

## ラップトップPCの擬人化による 対面コミュニケーション支援 -ProsopoLaptop を用いた実験的検討-

林 泰子<sup>†1</sup> 笥 康明<sup>†2</sup> 苗村 健<sup>†1</sup>

筆者らは、擬人化の効果に着目し、対面コミュニケーション支援を目的として、ラップトップPCの擬人化を提案してきた。本提案を実装した“ProsopoLaptop”は、ラップトップPCの天板にパブリックなディスプレイを付加し、顔を提示する。その表情は、ユーザのコンピュータの操作状態と、周囲の人や他のシステムの位置などの現実の環境情報を基に変化し、リアルタイムに状況に即した擬人化表現が可能となる。本稿では、本システムの実装、特に現実の環境情報の取得手法と、環境情報と擬人化の対応について示す。またコミュニケーション支援の観点から行なった実験的検討の結果について述べる。

## Support of Face-to-face Communication with Anthropomorphic Laptops -An Experimental Evaluation with ProsopoLaptops-

YASUKO HAYASHI,<sup>†1</sup> YASUAKI KAKEHI<sup>†2</sup>  
and TAKESHI NAEMURA<sup>†1</sup>

We have featured effects of anthropomorphism, and proposed a method of anthropomorphizing laptops for supporting face-to-face communication. We implemented the method as ProsopoLaptop with a public display. The display shows expressions that are influenced by status of laptops and environment. This paper shows our implementation and expressions of anthropomorphism. Furthermore we describe the results of ProsopoLaptop's experiments in terms of face-to-face communication.

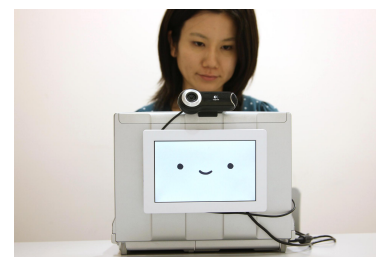


図 1 ProsopoLaptop 概観  
Fig. 1 Overview of ProsopoLaptop.

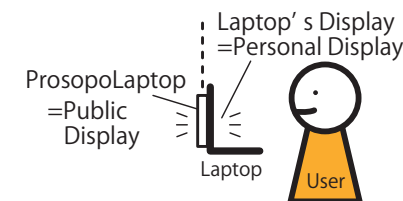


図 2 公・私のディスプレイを持つ ProsopoLaptop  
Fig. 2 Personal and public displays on ProsopoLaptop.

### 1. はじめに

「擬人化」とは、「人でないものを人に見立てること<sup>1)</sup>」であり、顔などの視覚的要素や振る舞いといった心理的要素によって特徴づけられる<sup>2)</sup>。擬人化されたモノには人は情動を喚起され、そのモノとのインタラクションを促すきっかけになると言われている<sup>3)</sup>。さらに、実環境の状態や周囲の人の行動や振る舞いをモノの擬人化に反映することで、モノを介在した人と人のコミュニケーションを促すことが可能になるとも期待される。

このような、擬人化がコミュニケーションに与える影響に着目し、筆者らは対面コミュニケーションを支援するラップトップPC擬人化システム“ProsopoLaptop”(図1)を提案してきた<sup>4)</sup>。これは、複数人のユーザが対面している状況で、それぞれが持ち寄ったラップトップPCを擬人化することにより、会話のきっかけや雰囲気作りをねらうものである。そのため本システムでは、ラップトップPC所有者の操作の反映されたコンピュータの稼働状態や、コンピュータ同士の相対的な位置関係を取得し、場にふさわしい擬人化表現を目指す。

本稿では、ProsopoLaptopの具体的な実装について述べる。またコミュニケーション支援の観点から行なった実験的検討により、両面ディスプレイの効果を確認する。さらに、対面コミュニケーションの場にふさわしい画像処理による位置推定手法について検討する。

### 2. 関連研究

情報をデジタルデバイスを用いて擬人化し、コミュニケーションや情報伝達を円滑にする取り組みは、従来から数多く行われてきた。PostPet<sup>5)</sup>は電子ペットを介して電子メールの

<sup>†1</sup> 東京大学 大学院 学際情報学府

Graduate School of Interdisciplinary Inform. Studies, The Univ. of Tokyo

<sup>†2</sup> 慶應義塾大学 環境情報学部 Faculty of Environment and Inform. Studies, Keio University

送受信を行い、送付先の電子ペットおよびその飼い主と交流する。萌え木<sup>6)</sup>は植物の生体情報を妖精として擬人化し、妖精の映像を植物に重畳して提示し、植物を育てる楽しみを増幅させた。一方、実物体を擬人化する取り組みもある。これは、従来、直接物体に描画するなど、アナログな手法での実現が主流であったが、技術の進歩によりデジタルデバイスを用いた擬人化も可能になった。代表的な例として、ニコダマ<sup>7)</sup>は瞬きする1対の目玉ロボットである。物体に装着させると、物体は瞬時に擬人観を呈する。ディスプレイロボット<sup>8)</sup>は、知能を持つ目や口を模したロボットを実物体に装着する。そして実物体自らユーザに指示を与える。

動的な擬人化表現のためには、周囲の環境情報やモノの状況をリアルタイムに取得し、動きや見た目に反映させることが望ましい。

擬人化表現のための一つのアプローチとして、筆者らはモノの表面に新たにディスプレイを付加し、見た目を変化させる手法に着目する。具体的には、図2のように、本来パーソナルなデバイスであるラップトップPCに、パブリックに開けたディスプレイを装着し、情報を発信する本システムを以って、ラップトップPCユーザと周囲との対面コミュニケーションの促進を目指す。

両面ディスプレイに関しては擬人化の目的以外にも、機器の使用者とその周囲の人との対面コミュニケーションの窓口として用いられる。関連する取り組みとして、携帯電話のサブディスプレイは、ユーザが通話中であることを表示し、周囲への配慮を示す。デジタルカメラDualViewTL225<sup>11)</sup>は撮影対象に向けたディスプレイが、撮影対象者の視線を引き寄せ、魅力的な写真を撮影できるよう工夫されている。LimpDualTouch<sup>12)</sup>は、透明な両面タッチディスプレイである。ディスプレイ越しに相対した人がコミュニケーション可能である。

また今回、本研究では、擬人化表現のキーとして位置情報を用いた。様々な位置推定手法が提案されている中でも、ARToolKit<sup>9)</sup>に代表される画像処理とマーカを利用する手法では、測定範囲が狭い一方で、誤差が小さく、機器の導入も容易である。一方でマーカが目立つため、なるべく景観への影響が少ない手法も開発されてきた。例えば、透明マーカ<sup>10)</sup>は、液晶ディスプレイ上で用いる透明なマーカである。液晶ディスプレイの光は偏向しているが、その偏光特性を、透明な1/4波長フィルムで作成したマーカで変化させる。人の目には変化しないように見えるが、直線偏光フィルムを装着したカメラからは、液晶ディスプレイからの光は遮断された、透明な1/4波長フィルムによるマーカ部分だけ発光しているように撮影可能である。今回の筆者らの提案システムでもこの手法を応用し、擬人化表現を妨げることなく、相互に位置情報を得ることを可能にしている。

### 3. ProsopoLaptopの実装と擬人化表現

ユーザに直感的に受け入れられ、コミュニケーション支援の媒介となるためには、現実の環境の状況に応じた擬人化表現を提示する必要がある。具体的には、擬人化されたモノを媒介とした対面コミュニケーションが成立させるために、ユーザの状態・行動が色濃く反映される情報を擬人化させ、ユーザの代弁者としての役割を担う必要がある。また、擬人化されたものが置かれた場の状態と整合性のとれた擬人化を行うことで、人がコミュニケーション可能な存在として捉えやすくし、コミュニケーションのきっかけとなると考えた。ただし、基本的には代弁者として振る舞いつつも、ユーザとは別個の生命体であるとし、自律的な動作も行なうことがあると想定した。

以上のような考え方を踏まえると、ラップトップPCを擬人化する場合、反映すべき現実の環境情報として、ラップトップPCの「内部状態」と「外部状態」との大きく分けて2つの状態が挙げられる。内部状態には、ラップトップPCの稼働状況をセンシングした情報が分類される。また、外部状態には、周囲の人の位置や他のProsopoLaptopなどの位置など、ラップトップ外部の状態をセンシングした値が分類される。以上の取得要素と出現条件、擬人化表出を対応付け、実装した。実装した対応付けの一部を表1に示す。解釈や擬人化表現は一通りに決定できないが、表現の一例として実装した。擬人化は、図1のようにラップトップPC天板に装着した液晶ディスプレイ(IODATA社LCD-USB7XW)で表示する。擬人化は、基本的に内部状態を基に行われるが、場の状況に合わせて整合性を保つようシステムを構成した。すなわち、各システムは内部・外部から得られる情報をサーバとやりとりし、サーバはその情報を統合し、各システムに指示を与えることで整合性を保つ(サーバ・クライアントモデル)。

### 4. ProsopoLaptopの実験的評価

本研究では、コミュニケーション支援を目指し、両面ディスプレイを採用した。まず、両面ディスプレイが対面コミュニケーションに与える影響について調査することとした。そこで、ProsopoLaptopを用いて、視線追跡装置による被験者の視線計測と、発話回数の計測を行なった。また、今後の改善のために実験参加者に対してアンケートを実施した。

#### 4.1 実験概要

3人1グループの被験者で実験を実施した。本実験では、3名中2名がゲーム(リバーシ)で対戦することとし、残りの1名がそれを観戦することとした。リバーシを採用した理由

表 1 擬人化要素・解釈とその表現 (一部抜粋)  
 Table 1 Elements of Prosopopeia.

	取得要素	イベント発生条件とその意味	表出例
内部	CPU 稼働率	ある閾値より高いと 忙しそうにする	
	HDD 温度	ある閾値より高いと暑がる	
	起動しているソフトウェア	起動したソフトウェアによって ユーザの作業状態を表出する  ・ドローソフト → 絵を描く ・音楽ソフト → 歌を歌う ・文書ソフト → 文字を書く ・計算ソフト → 計算する	   
	使用時間帯	早朝・深夜に眠そうにする	 
外部	人の接近	人を認めると視線を向ける	
	他の Prosopo-Laptop の位置	ProsopoLaptop を認識すると 視線を向ける	
		初めてお互いを 認識した時挨拶する	 
		たまに会話する	 
他の Prosopo Laptop の状態	同じ場に暑がる Prosopo-Laptop が 存在すると団扇で扇ぐ	 	

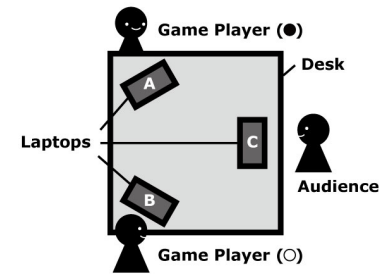


図 3 実験環境  
 Fig. 3 Environment of experiment.



図 4 実験の様子  
 Fig. 4 The overview of the experiment.

は、一つにルールが一般的によく知られ、被験者の負担が少ないためである。そして、もう一つの理由に、リバーシでは対戦者間で戦況や状態が共有され、擬人化表現の質に被験者が左右されにくく、両面ディスプレイの存在自体の効果をより正確に計測可能だと考えられるからである。

実験回数は 6 回で、合計 18 人の大学生・大学院生 (平均年齢 23.9 歳) が参加し、17 人が男性、1 人が女性であった。被験者は、本実験において本システムを初めて体験した。また、実験開始以前からグループ内の被験者は互いに知人であり、実験中に親密度が変化しないと仮定している。実験では、120cm 四方の机に、ProsopoLaptop を搭載した 3 台のラップトップ PC を図 3 に示すように配置し、それぞれのラップトップ PC の前に被験者が座った。被験者からは、自分の操作する以外のラップトップ PC に付する ProsopoLaptop が見える。この際、3 人のうち 1 人は視線追跡カメラを装着した。実験の様子を図 4 に示す。

本実験では、2 つの要因を設定した。まずゲーム中の被験者の役割で、下記の 2 水準である。

**ゲームプレイヤー:** ラップトップ A または B でゲームする場合

**オーディエンス:** ラップトップ C でゲームを観戦する場合

ゲーム (リバーシの対戦) はネットワーク越しに、観戦はリモートアシスタンス<sup>13)</sup> の機能を用いて行なった。

もう一つの要因は ProsopoLaptop 起動数である。この要因によるコミュニケーションへの影響を調査するため、下記の 3 つの水準について実験した。

**0 台:** 全てのラップトップで ProsopoLaptop を起動しない。

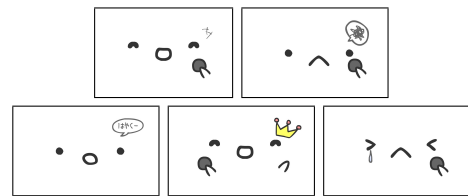


図5 ゲームプレイヤーの ProsopoLaptop における擬人化表現の例

Fig. 5 ProsopoLaptop's behavior of LaptopA/B.

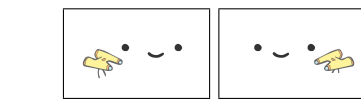


図6 オーディエンスの ProsopoLaptop における擬人化表現の例

Fig. 6 ProsopoLaptop's behavior of LaptopC.

- 2 台: ラップトップ A・B で ProsopoLaptop を起動する。ラップトップ C は起動しない。
- 3 台: 全てのラップトップで ProsopoLaptop を起動する。

各実験あたりのリバーシ対戦回数は、前述の 2 要因の水準数から繰り返しなしの合計 6 回とした。対戦では、制限時間を定めず、勝敗の決定をもって実験終了とした。

また、実験でのラップトップ A およびラップトップ B における ProsopoLaptop の振る舞いを、図 5 に示した。これらは戦況や勝敗に応じて表情が変化する。また、ラップトップ C の場合を図 6 に示す。ラップトップ C の前に座った被験者がリモートアシスタンス先のラップトップ A と B どちらを観戦しているかと現実の位置関係を基に、観戦対象であるラップトップ PC 方向に双眼鏡を向ける仕草をする。

#### 4.2 指標と予想

本実験では、他の参加者および ProsopoLaptop への視線遷移回数と発話回数について、1 分間あたりの平均を計測し、被験者内 2 要因分散分析を行なった。これらを計測した理由は、背面ディスプレイによる擬人化がコミュニケーションのきっかけとなると仮定した場合、自分の作業に集中するだけでなく、視線が他者や周囲に遷移する回数が増え、他者への発話が誘発されると予想したためである。

またアンケートでは、合わせて自由記入による感想の欄を設け、擬人化表現の適切さなどに関する体験者の主観的な意見を収集した。

#### 4.3 実験結果と考察

視線遷移回数に関して、6 回の実験のうち、視線追跡が成功したのは 5 回で、その他 1 回の実験で視線追跡が失敗していた。そのため、5 回の結果を元に、1 分間あたりの平均視線遷移回数を算出し、被験者内 2 要因分散分析を行なった。視線遷移回数の結果を図 7 に示す。エラーバーは標準誤差である。

その結果、視線遷移回数に関して、ProsopoLaptop 起動台数の主効果 ( $F(2, 8) = 8.14, p <$

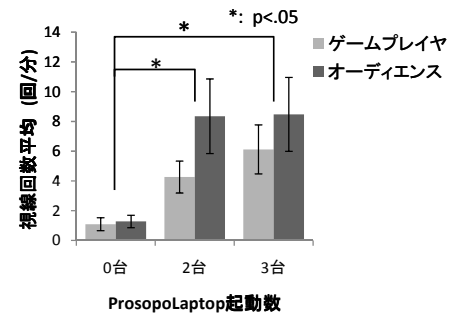


図7 1 分間あたりの視線遷移回数平均  
Fig. 7 Average number of eye marks' transition per minute.

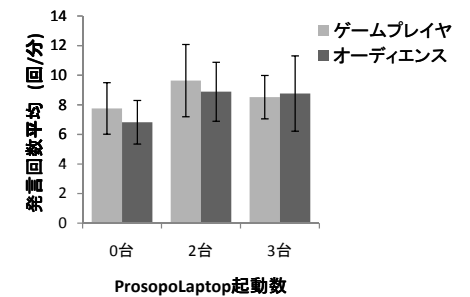


図8 1 分間あたりの発話回数平均  
Fig. 8 Average number of speech per minute.

.05) が有意であった。多重比較の結果、0 台と 2 台、0 台と 3 台との間に有意な差が認められた。被験者がゲームプレイヤーの場合も、オーディエンスの場合も、有意に擬人化された背面ディスプレイの付与によって視線が誘発されたことが分かる。これにより、ラップトップ PC に対する擬人化された背面ディスプレイの付与は人の視線を誘発する効果があり、対面コミュニケーションにおいて一定の効果があると言える。今回遷移回数を計測したが、今後は注視時間など他のパラメータで調査をしたい。

また、6 回の実験をもとに、各水準に対し 1 分間あたりの平均発話回数を算出し、被験者内 2 要因分散分析を行なった。これも、発話回数の結果を図 8 に示す。エラーバーは標準誤差である。

その結果、どの要因に対しても、水準間に有意差は認められなかった。発話の内容は、リバーシの状況に対して言及するものや、リバーシとは全く関係ない会話など、様々であった。ProsopoLaptop に関する言及としては、「(被験者自身のラップトップ PC が急かしている表情をしていることを知って) はやく〜」「パソコンに急かされるんですけど」「かわいい」などがあつた。発話に関しては、発話が活発だったグループと、そうでないグループの 1 分間あたりのグループが大きく、また発話が活発だったグループ内でも、被験者によって発話量の差が見られた。今回の実験においては、ProsopoLaptop による影響よりも、被験者間の差が大きく影響したものと考察される。

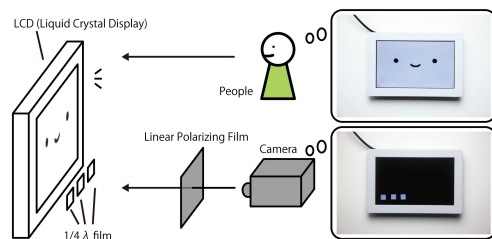


図 9 マーカ認識システム

Fig. 9 A system of detecting marker.

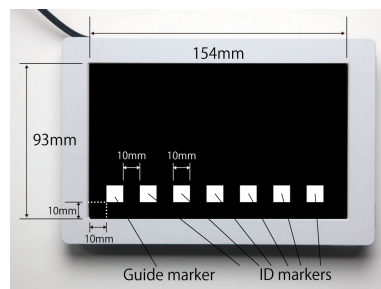


図 10 マーカの設計

Fig. 10 Our design of markers.



(a) 入力画像

(b) マーカ検出後の画像

(c) マーカ画像

図 11 マーカ検出アルゴリズム

Fig. 11 The algorithm detecting markers.

アンケートで寄せられた意見として、「場が和んだ」「相手の状況が分かった」等の評価を得たものの、「表情バリエーション増加すべき」等の改善を求める反応もあった。

## 5. マーカによる位置推定

より現実に即した擬人化を実現するためには、ProsopoLaptop はコンピュータの中の世界に留まらず実世界の周囲の情報をリアルタイムに取得し、それに応じて表情が変化することが望ましい。その一つとして、システム同士の位置関係の取得が挙げられる。お互いの位置を知ることで、表 1 に挙げたように擬人化キャラクタ同士の目が合ったり、暑がっているキャラクタの方を向いて風を送るなどの表現が可能になる。

そこで、カメラとマーカを用いて位置推定を行うこととした。本システムでは図 1 に示すように、ハードウェアとしてカメラ (Logicool 社 Webcam Pro 9000) と小型液晶ディスプレイ (IODATA 社 LCD-USB7XW) を、ラップトップ PC に装着した。各 ProsopoLaptop はカメラからシステム周辺の映像を取得し、システム同士の位置推定を行ない、取得した位置情報と現在表出している表情の情報をサーバに送信する。サーバは受け取った情報から、ProsopoLaptop の相対的位置関係を割り出し、ProsopoLaptop 同士でのインタラクションを決定し、表情を指示する。指示を受け取った ProsopoLaptop はその表情を表出し、受け取らなければ内部状態を基に擬人化を表出する。以下では、特に本システムで実装したマーカについて述べる。

### 5.1 マーカの実装

システム同士の位置推定では、対面コミュニケーションの場での使用を想定しているため、比較的狭い範囲での正確な推定が求められる。また、インタラクションの場の制約を少

なくするために、ProsopoLaptop 以外のデバイスを環境に配置することを前提としない手法が望まれる。そのため、今回はラップトップ PC に搭載したカメラとマーカを用いた画像処理による位置推定手法を採用した。特に、見た目の違和感を抑えるために、2 章で述べた透明マーカの手法<sup>10)</sup>を応用し、マーカを作成した。なお、既存手法では直線偏光フィルムを用いているため、カメラと液晶ディスプレイの位置関係が限定されるが、今回本システムでは、ラップトップ PC に液晶ディスプレイとカメラを固定し、机上での使用を仮定しているため、マーカとして使用することが十分可能だと考えられる。

図 9 に、本システムにおけるマーカ概要と見え方について示した。想定した対面コミュニケーションの場面、具体的には 1~2m の範囲内で使用するためには、マーカをある程度大きくする必要がある。そこで本システムでは、ディスプレイの液晶部分自体をマーカに見立てた。そして、液晶面に透明な 1/4 波長フィルムを貼付し、マーカの個体番号 (以下 ID) を表現した。この ID はシステムの個体番号に一致する。このマーカは直線偏光フィルムを通してカメラで撮影することで、認識が可能となる。一方、直線偏光フィルムなしの場合には、マーカは透明であるため、あまり目立たず、見た目を損なわない。

次にマーカの設計の詳細について説明する。図 10 に、本システムで用いた液晶ディスプレイのサイズと、1/4 波長フィルムを貼付する箇所について示した。1/4 波長フィルムのうち、左下隅はマーカを認識する際の基準マーカであり、その他は ID を表現する。また、マーカ認識時にカメラから撮影される映像中、1/4 波長フィルム部分には液晶の光がそのまま透過するため、擬人化表現の表出に影響が少ない下部に 1/4 波長フィルムを配した。

このように設計したマーカを以下のような手順で認識する。直線偏光フィルムを装着したカメラで撮影した画像 (図 11(a)) を、二値化し、輪郭線を抽出する。輪郭線中から凸四角

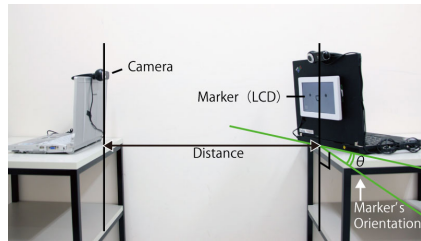


図 12 マーカ計測実験  
 Fig. 12 Experiment of our markers.

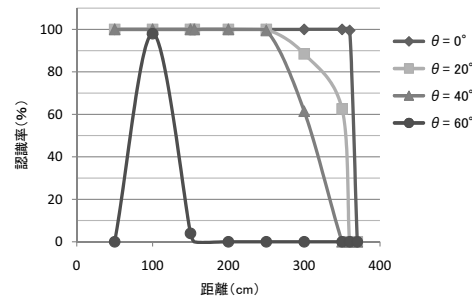


図 13 各  $\theta$  における距離とマーカ認識率  
 Fig. 13 Recognition rate of our marker.

形を抽出し、凸四角形中左下の基準マーカを探索する。探索を終えた画像から、マーカ部分を抽出する (図 11(b) 赤枠部分)。そしてディスプレイ液晶面の形状と比較し、アフィン変換行列を求め、マーカ部分を長方形に変換する (図 11(c))。変換した画像中 ID マーカ部分から ID を求める。以上の操作により、周囲の ProsopoLaptop の ID と位置を取得した。

### 5.2 マーカ実用性の検証

実装したマーカとシステムが、想定した対面コミュニケーションの場面、具体的には 1~2m の範囲内での実用性を調べた。図 12 のように、直線偏光フィルムを装着したカメラに対してマーカ面が  $\theta$  [°] 回転している際に、本システムのために実装した認識プログラムを 200 回試行し、カメラ-マーカ間の距離に対して、マーカの認識率を求めた。カメラとモニタは床面に対して垂直に立てて置かれている。照明は室内蛍光灯を用いた。用いた液晶ディスプレイの視野角が左右で  $140^\circ$  であるため、 $\theta$  は  $\pm 70^\circ$  以内をとし、回転方向を区別せず、 $\theta = 0^\circ, 20^\circ, 40^\circ, 60^\circ$  について計測した。以上の実験結果を図 13 に示す。

結果より、 $\theta = 0^\circ, 20^\circ, 40^\circ$  のとき、想定した 1m から 2m での範囲内で、安定したマーカ認識が可能であることが分かる。 $\theta = 60^\circ$  の時は、視野角の問題と、ディスプレイ縁によって、マーカが隠されるという物理的な問題で、安定したマーカ認識が難しいことが分かった。本システムではマーカ認識が安定的に可能な範囲を、ProsopoLaptop の視野として扱い、擬人化表現に反映させることとした。

### 6. まとめと今後の展望

本稿では、コミュニケーション支援を目指し、提案してきたラップトップ PC を擬人化する

るシステム ProsopoLaptop の実装について述べた。また、ラップトップ PC における両面ディスプレイの効果について実験的に評価し、視線遷移に関して効果があることが認められた。さらに、対面コミュニケーションの場で実用可能な位置推定手法を実装した。

今後は、システムのモジュール化することで導入を容易にし、ユーザが自由に表情や動作を変更・追加できるようにカスタマイズ性を高めたい。そして、今回実装したマーカについて認識率の向上に努めたい。さらに、擬人化表現の幅を広げ、その適切さやコミュニケーションに与える影響についてさらに調査したい。

### 参考文献

- 1) 新村 出 編: “広辞苑第五版”, 岩波書店, 2002.
- 2) B. J. Fogg: “Persuasive technology: using computers to change what we think and do,” Morgan Kaufmann Publishers, 2002.
- 3) ドナルド A. ノーマン (著), 岡本明, 伊賀聡一郎, 安村通晃, 上野晶子 (訳): “エモーショナル・デザイン—微笑を誘うモノたちのために”, 新曜社, 2004.
- 4) 林 泰子, 箕 康明, 苗村 健: “ProsopoLaptop: 対面コミュニケーションのためのラップトップ PC の擬人化”, エンタテインメントコンピューティング 2010, 2010.
- 5) 八谷 和彦: “PostPet”, <http://www.petworks.co.jp/~hachiya/works/PostPet.html> (2011/2/28 現在).
- 6) 西田 健志, 大和田 茂: “萌え木: 拡張現実による植物育成支援”, WISS2006, pp. 23-26, 2006.
- 7) クワクポリョウタ: “ニコダマ”, [http://www.cube-works.co.jp/works/index\\_sub.html?/works/kuwakuboryouta/](http://www.cube-works.co.jp/works/index_sub.html?/works/kuwakuboryouta/) (2011/2/28 現在).
- 8) 大澤 博隆, 向井 淳, 今井 倫太: “ディスプレイロボットを利用した物体の擬人化”, 人工知能学会第 20 回全国大会, 3F3-2, 2006.
- 9) H. Kato, M. Billinghurst: “Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-Based Augmented Reality Conferencing System,” Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality, pp. 85-94, 1999.
- 10) Hideki Koike, Wataru Nishikawa, Kentaro Fukuchi: “Transparent 2-D Markers on an LCD Tabletop System,” Proceedings of CHI 2009, pp. 163-172, 2009.
- 11) SAMSUNG: “DualView TL225”, [http://www.samsung.com/us/consumer/photography/digital-cameras/compact/EC-TL225ZBPOUS/index.idx?pagetype=prd\\_detail](http://www.samsung.com/us/consumer/photography/digital-cameras/compact/EC-TL225ZBPOUS/index.idx?pagetype=prd_detail), 2009 (2011/2/28 現在).
- 12) 岩淵 正樹, 箕 康明, 苗村 健: “両面タッチ入力可能な透明インタラクティブディスプレイの基礎検討”, インタラクション 2008, pp. 171-172, 2008.
- 13) Microsoft: “リモートアシスタンス”, <http://windows.microsoft.com/ja-JP/windows7/What-is-Windows-Remote-Assistance> (2011/2/28 現在).