を示すことが多い。この基本特性は集団においても同様にみられるものであると考えられる。

では、逆に行動から感情を特定することはできるだろうか？感情のメカニズムには未知の部分が多く残っているため、その存在を客観的に測ることは困難である。しかし、行動に感情を“見出す”ことは経験的に可能であると思われる。例えば、ハチの巣の近くを通りがかったときに、それが引き金となってハチが激しい集団行動を起こすと、我々はその行動変化に対して「ハチが怒った」という感情を主観的に見出す。また、池でコイに餌をやったときに、コイの集団が群がって餌を食べると、我々は往々にして「コイが喜んでいいる」という感情を見出す。ア

ニメーションにおいても、行動だけを見て、その集団が「喜んでいる」「怒っている」「悲しんでいる」などの感情を見出すことができる。つまり、被観察者側がヒトと同等の感情を真に有しているかどうかに関わらず、観察者である我々はその行動形態から被観察者の感情を想起しているといえる。本稿では現象を単純化し、簡単な集団跳躍運動と平面における群れ行動を適宜修飾することで基本的な感情を想起させることが可能であるかを探ることを試みる。

跳躍運動による基本感情の表現

単純な上下運動、回転運動、並進運動、拡大縮小運動にも感情を見出しうる事が知られている[7]。本研究では重力の影響を受ける上下運動である跳躍運動に焦点を当てる。跳躍運動は単純な動きでありながら、多少のアレンジを加えることで異なる印象を与える動きにすることができる。以下、その詳細について述べる。

跳躍に関する基本動作

定性的な評価から、単なる円形跳躍ではなく、変形する楕円を跳躍させることで、表現力が向上できることが分かった。本章では、楕円体の行動様態とそこに見出される感情の関係について論じる。楕円体は式(1)で与えるものとする。

$$\left(\frac{x-x_0}{r-d}\right)^2 + \left(\frac{y-y_0}{r+d}\right)^2 = 1 \quad (1)$$

ここで x, y は楕円体の中心座標、 r は $d=0$ のときの円の半径、 d は楕円の程度を決める変数である。表現力の自由度をあげるために d を以下のように定める (Fig.1)。

$$d = \begin{cases} (H-y)/\alpha & (y \geq H) \\ 0 & (h < y < H) \\ -(h-y)/\beta & (y \leq h) \end{cases}$$

H, h, α, β は定数であり、 $H > h$ の条件を満たす。

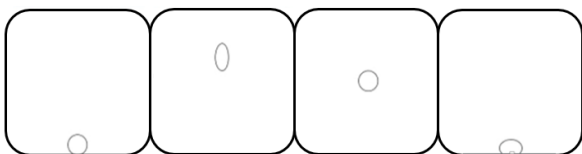


Fig.1 重力下における楕円体の基本動作

跳躍運動の修飾と基本感情

本稿では Eckman が提唱した基本感情理論に基づいて6種類の基本感情(喜び, 悲しみ, 怒り, 恐怖, 嫌悪, 驚き) [7]をとりあげ、跳躍運動を修飾するこ

とで表現することを試みる。一般に感情は外部からの何らかの刺激に対して現れることが多い。本章では異質のもの(以下、外部刺激源と称する)を適宜発生・消失させ、それに対する反応によって感情を表すこととした。なお、複数個体を導入するが、個体間の相互作用は陽に含まず、座標の重なりも許すこととする。

・喜び

基本的な跳躍運動を示すだけの単純な行動で喜びを表現した。着地後、再跳躍時の角度 θ (地面からの角度) を $\theta = \pi/2 + \Delta\theta$ とする。ここで $\Delta\theta = (-\delta, \delta)$ は δ の幅で一様ランダムを表す。

・悲しみ

うなだれる行動を端的に表すことで悲しみを表現した。初期状態として、跳躍する外部刺激源に同調する行動を示す。まもなく外部刺激源を消失させる。それに伴い、各個体の運動を床に対する非弾性衝突に切換える。所定の速度以下になると、一定時間その場に停止する。その後、式(1)の d に対し、以下のような時間変化を与える。

$$d = \gamma \sin(\omega_1 t) e^{-\omega_1 t}$$

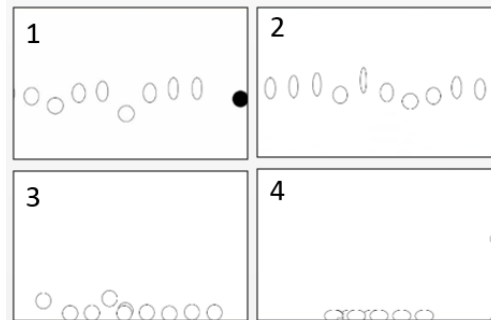


Fig.2 非弾性衝突による「悲しみ」の表現

・怒り

外部刺激源に対する攻撃的行動によって怒りを表現する。基本行動は喜びと同じ跳躍運動である。ただし、着地後の再跳躍角度は外部刺激源に向かう角度を中心に一定範囲内でランダムネスを加えたものとし、かつ、跳躍初期速度も大きくとることとした。



Fig.3 外部刺激源への跳躍による「怒り」の表現

・恐怖

外部刺激源から遠ざかる動きによって恐れを表現した。外部刺激源の出現に対し、怒りと逆向きになるように再跳躍する動きを示す。なお、境界壁に対しては完全弾性衝突を起こすものとした (Fig.4)。

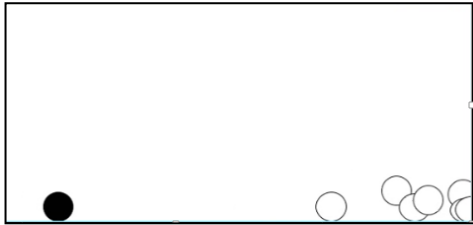


Fig.4 外部刺激源からの逃避による「恐怖」の表現

・嫌悪

外部刺激源に対する緩い逃避と活動の低下によって嫌悪を表現した。緩い逃避は恐れをベースとして、非常に小さい角度で再跳躍することで表した。逃避によって刺激源との間に適度な距離が生じる。着地後、再跳躍時に刺激源との距離に比例した再跳躍速度を与えることで活動度の低下を表すことができる。

・驚き

伸び縮みを一度行い、続いて外部刺激から離れる方向に放物運動を行うことで驚きを表現する。

評価

感情は主観的な感覚によるところが大きく、客観的な計測を行うことは困難である。そこでアンケートによる自己評価形式で評価値を得ることとした。被験者は大学2年生の男女でN=79である。

【評価1-1】10個体の動きにみる感情の程度

基本感情6つの名称と共に、10個体の運動を提示し、続いて以下の質問に対する回答を数値で示してもらうこととした。

質問) 跳ねている群れの動きから、提示した感情がどれくらいもっともらしく想起されるか、1 (ほとんど想起されない) ~ 5 (しっかり想起される) の範囲で数値化してください。なお、提示したような感情が見出せない場合は0を記入してください。

アンケート結果を Fig.5 に示す。「喜び」に関しては良好な結果が得られていること、怒りと恐怖についても比較的良好的な結果が得られていることが分かる。

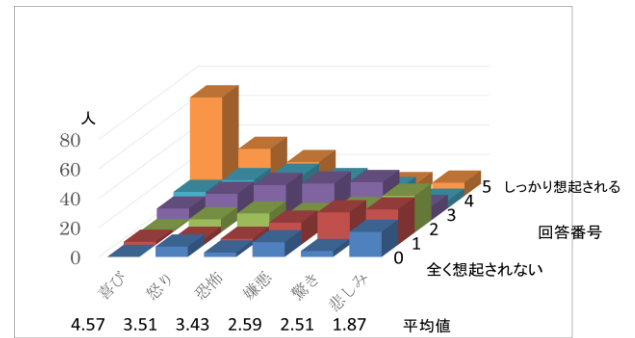


Fig.5 10 個体の集団運動に対する評価結果

【評価1-2】集団サイズと感情の程度の関係性
基本感情のいずれに該当するものであるかを示し、続いて以下の質問に対する回答を数値で示してもらった。

質問) 集団サイズの異なる群れの行動を見て、提示した感情を受ける「強さ」を1~10の範囲で数値化してください。なお、提示した通りの感情が想起されない場合は0を記入してください。

アンケート回答の平均値を Fig.6 に示す。いずれの感情においても個体数の増加に伴って、表現強度も強くなっていることが分かる。

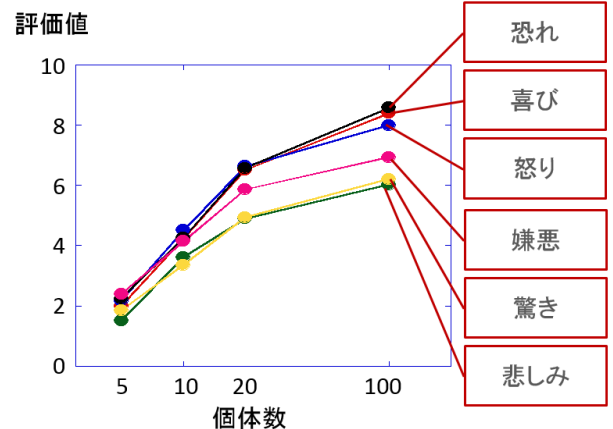


Fig.6 個体数変化に対する評価値の変化

平面運動による基本感情の表現

続いて、平面における群れ行動による基本感情の想起について論じる。なお、本章で扱う平面運動では Russell の円環モデル[8]に基づいて基本感情を示す行動を作ることを試みた。

群れを生みだす運動方程式

下山らは、簡単な運動方程式に頭軸運動のダイナ

ミクスを組み合わせることで、様々な群れ行動を示す数理モデルを提示した[9]. このモデルは個体を質点とみなす力学方程式と頭軸のダイナミクスを表す方程式からなる. 本研究では下山らのモデルに外部刺激源との相互作用力を追加したものを採用することとした. 以下に本研究で使用した群れのダイナミクスを示す.

$$\begin{cases} m \frac{d\vec{v}_i}{dt} = -\gamma \vec{v}_i + a \vec{n}_i + \sum_{j \neq i} \alpha_{ij} \vec{f}_{ij} + \vec{g}_i + \alpha_{io} \vec{f}_{io} (m_i \vec{r}_{io}) \\ \tau \frac{d\theta_i}{dt} = \sin(\Phi_i - \theta_i) \end{cases} \quad (2)$$

式(2)の第1式右辺第1項は粘性抵抗, 右辺第2項は個体の頭軸方向への自己駆動力, 第3項は他個体との間に働く相互作用力とその方向依存性を表している. 第4項は群れの重心への引力を表す. 第5項が本研究で追加した項である. 外部刺激源との距離において引斥力が釣り合う距離を係数 m_i によって調整している. 平面運動での感情表現において重要な要素となるのは, 外部刺激源との距離であろう, という仮説に基づいて本項を追加した.

式(1)の第2式は向きのダイナミクスを表す. 個体の運動において, しばしば速度の向きと頭(体軸)の向きに一時的なずれが生じ, ある緩和時間をもって頭(体軸)の向きが速度の向きに一致する現象が見られる. 緩和時間 τ を用いて, この関係を最も簡単な式で表現したものが第2式である.

平面運動の修飾と基本感情

Russell の円環モデルを考慮して, 数理モデルの中で群れの形態に大きな影響を与える変数を2つ選び, 基本感情とつなげることを試みた. Russell が提唱した円環モデルによると, すべての感情は「快-不快」「高活性-低活性」を軸とする2次元空間で表現できる, とされている. 本研究では「快-不快」の程度を刺激源との距離, 「高活性-低活性」の程度は群れ行動の乱雑度に置き換えて表現する. 式(2)のモデルはその物理的特性が詳細に解析されており, 群れ行動の乱雑度は式(3)で一元的に測れることが明らかになっている.

$$G \equiv \frac{P}{Q} = \frac{c r_c \gamma}{a^2 \tau} \quad (3)$$

各感情と群れ行動を以下のように結び付け, 我々の主観に基づいて, モデルの変数を決定した(Fig.7).

- 喜び: 外部刺激源にまとわりつく
- 悲しみ: 活動度が低く外部刺激源への反応も鈍い
- 怒り: 外部刺激源に対して攻撃的な行動を示す
- 恐怖: 強い逃避行動を示す
- 嫌悪: 活動度が低く, 弱い逃避行動を示す
- 驚き: 活動度が低く, 瞬間的に大きな動きを示す

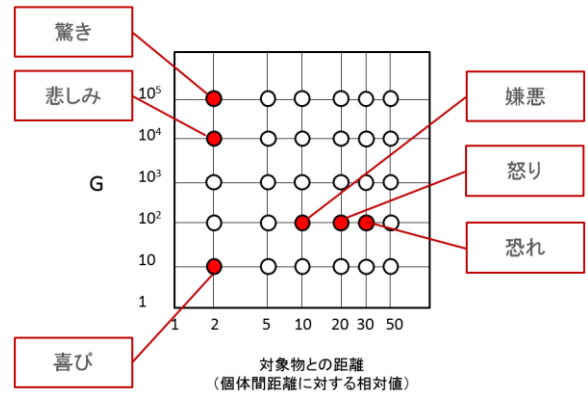


Fig.7 群れの数理モデル内変数と作成した感情行動の関係

Fig.8 にそれぞれの群れ行動のスナップショットを示す.

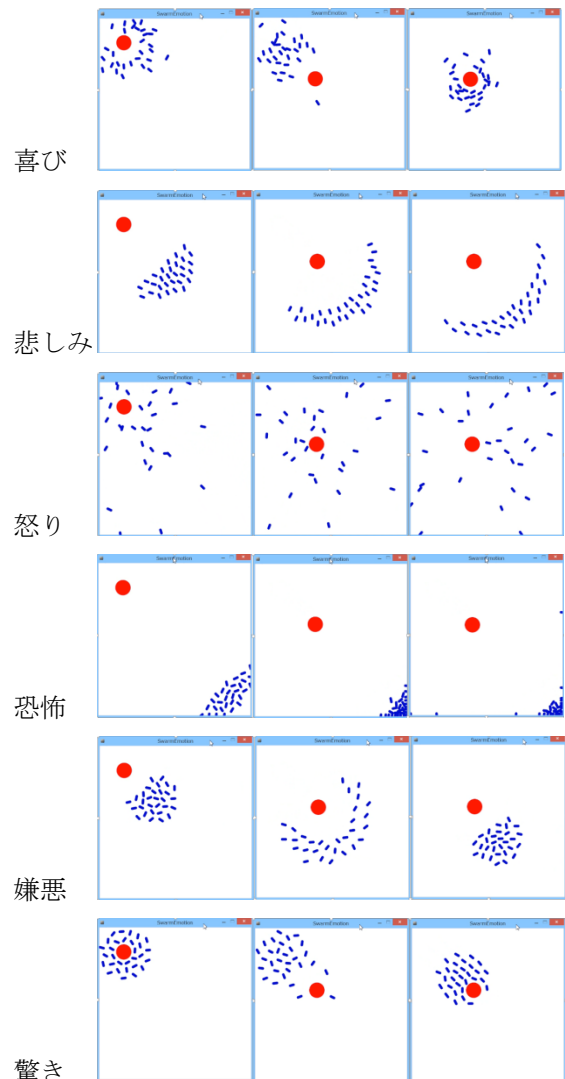


Fig.8 群れの平面運動による基本感情の表現

評価

この群れ行動についてもアンケートにより評価を行った。被験者は大学2年生の男女でN=89である。

【評価2-1】30個体の動きにみる感情の程度

30個体の運動を提示し、続いて以下の質問に対する回答を選択してもらうこととした。

質問) 群れの動きから想起される感情を語群からひとつ選んでください。

<語群>

- ①喜び ②悲しみ ③怒り ④驚き
⑤嫌悪 ⑥恐れ ⑦該当なし

アンケート結果を Fig.9 に示す。

		被験者が想起した感情						
		怒り	恐怖	嫌悪	喜び	驚き	悲しみ	不明
意図した感情	怒り	77.5	0.0	5.6	5.6	2.2	2.2	6.7
	恐怖	2.2	74.2	10.1	2.2	2.2	3.4	6.7
	嫌悪	6.7	13.5	38.2	2.2	27.0	5.6	6.7
	喜び	2.2	1.1	4.5	33.7	7.9	12.4	38.2
	驚き	1.1	1.1	3.4	21.3	9.0	30.3	33.7
	悲しみ	0.0	24.7	39.3	2.2	18.0	3.4	12.4

単位: %

Fig.9 30個体の集団運動に対する評価結果

「怒り」と「恐怖」に関しては良好な結果が得られているが、それ以外の感情については意図した感情と回答の間に大きな差があることが分かる。

【評価2-2】集団サイズと感情の程度の関係性

意図した基本感情の種類を提示し、つづいて3,30,100個体の群れの動きを提示した。そこに想起される感情の強さを11段階で評価してもらった。

質問) 集団サイズの異なる群れの行動を見て、提示した感情を受ける「強さ」を1～10の範囲で数値化してください。なお、提示した通りの感情が想起されない場合は0を記入してください。

アンケート結果を Fig.10 に示す。全体的に個体数の増加に伴って、感情の程度が強まる傾向はみられるものの、それが顕著に見られるのは、怒りと恐れのみであることが分かる。

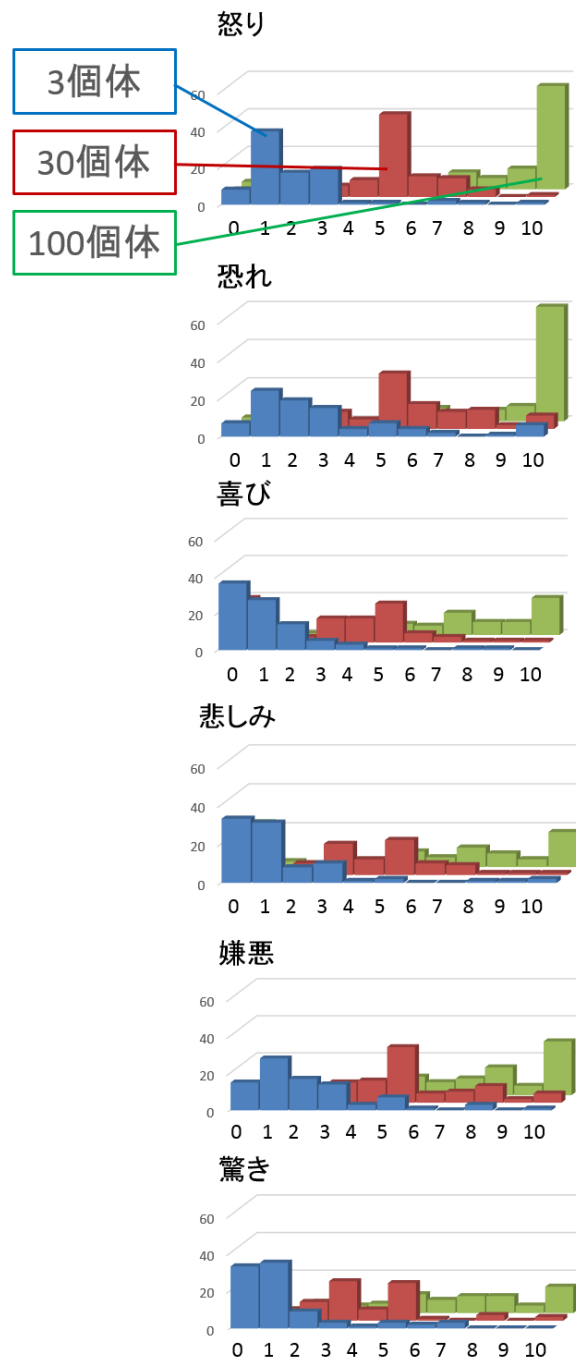


Fig.10 個体数変化に対する評価値の変化

まとめ

本稿では「群れ行動」と、そこから想起される「感情」の関係に着目し、簡単な運動との関係性についてアンケートを中心した調査によって評価した。その結果、跳躍運動では「喜び」の表現が良好に示せたこと、平面運動では「怒り」「恐怖」の表現が良好に示せることが明らかになった。しかしながら、課題は多く残っている。まず、アンケート調査の方法

についてである。より客観的な評価を得るためにはアンケート調査法を大きく改善する必要があると考えている。そのうえで、「嫌悪」や「悲しみ」など、本報告では良好とは言えない基本感情の表現方法の改善に取り組むことが必要であるとする。また、空間を3次元に拡張し、跳躍運動と平面運動を適宜組み合わせることで、より効果的な運動の生成を試みることも今後の検討課題としたい。

参考文献

- [1] T.Vicsek, A.Zafeiris, Collective motion, Physics Reports, Vol.517, 71/140 (2012)
- [2] B. Siciliano and O. Khatib (ed.) “Springer Handbook of Robotics”, Springer, (2008)
- [3] J.Harriman, M.Theodore, N.Correll, H.Ewen, endo/exo:Making Art and Music with Distributed Computing, Proc. Int. Conf. on New Interfaces for Musical Expression, 383/386 (2014)
- [4] K.Sugawara, K.Hata, Interactive flocking simulator based on deterministic kinetic model, Proc. ICCAS-SICE, 4776/4780 (2009)
- [5] 富川, 尾田, “単純な動きを示す対象図形の感情推定”, 映像情報メディア学会技術報告, vol.33, no.17, 1/4, (2009)
- [6] 子安, 龍輪, “運動図形に対する心的状態の付与に及ぼす図形の種類と運動パターンの効果”, 京都大学大学院教育学研究科紀要 (2004), 50: 1-21
- [7] 大平 (編), 感情心理学・入門, 有斐閣 (2010)
- [8] J. Russell, "A circumplex model of affect". Journal of Personality and Social Psychology 39: 1161–117 (1980).
- [9] N. Shimoyama, K. Sugawara, T. Mizuguchi, Y. Hayakawa, and M. Sano, "Collective Motion in a System of Motile Elements", Phys. Rev. Lett. 76, 3870 (1996).