

巡回セールスマン問題の L-システムによる近似解 Approximate solution of the traveling salesman problem with the L-system

井上 今人[†]
Imato INOUE

1. はじめに

L-システムとは、単純な規則から複雑な形状を生成することが可能な形式文法である[1]。特定の形状を生成するために確率的 OL-システムなどが研究されている[2]。また、生成だけでなく死滅も規則に組み込んだ拡張 L-システムが提案されており、パラメータの制御により空間的な複雑さの異なる形状の生成を可能としている[3]。そこで本研究では、死滅を組み込んだ拡張 L-システムをベースとして巡回セールスマン問題の近似解を求める L-システムを提案した。

2. L-システム

L-システムとは、A.Lindenmayer により提唱された形式文法の一つである[1]。植物の成長過程や、自然物の構造などフラクタルな図形を記述、描画できる。L-システムの文法 G は式 1 のように定義されることが多い。L-システムによる生成の一例として、先行研究で提案された拡張 L-システムによる描画結果を図 1 に示す。この L-システムは、置換規則を特定の条件や確率によって適用するので確率的 L-システムと呼ばれる。本研究で用いる L-システムは、この確率的 L-システムに分類される。

$G = \{V: \text{変数}, S: \text{定数}, \omega: \text{初期状態}, P: \text{置換規則}\}$ 式 1

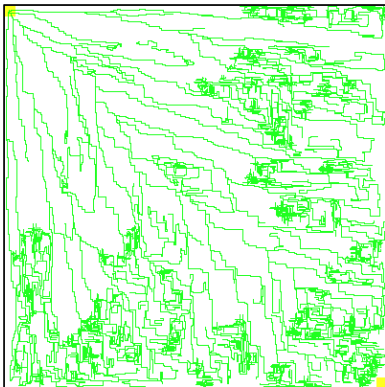


図 1 L-システムの例 (先行研究)

3. 方法

第 1 章で述べた先行研究における死滅を規則に組み込んだ拡張 L-システムをベースとして、本研究ではノードとエッジから成るグラフ上を対象とした L-システムを設計する。まず、先行研究により提案された拡張 L-システムの特徴に、異なる経路の解を複数獲得できる点がある。この特徴を継承しつつ設計した文法構成を表 2 に示す。また、TSP の近似解を求めるアルゴリズムを表 3 に示す。

[†] 豊橋技術科学大学 Toyohashi University of Technology

$P1$ は置換規則であり、変数ごとに別の置換規則が適用される。複数の置換規則が存在する変数は、 Pa 、 Pb によって置換規則を決定する。

表 2 提案 L-system 文法構成

$V : 0, 1$	
$S : \wedge$	
$\omega : 0$	
$P1(Pa) : 0 \rightarrow 1^0$	$P1(Pb) : 0 \rightarrow 1^0 \wedge 0$ ($Pa+Pb=1.0$)

表 3 アルゴリズム

アルゴリズム 1
規定回数繰り返し
L-システムを更新
巡回路を計算 (※)
最良解を取得
L-システムをリセット
全ての巡回路を削除
近似解の更新
繰り返し終わり
(※) 巡回路の計算
初期都市 ← 任意の都市
未訪問の都市があるあいだ :
末端都市をリセット
次都市群から次都市が取り出せるあいだ :
次都市に L-システムを適用
末端都市に次都市を追加
訪問コストから訪問コストを加算
次都市群 ← 末端都市

3.1 巡回セールスマン問題

巡回セールスマン問題 (TSP : Traveling Salesman Problem) とは、次に説明する問題を指す。複数個の都市と各都市間のコストを与えられたとき、すべての都市を 1 度ずつ訪問し元の都市に戻ってくる巡回路を考える。このとき、総コストが最小である巡回路を決定する問題を巡回セールスマン問題という。本研究では、都市を平面上に配置し、各都市間のコストにユークリッド距離を与えた 2 次元上の TSP を対象として、L-システムを適用する。

3.2 シミュレーション

提案手法が TSP の近似解を求められるかシミュレーションで確認する。用いるパラメータは以下の式 2、式 3、式 4 に示す。

$$Pa = 0.95, \quad Pb = 1 - Pa \quad \text{式 2}$$

都市数 20 都市で全ての都市座標をランダム、とした 100 のテストデータを対象に近似解を求める。

4. 結果

同じ TSP に関して L-システムと ACO で解いた一例をそれぞれ図 3、図 4 に示した。また、計算時間と総コストの差を 100 のテストデータから平均して表 4 に示した。

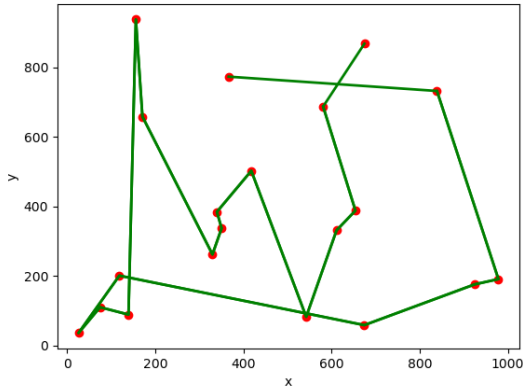


図 3 L-システムによる近似解

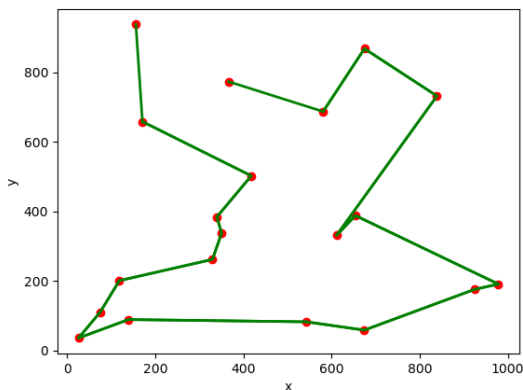


図 4 ACO による近似解

表 4 L-システムと ACO の比較

	平均計算時間	平均総コスト
L-システム	6.46378	5130.59
ACO	2.82057	3915.92

5. 考察

今回提案した L-システムと ACO による比較結果では、計算時間、近似解ともに ACO の方が優れている結果となった。

計算時間について、探索アルゴリズムはどちらも単純であるが、L-システムは一つの探索において複数の巡回路を同時に求めているので計算時間において ACO と大きな差を生んだと考えられる。L-システムの一つの探索では平均で約 2.5 個の解を得ているため、これを加味すれば L-システムの平均計算時間は 2.41855 となるので ACO に匹敵する可能性がある。

平均総コストについて、L-システムではただ繰り返し巡回路を生成するのに対し、ACO では前回の計算結果をフェロモンという情報として活用しヒューリスティックな指標を用いて都市を選択しているという利点があったと考える。

また、図 3 図 4 からそれぞれに共通する部分解が含まれることが見てとれる。右下のエッジ群や、中央左のエッジ群である。これから、現在の L-システムによる近似解をさらに改良できる可能性があると考えられる。

6. おわりに

TSP の近似において、今回提案した L-システムは ACO による近似より劣っていたことが分かった。しかし、L-システムというまったく単純な仕組みで TSP の近似解を目指すことが可能であることを確認できた。

今後においては、複数の巡回路を同時に探索できる利点を生かしつつ、求める探索において生成だけでなく死滅の文法も含める。それにより、不要な探索を削減して計算時間を減らし、総コストも減らしてゆく。

謝辞

この研究は、高橋産業経済研究財団の助成を一部うけて行われた。また本研究を行うにあたり、恵まれた研究環境を提供していただき、ご鞭撻を賜りました豊橋技術科学大学情報・知能工学系教授石田好輝先生に深く感謝いたします。また、さまざまな助言をいただきました豊橋技術科学大学情報・知能工学系助教原田耕治先生に心から感謝いたします。さらに、公私に渡り支えとなってくれましたシステム AI 研究室の学生の皆様に、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] A.Lindenmayer, "Mathematical models for cellular interaction in development", J.Theoret. Biol., Vol.18, pp.300-315 (1968).
- [2] Taishin NISHIDA, "KOL-System Simulating Almost but not Exactly the Same Development : Case of Japanese Cypress", Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University. Series of biology., Vol.8, pp97-122 (1980)
- [3] 高木翔太, "L-system の探索問題への応用", 豊橋技術科学大学情報・知能工学専攻修士論文(2015).