

興奮性デジタル反応拡散システムによる最短経路探索 Shortest Path Search Using Excitable Digital Reaction-Diffusion System

○伊藤 康一 永田 識 青木 孝文 樋口 龍雄
Koichi Ito, Satoru Nagata, Takafumi Aoki and Tatsuo Higuchi
東北大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

1. まえがき 生物における形態形成メカニズムは、一般に反応拡散現象として記述される。筆者らは、反応拡散システムのパターン形成能力を利用する信号処理アルゴリズムの系統的設計・記述を目的として、デジタル反応拡散システム (Digital Reaction-Diffusion System: DRDS) を提案し、指紋画像復元やテクスチャ生成などへの応用に関する研究を行ってきた [1]。本稿では、反応関数として神経インパルス伝導のモデル式である FitzHugh-南雲システムを利用した興奮性 DRDS による最短経路探索アルゴリズムについて述べる。

2. 興奮性 DRDS M 種類の物質に対する DRDS の一般式は、次式で与えられる。

$$x(n_0 + 1, n_1, n_2) = x(n_0, n_1, n_2) + R(x(n_0, n_1, n_2)) + D(l * x(n_0, n_1, n_2))$$

ここで、 n_0 と n_1, n_2 はそれぞれ時間および空間 (2次元) を表すインデックス、 x は M 種類の物質の濃度ベクトル、 R は非線形反応関数ベクトル、 $D = \text{diag}[D_1, D_2, \dots, D_M]$ は拡散係数行列、 $*$ は空間たたみ込みである。また、 $l(n_1, n_2) = 1/T_1^2$ ($(n_1, n_2) = (-1, 0), (1, 0)$ のとき)、 $1/T_2^2$ ($(n_1, n_2) = (0, -1), (0, 1)$ のとき)、 $-2/T_1^2 - 2/T_2^2$ ($(n_1, n_2) = (0, 0)$ のとき)、 0 (その他) である。ここで、 T_0, T_1, T_2 は時間および空間に関するサンプリング周期である。本稿では、興奮性を有する DRDS で興奮波を実現するために、2種類の物質 ($M = 2$) を用いた DRDS を考え、次式を反応関数として使用する。

$$R_1(x_1, x_2) = T_0/k_1 \{x_1(x_1 - k_2)(1 - x_1) - x_2\}$$

$$R_2(x_1, x_2) = T_0(x_1 - k_3 x_2)$$

ここで、 $k_1 = 10^{-3}$, $k_2 = 10^{-6}$, $k_3 = 0.1$, $D_1 = 40$, $D_2 = 0$, $T_0 = 10^{-3}$, $T_1 = 1$, $T_2 = 1$ とした。

3. 最短経路探索 興奮性 DRDS が発生する波の特徴を利用した最短経路探索アルゴリズムを提案する。障害物を配置した自由空間内に波を伝搬させた様子を図 1 に示す。まず、空間内の 1 点に初期刺激 (インパルス) を与え、波を伝搬させる (図 1(a))。伝搬先に障害物があった場合は、波は障害物の存在しない自由空間に分岐する (図 1(b))。波の伝搬により各座標に波が到達するが、興奮波の性質から、最初に到達した波があとから到着した波を打ち消す (図 1(c))。波は等速度であるので、波面はスタート点を基準として等距離面を形成する。最後に、一定時間ステップごとに波を重ね合わせると、スタート点から到達可能な全地点への最短経路の情報を含んだマップが得られる (図 1(d))。伝搬終了後に、ゴール点からスタート点までの波面をたどることで最短経路を求めることができる。具体的なアルゴリズムの手順を図 2 に示す。提案するアルゴリズムを用いた最短経路探索の実験結果を図 3 に示す。図 3(a) は経路を配置した場合、図 3(b) はさまざまな形状の障害物を配置した場合である。いずれの場

合も、スタート点から任意の点までの最短経路を求められている。

4. まとめ 本稿では、興奮性デジタル反応拡散システムを用いた最短経路探索アルゴリズムを提案し、最短経路を探索を行った例を示した。

参考文献

[1] K. Ito, T. Aoki, and T. Higuchi, "Digital reaction-diffusion system — A foundation of bio-inspired texture image processing —," IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E84-A, No. 8, pp.1909-1918, Aug. 2001.

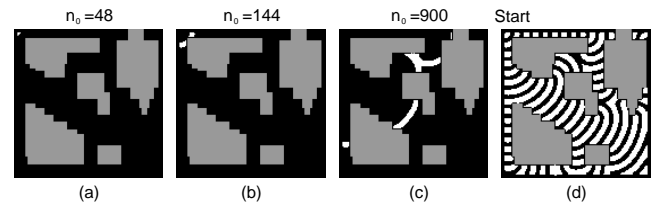


図 1: 障害物を配置した自由空間における波の伝搬

procedure Shortest Path Search

begin

スタート点に初期刺激を与える;

while 波がゴール点に到達していない do

興奮性 DRDS を計算する;

ゴール点を探索点とし、リストに格納する;

while 探索点がスタート点に到達していない do

begin

探索点に波が到達する前のステップの波面の中で探索点との距離が最小である点を求める;

求まった点を新しい探索点とし、リストに格納する

end;

リストに格納されている点を結んで最短経路を表示する end.

図 2: 最短経路探索アルゴリズム

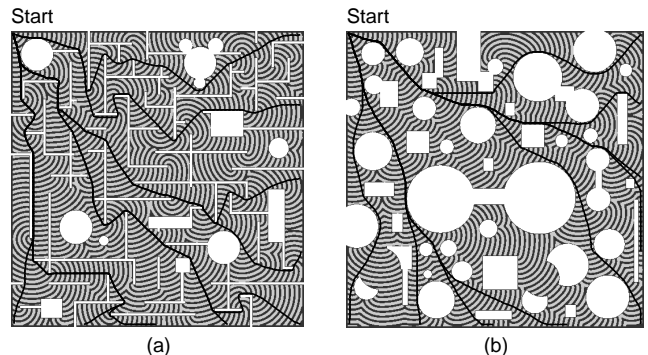


図 3: 最短経路探索の結果