3ZC-2

セルアニメーション風 CG のための複数光源による陰影付け手法

高野 裕基[†]　今間 俊博[††]　斎藤 隆文[†]

[†]東京農工大学大学院 生物システム応用科学府
[††]首都大学東京 システムデザイン学部

1. はじめに

現在，日本ではセルアニメーションの製作が盛んに行われている．しかし，1 つのセルアニメーションを製作するために必要なセル画枚は非常に多い．これらの絵を全て手描きで製作するには膨大な時間がかかる．このため，多くのセルアニメーション制作はコンピュータ化され，CG の導入によるセルアニメーションの質の向上および製作時間の削減が試みられている．

本研究では，3 次元 CG のセルアニメーションへの利用を扱う．セルアニメーションに 3 次元 CG を利用するために，先行研究として，セルシェーディングと呼ばれる手法が提案されている[1][2]．セルシェーディングによってセルアニメーションのような単色の陰影を生成することが可能である．しかしながら，セルシェーディングでは光源やモデルの形状等に応じて陰影を生成するため，セルアニメーションには不適切な形状の陰影を生成する場合がある．そこで，本研究では，不適切な形状の陰影が生成される要因として，拡散反射光成分の不連続を挙げ，拡散反射光成分の計算式を変更することによって，滑らかな形状の陰影を生成し，セルアニメーションに適した陰影を得ることを目指す．

2. 3 次元 CG とセルアニメーション

2.1. セルアニメーションの陰影

セルアニメーションの陰影は簡略化された陰影である．3 次元 CG の陰影ようにグラデーションのように変化するのではなく，明るい部分と暗い部分がそれぞれ単色で表されることが多い．また，陰影形状の簡略化も行われる．例えば顔の凹凸など本来は存在するはずの陰影を省略している場合が多い．これらの簡略化は，制作時間の削減及び見栄えを良くするために行われる．

2.2. セルシェーディング

グラデーションのように変化する 3 次元 CG の陰影と異なり，セルアニメーションの陰影は明暗は単色で表され，形状の変形が行われる．このため，3 次元 CG をそのままセルアニメーションに利用すると質感に違和感を覚える．そこで 3 次元 CG からセルアニメーション風の陰影を生成する手法としてセルシェーディングが提案されている[1][2]．これは，閾値を設定し，設定した式の値が閾値以上の場合と閾値以下の場合で表示する色を変更することでシェーディングを行う手法である．例えば，閾値以上であれば明るい色，閾値以下であれば暗い色を表示することによってシェーディングを行う．図 1 はセルシェーディングを行った結果である．このセルシェーディングは拡散反射光成分の計算式の一部である，モデル上の点の法線ベクトルとモデル上の点から光源に向かうベクトルの内積を閾値で評価する式と設定している． 2 つのベクトルは正規化されるため，モデル上のある点を p，2 つのベクトルがなす角をθ，1 をモデルを照らす光源の数とすると(1)の式で表される．

$$D(p) = \sum_{i=1}^{l} \max(\cos\theta_i, 0) \qquad (1)$$

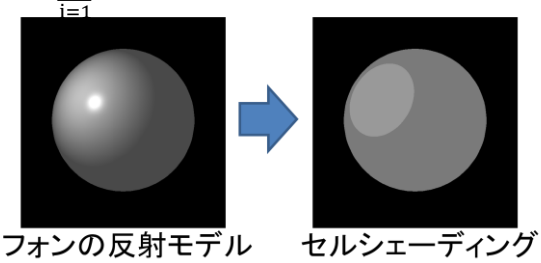

図 1　セルシェーディングの結果

3. 陰影形状の制御

3.1.陰影形状制御が必要な要素

図 1 のようにセルシェーディングによって，単色の陰影を生成することが可能である．しかしながら，セルシェーディングでは，セルアニメーションに不適切だと考えられる形状の陰影が生成される場合がある．不適切な形状の陰影が発生する要因を 3 つ挙げる． 1 つ目の要素は複数光源の場合に発生する尖った形状の陰影である．2 つ目はモデルの形状が複雑なことによって発生する陰影である．3 つ目は他のモノが光を遮ることによってできる影である．これら 3 つについて異なる方法で陰影形状を制御すること

Shading method with multiple light sources for cell animation style CG.
Yuki TAKANO[†], Toshihiro KONMA[††], Takafumi SAITO[†]
† Graduate School of Bio-Applications and Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology.
††Division of Industrial Art, Tokyo metropolitan University.

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

によってセルアニメーションに適した質感を得ることを目指す．今回は 1 つ目の要素について述べる．

3.2. 複数光源による尖点の発生

光源が 1 つの場合では発生しないが，光源が複数になった場合に尖点が発生する．その例を図 3 に示す．図 3 は(1)式を用いてセルシェーディングを行った結果である．閾値は 0.85 とし，(1)式が 0.85 以上のときに明るい色，0.85 より小さいときに暗い色を表示するようにしている．図 3 のように光源が 1 個の場合は滑らかな形状の陰影になる．しかしながら，光源を 1 つ追加し，複数光源となった場合に尖った形状の陰影が発生し，滑らかな形状の陰影ではなくなる場合がある．

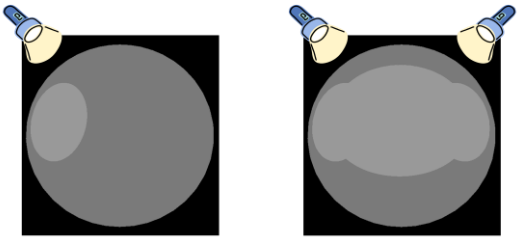

図 3　複数光源で発生する尖点

3.3. 拡散反射光成分計算式の変更

尖点は光源ごとの拡散反射光成分の計算式が 0 付近で滑らかに変化しないことによって発生する．そこで，拡散反射光成分の計算式の変更を行うことで，尖点のない滑らかな形状の陰影の生成を試みる．(1)式を(2)式のように変更を行った．

$$D(p) = \sum_{i=1}^{l} f(\theta_i) \qquad (2)$$

$$f(\theta) = \begin{cases} \cos^2\theta & (\theta < 90) \\ 0 & (\theta \geq 90) \end{cases} \qquad (3)$$

図 4 に$\cos\theta$と$\cos^2\theta$のグラフを示す．θが 90 以上になった場合，$\cos\theta$は負の値に変化するが，$\cos^2\theta$は 0 へ滑らかに変化し，負の値に変化しない．そのため，(2)式の変化は滑らかになり，尖点の無い，滑らかな形状の陰影を生成できると考えられる．

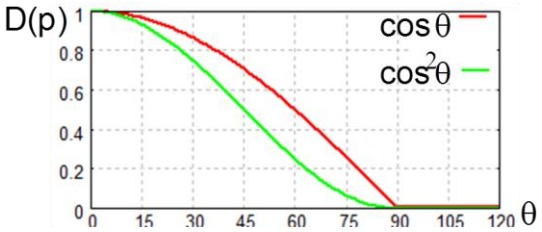

図 4　$\cos\theta$と$\cos^2\theta$の違い

3.4. 結果

図 3 の光源が 2 つの場合と同じ条件で，(2)式を用いてセルシェーディングを行った結果を図 5 に示す．図 5 のように，図 3 の場合と同じ閾値を用いた場合，明るい色の面積が大きく減少してしまう．そのため，明るい色の部分は 2 つに分かれる．2 つに分かれた明るい部分を 1 つにし，尖点が発生しないか確かめるためには閾値を変更する必要がある．θの値が同じであれば，$\cos^2\theta$は$\cos\theta$以下になるので，明るい色の部分の面積を増やすためには閾値を小さくする必要がある．そこで，閾値を 0.65 に変更したレンダリング結果を図 6 に示す．図 6 では，閾値を下げることによって，明るい色の面積が増加し，図 5 では 2 つに分かれていた明るい部分が繋がって 1 つになるが，尖点は発生しない．このように，閾値の変更を行う必要があるが，拡散反射光成分の式を変更することによって，滑らかな形状の陰影を生成することができる．

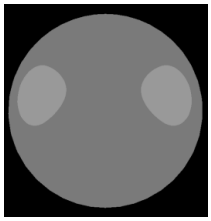

図 11　(2)式を用いたレンダリング結果

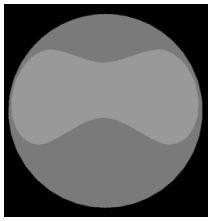

図 12　閾値 0.65

4. おわりに

セルシェーディングにおいて複数光源の場合に尖った形状の陰影が発生する場合がある．拡散反射光成分の計算式を変更することによって，複数光源の場合でも尖点の発生しない滑らかな形状の陰影の生成を行った．今後の研究では，変更した拡散反射光成分の式について様々なモデルに適用することで検証を行う．また，モデルの形状が細かいことによって発生する陰影や他のモノが光を遮ることによって発生する影の制御も行っていく．陰影形状を制御する手法を模索していくことで，3 次元 CG を用いてセルアニメーションに適した質感を得ることを目指す．

参考文献

[1] Philippe Decaudin: “Cartoon-Looking Rendering of 3D-Scenes”, Research Report INRIA #2919, June, 1996.

[2] A. Lake, C. Marshall, M. Harris, M. Blackstein, “Stylized Rendering Techniques For Scalable Real-Time 3D Animation”, NPAR '00 Proceedings of the 1st international symposium on Non-photorealistic animation and rendering,pp.13-20(2000).

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