

分光画像に基づく色と質感の再現

津村 徳道

千葉大学工学部情報画像工学科，科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 さきがけプログラム

Appearance Reproduction Based on Spectral Images

1. はじめに

飛行機により世界が狭くなったように，情報技術の急速な発展により世界の時間が速く進むようになった．製造業では商品の開発サイクルが短くなり，また消費者の個性的な嗜好の変遷を反映した商品の提供が求められている．この時，商品の色や質感は，商品の印象を大きく左右する重要な要素の一つである．

開発段階においては，色や質感は，形状と同様に，数値的な値ではなく実際に物体を観察することでのみ評価されることが多い．形状に関しては，モックアップを作成したり，コンピュータグラフィックスによる表示により試作前にある程度評価は可能である．しかし，色や質感に関しては，その表示デバイス依存性，照明環境依存性や，色や質感の正確な表現技術の未成熟さ等から試作前の評価は困難であり，開発サイクルにおけるボトルネックとなっているケースが多い．したがって，商品の色や質感を予測し，人間の目に観察される画像として正確に再現することが現在求められている．

さらに，異なる場所（地域）に所在を持つセクションが，ネットワークを介して協調し，商品開発を短いサイクルで実現するためには，ネットワークを介した色や質感の正確な伝送が必要となる．色や質感は観察者の照明などの環境に大きく依存するため，異なる環境下間の色や質感の正確な再現が求められている．

本講演では，色や質感の再現に関わる基礎事項を概説し，質感工学（色や質感）の要素技術とその応用に関わるフレームワーク，我々のこれまでの取り組みについて紹介する．特に分光画像を用いた異なる環境下間における色の正確な再現，光沢の再現について述べる．本資料では紙面の都合上，質感工学に関わるフレームワークのみ概説する．

なお，今回は商品開発を例に質感工学に関わるフレームワークを説明するが，これは，電子商取引や電子美術館，遠隔医療，化粧品評価など多様

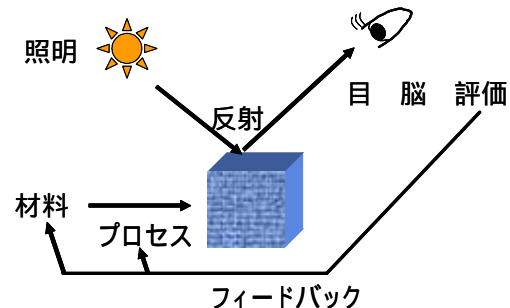


図1 色と質感の評価までの流れ（概略図）

な応用に適応することが可能である．

2. 質感工学とコンピュータグラフィックス

図1に試作品の色と質感を評価する流れを非常に単純な図で示す．材料に手を加えることにより試作品が作られ，それをある照明下で人間が観察し，評価する状態を模式的に示している．評価結果がプロセスや材料にフィードバックされ，試作品の改善が行われる．しかし，この過程には多大な労力と時間を要し，開発サイクルのボトルネックとなっている．

コンピュータグラフィックス（CG）技術を用いることで，実際に材料から試作することなく，計算機内で加工し，表示デバイスに画像として商品の色や質感が表示することができる．この時，3D形状を作成し，表面の反射特性を付加する処理をCGではモデリング(Modeling)と呼ぶ．計算機内で構築された3D物体に，光線追跡などにより計算機内で照明をあて，仮想カメラで撮影する処理をレンダリング(Rendering)と呼ぶ．

これまで光線追跡などによるリアルなレンダリングには大変な時間を要した．そのため見る角度を変化させたり照明条件を変化させて観察することは困難であった．（リアルさに乏しいCGでは可能であった）．しかし，近年グラフィックボードに搭載されるグラフィック・プロセッシング・ユニット（GPU）の進化が目覚しく，ビデオレート程度の速さで，異方性や羽毛感などの様々な反射特性，さまざまな周囲照明環境下の画像を再現することが可能となった．これによりGPUに与える制御プログラミングが複雑になったが，2003年よりCg(C for Graphics)などGPU用的高级言語が開発され，一般にも大変利用しやすくなってきている．今後，CGを利用した質感工学は

Norimichi Tsumura

Dept. of Inf. & Image Sciences, Chiba University
1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-8522, Japan
PRESTO, Japan Science and Technology Corporation,

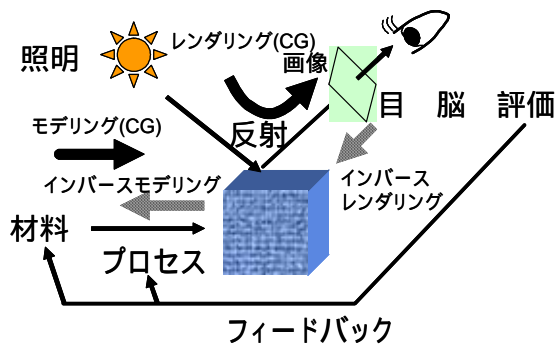


図2 質感工学とCG, CV

ますます発展すると思われる。また、これまでCGにおいては、R, G, Bの3色と透明性を決めるの4つの色属性のみで計算されてきた。しかし、周囲照明による色の变化や、物体間の相互反射など抽象的な4つの色属性のみでは十分に再現できない。そこで、色の物理情報である分光情報を利用するSpectral Renderingの機運がCGの分野でも近年活発になりつつある。

3. 質感工学とコンピュータビジョン

2節で述べたようにCGを用いたリアルな再現技術が近年急速に充実してきた。しかし、モデリングには多大な時間を要し、また実物の製作は可能であるがプロセスを計算機で書き出すことが不可能な場合も多々ある。たとえば、化粧品開発において顔画像のモデルは非常に重要であるが、実際の顔のようにリアルなものは容易に作成できない。また、個人にカスタマイズした忠実なモデリングなど不可能に等しい。そこで、撮影された画像または画像群から3次元形状や反射特性を推定するImage Based Modelingが、1990年代後半から活発に研究され実用化されてきた。画像から再構成されたモデルに異なる視点、異なる周囲照明下での画像をレンダリングすることで簡易にリアルな画像を合成することができる(Image Based Rendering)。これらは画像からシーンを解析するコンピュータビジョン(CV)の技術を応用したものである。

図2におけるインバースレンダリングは撮影された画像群から照明や視線の影響のない物体固有の反射特性や3D形状を復元する過程である。インバースモデリングは、さらにその反射特性や3D形状を生成する要素に分解する過程である。物体固有の反射特性や3D形状を復元することにより、様々な環境下での画像、反射特性を変化させたときの画像を予測することが可能である。さらにインバースモデリングにより材料特性まで分解することにより、その材料を変化させた場合の画像の予測が可能となる。

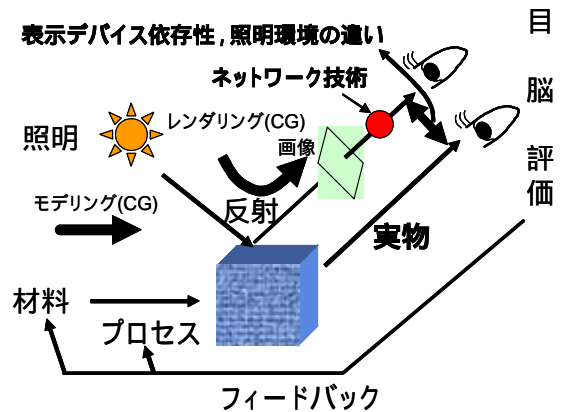


図3 ネットワークを介した色と質感の評価

CG技術とCV技術を対象に応じて使いこなすことで、簡易に様々な製作・観察条件下のリアルな画像を作成することができる。

4. 質感工学とネットワーク技術

前節までは、作成された画像はその場で観察することを想定して説明してきた。しかし、近年の開発プロセスにおいて、距離による時間短縮のためネットワークを介して遠隔で評価することが求められている。さらに、電子商取引や遠隔医療ではこれが必修の要求となる。この時、図3に示すように観察する環境により表示デバイスの特性や、周囲環境が異なる。したがって、これらを考慮した色と質感の再現技術が必要となる。表示デバイスの特性では、その特性に応じて感じる光沢感が異なるため、デバイスに依存しない光沢感の再現が必要である。有効な輝度のダイナミックレンジ圧縮も求められている。また、周囲環境光の変化による色の見えの変化に対しては、本講演の主テーマである分光画像を用いた正確な色再現が必要となる。

5. おわりに

これからの製品開発、電子商取引などにおいて重要な要素となる、色と質感に対するモデル、記録、再現に関して様々な技術間の関係を簡単であるが概説した。本フレームワークは、既に様々な分野で実践されている。花王㈱の小島氏には特に非常に多くの実践例と示唆をいただいた。また、三宅教授、羽石助教授はじめ研究室内外の多くの方々からのご指導、議論の結果をまとめたものでもある。まだまだフレームワークとしては未熟であるが、今後の質感工学の発展をとらえる一つの見方となれば幸いである。紙面の都合で、事例の紹介は本資料では割愛させていただいたが、

www.mi.tj.chiba-u.jp/~tsumura/Tsumura/research.htmlに講演で紹介する我々の研究事例をUPしているので参考にいただければ幸いである。