頭の位置・回転による目線変化考察ノート

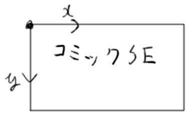
0. 目的

目線推定をする際、頭の位置・回転は重要であるが、現在のシステムには組みこんでいない。どのように組みこめるか考察する。

1. 定義

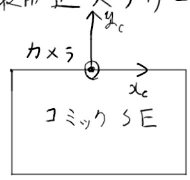
まず、座標系　を定義する。

① スクリーン座標…最終的にほしい座標



(x, y)

② 補正スクリーン座標…カメラを中心としたスクリーン座標

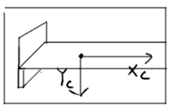


(x_c, y_c)

③ 空間座標

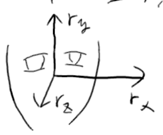
(X, Y, Z)

④ 正規化カメラ座標…正規化されたカメラ座標



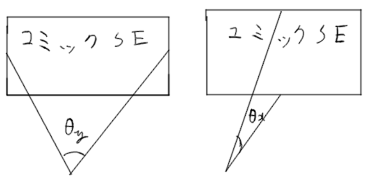
(X_c, Y_c)　$-1 \leq X_c \leq 1$, $-1 \leq Y_c \leq 1$

⑤ 頭の回転座標…正直向きの確認



(r_x, r_y, r_z)

⑥ カメラの視角…カメラの視界の広さ



(θ_x, θ_y)

2. ④→②の変換（カメラ→カメラ基準のスクリーン）

目線の見ている先の空間座標を (X_0, Y_0) $(Z=0)$ とする。両目の中間点を (X, Y, Z) とする。

$$X_0 = X - Z\sin(r_y) \qquad X = Z X_c \tan(\theta_x)$$
$$= Z(X_c \tan(\theta_x) - \sin(r_y))$$

$$Y_0 = Y - Z\sin(r_x) \qquad Y = Z Y_c \tan(\theta_y)$$
$$= Z(Y_c \tan(\theta_y) - \sin(r_x))$$

$X \to x_c$, $Y \to y_c$ は、平行移動はなく、スケーリングのみなので、係数 a_x, a_y を導入し、

$$x_c = a_x Z(X_c \tan(\theta_x) - \sin(r_y))$$
$$y_c = a_y Z(Y_c \tan(\theta_y) - \sin(r_x))$$

と表せる。

3. ②→①の変換

これはすでにスケーリングされているので、平行移動のみを考えればよい。係数 b_x, b_y を導入し、

$x = x_c + b_x$, $y = -y_c + b_y$ となる。

4. Z, $\tan(\theta_x)$, $\tan(\theta_y)$ の導出

距離　既知の3点を用いる。座標を

カメラ (X_{c1}, Y_{c2})　(X_{c2}, Y_{c2})　(X_{c3}, Y_{c3})

空間 (X_1, Y_1, Z_1), (X_2, Y_2, Z_2), (X_3, Y_3, Z_3) と置く。

それぞれの関係は以下のようになっている。

$$X_n = Z_n X_{cn} \tan(\theta_x)$$

$$Y_n = Z_n Y_{cn} \tan(\theta_Y)$$

これにより、以下が成り立つ。

$$\tan(\theta_x) = \frac{X_2 - X_3}{(Z_2 - Z_1) X_{c2} - (Z_3 - Z_1) X_{c3}}$$

$$\tan(\theta_y) = \frac{Y_2 - Y_3}{(Z_2 - Z_1) Y_{c2} - (Z_3 - Z_1) Y_{c3}}$$

FaceMesh座標を (x_{F1}, y_{F1}, z_{F1}) (x_{F2}, y_{F2}, z_{F2})、距離を d とすると、

$$dX = \frac{|x_{F1} - x_{F2}|\, d}{\sqrt{(x_{F1} - x_{F2})^2 + (y_{F1} - y_{F2})^2 + (z_{F1} - z_{F2})^2}}$$

$$dY = \frac{|y_{F1} - y_{F2}|\, d}{\sqrt{(x_{F1} - x_{F2})^2 + (y_{F1} - y_{F2})^2 + (z_{F1} - z_{F2})^2}}$$

$$dZ = \frac{|z_{F1} - z_{F2}|\, d}{\sqrt{(x_{F1} - x_{F2})^2 + (y_{F1} - y_{F2})^2 + (z_{F1} - z_{F2})^2}}$$

また、同じ Z 座標を持つ2点を考えるとその Z 座標が求まる。

$$Z = \frac{X_2 - X_1}{(X_{c2} - X_{c1}) \tan(\theta_x)} = \frac{Y_2 - Y_1}{(Y_{c2} - Y_{c1}) \tan(\theta_y)}$$

この点を基準とし、dZ を求めることにより Z が求まる。

5. まとめ

$$x = a_x(Z(X_c \tan(\theta_x) - \sin(r_y)) + b_x$$

$$y = -a_y(Z(Y_c \tan(\theta_y) - \sin(r_x)) + b_y$$

$$\tan(\theta_x) = \frac{X_2 - X_3}{(Z_2 - Z_1) X_{c2} - (Z_3 - Z_1) X_{c3}}$$

$$\tan(\theta_y) = \frac{Y_2 - Y_3}{(Z_2 - Z_1) Y_{c2} - (Z_3 - Z_1) Y_{c2}}$$

$$Z = \frac{X_2 - X_1}{(X_{c2} - X_{c1}) \tan(\theta_x)} + dZ$$

$$dZ = \frac{(z_{F1} - z_{F}\ )\, d}{\sqrt{(x_{F1} - x_{F2})^2 + (y_{F1} - y_{F2})^2 + (z_{F1} - z_{F2})^2}}$$

a_x, a_y, b_x, b_y は画面と値を基に調整。(画面上の点に向かせる?)