

規則的成長と縄張り争いによるサンゴのモデリング手法の提案

堀内 尚[†] 安藤 大地[†] 向井 智彦[†]東京都立大学大学院 システムデザイン研究科[†]

1 はじめに

サンゴは光合成を行う動物であり、生存のために日光を必要とする。そのためサンゴ礁のモデリングにあたっては、光を他種のサンゴから奪い合うような、縄張り争いを再現する必要がある。またサンゴ単体の成長に着目しても、樹枝状、コリンボース状、被覆盤状など様々なルールに従って成長するため[3]、デザイナーの手作業による再現には大きな制作コストを要する。

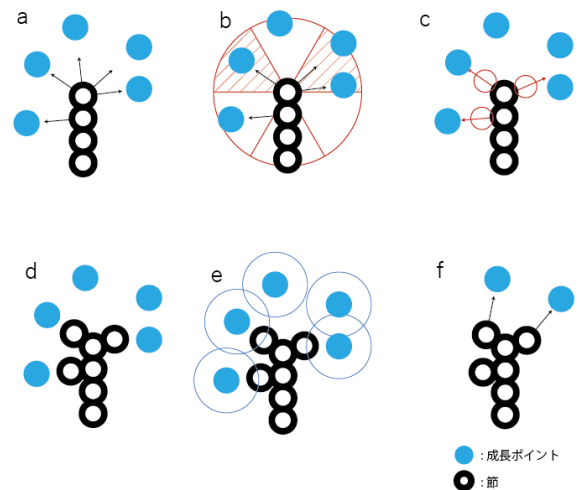
本研究ではサンゴのモデリングを半自動化するためのシステムの作成を目標としている。その代表的な手法として L-system[1]や空間コロニー化法 [2]の二つのアルゴリズムが知られている。L-system は形式文法の種類で、枝の成長方向や長さを表わす記号と、記号列を生成するための形式文法を用いて樹形に対応する記号列を再帰的に成長させることで植物の成長プロセスを表現できる。このアルゴリズムはサンゴの規則的な枝ぶりの表現に有用であるが、縄張り争いをしながら成長するというサンゴの生態を反映できない。

一方、空間コロニー化法では、空間中の任意の座標に成長ポイントを設置し、それらを奪い合うようにしてモデルを作成していく。この手法では L-system と反対に、サンゴの縄張り争いを表現できるが、規則的な表現には不向きである。

そこで本研究では枝の分岐や成長方向を決定する方法として、L-system と空間コロニー化法の組み合わせを提案する。枝ぶりの成長ルールを使い規則的な成長を行いつつも、成長ポイントによって成長方向や距離が変化させる。その結果、成長ポイントを奪い合う縄張り争いの表現を行うことができる新たなアルゴリズムの確立を目指している。本稿では2次元において本アルゴリズムの有用性を検証すべく、開発及び実装を行った結果について報告する。

2 提案手法

提案法は L-system の記号列による枝分かれ及び成長方向の制御と、空間コロニー化法の成長ポイントを奪い合うことによる成長方向や距離の制御を組み合わせることを特徴とする。その全体の処理手順を図1に、各計算ステップの詳細を a~f に示す。



1: 提案する成長処理の概要

- 節と成長ポイントが一定距離にありその距離が他の節と比較して最短であったとき、節がその成長ポイントを記録し、節から記録した成長ポイントへの方向ベクトルを作成する。
- a で作成した方向ベクトルを、節を中心とした任意の角度ごとにグループ分けする。ここでは60度ごと、6グループに分類した例を示す。その後、任意に与えられた記号列を読み、成長方向として設定されたグループに所属する方向ベクトルを抽出する。ここで、枝分かれに対応する記号は L-system と同じものを使用する。
- b で抽出された各グループに所属する方向ベクトルの平均値を所属グループごとに求め次の枝の成長方向として設定する。また、成長距離は成長ポイントが各自パラメータとして保持しており、方向決定時と同じようにグループごとの平均値を成長距離とす

3D Modeling of Corals by Growth Rule and Territorial Battle
[†]Takashi Horiuchi, Daichi Ando, Tomohiko Mukai
 Graduate School of Systems Design, Tokyo Metropolitan University

- る。なお、ここで使用する成長距離のパラメータは、ユーザーが任意に最大値と最小値を設定し、その値に枝の始点から描画最大距離までの割合を乗算することで求める。
- d. cで作成されたベクトルをもとに、新たな節を作成する。
 - e. 一定距離内に節が存在する成長ポイントを削除する。なお、ここでの距離はaで使用したものより短く設定する。
 - f. 全ての節の一定距離内から成長ポイントが無くなるまでaからeの一連の処理を反復する。

3 実験結果

本提案並びに L-system と空間コロニー化法によるサンゴのモデルの作成結果を図2に示す。

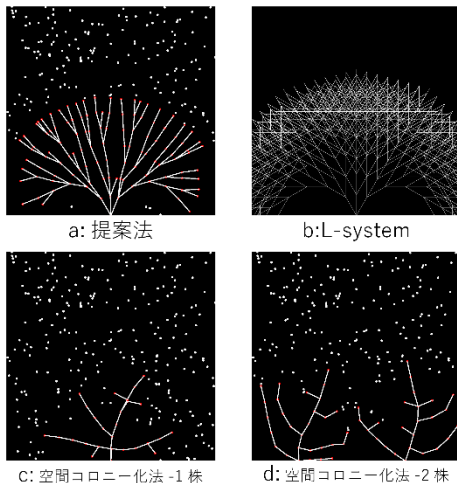


図2：実験結果と他手法との比較

L-system の枝ぶりのルールに準じて「F」を前進、「+」を成長方向右側への傾け、「-」を成長方向左側への傾け、「[」を枝分かれの開始点、「]」を枝分かれの終止点とする。このとき成長角度を30度、置換ルールとしてXに対し $[+FX][-FX]FX$ を付与し、最初の文字列をXとしたものを成長させ、提案法により第7世代まで成長をさせた結果が図2-aとなる。

図2-bはL-systemを用いて作成したモデルである。図2-aと同じく成長角度を30度、置換ルールとしてXに対し $[+FX][-FX]FX$ を付与し、最初の文字列をXとして第7世代まで成長させた結果である。図2-aと図2-bを比較した際、同じ成長ルールを用いているにも関わらず、枝分かれの場所が一致していないことが見てわかる。これは図2-aが枝を伸ばす際に成長ポイントを使って伸ばしているためである。前述のとおりサンゴ

は成長のために日光を必要とし、日光が存在しない場所には成長しない。図2-aでは日光を成長ポイントと置き換えたときに枝分かれのルールを踏襲しつつ、日光がないところには伸びないという自然界に存在するサンゴの成長の表現を可能としている。

また、図2-c及び図2-dは空間コロニー化法を用いて作成したモデルである。図2-aと同じ成長ポイントで第7世代まで成長させた結果である。図2-aと図2-cとで比較した際、図2は規則的な成長をしていることがわかる。また枝分かれも提案手法では同時に複数回行える分、図2-cよりも多くなっていることがわかる。両者とも成長ポイントの奪い合いを実現できる一方で、図2-aは規則的な枝ぶりとなっている点で自然界のサンゴにより近い形状を実現している。

4 結論と今後の展望

本研究ではL-systemによって規則的な枝ぶりを生成しつつ、空間コロニー化法によって成長ポイント奪い合いの表現ができる手法を提案した。それぞれの手法単体で作成したモデルと比較して、より自然界に存在するサンゴに近いモデリングが可能となることを示した。

ただし、現時点のアルゴリズムはL-systemのもつ枝分かれの開始点と終止点を任意に定めるルールや置換ルールの任意の適用などは未検証である。また、図2-dに示した空間コロニー化と同様に、本アルゴリズムも二つ以上の成長株を同時に扱えるような拡張を施すことで、実際のサンゴ礁を形成する過程と同じように複数のサンゴが縄張り争いをするようにモデリングできると考えている。またこれら2つの問題点の解決に加え、3DCGへの拡張も必要である。

謝辞

本研究はプラチナゲームズ株式会社の支援を受けた。

参考文献

- [1] P. Prusinkiewicz, A. Lindenmayer : The Algorithmic Beauty of Plants, SpringerVerlag, pp. 101-107. ISBN 978-0-387-97297-8. (1990)
- [2] A. Runions et al: Modeling Trees with a Space Colonization Algorithm, Eurographics Workshop on Natural Phenomena 2007, pp. 63-70. (2007)
- [3] 中村 庸夫 : サンゴとサンゴ礁のビジュアルサイエンス: 美しい海に生きるサンゴの不思議な生態を探る, 誠文堂新光社, (2012)