4ZC-8

葉脈パターンを反映した虫食い跡をもつ葉のビジュアルシミュレーション

金子 徳秀　　藤代 一成
慶應義塾大学 理工学部 情報工学科

1　背景と目的

森や木などの自然風景のシーンを CG で作成しようとすると, 葉という要素が必ず必要となってくる. そのため, 紅葉や枯化を代表とするような様々な葉の状態を作成するための CG 手法が数多く提案されている. その一方で, 葉の虫食い跡も日常生活で季節を問わず最も見くみられる葉のエイジング現象であるが, 葉の虫食い跡を扱った CG 研究というのはほとんど報告されていない. そこで本研究では葉の虫食い跡のビジュアルシミュレーションを目的とする.

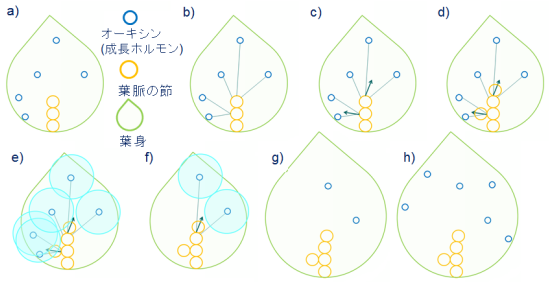
2　提案モデル

草食性昆虫による葉の摂食は, 葉脈や細胞壁といった強固な構造と相互に関係があることが知られている [1]. 特に葉脈は靱性 (toughness) が大きいため, 昆虫は葉脈を避けながら葉を摂食することがある. また, 昆虫はその種類はもちろん, 同じ種でも成長量によって顎の大きさや強さが変わるため, 葉脈を断ち切るか否か, 葉身をすべて食べるのか否かで虫食い跡の様子が変わる.

そこで本研究では, まずユーザが葉の画像と大まかな葉脈を入力し. それらに従って葉脈の詳細なマップを作成する. さらに葉脈マップに靱性を適用した靱性マップを作成し, 靱性マップに基づいて虫食いのシミュレーションを行う.

3　葉脈マップの作成

葉脈の作成に関する研究は多く行われているが, 本研究ではそのなかでも Runions らによる幾何モデルに基づいた葉脈生成手法 [2] を用いる. この手法は葉の成長に従って植物性成長ホルモンであるオーキシンが発生すると仮定し, 図 1 の処理を繰り返すことでオーキシンに沿って葉脈を成長させていくモデルである.



a) 葉身に葉脈の節とオーキシンを配置
b) 各オーキシンとそれに最も近い節とを対応付け
c) 各節ごとに, 対応するオーキシンへの平均方向ベクトルを算出
d) そのベクトル方向へ新しい節を配置
e) 各オーキシンから一定の範囲内を探索
f) 節と一定距離以下のオーキシンを削除
g) 葉身が成長
h) 新しく成長した領域にオーキシンを配置 b) へ

図 1: 幾何モデルに基づいた葉脈生成手法

また, 文献 [2] では作成した葉脈に対して血管系の流量に関する Murray の法則を適用することで葉脈の幅を決定している.

$$r^n = r_1^n + r_2^n \tag{1}$$

血管の 2 分岐箇所に関して, 分岐前の血管の直径を r, 分岐後の血管の直径をそれぞれ r_1, r_2 としたときのべき指数 n は $n = 2$〜3 であることが知られている.

また, 葉身と葉脈の靱性はこの幾何モデルだけでは決定できないため, 実際の計測値を用いることで葉の靱性マップを作成する. 以上のようにして作成したマップの例を図 2 に示す.

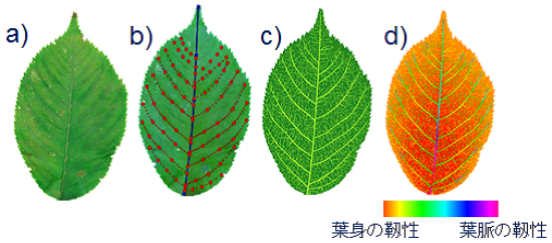


図 2: a) 元画像 b) 入力葉脈 c) 葉脈マップ d) 靱性マップ

Visual simulation of insect-eaten leaves reflecting venation patterns
Norihide Kaneko, Issei Fujishiro
Department of Information and Computer Science, Keio University

Copyright ©2013 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

4 虫食いのシミュレーション

作成した靱性マップをもとに虫食いのシミュレーションを行う．昆虫は葉に存在する誘引因子によって誘導され，さらに噛みつき因子が存在すれば摂食活動を開始，飲み込み因子の刺激で食物を飲み込むことが知られている [3]．本研究では，飲み込み因子として知られているセルロースは，葉の細胞壁であるため摂食物に必ず存在すると仮定して無視し，誘引因子と噛みつき因子の二つの物質の存在を虫食いの要因とする．そこで，文献 [4] で示されているこれらの物質を考慮した過程に，さらに靱性の影響を与えることで図 3 のような虫食いのプロセスをモデリングする．焦燥度は昆虫が高靱性箇所に接触した際にストレスが発生すると仮定し，独自に設定したパラメータである．また，ここでは昆虫同士の衝突は無視している．

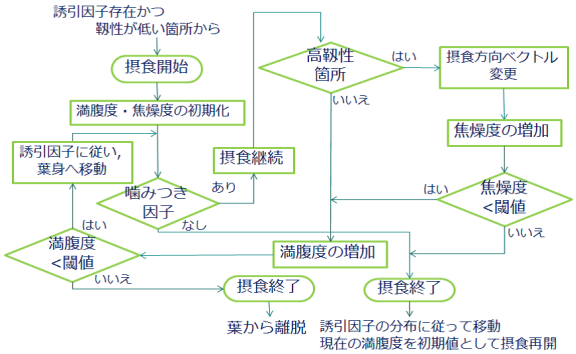


図 3: 虫食いのプロセスモデル

葉の摂食は，虫食い穴の端の一部の葉身領域に対して，門歯の長さを半径とする円 (図 4 では赤い円) を用いた数学的モルフォロジー演算の一種である浸食 (erosion) を適用することで再現する．また，昆虫の体長のパラメータや顎の強さをその昆虫の成長量によって変化させることで，成長量による虫食いの違いを表現する．

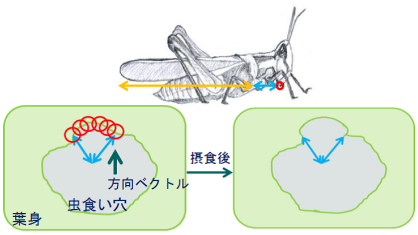
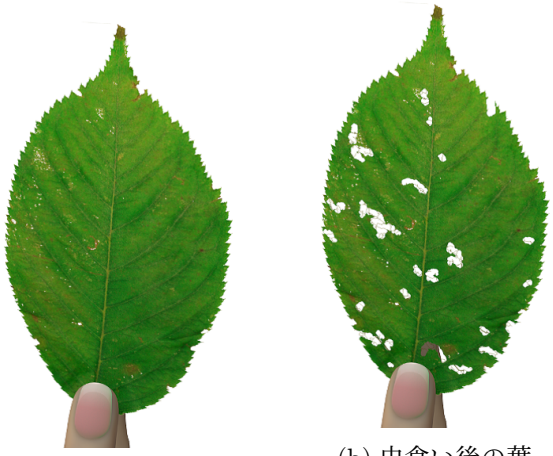


図 4: 虫食いのモデル

5 実行結果

本稿で用いた葉のテクスチャは，ソメイヨシノの葉を市販のスキャナを用いて取り込んだものである．

このテクスチャから葉脈マップと靱性マップを作成し，さらに虫食いの処理を経て得たテクスチャを用いて葉をレンダリングした結果を図 5 に示す．虫食い前 (a) では跡が存在しない箇所に虫食い後 (b) では虫食い跡が存在し，さらに太くて靱性の高い葉脈を避けるようにして虫食跡が分布している様子がわかる．



(a) 虫食い前の葉　(b) 虫食い後の葉 (虫の個体数 20 匹)

図 5: レンダリング結果

6 まとめと今後の課題

本研究では葉脈モデルに基づいた葉の虫食い跡の生成を行った．虫食い跡の周囲は，葉の細胞の破壊や維管束の切断などによって時間が経つにつれて枯化が生じるため，より現実感を高めるにはさらに枯化の処理を行う必要がある．また，昆虫の種に特有の形に葉を切断する場合に対応できるような虫食いのプロセスを構成することが今後の課題である．

参考文献

[1] F.J. Clissold (2007). “The biomechanics of chewing and plant fracture: Mechanisms and implications,” J. Casas and S.J. Simpson (Eds.), *Advances in Insect Physiology*, vol. 34, pp. 317-372.

[2] A. Runions, et al. (2005). “Modeling and visualization of leaf venation patterns,” *ACM Transactions on Graphics*, vol. 24, no. 3, pp. 702-711.

[3] 浜村保次編 (1975). 蚕の人工飼料への道, みすず書房, pp. 3-31.

[4] E.A. Bernays and S.J. Simpson (1982). “Control of food intake,” J. Beetsma, et al. (Eds.), *Advances in Insect Physiology*, vol. 16, pp. 59-118.

Copyright ©2013 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.