



### 3.3. 成長環境

植物モデルのホルモン合成に影響を与える環境要因をここで定義する。モデルは光、重力、外部からの接触を刺激として感知し、それらに基づきホルモンを合成する。

#### 3.3.1. 受光量の計算

受光量を計算するために、モデルが成長するための空間内に1点の光源を設定し、細胞壁の $n$ 分割された各点と光源を端点とする線分を引き、線分間に別のモジュールが存在するならば影、そうでなければ受光しているとし、それらの合計値を求めることで受光量を算出する。

#### 3.3.2. 重力

各モジュールに対し、密度を与えることで面積から質量を算出する。質量から重力によるトルクを求め、各モジュールは重力方向への力を受ける。

### 4. 実験

提案手法のモデルを用いて、各ホルモン分泌量を手で設定した植物モデルの生成例は以下の様に示される。(図2)

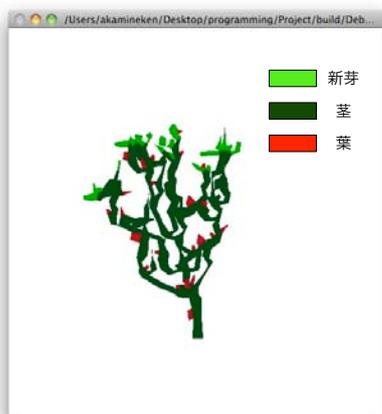


図 2: 画像生成例

機能	ホルモン名	機能に必要な量
伸長	IAA	10
側芽成長	IAA, CK, GA	30 以下, 40, 10

各時刻における、ホルモンの合成量は以下の通りである。

ホルモン名	30step 以下	30step 以降, 60step 以下
IAA	2	-2
CK	2	0
GAp	2	0
ABA	0	2
ET	0	2

### 5. 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズム (GA) は、生物の進化をもとに考案された探索法であり、探索するデータを遺伝子と見立てて選択、交叉、突然変異、淘汰の遺伝的操作を繰り返しながら世代における評価値をもとに解を得る。

#### 5.1. 遺伝子設計

本論文において、遺伝子コードは各ホルモンの分泌量と形状に変化を与える関数を一次元配列で表現し、一団体とする。

#### 5.2. 処理手順

1. 選択：個体数  $N$  の個体群から  $2n$  個の個体を抽出する。
2. 交叉：選択により抽出された個体群からペアを作り、要素を入れ替える。
3. 突然変異：交叉で得られたそれぞれの個体に対し、微小な確率  $p$  において配列内の一要素を変化させる。
4. 評価：成長環境において、上記 1～3 の遺伝的操作により得られた遺伝子に基づき、各個体を成長させる。
5. 次世代：評価値の高い個体を初期個体群として、次世代の手順 1 へと反映する。

#### 5.3. 個体評価

各個体を評価し、評価値の高い個体は次世代へと反映される。評価値の計算は各個体の環境による淘汰圧に対しての適応度により求まる。すなわち、設定した環境下で長く生存した個体は評価値が高いものとする。

### 6. まとめ

本論文において、植物学に基づき形状に変化を生じる新たな植物モデルを定義した。このモデルは植物ホルモンの量が形状の発現を制御するため、ホルモン量の調整が形状の調整へとつながる。そのため、ホルモン量を遺伝子コードとすることで、遺伝的アルゴリズムによる形状の探索において有効である。今後の課題として、植物において重要な要素ともいえる葉の形状の検討、GA における評価値の算出方法等が考えられる。

#### 参考文献

- [1] Wojciech Palubicki, Kipp Horel, Steven Longay, Adam Runions, Brendan Lane, Radmir Mech, Przemyslaw Prusinkiewicz : "Self-organizing tree models for Image Synthesis", ACM Transactions on Graphics 28(2009)
- [2] 千葉 則茂, 大川 俊一, 村岡 一信, 三浦 守 : "CG のための樹木の成長モデル-架空の「植物ホルモンによる自然な樹形の生成」電子情報通信学会論文誌, Vol. J76-D-II No.8 pp.1722-1734 (1993)
- [3] Lincoln Taiz, Eduardo Zeiger 編, 西谷 和彦, 島崎 研一郎 監訳, "植物生理学 第3版" 株式会社 培風館 (2004)