

3P-2

面 対 称 性 に も と づ く 単 眼 視
か ら の 3 次 元 復 元

光本浩士, 岡崎耕三, 副井裕, 田村進一

(鳥取大学) (大阪大学)

1. 序 面 対 称 性 を 持 つ 物 体 は, 椅 子, 自 動 車, 飛 行 機 など 数 多 く 見 受 け ら れ る。 本 稿 で は 面 対 称 性 を 持 つ 物 体 の 単 眼 中 心 投 影 画 像 か ら の 3 次 元 形 状 の 復 元 を 試 み る。

Kanade^[1] は 対 称 軸 など 直 交 2 軸 の 平 行 投 影 時 の 見 え 方 か ら 2 軸 を 含 む 平 面 の 法 線 ベ ク ト ル に 加 わ る 拘 束 を 求 め て い る。 尺 長 ら^[2] は 中 心 投 影 の 必 ず し も 直 交 で な い 角 度 の 見 え 方 か ら の 復 元 に つ い て 論 じ て い る。 本 稿 で は 物 体 表 面 の 対 称 性 を 利 用 し た 復 元 に つ い て 述 べ る。

図 1 に 示 す ご と く, 面 対 称 性 を 持 つ 物 体 表 面 の 2 組 の 対 応 点 を P_1-P_1' お よ び P_2-P_2' と す る。 こ の と き で き る 2 等 辺 台 形 $P_1P_1'P_2'P_2$ を 対 称 面 素 S_{1-2} と 名 づ け る。 こ れ ら の 点 が 画 像 上 で 識 別 可 能 と す る。 い ま, $\overline{P_1P_2}$ と $\overline{P_1'P_2'}$ が 画 像 上 で 平 行 で な い と す る と, そ れ ら は 対 称 面 上 に 交 点 P_0 を 持 つ。 交 点 P_0 の こ と を 本 稿 で は S_{1-2} の 焦 点 と 呼 ぶ こ と に す る。

2. 透 視 変 換 点 P_1 お よ び P_2 は 当 初, ワ ー ル ド 座 標 系 (x_w, y_w, z_w) の $x_w y_w$ 平 面 に の っ て い る と す る。 そ れ ら が y_w 軸 の 回 り に θ だ け 回 転 を 受 け た 後 (図 2), x_w 軸 ま わ り に α , z_w 軸 ま わ り に γ だ け 回 転 を 受 け, さ ら に (x_0, y_0, z_0) の 平 行 移 動 を 受 け た と す る (図 3)。 こ れ ら の 同 次 変 換 行 列 を そ れ ぞ れ A, B, C, D と し, さ ら に 透 視 変 換 を E と す る。 こ の と き,

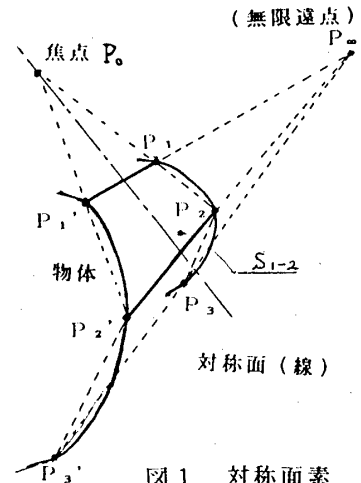


図 1 対 称 面 素

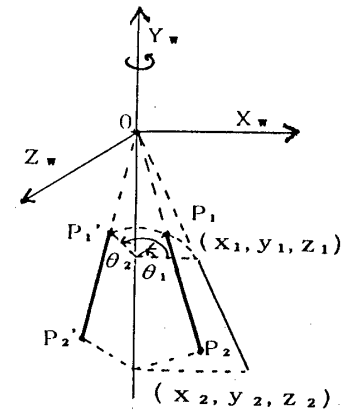


図 2 Y_w 軸 の ま わ り の 回 転

$$A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E = \begin{bmatrix} -(\cos\alpha\cos\theta - \sin\gamma\sin\alpha\sin\theta) & \sin\gamma\cos\theta + \cos\gamma\sin\alpha\sin\theta & -\cos\alpha\sin\theta \cdot S \\ \sin\gamma\cos\alpha & \cos\gamma\cos\alpha & \sin\alpha \cdot S \\ -(\cos\gamma\sin\theta + \sin\gamma\sin\alpha\cos\theta) & \sin\gamma\sin\theta - \cos\gamma\sin\alpha\cos\theta & \cos\alpha\cos\theta \cdot S \\ -x_0 & y_0 & z_0 \cdot S \end{bmatrix}$$

したがって, 基本式は

$$\begin{aligned} u_1 &= -x_1 (\cos\gamma\cos\theta_1 - \sin\gamma\sin\alpha\sin\theta_1) + y_1 \sin\gamma\cos\alpha - x_0 \\ v_1 &= x_1 (\sin\gamma\cos\theta_1 + \cos\gamma\sin\alpha\sin\theta_1) + y_1 \cos\gamma\cos\alpha + y_0 \\ t_1 &= (-x_1 \cos\alpha\sin\theta_1 + y_1 \sin\alpha + z_0) \cdot S \end{aligned}$$

3-D Recovery based on Plane Symmetry from Single View Image

Hiroshi MITSUMOTO¹, Kozo OKAZAKI¹, Yutaka FUKUI¹, Shinichi TAMURA²

(¹) Tottori University, (²) Osaka University

$$\begin{aligned}
 u_1' &= -x_1 (\cos\gamma \cos\theta_2 - \sin\gamma \sin\alpha \sin\theta_2) + y_1 \sin\gamma \cos\alpha - x_0 \\
 v_1' &= x_1 (\sin\gamma \cos\theta_2 + \cos\gamma \sin\alpha \sin\theta_2) + y_1 \cos\gamma \cos\alpha + y_0 \\
 t_1' &= (-x_1 \cos\alpha \sin\theta_2 + y_1 \sin\alpha + z_0) \cdot S \\
 u_2 &= -x_2 (\cos\gamma \cos\theta_1 - \sin\gamma \sin\alpha \sin\theta_1) + y_2 \sin\gamma \cos\alpha - x_0 \\
 v_2 &= x_2 (\sin\gamma \cos\theta_1 + \cos\gamma \sin\alpha \sin\theta_1) + y_2 \cos\gamma \cos\alpha + y_0 \\
 t_2 &= (-x_2 \cos\alpha \sin\theta_1 + y_2 \sin\alpha + z_0) \cdot S \\
 u_2' &= -x_2 (\cos\gamma \cos\theta_2 - \sin\gamma \sin\alpha \sin\theta_2) + y_2 \sin\gamma \cos\alpha - x_0 \\
 v_2' &= x_2 (\sin\gamma \cos\theta_2 + \cos\gamma \sin\alpha \sin\theta_2) + y_2 \cos\gamma \cos\alpha + y_0 \\
 t_2' &= (-x_2 \cos\alpha \sin\theta_2 + y_2 \sin\alpha + z_0) \cdot S \\
 x_0 &= U_0 \cdot z_0 \cdot s \\
 y_0 &= V_0 \cdot z_0 \cdot s
 \end{aligned}$$

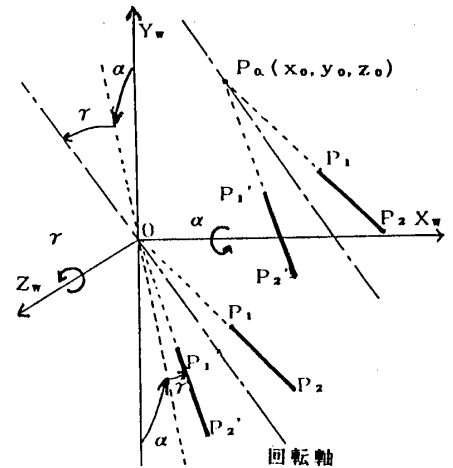
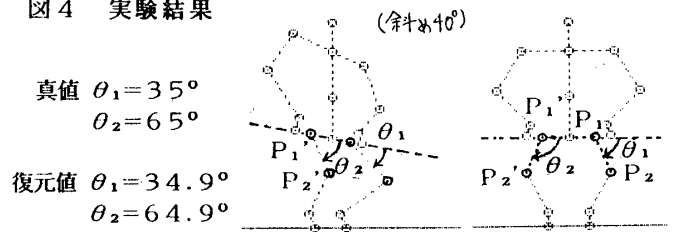


図3 幾何学的配置

ここに、 (u_i, v_i, t_i) は画像平面上の同次座標、 (U_0, V_0) は画像平面上の点、 θ_1 は P_1, P_2 の回転、 θ_2 は P_1', P_2' の回転を表す。 S はスケールパラメータである。これらから x_0, y_0, z_0 を消去すると $\gamma, \alpha, \theta_1, \theta_2$ に関する4個の非線形方程式が得られる。これをブレンド法による逐次近似を用いて解く。但し、次数が多いため、初期値をうまく選ぶまたは制限を利用する必要がある。

図4 実験結果



(a)を入力とし、
 面対称位置にある左右大腿部 P_1, P_2 および
 P_1', P_2' の傾きを求めている。(参考)

図4は鉛直軸まわりに対称屈伸運動をしている人体スティックモデルの中心投影図と、それをもとに計算した回転角と復元値(第1表)を示す。この例では回転軸は垂直であるとの知識を用いて回転軸の方向もを確定した。この場合、未知パラメータは θ_1, θ_2 の2個であり、容易にそれらを求めることが出来る。しかしながら、一般にはこのようにして求めた回転軸には対称面内で1自由度があり、他の制限がないとその角度に関しては一意的には定まらない。Pを通る回転軸が対称面を形成するともいえる。2つの対称面素連結時の共通回転軸を求められるように、回転軸に α, γ の2つの傾きを許したのであるが、1面単独で考える場合はこれらの回転要素は1つでよく、たとえば γ を常に0としておいてよい。

	x_w / T_z		y_w / T_z		z_w / T_z	
	計算値	真値	計算値	真値	計算値	真値
P_1	0.04987	0.04996	0.25586	0.25587	0.85571	0.85572
P_2	0.13558	0.13442	0.13117	0.13145	0.79569	0.79570
P_1'	-0.04987	-0.05012	0.25586	0.25587	0.77200	0.77201
P_2'	-0.00585	-0.00487	0.13117	0.13144	0.67718	0.67719

第1表 復元値

3. むすび 代数的解法は見通しの悪い問題点があり、幾何学的情報の利用を考える必要がある。たとえば、無限遠点を利用すると対称面素の上底辺、下底辺のベクトル、すなわち対称面の法線ベクトルが定まる。これ等は今後の課題である。有益な討論を頂いた大阪大学佐藤嘉伸氏、玉野隆一氏に感謝する。

[1] T.Kanade: Recovery of the Three Dimensional Shape of an Object from a Single View, Artificial Intelligence, Vol.17, pp.409-460 (1981)

[2] 尺長, 金子: 透視角度変換による画像上に散在する線分の配置復元, 情報処理 学会コンピュータビジョン研資 No.39-1(1985.11)