

仮想彫刻と仮想版画: 形状創成と非写実的画像合成の一手法

伊藤寛真[†], 水野慎士^{††}, 岡田 稔^{†††}

[†] 中部大学工学部工業物理学科, ^{††} 豊橋技術科学大学工学部, ^{†††} 中部大学工学部情報工学科

あらまし: 筆者らは従来より (1) 仮想空間操作の一例として実空間における彫刻操作を志向して仮想空間において形状創成を行うための仮想彫刻, さらに (2) それを利用した非写実的画像合成のひとつとして版画画像を生成する仮想木版画, に関する一連の研究プロジェクトを展開してきた. このプロジェクトの特徴として, モデル駆動であること, すなわち, 生成形状や生成画像を得ることのみでなく, 現実世界における工程・操作が反映されており, その生成過程も仮想体験でき, また制作意図が作品に反映できることがあげられる. 本論文では, このプロジェクトの今後の研究指針を得ることを目的として, 現実世界における制作過程とこれまでの研究成果をサーベイして比較・検討する.

Virtual Sculpting and Virtual Woodblock Printing: A Method for Shape Creation and Non-photorealistic Rendering

Hiromasa ITO[†], Shinji MIZUNO^{††} and Minoru OKADA^{†††}

[†] Department of Engineering Physics, College of Engineering, Chubu University

^{††} Computer Center, Toyohashi University of Technology

^{†††} Department of Computer Science, College of Engineering, Chubu University

Abstract: The authors have proceeded with our research project on (1) the Virtual Sculpting; a modeling method to generate geometrical shapes in a virtual space referring to the sculpting process in the real world, and (2) the Virtual Woodblock Printing; a non-photorealistic rendering method to generate woodblock prints based on the first one. For one of the features of the project, we believe that our system is model-driven, namely the system not only is to get a generated shape and a rendered image but also reflects the process and operations in the real world. In this paper, with aiming to obtain the direction of the future researches at the project, we survey the works at the project, and study them by comparison with the process and operations in the real world.

1 はじめに

コンピュータグラフィクス (CG) の一分野として, 彫刻, 粘土細工, 陶芸, 油彩画, 水彩画, 版画などの工芸的あるいは芸術的な作品・作風の模倣を目的とした非写実的画像合成 (nonphotorealistic rendering) が注目を浴びている [1]. そして現実世界におけるそれらの作成過程を,

コンピュータグラフィクス技術を駆使してコンピュータ上で仮想体験をする研究も盛んに行われてきている. それは, バーチャル・リアリティ (VR) の応用分野の拡大とともに, 実用面からも重要性を増してきている. そのための画像生成方式として結果的に生成画像が目的画像の性質を近似するようなゴール志向の生成方式

と実世界における作品生成過程を模擬するモデル駆動による方法に大別される。

筆者らは、仮想空間内での形状創成と画像合成の具体例として、対話的に仮想素材を切削して形状を作り上げる方式 [2], 仮想彫刻 [3] に基づく仮想版画画像のレンダリングの一手法 [4] とその応用 [5][6][7] を研究しており、教育などに応用 [8] されている。本論文では、このプロジェクトの特徴であるモデル駆動をより現実的にするため、また、今後の研究課題を明確にするために、これまでの研究成果をサーベイして比較・検討を行う。ここでは特に日本の伝統工芸である手摺り浮世絵の制作工程と比較する。

2 仮想彫刻・仮想版画システムについて

筆者らによる仮想版画は、実際の木版画と同様に三次元仮想空間内に定義された「版木」、「紙」、「ばれん」を用いて作成する。実際の画面には仮想版木と仮想紙が表示され、仮想紙上でマウスをドラッグさせることにより、ばれんで紙をこする操作を再現する。

本システムは (1) 仮想彫刻 (2) 仮想版画 (3) 版木切削支援 (4) 多版多色仮想版画の 4 つのサブシステムから構成される (図 1)。

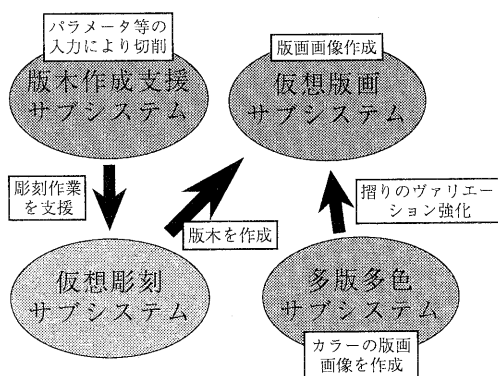


図 1: 各サブシステムの関係

Fig. 1 Relations among subsystems

2.1 仮想彫刻サブシステム

仮想空間における物体操作および自由形状生成の具体例として、対話的に仮想的「素材」

を切削、または付加して形状を作り上げる方式である。このサブシステムは仮想空間内に彫刻素材および仮想彫刻刀が用意され、彫刻刀は 1 個の楕円体または直方体で定義されたものである。彫刻操作としては切削および付加が可能となっている。この仮想彫刻刀の位置をユーザが指定し、素材の一部を切削もしくは付加するという操作を繰り返すことで物体形状を生成する。作成される形状は CSG (Constructive Solid Geometry) で記述される。この仮想彫刻サブシステムの流れを図 2 に示す。

2.2 仮想版画サブシステム

仮想彫刻と同様にして対話的に仮想的「素材」(ここでは仮想の「平板」)を切削、または付加して仮想の版木を作成し、バレン操作を行い版画画像を生成する方式の一実現方法である。本手法による切削形状は実際の彫刻刀による切削形状とよく似た印象を与えるため、仮想彫刻サブシステムで作成した版木、また、その版木を用いて生成された版画画像も実際の木版画によく似ている。この仮想版画サブシステムの流れを図 3 に示す。

2.3 版木作成支援サブシステム

彫刻刀の種類・彫刻刀のサイズ等を主な切削パラメータとし、これらをユーザが指定して自動的に切削を行う手法である。これは、ユーザが切削領域や切削手法の選択・適用を繰り返すことで仮想の版木を作成するというものである。また、画像の特徴量抽出によってパラメータを自動的に得ることで、各種の切削を行う方法を実現した。これは、二次元または三次元の画像を取り込んで、この画像を版木にしてしまう手法である。このサブシステムによって仮想版木を作成するユーザの手間を軽減することが目的である。この版木作成支援サブシステムの流れを図 4 に示す。

2.4 多版多色仮想版画サブシステム

実際の多色摺り版画と同様に、仮想彫刻システムで複数の版木を作成しそれぞれの版を順に合成して一枚の多色摺り版画画像を作り上げる方式である。多版多色仮想版画サブシステムの流れを図 5 に示す。

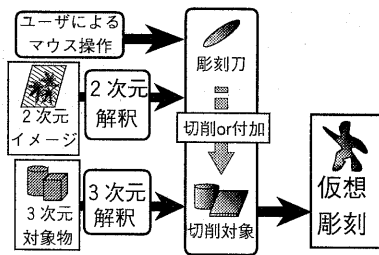


図 2: 仮想彫刻サブシステム
Fig. 2 Virtual Sculpting subsystem

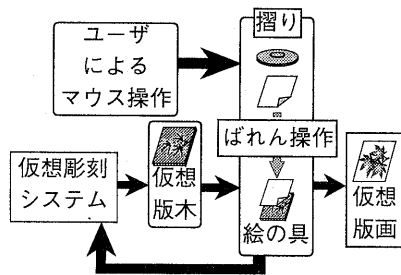


図 3: 仮想版画サブシステム
Fig. 3 Virtual Woodcut Printing subsystem

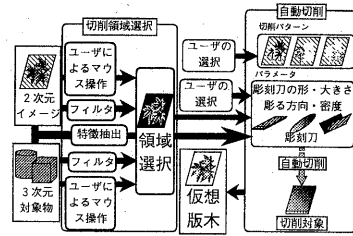


図 4: 版木作成支援サブシステム
Fig. 4 Computer Aided Woodcut Sculpting subsystem

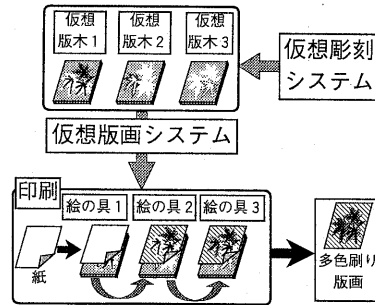


図 5: 多版多色仮想版画サブシステム
Fig. 5 Multi-block and Multi-color Woodcut Sculpting subsystem

3 実際の版画制作工程

現在の仮想彫刻・仮想版画システムは実際の手彫り木版画をある程度モデル化しているものの、現実世界での具体的な制作工程、物理現象に適合しているとは必ずしもいえない。そこで、実際に版画を作る工程 [9][10] と比較しながら本システムの検討を行う。

この研究によって、版画システムにおけるいくつかの不足点を見つけることができる。これらの不足点が今後、仮想版画システムに残されている課題と言えるだろう。これらの課題をひとつひとつクリアしていくことで、版画システムによって生成された画像がよりいっそう実際の版画画像に近付くといえる。手彫り木版画の制作工程は大きく分けると (1) 画工, (2) 彫工, (3) 摺工の三工程からなる。画工には転写の作業が含まれ、摺工には塗りの作業が含まれる。

3.1 画工

画工の工程では、スケッチにより絵の輪郭の部分明確にした版下をつくる。版下を板に転写 (図 6) する場合、左右反転した画像になる。本プロジェクトでは、(1) 版下無し [3][11], (2) 画像入力による自動切削 [12][13], (3) 三次元下絵による方法 [14], が実現されているが、通常の下絵による方式には対応していない。

3.2 彫工

彫工の工程では、彫刻刀が主要素である。彫刻刀 実際の版画では、切り出し刀, 丸刀, 平刀, 三角刀, (図 7) が主に使用されているが、本システムでは丸刀, 平刀が使われている。また、実際の版画では広い部分を彫るためにノミ (図 7) が使われているが、現システムには無いため追加する必要がある。彫る深さについて、現システムは「深く」・「浅く」というボタン操

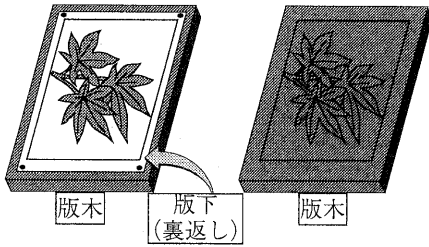
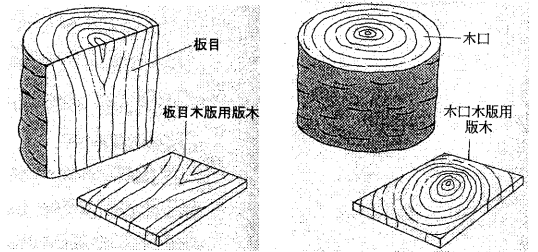


図 6: 転写

Fig. 6 Transferring of draft image



(a) 板目木版

(b) 木口木版

図 8: 版木の木目 (文献 [9] より引用)

Fig. 8 Woodmarks at woodblock

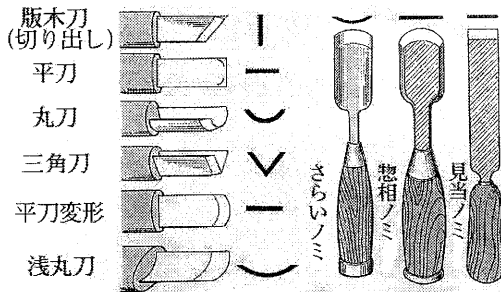


図 7: 彫刻刀とノミ (文献 [9] より引用)

Fig. 7 Chisels for Japanese woodblock printing

作による手法が使われている。また、単に大きさ形状のみでなく、彫り進める等の彫り方そのものの検討を行う必要がある。

3.3 摺工

摺工の工程では、絵の具を塗る時の筆、絵の具の種類について、摺る時は版木の特徴、和紙の種類、ばれんが主要素である。現システムでは「塗り」という工程は含まれていないため、検討する必要がある。

筆 現システムは、紙の裏側全体に絵の具が均一に塗られている状態なので、部分的に塗ることができるようにする必要がある。筆は塗る時に大きさなどの使い分けができるように数種類用意する必要がある。

絵の具 絵の具 [16][17] も効果を考えて使い分けができるように数種類用意する必要がある。多色摺りの場合、色同士のかけあわせ [15][17] がある。この時にみられる効果や、ばれんで摺

る場合の特徴を検討する。実際に筆や版木、版画ローラー等を使い、重ね合わせを行う。絵の具の色データは文献 [18][19] に示されている。

水分量 絵の具にまぜる水の量によって版画の刷り上がりは異なってくる。水分量は、出口ら [20] が検討しシステムに取り入れた。さらに牛田ら [21] が物理モデルを検討している。

版木の特徴 版木は木の種類により、板の固さや水分の吸収率、表面の凹凸、木目があるため摺り上がりに影響を与えるが、現システムでは考慮されていないため実際に絵の具を塗るなどして違いを検討する必要がある。現システムでは板目木版 (図 8-(a)) の木目だけが反映されているが、木口木版 (図 8-(b)) 等の木目の種類を追加する必要がある。特に赤富士として知られる葛飾北斎の富獄三十六景「凱風快晴」(図 9) のように木目そのものを特徴とする作品も見られ無視できない。

和紙の種類 日本の版画では主に和紙が使われていて、種類もいくつかある。それぞれ表面形状 (ざらつき等) や水分吸収率 (絵の具の染み込みやすさ) が異なるので摺り上がり方が変わってくる。紙の性質も考慮されていないので、紙の質感をモデル化する検討が必要である。

ばれん ばれんについては、現システムには何もないので、マウスポインタがばれんの絵に変化したり大きさが変わると良い。

3.4 版画システムの工程との比較

版画システムでは、3 で述べた実際の版画制作過程のうち彫工、摺工の二行程が行われる。

表 1: 実際の版画と現システムの比較

行程	実際の版画	現在のシステム	行程	実際の版画	現在のシステム
画工	スケッチ	×	摺工	筆 (部分的に塗る)	×
	転写	×		絵の具の種類	×
彫工	木目	△ (1種類のみ)		色のかけ合わせ	×
	板の固さ	×		水分量	○ (さらに改良中)
	彫刻刀の種類	○ (要追加)		版木の水分吸収率	×
	彫刻刀の大きさ	○ (変更可能)		版木の表面凹凸	×
	ノミ	×		木目	△
	彫る深さ	○ (変更可能)		和紙のざらつき	×
	彫り方	×		和紙の水分吸収率	×
				ばれん	△ (大きさ一定)

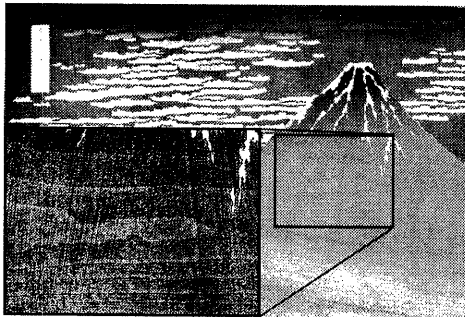


図 9: 葛飾北斎-富嶽三十六景「凱風快晴」
Fig. 9 Grain of wood in the HOKUSAI

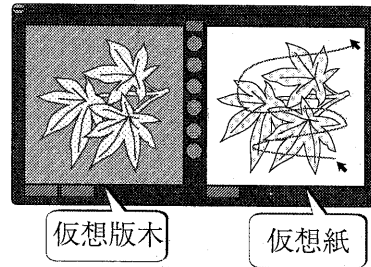


図 10: 仮想版画システムの摺工過程
Fig. 10 Printing process of the system

3.4.1 彫工過程

仮想版画システムによる彫りの作業は、版木に何も書かずに、いきなり彫刻刀で彫るというものである。このシステムでは実際にはできない仮想空間ならではの機能がいくつか組み込まれている。まず、切削だけでなく付加することができる点、次に間違えてしまっても復元ができる点である。また、円形状に切削する彫刻刀が組み込まれている。

3.4.2 摺工過程

版画システムによる摺りの作業は、マウスをばれんの代わりにしドラッグ作業により摺るもの(図 10)である。木目と水分量については組み込まれているが、ばれんの大きさは一定であり多くの改善点がある。

4 考察

現在のシステムが持つ主要な問題点は彫工における彫刻刀のバリエーションと彫り方そのもの、また摺工における摺りの物理モデルである。

モデル駆動を特徴とする本プロジェクトとしては、絵の具の付着とその効果、多数の絵の具による重ね合わせの効果が重要である。また、画工過程全般を追加、板、絵の具、紙における質感のようなモデルを取り入れることが必要であるといえる。実際の版画と仮想版画システムの比較を表 1 にまとめる。このように作る過程を一つ一つ見ていくと、システムでは補いきれていない作業行程がいくつも見つかる。今後も技術的な彫りや摺りを検討していくことで、システムを充実させることができる。

5 まとめ

本論文では、これまでの仮想彫刻・仮想版画プロジェクトを実世界での手摺り木版画の制作工程と対比しながらサーベイした。

その結果、本プロジェクトの重要な今後の指針が得られた。

本研究では、一般ユーザが自由に彫刻や版画をパソコン上で楽しめるようにすることを目的とし、今後、より使い易いシステムを目指して作成する予定である。また、このシステムが教育等で利用されるようになれば幸いである。

参考文献

- [1] 大野義夫: “フォトリアルでないCG画像表現の手法について”, 情処研報, グラフィクスとCAD, 95-CG-76-1, pp. 1-7 (1995)
- [2] S. Mizuno, M. Okada, J. Toriwaki: “An Interactive Designing System with Virtual Sculpting and Virtual Woodcut Printing”, *Computer Graphics Forum*, Vol. 18, No. 3, pp. 184-193, 409 (1999)
- [3] 水野慎士, 岡田稔, 鳥脇純一郎, 横井茂樹: “仮想彫刻—仮想空間における対話型形状生成の一手法”, 情処論, Vol. 38, No. 12, pp. 2509-2516 (Dec. 1997)
- [4] 水野慎士, 岡田稔, 鳥脇純一郎: “仮想彫刻システムを用いた版画画像の生成”, 画電学誌, Vol. 26, No. 4, pp. 325-332 (1997-8)
- [5] 金 [王景] 垠, 横井茂樹, 岡田稔, 鳥脇純一郎: “半空間プリミティブと3値論理代数系に基づく多面体の記述”, 情処論, Vol. 38, No. 8, pp. 1583-1592 (1997-8)
- [6] 伊藤寛真, 水野慎士, 岡田稔: “仮想彫刻・仮想版画の複合システムの構築”, 平12東海連大, No. 742, p. 371 (2000-9)
- [7] S. Mizuno, A. Kasaura, T. Okouchi, S. Yamamoto, M. Okada and J. Toriwaki: “Automatic Generation of Virtual Woodblocks and Multicolor Woodblock Printing”, *Computer Graphics Forum*, Vol. 19, No. 3, pp. C51-C58, C521 (Aug. 2000)
- [8] S. Mizuno, M. Okada and J. Toriwaki: “Virtual Sculpting and Virtual Woodblock Printing as a Tool for Enjoying Creation of 3D Shapes”, *FORMA*, Vol. 15, No. 1, pp. 29-39 (May 2000)
- [9] 北岡文雄: “「木版画」間接法芸術としての彫りと摺りのテクニック”, 創元社 (1979)
- [10] 樋口二葉: “浮世繪と板画の研究—浮世繪板画の画工彫工摺工—”, 青裳堂書店 (1983)
- [11] S. Mizuno, M. Okada and J. Toriwaki: “Virtual Sculpting and Virtual Woodcut Printing”, *Visual Computer: Int'l J. of Computer Graphics*, Vol. 14, No. 2, pp. 39-51 (1998-6)
- [12] 大河内俊雄, 岡田稔, 水野慎士, 鳥脇純一郎: “仮想版画—自動切削による仮想版木作成支援と多版多色刷りの検討”, 信学論 D-II, Vol. J83-D-II, No. 12, pp. 2698-2706 (2000-12)
- [13] S. Mizuno, A. Kasaura, M. Okada, S. Yamamoto and J. Toriwaki: “Automatic generation of woodblocks for virtual printing”, *Proc. of ICPR2000*, Vol. 4, pp. 459-462 (Sept. 2000)
- [14] 水野慎士, 大河内俊雄, 岡田稔, 鳥脇純一郎: “濃淡画像及び三次元モデルに基づく仮想版木の自動合成法”, 情処論, Vol. 40, No. 10, pp. 3483-3492 (1999-10)
- [15] 薮腰梨里, 水野慎士, 岡田稔, 吉村ミツ: “多版多色刷り仮想版画における色の分解と合成”, 平12東海連大, No. 740, p. 370 (2000-9)
- [16] 久世利郎: “画材全科—油彩・水彩・デッサン&スケッチ—”, グラフィック社 (1995)
- [17] 鈴木輝實: “透明水彩混色教室—すぐに役立つ色づくりの実技—”, グラフィック社 (1999)
- [18] 福田邦夫: “ヨーロッパの伝統色—色の小辞典—”, 読売新聞社 (1988)
- [19] 福田邦夫: “日本の伝統色—色の小辞典—”, 読売新聞社 (1987)
- [20] 出口徹, 水野慎士, 岡田稔, 鳥脇純一郎: “仮想版画の摺り操作における着色量とにじみの検討”, 第60回情処全大, 3ZA-09 (2000-3)
- [21] 牛田明秀, 水野慎士, 岡田稔, 出口徹: “仮想版画における物理モデルの導入と評価”, 平12東海連大, No. 741, p. 371 (2000-9)