

避難意思決定モデルと Social Force Model の統合 — 出口選択の Symmetry Breaking に与える影響 —

鶴島 彰†

†セコム株式会社 IS 研究所

1. はじめに

災害避難における同調行動を表現した避難意思決定モデル (EDM) [2] は、生物学の反応閾値モデルを基に、避難集団におけるリーダー／フォロワーの相互関係の変化を表現したもので、これまで、避難時の認知的凝集の発生 [2]、地震の際の「逃げる／隠れる」行動選択パターンの創発 [4]、出口選択問題における Symmetry Breaking の再現 [3] などが試みられてきた。

EDM は、純粋に認知バイアス (同調行動) のみをモデル化したもので、人間の合理的思考はもちろん、物理的要因すら考慮していない。エージェントは他人や障害物を通過してしまい、現実的なモデルとは言いがたい。しかし EDM のシンプルな構造は、他のモデルとの統合を容易にし、次のような避難エージェント・アーキテクチャの構築を可能にする。

1. 合理的思考レイヤー 意識的、合理的思考のモデル。最短経路探索、効用理論、意思決定など
2. 認知バイアスレイヤー 無意識的な認知バイアスのモデル。避難意思決定モデル
3. 物理レイヤー 物理存在に関する現象モデル。他の物体を通り抜けない、距離を置くなど

2. 避難エージェント・アーキテクチャ

避難エージェント・アーキテクチャは、EDM を挟むことにより、合理的思考モデルと物理的要因モデルを分離する。各モデルは、他のレイヤーの要因から独立に、その中身を記述できる。

図 1 は、避難エージェント・アーキテクチャを表したものである。EDM は、「リーダー」と「フォロワー」の二つの心的状態をもち、環境からの刺激によって、この二つが確率的に切り替わる。「リーダー」の時、エージェントは意図的・意識的に行動するが、「フォロワー」の時は、周囲のエージェントの行動を真似 (多数派に同調) するのみである [2]。避難エージェント・アーキテクチャでは、「リーダー」の時、合理的思考レ

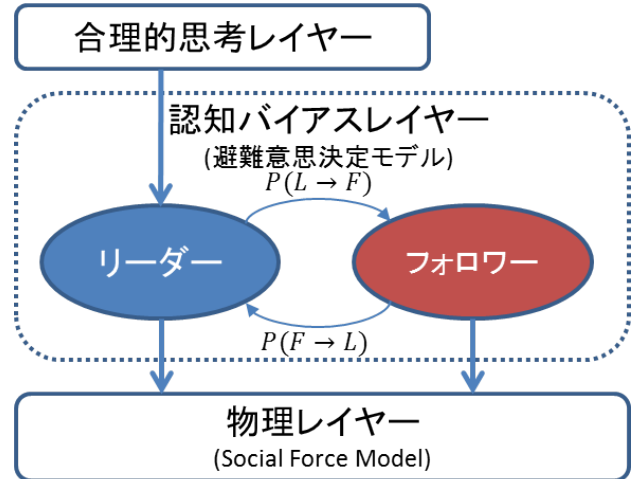


図 1: 避難エージェント・アーキテクチャ

イヤーのモデルにより避難方向が決定される。「リーダー」「フォロワー」いずれの状態であっても、出力は物理レイヤーに渡され、周囲の条件や制約を考慮したうえで、物理的に行動可能な移動方向が決定される。

3. Social Force Model

本稿では、物理レイヤーとして、Social Force Model (SFM) [1] を採用する。事前の検討において、EDM と SFM を統合した場合、エージェントの仔細な挙動は変わるが、全体の避難時間はほとんど変わらない事が分かっている。

ここで、避難時の意思決定として出口選択における Symmetry Breaking 現象を採り上げる。これは、同条件の二つの扉があった際、避難者が片方の扉のみに集中する現象である。二つを同等に利用するのが最適であるにも関わらずそれをしない、非合理的な避難行動とみなされる。EDM を使った実験によると、個々のエージェントがランダムに扉を選択しても、ある頻度で一方の扉のみに人が集中する現象が発生した (図 2)[3]。それぞれの扉を選んだエージェントの割合を r_n, r_s とし、この選択に対するエントロピーを

$$H = -r_n \log(r_n) - r_s \log(r_s)$$

とすると、EDM を使った 180 回のシミュレーション結果のエントロピー分布は図 3(A) のようになる。頻

Integrating Evacuation Decision Model with Social Force Model: Effects on Symmetry Breaking in Exit Choice

†Akira TSURUSHIMA

†SECOM CO., LTD., Intelligent Systems Laboratory
a-tsurushima@secom.co.jp

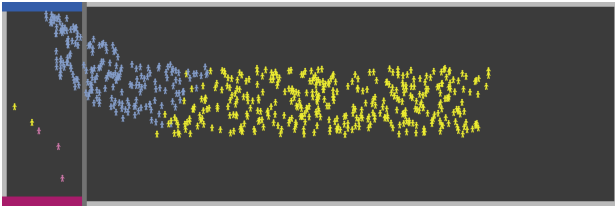


図 2: 出口選択シミュレーションにおける Symmetry Breaking (大多数のエージェントが青扉を選んでいる)

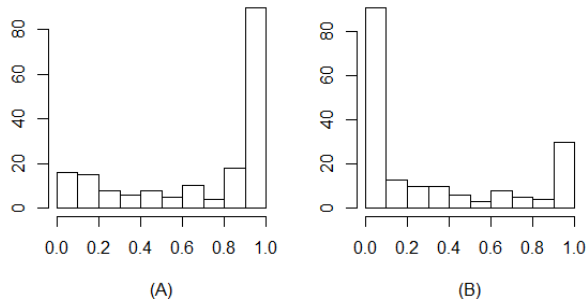


図 3: H の分布 ($\epsilon = 0.8$). (A)EDM 単体の場合, (B)EDM と SFM を統合した場合

度は低いが, H が 0 に近い, Symmetry Breaking 現象の発生がみられる.

ここで同様のシミュレーションを, EDM と SFM を統合したモデルを使って行った. その結果のエントロピー分布が図 3(B) である. (A) とは逆に, Symmetry Breaking 現象 (H が 0 に近いもの) が非常に高頻度で発生しているのがみられる.

4. 分析

以上より, EDM と SFM を統合すると, 避難時間はほぼ変わらないのに対し, 意思決定の結果は大きく変わることが分かった. これは, 二つのモデルの組み合わせによる, 以下の要因によるものと考えられる.

ステップサイズの違い

EDM では, シミュレーションのタイムステップに対してエージェントがどれだけ移動するかは規定されていないが, SFM では, エージェントの時間あたりの移動量は重要であり, タイムステップは通常小さな値 (上記では 0.05) に設定され, エージェントは小刻みに移動する. この値が小さいほど, Symmetry Breaking が発生しやすくなる.

凝集性の強さ

EDM ではエージェントは他人を通り抜けてしまうが, SFM では前に人が居ると, エージェントは滞留す

表 1: ϵ を変えて 180 回シミュレーションを行った結果の H の分布. (A) は EDM 単体のモデル, (B) は EDM と SFM の統合モデル

	ϵ	最小値	平均	最頻値	標準偏差	最大値
(A)	0.8	0.00	0.70	0.95	0.35	1.00
	0.5	0.07	0.80	0.95	0.27	1.00
	0.2	0.81	0.97	0.99	0.03	1.00
(B)	0.8	0.00	0.31	0.05	0.37	1.00
	0.5	0.00	0.46	0.05	0.38	1.00
	0.2	0.22	0.76	0.95	0.21	1.00

るため, エージェントの凝集が頻繁に発生する. 密度の高い凝集内では, 同調が強く働いたため, それらは同じ決定を採る傾向が高く, Symmetry Breaking が発生しやすくなる.

フォロワーになる確率

EDM では, エージェントがフォロワーの状態のときにのみ同調行動が発生する. エージェントがフォロワーになる確率 ($P(L \rightarrow F)$) は ϵ で与えられており, このパラメータにより Symmetry Breaking の発生する頻度は大きく左右される (表 1).

5. おわりに

我々は EDM を中心に, 合理的思考モデルと物理モデルを統合した, 避難エージェント・アーキテクチャの構築を目指している. 今回, SFM との統合により, EDM に物理要因を組み込んだ結果, 意思決定結果に大きな影響が現れた. この思いがけない現象は, 複雑な避難行動における, 深層メカニズムとも考えられる. 今後, リアルな避難行動の再現を目指すと同時に, 避難行動メカニズムの解明にも目を向けていきたい.

参考文献

- [1] Dirk Helbing, Illés Farkas, and Tamas Vicsek. Simulating dynamical features of escape panic. *Nature*, Vol. 407, No. 28, pp. 487–490, 2000.
- [2] Akira Tsurushima. Modeling herd behavior caused by evacuation decision making using response threshold. In *Pre-proceedings of the 19th International Workshop on Multi-Agent-Based Simulation (MABS2018) - A FAIM workshop*, Stockholm, Sweden, 2018.
- [3] Akira Tsurushima. Reproducing symmetry breaking in exit choice under emergency evacuation situation using response threshold model. In *Proceedings of the 11th International Conference on Agents and Artificial Intelligence*, 2019.
- [4] 鶴島彰. 地震避難における意思決定の同調行動による再現. 日本認知科学会第 35 回大会発表論文集, 2018.