

粘菌アルゴリズムによる避難経路の導出

吉次なぎ[†] 阿部真也[†] 山本佳世子[‡]

[†] (地独) 東京都立産業技術研究センター

[‡] 電気通信大学大学院情報理工学研究所

1 概要

日本における自然災害の多さや昨今の国際情勢を鑑みるに、避難経路の導出に適した手法の開発が必要である。一般に避難先や避難経路の候補は複数存在し、経路長や安全性を考慮して最適な避難先と避難経路を直感的に導くことは難しい。加えて、避難先や避難経路の収容人数には限りがあるため、最適な避難先と避難経路を導くだけでは不十分であり、避難者を複数の避難先と避難経路に分散することを想定する必要がある。

避難経路を数理モデルにより導出する試みは Takizawa ら [1] などによって研究されてきた。しかし、従来の計算手法では実用に耐えうる規模の時空間ネットワークを計算するために膨大な計算量が必要になるという量的な欠点が存在する。さらに、ダイクストラ法などの従来の経路探索アルゴリズムは単一の始点と終点を結ぶ最短経路を求めため、複数の避難場所に向かう複数の避難経路の優先度を定量的に求めるためには不十分であるという質的な欠点も存在する。

粘菌アルゴリズムでは、流量の小さい管から順に消失し、計算の対象となる管が減っていくため計算量が抑えられ、実用に耐えうる規模の時空間ネットワークについても計算できる可能性がある。加えて、粘菌アルゴリズムは始点と終点を複数設定すること、複数の経路を同時に計算することができる。これらの点から避難経路の導出において既存手法より優れていると予想される。

そこで本稿においては、ノード数 10 の小規模な仮想ネットワークにおいて、ダイクストラ法および粘菌アルゴリズムを用いて避難経路の導出を行い、両者の最短経路が一致すること、粘菌アルゴリズムを用いた場合には複数の避難経路を優先度付きで得られることを示す。

Nagi YOSHITSUGU[†], Shinya ABE[†]
and Kayoko YAMAMOTO[‡]

[†]Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute
135-0064, Tokyo, Japan

[‡]Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications
182-8585, Tokyo, Japan

流れの方程式

$$\sum_j \frac{D_j}{L_j} (p_j - p_i) = \begin{cases} -1 & \text{for } j=1 \\ 1 & \text{for } j=2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

流量変化の方程式

$$\frac{d}{dt} D_{ij} = f(Q_{ij}) - D_{ij} \quad Q_{ij} = \frac{D_{ij}}{L_{ij}} (p_i - p_j)$$

D: コンダクタンス
 L: 管長
 p: 圧力
 Q: 流量
 t: 増加関数

図 1: 管の方程式

表 1: 粘菌の輸送管と避難経路の対応

粘菌の輸送管	避難経路
総流量	避難人数
コンダクタンス	通行可能性
管長	経路長
管径	通行可能人数

2 粘菌アルゴリズム

粘菌アルゴリズムは真性粘菌変形体の輸送管ネットワークに着想を得たアルゴリズムである [2]。真性粘菌変形体（以下、粘菌と呼ぶ）は多核の単細胞生物であり、大きなものでは 1m ほどに成長することがある。細胞体内に形成した輸送管を通して原形質の往復流動を行うことで、酸素や栄養素を細胞体全体に行き渡らせる。粘菌は脳を持たないが、流量の多い管が成長し流量の少ない管が消滅するという単純な機構により、輸送効率と断線保障性にともに優れた輸送管ネットワークを環境に応じて動的に形成することが知られている。

粘菌アルゴリズムでは、各輸送管における流量の時間発展を管の方程式 (図 1) により表し、それらを解くことでそれぞれの輸送管における流量の時系列変化を観察する。粘菌の輸送管ネットワークを表 1 のように解釈すると、粘菌アルゴリズムを避難経路の導出に応用することができる (図 2)。ここでは、避難開始地点と避難場所を餌場とし、それらを結ぶ輸送管の流量を求めることで、避難経路としての優先度を推定する。



図 2: 優先度付き避難経路のイメージ
左図は優先度付き避難経路,
右図は粘菌の輸送管ネットワークと各輸送管の流量を示す.

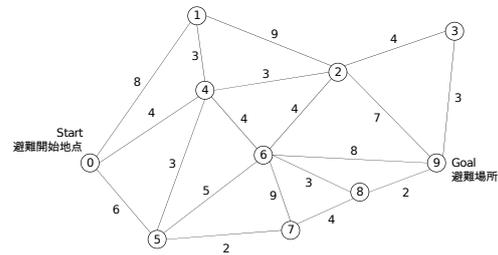


図 3: ノード数 10 の仮想ネットワーク
○で囲まれた数字はノード番号, リンク上に書かれた数値はリンク長を表す.

3 小規模なネットワークでの避難経路の導出

ノード数 10, リンク数 18 の小規模な仮想ネットワーク (図 3) において、ダイクストラ法および粘菌アルゴリズムにより避難経路の導出を行う (図 4, 図 5). ダイクストラ法および粘菌アルゴリズムで求めた最短経路は一致することが確認できる. 粘菌アルゴリズムにおいては、全てのリンクの優先度が求められ、優先度の高いリンクを残すことで複数の避難経路を同時に得ることができる.

4 おわりに

本稿では、小規模な仮想ネットワークにおいて、粘菌アルゴリズムを用いて複数の避難経路を優先度付きで求めた. 今後は、実際の道路ネットワークを用いて、避難開始地点から複数の避難場所を結ぶ複数の避難経路を優先度付きで求めることで、実用性を検証する.

参考文献

- [1] Takizawa, A., Inoue, M., and Katoh, N. An emergency evacuation planning model using the universally quickest flow. The Review of Socionetwork Strategies, 6(1), 15-28, 2012.
- [2] Tero, A., Kobayashi, R., Nakagaki, T. A mathematical model for adaptive transport network in path finding by true slime mold. Journal of theoretical biology, 244(4), 553-564, 2007.

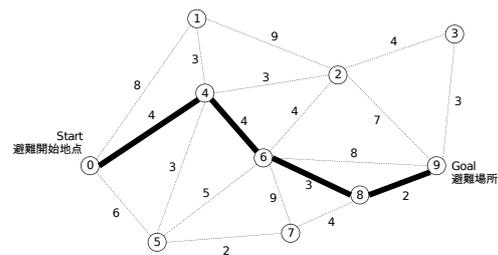


図 4: ダイクストラ法による経路探索
避難開始地点と避難場所を結ぶ最短経路を得る.

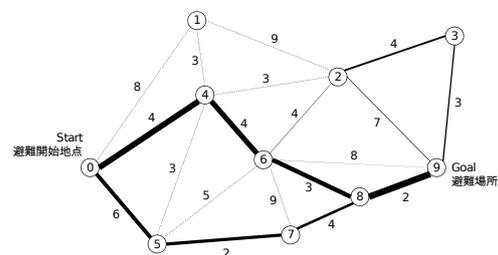


図 5: 粘菌アルゴリズムによる経路探索
全てのリンクの優先度を得る. 太いリンクほど優先度が高いことを示す.