

浮世絵構図の分析と再構成*

076804 趙 捷

指導教員 広田光一 准教授

Ukiyo-e is a Japanese traditional printing art that is originated from Edo period. A feature of Ukiyo-e works is that they are frequently based on multi-perspective composition, which we call Ukiyoe composition. We propose a method of 3DCG for generating images of “Ukiyoe composition” from perspective images such as a photograph. In our approach, firstly, parameters that characterize each Ukiyoe composition are identified from traditional Ukiyo-e works using the theory based on rectangular element, and next, perspective images are deformed into Ukiyo-e-like composition using the parameters.

Key words: Ukiyoe composition, perspective, rectangular element, Ukiyoe-parameter

1 はじめに

日本の独特な構図で描かれた浮世絵は美術の分野で世界的な影響を与えたが、近代の技術革新により生産性向上のために広く用いられるようになった透視図法の普及に伴い、浮世絵の実用的価値がなくなり、浮世絵構図が失われようとしている。本研究では、浮世絵の構図に焦点をあてて、これを再構成する技術を開発する。

1.1 先行研究

同研究室の久保は19世紀以降に描かれた街路や川の様子を題材にした浮世絵作品の構図を分析し、その特徴として、近似的に左右側面がそれぞれの消失点を持ち、消失点は左右に離れていることを指摘した。また、このような構図が3次元空間における対象物の回転によって実現されることを確認し、この回転角度を、構図を特徴付けるパラメータとして用いることを提案した。具体的には、左右側面および床面で構成される実物模型を構築し、その左右側面を水平・鉛直・奥行き三つの軸まわりに回転させ、視点から観察される画像が目的とする浮世絵と様相が最も近い時の回転角度を求めた。また久保はこの左右側面の三つ方向の回転角度を浮世絵構図パラメータと定義した。¹⁾

1.2 本研究のアプローチ

久保の研究では、浮世絵構図パラメータは実物模型による主観的な判断で求めており、必ずしも厳密とは言えない。そこで本研究では定量的な構図分析手法を開発する。また、久保は得られたパラメータから浮世絵構図を再構成する概念は提案していたが、その実現方法については具体化されていなかった。本研究では、浮世絵パラメータを用いて自動的に浮世絵構図の再構成する手法を提案する。

2 浮世絵構図の分析

本研究においては建築的空間を扱っている浮世絵作品を分析の対象とする。その理由は、水平あるいは垂直の要素が多く、描かれている対象の空間関係が明快であり、浮世絵の構図が明確であるためである。

2.1 長方形要素をベースとした推定

建築的空間を扱った作品では、建物や道などが画面の主体として存在することから、これらにより作られる空間をモデル化するために長方形の要素を導入する。すなわち、

空間中の長方形の要素に対応する画面上の四角形領域を選択することで、この長方形を観察する視点および長方形の構造の空間中における位置・姿勢を推定する。

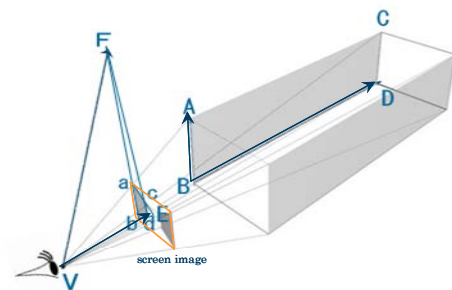


Fig.1 Theory based on rectangular element①

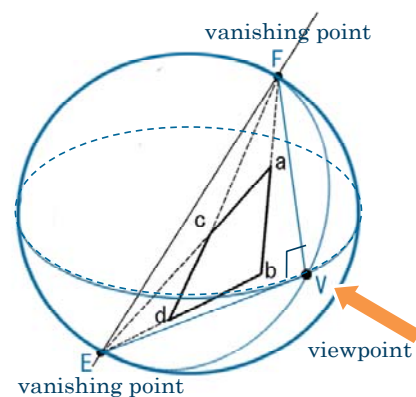


Fig.2 Theory based on rectangular element②

Fig.1 に示すように、空間中の長方形要素 ABCD が投影面に四角形領域 abcd として投影されるものとする。このとき、視点 V が定まると、以下のように、空間中の長方形 ABCD の姿勢も決定することができる。いま、四角形 abcd の二つの消失点を E, F とすると、消失点は空間中の無限遠点を、投影面に投影した点とのことであるから、視点 V から消失点 E, F へのベクトルと 3次元空間中の長方形の辺にの方向ベクトルとの間に

$$\begin{array}{c} \longrightarrow \longrightarrow \longrightarrow \longrightarrow \\ VF // BA, VE // BD \end{array} \quad (1)$$

が成り立つ。また、投影された ABCD は長方形であることを考えると、視点から消失点 E, F への 2 つのベクトルの間には

$$\begin{array}{c} \longrightarrow \longrightarrow \\ VF \perp VE \end{array} \quad (2)$$

なる関係がある。このことは、Fig. 2 に示すように、視点消失点 E, F を直径とする球面上に存在することを意味する。

2.2 浮世絵構図の分析

実際の浮世絵のことを考えると、建築的空間の構図では、左右側面の建物と中央道などの部分に 3 つの長方形領域を取ることができる。先の理論によると、1 つの長方形領域に対して視点の許される球面が 1 つ定義される。したがって、空間の長方形領域が 3 つの場合は、3 つの球面の交点に単一の視点を仮定することが可能であり、この視点に対応したそれぞれの長方形の方向を決定すること可能である。つまり、多点透視による歪みを空間的な姿勢で表現できたことになる。

2.3 構図分析システムの実装

構図分析システムは、Fig. 3 に示しているように長方形選択モード、分析モードとモデリングモードの 3 つのモードで構成されている。

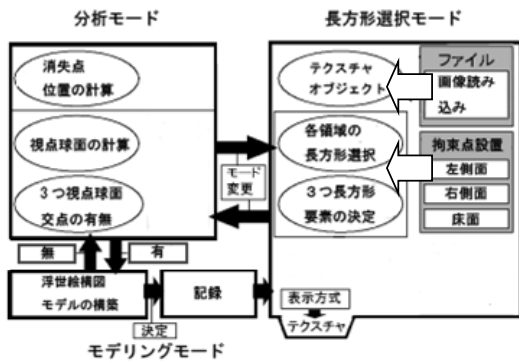


Fig. 3 Overview of the composition's analytical system

ユーザは「長方形選択モード」で画面上の 8 点拘束点の位置を決定することにより、左右側面と床面に 3 つの長方形要素を選択する。これら構図中に選択された長方形要素は空間中の平行線群を代表するものであり、画面上には角度をもつ線群として射影され、したがってこれらを延長していくとかならず一点で交わり、この交点が消失点に一致する。

「分析モード」では、選択された個々の長方形要素に対して 2 つ消失点の位置を計算する同時に、視点の許される球面（視点球面）を算出する。提案手法では 3 つの長方形要素を仮定することから、3 つの視点球面を求めることができる。これら 3 つの視点球面に交点があるかどうかを判断して、交点があれば、単一視点を仮定することが可能で

あり、単一視点の位置も求められる。

長方形要素と単一視点が決定すれば、構図の分析はできるようになる。しかし、長方形要素と視点は空間中 3 つの長方形の姿勢しか決定することできず、それらの投影面からの距離とスケールについては自由度が残っている。ここでは、左右の 2 つの長方形要素の（視点位置から見て）手前下の 2 点、対応する床面手前の 2 点と同じ位置にあると仮定し、さらにこれら 2 点のうちの手前にあるものの距離を仮定した。これにより、空間中 3 つの長方形要素の構成が一意に決定される。著者はこの長方形要素の構成を、構図モデルと定義する。

Fig. 4 は上述の分析を浮世絵に適用した例である。左の浮世絵に対して、右のような、3 つの長方形要素に相互に角度のついた構図モデルが得られている。Fig. 5 は、同様の分析を透視図の構図に対しても適用したもので、3 つの長方形要素はほぼ直方体の構造を形成している。

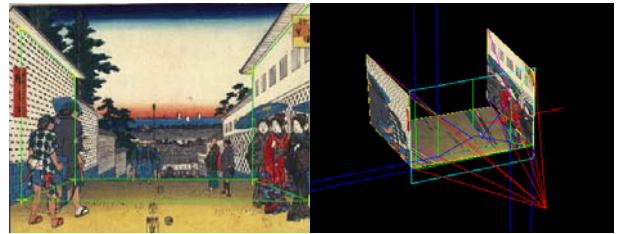


Fig. 4 Analysis of Ukiyoe kasumigaseki

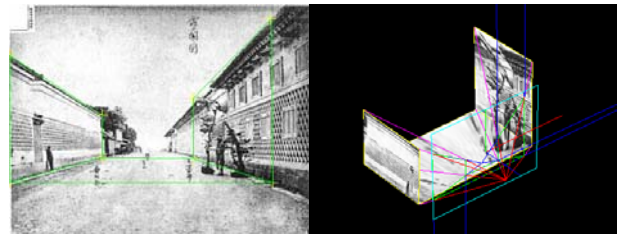


Fig. 5 Analysis of Photo kasumigaseki

従来研究で述べた久保が定義した浮世絵構図パラメータは、浮世絵構図が表現できる浮世絵構図モデルの左右側面の回転角度しか考慮していなかったのに対して、上述の構図モデルの定義にはより多くの情報を必要としている。

そこで以下では、浮世絵構図パラメータを拡張して再定義することとした。すなわち、推定される視点位置座標、浮世絵構図モデル手前下の 2 点位置座標、左右側面と床面の回転角度、3 つの長方形要素の奥行きの比率という 6 つの項目で、浮世絵構図パラメータを再定義する。

3 浮世絵構図の再構成

構図分析の結果から、浮世絵構図と透視図構図の特徴はそれぞれの構図モデルにより表現できることを明らかになった。したがって、透視図の構図モデルから浮世絵の構図モデルへの変換により、透視図を浮世絵構図に再構成することができると考えられる。そして、この構図モデル変

換は上述の構図分析で求める浮世絵構図パラメータにより定義されることになる. 以下ではこの考え方に基づく構図変換手法について述べる.

3.1 浮世絵構図を再構成する構図法

原理としては, イメージベースト・レンダリング²⁾ という手法を参考し, 3DCG による浮世絵の再構成を行う. Fig. 6 に示すように, まず, 変換の元となる透視図の中に直方体空間を仮定することで, 透視図を 3次元の透視図構図モデルに復元する. 上述の構図分析により得られたパラメータを用いて左右側面と床面を回転させるなどの変換操作を行い, 透視図構図モデルを浮世絵構図モデルに変換する. 最後に, できる浮世絵構図モデルを推定された視点により再び透視投影することで浮世絵構図の画像を得る.

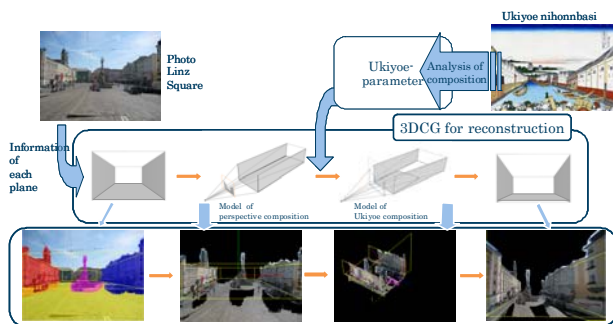


Fig. 6 3DCG for Reconstruction

基本的には, 以上の処理により, 透視図構図モデルから浮世絵構図モデルへの変換を行うことができる. しかしながら, 透視図構図モデルのスケールやこれに定義される直方体領域の奥行きと, 浮世絵構図モデルのそれらのスケールとは一般には異なっており, 対応付けの際に考慮が必要である. たとえば, Fig. 7 に示すように, 透視図構図モデルの手前下の 2 点 A, B の距離は, A', B' の距離とは異なる.

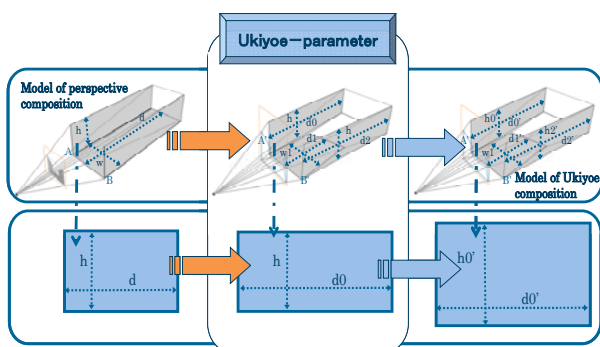


Fig. 7 The adjustment of model's scale

まず, 変換後の構図モデルの左右側面の高さに注目し, 浮世絵構図パラメータの浮世絵構図モデル手前下の 2 点位置座標により, A', B' の距離は $w1$ となり, モデルの高さと幅の比率は $w:h$ から $w1:h$ に変わった. 構図モデルのスケールを統一するために, Fig. 7 に示すように, 式 (3)

で左側面の高さ $h0'$ と右側面の高さ $h2'$ は

$$h0' = h \cdot \frac{w1}{w}, h2' = h \cdot \frac{w1}{w} \quad (3)$$

に変換することにより, モデルの高さと幅の比率は透視図構図モデルと同じ比率になる.

また, 浮世絵構図パラメータを用いて 3 つ面の奥行きの長さは比率 $d0:d1:d2$ となる. しかし, Fig. 7 に示すように左側面を例えとすると, 左側面の奥行き $d0$ は先の変換を行った後の左側面の高さ $h0'$ との比率は違うようになる. 同じ原因で, 床面の奥行きの長さ $d1$ と右側面の長さ $d2$ も同様に変わる必要がある. したがって, $d0, d1, d2$ は

$$d0' = d0 \cdot \frac{h0'}{h}, d1' = d1 \cdot \frac{w1}{w}, d2' = d2 \cdot \frac{h2'}{h} \quad (4)$$

に変わると, 各面の比率は透視図構図モデルと同じようになる. そして, 左右側面の高さと 3 つ面の奥行きの長さの調整することにより, 浮世絵構図モデル各面のスケールおよび高さとの比率は透視図構図モデルと統一する.

以上の処理の結果として, もう一つの問題が生じる. それは画面中の変換をおこなった領域と行わなかった領域との間に融合しない部分を生じるということである. 具体的には, 上述の浮世絵構図分析手法が扱うのは左右側面と床面 3 つの面の情報のみであり, 浮世絵構図パラメータもこの 3 つ面の情報しか持たないことに起因する.

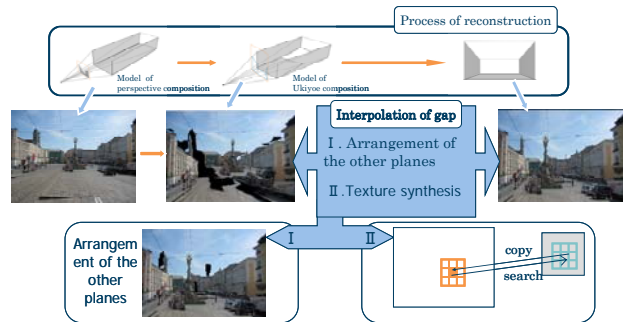


Fig. 8 Interpolation of gap

この問題は, 上述の理論では技術的解決が難しいことから, Fig. 8 に示すような, 2 段階の処理で対応することとした. まず, 画像中の上述の 3 つの面以外の領域について, 人間の感覚に頼る配置操作を行う. 具体的には, これら 3 つ面以外の領域をその空間関係により複数の層に分け, 各層に拡大縮小と移動などの操作を加えて設置することで, 位置関係を決定する.

次に, 画像中にまだ残される穴 (画像のない領域) について, Fig. 8 に示すように, Texture Synthesis by Non-parametric Sampling³⁾ という手法により画像補間をおこなう. この手法は, まず画像を探索して画面中に残される穴を発見し, 穴の近傍のピクセル (8 点には限らなく

て、図または穴の複雑状況による決まる)の色情報をもとに、もとの画面からこの領域と色のパターンが最も類似している領域を探索し、その領域の穴に対応するピクセルの色を穴であるところにコピーする、というものである。

3.2 再構成システムUkiyo-engineの実装

Ukiyo-engine は、Fig.9 に示しているように重ねあわせモード、モデル変換モードと調整と補間モードという3つのモードで構成されている。

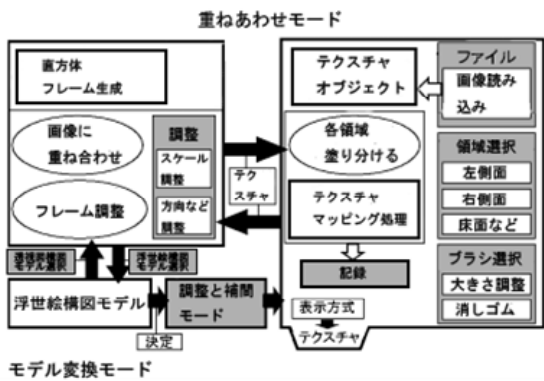


Fig.9 Overview of the composition's analytical system

実装にあたって、浮世絵構図パラメータを用いて透視図構図モデルから浮世絵構図モデルに変換する手法の代わりに、構図分析システムで構築した浮世絵構図モデルを直接 Ukiyo-engine に導入する手法を採用する。これにより、浮世絵構図モデルの構造は容易に構成できるようになる。ただし、Fig.7 に示すようにモデルのスケールについては統一する必要がある。

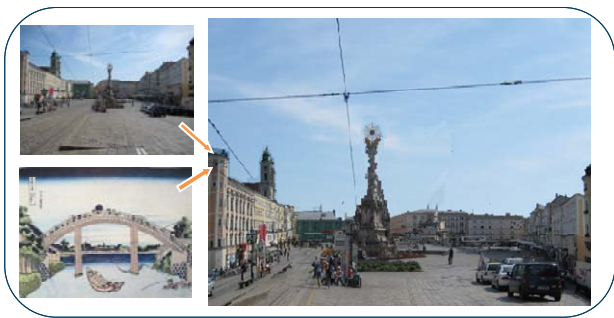


Fig.10 Result of reconstruction of photo①

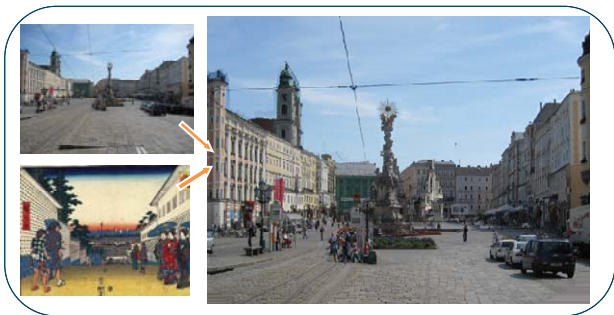


Fig.11 Result of reconstruction of photo②

3.3 結果について

Ukiyo-engine を用いて、浮世絵構図を再構成した結果を Fig.10 と Fig.11 に示す。これにより透視画像に浮世絵のもつ非一点透視の構図の特性を与えることができることが確認された。

すでに、美学や美術史の研究者の間では、浮世絵の構図について多く議論され、透視図でない浮世絵の構図に、理屈をつける試みはたびたび行われているが、これらの観点には定量的に示されたものはなく、「浮世絵らしさ」を定量化する手段とはならない。浮世絵構図の特別な効果に関する従来の指摘と、本研究で提案した浮世絵構図の再構成によりえられた結果の特徴を Table.1 に並べて比較して示す。この表から明らかなように、美学や美術史の研究者の間で認められた浮世絵構図の特徴は、提案手法により表現されていることから、本研究で構築した浮世絵構図の再構成する構図法は美学的にも価値があると考えられる。

美学・美術史学における浮世絵構図の特別な効果に関する従来の指摘	本研究浮世絵構図再構成した結果の特徴
・物体の一部を拡大強調 (鈴木,1979)	・側面情報を減らして、物体や遠景を大きく描くことができる。
・一定不変の視点ではなく、自由自在に動き回って、その場その場で眼にしたものを、着物の柄まではっきり見えるほどの至近距離から描いている (高階,1991)	・鑑賞者の視点を強制せず、鑑賞者に自由な視点を与えることができる。
・大きくトリミングした前景と、前景ごしに見る中景、遠景という構図法 (岡,1992)	・重要な対象とそうでない対象の強弱をつけている

Table.1 Discussion of the result's effect based on aesthetic consideration

4 まとめ

本研究は、18 世紀前半に透視図法が伝来して以降の浮世絵から、定量的な構図分析により透視図に従わない浮世絵の独特な構図を決定するパラメータを導き、パラメータを自在に変化させて多様な浮世絵構図を再構成できる構図法を構築して、写真などの透視図から浮世絵構図に変換できる簡便で直観的な操作インタフェースを実現した。

文献

- 1) 久保友香:浮世絵の非透視図法に関する研究, 東京大学大学院, 博士論文, (2007).
- 2) Horry, Y., K. Anjyo and K. Arai. : Tour Into the Picture: Using a spidery mesh user interface to make animation from a single image , In SIGGRAPH 97 conference proceedings, Computer Graphics, pp. 225-232, (1997).
- 3) Alexei A. Efros and Thomas K. Leung : Texture Synthesis by Non-parametric Sampling, IEEE International Conference on Computer Vision, Corfu, Greece, (1999).