

4 浮世絵の非透視図を再構成する構図法の構築

4.1 目的

3章で導いた、透視図法伝来以降の浮世絵の構図の透視図に対するずれの特徴を再現できるファクターである「左右側面の寸法」を変化させて、非透視図を再構成する構図法を構築する。2種類の構図法を構築するため、次の2つを目的とする。

- 1) 左右側面の寸法を2次的に自在に変化させて、非透視図を再構成する構図法を構築する。
- 2) 左右側面の寸法を3次的に自在に変化させて、非透視図を再構成する構図法を構築する。

4.2 2次元で再構成する構図法の変数の同定

4.2.1 目的

図4-1に表す左右側面の寸法 w_a' 、 w_b' 、 h_a' 、 h_b' 、 h_{gh}' 、 h_{ij}' 、 h_h' 、 h_j' を変数として、浮世絵の非透視図を再構成できることを実証するため、次のことを行なう。

- 1) 一点透視図の左右側面図を各浮世絵作品の左右側面図に変換させる、左右側面の寸法を変数とした2次変換行列を導出する。
- 2) 導出した2次変換行列を用いて、浮世絵作品の構図を再構成することができることを検証する。

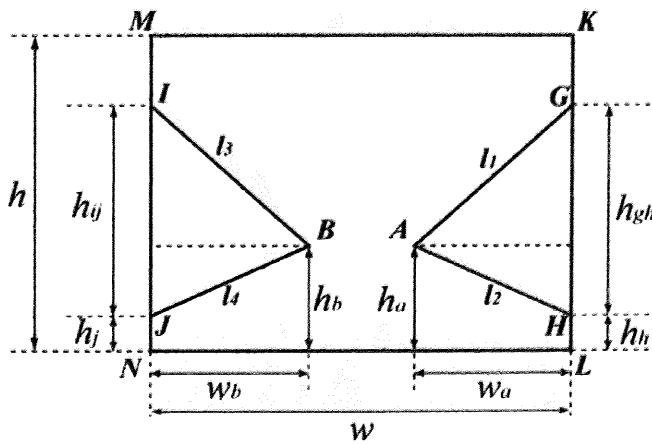


図4-1 左右側面の寸法

4.2.2 浮世絵の構図を再構成する変換行列の導出

(A) 目的

一点透視図の左右側面図を各浮世絵作品の左右側面図に変換させる、左右側面の寸法を変数とした2次変換行列を導出する。

(B) 原理

一点透視図の左右側面図を、各浮世絵作品の左右側面図に変換させることができる、2次の行列を導出するため、まずは一般的な、三角形から三角形の変換行列を求める。三角形である理由は、左右側面図を、左右側面の上下辺と枠線によって囲まれる図形と仮定し、その図形は必ず三角形になることによる。

変換行列の成分は、3章で用いた左右側面図を表す記号を用いて表現する。変換後の左右側面を表す三角形を記号で表すと、三角形は3章で表した4直線 l_1, l_2, l_3, l_4 と、画面の縦の辺（前節で抽出した線分 KL と線分 MN ）によって囲まれる図形であるので、直線 l_1 と線分 KL の交点を点 G 、直線 l_2 と線分 KL の交点を点 H 、直線 l_3 と線分 MN の交点を点 I 、直線 l_4 と線分 MN の交点を点 J とすると（図 3-14 参照）、左側面は $\triangle BIJ$ 、右側面は $\triangle AGH$ と表せる。

変換前の三角形は一点透視図の左右側面図とし、一点透視図の場合は左右側面の上下辺は一点に収束するので、その収束点は 3.4.2、3.4.3 と同様に、上下辺の全ての交点の重心と仮定する。この点を $A_0=B_0$ とし、二つの三角形を $\triangle A_0G_0H_0$ と $\triangle B_0I_0J_0$ とする。

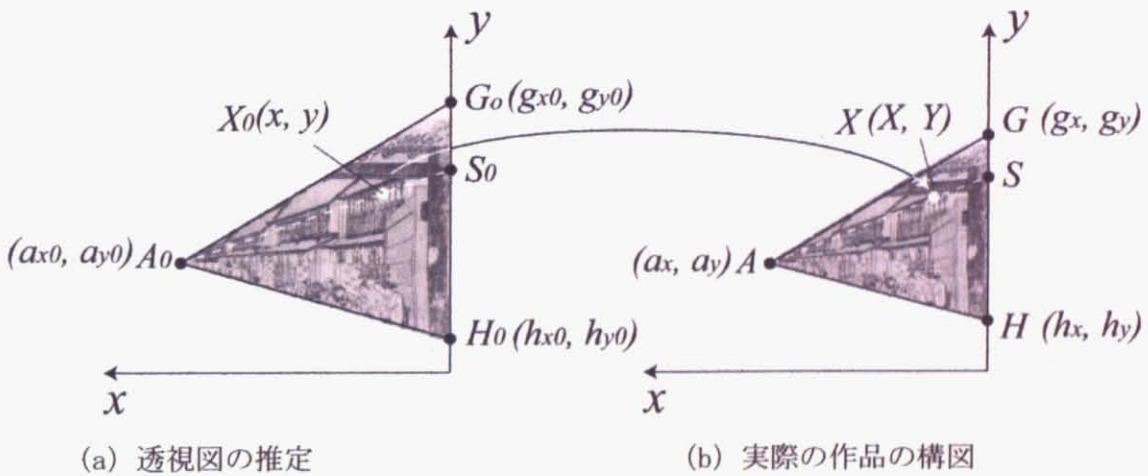


図 4-2 一点透視図に対する歪みの変換

$\triangle A_0G_0H_0$ または $\triangle B_0I_0J_0$ に含まれる点 $X_0(x, y)$ の変換後の座標を、 $\triangle AGH$ または $\triangle BIJ$ に含まれる点 $X(X, Y)$ とし、

点 $X_0(x, y) \rightarrow$ 点 $X(X, Y)$

の変換式を求めると下記の式のようなになる。

ただし座標系は、 $\triangle AGH$ の分析は点 L を原点とし、 L から N に向かうベクトルと、 L から K に向かうベクトルを基底とする。 $\triangle BIJ$ の分析は画面の頂点のうちの点 N を原点とし、 N から L に向かうベクトルと、 N から M に向かうベクトルを基底とする。

代表して $\triangle AGH$ の変換式を表し、次式を前提とする。 $A_0X_0 : X_0S_0 = AX : XS$ 、 $G_0S_0 : S_0H_0 = GS : SH$

$$X = \frac{a_x}{a_{x0}} \cdot x \quad (\text{数式 4-1})$$

$Y \geq a_y$ の時

$$Y = \frac{(a_y - \alpha \cdot a_{y0}) - (h_y - \alpha \cdot h_{y0})}{a_{x0}} \cdot x + \alpha \cdot y + (h_y - \alpha \cdot h_{y0}) \quad (\text{数式 4-2})$$

$Y \leq a_y$ の時

$$Y = \frac{(a_y - \alpha \cdot a_{y0}) - (g_y - \alpha \cdot g_{y0})}{a_{x0}} \cdot x + \alpha \cdot y + (g_y - \alpha \cdot g_{y0}) \quad (\text{数式 4-3})$$

$$\left(\alpha = \frac{g_y - h_y}{g_{y0} - h_{y0}} \right)$$

一点透視図法の場合に4直線が収束すると仮定する点を、①点A~Fの重心 P_1 とする場合、②点A~Dの重心 P_2 とする場合、③点ABの重心 P_3 とする場合によって、3種類の方法が考えられる。消失点をPとし、 $\triangle AGH$ と $\triangle BIJ$ の基準とする透視図は $\triangle PGH$ と $\triangle PIJ$ とする。

(C) 方法

一点透視図の左右側面図を、各浮世絵作品の左右側面図に変換する2次変換行列を導出するため、原理で示した三角形から三角形への変換行列に、3章で求めた図形の寸法を代入する。これにより2次変換行列を導出することができる。

(1) 数式4-1、数式4-2、数式4-3の (a_x, a_y) (g_x, g_y) (h_x, h_y) に、3.4.2と3.4.3で求めた浮世絵11作品のA、G、Hの座標を代入し、 (a_{x0}, a_{y0}) (g_{x0}, g_{y0}) (h_{x0}, h_{y0}) に、同じく3.4.2と3.4.3で求めたP、G、Hの座標を代入する。Pの座標を、① P_1 の座標とするとき② P_2 の座標とするとき③ P_3 の座標とするときの3種の場合について、右側面の歪みの変換式を作成する。

(2) 前節と前々節で求めた浮世絵11作品の点B、I、J、Pの座標を、点Nを原点としてNからLに向かうベクトルとNからMに向かうベクトルを基底とする座標系に変換する。数式4-1、数式4-2、数式4-3の (a_x, a_y) (g_x, g_y) (h_x, h_y) に、座標系を変換して求めた点B、I、Jの座標を代入し、 (a_{x0}, a_{y0}) (g_{x0}, g_{y0}) (h_{x0}, h_{y0}) に、P、I、Jの座標を代入する。上述の (b_x, b_y) (i_x, i_y) (j_x, j_y) を代入し、 (b_{x0}, b_{y0}) に、前々節で求めた① P_1 の座標とするとき② P_2 の座標とするとき③ P_3 の座標とするときの3種の場合について、左側面の歪みの変換式を作成する。

(3) (1) (2) で求めた $\triangle AGH$ 、 $\triangle BIJ$ それぞれにおける $Y \geq a_y$ の場合と $Y \leq a_y$ の変換式を、 $X = Ax$ 、 $Y = Bx + Cy + D$ として、A、B、C、Dを求める。浮世絵11作品のAの変遷、Bの変遷をグラフにあらわす。

(D) 結果

(1) 一点透視図の左右側面から浮世絵作品の左右側面 ($\triangle AGH$ 、 $\triangle BIJ$) への変換式

一点透視図の左右側面上の点 (x, y) の、浮世絵作品の左右側面 ($\triangle AGH$) 上の点 (X, Y) への $(x, y) \rightarrow (X, Y)$ の変換式において、係数を下記の記号で表し、

$$\begin{cases} X=Ax \\ Y=Bx+Cy+D \end{cases}$$

数式 4-1、数式 4-2、数式 4-3 より算出した変換式の x の係数 A 、 B をまとめたのが表 4-1 である。右側面の変換式は $Y \leq a_y$ の部分と $Y \geq a_y$ の部分に分け、左側面の変換式は $Y \leq b_y$ の部分と $Y \geq b_y$ の部分に分けて求めた。 a_y は右側面の上下辺の交点の y 座標、 b_y は左側面の上下辺の交点の y 座標である。

いずれも、元のデータとなっている左右側面の上下辺を表す直線 l_1 、 l_2 、 l_3 、 l_4 の抽出は、単位 pixels において 3 桁の大きさの 1 の位まで測定したので、有効数字 3 桁で計算結果を表にしている。

① 一点透視図の消失点を点 $A \sim F$ の重心 P_f とする場合

表 4-1 二次変換行列のパラメーター

	右側面の変換式の係数				左側面の変換式の係数			
	$(Y \geq a_y$ の部分)		$(Y \leq a_y$ の部分)		$(Y \geq b_y$ の部分)		$(Y \leq b_y$ の部分)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
作品 2	1.001	0.168	1.001	0.168	1.118	0.193	1.118	0.193
作品 3	0.983	0.226	0.983	0.226	1.456	0.476	1.456	0.476
作品 4	1.055	-0.064	1.055	-0.064	1.091	-0.062	1.091	-0.062
作品 7	0.997	-0.002	0.997	-0.002	0.997	-0.002	0.997	-0.002
作品 8	0.905	0.027	0.905	0.027	1.058	0.101	1.058	0.101
作品 12	0.670	-0.230	0.670	-0.230	0.718	-0.227	0.718	-0.227
作品 13	1.553	-0.622	1.553	-0.622	0.469	-0.240	0.469	-0.240
作品 14	0.532	-0.221	0.532	-0.221	0.650	-0.193	0.650	-0.193
作品 15	0.665	0.295	0.665	0.295	0.548	0.492	0.548	0.492
作品 16	0.913	-0.064	0.913	-0.064	0.859	-0.005	0.859	-0.005
作品 17	0.575	-0.101	0.575	-0.101	0.514	-0.164	0.514	-0.164

② 一点透視図の消失点を点 $A \sim D$ の重心 P_2 とする場合

表 4-2 二次変換行列のパラメーター

	右側面の変換式の係数				左側面の変換式の係数			
	$(Y \geq a_y \text{ の部分})$		$(Y \leq a_y \text{ の部分})$		$(Y \geq b_y \text{ の部分})$		$(Y \leq b_y \text{ の部分})$	
	A	B	A	B	A	B	A	B
作品 2	1.055	-0.017	1.055	-0.017	1.055	-0.016	1.055	-0.016
作品 3	1.130	-0.020	1.130	-0.020	1.168	0.017	1.168	0.017
作品 4	1.070	0.001	1.070	0.001	1.073	0.009	1.073	0.009
作品 7	0.997	0.000	0.997	0.000	0.997	0.000	0.997	0.000
作品 8	0.961	-0.001	0.961	-0.001	0.931	0.022	0.931	0.022
作品 12	0.687	0.056	0.687	0.056	0.698	0.056	0.698	0.056
作品 13	0.834	-0.007	0.834	-0.007	0.800	0.061	0.800	0.061
作品 14	0.561	0.036	0.561	0.036	0.613	0.050	0.613	0.050
作品 15	0.656	0.236	0.656	0.236	0.549	0.422	0.549	0.422
作品 16	0.893	-0.013	0.893	-0.013	0.890	0.052	0.890	0.052
作品 17	0.584	0.118	0.584	0.118	0.498	0.099	0.498	0.099

③ 一点透視図の消失点を点 AB の重心 P_3 とする場合

表 4-3 二次変換行列のパラメーター

	右側面の変換式の係数				左側面の変換式の係数			
	$(Y \geq a_y \text{ の部分})$		$(Y \leq a_y \text{ の部分})$		$(Y \geq b_y \text{ の部分})$		$(Y \leq b_y \text{ の部分})$	
	A	B	A	B	A	B	A	B
作品 2	1.055	-0.001	1.055	-0.001	1.056	0.001	1.056	0.001
作品 3	1.130	-0.016	1.130	-0.016	1.171	0.021	1.171	0.021
作品 4	1.070	-0.004	1.070	-0.004	1.074	0.004	1.074	0.004
作品 7	0.997	0.000	0.997	0.000	0.997	0.000	0.997	0.000
作品 8	0.961	-0.006	0.961	-0.006	0.915	0.012	0.915	0.012
作品 12	0.687	-0.002	0.687	-0.002	0.702	0.001	0.702	0.001
作品 13	0.834	-0.025	0.834	-0.025	0.771	0.035	0.771	0.035
作品 14	0.561	-0.011	0.561	-0.011	0.619	0.010	0.619	0.010
作品 15	0.656	-0.050	0.656	-0.050	0.558	0.064	0.558	0.064
作品 16	0.893	-0.029	0.893	-0.029	0.880	0.033	0.880	0.033
作品 17	0.584	0.016	0.584	0.016	0.505	-0.019	0.505	-0.019

(2) 変換式の係数の変遷

下記の変換式における係数 A と係数 B の変遷を表したグラフを示す。

$$\begin{cases} X=Ax \\ Y=Bx+Cy+D \end{cases}$$

① 一点透視図の消失点を点 A~F の重心 P_1 とする場合

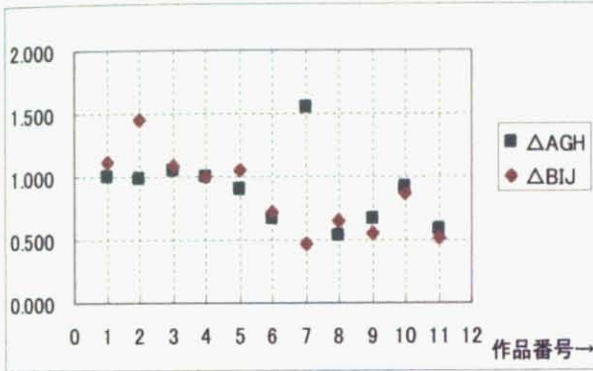


図 4-3 係数 A の変遷

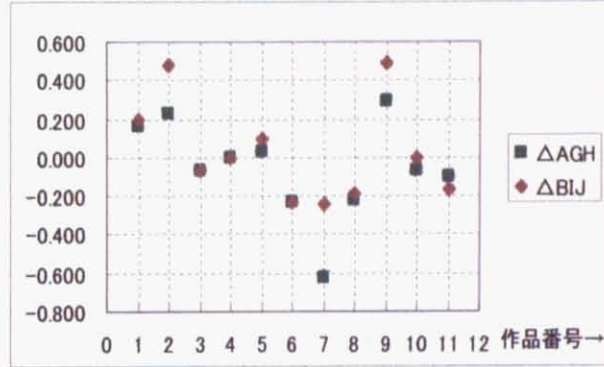


図 4-4 係数 B の変遷

② 一点透視図の消失点を点 A~D の重心 P_2 とする場合

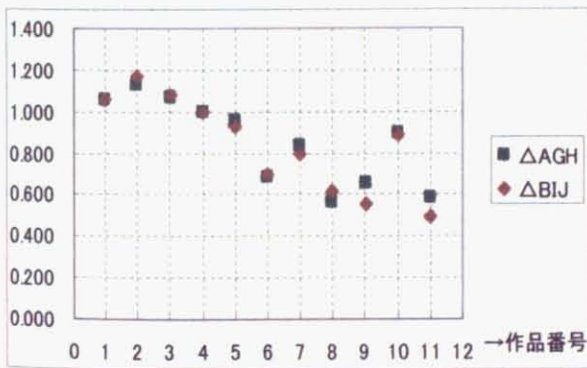


図 4-5 係数 A の変遷

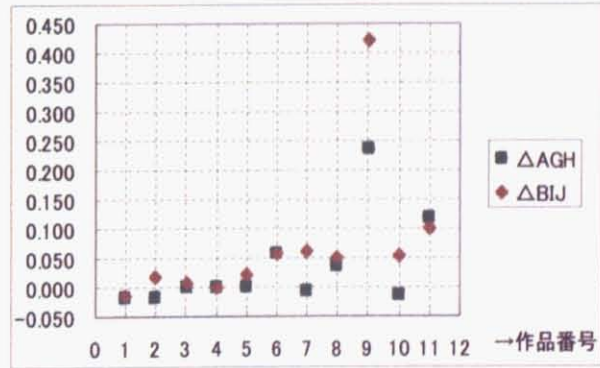


図 4-6 係数 B の変遷

③ 一点透視図の消失点を点 AB の重心 P_3 とする場合

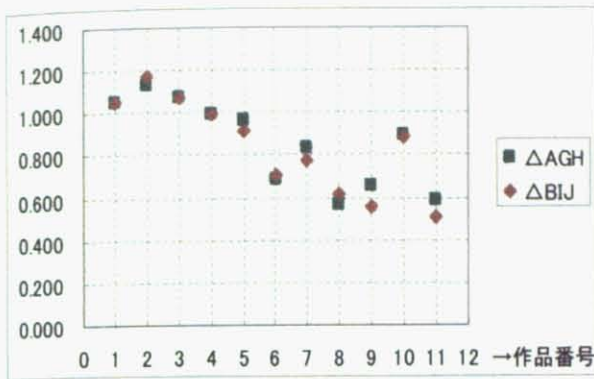


図 4-7 係数 A の変遷

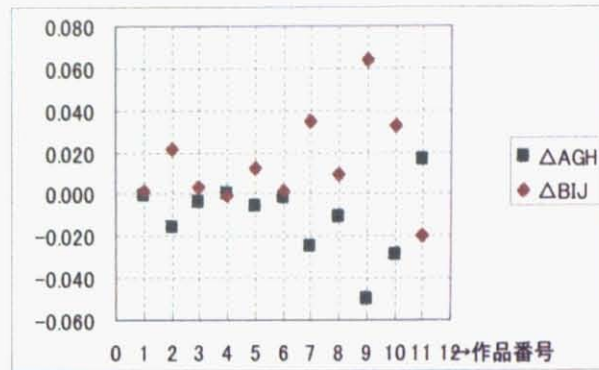


図 4-8 係数 B の変遷

(E) まとめ

一点透視図の左右側面図を各浮世絵作品の左右側面図に変換させる、左右側面の寸法を変数とした 2 次変換行列は、行列を下記のように表した場合のパラメーター A、B は (1) ①②③ の表に表したようになる。ただし $C=1$ 、 $D=0$ である。

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & 0 & 0 \\ B & C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

4.2.3 浮世絵の構図の再構成

(A) 目的

4.2.2 で導出した 2 次変換行列を用いて、浮世絵作品の構図を再構成できることを検証する。

(B) 方法

4.2.2 で導出した 2 次変換行列を適用する、一点透視図の絵画として、写真に基づいて描いた道の絵である図 1 を素材とする。本章では、側面の図形を構図決定の因子としているので、素材の一点透視図から左右側面を切り抜いて、それに変換を適用させる。2 次変換行列を求めた時と同じように、左右側面上下辺と画面の枠線で囲まれる三角形を、側面図と定義する。

適用させる 2 次変換行列の例として、透視図法導入時期を代表する作品 8 と、透視図法消化時期を代表する作品 12 の 2 次変換行列を適用する。側面の図形を変形させて、新しい構図の違和感のない絵画が作成できれば、応用性を検証できる。



図 4-9 再構成の素材とする一点透視図

(1) 図 4-9 の絵画の建物群を、左右側面上下辺と画面の枠線で囲まれる二つの三角形で切り抜く。左右側面の上下辺は、前景に合わせる。

(2) 図 4-9 の絵画から、側面の二つの三角形を切り抜いた残りの部分を、上の台形、中の長方形、下の台形の 3 つの部分に分割する。

(3) (1) で切り抜いた 2 つの三角形に対し、4.2.2 で導出した作品 12 の 2 次変換を適用させるように、2 つの三角形を変形させる。

つまり、右側面の三角形は、 $X=0.961 \times x$ 、 $Y=-0.006 \times x$ となるように変形、左側面の三角形は、 $X=0.915 \times x$ 、 $Y=0.012 \times x$ となるように変形する。

(4) (2) で分割した 3 部分は、(3) で変形した 2 つの三角形に合わせて、空間を補うように変形させる。

(5) (1) で切り抜いた 2 つの三角形に対し、4.2.2 で導出した作品 12 の 2 次変換を適用させるように、2 つの三角形を変形させる。

つまり、右側面の三角形は、 $X=0.687 \times x$ 、 $Y=-0.002 \times x$ となるように変形、左側面の三角形は、 $X=0.702 \times x$ 、 $Y=0.001 \times x$ となるように変形する。

(C) 結果

(1) 素材とする一点透視図の構成要素

素材とする一点透視図から切り抜いた左右側面の三角形が図 4-10 (b) である。左右側面を切り抜いた残りの部分が、図 4-11 (a)、残りの部分よりもを三分割した図形が図 4-11 (b) である。



(a) 全体図

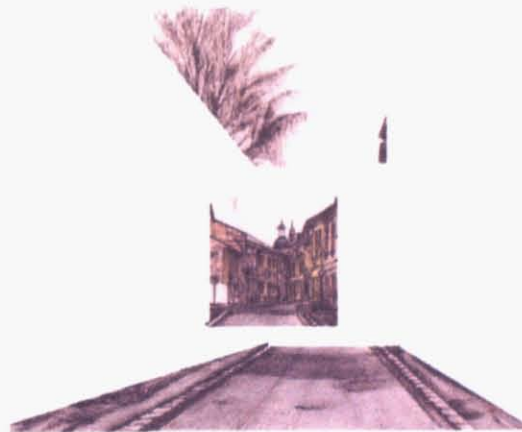


(b) 左右側面

図 4-10 一点透視図における左右側面の抽出



(a) 左右側面を抽出した残りの部分



(b) 左右側面を抽出した残りの部分の分割

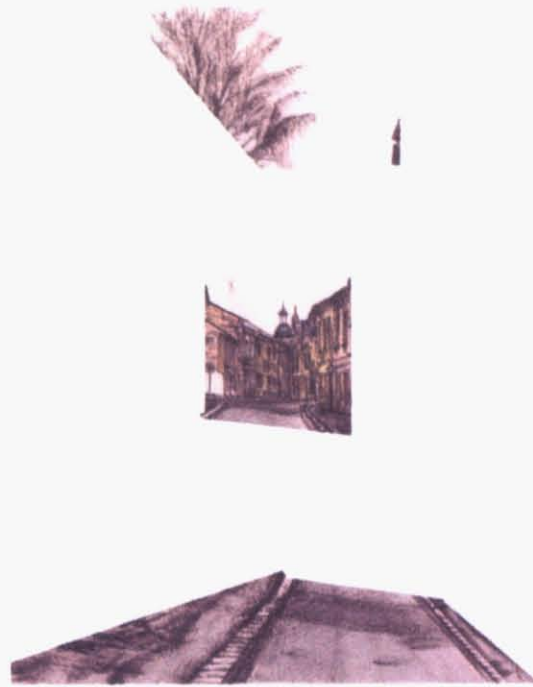
図 4-11 左右側面を抽出した残りの部分の分割

(2) 作品 8 の 2 次変換の適用

一点透視図から切り抜いた左右側面に、作品 8 の 2 次変換を適用させたのが図 4-12 (a)、左右側面に合わせて変形させた左右側面を切り抜いた残りの部分の要素を図 4-12 (b) に表す。これらの要素を再構成したのが、図 4-13 である。



(a) 左右側面



(b) 左右側面を抽出した残りの部分

図 4-12 作品 8 の 2 次変換を適用した要素



(a) 要素の構成

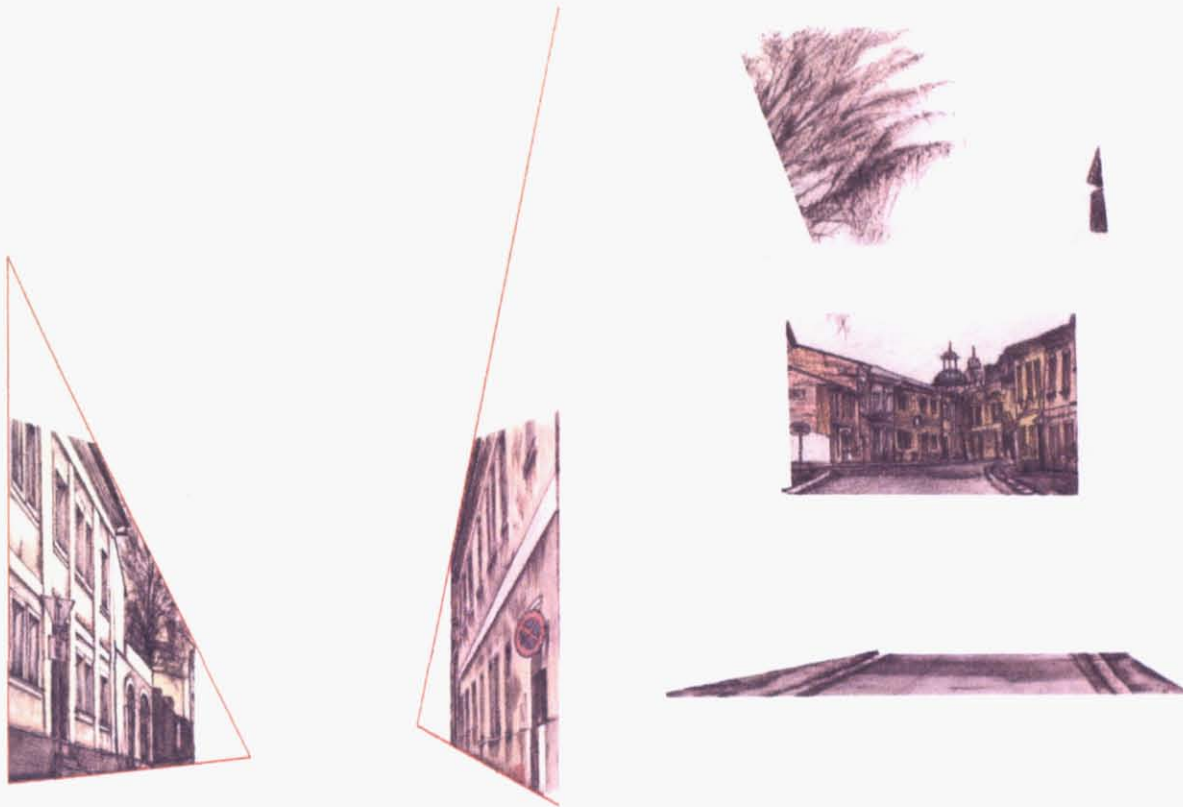


(b) 完成図

図 4-13 作品 8 の 2 次変換の適用

(3) 作品 12 の 2 次変換の適用

一点透視図から切り抜いた左右側面に、作品 12 の 2 次変換を適用させたのが図 4-14 (a)、左右側面に合わせて変形させた左右側面を切り抜いた残りの部分の要素を図 4-15 (b) に表す。これらの要素を再構成したのが、図 4-15 である。



(a) 左右側面

(b) 背景

図 4-14 作品 12 の 2 次変換を適用した要素



(a) 要素の構成

(b) 完成図

図 4-15 作品 12 の 2 次変換の適用

(D) まとめ

導出した 2 次変換行列を用いて、作品 8、作品 12 の浮世絵作品の構図を再構成すると図 4-16 (b) (c) のようになる。



(a) 一点透視図

(b) 作品 8

(c) 作品 12

図 4-16 一点透視図と浮世絵の特徴を再現した構図

4.2.4 2次元で再構成する構図法の変数のまとめ

一点透視図の左右側面図を各浮世絵作品の左右側面図に変換させる、左右側面の寸法を変数とした 2 次変換行列は、行列を下記のように表すことができ、パラメーター A、B は数式 4-1、数式 4-2、数式 4-3 のように左右側面の寸法の関数である。また、C=1、D=0 である。

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & 0 & 0 \\ B & C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (\text{数式 4-4})$$

よって左右側面の寸法を変数として、浮世絵の非透視図を再構成できることが実証できた。

4.2.5 考察

4.2.2 で各浮世絵作品から導出した 2 次変換行列のパラメーターは、画面の縦の長さを 1 としたときの寸法に基づいている。そのため作品の縦横比の影響を含んでいる。よってこの変換行列を、一般的な作品を素材とした非透視図作成に応用する妥当性を検証するためには、浮世絵作品の縦横比と素材を用いる絵画との縦横比を比較する必要がある。

変換式を導出した浮世絵作品の縦横比は下記のようにになっている。縦横比は 3 章で求めた、画面の縦の長さ（線分 KL）と横の長さ（線分 LN）を用いて求めた。

表 4-4 変換式導出の元になった浮世絵作品の縦横比

	作品 2	作品 3	作品 4	作品 7	作品 8	作品 12	作品 13	作品 14	作品 15	作品 16	作品 17
縦横比	1.507	1.438	1.382	1.474	1.456	1.425	1.487	1.457	1.564	1.552	0.662

4.2.3 で素材とした絵画の縦横比は 1.458 であるので、変換式の導出の元になっている浮世作品とほぼ等しい値であるため、応用の妥当性が検証されあ。しかし、いずれの作品を素材とする場合にも妥当であるとは限らない。より普遍性の高い変換式を導くためには、縦横の長さをそれぞれ 1 とした、単位正方形における変換式を基準とすることが、適切であると考えられる。

4.3 3次元で再構成する構図法の変数の同定

4.3.1 目的

側面が平行の 3 次元の直方体モデルを基準として、次の①～③の変数による調整を行うことによって、浮世絵の非透視図を再構成できることを検証するため、1)2)3)を目的とする。

- ①鉛直方向を軸とした回転角度
- ②水平方向を軸とした回転角度
- ③奥行き方向を軸とした回転角度

- 1) ①～③を変数として、浮世絵の非透視図を再構成できることを、模型によって実証する。
- 2) ①～③を変数として、浮世絵の非透視図を再構成できることを、幾何学的に検証する。
- 3) ①～③を変数として、浮世絵の非透視図を再構成できることを、3DCGアニメーションで検証する。

4.3.2 鉛直方向を軸とした角度変数による再構成の模型による実証

4.3.2.1 目的

3次元の直方体モデルを基準とし、鉛直方向を軸とした回転角度を変数として、浮世絵の非透視図を再構成できることを模型によって実証するため、次のことを目的とする。

- 1) 鉛直方向を軸とした回転角度と、その投象図との対応関係を明らかにする。
(左右対称の回転と、左右非対称の回転の両方について明らかにする)
- 2) 浮世絵作品例の構図を再現することができる、回転角度を導出する。

4.3.2.2 実験装置

直方体モデルに対し、鉛直方向を軸とした回転角度を変数として、浮世絵の非透視図を再構成できることを検証するため、左右側面を底面の上で鉛直方向を軸に自由に動かすことができ、その投象図をカメラによって撮影できる模型を作成する。左右側面の回転角度と、カメラ撮影によって生成する画像を対応させて、浮世絵の構図を生成するような角度調整量を得ることができれば、鉛直方向を軸とした回転角度を変数として、浮世絵の非透視図を再構成できることを検証できる。3DCGソフトウェアを用いた同様の実験手法も考えられるが、3DCGによる実験の事前に、調整単位の把握等の操作性から、まずは模型を用いて実験を行なう。

(1) 実験装置の構成要素

立体モデルは、左右側面、奥側面、底面によって構築する。構図は左右側面の奥行き長さに依存することも考えられるため、奥行き長さを可変にする。また、立体モデルの投象図を生成するため、デジタルカメラを用意する。

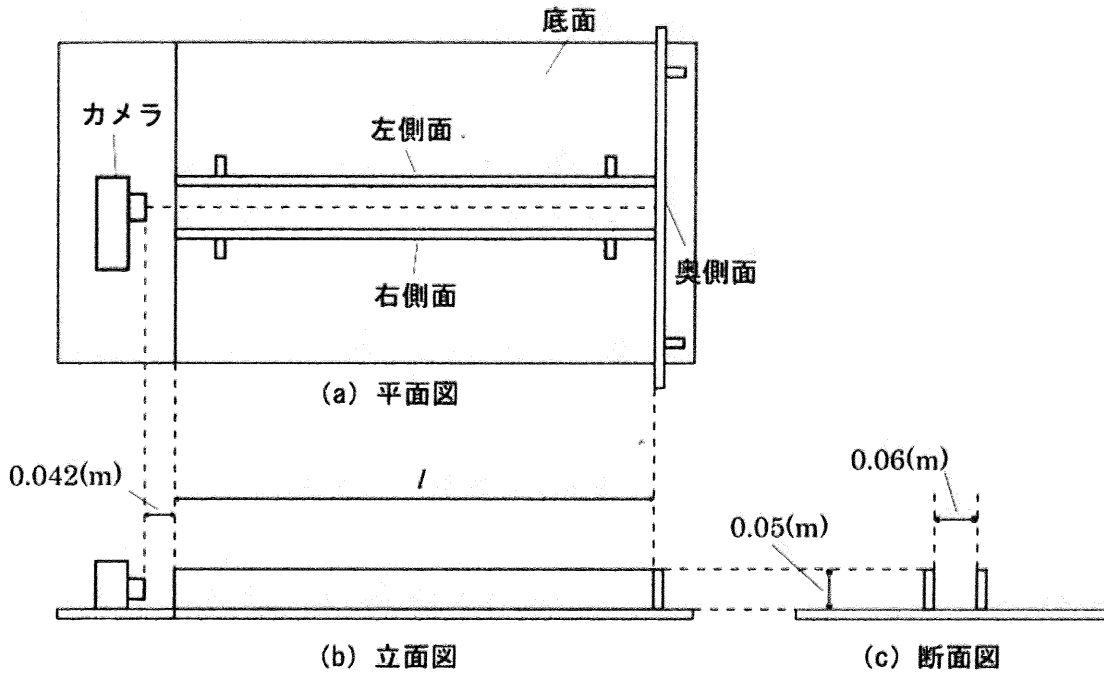


図 4-17 実験装置の基本状態

装置の構成要素は次のようなものである。

① 左右側面

大きさは下記。左右それぞれ奥行き異なる 5 種類を準備。

高さ 0.05(m)

奥行き $l = 0.6(m)$ 、 $0.5(m)$ 、 $0.4(m)$ 、 $0.3(m)$ 、 $0.2(m)$

素材は厚さ 0.005(m) のスチレンボードを使用。

底面に垂直に立てるため、側面の裏の 2 箇所直角の金折を貼り固定。

② 奥側面

大きさは下記。

高さ 0.05(m)

奥行き 0.6(m) (奥行き方向を基軸とした水平方向の角度調整において最大角 25° に対応するため)

素材、金具は左右側面図と同様。

③ 底面

A2 サイズのスチレンボードを使用。

④ カメラ

デジタルカメラ RICOH Caplio R2 を使用。レンズは F3.3 に固定。

(2) 基準の配置の設定

装置の配置を次に表す。まず右側面の位置を設定しこれを基準とする。

① カメラ位置

カメラ撮影によって生成する画像の右辺に、右側面の鉛直方向の辺のうちのカメラに近い辺が一致するように、カメラの平面上の位置と高さを合わせ、視軸を右側面の奥行き方向と平行にして、固定する。

② 左側面の位置

カメラ撮影によって生成する画像の左辺に、左側面の鉛直方向の辺のうちのカメラに近い辺が一致するように合わせ、右側面とカメラの視軸に平行にして配置する。

③ 奥行き面の位置

左側面と右側面の鉛直方向のうち、カメラから遠い2辺を含む面に奥行き面を合わせて配置する。

4.3.2.3 左右対称の回転角度と構図の対応関係

(A) 目的

直方体モデルに対する鉛直方向を軸とした左右対称の回転角度と、その投象図との対応関係を明らかにする。

(B) 方法

直方体モデルに対する鉛直方向を軸とした左右対称の回転角度と、その投象図との対応関係を明らかにするために、前述した実験装置を用いて、左右側面の鉛直方向の辺のうちのカメラに近い辺を基軸とした回転ができるようにする。両側面が遠ざかるような回転を正として、左右側面の回転角を α とする。角度は分度器を用いて計測し、カメラ撮影によって投象図を得ることにより、回転角度と構図の対応関係を明らかにすることができる。

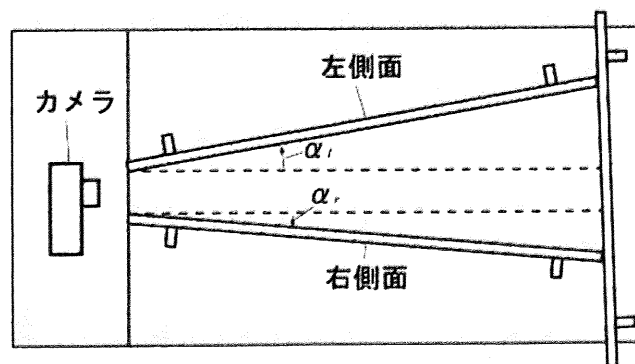


図 4-18 鉛直方向を回転軸とした角度調整の平面図

(1) 長さ l を 0.1(m) 単位で 0.60(m)、0.50(m)、0.40(m)、0.30(m)、0.20(m) に変化させ、角度 $\alpha_l = \alpha_r$ を 5° 単位で -5°、0°、5°、10°、15°、20°、25° に変化させて、固定したカメラに

よって撮影する。ただし、本装置の物理的制限より、 $\alpha_l = \alpha_r = -5^\circ$ を測定できるのは $l = 0.20(\text{m})$ のみ、 $\alpha_l = \alpha_r = 20^\circ$ を測定できるのは $l = 0.20(\text{m})$ 、 $0.30(\text{m})$ 、 $0.40(\text{m})$ 、 $0.50(\text{m})$ 、 $\alpha_l = \alpha_r = 25^\circ$ を測定できるのは $l = 0.20(\text{m})$ 、 $0.30(\text{m})$ 、 $0.40(\text{m})$ となった。画像サイズは $2560(\text{pixels}) \times 1920(\text{pixels})$ 、解像度は $72(\text{pixels}/\text{inch})$ で撮影する。

ここで側面の長さを変化させてデータを抽出する理由は次の 2 点である。

① 視点の前後移動の影響を調べるため。

② 一つの角度あたりのデータ量を増やすことにより精度を高めるため。

(2) 各、長さ、角度の画像を取得した装置の状態を、記録として別のカメラで撮影する。

(3) 浮世絵作品との定量的な比較分析を行うため、得られた画像の左右側面の消失点の座標を測定する。測定方法は、まず (1) で取得した画像の画像サイズをコンピューター上の操作が容易にするため $800(\text{pixels}) \times 600(\text{pixels})$ に変更し、次にコンピューター画面上において、左右側面の上辺と下辺のそれぞれの直線上の 2 点を抽出し、2 直線の交点の座標を予め作成したプログラムによって自動計算する。プログラムの内容は、直線上の 2 点より直線の式を計算し、複数直線の交点の座標を計算することである。さらに画像の縦の長さを 1 として換算し、座標の値を求めた。計測は 2 度行い、平均値を求める。

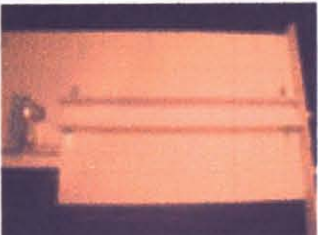

(4) 消失点法より、各角度における撮影によって生成する左右側面図の消失点の座標は、側面の長さに依存せず一定であるはずなので、各角度の $l = 0.6$ 、 0.5 、 0.4 、 0.3 、 0.2 の場合の消失点の座標の平均値を求める。左側面図の消失点の x 座標、左側面図の消失点の y 座標、右側面図の消失点の x 座標、右側面図の消失点の y 座標の 4 項目について、角度調整と座標の値の平均値との対応関係をグラフに表す。

(D) 結果

(1) $\alpha_l = \alpha_r = 0^\circ$ の時

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-5 である。また、画像より左右側面図それぞれの上辺と下辺を抽出し、その交点を計算することによって得られる消失点を表したのが表 4-6 表 4-7 である。ただし表 4-6 表 4-7 に記入した座標は、画面左下の頂点を原点とし、縦の長さを 1 として計算した値である。上辺と下辺を抽出は、単位 pixels において 3 桁の大きさの 1 の位まで測定し、これより有効数字 3 桁で計算結果を表にしている。

表 4-5 装置と撮影画像

長さ	装置	画像
$l=60$		

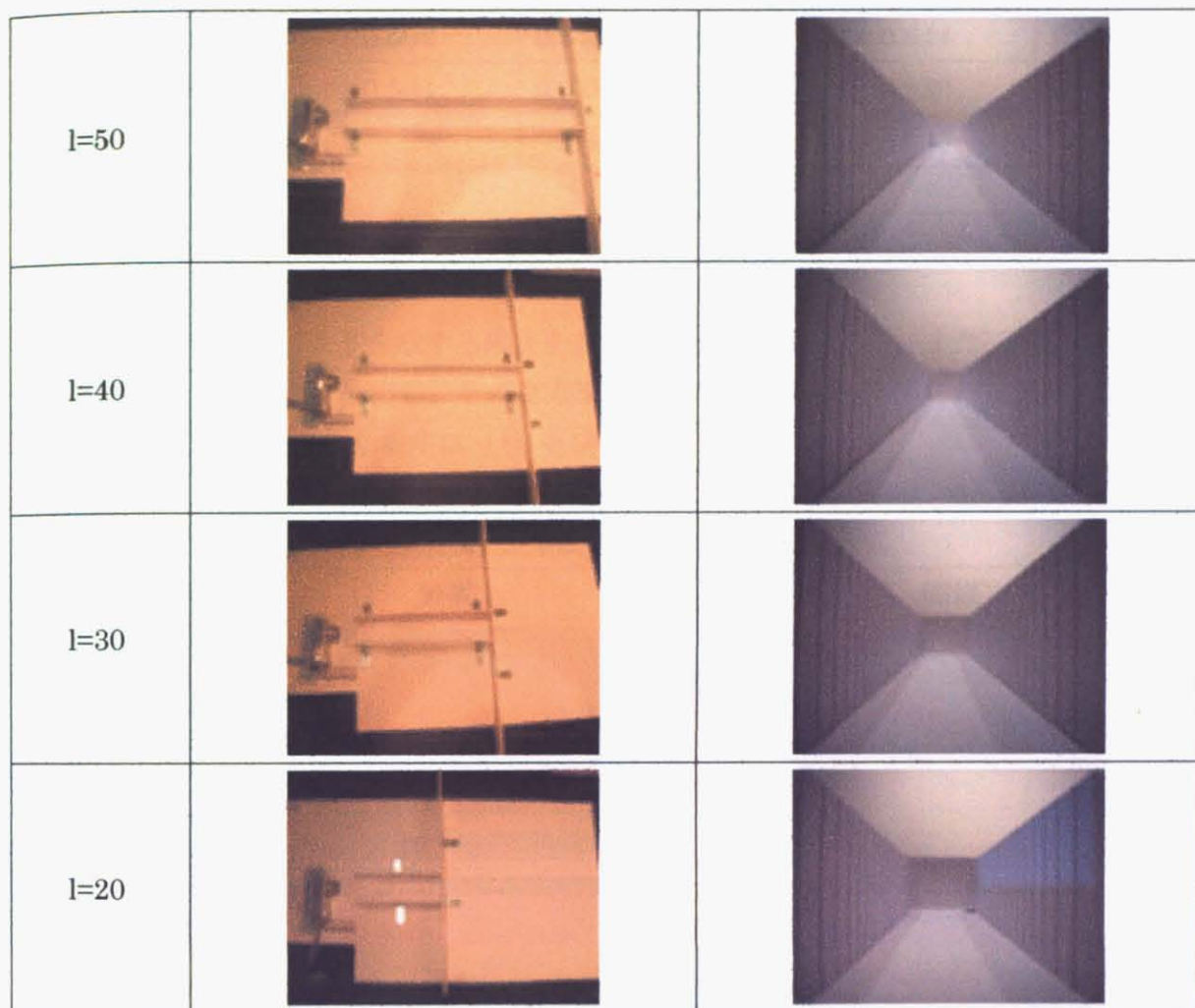


表 4-6 左側面図の消失点の座標

長さ	1 度目の測定		2 度目の測定		平均	
	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標
l=60	0.644	0.501	0.646	0.500	0.645	0.501
l=50	0.631	0.511	0.632	0.512	0.632	0.511
l=40	0.630	0.504	0.630	0.505	0.630	0.504
l=30	0.625	0.504	0.626	0.503	0.625	0.503
l=20	0.635	0.510	0.633	0.504	0.634	0.507
平均	—	—	—	—	0.633	0.505

表 4-7 右側面図の消失点の座標

長さ	1 度目の測定		2 度目の測定		平均	
	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標
l=60	0.646	0.499	0.644	0.498	0.645	0.498
l=50	0.641	0.510	0.644	0.510	0.642	0.510
l=40	0.635	0.508	0.636	0.510	0.635	0.509

l=30	0.643	0.502	0.645	0.504	0.644	0.503
l=20	0.632	0.504	0.628	0.504	0.630	0.504
平均	—	—	—	—	0.639	0.505

(2) $\alpha_l = \alpha_r = 5^\circ$ の時

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-8 である。また、画像より左右側面図それぞれの上辺と下辺を抽出し、その交点を計算することによって得られる消失点を表したのが表 4-9 表 4-10 である。有効数字は (1) と同様に扱っている。

表 4-8 装置と撮影画像

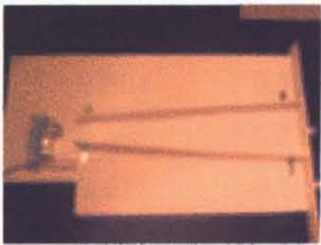
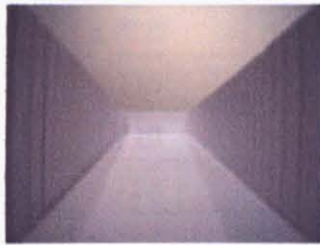
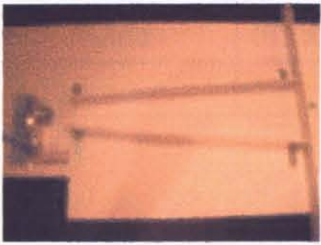

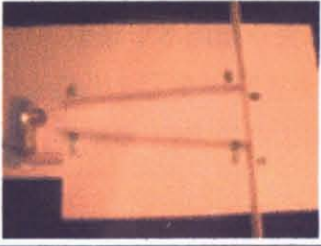

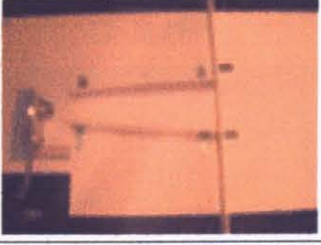

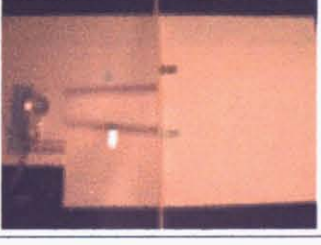
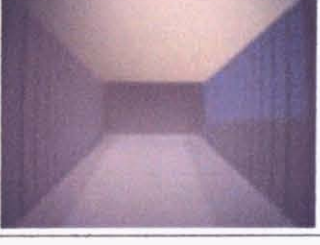
長さ	装置	画像
l=60		
l=50		
l=40		
l=30		
l=20		

表 4-9 左側面図の消失点の座標

長さ	1 度目の測定		2 度目の測定		平均	
	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標
l=60	0.547	0.508	0.546	0.518	0.547	0.513
l=50	0.533	0.508	0.529	0.506	0.531	0.507
l=40	0.527	0.500	0.531	0.502	0.529	0.501
l=30	0.543	0.502	0.546	0.507	0.544	0.505
l=20	0.558	0.497	0.560	0.500	0.559	0.498
平均	—	—	—	—	0.542	0.505

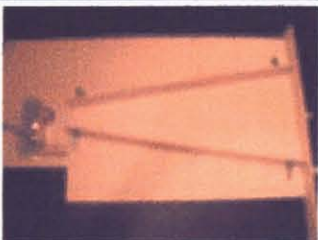

表 4-10 右側面図の消失点の座標

長さ	1 度目の測定		2 度目の測定		平均	
	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標
l=60	0.715	0.504	0.715	0.508	0.715	0.506
l=50	0.711	0.508	0.710	0.505	0.710	0.506
l=40	0.726	0.511	0.720	0.505	0.723	0.508
l=30	0.725	0.507	0.728	0.510	0.727	0.508
l=20	0.719	0.502	0.720	0.503	0.719	0.503
平均	—	—	—	—	0.719	0.506

(3) $\alpha_l = \alpha_r = 10^\circ$ の時

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-11 である。また、画像より左右側面図それぞれの上辺と下辺を抽出し、その交点を計算することによって得られる消失点を表したのが表 4-12 表 4-13 である。有効数字は (1) と同様に扱っている。

表 4-11 装置と撮影画像

長さ	装置	画像
l=60		

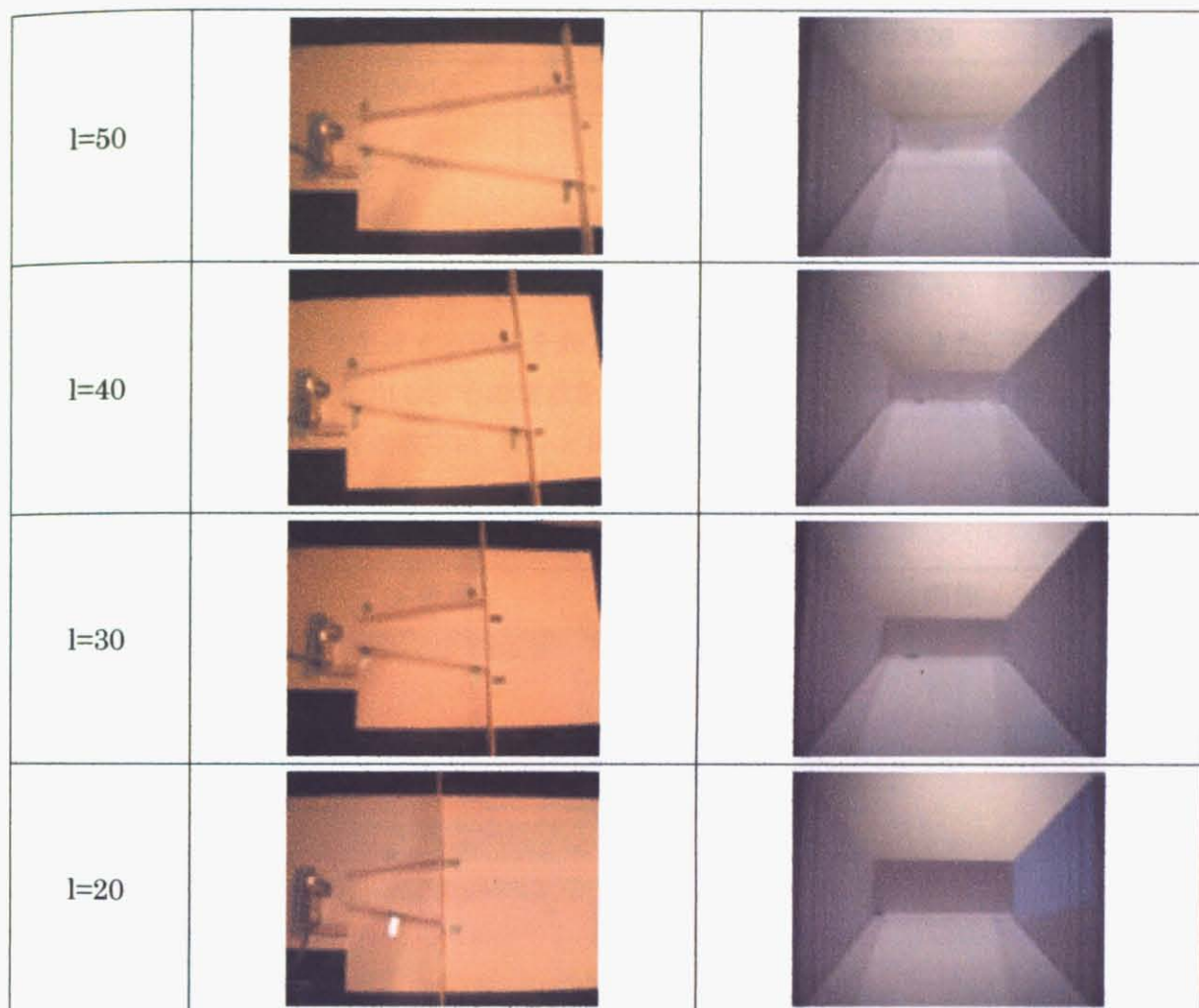


表 4-12 左側面図の消失点の座標

長さ	1 度目の測定		2 度目の測定		平均	
	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標
l=60	0.444	0.504	0.442	0.503	0.443	0.503
l=50	0.443	0.511	0.444	0.516	0.444	0.514
l=40	0.441	0.513	0.444	0.512	0.442	0.513
l=30	0.438	0.506	0.433	0.505	0.435	0.506
l=20	0.441	0.508	0.447	0.510	0.444	0.509
平均	—	—	—	—	0.442	0.509

表 4-13 右側面図の消失点の座標

長さ	1 度目の測定		2 度目の測定		平均	
	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標
l=60	0.833	0.502	0.831	0.502	0.832	0.502
l=50	0.833	0.509	0.832	0.505	0.833	0.507
l=40	0.829	0.516	0.830	0.509	0.830	0.512

l=30	0.827	0.504	0.825	0.504	0.826	0.504
l=20	0.825	0.506	0.824	0.503	0.824	0.504
平均	—	—	—	—	0.829	0.506

(4) $\alpha_l = \alpha_r = 15^\circ$ の時

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-14 である。また、画像より左右側面図それぞれの上辺と下辺を抽出し、その交点を計算することによって得られる消失点を表したのが表 4-15 表 4-16 である。有効数字は (1) と同様に扱っている。

表 4-14 装置と撮影画像

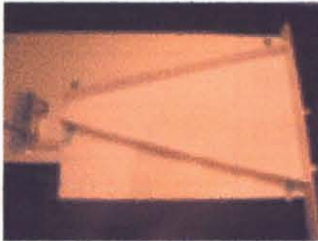

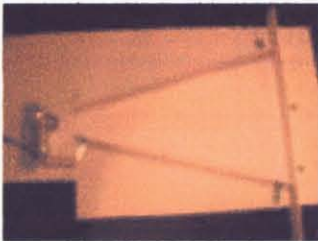

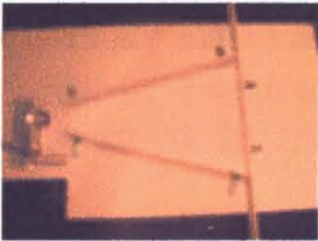

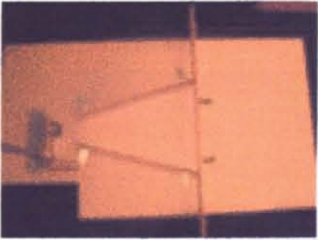

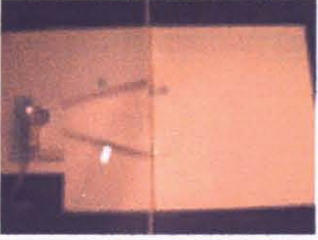

長さ	装置	画像
l=60		
l=50		
l=40		
l=30		
l=20		

表 4-15 左側面図の消失点の座標

長さ	1 度目の測定		2 度目の測定		平均	
	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標
l=60	0.332	0.511	0.335	0.510	0.334	0.511
l=50	0.322	0.514	0.317	0.516	0.320	0.515
l=40	0.329	0.512	0.328	0.503	0.329	0.508
l=30	0.269	0.522	0.269	0.521	0.269	0.521
l=20	0.332	0.511	0.333	0.507	0.332	0.509
平均	—	—	—	—	0.317	0.513

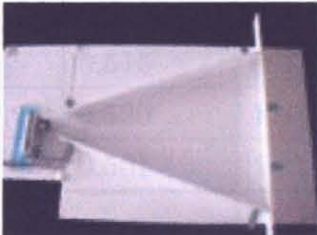

表 4-16 右側面図の消失点の座標

長さ	1 度目の測定		2 度目の測定		平均	
	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標
l=60	0.943	0.500	0.950	0.504	0.947	0.502
l=50	0.945	0.513	0.944	0.516	0.944	0.514
l=40	0.950	0.502	0.950	0.511	0.950	0.506
l=30	0.939	0.513	0.942	0.506	0.941	0.509
l=20	0.942	0.503	0.944	0.508	0.943	0.505
平均	—	—	—	—	0.945	0.507

(5) $\alpha_l = \alpha_r = 20^\circ$ の時

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-17 である。また、画像より左右側面図それぞれの上辺と下辺を抽出し、その交点を計算することによって得られる消失点を表したのが表 4-18 表 4-19 である。有効数字は (1) と同様に扱っている。

表 4-17 装置と撮影画像

長さ	装置	画像
l=50		

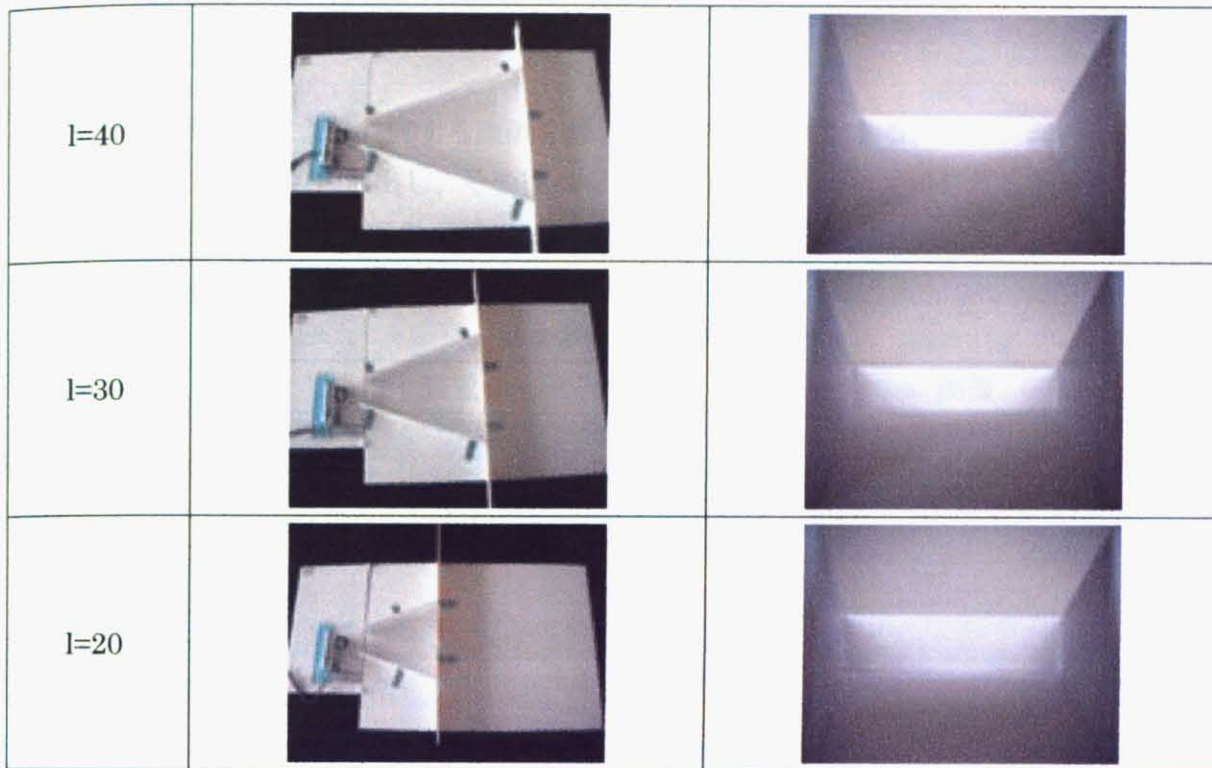


表 4-18 左側面図の消失点の座標

長さ	1 度目の測定		2 度目の測定		平均	
	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標
l=50	0.232	0.507	0.235	0.510	0.233	0.509
l=40	0.250	0.513	0.251	0.513	0.250	0.513
l=30	0.226	0.511	0.228	0.521	0.227	0.516
l=20	0.213	0.508	0.213	0.522	0.213	0.515
平均	—	—	—	—	0.231	0.513

表 4-19 右側面図の消失点の座標

長さ	1 度目の測定		2 度目の測定		平均	
	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標
l=50	1.015	0.504	1.007	0.500	1.011	0.502
l=40	1.011	0.515	1.012	0.520	1.011	0.517
l=30	1.014	0.520	1.016	0.520	1.015	0.520
l=20	1.015	0.501	1.015	0.507	1.015	0.504
平均	—	—	—	—	1.013	0.511

(6) $\alpha_l = \alpha_r = 25^\circ$ の時

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-20 である。また、画像より左右側面図それぞれの上辺と下辺を抽出し、その交点を計算することによって得られる消失点を表したのが表 4-21 表 4-22 である。有効数字は (1) と同様に扱っている。

表 4-20 装置と撮影画像

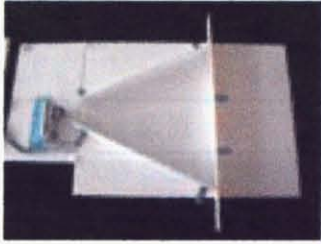

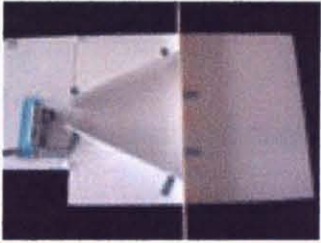

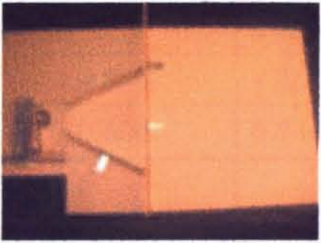

長さ	装置	画像
l=40		
l=30		
l=20		

表 4-21 左側面図の消失点の座標

長さ	1 度目の測定		2 度目の測定		平均	
	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標
l=40	0.087	0.531	0.091	0.529	0.089	0.530
l=30	0.111	0.512	0.109	0.525	0.110	0.518
l=20	0.099	0.529	0.103	0.522	0.101	0.526
平均	—	—	—	—	0.100	0.525

表 4-22 右側面図の消失点の座標

長さ	1 度目の測定		2 度目の測定		平均	
	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標
l=40	1.134	0.521	1.133	0.521	1.134	0.521
l=30	1.160	0.509	1.149	0.512	1.155	0.511

l=20	1.180	0.509	1.180	0.497	1.180	0.503
平均	—	—	—	—	1.156	0.512

(7) $\alpha_l = \alpha_r = -5^\circ$ の時

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-23 である。また、画像より左右側面図それぞれの上下辺を抽出し、その交点を計算することによって得られる消失点を表したのが表 4-24 表 4-25 である。有効数字は (1) と同様に扱っている。

表 4-23 装置と撮影画像

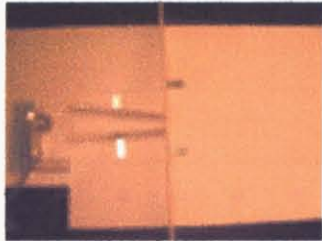
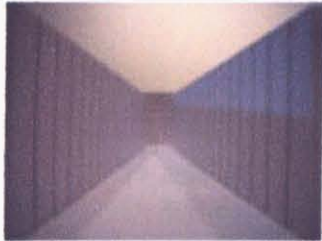
長さ	装置	画像
l=20		

表 4-24 左側面図の消失点の座標

長さ	1 度目の測定		2 度目の測定		平均	
	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標
l=20	0.744	0.500	0.744	0.498	0.744	0.499
平均	—	—	—	—	0.744	0.499

表 4-25 右側面図の消失点の座標

長さ	1 度目の測定		2 度目の測定		平均	
	x 座標	Y 座標	x 座標	y 座標	x 座標	y 座標
l=20	0.522	0.503	0.524	0.502	0.523	0.503
平均	—	—	—	—	0.523	0.503

(8) 回転角度と消失点との関係

(1) ~ (7) で表した、左右側面図の回転角度と消失点の座標の平均値をグラフに表したのが図 4-19 図 4-20 である。

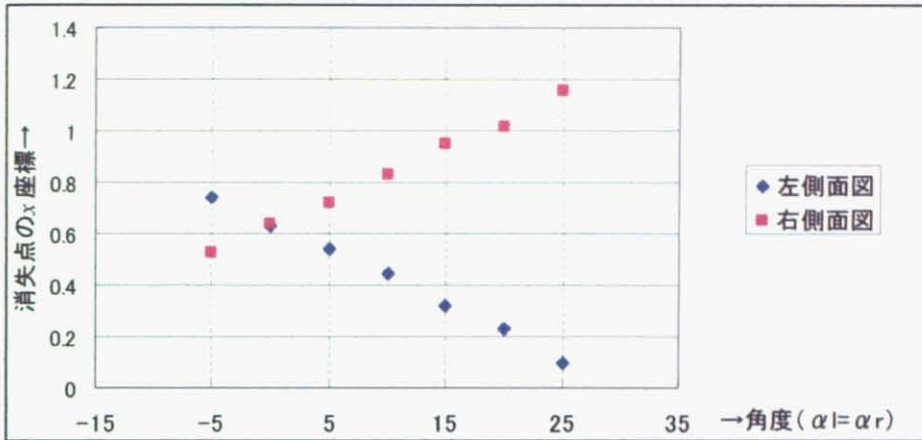


図 4-19 回転角度と消失点の x 座標の平均値との対応関係

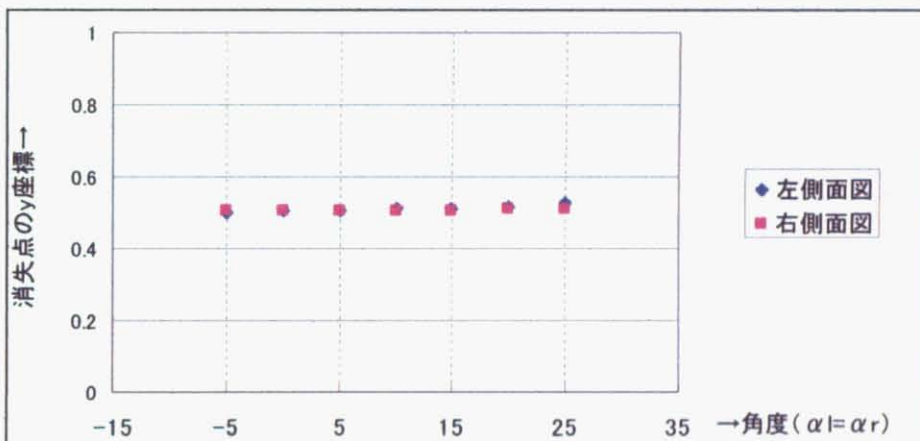


図 4-20 回転角度と消失点の y 座標の平均値との対応関係

4.3.2.4 左右非対称の回転角度と構図の対応関係

(A) 目的

直方体モデルに対する、鉛直方向を回転軸とした左右側面の左右非対称な回転角度と、一点透視図法によって生成する画像の構図との対応関係を明らかにする。

(B) 方法

直方体モデルに対する鉛直方向を軸とした左右対称の回転角度と、その投象図との対応関係を明らかにするために、前述した実験装置を用いて、左右側面の鉛直方向の辺のうちのカメラに近い辺を基軸とした回転ができるようにする。両側面が遠ざかるような回転を正として、右側面の回転角を α_r 、左側面の回転角を α_l とする。角度は分度器を用いて計測する。

(1) 長さ l を 60(cm) とし、以下の組み合わせで角度を変化させ、固定したカメラによって撮影した。画像サイズは 2560(pixels) × 1920(pixels)、解像度は 72(pixels/inch) で撮影した。

- $\alpha_r=0^\circ$ に対し、 $\alpha_l=5^\circ$ 、 10° 、 15° 、 20°
- $\alpha_r=5^\circ$ に対し、 $\alpha_l=10^\circ$ 、 15° 、 20°
- $\alpha_r=10^\circ$ に対し、 $\alpha_l=15^\circ$ 、 20°
- $\alpha_r=15^\circ$ に対し、 $\alpha_l=20^\circ$
- $\alpha_r=-5^\circ$ に対し、 $\alpha_l=0^\circ$ 、 5° 、 10° 、 15° 、 20°
- $\alpha_r=-10^\circ$ に対し、 $\alpha_l=10^\circ$ 、 15° 、 20°
- $\alpha_r=-15^\circ$ に対し、 $\alpha_l=15^\circ$ 、 20°
- $\alpha_r=-20^\circ$ に対し、 $\alpha_l=20^\circ$

(2) 長さ l を 20(cm)とし、以下の組み合わせで角度を変化させ、固定したカメラによって撮影した。画像サイズは 2560(pixels)×1920(pixels)、解像度は 72(pixels/inch)で撮影した。

- $\alpha_r=0^\circ$ に対し、 $\alpha_l=-5^\circ$ 、 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 25°
- $\alpha_r=5^\circ$ に対し、 $\alpha_l=10^\circ$ 、 15° 、 20° 、 25°
- $\alpha_r=10^\circ$ に対し、 $\alpha_l=15^\circ$ 、 20° 、 25°
- $\alpha_r=15^\circ$ に対し、 $\alpha_l=20^\circ$ 、 25°
- $\alpha_r=20^\circ$ に対し、 $\alpha_l=25^\circ$
- $\alpha_r=-5^\circ$ に対し、 $\alpha_l=0^\circ$ 、 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 25°
- $\alpha_r=-10^\circ$ に対し、 $\alpha_l=0^\circ$ 、 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 25°
- $\alpha_r=-15^\circ$ に対し、 $\alpha_l=5^\circ$ 、 10° 、 15° 、 20° 、 25°
- $\alpha_r=-20^\circ$ に対し、 $\alpha_l=10^\circ$ 、 15° 、 20° 、 25°
- $\alpha_r=-25^\circ$ に対し、 $\alpha_l=15^\circ$ 、 20° 、 25°
- $\alpha_r=-30^\circ$ に対し、 $\alpha_l=20^\circ$ 、 25°
- $\alpha_r=-35^\circ$ に対し、 $\alpha_l=25^\circ$
- $\alpha_r=-40^\circ$ に対し、 $\alpha_l=25^\circ$

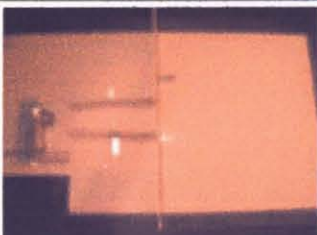

(3) 各、長さ、角度の画像を取得した装置の状態を、記録として別のカメラで撮影した。

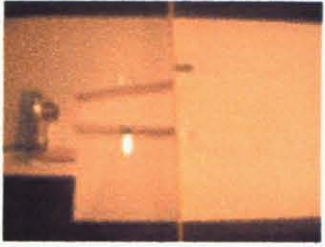
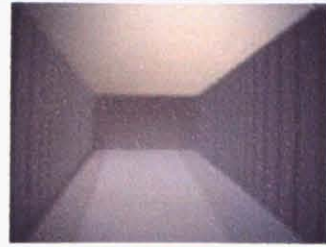
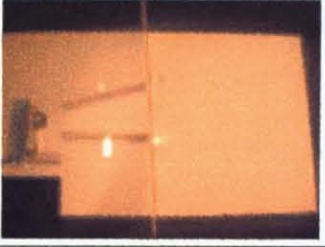
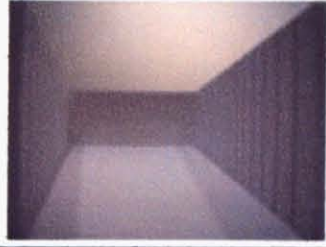
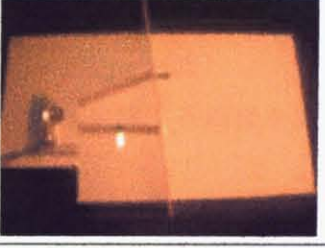

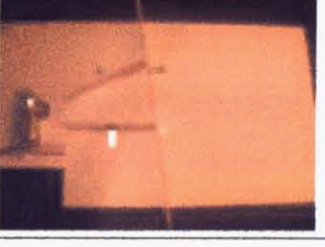
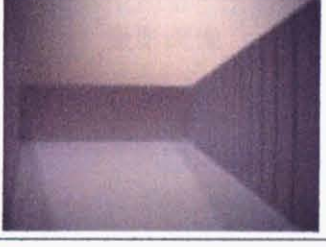
(C) 結果

(1) $\alpha_r=0^\circ$ の時 ($l=20\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-26 である。

表 4-26 装置と撮影画像

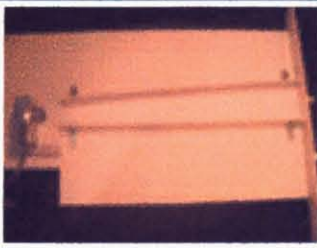
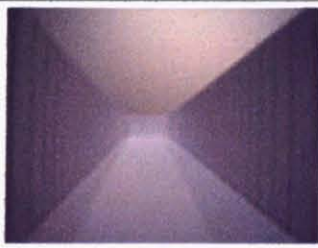
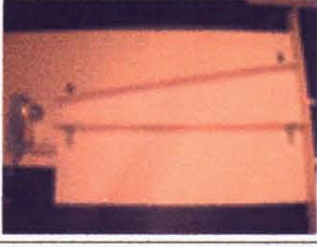

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_l=5^\circ$		

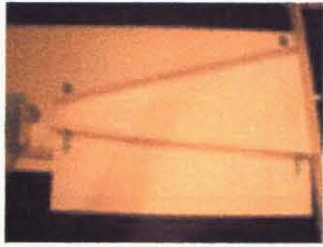
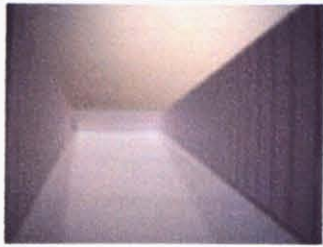
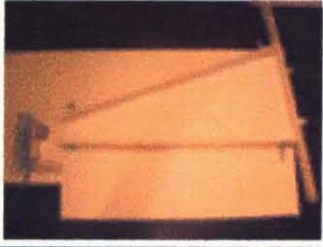

$\alpha_1 = 10^\circ$		
$\alpha_1 = 15^\circ$		
$\alpha_1 = 20^\circ$		
$\alpha_1 = 25^\circ$		

(2) $\alpha_r = 0^\circ$ の時 ($l = 60\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-27 である。

表 4-27 装置と撮影画像

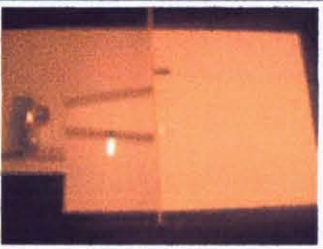
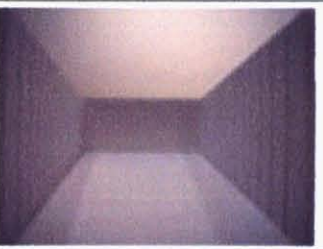
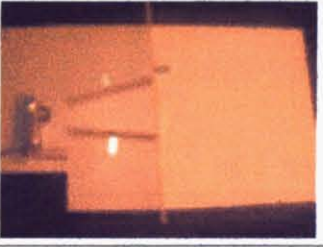
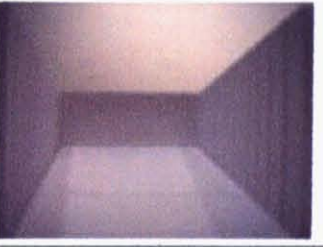
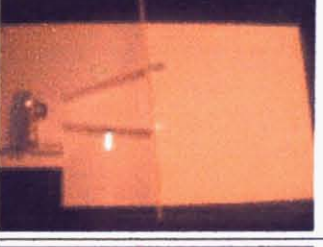
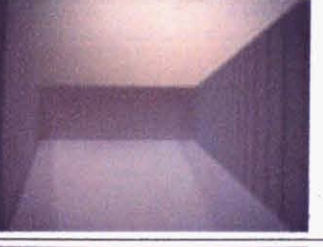
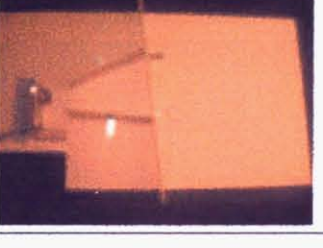
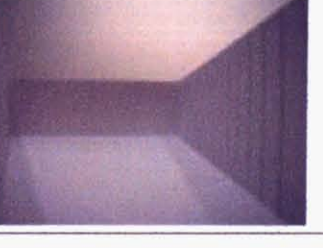
左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_1 = 5^\circ$		
$\alpha_1 = 10^\circ$		

$\alpha_1 = 15^\circ$		
$\alpha_1 = 20^\circ$		

(3) $\alpha_r = 5^\circ$ の時 ($l = 20\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-28 である。

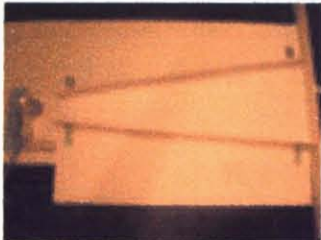

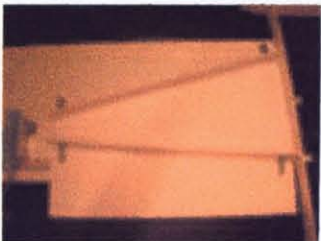

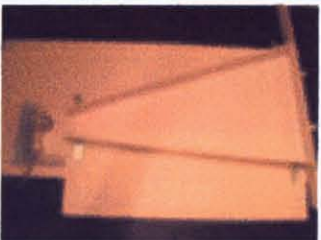

表 4-28 装置と撮影画像

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_1 = 10^\circ$		
$\alpha_1 = 15^\circ$		
$\alpha_1 = 20^\circ$		
$\alpha_1 = 25^\circ$		

(4) $\alpha_r=5^\circ$ の時 ($l=60\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-29 である。

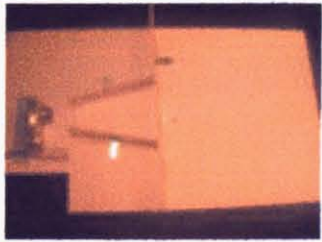

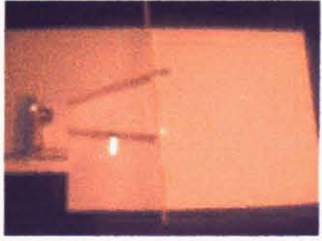

表 4-29 装置と撮影画像

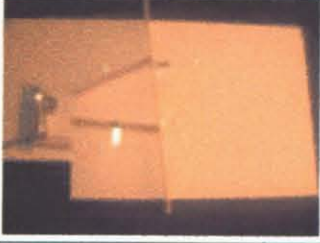

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_1=10^\circ$		
$\alpha_1=15^\circ$		
$\alpha_1=20^\circ$		

(5) $\alpha_r=10^\circ$ の時 ($l=20\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-30 である。

表 4-30 装置と撮影画像

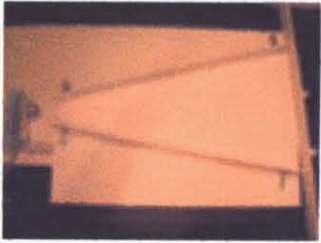

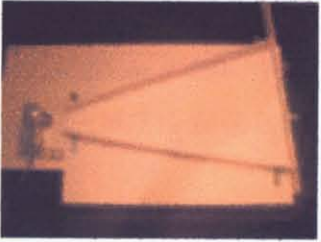
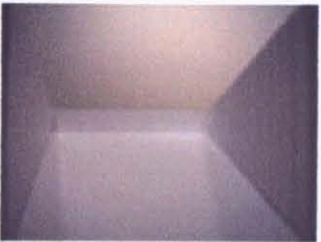
左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_1=15^\circ$		
$\alpha_1=20^\circ$		

$\alpha_1 = 25^\circ$		
-----------------------	---	--

(6) $\alpha_r = 10^\circ$ の時 ($l = 60\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-31 である。

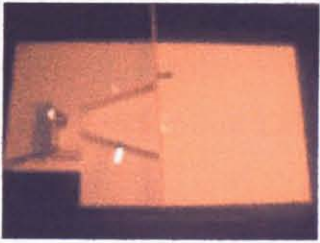

表 4-31 装置と撮影画像

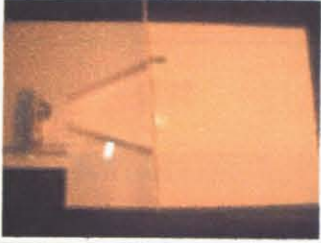

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_1 = 15^\circ$		
$\alpha_1 = 20^\circ$		

(7) $\alpha_r = 15^\circ$ の時 ($l = 20\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-32 である。

表 4-32 装置と撮影画像

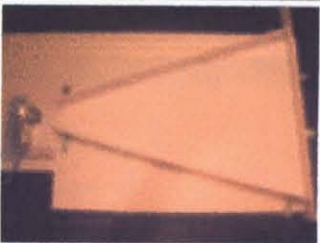

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_1 = 20^\circ$		

$\alpha_l = 25^\circ$		
-----------------------	---	--

(8) $\alpha_r = 15^\circ$ の時 ($l = 60\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-33 である。

表 4-33 装置と撮影画像

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_l = 20^\circ$		

(9) $\alpha_r = 20^\circ$ の時 ($l = 20\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-34 である。

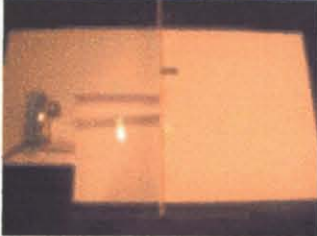

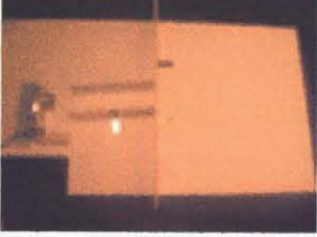

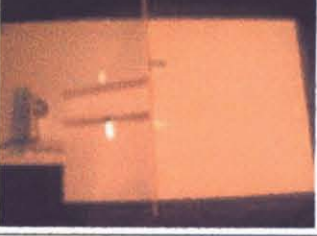
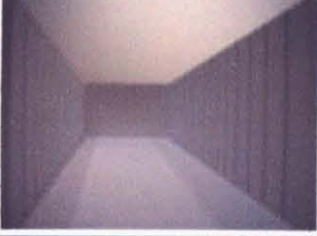
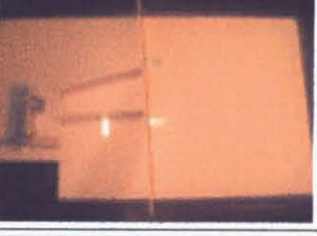
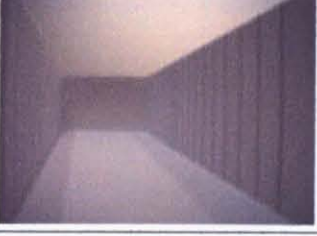

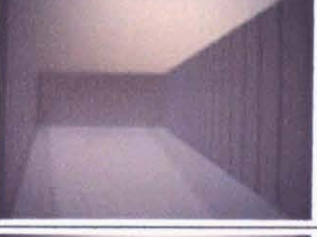


表 4-34 装置と撮影画像

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_l = 25^\circ$		

(10) $\alpha_r = -5^\circ$ の時 ($l = 20\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-35 である。

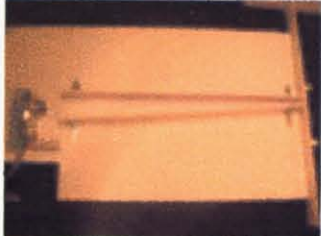

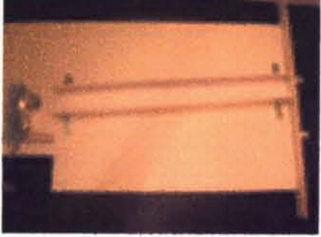



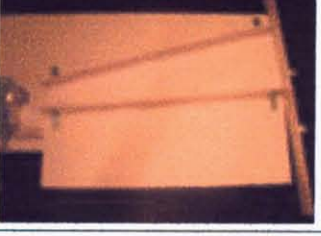



表 4-35 装置と撮影画像

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_1=0^\circ$		
$\alpha_1=5^\circ$		
$\alpha_1=10^\circ$		
$\alpha_1=15^\circ$		
$\alpha_1=20^\circ$		
$\alpha_1=25^\circ$		

(11) $\alpha_r = -5^\circ$ の時 ($l = 60\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-36 である。

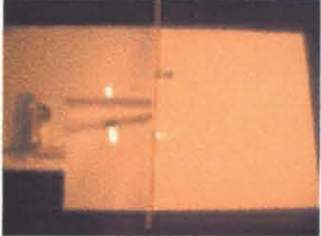

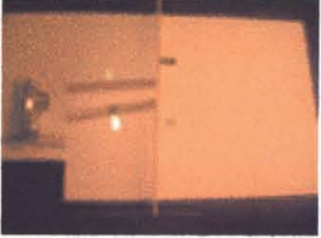

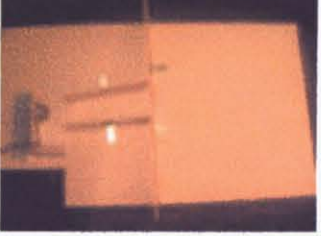



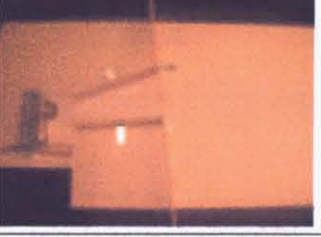
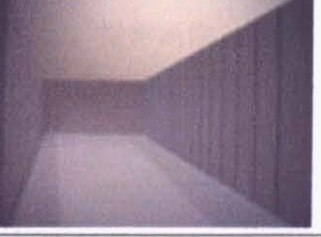
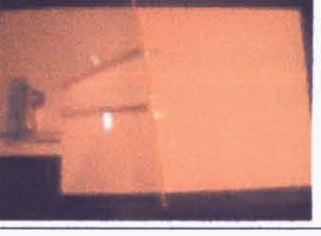
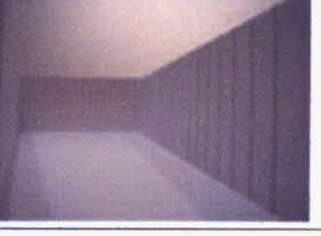
表 4-36 装置と撮影画像

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_1=0^\circ$		
$\alpha_1=5^\circ$		
$\alpha_1=10^\circ$		
$\alpha_1=15^\circ$		
$\alpha_1=20^\circ$		

(12) $\alpha_r=-10^\circ$ の時 ($l=20\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-37 である。

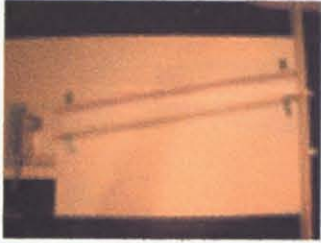

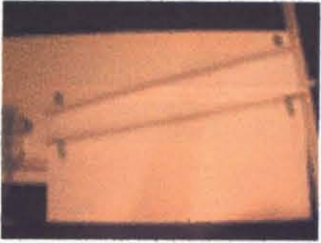

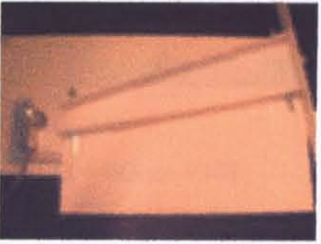

表 4-37 装置と撮影画像

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_1=0^\circ$		
$\alpha_1=5^\circ$		
$\alpha_1=10^\circ$		
$\alpha_1=15^\circ$		
$\alpha_1=20^\circ$		
$\alpha_1=25^\circ$		

(13) $\alpha_r = -10^\circ$ の時 ($l = 60\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-38 である。

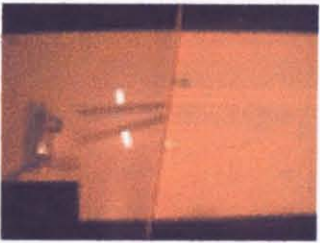
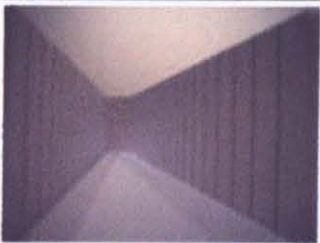
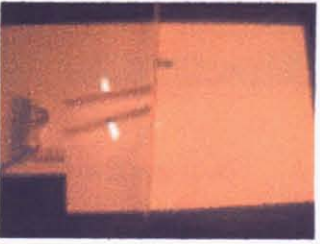

表 4-38 装置と撮影画像

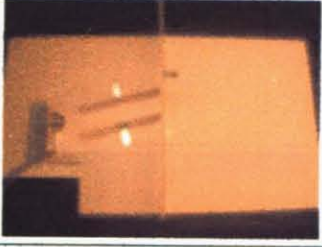




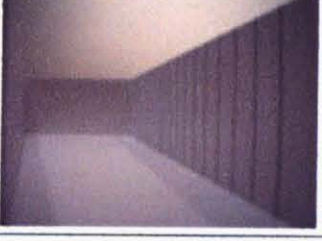
左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_1 = 10^\circ$		
$\alpha_1 = 15^\circ$		
$\alpha_1 = 20^\circ$		

(14) $\alpha_r = 15^\circ$ の時 ($l = 20\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-39 である。

表 4-39 装置と撮影画像

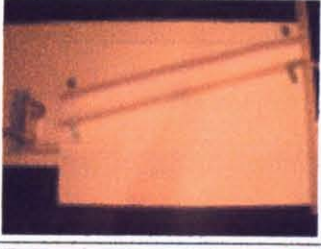

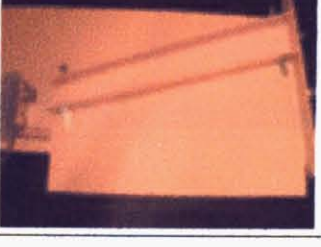
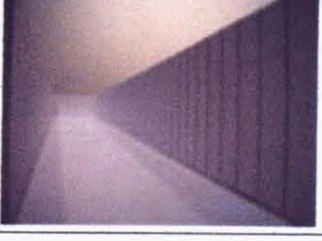
左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_1 = 5^\circ$		
$\alpha_1 = 10^\circ$		

$\alpha_1=15^\circ$		
$\alpha_1=20^\circ$		
$\alpha_1=25^\circ$		

(15) $\alpha_r=-15^\circ$ の時 ($l=60\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-40 である。

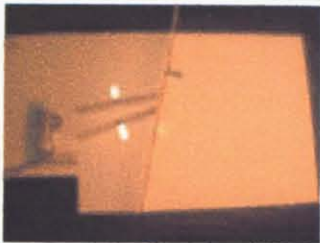
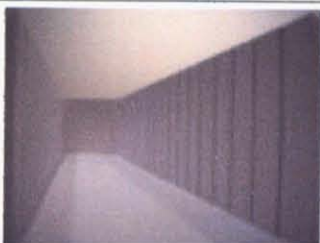
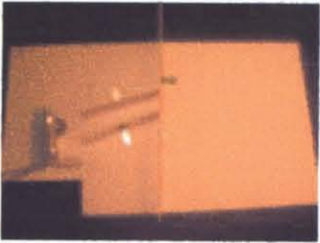

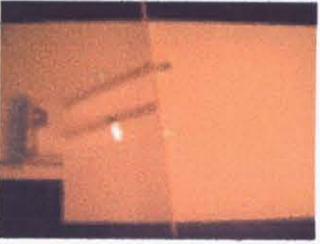
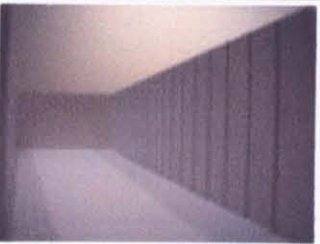
表 4-40 装置と撮影画像

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_1=15^\circ$		
$\alpha_1=20^\circ$		

(16) $\alpha_r=-20^\circ$ の時 ($l=20\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-41 である。

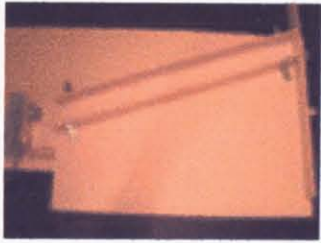
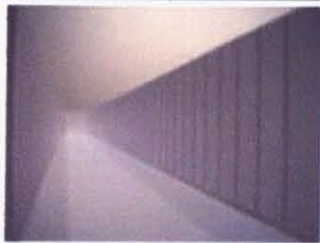
表 4-41 装置と撮影画像

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_1 = 15^\circ$		
$\alpha_1 = 20^\circ$		
$\alpha_1 = 25^\circ$		

(17) $\alpha_r = -20^\circ$ の時 ($l = 60\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-42 である。

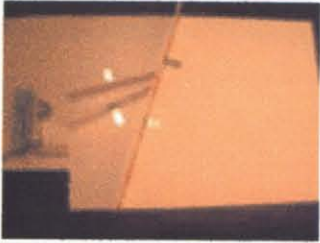

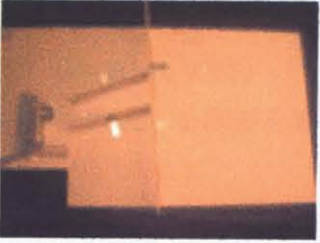

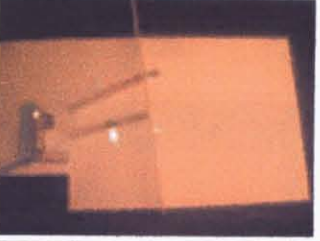

表 4-42 装置と撮影画像

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_1 = 20^\circ$		

(18) $\alpha_r = -25^\circ$ の時 ($l = 20\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-43 である。

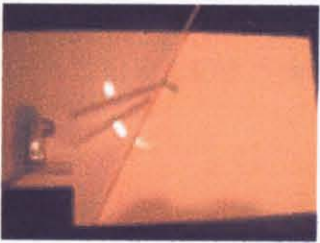

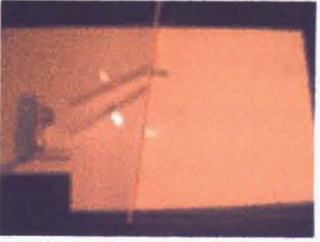

表 4-43 装置と撮影画像

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_1 = 15^\circ$		
$\alpha_1 = 20^\circ$		
$\alpha_1 = 25^\circ$		

(19) $\alpha_r = -30^\circ$ の時 ($l = 20\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-44 である。

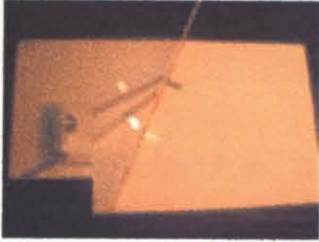
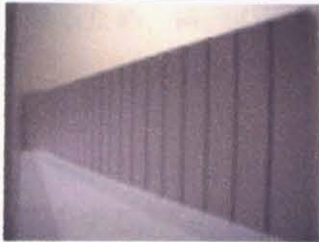
表 4-44 装置と撮影画像

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_1 = 20^\circ$		
$\alpha_1 = 25^\circ$		

(20) $\alpha_r = -35^\circ$ の時 ($l = 20\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-45 である。

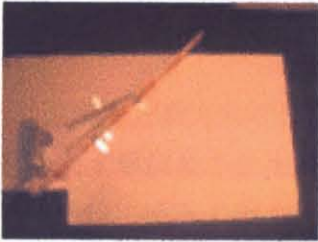
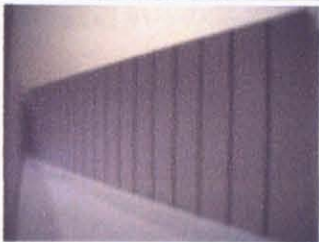
表 4-45 装置と撮影画像

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_l = 25^\circ$		

(21) $\alpha_r = -40^\circ$ の時 ($l = 20\text{cm}$ の時)

装置とカメラ撮影により生成する画像を表したのが表 4-46 である。

表 4-46 装置と撮影画像

左側面の 角度調整	装置	撮影画像
$\alpha_l = 25^\circ$		

4.3.2.5 浮世絵作品の構図を再構成する回転角度の導出

(A) 目的

4.3.2.3 で生成した画像の構図と、浮世絵作品の構図とを照合し、浮世絵作品例の構図を再現するための、直方体モデルに対する鉛直方向を回転軸とした回転角度を同定する。

(B) 方法

浮世絵作品例の構図を生成するための、直方体モデルに対する鉛直方向を回転軸とした回転角度を同定するため、4.3.2.3 で導出した回転角度に対する左右側面の消失点の座標と、浮世絵作品の左右側面の上下辺の交点の座標を比較する。ここでそれぞれの座標を、左側面は左下を原点とした座標系で、右側面は右下を原点とした座標系で算出する。その理由は、4.3.2.3 の結果から左右側面の回転角度と左右側面の消失点の座標との対応関係には左右対称性があることがわかり、全てを統合して比較できるようにするためである。また、左側面の座標系の原点は、左側面と画面左辺の交点とし、右側面の座標系の原点は、右側面と画面右辺の交点とする。その理由は、浮世絵作品では、左側面や右側面の下辺と画面の辺との交点の高さは多様であるので、左右側面に

よって構成される構図を比較するためには、左右側面の下辺と左右辺の交点に対する相対座標が適しているからである。また、縦方向の座標は画面の縦長さを単位長さとし、横方向の座標は画面の横長さを単位長さとする。その理由は、浮世絵作品の縦横比は多様であるので、縦横の大きさを共通した単位で表すと作品それぞれの縦横比の影響を受けるため、構図の比較には不適であるからである。

(1) 浮世絵作品の構図との比較のため、4.3.2.3 で導出した回転角度に対応する左右側面図の消失点の座標の平均値の結果について、次のように2種類の変形をする。

① 左側面の座標系と右側面の座標系を区別する変形

消失点の座標を次のように変形する。

・左側面の座標系

左側面の消失点の横方向の大きさ：左側面の消失点と左の辺との距離（図 4-21 の bb'）

左側面の消失点の縦方向の大きさ：左側面の消失点の底辺からの高さ（図 4-21 の b'j）

・右側面の座標系

右側面の消失点の横方向の大きさ：右側面の消失点と右の辺との距離（図 4-21 の aa'）

右側面の消失点の縦方向の大きさ：右側面の消失点の底辺からの高さ（図 4-21 の a'h）

② 縦方向の単位長さと横方向の単位長さを区別する変形

座標の大きさを表す単位長さを次のようにして変形する。

・横方向の大きさは、画面の横の長さを 1 とした値で表す。

・縦方向の大きさは、画面の縦の長さを 1 とした値で表す。

(2) (1) で求めた左右側面図の消失点の位置特性を縦軸に、角度調整を横軸に表し対応関係をグラフに表す。横方向の位置特性と、縦方向の位置特性は別のグラフに表した。位置特性を角度の一次関数に線形近似し、直線の式を導出し、グラフに表示する。

(3) 前節で分析対象とした主に道を舞台とした浮世絵作品のデータを再び準備し、4.3.2.3 で模型を撮影することによって生成した画像の左右側面図の消失点と照合するため、前節で抽出した浮世絵作品における左右側面図の上下辺の交点の座標を次のように変形する。

① 左側面の座標系と右側面の座標系を区別する変形（横方向）

左右側面図の上下辺の交点の座標について、横方向については（1）と同様に次のように変形する。

・左側面の座標系

左側面の上下辺の交点の横方向の大きさ：左側面の上下辺の交点と画面の左の辺との距離（図 4-21 の BB'）

・右側面の座標系

右側面の上下辺の交点の横方向の大きさ：右側面の上下辺の交点と画面の右の辺との距離（図 4-21 の AA'）

② 左側面の座標系と右側面の座標系を区別する変形（縦方向）

縦方向については 4.3.2.3 の結果との照合のため、次のような変形をする。

・左側面の座標系

左側面の上下辺の交点の縦方向の大きさ：左側面の下辺と画面の左辺との交点の高さに対する、左側面の上下辺の交点の高さ（図 4-21 の B'J）

・右側面の座標系

右側面の上下辺の交点の縦方向の大きさ：右側面の下辺と画面の右辺との交点の高さに対する、右側面の上下辺の交点の高さ（図 4-21 の A'H）

③ 縦方向の単位長さと横方向の単位長さを区別する変形

(1) と同様に、座標の大きさを表す単位長さを次のようにして変形する。

・横方向の大きさは、画面の横の長さを 1 とした値で表す。

・縦方向の大きさは、画面の縦の長さを 1 とした値で表す。

縦方向と横方向の単位長さを区別する理由は、(1) と同様である。

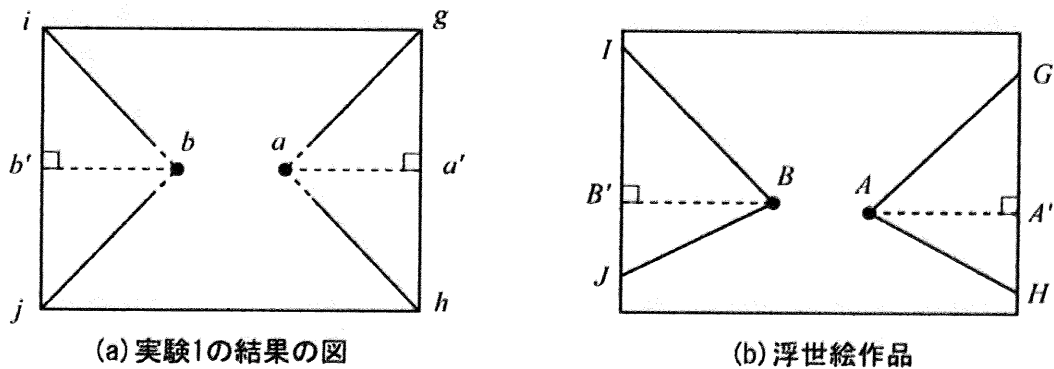


図 4-21 左右側面図の構図を表す記号

(4) (1) で求めた、4.3.2.3 で生成する画像の左右側面の消失点の位置特性と、(3) で求めた、浮世絵作品の左右側面図の上下辺の交点の位置特性を比較するため、(2) で作成した角度調整と 4.3.2.3 の消失点との対応関係のグラフに、(3) で求めた浮世絵作品の上下辺の交点の位置特性を書き入れる。

(5) (4) の図で明らかになった、4.3.2.3 の結果による角度調整と左右側面図の消失点との対応関係の直線と、浮世絵作品の左右側面の上下辺の交点を表す直線との交点を求める。(横方向のみ) これにより、浮世絵作品の側面図と同じ図を生成するための、直方体モデルに対する角度調整を推定することができる。

(C) 結果

(1) 4.3.2.3 で得た左右側面図の消失点の位置特性

各角度調整をした時に生成する画像の、左右側面図の消失点の位置特性を表したのが表 4-47 である。4.3.2.3 の結果の消失点の座標の平均値を元にしてている。

上辺と下辺を抽出は、単位 pixels において 3 桁の大きさの 1 の位まで測定したので、有効数字 3 桁で計算結果を表にしている。

表 4-47 角度調整に対応する生成画像の左右側面図の消失点の位置特性

角度調整	左側面図の消失点 (点 b)		右側面図の消失点 (点 a)	
	点 b と左辺との距離の、画面横長さに対する比率	点 b の高さの、画面縦長さに対する比率	点 a と右辺との距離の、画面横長さに対する比率	点 a の高さの、画面縦長さに対する比率
-5	0.558	0.499	0.608	0.503
0	0.475	0.505	0.520	0.505
5	0.407	0.505	0.461	0.506
10	0.331	0.509	0.378	0.506
15	0.237	0.513	0.291	0.507
20	0.173	0.513	0.240	0.511
25	0.075	0.525	0.133	0.512

(2) 角度調整と左右側面図の消失点の位置特性との対応関係

角度調整に対する消失点の座標の横方向の特性をグラフにしたのが図 4-22、座標の縦方向の特性をグラフにしたのが図 4-23 である。また、線形近似によって、座標の位置特性を角度調整の一次関数で表したのが、図 4-24、図 4-25、である。4.3.2.3 で生成した画像の上辺と下辺を抽出は、単位 pixels において 3 桁の大きさの 1 の位まで測定したので、線形近似における係数と定数は、有効数字 3 桁で表す。

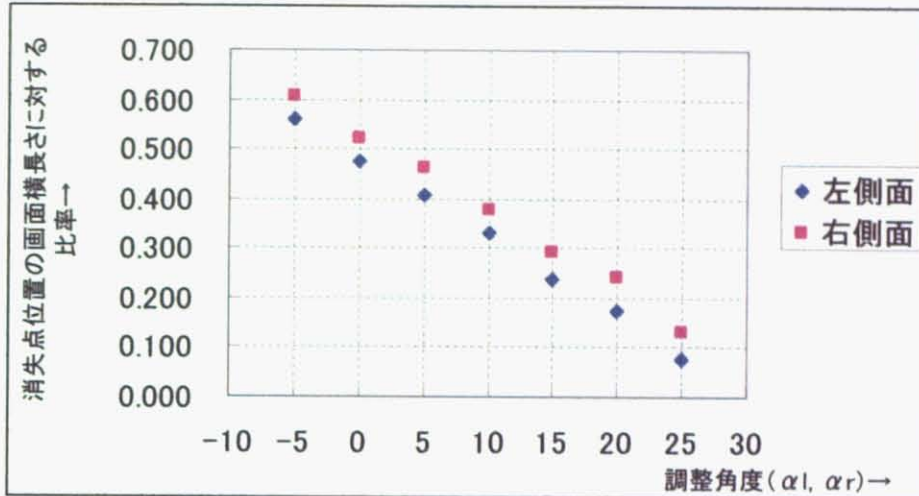


図 4-22 角度調整と左右側面図の消失点の横方向の位置特性との対応関係

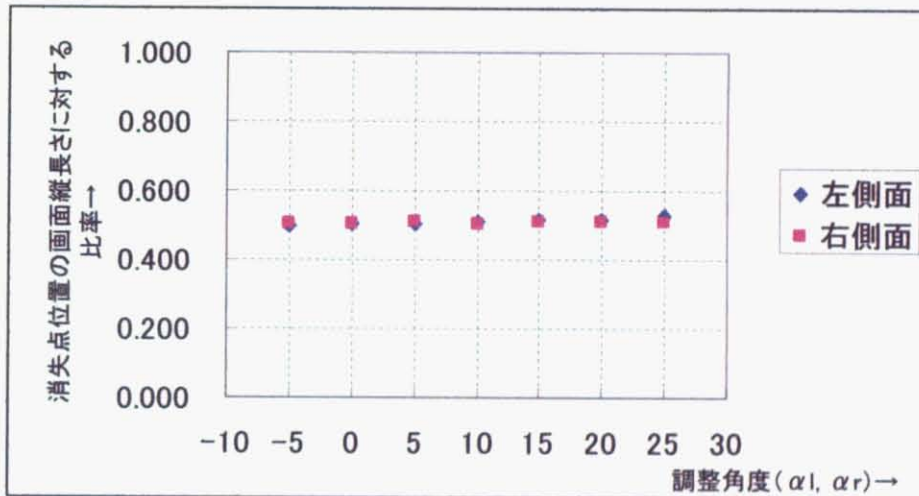


図 4-23 角度調整と左右側面図の消失点の縦方向の位置特性との対応関係

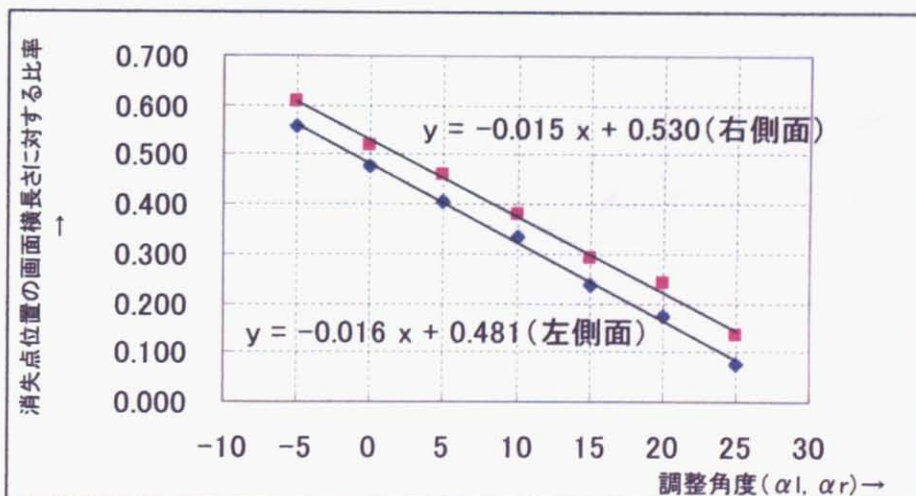


図 4-24 角度調整と左右側面図の消失点の横方向の位置特性との対応関係の線形近似

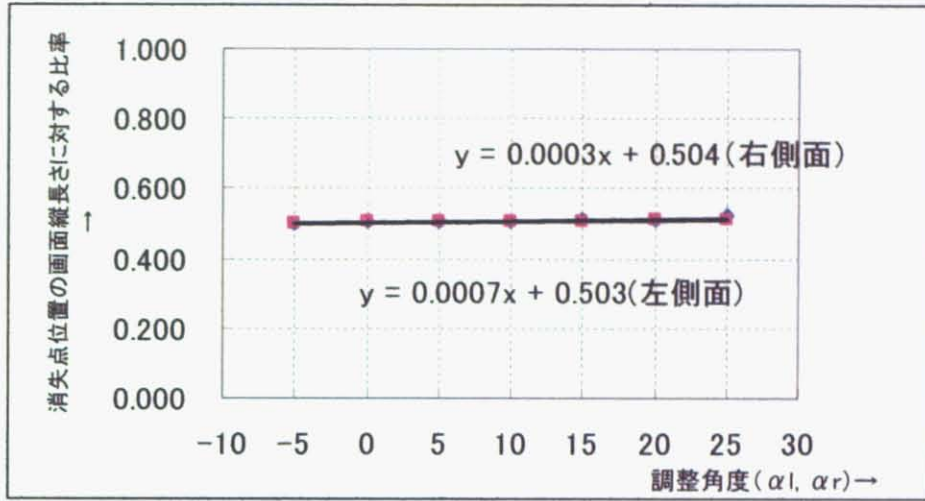


図 4-25 角度調整と左右側面図の消失点の縦方向の位置特性との対応関係の線形近似

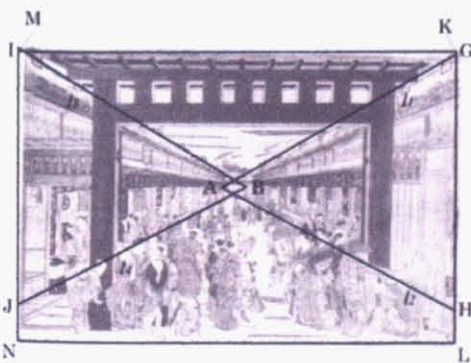
(3) 浮世絵作品の左右側面図の上下辺の交点の位置特性

透視図法導入時期の作品（浮絵）の左右側面図を抽出して黒太線で描き、表にまとめたのが表 4-48 であり、透視図法を消化したと言われる作品の左右側面図を抽出して黒太線で描き、表にまとめたのが表 4-49 である。

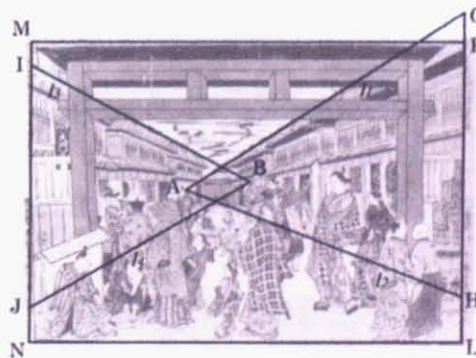
また、左右側面図の上下辺の交点の位置特性をまとめたのが、表 4-50 である。

上辺と下辺を抽出は、単位 pixels において 3 桁の大きさの 1 の位まで測定したので、有効数字 3 桁で計算結果を表にしている。

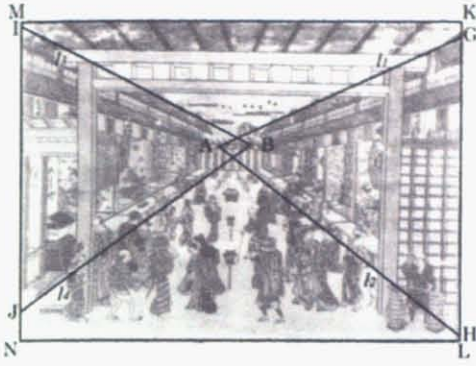
表 4-48 浮世絵作品の構図（透視図法を取り入れた作品）



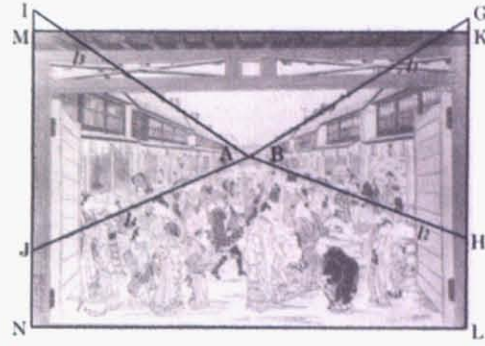
作品 1 奥村政信「新吉原大門口中之町大浮絵」



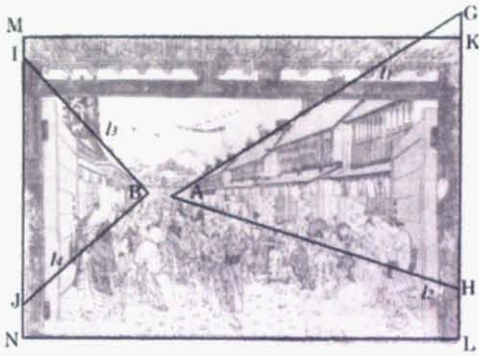
作品 2 奥村政信「新吉原大門口浮絵根元」



作品3 伝田中益信「無題（浮絵吉原大門口の図）」

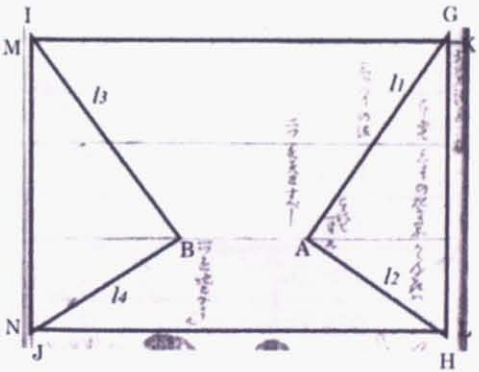


作品4 鳥居清忠「無題（吉原大門口浮絵）」

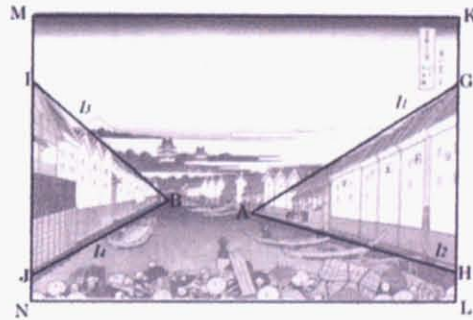


作品5 鳥居清忠（伝西村重長）「無題（浮絵吉原大門口）」

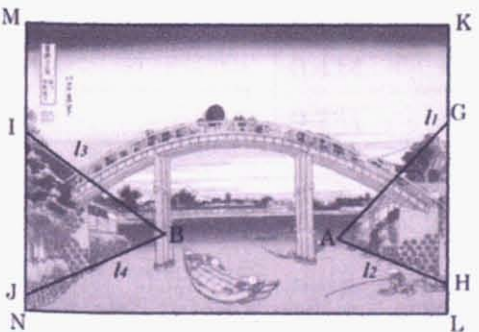
表 4-49 浮世絵作品の構図（透視図法を消化したと言われる作品）



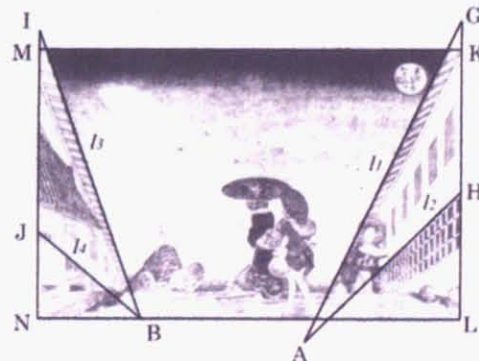
作品6 葛飾北斎「北斎漫画 第10巻『三ツわりの法』」



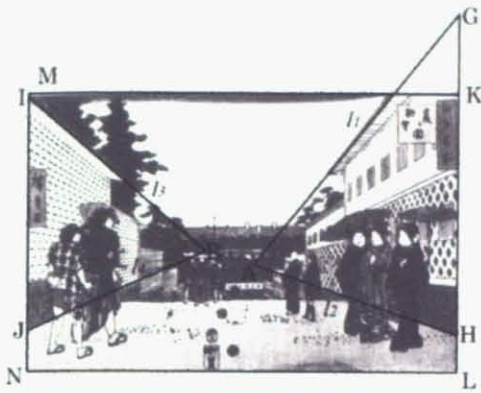
作品7 葛飾北斎「富嶽三十六景 江戸日本橋」



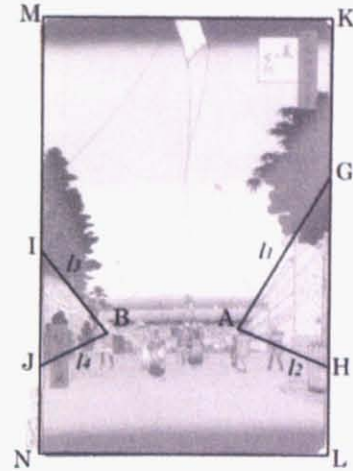
作品8 葛飾北斎「富嶽三十六景 深川万年橋下」



作品9 歌川国芳「東都名所 かすみ関」



作品 10 歌川広重「江戸名所 霞ヶ関眺望」



作品 11 歌川広重「名所江戸百景 霞かせき」

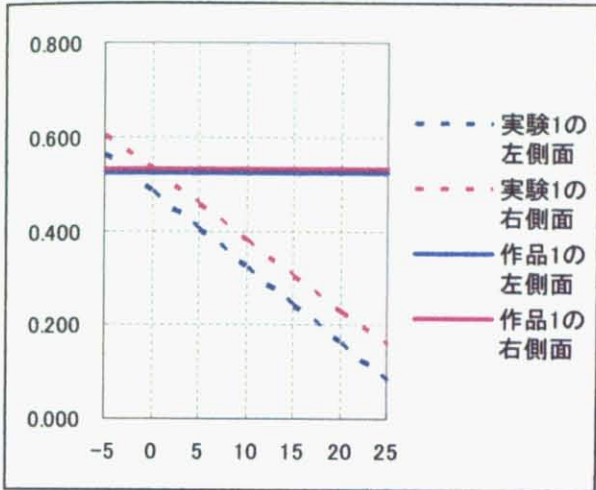
表 4-50 浮世絵作品の左右側面の上下辺の交点の位置特性

	左側面図の上下辺の交点 (図の点 B)		右側面図の上下辺の交点 (図の点 A)	
	点 B と左辺との 距離の画面横長 に対する比率 (=BB'/NL)	点 B の高さの画 面縦長さに対す る比率 (=B'J/IJ)	点 A と右辺との 距離の画面横長 に対する比率 (=AA' /NL)	点 A の高さの画 面縦長さに対す る比率 (=A'H/GH)
	※点 B から直線 IJ に下ろした垂線 の足を点 B'とする		※点 A から直線 GH に下ろした垂線 の足を点 A'とする	
作品 2	0.523	0.464	0.533	0.480
作品 3	0.507	0.521	0.641	0.377
作品 4	0.523	0.583	0.549	0.633
作品 7	0.497	0.393	0.500	0.366
作品 8	0.287	0.451	0.659	0.331
作品 12	0.359	0.325	0.335	0.322
作品 13	0.323	0.388	0.485	0.312
作品 14	0.331	0.389	0.261	0.277
作品 15	0.244	-0.429	0.369	-0.878
作品 16	0.414	0.342	0.473	0.217
作品 17	0.231	0.289	0.317	0.199

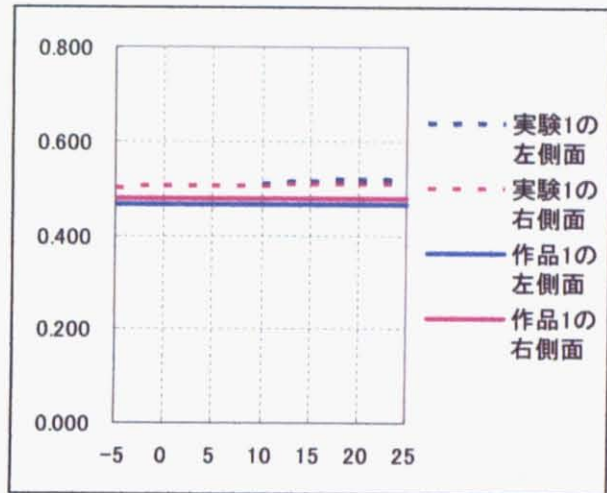
(4) 浮世絵作品の構図と 4.3.2.3 で生成した画像の構図との照合

(2) で求めた、4.3.2.3 で生成した画像の左右側面の消失点の位置特性と角度調整との対応関係のグラフに、(3) で求めた、浮世絵作品の左右側面の上下辺の交点の位置特性を書き入れたのが

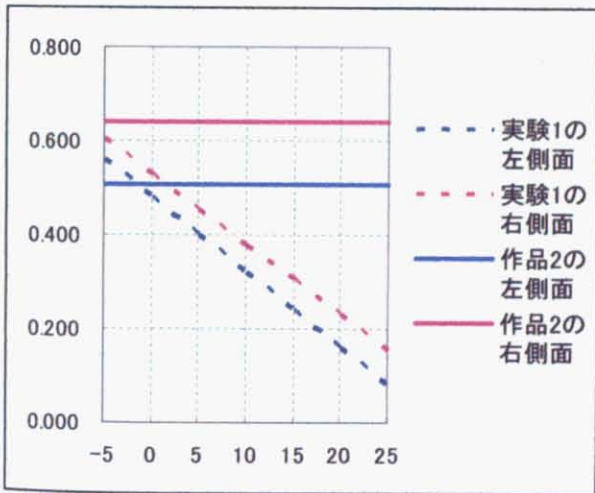
図 4-26 である。横方向の位置特性の照合を表すのが (a-1) ~ (a-11)、縦方向の位置特性の照合を表したのが (b-1) ~ (b-11) である。4.3.2.3 の結果による角度調整との対応関係を表すグラフを破線で、浮世作品の位置特性を实践で表している。位置特性を表す座標系、単位長さは (2) (3) と同様である。



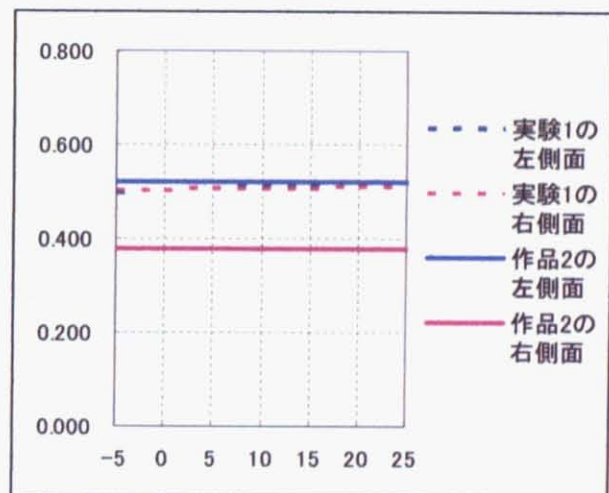
(a-1) 作品 1 との照合 (横方向)



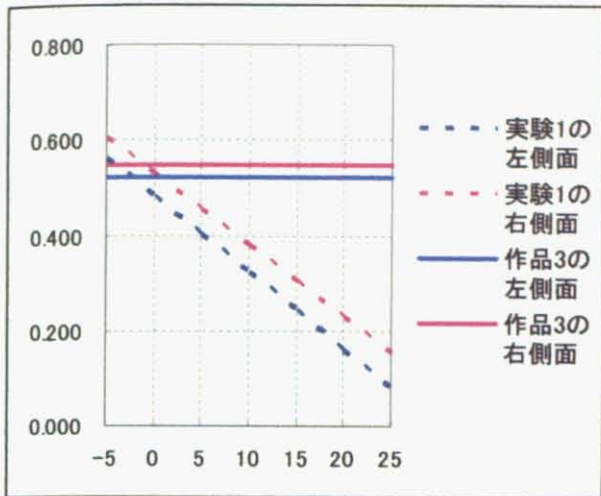
(a-2) 作品 1 との照合 (縦方向)



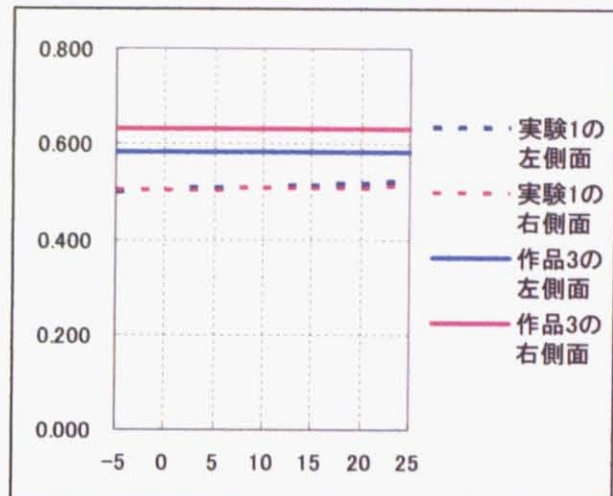
(b-1) 作品 2 との照合 (横方向)



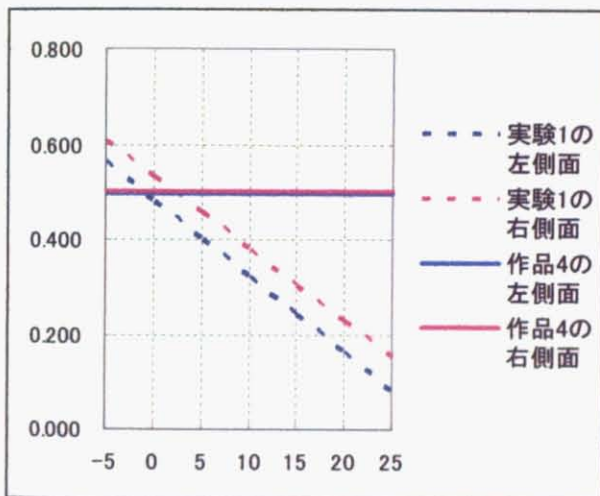
(b-2) 作品 2 との照合 (縦方向)



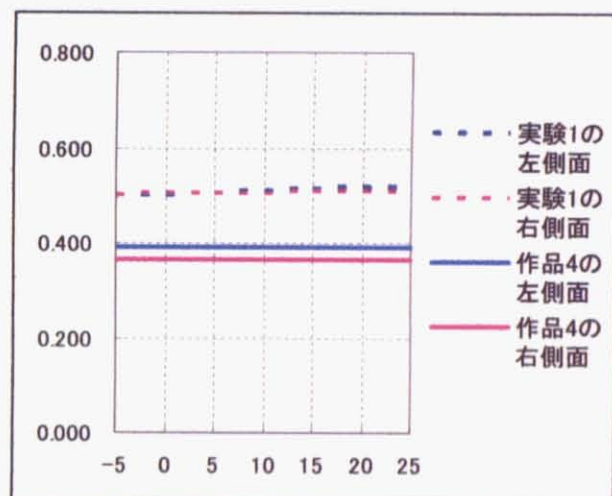
(c-1) 作品3との照合 (横方向)



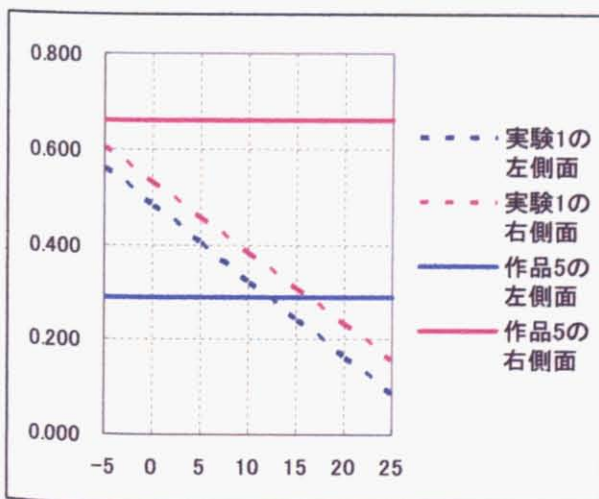
(c-2) 作品3との照合 (縦方向)



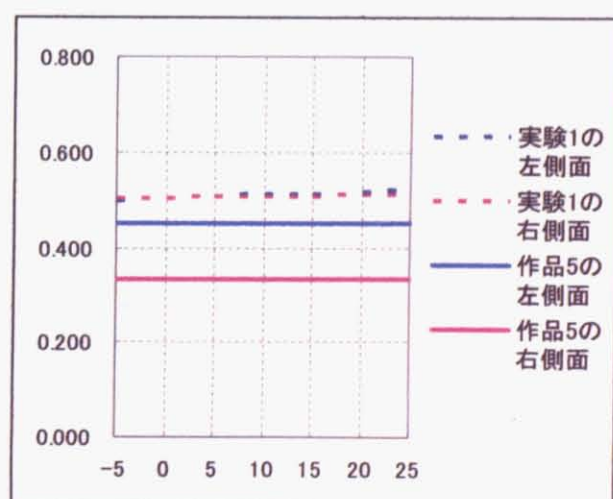
(d-1) 作品4との照合 (横方向)



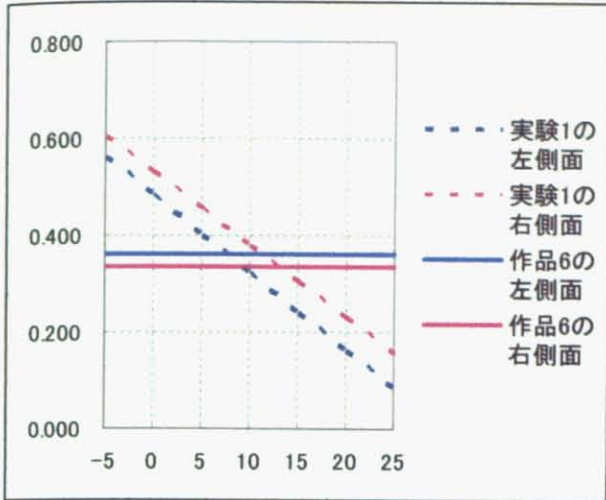
(d-2) 作品4との照合 (縦方向)



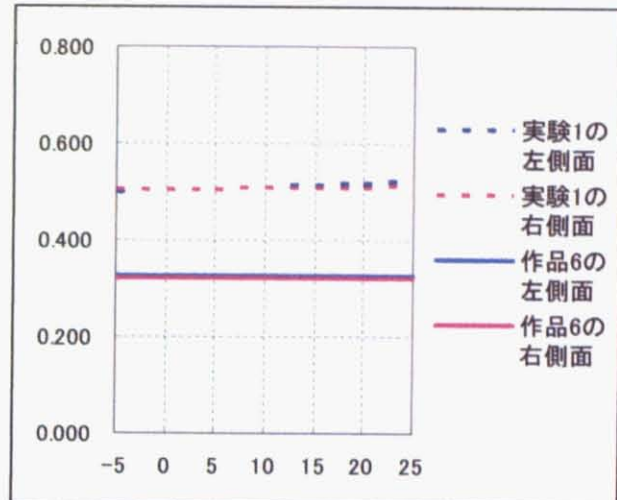
(e-1) 作品5との照合 (横方向)



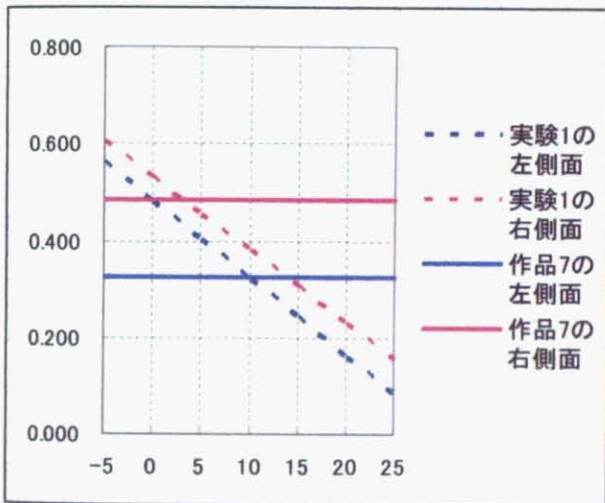
(e-2) 作品5との照合 (縦方向)



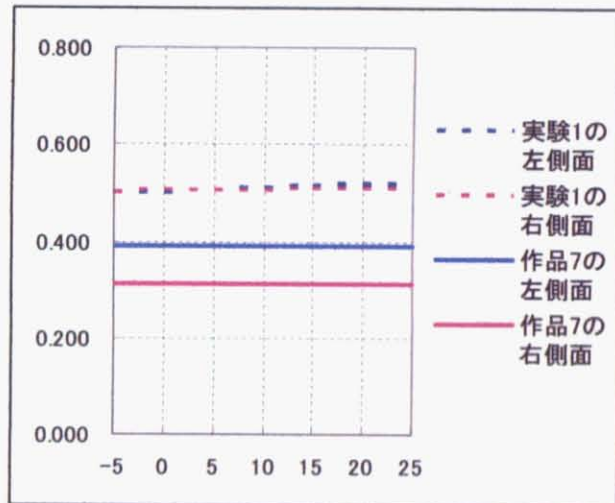
(f-1) 作品 6 との照合 (横方向)



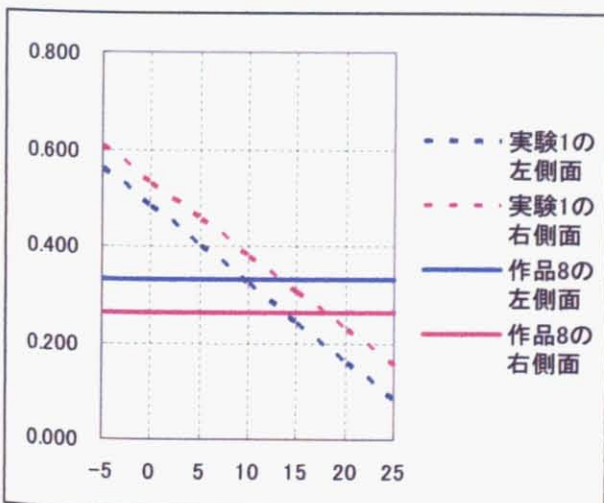
(f-2) 作品 6 との照合 (縦方向)



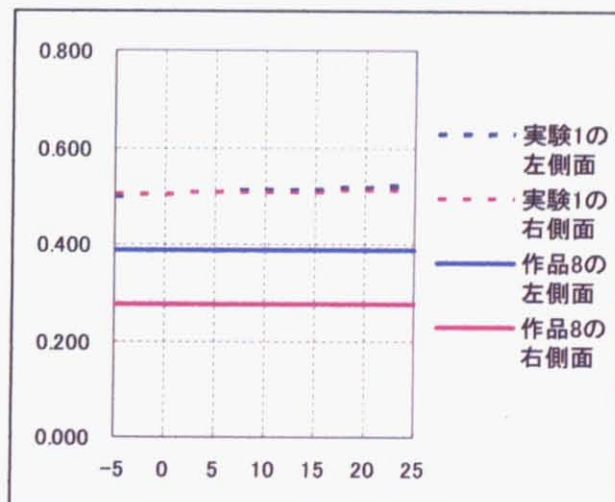
(g-1) 作品 7 との照合 (横方向)



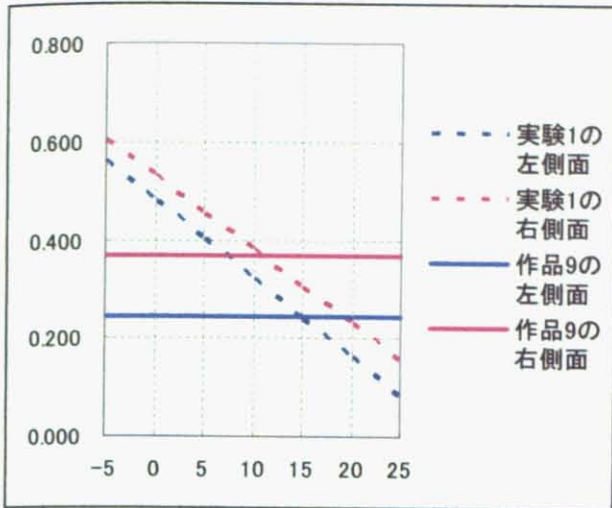
(g-2) 作品 7 との照合 (縦方向)



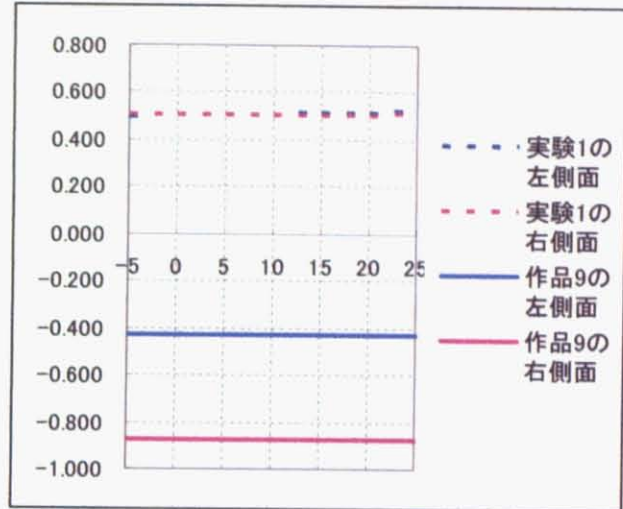
(h-1) 作品 8 との照合 (横方向)



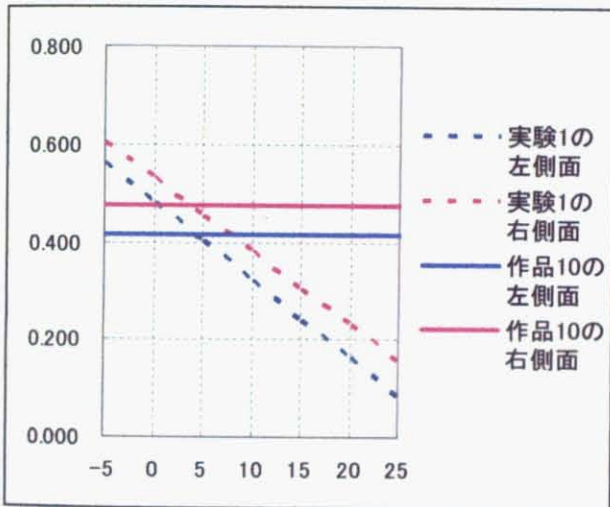
(h-2) 作品 8 との照合 (縦方向)



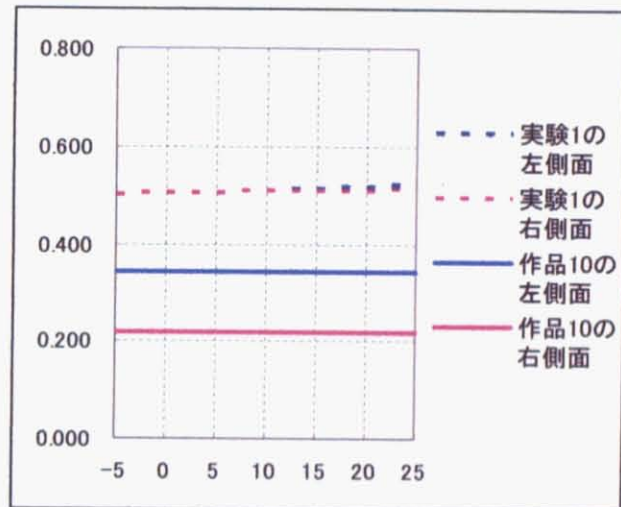
(i-1) 作品 9 との照合 (横方向)



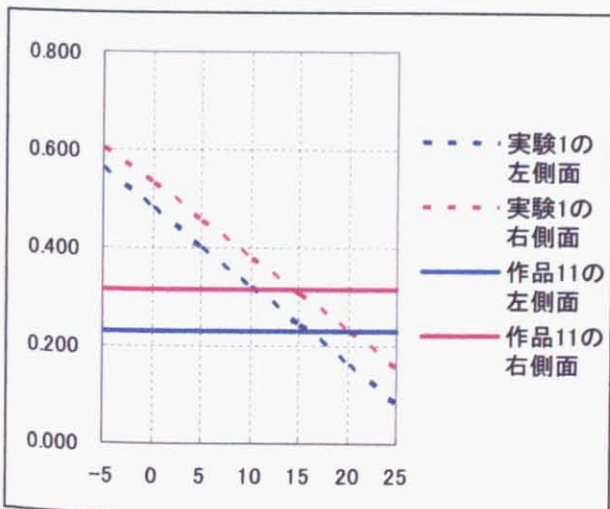
(i-2) 作品 9 との照合 (縦方向)



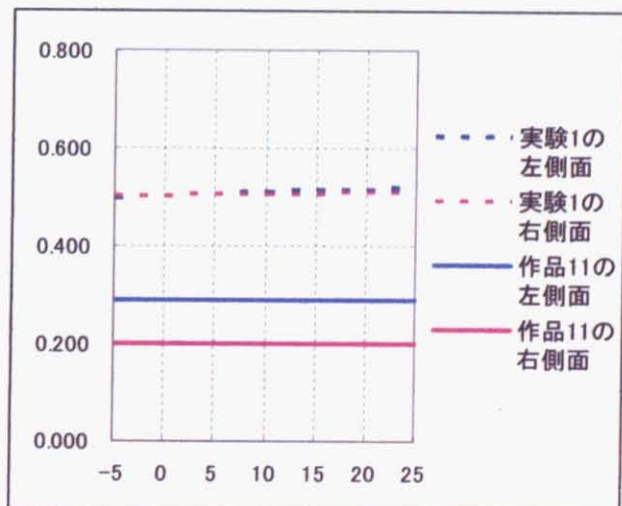
(j-1) 作品 10 との照合 (横方向)



(j-2) 作品 10 との照合 (縦方向)



(k-1) 作品 11 との照合 (横方向)



(k-2) 作品 11 との照合 (縦方向)

図 4-26 浮世絵作品の構図と 4.3.2.3 で生成した画像の構図との照合

(5) 浮世絵作品例の左右側面図を生成する角度調整の推定

(4) で作成した (a-1) ~ (k-1) のグラフより、4.3.2.3 の角度調整と左右側面図の消失点の横方向の座標との対応関係の直線と、浮世絵作品の左右側面の上下辺の交点の横方向の座標を表す直線は交点を持つことがわかる。各交点の y 座標は、浮世絵作品の左右側面の上下辺の交点の横方向の座標であるので、この値を左側面に関しては上の式に、右側面に関しては下の数式 4-5、数式 4-6 に代入することによって、x 座標を求めることができる。この値が、浮世絵作品の左右側面図を生成するための、直方体モデルに対する角度調整の推定値であり、表 4-27 にあらかず。左側面の角度調整と消失点の横方向の座標の関係式

$$y = -0.016x + 0.481 \quad (\text{数式 4-5})$$

右側面の角度調整と消失点の横方向の座標の関係式

$$y = -0.015x + 0.530 \quad (\text{数式 4-6})$$

表 4-27 浮世絵作品の側面図を作成する直方体モデルに対する角度調整の推定値

浮世絵作品の側面図を作成する直方体モデルに対する角度調整の推定値		
	左側面図作成の角度調整 α_l (°)	右側面図作成の角度調整 α_r (°)
作品 2	-2.61	-0.21
作品 3	-1.62	-7.39
作品 4	-2.63	-1.27
作品 7	-1.00	1.99
作品 8	12.10	-8.60
作品 12	7.60	13.00
作品 13	9.88	3.01
作品 14	9.37	17.94
作品 15	14.79	10.76
作品 16	4.20	3.79
作品 17	15.64	14.20

(D) まとめ

表 4-27 に表したように、左右側面を鉛直方向を軸に回転させることによって、作品 2~17 の構図の横方向の性質を再現できる。これより、3次元の直方体モデルを基準とし、鉛直方向を軸とした左右側面の回転角度を変数とすることによって、浮世絵の非透視図の横方向の性質は再現できることが実証できた。