

知っておきたいキーワード

NPR: Non-Photorealistic Rendering (非写實的レンダリング)

藤堂 英樹†

† 拓殖大学 工学部 情報工学科

"NPR" by Hideki Todo (Takushoku University, Tokyo)

キーワード: NPR, 非写實的レンダリング, トゥーンシェーディング, ストローク転写

まえがき

「NPR: Non-Photorealistic Rendering (非写實的レンダリング)」は、アーティストが手描きで描いたような見た目の映像をCGで作り出す技術のことです。アーティストの画風に合わせて技術も多岐に渡り、セルアニメ、テクニカルイラスト、水彩画、油彩画、点描画など対象もさまざまです。ここで

は、ゲーム開発や映像制作でも応用事例の多いアニメ・イラスト向けのNPR技術「トゥーンシェーディング」とその発展形に焦点を絞って話を進めて行きます。日本でアニメと聞くと、真っ先に思い浮かべるのは手描きであり、別にCGでなくても良いのではと思う人もいるかもしれませんが、CGを使うことの一番のメリットは自動化であり、1枚1枚の手描きでは作業量が

多いダイナミックなキャラクターのアニメーションやライティング変化、カメラの動きなどを3Dシーンから合成できるようになります。見た目の表現をアニメ風に近づける仕組みもどんどん発展していて、プリキュアシリーズではEDのダンスシーンでCGを採用していますし、映画『HELLO WORLD』のように全編フルCGの作品も増えてきています。

トゥーンシェーディング

アニメ・イラストのような減色された塗り方を、3DCGで表現するにはどうすれば良いでしょうか？ これを実現するのが「トゥーンシェーディング」で、3DCGをアート表現に変換する基礎技術です。図1はトゥーンシェーディングの仕組みを図解したものです。3DCG上で物理計算に基づくライティング、シェーディングを行うと、現実世界にも見られるような連続的なグラデーションの照明変化になります。一方、アニメ・イラストでは3色程度に減色された色塗り表現となりますが、トゥーンシェーディングではこの色塗り表現を一次元の「カラーマッ

プ」にデザインし、物理的なライティング結果を変換します。「物理的なライティング結果をアニメ調の陰影に変換する」という仕組みが背後にあるお

かげで、3DCG上でライトを動かすだけで絵のようなアニメ調の陰影が動き出します。

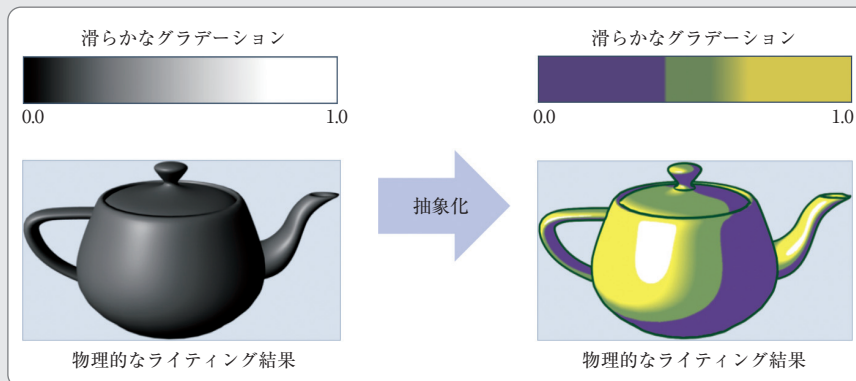


図1 トゥーンシェーディングの仕組み

【技術開発メモ】トゥーンシェーディングでは陰影領域が照明計算で決まってしまうため、詳細調整でさまざまなTipsがあります。良く使われるのは面の向き（法線）を変えてしまうことで、陰影があらばれないようにシンプルな形状の法線を転写したりします。その他にも、モデルの一部に局所的に照明を当ててライティングを工夫して陰影を整える方法も取られています。著者らの研究¹⁾では、この局所ライティングの仕組みを応用し、陰影をアーティストがペイント編集できるシステムを開発しました(図2)。ペイント編集された陰影から必要な局所ライティング効果を自動計算し、キーフレーム制御することでアニメーション

として滑らかにつなぎます。このように、「アーティストの編集をいかにして反映するか」はNPR技術の分野において中心的な話題となります。

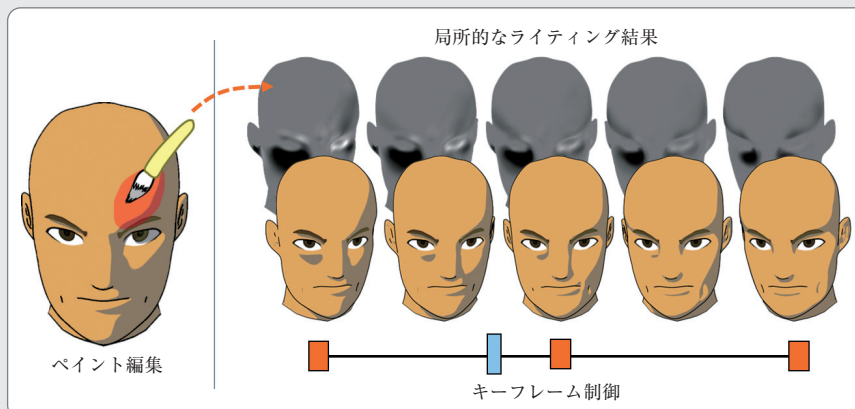


図2 著者らの陰影をペイント編集・キーフレーム制御できるシステム¹⁾

Lit-Sphere, MatCap

トゥーンシェーディングのように照明効果に単純に色を割り付けるだけでは、見た目として非常にシンプルな陰影しか表現できなくなってしまいます。そこで、変換に2次元マップを使うことにより、トゥーンシェーディングよりも自由度が高い表現を実現する手法が提案されています。図3の球状マップを使うシェーディングの方式はLit-Sphereと呼ばれ、CG制作の現場ではZBrushのMatCap (Material Captureの略)が同様の技術として愛用されています。この方式は面の向きとシェーディングの色を対応付けるといったシンプルな仕組みですが、陰影を球上に直観的にデザインできるため、NPR表現の有効な選択肢となっています。

【技術開発メモ】元々のLit-Sphereはカメラから見た法線（面の向き）が使われるため、そのままではライトで動かすことはできません。著者らの拡張²⁾では、法線を光源から見た形になるように変換をかけ、シェーディング効果とハイライト効果を個別に制御できる

ようなライト追従型のLit-Sphereを提案しています(図4)。ここでの課題設定は、アーティストの制御部分が2次元の画像となり、拡張もライトのよう

な操作を実現するような「自動化」の意図が強いものでした。シェーディングの仕組みと制御の仕掛けには相性があり、さまざまな設定が考えられます。

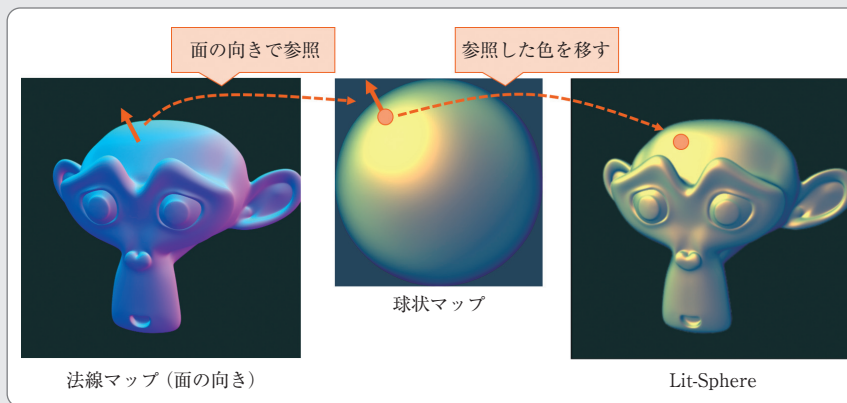


図3 Lit-Sphere (MatCap) の仕組み

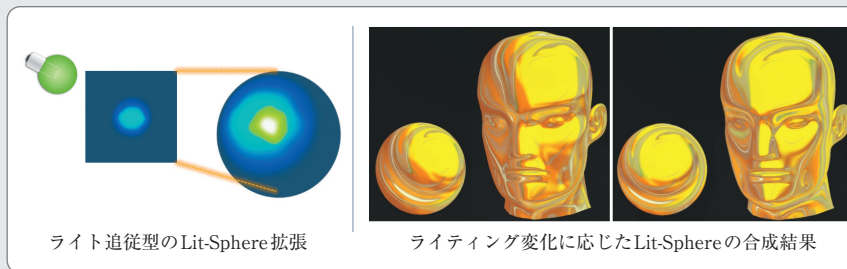


図4 著者らのライト追従型のLit-Sphere拡張²⁾

ストローク転写

映画『Loving Vincent (邦題：ゴッホ最期の手紙)』では、ゴッホの油彩画の画風を映像化するために、100名超のアーティストが参加して、64,000枚ものストローク描写を1枚1枚手描きで仕上げました。ストローク1本1本の動く様子は印象的で、描き手の個性が強く表れる表現方法です。では、このようなストローク描画をコンピュータで実現できる方法はないでしょうか？

【技術開発メモ】トゥーンシェーディングやLit-Sphere (MatCap) の仕組みは、1次元や2次元の画像を3Dモデル上に貼りつけるのが基本となり、ストロークのような細かい特徴を合成することができません。そこで、著者らは1本1本のストロークを合成することに着目し、Stroke Transfer (ストローク転写) の手法³⁾を提案しました。図5のように、3Dレンダリング画像の上

に描いたお手本となる描写事例 (描画ストローク情報) が与えられると、シェーディングや曲率、シルエット距離などの特徴集合を用いて、ストロークがどのように描かれていたかを解釈します。新しい照明条件に応じて特徴集合を再計算することで、対応づいたストロークをコンピュータで自動合成できるようになります。お手本の再現

度を含め、発展途上の技術ではありますが、ストローク1本1本を3DCGで動かすという新しい表現形式にチャレンジしています。技術的な取り組みは研究でも現場でも日々試みられていて、このようなストローク合成技術がトゥーンシェーディングやLit-Sphere (MatCap) のように手軽に使える未来もそう遠くないと思います。

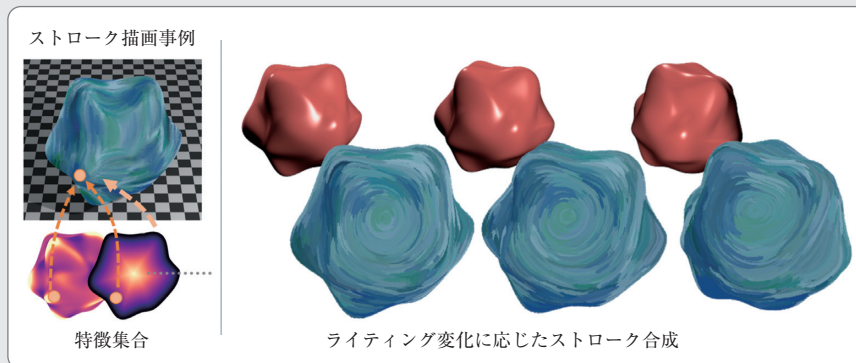


図5 著者らのストローク転写システム³⁾

むすび

本稿では、「NPR: Non-Photorealistic Rendering (非写実的レンダリング)」を題材に、3DCGソフトにも搭載されているトゥーンシェーディングやLit-

Sphere (MatCap), そこから一歩進んだ研究開発動向についても触れました。最新技術が3DCGソフトウェアの基盤技術として搭載されるのはまだ先ですが、アーティストが取れる選択肢は年々広がっています。「コンピュー

タでアーティストの表現をどこまで再現できるか」はNPR分野ではつきない話題であり、今後より豊かな表現を求めてさまざまな技術が開発されていくでしょう。

(2023年1月11日受付)

参考文献

- 1) H. Todo, K. Anjyo, W. Baxter, T. Igarashi: "Locally Controllable Stylized Shading", ACM Transactions on Graphics, 26, 3, Article No.17 (Aug. 2007)
- 2) H. Todo, K. Anjyo, S. Yokoyama: "Lit-Sphere extension for artistic rendering", the Visual Computer, 29, 6, pp.473-480 (June 2013)
- 3) H. Todo, K. Kobayashi, J. Katsuragi, H. Shimotahira, S. Kaji and Y. Yue: "Stroke Transfer: Example-based Synthesis of Animatable Stroke Styles", in ACM SIGGRAPH 2022 Conference Proceedings, Article 54, 1-10 (Aug. 2022)



藤堂 英樹 2013年、東京大学情報理工学系研究科博士課程修了。2011年～2013年、(株)オー・エル・エム・デジタル研究開発部門、2016年～2017年、東京工科大学メディア学部助教、2020年～2022年、青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科助教など、企業・大学の双方で研究開発を経験。2022年より、拓殖大学工学部情報工学科准教授となり、現在に至る。NPR (非写実的レンダリング) に関する研究に従事。博士 (情報理工学)。

キーワード募集中

この企画で解説して欲しいキーワードを会員の皆様から募集します。ホームページ (<https://www.ite.or.jp/>) の会員の声より入力可能です。また電子メール (ite@ite.or.jp), FAX (03-3432-4675) 等でも受け付けますので、是非、編集部までお寄せください。

(編集委員会)