

# 機械とのアイコンタクトシステム

宮内大 中村明生 久野義徳  
埼玉大学工学部情報システム工学科

近年、日常生活で人間の助けとなっていくためのロボットの研究、開発が数多く行われてきている。そのようなロボットには操作が容易で誰にでも扱いやすいようなインタフェースが必要である。しかし、そのようなインタフェースにジェスチャや音声などを用いると、ロボット側にとってはどのようなときに人間の行動を命令と受け取ってよいのかという問題が生じ、また、人間側にとっては自分の命令がロボットに伝わっているのか、伝わっていないのかということが判断しにくくなるという問題が出てくる。本研究では、この2つの問題を解決するために人間とロボットの間でアイコンタクトを行うことを考え、そのための前段階として、人間と3次元CGとでアイコンタクトを行なえるシステムを開発した。

## Eye Contact System for Human-Robot Interaction

Dai Miyauchi Akio Nakamura Yoshinori Kuno  
Department of Information and Computer Sciences, Saitama University

Eye contact plays an important role in meta-communication such as starting conversation. We investigate how a robot can make eye contact with a human to develop a friendly human-robot interface. Psychological studies reveal that eye contact requires not only that each should look at the other's eyes but also that each should be aware of being seen by the other. We present a system satisfying the above two conditions with a human. If it detects a human face in the video camera data, the system keeps tracking it and computing the face direction. If the direction turns toward the display of the system showing a human face by 3-D CG, the system makes its CG face turn toward the human. If he/she keeps looking at the CG face, it changes its face expression such as like smiling to let him/her know that it is aware of being seen. Experimental results show that human subjects think that they can make eye contact with the system.

### 1 はじめに

近年、研究、開発が盛んに行なわれているロボットが、日常生活の中で人々の手助けとなってゆけば今よりさらに便利な生活を送ることが可能になるだろう。しかし、現在、そのようなロボットはないと言ってもいい。まず、そのように日常生活を支援し

ていくロボットには、誰にでも簡単に扱えなくてはならないということが必要である。これは現在、音声認識やジェスチャ認識などの機能を備えることによる解決策が研究されてきている。しかし、日常生活環境というものは、人が行き交い、会話が飛び交い、いつどこで何が起こるかそのときになるまでわからないような環境である。このような環境に口

ボットが介入していくためには、ロボットにそれ相応の判断能力と、行動能力が備わっていなければならない。

そのようなロボットの例として、日常生活環境下において人間が指をさしただけで、その物を取ってきてくれるようなロボットを考えてみる。そのようなロボットには様々な問題があるが、その一つとして、ロボットが「人間が指をさした」と認識した行為が、実際にその人がロボットにそれを持ってきて欲しいと考えたのかということもロボットが判断できなければならないということがある。その動作が全て日常生活下で行なわれているということなので、人間が指をさした時点で、それが全てロボットに対する命令だと解釈されてしまっただけでは困る。「指をさす」という行動がたまたま、何の意味もなく行なわれたのかもしれないし、その場所にいたロボット以外のもう一人の人間に対しての何らかの意思表示であったのかもしれない。たとえロボットへの命令がそのようなジェスチャなどではなく音声で行なわれたものであったとしても、同じ状況が起こり得る。その場合は、人の発話がロボットへの命令であるのかどうかを認識しなければならない。もしロボットが人間の行動を何もかも自分に対する命令だと解釈してしまっただけでは、いつも人間がロボットの存在を意識してしまうことになり、普通の生活ができなくなってしまう可能性が大きくなる。

また、もう一つの問題として、人間側も、ただ「指をさす」という行為をするだけでは、本当にロボットが理解してくれたのか、または、どのようなタイミングで指をさせばロボットが正しく理解してくれるのかわからない。このように、命令をされる側とする側が相互に理解し合った上で命令を与えられるようにならなければ、なかなかロボットに人間の意図したときに意図した行動をさせることは難しい。しかし、その問題を解決するために、ロボットに命令をするときにだけスイッチを入れたりするのは大変煩わしいものとなる。

このように、ロボットが日常生活の中で役に立っていくには、ロボットの行動力などだけではなく、人間が様々な行動を行なっている生活の中で、どれをロボットへの命令として認識するかということが、非常に重要な問題となる。

人間同士のコミュニケーションの場合、「視線」が重要な役割を果たしている [1]。「視線」には多くの役割があるが、その中で上述した問題を解決しているものは「アイコンタクト (目の交錯)」である。これ

によって、人間は、自分が伝えたい相手が聞いてくれていることを、そしてまた、自分が相手に伝えられていることを理解している。この「アイコンタクト」をロボットと人間との間で実現することによって、それらの問題を解決することができると考えられる。また、「アイコンタクト」を用いることによって、より普段の人間同士のコミュニケーションと同じように人間とロボットがコミュニケーションをとれるようになる。

視線を用いて機械とコミュニケーションを行なう研究はいくつかあるが [2]、それらは入力装置として視線を用いているもので、人間同士のようなアイコンタクトを行なっているものではない。それらとは異なり、実際にアイコンタクトを用いているものには、アイコンタクト機能をもつ対話ロボット [3]があるが、これはロボットの視線を人に向けることのみでアイコンタクトを行ない、また音声情報を基としている。次章で述べるように人間同士のアイコンタクトは相手を見るだけでは成り立たず、さらに視覚情報のみで行なわれる。そこで本研究では、ロボットと人間との間で人間同士で行なっているようなアイコンタクトを用いることを考え、人間と CG 画像との間で視覚情報のみでアイコンタクトを実現できるようなシステムを構築した。

## 2 アイコンタクトとは

まず、人間同士での「アイコンタクト」とはどのようなものであるのかについて述べる。

クラーク (1971) によると、「目の交錯 (eye contact)」とは、『二者間で相互に目を見ていて、しかも相互に凝視されていることに気付いている』という状態であり、また、これに対して、『二者間で相互の顔面への凝視』という状態は、「相互凝視 (mutual gaze)」という [4]。

このことより、アイコンタクトを行なうということは、相手に目を見られていることに自分が気付く必要がある。しかし、ロードとヘイス (1974) によると、目を見られていると人間が認識するのは、単に「瞳の方向だけでなく、眉間や眉の動きなど、顔面の表情の動きが何らかの手がかりとしてプラスされており、アイコンタクトと言っても、通常は、相互に相手の顔面を見つめていることである状態ではないか」と示唆している [4]。

上述のことを総合して考えると、「アイコンタク

ト」を人間がしたと思うためには、「相互凝視」の状態です。「お互いに凝視されていることに気付いている」という状態、つまり、「二者間で相互に相手の顔面を見つめており、お互いに自分が凝視されていることに気付いている」という状態になればよいのではないかと考えられる。

この状態を人間とCGの間で実現することができれば、人間とCGの間で「アイコンタクト」が可能になると考えられる。

### 3 CGとのアイコンタクト

本研究では、ロボットの顔にCG画像を用いることを考えている。CG画像を用いることによって、表情豊かなロボットを作ることができ、より人間同士のアイコンタクトと同じようなものが可能となる。

#### 3.1 CGの視線の認知

人間がCGとアイコンタクトを行なう上で問題となってくるのが、人間が、CGの視線を人間の視線と同じように感じる事が出来るのかということである。CGの視線を人間が認識することができなければ、「お互いに凝視されていることに気付いている」という状態を作ることが不可能になってしまう。

だが、CGを使った視線方向の知覚などの研究[5]が実際に行なわれており、2次元ではあまりCGの視線方向はわからないが、3次元のCGならば人間と全く同じというわけにはいかずとも、問題なく視線方向を認識できるということが知られている。さらには、3次元CGの視線による印象操作[6]などの研究が行なわれていることから、3次元のCGを用いればこのことは問題ないと考えられる。

つまり、人間と3次元のCGとの間で、「二者間で相互に相手の顔面を見つめており、お互いに自分が凝視されていることに気付いている」という状態を作り出せば、「アイコンタクト」を成り立たせることができると考えられる。そのための具体的な方法を次節より詳しく述べていく。

#### 3.2 処理全体の流れ

以下のような大まかな段階を踏んで人間とCGとのアイコンタクトを実現する。

##### 1. 顔領域の検出

##### 2. 顔方向の検出

##### 3. 顔方向検出結果に基づくCG画像の動作

これらの各段階の具体的手法を順に述べていく。

### 3.3 顔領域の検出

まず、顔領域の検出であるが、ここでの顔領域検出は、図1のように、ユーザーの顔が入力画像に対して非常に小さく、そのままでは顔方向の認識が難しい場合に、顔領域をカメラでズームインするために行なう。これは、あくまでズームインするための段階なので顔の大体の位置が分かればよい。

顔領域を検出するために肌色を検出するが、それには、最近傍識別器を用いた色ターゲット検出[7]を用いて行なった。

そして、検出された肌色領域の面積がある一定値以上で最大の領域を検出しそれを顔領域とする。次に、顔領域が画像の中心となるように、カメラを自動で動作させる。中心となったところで、顔方向の検出が可能となるまで(検出された顔領域の面積の全体に対する割合がある一定以上になるまで)、顔領域をズームインさせる(図2)。

#### 3.4 顔方向の検出

顔方向の検出を行なうために、左右の瞳と鼻の穴(顔特徴点)を検出するが、この検出には、「東芝顔認識ソフトウェアライブラリ」の顔特徴点検出部分[8]を使用した。瞳と鼻を検出した結果を図2に示す。瞳と鼻の穴が円で示されている。

瞳と鼻を検出できた状況においても、人間の動きに対応するために、顔の画面に対する大きさと位置が一定となるようにカメラを動作させておく。



図 1: 顔が遠くにある

図 2: 顔特徴点の検出

検出された左右の瞳の座標と鼻の穴の座標をそれ

それぞれのようにする。

$$\begin{cases} \text{左の瞳} \rightarrow (eye\_lx, eye\_ly) \\ \text{右の瞳} \rightarrow (eye\_rx, eye\_ry) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{左の鼻の穴} \rightarrow (nostril\_lx, nostril\_ly) \\ \text{右の鼻の穴} \rightarrow (nostril\_rx, nostril\_ry) \end{cases}$$

これより、左の瞳と左の鼻の穴の  $x$  軸上の距離を  $dl$ 、また、右の瞳と右の鼻の穴の  $x$  軸上の距離を  $dr$  とすると、

$$\begin{cases} dl = |eye\_lx - nostril\_lx| \\ dr = |eye\_rx - nostril\_rx| \end{cases}$$

となる。

この距離を利用して、

$$|dl - dr| \leq dx$$

のとき、顔がカメラ方向に対して正面を向いていると考えられる。ただし、 $dx$  は任意の小さな値とする。 $dx = 0$  とすると精密すぎてしまい、特徴点検出の精度や、人間の動きなどのためになかなか正面を向いていると検出できない。また、この場面において顔特徴点が検出されていない場合は正面を向いていないとする。実際、この顔特徴点検出方法においては、顔がカメラに対してあまりにも横を向いていると(カメラに顔特徴点が映っている場合でも)顔特徴点は検出できない。これにより、図2は正面を向いていると判断できる。

### 3.5 顔方向の検出結果に基づいたCG画像の動作

検出された人間の顔方向に基づいた顔の3次元CG(以下、顔CGとする)の動作方法を考える。この顔CGには擬人化エージェント用に開発されたもの[9](図3)を用いた。

また、ディスプレイの真正面にカメラをおいている状況を考えるので、3.4節で述べた顔方向の検出で正面を向いていないと検出した状況を「顔CGを見ていない」、逆に、顔方向の検出で正面を向いていると検出した状況を「顔CGを見ている」と判断することとする。

#### 3.5.1 ユーザーが顔CGの方を見ていないとき

ユーザーが顔CGを見ていないときは、顔CGがユーザーの方を見つめているとユーザーに判断されないようにしておく必要がある。このためには、



図3: 顔の3次元CG 図4: 表情を変化させる

1. 顔CGの顔全体の向きを上下左右ランダムに動かす(顔をきよろきよろさせる)。
2. 顔CGの目の部分をランダムに動かす(目をきよろきよろさせる)。
3. 顔CGの目を閉じておく。

などのパターンで動作させておけばよいと考えられる。これは、図3のように正面を向かせたままにしておくとし「モナリザ視線効果(Monaliza effect)」(モナリザの前であれば観察者がどこにいても見つめられているように感じてしまう効果)により、常にCGに見られているような気がしてしまうからである。そのような状況下では、実際にユーザーがCGを見たときにCGが気付いてくれたのかそうでないのか判断しにくくなってしまう。つまり、アイコンタクトをとれたのかそうでないのかが分かりにくくなってしまう。

#### 3.5.2 ユーザーが顔CGの方を見たとき

ユーザーが顔CGの方を見たときは、2章で述べたようにアイコンタクトが成立するように顔CGを動作させる。

「二者間で相互に顔面を見ている」状況を作る まず、「二者間で相互に顔面を見ている」状況を作る。

3.5.1節のユーザーが顔CGを見ていないときの顔CGの動かし方の違いにより、次のように顔CGを動作させる。

1. 顔をきよろきよろ動かしていた場合  
顔CGの向きを正面に戻す。
2. 目をきよろきよろ動かしていた場合  
顔CGの黒目の部分を正面を向いている状態に戻す。

### 3. 顔CGの目を閉じていた場合 顔CGの目を開く。

つまり、全ての状況において図3のような状態にするということである。この状態にすれば、「モナリザ視線効果」によって、どの方向にユーザーがいたとしても、ユーザーは顔CGの視線を感じてしまう。つまり、顔CGの向きを正面にすればユーザーの顔を見たことになると考えられる。

「相互に凝視されていることに気付いている」状況を作る 次に、「相互に凝視されていることに気付いている」状況を作るが、まず、「顔CGがユーザーに凝視されていることに気付いている」というのは、すでに述べてきたようにユーザーに見られているから、ユーザーの方を向いたのであるから、これは考慮する必要がないと考えられる。

そのため、「人間が顔CGに凝視されていることに気付いている」という状況のみを考える。「モナリザ視線効果」によって、ユーザーは見つめられている気がするのだから、顔CGを正面に向けただけで気付くのではないかと考えられるかもしれない。しかし、これはあくまで見つめられている「気」がするだけである。人間同士の場合にも、自分が見つめられている「気」がするのと、見つめられていることに「気付く」とことは違う。前者は、「見つめられている」ことが事実かどうかは分からないが、後者は、「見つめられている」ことが事実だと分かった状態である。つまり、この状況ではまだ「顔CGがユーザーを凝視している」ということがユーザーにははっきりとは分からない。偶然にも顔CGがユーザーのいる方向を見ているだけなのかもしれない。これを避けるために、「顔CGがユーザーを凝視している」ということをユーザーに事実として伝える必要がある。そのために次のような動作パターンが考えられる。

1. 顔CGの表情を変化させる(図4)。
2. 顔CGをうなずかせる。

表情の変化は、色々なもの(怒り、悲しみなど)が考えられるが、目が合うということから考えると笑顔が妥当だと思われる。

顔CGがこのような反応をすることで、人間に、人間の方を見ているんだと気付かせることができるのではないかと考えられる。

### 3.6 顔CGの反応する時間

ここまで述べてきた顔CGの動作の全体を通した動きのパターンは次のようなものになる。

まず、顔CGの顔をきよろきよろさせておく。そして、ユーザーが顔CGを見た時点で、顔CGの顔を正面に向ける。それでもまだユーザーが顔CGの方を見続けているようであったら、顔CGの表情を笑顔にする。

このパターンにおいて、「ユーザーが顔CGを見た」から「顔CGの顔を正面に向ける」までの時間を  $T_1$ 、「顔CGを正面に向ける」から「顔CGの表情を笑顔にする」までの時間を  $T_2$  とする。

これが顔CGの反応時間のパラメータとなる。

これは、動作パターンの一つの例であり、「顔CGの顔をきよろきよろさせておく」というのを「顔CGの目をきよろきよろさせておく」にしたり、「顔CGの表情を笑顔にする」を「顔CGをうなずかせる」に入れ換えることにより、数通りのパターンを考えることができる。

反応時間のパラメータはこのようにしてできた違う動作パターンのときも全く同じように考えることができる。

各反応時間のパラメータの意味をもう少し詳しく述べる。

1.  $T_1$  は、ユーザーの顔がどの位、顔CGの方を見たら顔CGが正面を向くかという時間を表わすパラメータである。
2.  $T_2$  は、ユーザーが顔CGの方を見るには見たがたまたま見たという状況を考える必要がないようにする効果がある。 $T_2$  時間以上ユーザーが顔CGを見続けることで、顔CG(ロボット)がユーザーに何かを求められていると判断することが可能となる。

これらを適当な値に設定することで、スムーズなコミュニケーションがとれるようになると考えられる。

## 4 実験

### 4.1 実験環境

実験に使用した計算機のCPUはPentium4 2.8GHz、メモリ 512MB、OSはWindowsXPである。また、

ビデオキャプチャボードにはIO DATA GV-VCP3 / PCIを使用した。カメラは、SONY製のEVI-D100を用い、顔CGは17インチのTFT液晶ディスプレイに映した。

## 4.2 CGの視線を感じるか

まず、顔CGだけを用いてどのような表情のとき視線を感じるか、または感じないかを評価する実験を行なった。

顔CGを表示した液晶ディスプレイの前方2mと斜め前方2mの位置に被検者に立ってもらい実験を行なった。ディスプレイに様々な表情の顔CGを表示し、被検者に顔CGに見られているかどうかを解答してもらった。5人の被検者に対して、それぞれ前方、斜め前方両方から見てもらった。

表示した顔CGの表情は、A:「無表情(図3)」、B:「顔をきよろきよろさせている」、C:「目をきよろきよろさせている」、D:「目を閉じている」の4種類である。ただし、「目を閉じている」以外は、どれも同じようにまばたきをしている。

これら4種類の表情を、正面と斜め前方から被検者に見てもらい、それぞれについて、①「完全に自分を見ている」、②「なんとなく自分を見ている」、③「それほど自分を見ていない」、④「全く自分を見ていない」の4つの選択肢から一つを選んでもらった。

表 1: CGの視線を感じるか?

	A		B		C		D	
	正面	斜め	正面	斜め	正面	斜め	正面	斜め
①	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
②	0.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
③	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
④	0.0	0.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0

表1に結果を示す。表中の数値は割合である。正面と斜め前方では、ほぼ同じ結果になった。「無表情」の場合、「完全に自分を見ている」と「なんとなく自分を見ている」の2つの解答のみとなった。また、その他の3つの表情においては、ほぼ「全く自分を見ていない」という解答で、「それほど自分を見ていない」というのがわずかにあっただけである。つまり、「無表情」の場合には見られているように感じ、それ以外の場合には見られていないと感じ

じることが確認できた。また、顔CGが目を閉じているときは「全く自分を見ていない」という結果も、CGの目の部分が重要であるということを示している。

この結果から、ユーザーの位置に関わらず、ユーザーが顔CGの方を向いていないときは顔CGに上述の「無表情」以外の動きをさせておけば視線は感じず、また、ユーザーが顔CGの方を向いたら顔CGを正面に向ければ「見られた」ように感じられるので、ユーザーがどこにいても顔CGを正面に向ければ良いことが確認できた。

## 4.3 CGの反応時間はどの位がよいか

次に、CGの反応時間である $T_2$ (3.6節参照)をどの位の値にすべきかを調べるために実験を行なった。 $T_1$ はユーザーが首を横に振っただけでも顔CGが反応してしまってもそれほど問題はないと考えられるので、 $T_1 = 0.1(sec)$ とした。 $0.0(sec)$ にしなかったのは、あまりにも反応しすぎても煩わしく感じるだろうと考えるからである。

まず、顔CGを映し出した液晶ディスプレイの前に被検者に座ってもらい、被検者の顔特徴点をカメラで検出できるように手でカメラの方向、ズームを調節しておく。このときカメラは顔の追跡を行わずに固定しておく。そして、被検者に横を向いた状態から、顔CGの方を見つめてもらい、そのときの顔CGの反応した時間が遅いと感じたかどうかを質問した。

このとき、 $T_2$ の値を $0.1(sec)$ から、 $0.2, 0.3, \dots$ と $0.1(sec)$ 刻みで長くしていった。これを5人の被検者に対してそれぞれ行なった。

表 2: 反応時間はどの位がよいか?

	時間 (sec)								
	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	
割合	0.0	0.2	0.4	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	

表2に結果を示す。表中に無い $\sim 0.5$ と $1.4\sim$ は一人もいなかったということである。一番早く反応が遅く感じた人で $0.7$ 秒位だったが、 $1.2$ 秒位まで遅いと感じなかった人もいた。これは「遅い」ということに特に基準がなく人によって感じ方が違ってくせいであると思われる。しかし、大体 $1.0$ 秒前後のところで遅いと感じ始めるのではないかと思わ

れる。逆に、0.1秒、0.2秒位ならば遅いと感じる人はいないと言えるだろう。しかし、 $T_2$ が小さすぎると、ユーザーが意図して顔CGの方を見たのではないときにも反応してしまう可能性が高くなってしまふ。具体的には、 $T_2 = 0.1$ 秒や $T_2 = 0.2$ 秒のときはユーザーが顔を左から右に静止させることなく振っただけでも、ほぼ100%顔CGの表情が変化してしまう。

これらの結果を踏まえて考えると、 $T_2$ を0.5秒位にすれば、遅いと感じる人はほとんどおらず、ユーザーの意図したときにだけ反応する可能性も高くなるのではないかと考えられる。

#### 4.4 システム全体の動作実験

最後に、システム全体の動作を確認するための実験を行なった。

ユーザーをシステムから離れて立たせて、顔CGを見たときに顔CGが反応するかを確かめた。

なお、この実験では、顔CGの動作パラメータは次の値に固定して行なった。

##### 1. 動作パターン：

顔がきよろきよろ 正面を向く 笑顔になる

##### 2. 反応時間：

$$T_1 = 0.1(sec), T_2 = 0.5(sec)$$

なお、本実験は図5(a)のように実験器機を配置して行なった。

図5(b)は、ユーザーが一人カメラに映っている場面である。ここでは、顔領域が小さく顔方向を検出できないために、顔CGは顔をきよろきよろさせている。ここから、顔領域がズームインされ図5(c)のようになった。ここから、顔特徴点の検出に制御が移され、図5(d)のように顔特徴点(瞳、鼻の穴)が検出された。その顔特徴点の検出により、ユーザーが正面を向いていると検出されたので、顔CGが正面を向いた。さらにユーザーが顔CGを見続けたことによって、顔CGの表情は笑顔に変化した(図5(e))。その状態からユーザーが顔をそらすと、顔CGはまた顔をきよろきよろしはじめた(図5(f))。

しかしながら、これらの動作は、ユーザーが顔CGの方を向いてすぐに動作できるわけではなかった。つまり、ユーザーが顔CGの方を向いていたとしても、カメラがユーザーの顔特徴点を検出できるようにズームなどを行なわなければならないためにどう

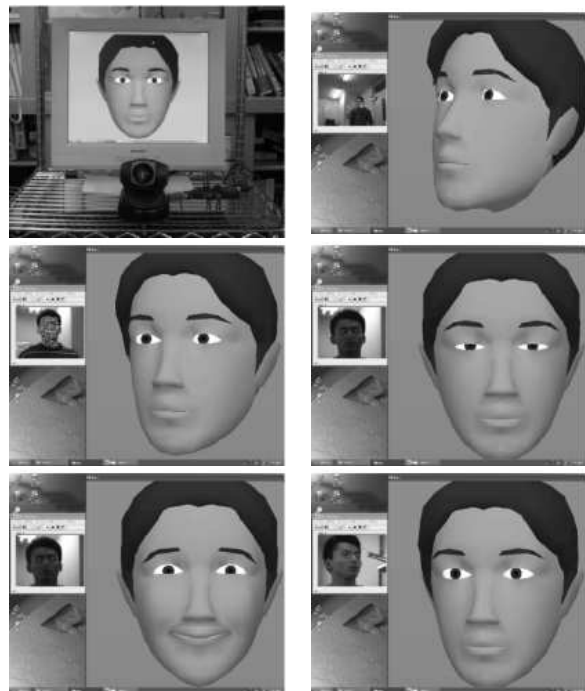


図5: 動作実験 (上段左から (a),(b),(c),(d),(e),(f))

しても遅れが出てしまう。もちろん、一度ユーザーの顔特徴点を検出した後にユーザーがその場で横を向き、また顔CGの方を見た場合は、すぐに反応をすることはできた。

## 5 まとめ

本論文では、ロボットとのメタコミュニケーションにアイコンタクトを利用することを提案した。そのために、ユーザーとCGとの間でアイコンタクトを行なえるようなシステムを作成した。そしてこのシステムによってユーザーの顔向きを検出しCGが反応を返すことに成功した。

しかし、本システムにおいては人が複数存在した場合ディスプレイの前方にいる人すべてがCGの視線を感じてしまうという問題点がある。また、人がCGの方を向いても、カメラがその人の顔を検出しズームするまではCGが反応を返せないということや顔向きのみで人がCGを見ているかどうかを判定しているために実際に視線が向いているかどうかは分からない点なども問題点として挙げられる。

今後の課題の主なものとしては、

- カメラをズームするために遅くなってしまっている人間の顔向き検出の高速化。

- 実際のロボットへの応用。

などの点がある。

## 謝辞

色ターゲット検出プログラムをご提供下さった和歌山大学システム工学部情報通信システム学科の和田俊和教授、また、顔のCGプログラムをご提供下さった東京工業大学大学院理工学研究科、像情報工学研究施設の長谷川修助教授、さらには東芝顔認識ソフトウェアライブラリをご提供下さった株式会社東芝の福井和広氏、山口修氏に深く感謝する。

本研究費の一部は科学研究費補助金 (14019012, 14350127) による。

## 参考文献

- [1] 武川直樹, “コミュニケーションにおける視線の役割,” 電子情報通信学会誌 Vol.85 No.10, pp.756-760, 2002.
- [2] 大野健彦, “視線インタフェースから視線コミュニケーションへ - 視線のある環境を目指して -,” 情処研報 2001-HI-95, pp.171-178, 2001.
- [3] 松坂要佐, 小林哲則, “ROBITA: グループ会話ロボット,” 人工知能学会研究会資料 SIG-Challenge-0113, pp.1-8, 2001.
- [4] 福井康之, “まなざしの心理学 視線と人間関係,” 創元社, 1984.
- [5] 森井精啓, 岸野文郎, 鉄谷信二, “眼のCGアニメーションと視線の知覚に関する検討,” 信学技報 IE93-32, pp.17-24, 1993.
- [6] A. Fukayama, T. Ohono, N. Mukawa, M. Sawaki, and N. Hagita, “Messages Embedded in Gaze of Interface Agents -Impression management with agent’s gaze-,” CHI2002, vol.1, pp.41-49, 2002.
- [7] 和田俊和, “最近傍識別器を用いた色ターゲット検出 - 「らしさ」に基づかない識別とコンピュータビジョンへの応用 -,” CVIM 134-3, pp.17-24, 2002.
- [8] 福井和広, 山口修, “形状抽出とパターン照合の組合せによる顔特徴点抽出,” 電子情報通信学会論文誌 D-II Vol.J80-D-II No.8, pp.2170-2177, 1997.
- [9] O. Hasegawa, K. Sakaue, K. Itou, T. Kurita, S. Hayamizu, K. Tanaka, and N. Otsu, “Agent Oriented Multimodal Image Learning System,” IJCAI-WS Intelligent Multimodal Systems, pp.29-34, 1997.