

Study of 3D L-systems

秋田大学・工学資源学部情報工学科 高橋 亮

Ryo Takahashi

The Department of Computer Science and Engineering, the Faculty of Engineering
and Resource Science, Akita University

今回研究内容として取り組んだのは、L-システムを用いて2次元上、または3次元上で雪の結晶を描画するための方法の考案である。L-システムは形式文法の一つであり、植物の成長のプロセスなどの自然物や、フラクタル図形を表現するためのアルゴリズムである。L-システムは $G = (V, \omega, P)$ というタプルとして定義され、ここで V は置き換え可能な要素である変数を含む記号の集合である。 ω は V に含まれるイニシエータであり、システムの初期の文字を示す。 P は生成規則の集合であり、生成規則は、変数を定数と他の変数との連結に置き換えるための方法を定義する。L-システムの動作の流れでは、まず初期状態から始まり、それに繰り返し規則が適用されることで文字列が生成されていく。結晶の描画のために用いた手法はタートルグラフィックスというものである。タートルグラフィックスは、亀に「前へ進む」命令と「向きを変える」命令を与えることによって図形を描く方法であり、命令と記号を対応させることでグラフィカルな表現が可能になる。

雪の結晶は、面成長、樹枝成長という2つのはたらきによって成長する。図1ではこの二つが交互に作用している様子がはっきり見られる結晶“星形の樹枝”を描画している。生成規則では主枝から側枝が成長する様子を表現している。表中の記号は亀に与える命令に対応しており、例を挙げると a は亀を1ステップ前へ進ませ、線を描かせるためのコマンド、 b は亀を2ステップ前へ進ませ、線を描かせるためのコマンドとなっている。

Production		
L	→	ebv-a
R	→	ebw+a
v	→	[+b-a-a-a]fev
w	→	[-b+a+a+a]few

図 1

Production		
r	→	a[+++a][--a]L
L	→	aa[+++a-a-z][--a-a+z]

図 2

図2は“星形の角板”と呼ばれる形の雪の結晶であり、特徴的なのは幅広の主枝とたくさんの複雑な表面模様がついていることである。この結晶の表面には雪の表面に現れるパターンの中で主なものである尾根模様、あばら骨模様が顕著に表れている。生成規則では尾根模様、あばら骨模様、そして淵を描くためのコマンドを設定し、それぞれが形成されていく様子表現した。

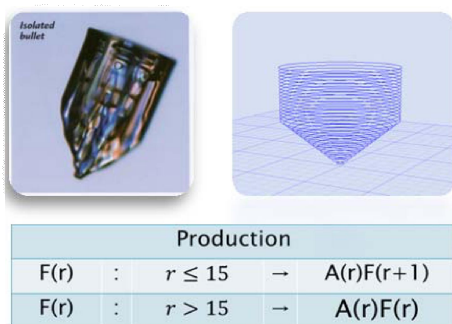


図 3

次に、3 次元的な形をした雪の結晶を表現するための方法を考えた。立体的な形をした結晶の一つとして、砲弾型の結晶がある。砲弾型は一個の核の周囲に柱状の結晶が集まったものであり、水蒸気の争奪戦により、中央付近は細くなるため、それぞれの柱は砲弾のような形になる。砲弾型を表現するために、立体を平面の集まりととらえ、x-y 平面上に描画した結晶面を z 軸に沿って積み上げていく方法を考えた。また、成長の仕方が円錐状から筒状に変わるという特徴を表現するために、L-システムを発展させたパラメータ文法を使った。図 3 にその結果を示す。

もう 1 つ、3 次元的な形をした雪の結晶を描画するための方法を考えた。結晶が成長する最中に周囲の気温が -5°C から -15°C 付近に変化するとき、柱状の結晶の側面に星形の板が形成されることがある。このような形をした雪の結晶はつづみの段重ねとよばれる。積み上げ方式を応用して、シンプルな六角形を積み上げていく最中にランダムに星形の結晶を乱入させることでつづみの段重ねを表現した。ランダム性を取り入れるために L-systems を発展させた確率的文法を使った。

パラメトリック L-システムや確率的 L-システムは、湿度と気温に応じて育ち方を変える雪の結晶を表現するために有用であり、他にも使い道があると考えられる。現段階では実現できていないが、描画データに面を張り付け、3D ポリゴンモデルとすればよりリアルに表現できるだろう。更に最終的には 3D プリンターで実際に雪の結晶の成長パターンのモデルを出力することなども考えている。

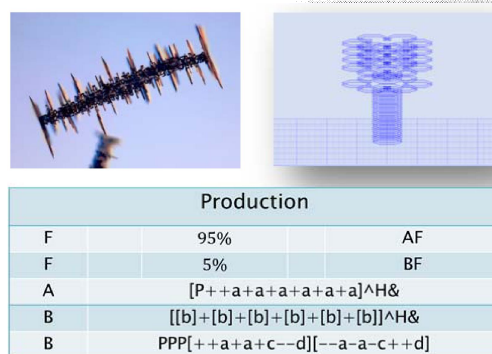


図 4