

## CGによる紙の劣化表現

岡 敬\*,茅 暁陽\*\*,今宮 淳美\*\*

\*山梨大学大学院医学工学総合教育部コンピュータ・メディア工学専攻

\*\*山梨大学工学部コンピュータ・メディア工学科

現実中存在する全ての物質に備わっている性質として、「劣化」というものがある。劣化は物質がそれを取りまく物理的、また化学的な環境に応じて外見や構成が変化することをいう。物体をCGで作成する際にその物をよりリアルに見せるためには、このような「汚れ」や「劣化」の表現を欠かすことはできない。しかしながら、このような効果を手作業でCGオブジェクトに追加していくのは大変な時間と手間を要する。そこで、本稿では劣化の視覚効果を自動生成するツールの開発を目的とし、その1例として「紙の劣化」を取り扱う。

Modeling Paper Weathering

Takshi Oka, Xiaoyang Mao and Atsumi Imamiya

Graduate School of Engineering, University of Yamanashi

□2 Department of Computer and Media Engineering, University of Yamanashi

All materials have an inherent tendency to change their appearance or properties during the interaction with their environment. Simulating such weathering effects is now recognized to be one of the most important technique realistic image synthesis. This paper proposes a new technique for modeling the weathering of paper. A typical weathering effect of paper is the color degradation due to the exposure to light. This paper proposed a new technical for modeling such color degradation of various paper based on an observational model established through experiments.

### 1. はじめに

全ての物質に備わっている性質として、それを取りまく物理的、化学的な環境に応じて外見や構成が変化する。物をCG表現する際により“らしく”見せるためには「汚れ」や「劣化」の表現は必要不可欠である。

PhotoShopなど、汎用の画像処理ツールを利用して、

手作業で劣化効果を作成することも可能である。しかし、このような方法では、手間と時間がかかるほか、物が置かれてい、特定の環境に合わせて、劣化の経過を連続的に再現することは不可能である。本研究では劣化効果の自動生成ツールの開発を目的とする。

劣化表現の研究として、Julie Dorseyらによる「石の風化」の研究[3]や「金属のさび」の研究[4]がある。本研究では「紙の劣化」を対象としますが、なかでも

特に「紙の変色」についての研究を行う。

## 2. 光による紙の退色

紙は、日光などの光に長時間当たると黄色っぽく変色する。これは、紙の中のリグニンという成分が紫外線によってキノンという物質に変化するからである。[1]

物体の色は光に対する反射率で決定される。例えば、黄色い物体は黄色い波長の光に対する反射率が高いため黄色く見える。紙が変色するときは、紙の表面の青に対する反射率が大きく低下するため、残った赤と緑が強調され黄色く見えるようになる。[1]

### 2.1. 紙を構成するパルプ

パルプとは木材その他の植物から機械的または化学的処理によって抽出したセルロース繊維の集合体のことであり、紙はこのパルプによって構成されている。

本稿では、紙を構成するパルプの色を求め、それを配置していくことで紙の画像を生成する。

図1は代表的なパルプの、各波長の光に対する反射率データを示したグラフである。このデータとCIEの定めるRGB表色系の等色関数から、パルプのRGB値を求めることができる。

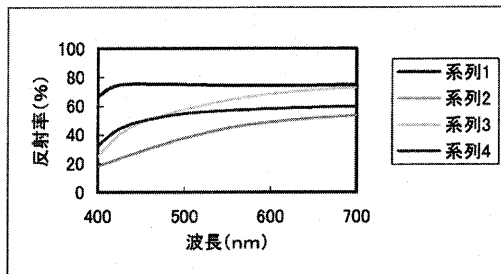


図1. 反射率データ

系列1 = 晒しパルプ 系列2 = 未晒しパルプ  
系列3 = 機械パルプ 系列4 = 古紙パルプ

### 2.2. 白色度

製紙業界では通常、白色度と呼ばれる値で紙

の白さを表す。[1] 白色度とは酸化マグネシウム標準白板の反射率を100%、暗闇の状態を0%として、波長457nmの光に対する紙の反射率を示したもの。

本研究では紙が変色するときの白色度の変化データから457nm付近の光に対する反射率の変化を予測し、紙の色を変化させている。白色度が図2の矢印のように変化するとき、周囲の反射率を①→②→③のように変化させていく。紙が退色する時は500nm以上では反射率の低下が少なく、457nm付近の低下が一番大きい。そのため、このような変化となる。

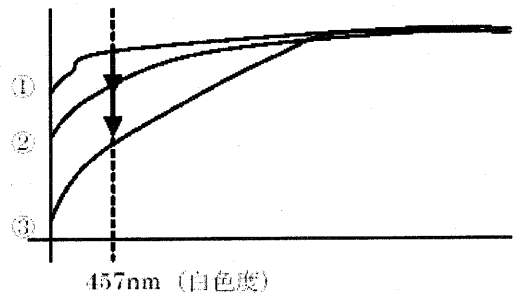


図2. 白色度の変化と反射率データの変化

### 2.3. 光量による退色

文献[2]によると、「短時間強い光にさらされてうける被害と、長時間弱い光にさらされてうける被害は同程度である」とあるので、資料[1]で時間による関数であらわされている退色の度合いを光の量によってあらわすことが可能となる。

またこのことにより、紙の表面に照射される光量の分布を適用すれば、1画素値ごとに退色の度合いを変えることが可能となる。すなわち、紙の表面の一部分に影（光が当たらない部分）ができていたり、紙表面の凹凸によって光の照射が様でない場合の紙の退色を再現することが可能となる。

紙が一定時間に受けた照度(Lux)の総量を

光の総照射量Hとして定義し、この値によって退色の度合いをあらわすHは、照度Lと時間tとの積分によって求められる

$$H = \int L dt$$

\* L = 照度  
t = 時間

### 3. 画像生成アルゴリズム

以下の手順で画像の生成を行う

- ① 紙を構成するパルプの色を求める
- ② 実際の紙に含まれるパルプの割合にしたがって紙画像をつくる
- ③ 実際の紙の表面から凹凸の情報を読み取り、生成した紙画像に凹凸をつける
- ④ 白色度の変化にしたがって退色させる

以下で、新聞紙を例として、画像生成法の詳細を説明する。

#### 3.1 パルプの色を求める

新聞紙は、古紙パルプ約57%、晒しパルプ約43%の割合で構成されている。そこでまず、晒しパルプと古紙パルプの色を求める。(図3)

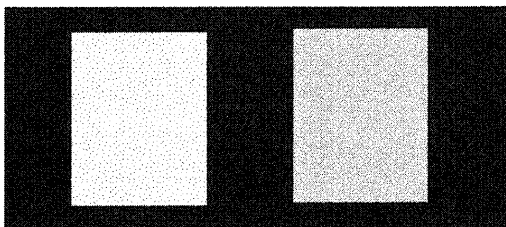


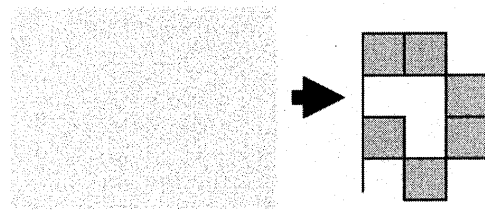
図3.晒しパルプと古紙パルプの色

#### 3.2 紙画像の作成

パルプを配置して、紙を作成していく。

2次元平面上に57:43という確率で、晒しパルプと古紙パルプのピクセルをランダムに

配置し、新聞紙の元となる色を作成する。(図4)



作成した紙画像  
図4.新聞紙の基本色

#### 3.3 紙画像に凹凸をつける

スキャナで取り込んだ、実際の新聞紙の画像から凹凸の情報を読み取り、生成した紙画像に凹凸をつける。(図5)また、今回は新聞紙の画像を生成するので文字のある場所(インクの塗られている場所)も情報として与える。



図5.凹凸と文字情報を与えた画像

#### 3.4 退色させる

紙を構成するパルプを、それぞれの変化率にしたがって退色させる。変化率は紙に照射される光の分布と白色度の変化データからもとめる。

図6の上の画像は紙全体に様に光が当たった場合の退色の結果であり、下の画像は上方に強い光が当たり、下にいくに従って照射される光量が弱くなっていく状況での新聞紙の退色の様子をシミュレートしたものである。



図6.退色させた画像

#### 4.まとめ

今回は一例として新聞紙をとりあげたが、この手法を応用することによって様々な紙の画像を生成することができ、CGによる画像製作などの分野において利用されることが期待できるであろう。またそれだけでなく、例えば晒しパルプ100%で構成された新聞紙の退色をシミュレートするなど現実に存在しない紙の退色を調べたいときにも利用することができる。

#### 5. 今後

今後の課題としてはパルプの配置を3次元的に考慮し湿度による表面の形状変化のモデリング、より詳細な実験データを利用して化学的要因に基づいた劣化画像の作成方法を開発する、などがあげられる。また、温度や湿度が退色に及ぼす影響も考慮しなくてはならない。

#### 謝辞

本研究をおこなうにあたり、あらゆる面でご支援くださりました日本製紙株式会社の河崎雅行氏に深く感謝いたします。

#### 文献

- [1] 大江礼三郎, 岡山隆之, 松原広明, 花村克幸: 紙の劣化とその対策第二法 機械パルプ含有紙の老化, 紙パ技協誌, pp61-68, (1990)
- [2] エドワード・P・アドコック編国立国会図書館、日本図書館協会資料保存委員会訳: 図書館資料の予防的保存対策の原則, (1998)
- [3] Julie Dorsey, Alan Edelman, Henrik Wann Jensen, Justin Legakis, Hans Kohling Pederson: Modeling and Rendering of Weathered Stone, SIGGRAPH'99, pp 225-234, (1999)
- [4] Julie Dorsey, Pat Hanrahan: Modeling and Rendering of Metallic Patinas, SIGGRAPH'96, pp. 387-396, (1996)