

## 覗き込み動作を可能とするミラーインタフェース

石田育生<sup>†</sup> 佐藤究<sup>††</sup> 小笠原直人<sup>††</sup> 布川博士<sup>††</sup>

<sup>†</sup>岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科

<sup>††</sup>岩手県立大学ソフトウェア情報学部

ミラーインタフェースは、ユーザ自身が表示された実空間の鏡像画像を用いた実世界指向インタフェースである。画面上の物体像を介して実物体とのインタラクションが可能であるが、利用には大型のディスプレイが必要であり、家庭内では使いづらいといった問題点がある。本研究は、この問題を解決するために、利用者のディスプレイを見る位置に基づき、表示画像を動的にスクロールさせ表示する「覗き込み動作」を可能とするミラーインタフェースの実現を行う。本システムは、小型ディスプレイで実用的な表示が可能だけでなく、鏡を見ているような画像を提供することで、より自然で直感的な操作が期待できる。また、自由度の高いポインティングにより物体を選択し、情報の参照、音声入力による操作等のインタラクションが可能である。

### Mirror Interface responded to view point

Ikuo Ishida<sup>†</sup> Kiwamu Sato<sup>††</sup> Naohito Ogasawara<sup>††</sup> Nunokawa Hiroshi<sup>††</sup>

<sup>†</sup>Iwate Prefectural University Graduate School of Software and information Science

<sup>††</sup>Iwate Prefectural University Faculty of Software and information Science

A mirror interface is a real world interface using the mirror image of a real world for interaction with real objects. There is a problem that a large display is necessary, and it is not easy to use it in the home. We propose a mirror interface responded to view point. The system displays image which corresponds to the position of a viewpoint against the display. The user operates it more comfortable by the sense to see the mirror.

#### 1. はじめに

実世界とコンピュータ情報のギャップを埋めることで、ユーザがコンピュータの存在を意識することなく活用可能な実世界指向インタフェースが注目されている。代表的なものとして、実世界の事物を使って情報を操作するインタフェース[6][7]、タンジブルインタフェース[8]、拡張現実 (AR: Augmented Reality) [9][10]、ミラーインタフェース[1][2]などがある。

ミラーインタフェースは自己像が表示された実空間の鏡像画像を用いることにより、画面上に表示される画像を介して実物体にアクセス可能な実世界指向インタフェースである。画面上で物体と手を重ね

る(ポインティングする)ことで物体を選択し、その機能を利用できるため、実世界と直接的なインタラクションを行っているかのような感覚で操作が可能である。しかし、画面上で物体と手を重ねることでポインティングする手法のために、部屋全体に散らばる複数の物体とインタラクションを行うには、部屋全体を写す大型ディスプレイのような装置が必要となる。このため、(1)家庭内では使いづらく、コンピュータの存在を意識しない自然な使用感も期待できない、といった問題がある。また、利用時に有効な情報(メニュー)をディスプレイに表示することが可能であるが、表示される情報は操作情報が主であり、物体の付加情報・関連情報などは表示されな

いため、情報が不足しているといえる。また、複雑な操作を行いたい場合はメニューを階層的にたどる必要が生じるために、ユーザにとっては操作負荷が高いと考えられる。これらのことから、(2)実物体とのインタラクションが不十分であるということがいえる。

本研究では、これらの問題点を解決するために、以下の2点について実現するミラーインタフェースの実装について述べる。

(1)既存の「大型ディスプレイ」によるミラーインタフェース[1][2]に代え、ユーザが画面を覗き込むと、その視点にしたがって表示する画像をスクロールさせてユーザに提供できるミラーインタフェースの実現を行う。これにより、家庭内でも使える比較的コンパクトなディスプレイを使用したミラーインタフェースを「直感的な操作性」を阻害することなく実現することが可能となる。

(2)先行研究[1]を拡張し、より快適な実物体とのインタラクションの実現を行う。付加情報の提供、自由度の高いポインティング、自然言語による音声入力を提供することにより、これを実現する。

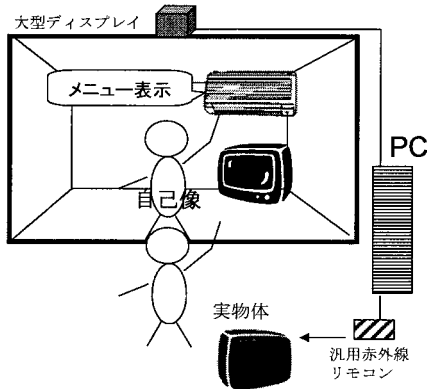


図1 ミラーインタフェースの概念図

## 2. 覗き込み動作を可能とするミラーインタフェース

### 2.1. 覗き込み動作に対応した表示

「覗き込み」動作とは、ユーザのディスプレイを見る位置に基づき表示画像を動的にスクロールさせて表示することで、あたかも本物の鏡を見ているかのような感覚をユーザに提供する表示機能である(図2)。例えば、ユーザが頭部をディスプレイに対

して左側に動かせば、表示画像が右にスクロールされるという具合に、鏡を見ているのと同じような感覚を与えることができる。これにより、小型ディスプレイでも、実用的な表示が可能になる。また本物の鏡のような印象をユーザに与えることが可能であり、既存のミラーインタフェースに比べ、より直感的で自然な使用感が実現できる。

### 2.2. ポインティング手法

小型ディスプレイを用いた場合、顔と手と物体を同時に画面に表示させ、既存のミラーインタフェースのように画面上で物体と手を重ねること(ポインティングする)が困難になる。そのため、ポインティングについては、ユーザが頭部を動かし画像をスクロールさせ物体を画面中央に表示させることで行うこととする(図2)。しかし、画面が小型のためユーザ自身と背後の物体にオクルージョンが発生しポインティングが困難になる。これを解決するために以下の手法をとる。まず、あらかじめユーザ後方の広域画像を用意しておく。そして、ディスプレイに対するユーザの視点位置に基づきその広域画像から表示する背景画像を切り出す。その画像にユーザ自身の自己像を合成したものを鏡画像とする。このとき、背景画像に自己像を半透明化し表示することでオクルージョンに影響されずにポインティングを行うことが可能となる(図3)。

以上のことから覗き込み動作に対応した表示を実現するためには、次のような機能が必要であると考えられる。

- ユーザ動作検出機能  
ディスプレイに対するユーザの視点の上下左右位置を検出
- 背景画像分析機能  
ユーザ背後の広域画像の取得
- 自己像分離機能  
背景とユーザ自身の自己像を分離
- 鏡画像合成機能  
広域画像から切り出した背景画像と自己像を半透明合成して表示

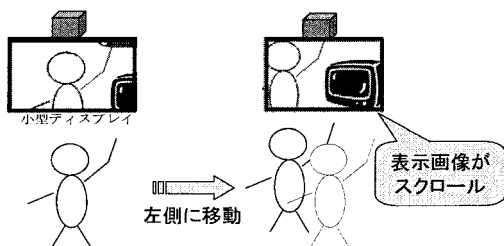


図2 覗き込み動作とポインティング



図3 自己像の半透明表示

### 3. 実物体とのインタラクションの拡張

#### 3.1. 自由度の高いポインティング

既存のミラーインタフェースは、オブジェクト(物体)単位でのポインティングのみが可能であったが、本システムでは、TVの電源部分をポインティング、画面部分をポインティングといったようなオブジェクトの部分単位でのポインティングを実現する。これにより、電源部をポインティングした場合は操作方法を表示、画面部の場合は付加情報を表示するというような自由度の高いポインティングが可能となる。

#### 3.2. 多様な情報の提供

多くの拡張現実システムでは、物体の説明や関連情報、物体を扱うための操作情報などを提供することでユーザの活動を支援する。しかし、既存のミラーインタフェースで提供される情報は操作情報が主である。そのため提供される情報が不足しており、インタラクションとしては不十分であるといえる。

そこで本システムでは、ユーザへの出力として以下の3点を実現することにより、多様な情報の提供を可能とする。

##### ➤ 物体の操作情報提示

選択された物体の操作情報(TVの操作パネルが選択された場合は、操作メニューなど)を提

示する。

##### ➤ 物体の付加情報提示

選択された物体の付加情報(TVのディスプレイ部が選択された場合は番組表など)を提示する

##### ➤ 外部アプリケーションの起動

物体に対応付けた外部アプリケーション(カレンダーが選択された場合はスケジュールなどを)を起動する。

### 3.3. 音声コマンド入力

既存のミラーインタフェースでは、物体を選択するとメニューが表示され、ユーザは手振り動作によってメニューを選択し、物体を操作する。しかし、本システムは画面が小型であるため、手振り動作によるメニュー選択は難しい。そこで、手振り動作にかわる入力手段として音声コマンド入力を実現する。これにより、TVをポインティングして「電源」と発話すれば電源のON/OFF操作をすることが可能になる。

また、従来の手法では、操作を行うためにメニューを階層的にたどらなければならない、さらに、異なる物体の操作を続けて行いたい場合、ポインティングしなおさなければならない。例えば、ビデオを再生したい場合は、まずTVをポインティングして電源を入れる、次にビデオをポインティングして再生するという手順をふまなければならない。

そこで、TVをポインティングして「ビデオを見る」と発話することで、(TVの電源ON⇒ビデオの電源ON⇒ビデオ再生)といった一連の作業を行うことを可能とする複合音声コマンドを実現することとした。これにより、ユーザの操作負荷を低減することができる。

これらを実現するためには、ユーザのポインティング・音声コマンドの分析を行う必要がある。また、ポインティング結果に基づいて情報を表示する、音声コマンドに基づいて実物体の操作を行うといったような制御を行う必要がある。以上のことから、必要となる機能は次のようになる。

##### ● インタラクション機能

ポインティング・音声コマンドを分析

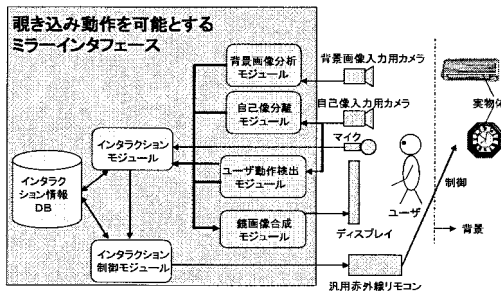
##### ● インタラクション制御機能

ポインティング・音声コマンドの分析結果に基づいて情報表示・操作等を行う

## 4. プロトタイプシステム

### 4.1. システム構成

2 および 3 章で述べた各機能をモジュールとする覗き込み動作を可能とするミラーインタフェースを実装した。Pentium4 3GHz, 512MB の PC を用いて約 10fps 程度の処理速度が得られた。システム構成を図 4 に示す。本システムは、(1)ユーザ視点をリアルタイムで検出するユーザ動作検出モジュール、(2)ユーザ視点に基づき鏡画像を表示するための背景画像分析モジュール、自己像分離モジュール、鏡画像合成モジュール、(3)物体とのインタラクションを実現するインタラクションモジュール、インタラクション制御モジュールから構成される。



以下に詳細を述べる。

図 4 システム構成図

#### 4.1.1. 自己像分離モジュール

鏡画像を生成するために、自己像入力用カメラで撮影された画像から、リアルタイムに背景部分と利用者の自己像部分を分離する。自己像入力用カメラとして、ディスプレイ上部に設置された 2 台の PC カメラから構成されるステレオカメラを用いた。ステレオ視により距離画像を得ることで、カメラからの距離により背景部分と人物部分を分離することが可能となる。距離画像の生成には、オープンソースの画像処理ライブラリである OpenCV を用いた<sup>[3]</sup>。

ユーザがカメラから 1.5m 以内の距離で利用すると想定し、距離画像を用いて原画像（ステレオカメラを構成する PC カメラの片方で撮影された画像）から背景を分離しユーザ画像を抽出する。実時間でこ

の処理を行い、表示画像に合成することで、鏡を見ている感覚に近い、より自然な使用感をユーザに提供できると考えられる。また、1.5m 以上離れたものは背景とみなすことができ、視点位置座標を取得する際に後方にユーザ以外の人物像が移りこんでも影響を受けにくくなる。



図 3 原画像からの自己像分離

#### 4.1.2. ユーザ動作検出モジュール

ディスプレイに対する利用者の視点の上下左右位置を分析・検出するモジュールである。

まず、自己像入力用カメラから入力された原画像から顔候補領域を抽出する。この処理は OpenCV のパターンマッチングによる顔認識を利用して行う。顔候補領域が複数抽出された場合は、もっとも面積が大きい領域を顔とみなす。抽出された顔候補領域の中心座標を原画像におけるユーザの目の位置座標とする。



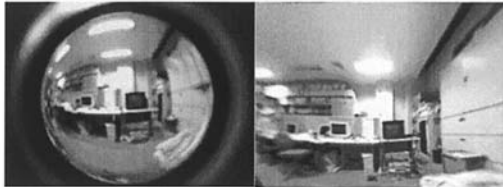
図 6 顔候補領域

#### 4.1.3. 背景画像分析モジュール

鏡画像を生成するために、背景画像入力用カメラで撮影された利用者背後の画像を展開するとともに、背景物体の移動等への対応を行う。本システムでは、背景画像入力用カメラとして魚眼カメラを用いる。魚眼カメラは画角が 180 度と広いために、広範囲を撮影することが可能である。通常の PC カメラで撮影された複数枚の画像を合成することで広範囲の画像を生成することも可能であるが、撮影の手間および、

つなぎ目の処理などを考慮し、背景画像入力用カメラとして魚眼カメラを用いた。平面画像への展開は正距図法を用いて行う。

システム使用中に、ユーザ背後に存在する物体が部屋の模様替えなどにより移動することが考えられる。これに対応するためにユーザ背後の広域画像を更新する必要があり、現在、動的に背景を更新する処理を実装中である。



展開前 展開後  
図7 ユーザ背後の広域画像

#### 4.1.4. 鏡画像合成モジュール

ユーザ動作検出モジュールから得られたユーザの視点位置に基づき、背景画像分析モジュールから得られたユーザ背後の広域画像から表示用の背景画像を切り出す。切り出された画像に対して自己像分離モジュールから得られた自己像を半透明化し合成したものを鏡像反転しリアルタイムにユーザに表示する。

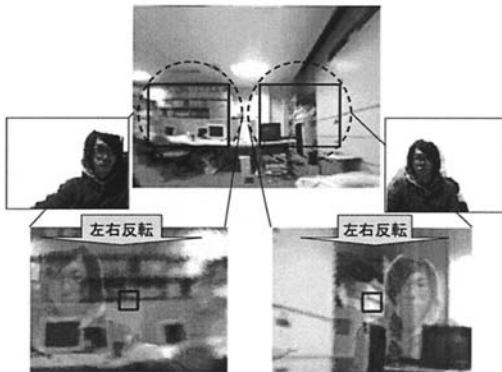


図8 鏡画像合成結果

#### 4.1.5. インタラクション情報DB

インタラクションモジュールおよびインタラクション制御モジュールが利用する、インタラクション記述に関するデータを格納するDBである。

本DBには、(1)実物体とその背景画像上での領域、

および、そこで行われるインタラクションの種類を記述する実物体データ、(2)操作情報と音声コマンドの対応を記述する操作情報データの2種類を格納する。詳細は以下のとおりである。

##### ● 実物体データ

〈物体名〉、〈背景範囲〉、〈出力動作〉

〈物体名〉にはTV画面、ビデオといった実物体名を記述する。〈背景範囲〉には、広域画像内で物体が存在している範囲の座標を記述する。〈出力〉には、操作情報データファイルのファイルパス、付加情報のURL、外部アプリケーションのファイルパスを記述する。menu、info、appという3種類の属性を用いることにより、操作情報表示・付加情報表示・外部アプリケーションの起動のインタラクションを記述することができる。

```
<TV画面>, <486,463-576,514>, <menu=" menu.txt" >
<TVパネル>, <486,514-576,535>,
    <info=" http://tv.goo.ne.jp/index.html" >
<カレンダー>, <409,451-454,524>,
    <app=" C:\Program Files\Kabe3\Kabe3.exe" >
```

図9 実物体データ(一部)

##### ● 操作情報データ

〈物体名〉、〈音声コマンド〉、〈リモコンデータ〉

〈物体名〉には実物体データと同じくTVパネル、ビデオといった実物体名を記述する。〈音声コマンド〉には“電源”、“ビデオをみる”といったような音声コマンドを記述する。〈リモコンデータ〉には対応するリモコン信号を記述する。複合操作の場合は、“:”で区切った複数のリモコン信号を記述する。

```
<TVパネル>, <電源>, <リモコン信号>
<TVパネル>, <ビデオをみる>, <リモコン信号:リモコン
    信号:リモコン信号>
<ビデオ>, <再生>, <リモコン信号>
```

図10 操作情報データ(一部)

#### 4.1.6. インタラクションモジュール

ユーザのポインティング、音声コマンドの分析を行うモジュールである。

ポインティング判定は、インタラクション情報DBに格納されている実物体データの〈背景範囲〉を参照して行う。画像の中心30×30ドットの領域をポイン

ティング領域とし、物体をポインティング領域に入れた状態を2秒間保持することで物体を選択することが可能となる。少しでもポインティング領域内に物体が入っていれば、その物体をポインティングしているとみなす。また、複数の物体がポインティング領域内に入っている場合は、より多く領域内に入っている物体をポインティングしているとみなすこととした。

音声認識に関しては、あらかじめ音声辞書にコマンドを登録しておくことで精度を高めた。音声認識エンジンには Julius<sup>[12]</sup>を使用した。

#### 4.1.7. インタラクション制御モジュール

インタラクションモジュールの分析結果に基づき、家電の操作、操作情報・付加情報の表示、外部アプリケーションの起動を行う。ユーザは操作情報を参考に音声コマンドにより物体（本システムでは、赤外線リモコンで操作可能な家電等を対象としている）を操作する。USB 接続の赤外線リモコン（PC-OP-RS1）を PC で制御することにより、複数の家電とインタラクションを行うことを可能とした。これらの処理は、図 9, 10 に示したインタラクション情報 DB 内のデータを参照することで行う。

TV 操作パネルがポインティングされた場合、図 9 の 1 行目に対応し、〈出力動作〉の属性が menu であるので、操作情報データが格納されているファイル“menu.txt”から〈物体名〉をキーとして〈音声コマンド〉を取り出し、操作情報メニューを表示する。このとき、“電源”と発話すれば、操作情報データを参照して対応したリモコン信号が送出される。

TV 画面がポインティングされた場合は図 9 の 2 行目に対応し、〈出力動作〉の属性が info であるので、付加情報として記述されている html ファイルをブラウザに表示する。

カレンダーがポインティングされた場合は、図 9 の 3 行目に対応し、〈出力動作〉の属性が app であるので、ファイルパスを参照し、外部アプリケーションのスケジューラを起動する。

### 5. 動作例

本システムの動作例を説明する。現在は、TV・ビデオ・カレンダーとのインタラクションが実装されている。

TV では、操作パネル部がポインティングされると操作情報表示、ディスプレイ部がポインティングされると付加情報が表示される。音声コマンドは表 1 が可能となっている。

ビデオでは、ポインティングされると操作情報が表示される。音声コマンドは表 1 が可能となっている。

カレンダーでは、ポインティングされると外部アプリケーションの起動が実現されている。

実際のインタラクション動作を図 10, (1)～(4)を用いて説明する。

(1)TV の操作情報表示領域がポインティングされたので TV の操作情報が表示される。(2)ビデオの操作情報表示領域がポインティングされたので、ビデオの操作情報が表示される。(3)TV の付加情報表示領域がポインティングされたのでブラウザに番組表が表示される。(4)カレンダーの外部アプリケーション起動領域がポインティングされたので、外部アプリケーションのスケジューラが起動する。

表 1 音声コマンドと操作内容

物体	音声コマンド	操作
TV	電源	電源 ON/OFF
	数字(1~12)	チャンネル変更
	上げる	音量を上げる
	下げる	音量を下げる
	ミュート	ミュート
	切り替え	入力切替
	ビデオをみる	TV 電源 ON ビデオ電源 ON ビデオ再生
ビデオ	電源	電源 ON/OFF
	再生	再生
	停止	停止
	早送り	早送り
	巻き戻し	巻き戻し



(1)TV の操作情報

(2)ビデオの操作情報



(3)付加情報 (番組表)

(4)スケジュール起動

図 11 インタラクション例

## 6. おわりに

本稿では、既存のミラーインタフェースの問題を解決するために「覗き込み動作を可能とするミラーインタフェース」を提案し、プロトタイプを作成した。本システムは、ユーザの視点により表示画像をスクロールさせ表示することで、小型ディスプレイでも実用的な表示が可能になるだけでなく、鏡のような画像を提供することにより直感的な操作性が期待できる。また、本システムでは、より快適な実物体とのインタラクションの実現を目指し、自由度の高いポインティング、操作情報・付加情報の表示、外部アプリケーションの起動、音声コマンドによる物体の操作を実現した。

今後は、開発したプロトタイプを用いて評価実験を行う予定である。さらに、今回実装したミラーインタフェースを拡張し、総合的な情報提供プラットフォームとしてのミラーインタフェースを実現したいと考えている。

## 参考文献

- [1] 細谷, 佐藤, 北端, 原田, 小野澤: 実物体とのインタラクションを可能にするミラーインタフェース, 2003年電子情報通信学会総合大会
- [2] 細谷, 佐藤, 北端, 原田, 小野澤: ミラーインタフェースを用いた双方向型インタラクティブコミュニケーションの実現, 2005年電子情報通信学会総合大会

- [3] 森川: 「超鏡」: 魅力あるビデオ対話方式をめざして, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 3, pp. 815-822, Mar. 2000
- [4] 石田, 佐藤, 小笠原, 布川: 覗き込み動作を可能とするミラーインタフェースの構築に関する研究, 第8回日本感性工学会大会予稿集, pp. 133, (2006)
- [5] 石田, 佐藤, 小笠原, 布川: 覗き込み動作を可能とするミラーインタフェースによる家電操作, 第9回日本感性工学会大会予稿集, pp. 104, (2007)
- [6] 佐藤, 小池: Enhanced Desk 拡張机型インタフェースによる紙情報と電子情報の統合, 情報処理学会研究報告, Vol. 2000, No. 50, pp. 73-77
- [7] 池田, 木村, 佐藤: 道具のメタファを利用した実世界指向インタフェース—情報を吸収する注射器とスポンジ—
- [8] <http://tangible.media.mit.edu/>
- [9] <http://www1.cs.columbia.edu/graphics/projects/karma/karma.html>
- [10] Thomas.P.Caudell and David.W. Mizell: Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes, Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Science, Vol. 2, pp. 659 - 669, January 1992.
- [11] <http://www.intel.com/technology/computing/opencv/index.htm>
- [12] <http://julius.sourceforge.jp/index.php>