T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題	やまと絵・浮世絵的表現のための透視投影・正投影・斜投影の統合投影法
著者	吉村 藤子, 山本 百合, 齋藤 豪
出典	Visual Computing / グラフィクスとCAD合同シンポジウム 2016 予稿集
発行日	2016, 6
権利情報	本著作物の著作権は一般社団法人画像電子学会に帰属します。

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

やまと絵・浮世絵的表現のための透視投影・正投影・斜投影の統合投影法

Unification of Perspective, Orthographic and Oblique Projections for Yamato-e and Ukiyo-e Style

吉村藤子 †　山本百合 †　齋藤豪 ‡

Fujiko YOSHIMURA†, Yuri YAMAMOTO† and Suguru SAITO‡

† お茶の水女子大学　理学部情報科学科

† Department of Information Sciences, Ochanomizu University

‡ 東京工業大学　情報理工学院

‡ School of Computing, Tokyo Institute of Technology

E-mail: ‡ suguru@c.titech.ac.jp

1　はじめに

3 次元の立体空間を 2 次元の平面空間に変換する描画行為は古来より行われてきた。西洋絵画では、ルネサンス期に透視投影による遠近法が確立し、幾何学に基づいた描き方がなされるようになった。一方、日本では、平安時代にやまと絵と呼ばれる様式が確立した。やまと絵は、水平方向に関しては高い視点からの俯瞰視で描かれ、鉛直方向に関しては水平視で描かれている。このように二種類の視点と斜投影を交えた構図のことを菅原は斜め構図と呼んでいる [1]。

西洋の幾何学的遠近法は、江戸時代中期 18 世紀中頃に日本に伝わったとされ、単一の視点からの透視投影で一つの絵画作品を描くことは物珍しさから「浮絵」として流行した。しかし、完全な透視投影を用いることは広まらず、不完全な透視投影や正投影、やまと絵からの伝統技術である俯瞰的斜投影などを混用した浮世絵が描かれるようになっていった [2]。

CG では、3 次元空間データを投影変換行列を用いて空間全体に対して単一の透視投影や正投影を行い、遠近感のある画像を生成することが一般的である。これを高橋らは単視点投影図と呼び、一方で空間を分割して複数の投影法を組み合わせて用いることを多視点投影法と呼んでいる [3]。多視点投影は自由度が高く、説明性の高い像を制作することが可能であり、その作成支援法 [4] も提案されているが、直線を保存した投影結果となることは保証されていない。

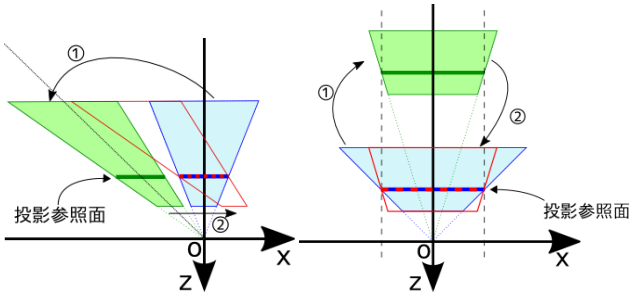
19 世紀の浮世絵の風景画の構図は、画面の左右がそれぞれ消失点を持つ傾向にある [5] という、多視点投影であることが指摘されているが、3 次元空間の直線が直線として保存される直線性と、3 次元空間での鉛直線が 2 次元の像でも鉛直方向を向いている鉛直性の 2 つの浮世絵の特徴を CG で生み出すには、単視点投影法を適切に利用することが効果的であると考える。

そこで、3 次元シーンデータを浮世絵らしく投影できるよう透視投影、正投影、斜投影を組み合わせた投影変換の変数を直感的に決定することが可能な手法を提案する。

以下、投影行列を決定する変数と、それら変数を直感的に操作するためのユーザインタフェースについての説明を行い、評価実験から浮世絵的投影を容易に得られることを示し、最後にまとめを述べる。

2　提案手法

2.1　投影変換



(a) せん断量の変更　(b) 焦点距離の変更

図 1: 画角とせん断についての視錘台の模式図

浮世絵的な投影の効果を得るための、任意の角度での斜投影と任意の画角での透視投影が行えるような投影変換も、OpenGL[6] のような 3D 表示ライブラリで一般的に用いられる透視投影変換行列の一種により可能であり、図 1(a) のように、投影スクリーン中央を通る光軸がスクリーン面と垂直であるとは限らない投影を許容することで実現できる。

視錐台の 4 側面が同時に交差する点、つまりカメラ位置を原点であると仮定し、回転は生じないとするとき、視錐台をクリッピングするための立方体へと変換する透視投影変換行列は一般に 6 つの変数で決定できる。

本手法では、画面の奥・水平方向と奥・垂直方向の 2 つのせん断変形量、焦点距離、投影参照面の位置の 4 変数で投影方法を制御する。**投影参照面**とは、図 2〜図 4 で画像中に半透明の灰色で表されている、描画対象空間に設置した画面と平行で画面の縦横比と同一のある大きさの面であり、投影の基準となる面のことである。

図 1 は視錘台を模式的に平面で表現したもので、投影参照面は太線で表されている。せん断量を変更すると、カメラに写っているところが図 1(a) での青色の部分から緑色の部分へと変わる（矢印 1）。このとき、見ていた場所が変わってしまうので、投影参照面が動かないようにせん断してずれた分だけカメラ位置を平行移動する（矢印 2）。結果、写るのは同図の赤線に囲まれた部分である。同様に、投影参照面の大きさが変わらないように焦点距離を変更すると、写っているところが同図 (b) での青色部分から緑色部分へと変わる（矢印 1）。見ている場所が変わらないように、もとの投影参照面の位置に合わせてカメラ位置を平行移動する（矢印 2）。こうして、実際に写るのは図 1 の赤線に囲まれた部分である。

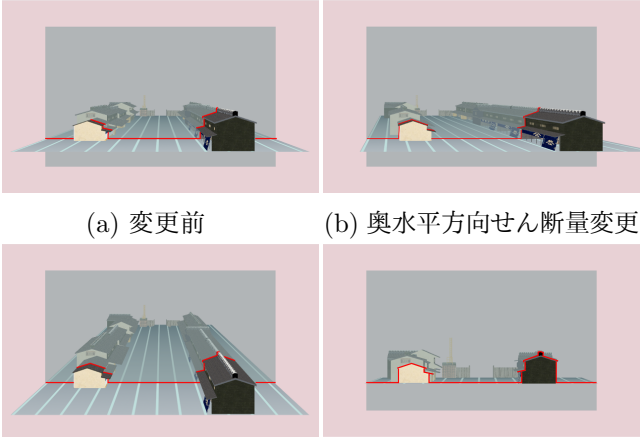
以上のように、注目している場所を投影参照面として明確化することで、その場所を基準に投影変換に関する変数を連続的に変更し決定することができる。（上記の詳細は別添の付録 A を参照のこと）

2.2 インタフェース

前項で述べた投影変換のための 4 変数を直感的に決定できるユーザインタフェースを提供する。2 つのせん断量は画面上でのドラッグ操作による移動ベクトルにドラッグ開始点の奥行き値と投影参照面の奥行き値の差を定数倍した値を掛けたベクトルによって変化させる。焦点距離と投影参照面の位置は画面上のドラッグ操作による移動量によって変化させる。上記操作により、図 2(a) から変化した投影像が同図 (b)(c)(d) である。これらの操作を行っても、図 1 で示した自動的な平行移動がおこなわれるため、投影参照面と建物との断面の形状が変化していないことがわかる。

せん断量を大きくしたとき、斜めになった分だけ奥行き方向が伸びてしまうような印象を受けるので、それを打ち消すようにせん断量に合わせて奥行き方向を自動的にスケーリングするユーザー任意のモードを用意した。これにより、図 3 のような効果が得られる。なお、スケーリングの有無を切り替えた時にも、投影参照面上での像は変化しない。

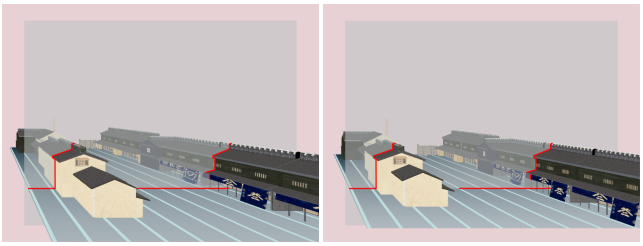
奥行き方向とは別に、画面上での縦横方向のスケーリングも可能としている。投影参照面も一緒に縮小拡大するので、このときのみ、投影参照面上での見え方は変わる。



(a) 変更前　(b) 奥水平方向せん断量変更

(c) 奥垂直方向せん断量変更　(d) 焦点距離変更

図 2: 投影変換の変数の変更とその効果



(a) スケーリングなし　(b) スケーリングあり

図 3: せん断時の奥行き方向のスケーリング効果の比較

投影変換の変数とは別に、ユーザは図 4 のようにカメラの位置と方向も指示できる。ユーザからのカメラ移動の指示は現在の位置に対する相対的な平行移動量としている。これにより、投影の仕方の変更に伴い生じる自動的なカメラ位置の変更がユーザのカメラ移動指示時に混乱を生じさせることがなくなる。なお、このとき投影参照面はカメラとの位置関係を保つように動く。

カメラの方向を変更する際、回転中心の位置をカメラ位置とすると、カメラ位置は投影の仕方を変更する際に自動的に変化してしまうためユーザに混乱を生じさせてしまう恐れがある。本手法では、回転中心は投影参照面の中央とする。投影参照面の中心は投影変換の変数を変更しても移動せず、混乱させないと考えられ、また投影参照面はシーンの主題の位置に置かれることが多いと思われるからである。なお、回転は垂直軸を中心としたものに限定している。このようにすることで、投影変換によって鉛直線が鉛直線でなくなる投影変換を生じなくしている。（上記の詳細は別添の付録 B を参照のこと）

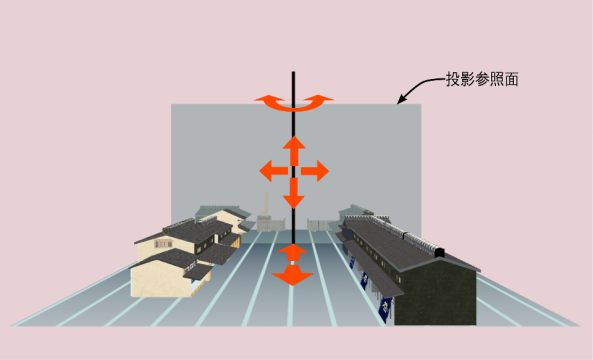
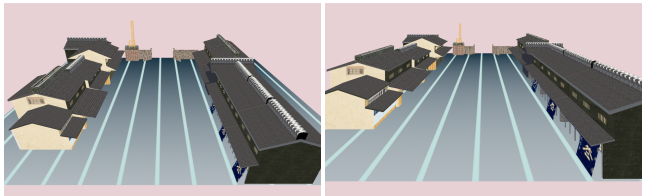


図 4: カメラの移動と回転操作



(a) 一般的な透視投影による俯瞰図　(b) 提案方法により決定した投影変換による俯瞰図

図 5: 俯瞰図の比較

3　提案手法の有用性

3.1　従来法との比較

提案手法でやまと絵や浮世絵に似た画像を生成可能であるかどうかを考証する。比較として、カメラの上下前後左右の移動、焦点距離の変更、カメラ位置でのパン・チルト角の変更を行える一般的な操作系のインタフェースを従来法として用意した。

通常の透視投影で俯瞰的な画像を作成するには図 5(a) のようにカメラ位置を上げ、カメラの仰角を下げて見下ろす必要があるが、その場合平行投影以外の場合ではもともと鉛直方向の直線が投影後に画面上鉛直線ではなくなってしまう。提案手法では、カメラ回転は垂直軸回転のみとし、仰角を付ける代わりにせん断を効果的に用いているため鉛直性は図 5(b) のように常に保存される。また、直線性の保存は投影変換行列より明らかである。

また、従来法では画面上での消失点の位置が中心となったまま変更することができないが、提案法ではせん断を行うことで変更可能である。そのため、従来法で斜投影の絵を作るためには、画面の一部を使って生成したのち、トリミングをして大きさを整える必要がある。一方で、提案法を用いるとトリミングの必要なしに斜投影の絵を生成することができる。

3.2　結果

本手法で生成した町並みの画像を背景と合成し、浮世絵と同様の構図が作成可能かどうかを実験した。合成する際、町並みの画像についてトリミングや拡大縮小は行っていない。構図の類似度の評価には、同じせん断量でも投影参照面の位置によって見え方が大きく異なるなど、パラメータ空間での距離が画像の類似度とは言い切れないため、画像上での見え方を採用した。具体的には、画像中の特徴となる直線の傾きと位置を類似度として用いた。

図 6 の 3 枚が手本とした浮世絵とやまと絵であり、それらに基づいて、図 7 の 3 枚を作成した。図 7(a) は町並の左側と右側で別々に作成して合成している。赤・青・緑の線は後から描き加えた評価基準となる特徴線である。三次元空間で鉛直方向を向いているものと考えられる直線（図中での緑線）、三次元空間で視線に直交するであろう向きの直線（図中での青線）、三次元空間で奥行き方向を向いているであろう向きの直線（図中での赤線）の 3 種類の線群に分類してある。手本とした図 6 において、緑線はいずれも 89° ～ 90° を向いており、鉛直性があると言えることが確認できる。また、青線はいずれも ±1° 以内の傾きで水平方向を向いている。

提案法では、カメラ向きを上下に回転させていないことから鉛直性があることは明らかである。また、カメラ向きを左右に回転させなければ水平方向の直線の図中の水平性は保存される。そこで、奥行き方向の直線の傾きがどの程度異なっているのかについて、図 6 と図 7 でのそれぞれ対応する線での差を求めたところ、いずれの直線も差は 5° 以内で、平均すると 2.0° となった。

また、鉛直方向の線と水平方向の線の位置をそれぞれ画像の横幅と縦幅で正規化して、位置の差異を調べたところ、鉛直線の位置の差異が大きく、(b) の絵では最大 40.0 %の差が生じた。これは、奥行き方向のスケーリングを任意に行うことができれば多少は緩和されるであろうが、そもそも 3 D モデルが描かれた空間とは異なることに主に起因すると考えられる。水平方向の直線の位置に関する差は、全体を通して 1 %未満であった。

4　まとめ

本稿では、透視投影、斜投影、正投影をせん断量と焦点距離を変数として 4×4 の投影変換行列を調整することで統一的に扱い、それら変数を**投影参照面**を利用して直感的に設定する対話的手法を提案した。また、提案法により浮世絵で特徴的な鉛直性と直線性が保存される投影法に近い投影変換を容易に決定できることを示した。

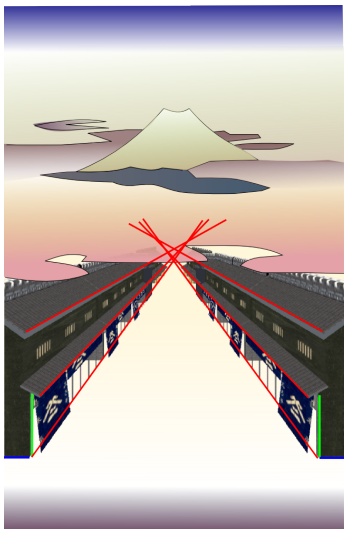
今後はさらにユーザインタフェースとしての完成度を高めていきたい。また、多視点像に拡張する場合には、複数の投影像の合成時の制約条件を検討していきたい。

(a) 《する賀てふ》[7]

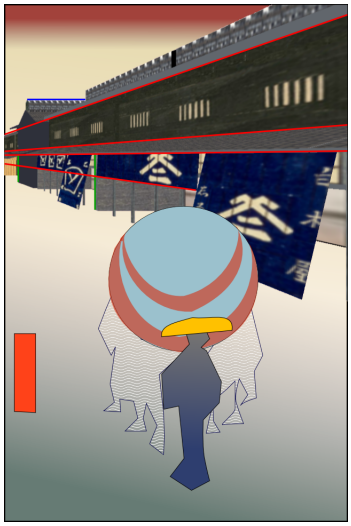
(b)《日本橋通一丁目略図》[7]

(c) 《熙代勝覧》[8]

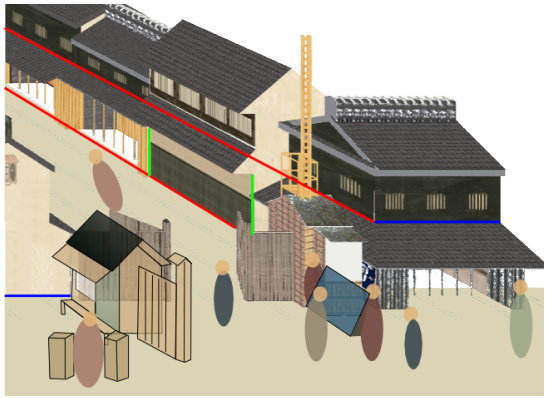
図 6: 実験に使用したサンプルの絵



(a) する賀てふ



(b) 日本橋通一丁目



(c) 熙代勝覧

図 7: 提案法による生成画像

参考文献

[1] 菅原布寿史: “徳川・五島本源氏物語絵巻　ダイナミクスに至る構図 I　–〈対置的スタティクス〉と〈有機的ダイナミクス〉–”,　人間と環境 2, pp.117-142, 2011.

[2] 岸文和: “江戸の遠近法　浮絵の視覚”, 勁草社, 1994.

[3] 高橋成雄, 爰島快行, 太田直哉 : “形状変形に基づく多視点投影のモデル : 地形案内図生成の研究例”, 情報処理学会研究報告グラフィックスと CAD, 78(2000-CG-100), pp.61-66, 2000.

[4] Shigeo Takahashi, Naoya Ohta, Hiroko Nakamura, Yuriko Takeshima, and Issei Fujishiro : “Modeling surperspective Projection of Landscapes for Geographical Guide-Map Generation”, EUROGRAPHICS 2002, volume21,Number 3, 2002.

[5] Yuka Kubo, Zhao Jie, Koichi Hirota : “A Method for Transformation of 3D Space Into Ukiyo-e Composition”, ACM SIGGRAPH ASIA 2008 Artgallery: Emerging Technologies, SIGGRAPH Asia ’08, pp.29-35, 2008.

[6] OpenGL Architecture Review Board Manson Woo, Jackie Neider, Tom Davis : “OpenGL プログラミングガイド第二版”, アジソン・ウェスレイ・パブリッシャーズ・ジャパン株式会社, 1997.

[7] 歌川広重 (1797〜1858),「江戸名所百景」, 木版画, 1856.

[8] 作者不詳,《熙代勝覧》, 肉筆絵巻物, 1805.