

Title	果実における細毛表現手法の提案
Author(s)	高見澤，大輔；宮田，一乗
Citation	映像情報メディア学会技術報告，36(16)：41-44
Issue Date	2012-03-09
Type	Journal Article
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/11427
Rights	Copyright (C) 2012 映像情報メディア学会．高見澤大輔，宮田一乗，映像情報メディア学会技術報告，36(16)，2012，41-44.
Description	

果実における細毛表現手法の提案

高見澤大輔[†] 宮田一乗[‡]

[†]北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科

[‡]北陸先端科学技術大学院大学ライフスタイルデザイン研究センター

E-mail: [†]takamizawa@jaist.ac.jp, [‡]miyata@jaist.ac.jp

あらまし 果実表面には細毛と呼ばれる毛状の器官が存在しているが、これを表現するための手法は少ない。既存の手法では **L-System** と呼ばれる形式文法によって表現しているが難易度が高い。また、細毛の分布を確率によって操作しているため分かりづらい。本報告ではこれらの問題を解決する新しい果実の細毛表現手法を提案する。

キーワード CG, 果実, 細毛, 表現手法

Proposing an Expressing Technique for Fruit Fur

Daisuke Takamizawa[†] Kazunori Miyata[‡]

[†]School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

[‡]Research Center for Innovative Lifestyle Design, Japan Advanced Institute of Science and Technology

E-mail: [†]takamizawa@jaist.ac.jp, [‡]miyata@jaist.ac.jp

Abstract Surface fur is an important element of the appearance of many fruits. Few researchers, however, have focused on fur. Previous research realized it using L-System, which is a parallel rewriting system. This is a powerful and flexible method, however, it is a difficult method. This paper proposes a new expressing technique for fruit fur.

Keyword CG, Fruit, Fur, Expressing Technique

1. はじめに

1.1. 背景

コンピュータグラフィックス（以下 CG と表記）では、ユーザの望むさまざまなイメージを表現することが可能である。そのため現在では、CG は映画やドラマのような映像作品だけではなく、ゲームや広告など多岐に渡って利用されている。また一方で、そのような商業利用だけではなく個人でも趣味として積極的に利用されている。

一方で CG 表現の難しさの問題がある。CG ではユーザの表現したい事物を一から手動で作成することも可能ではあるが、それには多くの作業や表現を実現するための知識が必要である。大規模なシーンやアニメーションを作成する場合には膨大な時間が求められる。また作成した CG が必ずしもユーザの満足のいくものとは限らず、人が観て違和感のないようなリアリティのある表現を実現することは容易ではない。特に自然物は人間が普段から目にする機会も多く、また成長の過程などで周囲にあるさまざまな要素から強い影響を

受けるため違和感なく再現することは難しい。

自然物の中で植物は身近なもので、CG で表現する機会が多い。植物は幹や茎、葉、花、果実などさまざまな要素から構成されていて、そのひとつひとつに細毛と呼ばれる器官が存在する。細毛は毛状の器官で、外敵から身を守る目的だけではなく保湿などさまざまな用途がある。加えて細毛は植物の見え方についても重要な要素である。

1.2. 目的

本研究では植物表面に生えている細毛に着目し、その表現手法を提案する。

細毛の表現に着目した研究は非常に少なく、代表的な研究には[1]が挙げられる。この研究では **L-System** と呼ばれる形式文法を用いて表現をしているが、この手法では細毛のルールを定義する必要があるため、表現する対象物の正しい知識が不可欠である。このためモデリングの難易度が高く、また細毛の分布では確率によって操作するため直感的ではない。

本研究ではこれらの問題の解決を目指す。既存手法では知識のルール化という難易度の高い作業と分布を確率によって操作していることが問題となっている。前者の問題は細毛の形状作成と分布させる工程に分割することで解決する。後者の問題は細毛の分布を構成する際にその粗密を操作可能にすることで解決する。

植物の根や茎、葉などの部位にそれぞれに細毛が生えている。果実表面にも細毛が生えていて、例えばランブータン（図 1）はマレー語で「毛の生えたもの」という意味である。このように細毛は果実の見た目にとっても非常に重要な要素である。そこで本研究では果実の細毛表現の実現を目指す。



図 1 ランブータン¹とオナモミ²

1.3. 関連研究

文献[1]では L-System と呼ばれる形式文法を用いて細毛の表現を実現している。L-System では事前に定義したルールに則って植物の描画を行うため一度ルールを定義することが出来れば、ルールを他の植物に対しても利用することが出来る。しかしながらルールの定義には対象物の正しい知識が必要である。加えて定義したルールを L-System 上でコーディングしなければならぬため、一般的なモデリング手法と著しく異なり、モデリングの難易度が高い。また、細毛の分布については確率によって定義しているために分布を操作することが直感的ではない。そのためこの手法は強力であるものの難易度の高い手法であり、平易に扱える手法が求められる。

2. 実現方法

ここでは果実の 3DCG モデルに対してどのように細毛表現を実現するか、その方法を述べる。

2.1. 細毛の観察

まず果実に生えている細毛を観察した。

細毛は用途によってその形状が異なることからさまざまな形状を持っている。例えば図 1 に示すナモミのトゲ状の細毛のように果実によって特徴が大きく異なる。このことから細毛は表現したい果実によって形状を定義する必要がある。

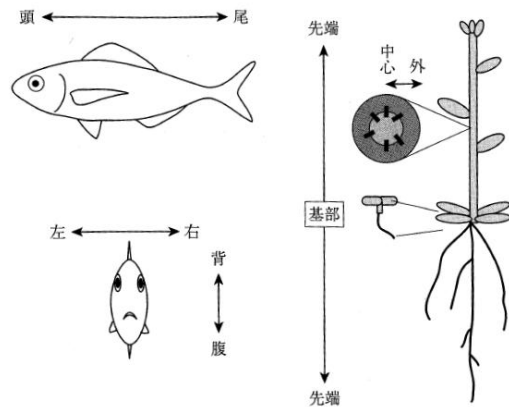


図 2 体の軸（文献[4]より引用）

また果実はヘタから先端を通るような直線に対して対称な構造を持っていることが見て取れた。これは文献[4]第 1 章 pp.19-20 を参照すると「体の軸」と呼ばれるもので、生物の発生と深く関係がある。植物では上下と内外の軸しか持っておらず、植物は前後や左右を認識することが出来ない。果実はヘタからの距離にのみ影響を受けて成長していると言える。そこでこの軸に対する位置情報を利用して細毛を操作する手続きを行えば、細毛の表現が可能になると考えた。

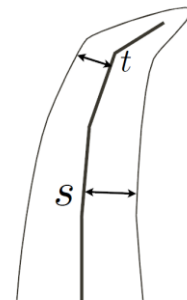


図 3 細毛の形状

2.2. 細毛の形状

細毛を表現するために、細毛の形状を定義する。

細毛は毛状の器官なので細毛の曲がり方と太さの変化によってその形状を定義することが出来る（図 3）。そこで細毛の中心軸を表す曲線と太さの変化を表す関数によって細毛を定義する。

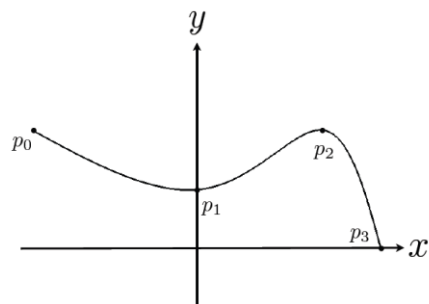


図 4 スプライン曲線

¹Ahoerstemeier 撮影, CC BY-SA3.0 及び CC BY-SA1.0

²Franco Folini 撮影, CC BY-SA3.0 及び CC BY2.5

中心軸細 細毛の中心軸はスプライン曲線を用いて表現する．スプライン曲線は図4のように与えられた制御点をすべてなめらかに通る曲線である．これを用いることで，ユーザは制御点を指定して任意の中心軸を設定することが出来る．

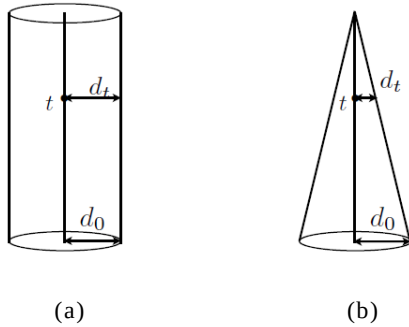


図5 太さ関数

太さ関数 細毛の太さは中心軸からの距離として定義する．この距離を細毛の中心軸の位置に対して変化させることで形状を表現することが出来る．図5aでは太さ関数を $F(t)=d_0$ と設定することで円柱を表現し，図5bでは太さ関数を $F(t)=d_0-at$ と設定することで円錐を表現している．

この中心軸と太さ関数によってさまざまな細毛形状を定義することが出来る．図6は実際に細毛の形状を作成した結果である．

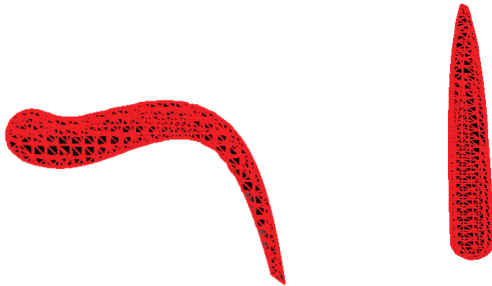


図6 作成した細毛の例

2.3. 細毛の分布

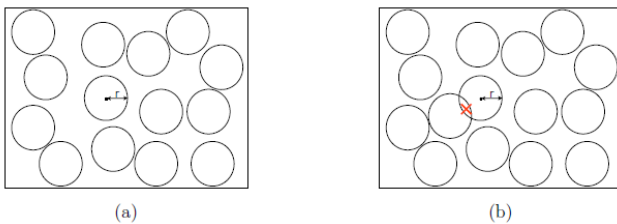


図7 Poisson-disk Sampling

細毛は適当な距離を置いて分布することが知られている[3]．このことから領域を一様にサンプリングする手法である Poisson-disk Sampling[2]によって近似出

来る．Poisson-disk Sampling はサンプリングの際に頂点の周囲に排他領域を設定し，排他領域が衝突した場合には頂点を棄却する手法である(図7)．しかしながらこの手法では領域内を一様にサンプリングするため粗密に変化がない．そこでサンプリングの際に排他領域の大きさを操作することで粗密を操作する．

2.1 節で述べた通り果実の発生ではヘタからの距離のみが影響を与えるので，果実の軸上で排他領域の大きさを設定することで粗密を操作する(図8)．これによって粗密に変化のある分布を作成することが出来る(図9)．

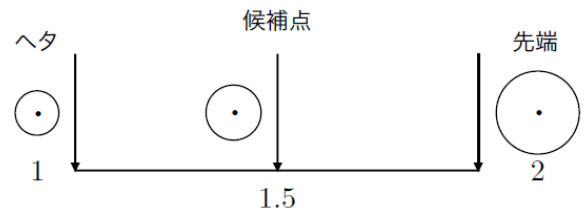


図8 排他領域の大きさの変化

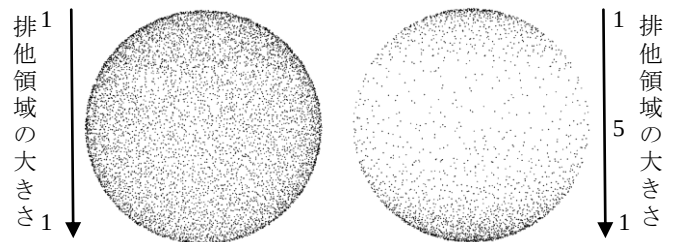


図9 サンプリング結果

2.4. 細毛の配置

細毛の形状と分布が定義されたので，次に細毛を実際に配置する．細毛は果実表面から外側へ向かって生える器官なので，細毛が外側へ向かうように方向を決定しなければならない．これにはモデルの法線ベクトルを利用する．法線ベクトルはモデル表面に垂直で外へ向かうベクトルである(図10a)．細毛の方向ベクトルと法線ベクトルを一致させることで，細毛を正しい向きで配置することが出来る．図10bのように細毛の根本から先端へ向かう方向ベクトルを定義する．2つのベクトルを一致させるためには，2つのベクトルの成

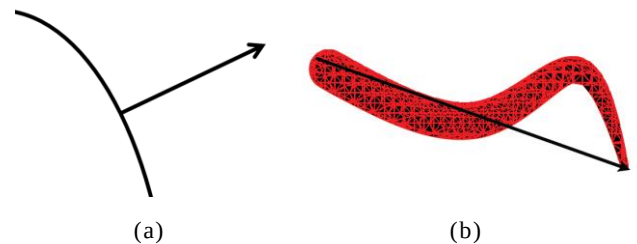


図10 法線ベクトルと細毛の方向ベクトル
す角と細毛の方向ベクトルを回転させるための回転軸

を求める必要がある．ベクトルの成す角はベクトルの内積から求めることが出来る．回転軸は細毛の方向ベクトルを法線ベクトルに重ねるような回転を実現するので，外積の性質から細毛の方向ベクトルと法線ベクトルの外積によって求めたベクトルとすることが出来る．図 11 にメッシュ上での細毛の方向ベクトル $\mathbf{d}$ と法線ベクトル $\mathbf{n}$ ，回転軸 $\mathbf{v}$ の例を示す．

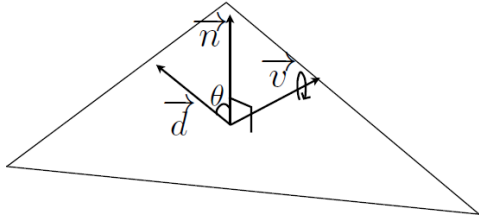


図 11 ベクトルを回転させる様子

このようにして細毛を回転させることで，モデル表面上で外側へ向かうように細毛を配置することが出来る．

3. 結果

本手法では中心軸と太さ関数によってさまざまな細毛の形状を作成することが可能である．これをモデル表面に配置することで細毛表現を実現している．本手法では 1 時間ほどで対象の表現が出来るが，文献[1]の手法では数時間もしくはユーザが諦めてしまう場合がある．本手法のような部品を作成し配置する手法は CG 作成において日常的に行われている行為で，文献[1]のようなユーザにとって馴染みのない手法と比べて扱いが容易と言える．

また分布の粗密についても排他領域の大きさを操作することで直感的に操作することが出来る．

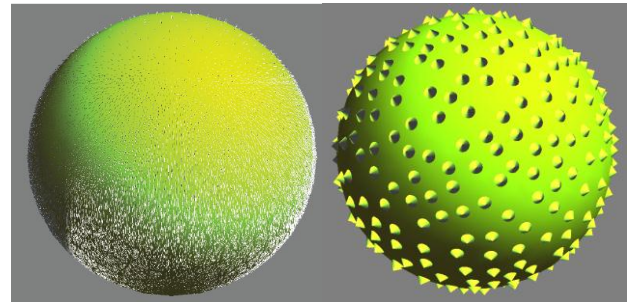
図 11 に本手法によって作成した果実における細毛表現の結果画像を示す．図 11 (a) は球体表面に短くまっすぐな細毛を配置した結果で，画像の上から下にかけて密度が高くなっている．図 11 (b) ではトゲ状の細毛が均一に分布している．図 11 (c) では楕円球上の果実に細毛を生やし，中央付近の細毛が濃いことが見て取れる．図 11 (d) では曲がった細毛を配置することでランブータンのような果実を表現している．

4. まとめ

本研究では果実における細毛表現手法の提案した．

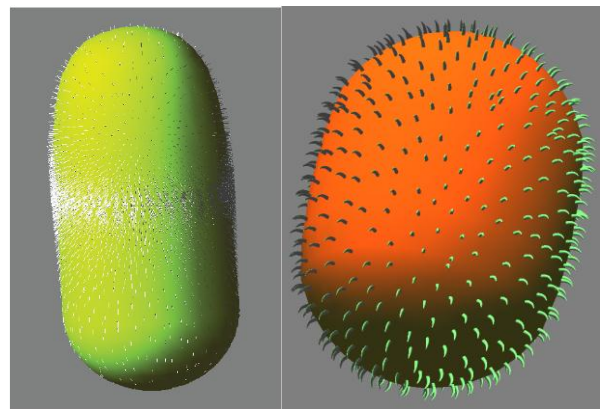
既存の手法では難易度の高いルールの設定と直感的ではない確率による分布の操作が問題になっていたが，前者の問題に対しては細毛の作成と分布の作成，細毛の配置という工程を分けることによって作業を単純化することによって解決した．後者の問題に対しては分布を作成する際に粗密を操作することによって確率で操作するよりも直感的に操作することが可能になっている．以上により既存手法の問題点を解決した表現手法が実現されている．

現在の手法では，細毛の配置では無作為に分布を作成することによって行なっているためイチゴのように種子から細毛が生えているような果実は表現することが出来ない．また細毛同士の衝突を検出していないため大きな細毛を表現するときに突き抜けてしまうことがあり違和感が生まれる．加えて同じ形状の細毛を配置しているために，細毛が曲がっているような場合には違和感が生まれてしまうのでゆらぎを与える必要がある．これらの問題は今後の課題と言える．



(a)

(b)



(c)

(d)

図 12 細毛表現の結果

謝 辞

本研究を進めるにあたり，貴重なご意見を頂いたライフスタイルデザイン研究センターの皆様に感謝の意を示します．

文 献

- [1] Martin Fuhrer, Henrik Wann Jensen, Przemyslaw Prusinkiewicz : “Modeling Hairy Plants”, Pacific Graphics 2004, pp.217-226
- [2] Ying Xiang, Shi-Qing Xin, Qian Sun, Heung-Yeung Shum : “Parallel and Accurate Poisson Disk Sampling on Arbitrary Surfaces”, SIGGRAPH Asia 2011 Sketches
- [3] 江上信雄，飯野徹雄編： “生物学上”，東京大学出版会，1983 年
- [4] 「植物の軸と情報」特定領域研究班編： “植物の生存戦略「じっとしている知恵」に学ぶ” 第 1 章 pp19-20，朝日新聞社，2007 年