

## 仮想銅版画のための油膜の影響を考慮した着色モデルの一考察

## A Study on Coloring Model Considering an Oil Slick Effect for Virtual Copperplate Printing

田崎 大輔<sup>1,2</sup>  
Daisuke TASAKI<sup>1,2</sup>加藤 恵<sup>3</sup>  
Megumi KATOU<sup>3</sup>水野 慎士<sup>4</sup>  
Shinji MIZUNO<sup>4</sup>岡田 稔<sup>2</sup>  
Minoru OKADA<sup>2</sup>

## 1. はじめに

銅版画 [1] は欧州を中心として発達した伝統的な凹版印刷技法のひとつであり、ドライポイント、エンブレッシング、メゾチントなどの多くの製版技法が存在する。それらの制作工程は (1) 製版、(2) インク詰め、(3) インク拭き取り、(4) 印刷、の四工程から構成される。一方、CG による非写実的画像合成法 (NPR: non-photorealistic rendering) の一手法として銅版画の外観的特徴を再現した研究 [2] が報告されている。それに対し筆者らは銅版画の工芸的技法としてのその制作工程を重要視し、工程と現象のモデル化に基づく物理モデル駆動 (PBR: physics-based rendering) による仮想銅版画手法 [3, 4] (以下、従来手法) を提案してきた。

銅版画用の一般的なインクは、顔料と亜麻仁油を練り合わせて作られる [1]。インクは版に詰められた後に布で拭き取られるが、油分は完全に拭き取られずに版面に薄い油膜として残る。この油膜は手の平やコピー用紙などで拭くことで取り除くことも可能であるが、油膜が残った状態で印刷すると灰色の中間調が得られる。このような作品全体の印象にも影響する油膜に関して従来手法 [3, 4] では考慮していなかった。そこで、本稿では油膜に注目し、印刷工程における着色モデルの改善を検討する。実際の印刷実験と仮想銅版画手法による再現実験で、改善モデルの有効性を示す。

## 2. 着色モデル

従来手法では着色モデルを、座標  $\mathbf{X} = (i, j) \in \mathcal{N}^2$  におけるインク拭き取り後に版面に残ったインクの厚さ  $I(\mathbf{X})$  に対して、図 1(a) のように紙色  $M_P$  とインク色  $M_I$  の線型補間として次式で表していた。

$$M(\mathbf{X}) = (1-t)M_P + tM_I \quad (1)$$

$$t = \frac{I(\mathbf{X})}{T(\mathbf{X}) + C_I}$$

ただし、 $M_P$ ,  $M_I$  は Phong の一般拡散反射モデルに用いられる物体特性で、環境光成分、拡散反射成分、鏡

<sup>1</sup>日本学術振興会特別研究員

Research Fellow of the JSPS

<sup>2</sup>早稲田大学大学院情報生産システム研究科

Graduate School of IPS, Waseda University

<sup>3</sup>九州産業大学芸術学部

Faculty of Fine Arts, Kyushu Sangyo University

<sup>4</sup>豊橋技術科学大学情報メディア基盤センター

Information and Media Center, Toyohashi Univ. of Tech.

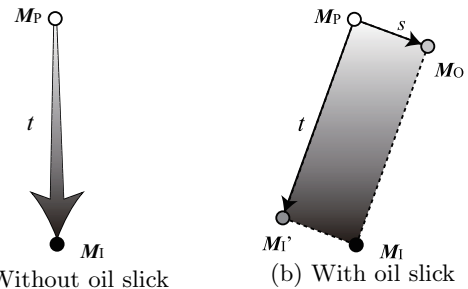


図 1: Coloring models in a color space

面反射成分の値を保持している。これらの値はスキャナで取り込んだ実際の銅版画作品中の各要素の濃淡値を参考にして経験的に定められている。また、 $T(\mathbf{X})$  は紙の繊維構造による凹凸を表現する最大値  $T_{\max}$  のハイトフィールド [4] であり、 $C_I$  はインクの吸収容量である。このモデルでは、油膜の影響を考慮していないため良好な中間調を得られなかった。

着色モデルに油膜の影響を考慮するために、まずインク拭き取り工程における油膜の残り方を定める。油膜の残り方は、本来拭き取りの強さや方向に影響されるが、最終的にはインクを拭き取れなかった箇所に油膜も残ることが多い。そこで近似モデルとして油膜の厚さ  $F(\mathbf{X})$  をインクの厚さ  $I(\mathbf{X})$  から次式で求める。

$$F(\mathbf{X}) = G(\sigma_o)I(\mathbf{X}) \quad (2)$$

ここで、 $G(\sigma)$  は標準偏差  $\sigma$  のガウシアン演算子を表す。次に、印刷工程においてプレス機の圧力により拡散したインクの厚さ  $I'(\mathbf{X})$  を次式で表す。

$$I'(\mathbf{X}) = G(\sigma_I)I(\mathbf{X}) \quad (3)$$

インクと油膜による着色には、図 1(b) に示すように、 $M_P$ ,  $M_I$ , 紙の上に油膜を塗布した際の色  $M_O$ , 油膜の影響を除いた理想的なインク色  $M_I'$  の四色が張る色空間を用いる。また、インク量に対しては  $\gamma$  補正を応用した非線型な着色モデルとし、次式で与える。

$$M(\mathbf{X}) = M_P + t(M_I' - M_P) + s(M_O - M_P) \quad (4)$$

$$M_I' = M_I - (M_O - M_P),$$

$$t = 1 - \left(1 - \frac{I'(\mathbf{X})}{T(\mathbf{X}) + C_I}\right)^\gamma, \quad s = \frac{F(\mathbf{X})}{T(\mathbf{X}) + C_O},$$

ただし、 $M_O$  と  $M_I'$  は  $M_P$  などと同様に物体特性のパラメータを保持し、 $C_O$  は油膜の吸収容量を表す。ま

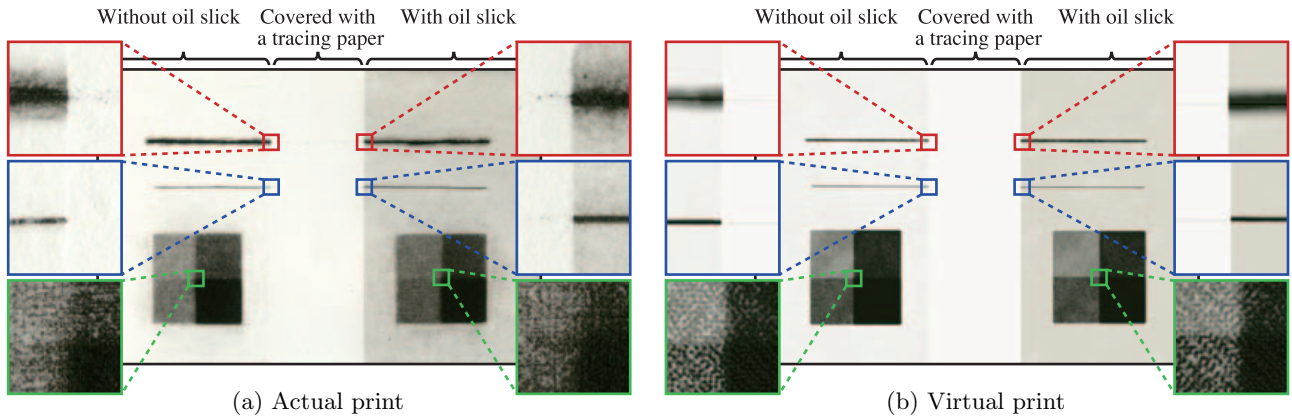


図 2: Experimental result to verify the effect of the oil slick (plate size: 14.6×9.7cm, 0.4 times magnified; color-squared portions: 0.5×0.5cm, 3 times magnified; upper row: by drypoint, middle row: by engraving, lower row: by mezzotint)

た,  $t$  と  $s$  の値域は  $[0, 1]$  の実数であり, 超過した場合は値域内に収まるように値を切り捨てる.

### 3. 実験と考察

油膜の影響を確かめるために, まず実際の銅版画の印刷実験を行った. 実験結果を図 2(a) に示す. 使用した銅版は, 14.6×9.7cm のサイズで, ドライポイント技法とエンレービング技法による刻線を一本ずつ (図 2(a) 中の赤枠と青枠) と, 単純なメゾチントのパターン (図 2(a) 中の緑枠) で構成されている. そして, 布を用いた油膜が残る拭き取りと, コピー用紙も用いた油膜を残さない拭き取りを版面の左右半分ずつに施す. 印刷時には, 部分的に銅版と紙との間にトレーシングペーパーを挟むことで, インクと油膜が全く転写されない箇所が生じるようにした. 図 2(a) の右側を見ると, 布による拭き取りだけでは油膜によって作品全体に中間調が生じている. また, 図 2(a) 中の左側のコピー用紙を用いた拭き取りでは, 中央部と比較して, ほぼ完全に油膜を拭き取ることができていることがわかる.

従来手法に改善着色モデルを適用して図 2(a) を PBR 手法により再現した結果を図 2(b) に示す. 再現実験では  $C_1 = 13\mu\text{m}$ ,  $C_0 = 3\mu\text{m}$ ,  $\sigma_1 = 17\mu\text{m}$ ,  $\sigma_0 = 25\mu\text{m}$ ,  $T_{\max} = 30\mu\text{m}$  とした. ただし, 式 (2) では油膜がインクの周辺のみに残ると仮定しているため, 図 2(a) の右側のような版面全体の油膜を表現できない. そこで今回は, 簡易的に油膜の厚さ  $F(\mathbf{X})$  にバイアスを掛けて版面全体に残る油膜を表現している. 図 2(a) と 2(b) を比較すると, 巨視的に見た場合の油膜による着色は良好に再現されている. 一方, 図 2(a) の拡大図を見ると微視的には紙の繊維構造に沿って油膜が付着している様子がわずかに観察できる. しかし, 図 2(b) ではほぼベタ塗りのようにになっている. 紙の表面の微細形状は式 (4) 中の  $F(\mathbf{X})$  で表現しているが, 二次元中点変位法によるフラクタルを用いて, 紙の繊維構造を単なる凹凸として生成している [4]. そのため, 紙の繊維構

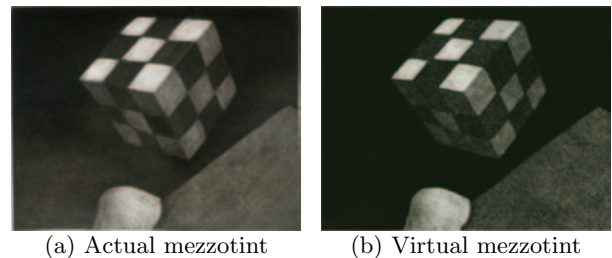


図 3: Experimental result with a handcrafted mezzotint work (Whole images: 8.5×6.6cm, 0.45 times magnified)

造を考慮した油膜の着色モデルを検討する必要がある. 図 2 中の赤枠で示されているドライポイント技法による描線は, 図 2(b) の方が 2(a) よりもにじみが少ない. これはインクと油膜の拭き取りがユーザの意図を反映しにくく, 調節できないモデルとなっているためであり, 今後改善する予定である. また, 実際の銅版画作品に適用した場合の実験例を図 3 に示す. 改善着色モデルによりメゾチントの濃淡階調を良好に表現できた.

### 4. まとめ

本稿では油膜の影響を考慮して着色モデルを改善し, 実際の銅版画の印刷結果を再現することで, 改善モデルの有効性を確かめた. しかし, インク拭き取り工程において, インクと油膜の残り加減を調節するモデルが不十分であるため, ユーザの意図を反映できるモデルを今後検討する. また, 紙の繊維構造の表現と繊維構造に沿った着色モデルも検討する.

### 参考文献

- [1] 深澤幸雄: “銅版画のテクニック”, ダヴィッド社 (1989)
- [2] W. Leister: “Computer Generated Copper Plates”, *CG Forum*, Vol. 13, No. 1, pp. 69–77 (1994)
- [3] D. Tasaki, S. Mizuno and M. Okada: “Virtual Drypoint by a Model-driven Strategy”, *Computer Graphics Forum*, Vol. 23, No. 3, pp. 431–440 (2004)
- [4] D. Tasaki, M. Katou, S. Mizuno and M. Okada: “Physical Model to Achieve Virtual Mezzotint”, *IPSJ J.*, Vol. 48, No. 5, pp. 2012–2022 (2007)