

# 版画の作成を目的とした版木の形状計測手法の提案

山口 晃弘<sup>†</sup>

齋藤 豪<sup>‡</sup>

高橋 裕樹<sup>†</sup>

中嶋 正之<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 東京工業大学 情報理工学研究科,

<sup>‡</sup> 東京工業大学 精密工学研究所

{ayama, rocky, nakajima}@img.cs.titech.ac.jp, suguru@pi.titech.ac.jp

文化遺産的に貴重である摺られたことのない版木を使って、実際に摺ることなく、版画を生成したいという要求が存在する。このことを実現するには、現在の印刷性能程度の非常に高精度な版木の形状データが要求されるが、従来の3次元計測装置では要求精度を満たすことは難しく、また容易に計測することはできない。そこで本稿では、イメージスキャナの計測能力の高さと計測の容易さに着目し、スキャナを用いた版木の形状計測手法を提案する。スキャナの上に縞パターンが入った透明スペアレンスシートを固定し、版木をその上に置き撮影する。スキャナは光を照らしながら撮影するので、版木の切削領域のみに縞の影が生じる。この影から得られる情報を用いることで、版木の形状を計測することを可能にする。

## A Proposal of the Technique for Measuring Shape of Woodcut

Akihiro YAMAGUCHI<sup>†</sup> Suguru SAITO<sup>‡</sup> Hiroki TAKAHASHI<sup>†</sup>

Masayuki NAKAJIMA<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Graduate School of Information Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology.

<sup>‡</sup>Precision and Intelligence Laboratory, Tokyo Institute of Technology.

{ayama, rocky, nakajima}@img.cs.titech.ac.jp, suguru@pi.titech.ac.jp

### Abstract

A requirement to produce a woodcut printing from a woodcut, which was created by a great artist, but which has never been printed, exists without actual printing. Data of the shape of the woodcut is demanded to realize this. However it is difficult to measure with our expecting accuracy by 3-D measurement systems. We focus attention to a measuring ability of the image scanner and its easy operation. In this paper we describe a proposal of the technique for measuring shape of woodcut by using a image scanner. A transparent sheet which has a stripe pattern is fixed onto the scanner plane, and a woodcut is put on that, images are captured by a flat movement of the woodcut. The shadow of the stripe appears only in the cutting area of the woodcut because the scanner takes pictures with illuminating by a light. Iwe measure the shape of the woodcut by using the shadow information.

## 1 はじめに

近年、デジタルアーカイブと呼ばれる国宝級美術工芸品や建造物といった貴重な文化遺産をデジタル情報の形で保存・蓄積し、後世に伝えようという試みが広く認識され、国家プロジェクトとしても注目を浴びている [1][2]。版画館・美術館には有名な版画家の版木が保存されており、その中には摺られたことのない版木も含まれている。そのため、これらの版木から、版画を生成したいという要求が存在するが、文化遺産的に貴重なことから、実際に摺ることはできない。

このことから、本研究では、計算機上で実存する版木に忠実に基づいて版画画像を生成し、印刷することで高精細な版画を再現することを目的とする。このことを実現するためには、(1) 版木の形状計測、(2) 形状データに基づく版画画像の生成、という二つの課題が発生する。

関連研究として、木版画風の画像の生成に関する研究が挙げられる [citewoodcutPrinting1](#)[4][5]。その中には、仮想彫刻システム [6] を用いて人が対話的に 3 次元仮想空間内に作成した仮想版木に基づいて、画像を作成するものや [3]、濃淡画像や 3 次元形状モデルから自動的に仮想版木を作成し、画像を生成する研究も報告されている [4]。一方、実存する版木に基づいて版画画像を生成する研究は報告されていない。

高精細な版画を再現するためには、現在の印刷性能から数百～数千 dpi 程度の非常に高解像度な版木の形状計測データが要求される。しかしながら、要求精度を満たす 3 次元計測手法は高額な計測装置や撮影準備を必要とするため、手軽に計測することは難しい。そのため、版木を正確に計算機に取り込める手軽で安価な方法が望まれる。

そこで本稿では、イメージスキャナの計測能力の高さ、計測の手軽さに着目し、スキャナを用いた版木の形状計測手法を提案する。以下、2. 節では従来の 3 次元計測における提案手法の位置づけについて述べ、3. 節では提案手法について説明する。4. 節で提案手法に関する実験結果を示して、考察を行い、5. 節で結論を述べる。

## 2 提案手法の位置づけ

3 次元の形状計測は、対象物を撮影した一般的な画像の光の情報を元に距離計測を行う受動的計測法と、計測装置から対象物に光や電波、音波等を照射してその反応から対象物の形状を計測する能動的計測法に分類され [7]、一般的に能動的計測法の方が計測精度、計算コストなどの面から広く用いられている。例えば、従来研究として鎌倉大仏をデジタル保存しようという試みがなされており [2]、計測機器には高精度レーザーレンジセンサ [8] が用いられている。レンジセンサは、レーザ光線を対象物に照射し、反射して戻ってくるまでの時間により対象物までの距離を計測する光レーダ法を利用しており、対象物に接触することなく計測を可能にしている。

版木の測定には、レーザ光源 (スポット光) とカメラを用いて三角測量の原理で距離を計測するアクティブステレオ法や、スポット光の代わりに線状のスリットパターン光を投影する光切断法を用いた測定が計測精度の点から適していると考えられるが、高額な専用撮影機材を用意する必要があることや撮影準備に時間がかかるという理由から、手軽に計測することは難しい。

本稿で提案する計測手法は、イメージスキャナと縞パターンが入ったトランスベアレンスシート (OHP 用紙) を用いて、パターン光を投影して形状を計測する能動的計測法である。パターン光は、スキャナの撮影時に照射される光が縞パターンを介して投影される。従来手法のようにパターン光を投影するプロジェクタを必要としないため、本提案手法では、撮影準備の手間や時間が全くかからない。また、スキャナの計測精度はデジタルカメラと比較しても非常に高く、本研究での要求精度を十分に満たす。スキャナは一般的な家庭にも広く普及していることから分かる通り、手軽に扱うことのできる安価な撮影機器であり、経済コストの面でも優れている。

スキャナを利用した形状計測の従来研究には、書籍表面の 3 次元形状復元の報告がされている [9]。撮影画像の濃度情報から物体の 3 次元形状を計測する Shape from Shading 法を利用しているが、書籍表面のようにスキャナのガラス面に垂直な面と直交する書籍の断面形状は一定であるという制約があるため、切削部分を持つ版木の計測に適用することはできない。そこで、また、Shape from Shading 法は受動的

計測法であり，本提案手法のようなスキャナを用いた能動的計測法は我々の知る限り従来には報告されていない．

### 3 計測手法

#### 3.1 計測の原理

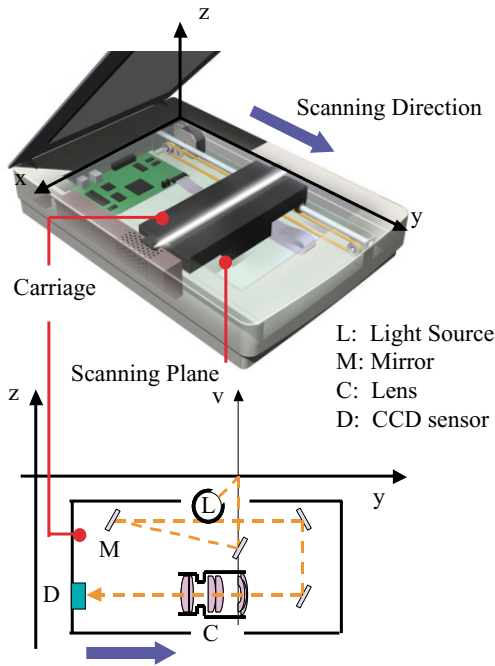


図 1: イメージスキャナの構造 (参考文献 [10] より引用)

図 1 に示すようなフラットベッド型イメージスキャナには，水平なガラス面 (*Scanner Plane*)，画像を線状に読み取るキャリッジ (*Carriage*) と呼ばれる装置がある．キャリッジは，蛍光管 (*L*)，ミラー (*M*)，レンズ (*C*)，CCD センサ (*D*) から構成されており，その移動方向とガラス面は平行である．また，以降の説明のために図 1 に示す直交座標系を定義する．撮影開始点を原点とし，*x* 軸はキャリッジに平行，*y* 軸はキャリッジの移動方向に平行であり，*z* 軸はスキャナ面と直交する．

スキャナは，*x*-*y* 平面と垂直面 *v* との交線上を蛍光管 (*L*) が照らし，CCD センサ (*D*) により 1 次元画像  $P(x)$  を得る (主走査)．そして，*y* 方向にキャリッジを移動させながら  $P(x)$  の系列を並べることによ

て (副走査)，2 次元画像  $P(x,y)$  を得る [9]．

ここで，蛍光管 (*L*) が図 1 に示すようにスリット状に撮影対象を照らすことに注目する．*x* 軸に平行な縞パターンが入ったトランスペアレンスシート (OHP 用紙) をガラス面上に固定して版木を撮影すると，蛍光管 (*L*) による光は透明なトランスペアレンスシート上の縞パターンを介して，縞パターン光を版木に投影する．このとき，撮影画像には，切削部分 (正確には，ガラス面から離れている表面) にも，図 2 に示すような縞パターンによる影 (以降，単に影と表記したときはこの影のことを指す) が生じる．

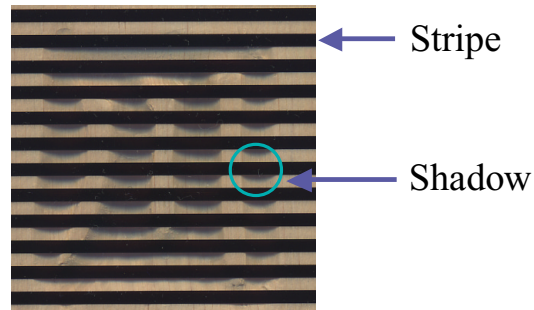


図 2: 切削部分に生じた影の一例

ここで，以下の仮定をする．

- (I) スリット幅は十分に小さいものと考え，光源 (蛍光管) は線光源とする．
- (II) 画像中の *i* 番目の縞パターンの領域と *i* 番目の影の領域は連続し，*i* 番目影の領域と (*i*+1) 番目の縞パターンの領域は連続しない．
- (III) ガラス面に対する光源の照射角度  $\phi$  は与えられており，切削部分の底への照射角度も  $\phi$  と近似できる．
- (IV) トランスペアレンスシートの厚さは，無視できる．

このとき，図 3 に示すように影幅  $w$  を求めることができれば，切削部分の深さ  $d$  は，

$$d = w \times \tan(\phi) \quad (1)$$

で求まる．

また，仮定 (2) を保証するために，版木の切削部分の最大の深さを  $d_{max}$  としたときに，トランスベ

アレンシート上の縞パターンの幅  $W_b$  と間隔  $W_p$  は、

$$\frac{d_{max}}{\tan(\phi)} < W_p \quad (2)$$

$$\frac{d_{max}}{\tan(\phi)} < W_b \quad (3)$$

を満たす最小値を設定する．式 (2) は、 $i$  番目の縞パターンの領域と  $i$  番目影の領域の連続性、式 (3) は、 $i$  番目の影の領域と  $(i+1)$  番目の縞パターンの領域の不連続性を保証する．

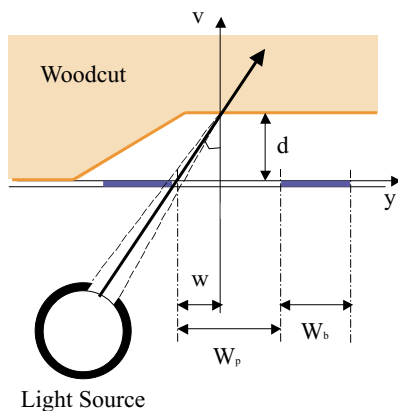


図 3: 計測の原理

## 3.2 計測手法

影幅を求めるには、縞パターンと影の境界線を推定し、境界線から影の輪郭線までを追跡し、距離を算出すればよい．以下で具体的な処理手順について述べる．

### 3.2.1 前処理

スキャナにより撮影した画像  $F_1$  を、縞パターンと影の領域、その他の領域に分割するために、輝度値におけるしきい値処理を行い、2 値画像  $F_2$  を生成する．しきい値は、経験的な値によって決められる．その後、ノイズ除去のために、メディアンフィルタによる平滑化を行う．

### 3.2.2 境界線の検出

図 4 に示すように、版木の非切削部分上の縞パターンの両端を各々含む矩形領域  $R_1, R_2$  に対し、 $y$  軸方向の差分によるエッジ検出オペレータを用いて、縞パターンの部分的な輪郭線を抽出する．この部分的な輪郭線の情報に基づいて Hough 変換を行い、縞パターンの輪郭直線を検出する．そして、影が生じる側の輪郭直線を縞パターンと影の境界線とする．

### 3.2.3 影幅の算出

検出された境界線を構成する画素  $(i, j)$  から、各々  $y$  軸の正方向に影の輪郭線の画素  $(i+sum+1, j)$  を発見するまで走査する．このとき、スキャナの撮影解像度を  $r[\text{dpi}]$  とすると、影幅  $w_{mm}$  は、

$$w = sum \times \frac{25.4}{r} \quad (4)$$

で計算される．

そして、式 (1) に  $w$  を代入することで、切削部分の深さ  $d$  が求まる．

### 3.2.4 位置合わせ

版木の全体的な形状を計測するには、版木上の縞パターンの投影位置を変化させて撮影する必要がある．そのため、要求分解能を  $res_{mm}$  としたとき、版木を  $y$  軸の方向に  $res_{mm}$  刻みで水平移動させて  $\frac{W_p+W_b}{res}$  回撮影する．そして、版木の向きを  $z$  軸を回転軸として 90 度回転し、同様に  $\frac{W_p+W_b}{res}$  回撮影する．総計  $2 \times \frac{W_p+W_b}{res}$  枚の画像が得られる．

しかしながら、各々の撮影画像中の版木の位置は異なるため、複数の画像から得られる版木の形状計測点を、一枚の基準となる画像上の座標系に変換する必要がある．そのため、版木の四隅に図 4 に示すように円のマーカを付けて撮影し、マーカに基づいて位置合わせを行う．

### 3.2.5 2 次元計測

本提案手法は 3 次元計測手法であるが、版木にどのような絵が彫られているのかのみを知りたい場合には、版木の切削部分と非切削部分の領域の 2 次元

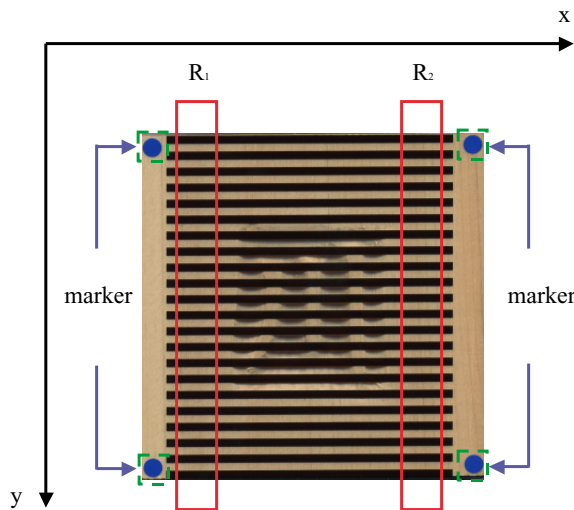


図 4: 版木の撮影画像

的な位置を計測できればよい。

(V) 版木の全ての非切削部分はガラス面に接している。

という仮定をすれば、複数の撮影画像の 2 値画像  $F_2$  から影領域のみを抽出し、位置合わせをして影領域を重ね合わせることで実現できる。この計測を、本提案手法における 2 次元計測として位置づける。

」まで途中です。書こうとしていることは、位置合わせの方法と 2 次元計測について触れようと思っています。

## 4 実験と考察

棟方志功が生前に彫った貴重な版木に対して、本提案手法を適用して 2 次元計測を行った。版木は摺られたことのない状態で「棟方志功美術館」(神奈川県鎌倉市)に所蔵されており、表裏両面ともに彫られている(図 5)。版木の大きさは、縦 455×485mm である。

### 4.1 版木の撮影

撮影する版木の大きさから、A0 用の業務用スキャナを使用する。撮影する際の解像度は 400dpi とし、トランスペアレンスシートには、縞パターン

幅  $W_b = 2.5\text{mm}$ 、間隔  $W_p = 2.5\text{mm}$  の青色の縞パターンを印刷する。マイクロメータを用いて 0.25mm 刻みで版木を水平移動させ、表面を 2×10 回、裏面を 2×10 回の総計 40 回撮影する。また、本実験で用いる版木は、縞パターンを推定するための非切削部分がないため、白色の鉄板を版木の上に置いて撮影した。

### 4.2 実験結果及び考察

版木(表裏両面)の撮影時間は約 5 時間であり、計測処理の時間は約 6 時間であった(ユーザの作業時間、休憩時間も含める)。計測結果を図 6 に示す。切削部分が白色であり、非切削部分が黒色である。

図 6 から版木の切削部分が抽出されていることがわかり、概ね良好な結果を得ることができた。しかしながら、部分的には非切削部分と見られる領域が切削部分とご抽出されてしまうところが見られた。これは、版木が反っているために生じてしまったと考えられる。このことから、版木が反っている場合には 3 次元計測を行い版木の形状データを取得し、そのデータを用いて版画を生成する手法が最も適していると考えられる。また、撮影画像から版木が 0.25mm 刻みで水平移動させることができていることがあっても分かり、マイクロメータのみで版木を正確に水平移動させることは難しいと考えられる。



図 5: 実験に用いた版木(左から表面と裏面)

## 5 むすび

本稿では、イメージスキャナを用いた版木の形状計測手法について述べた。スキャナのガラス面上に



図 6: 本手法を用いた 2 次元計測の結果

縞パターンが入った透明シートを固定して撮影した版木の画像から，版木の形状を計測する手法を提案した．棟方志功が生前に彫った貴重な版木に対して，本提案手法を適用して 2 次元計測を行った．実験の結果から，版木の切削部分と非切削部分の領域の 2 次元的位置を計測することを示した．また，スキャナの利点を活かして高解像度に，手軽に計測できることを確認した．

今後の課題として，版木を正確に水平移動させる装置を使用しての 3 次元形状計測の実験，本手法の計測手法の精度の定量的な評価，及び本手法により得られた版木の形状データから版画を再現する手法の検討などが挙げられる．

## 謝辞

貴重な版木の撮影の許可を頂いた棟方志功美術館に感謝する．撮影に協力頂いた NHK 青森放送局に感謝する．

## 参考文献

- [1] 池内克史，倉爪亮，西野恒，佐川立昌，大石岳史，高瀬裕，： “The Great Buddha Project， -大規模文化遺産のデジタルコンテンツ化-”，日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.7, No.1, (2001).
- [2] 倉爪亮，西野恒，佐川立昌，大石岳史，高瀬裕，池内克史： “Great Buddha Project -観察に基づく文化遺産のデジタル保存-”，情報処理学会人文科学とコンピュータシンポジウム, (2001).

- [3] 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”，画像電子学会論文誌, Vol.26, No.4, pp.325-332, (1997).
- [4] 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”，情報処理学会論文誌, Vol.40, No.10, pp.3483-3492, (1999).
- [5] 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-”，電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol.J83-D-II, No.12, pp.2698-2706, (2000).
- [6] 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”，情報処理学会論文誌, Vol.38, No.12, pp.2509-2516, (1997).
- [7] 末松良一，山田宏尚： “画像処理工学”，コロナ社, pp.179-189, (2000).
- [8] Leica Geosystems 社： “レーザースキャニングシステム” <http://www.leica-geosystems.com/jp/>
- [9] 浮田浩行，小西克信，和田俊和，松山隆司： “固有空間法を用いた陰影情報からの書籍表面の 3 次元形状復元”，電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol.J83-D-II, No.12, pp.2610-2621, (2000).
- [10] “イメージスキャナ(フラットヘッド)の構造” <http://kyoiku-gakka.u-sacred-heart.ac.jp/jyouhou-kiki/1305/1305-1-B.jpg>