

# 瞳認識・描画を利用したアイコンタクト顔映像生成

## Eye-Contact Face Motion Image Generation by Using Iris Recognition and Regeneration

舟橋琢磨† Takuma Funahashi      藤原孝幸‡ Takayuki Fujiwara      奥水大和‡ Hiroyasu Koshimizu

### 1. 緒言

顔映像などの非言語情報を含んだ遠隔対面コミュニケーション環境の普及・拡大は目を見張るものがある。遠隔対面環境においても対面環境同様の良好なコミュニケーションを実現するためには様々な課題があるが、中でも顔インタフェースにおける対話者間の「視線の不一致」の解消という課題がある。

視線の不一致問題は、自身の顔を撮像するカメラと相手の顔を映すモニタの位置関係によって起こる。この問題に対して、遠隔会議システム上でのアイコンタクトの研究は古くから行われている[1-3]。しかしながら、特殊な環境や機器を使用するという強い制約条件があり、十分に普及されているとは言い難い。

本研究では、市販されている Web カメラのみを入力機器として、画像処理によって視線のずれた顔画像を視線の一致した顔画像に修正する Eye-Contact Camera システムの開発と実用化を目的としている。本稿では、2章にてアイコンタクト映像生成手法を記し、3章にて Web カメラ映像を対象とした実験を行い、本研究の有効性を示す。

### 2. アイコンタクト映像生成手法

本システムは図1のようなシステムフローによって動作をする。Web カメラより入力された画像を取得し、その画像に対して顔領域抽出を行い、領域内にて瞳認識を行う。認識された瞳の中心座標値を利用して瞳位置、カメラ、モニタの三者の位置関係を統合して視線が合う瞳位置を算出して再描画する。

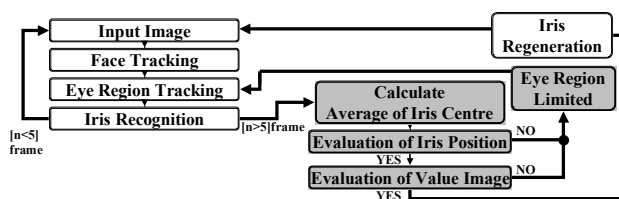


図1 システムフロー

#### 2.1 領域抽出

カメラから入力された RGB カラー顔画像に対して、肌色は、色相において一定の範囲に属するので、色相、彩度、明度を利用した HSV 表色系に式(1)にて変換した後、色相を用いて肌領域を抽出する。

抽出した肌領域に対して、図形融合（膨張/収縮処理）、最大領域のラベリング処理によって得られた領域（図2(b)）を顔領域  $M \times N$  として定義し、 $(M \times N)/4$  を目領域（図2(c)）として算出する。

$$\begin{aligned} H &= \tan^{-1}(C_1 / C_2) \\ S &= \sqrt{C_1^2 + C_2^2} \\ V &= -0.3R - 0.59G + 0.89B \end{aligned} \quad \left( \begin{array}{l} C_1 = R - Y = 0.7R - 0.59G - 0.11B \\ C_2 = B - Y = -0.3R - 0.59G + 0.89B \end{array} \right) \quad (1)$$

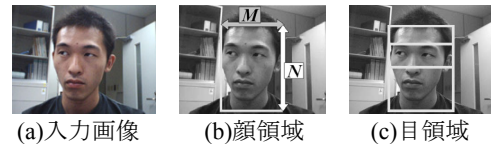


図2 領域抽出処理

#### 2.2 瞳認識と判別評価

瞳認識には Hough 変換による円検出を用いた。円の Hough 変換によって幾つか検出された瞳候補から、最良の候補円対を瞳対として選択する。得られた瞳候補を、顔領域の中心を境界に左の瞳と右の瞳に分け、以下の基準に基づいて、最良のものを正しい瞳対として選択する。

- 左右の瞳中心座標 → 水平方向に定めた閾値内
- 左右の瞳半径 → 同径より定めた誤差範囲内
- 左右の瞳濃度差 → 閾値内

動画の入力を開始して、 $N-5$  フレームから  $N$  フレームまでの左右の瞳平均中心座標と、平均座標から垂直水平方向に瞳の半径の3倍を減算、加算した範囲を判別評価領域として、肌領域の閾値を利用してコントラスト改善、2値化閾値処理をする。2値化した結果、領域内には、黒目、目輪郭、眉が抽出され、画素数を計算し、瞳の半径に応じて、経験的に指定した閾値を利用して目か眉かを判定する(式(2))。

$$P_{th} = \sum_{i=-3r}^{3r} \sum_{j=-3r}^{3r} (i, j) \begin{cases} P_{th} < 4r^2 & \Rightarrow otherwise \\ 4r^2 < P_{th} < 10r^2 & \Rightarrow eye \\ 10r^2 < P_{th} & \Rightarrow eyebrow \end{cases} \quad (2)$$

( $r$ : radius of extracted iris)

#### 2.3 視線移動後の瞳中心座標値算出

認識された瞳の位置( $x_{in}, y_{in}$ )と、モニタ、カメラ、対象者との三者関係を用いることで、瞳の移動を行う。図3に示すような人、モニタとカメラとの位置関係を表す  $L, R, r$  なる3つのパラメータを指定する。そして、垂直視野角度  $\theta_{ver}$  と、水平視野角度  $\theta_{hor}$  を式(3)で求める。

$$\theta_{ver} = \tan^{-1} \frac{R}{L} \quad \theta_{hor} = \tan^{-1} \frac{r}{L} \quad (3)$$

次に式(4)によって、元の瞳中心座標( $x_{in}, y_{in}$ )と上で求めた  $\theta_{ver}, \theta_{hor}$  とその角度を顔画像上での pixel 値に変換する関数  $\Delta x, \Delta y$  を導入し、移動後の瞳中心座標( $x_{out}, y_{out}$ )を得る。

$$\begin{aligned} x_{out} &= x_{in} + \Delta x(\theta_{ver}) : \Delta x(\theta_{ver}) = \theta_{ver} / 10 \\ y_{out} &= y_{in} + \Delta y(\theta_{hor}) : \Delta y(\theta_{hor}) = \theta_{hor} / 10 \end{aligned} \quad (4)$$

† 中京大学大学院情報科学研究科

‡ 中京大学情報理工学部

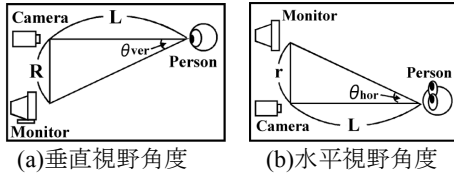


図3 視野角度計算におけるパラメータの位置関係

### 2.4 瞳再描画によるアイコンタクト画像生成

前節で求められた瞳中心座標( $x_{out}, y_{out}$ )を基に、目領域を抽出した後、垂直・水平方向に画素値を走査させ、白目、瞳、まぶたのそれぞれの個別領域を判定し(図4)、白目( $f_{ij} = 0$ )と瞳( $f_{ij} = 1$ )領域に対してのみ瞳再描画と塗り潰しを行う。次に、目領域を水平方向に走査していき、任意の点( $s_n, t_n$ )から瞳中心座標( $x_{out}, y_{out}$ )までの距離 $d_n$ を求め(図5)、距離 $d_n$ と瞳半径 $r$ を用いて、黒画素値か白画素値を代入する(式(5))。その後、平滑化を行うことで、瞳の再描画を行った際の不自然さを抑制する。

$$\begin{aligned}
 B_{i,j} &= \text{black} + d_n \times \alpha \\
 W_{i,j} &= \text{white} + d_n \times \alpha \\
 \alpha &: \text{constant} \\
 \left\{ \begin{aligned} \text{black} &= \min \{F_{i,j} \mid f_{i,j} = 1\} \\ \text{white} &= \max \{F_{i,j} \mid f_{i,j} = 0\} \end{aligned} \right\} \\
 \left\{ \begin{aligned} d_n &= \sqrt{(s_n - x_{out})^2 + (t_n - y_{out})^2} \\ d_n \leq r &\Rightarrow B_{i,j} \\ d_n \geq r \cap f_{i,j} = 1 &\Rightarrow W_{i,j} \\ d_n \geq r \cap f_{i,j} = 0 &\Rightarrow F_{i,j} : \text{pixel value} \\ f_{i,j} &: \text{label number in Fig.4} \end{aligned} \right. \quad (5)
 \end{aligned}$$

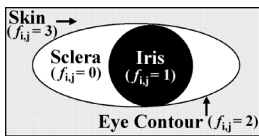


図4 目領域分割

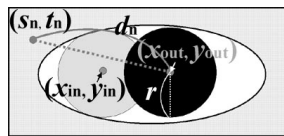


図5 再描画領域の選定

## 3. 実験と考察

### 3.1 瞳認識評価

動画像による瞳認識実験を行い、瞳認識評価の有無による認識結果の比較、検討を行った。認識評価無しの場合では、誤認識を判定することなく、瞳以外の輪郭抽出を繰り返し行った結果が得られた。認識評価有りの場合では、認識評価無しに比べると安定した結果が得られた。導入前と比較すると処理フレーム数が減っているのが確認できる。これは、誤認識判定を導入したことにより、本来誤って瞳として認識されたフレームを省略し、正しいフレームのみを瞳として抽出したことによる。また数値として瞳輪郭抽出成功率が向上していることがわかる(表1)。

### 3.2 アイコンタクト顔画像生成

図6(b)に瞳再描画を行ったアイコンタクト顔画像(図6(a)は原画像)の結果例を示す。実験では、正面にモニター、モニターの上側にカメラを設置し、被験者にはモニター上に映る自身の顔映像を目視してもらった。

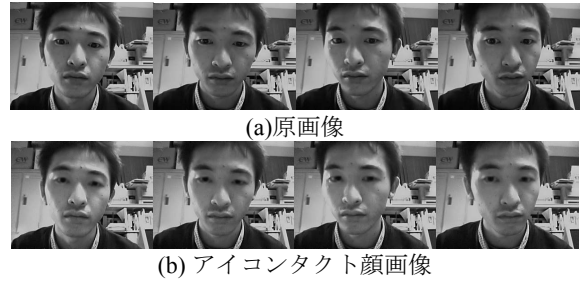


図6 瞳再描画によるアイコンタクト顔画像生成

生成されたアイコンタクト顔画像は、原画像と比較するとアイコンタクトの改善が見られる結果となった。瞳再描画における、白目と肌の領域の目領域判別に失敗し描画に不自然さが目立つ場合があった。また、実験参加者27名によるアイコンタクト顔映像のアイコンタクト性と映像の自然性を、それぞれ5段階評価にて評価実験を行った結果(図7)、アイコンタクト性が平均3.51、映像の自然性が平均3.01という結果が得られたことから、アイコンタクト性の改善は評価されたことがいえるが、映像の自然性には更なる改善が必要であると考えられる。

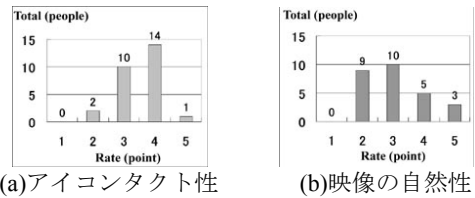


図7 アイコンタクト顔映像評価結果

## 4. 結言

本稿では、視線の外れた顔画像を視線の合った顔画像に修正することを目的とし、視線不一致問題に対する新しい改善策とその実現可能性を示すことができた。今後は、瞳輪郭抽出と再描画の精度向上と、瞳以外の顔部品(鼻孔や口唇など)の情報を用いて、顔の向きによる瞳の有無の判定を行い、必要に応じて瞳再描画を行うなど、システムのロバスト性の向上を目標とする。

### 参考文献

[1] H.Ishii, M.Kobayashi and J.Grudin: "Integration of interpersonal space and shared workspace: Clear- Board design and experiments", ACM Transactions on Information Systems, Vol.11, Issue 4, pp.349-375 (1993)  
 [2] 石井裕, 渡辺 富夫: "VirtualActor を対面合成した身体的ビデオコミュニケーションシステム", ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.5, No.2, pp.73-82 (2003)  
 [3] 森川治: "人間の認知特性を考慮したビデオ対話方式の提案", 計測自動制御学会, 第13回 HIS 論文集, pp653-658 (1997)

表1 瞳認識評価結果

	Method	Total Frame	Limited of eye region	Success	Failure	Rate
Left eye	Original	45	0	18	27	40%
	Proposed	35	10	23	12	65%
Right eye	Original	45	0	23	22	51%
	Proposed	35	10	26	9	74%