

鏡メタファを用いた身体性拡張インターフェイス

畠山卓也^{*}，佐藤究^{**}，小笠原直人^{**}，布川博士^{**}

^{*}岩手県立大学大学院ソフトウェア情報研究科 ^{**}岩手県立大学ソフトウェア情報学部

コンピュータが生活の中に浸透してきている。現在の大部分のコンピュータで利用されているグラフィカルユーザインタフェース(GUI)はデスクトップ(机上)をメタファとしてデザインされた環境でありディスプレイ上のデスクトップ環境が、実空間での机(机上での作業)と対応するように表現されている。デスクトップ環境はデスクワークに特化したもので、アイコン、ウィンドウ、フォルダ、背景、などで構成されている。またこの環境で作業するためのユーザインタフェースとしてキーボードやマウスなどが利用されている。現実世界の机上で行う字や絵を書く(テキストエディタ、ペイントソフト)、計算をする(電卓ソフト)、書類に目を通しまとめる(ファイル、フォルダ、アイコン)といった概念を応用することで、コンピュータのデスクトップ環境での作業を分かりやすく、親しみの持てるインタフェースとすることができる。しかしながら、従来のインタラクションシステムはデスクワークに特化したもので、現実の生活習慣の中に配置して利用するといった状況、特にユビキタスコンピューティング環境の視点から見るととても不自然である。本研究では、これまでコンピュータを利用するためにコンピュータのあるところへ行くといった利用方法ではなく、生活空間のあらゆる場所でユーザが知識などを必要としない情報利用ができ、情報端末の利用手法も従来の生活空間にそのまま移行できる情報端末の提案を行う。

鏡メタファを用いた身体性拡張インタフェース

畠山卓也*, 佐藤究**, 小笠原直人**, 布川博士**

*岩手県立大学大学院ソフトウェア情報研究科 **岩手県立大学ソフトウェア情報学部

1. はじめに

現在のコンピュータで利用されているグラフィカルユーザインタフェース(GUI)はデスクトップ(机上)をメタファとしデザインされた環境でありディスプレイ上のデスクトップ環境が、実空間での机(机上での作業)と対応するように表現されている。デスクトップ環境はデスクワークで利用される事物を模倣したもので、アイコン、ウィンドウ、フォルダ、背景、などで構成されている。現実世界の机上で行う字や絵を書く(テキストエディタ、ペイントソフト)、計算をする(電卓ソフト)、書類に目を通しまとめる(ファイル、フォルダ、アイコン)といった概念を応用することで、コンピュータのデスクトップ環境での作業を分かりやすく、親しみの持てるインタフェースとすることができる。

しかしながら、従来のインタラクションシステムはデスクワークを模倣しているが、コンピュータを利用時に使用されるマウスやキーボードといった入出力デバイスと、それによる操作は現実の生活行動とのギャップが大きく、ユーザが日常生活の中で快適に自然に使用できるとは言えず非直感的である。

本研究では、これまでのコンピュータを利用するためにコンピュータのあるところへ行き、マウスやキーボードで操作するといった利用方法ではなく、生活空間のあらゆる場所でユーザが知識などを必要としない直感的な情報利用ができ、情報端末の利用手法も従来の生活空間にそのまま移行できる情報端末のインタフェースの提案を行う。

2. 関連研究

デスクトップインタフェース以外にも、様々な手段で情報を利用するためのインタフェースの研究が行われている。端末の直感的な操作が可能なインタフェース、利用するにあたり特別な知識が不要なインタフェース等として以下のような研究が行われている。

2. 1 ジェスチャーインタフェース

ジェスチャーインタフェースは電子機器を利用する際にユーザが身体を使い普段日常で行ってい

る身振り手振り(ジェスチャー)を用いて電子機器を自然に操作することができるインタフェースである。

HITACHI Gesture operation TV^[1]は手の動きでテレビの操作を行う。テレビに向かって手を横に振ることでメニュー画面を開く、テレビの起動する。手を左右に回すことでチャンネルの切り替え。手を上下スライドさせることで音量メニューの調整を行う。



図1 ジェスチャーTV

2. 2 アンビエントインタフェース

アンビエントインタフェースはユーザの周辺知覚情報を利用し、ユーザが少し意識を向けるだけで、あるモノの状態が把握できるさりげない情報提示を行える情報端末である。

アンビエントオーブ^[2]は無線通信により特定の情報を受信し、内蔵されたフルカラーLEDで対応した情報を色で表現する。例えば天気情報を晴れ：赤、曇り：緑、雨：青といった色で提示する。

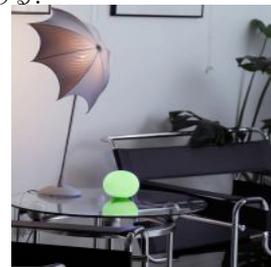


図2 アンビエントオーブ

2. 3 実物体指向インタフェース

実物体指向インタフェースは情報機器の内部データと現実の間にあるギャップを少なくすることで、情報機器を意識せずに活用するためのインタフェースのことである。

ToolDevice^[3]はファイルのコピーや削除を日頃から使い慣れた道具の形にすることで、ユーザは道具の持つアフォーダンスや過去の使用経験を利用し、操作デバイスの使い方をよりスムーズに把握できる。注射器は液体を抽出・注入することができるが、このインタフェースではデータを抽出・注入することができ、データの上で注射器を

引くことで抽出，別の場所で押すことでデータの注入ができる。



図3 ToolDevice

2. 4 ウェアラブルインタフェース

ユーザが情報端末を身につけて，常に情報支援を行うというインタフェースの総称である。ユーザの位置，動作，生体情報をセンサで認識し，情報端末で処理し，ユーザの身に着けている HMD やディスプレイに情報を出力する。

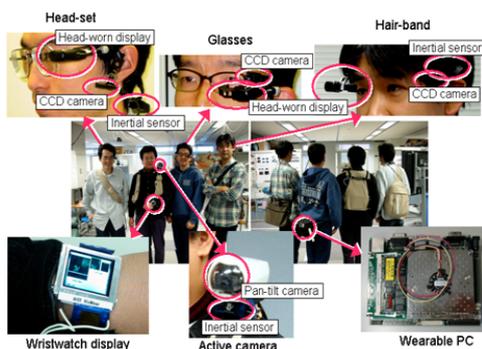


図4 ウェアラブルインタフェース

このように，コンピュータを日常的に利用するための試みが多く研究されており，従来研究では日常に存在するアクションや物体をインタラクションの手段にし，関連した情報へアクセスすることを目的としている。

しかし，関連研究の問題として以下の点が挙げられる。

(1)扱える情報や，操作が限られる

ジェスチャーインタフェースは，家庭内にあるテレビやエアコンなどの操作を手を使って行う。といった特定のシステムに対する特定の操作が対象である。

アンビエントインタフェースでは，ユーザの情報機器に向けられる意識を極力小さくするために，あらかじめ最適化された情報のみを表示する。

実物体指向インタフェースでは，システムの対象となる実物体を用いて情報へのアクセスを行うため，扱える情報も実物体に関連したものになる。

以上の様に，これらのインタフェースでは扱え

る情報や操作の手段が限定されており汎用性に欠ける。

(2)実世界を認識するために，センサを物体やユーザに装着する必要がある

実世界指向インタフェースではオブジェクトをインタラクションの手段として利用するため，センサや，特別に設計された入出力ハードウェアが必要になる。

以上のことを踏まえ，本研究ではデスクトップメタファの様な汎用性と関連研究で述べている直感的かつ自然なインタラクションを両立させることを目的とする。すなわち，従来のコンピュータ等を使用して情報にアクセスしている工程を，日常の中でユーザが自然に利用できるように生活中に組み込むことを目的としている。具体的には鏡に映った自己像に着目しインタフェースとして拡張することで，身体を使って普段行っている行動により情報を扱えるシステムを提案する。このシステムは身体部位の特性をアイコン化しその部位に応じた情報へのインタラクションを行う。情報端末を生活空間にある鏡を拡張したものとすることで空間にそのまま配置ができる。鏡はユーザの使用状況・状態が多様で一般家庭では多くの場所に設置されている。そのため，ユーザが情報を扱うたびに端末のある場所にわざわざ移動することも無く，鏡に映ったユーザ像が情報を扱うインタフェースになるので身体にセンサ類を装着する必要が無い。

3. 鏡メタファを用いた身体性拡張インタフェース

従来のデスクトップ環境は，デスクトップメタファを概念の基礎としてマウスやキーボードなどの入出力インタフェース，データや情報処理機能を象徴するアイコンで構成されている。従来のデスクトップ環境を日常生活の中で利用できるものにするため，本研究では，デスクトップメタファに対応して鏡メタファを基礎とし，入出力インタフェースとして鏡に映った自己を拡張したジェスチャー。情報処理機能とストレージを象徴するものとして鏡に映る自己像の身体特徴を利用したアイコンを提供する。

3. 1 身体性拡張インタフェース

3. 1. 1 人間の情報処理系

人はしばしば情報処理機器^[4]として例えられている。人は外界から感覚器を通して，見る・聞く・嗅ぐ・味わうといった情報を得て，脳で判断し，

効果器を介して声を出す・表情を作る・手を使う・歩くなどといった外界へのアクセスを行っている。このように人間の身体は外界の情報をインプット、アウトプットするための手段であり、日常で常にご利用されているインタフェースであると考えられている。身体各部位の機能・特徴を情報端末上での情報操作手法へ応用することで、より自然で、ユーザ負荷の低いインタフェースを提供することが出来ると考える。

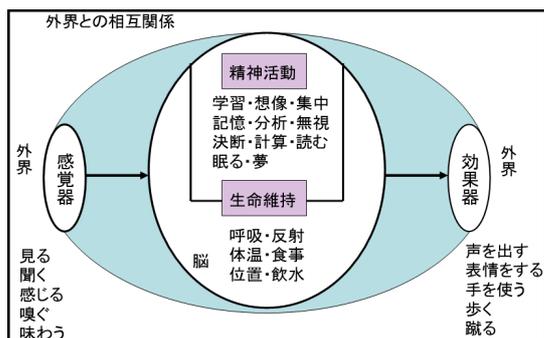


図5 人間の情報処理系

3. 1. 2 身体アイコン化

アイコンとはパソコンの操作において、ファイルの種類や情報処理の内容を小さな絵や記号で表現したもので、現在のデスクトップインタフェース上で情報を分かりやすく表示するために利用されている。ユーザはマウスを使ってアイコンを移動させたり、クリックして実行させることで、キーボードを使って指示を与える CUI などの方式に比べて、より直感的で情報の内容や状況を把握しやすく、容易に操作を行うことができる。

現在の GUI においてアイコンは次の 3 種類に大別することができる。(1)画像や動画などのデータを象徴したもの、(2)データを処理するための機能・アプリケーションを象徴したもの、(3)フォルダなどのデータを保存するためのストレージを象徴したものである。しかし、データを象徴するアイコンに比べ処理機能やストレージを象徴したものは比較的分かりにくい。そこで、3. 1. 1 で述べた概念から、処理機能を身体部位に当てはめこれらをアイコン化する。ファイルを表すアイコンは従来のものを利用する。

本研究ではデータにアクセスするためのアイコン：感覚器アイコンと、データを保存するためのアイコン：身体ストレージアイコンの 2 つを提案する。

(1) 感覚器アイコン

パソコンなどを利用して情報を得るために使わ

れるのは、ほぼ視覚と聴覚である。そして、人間の頭部には目、耳、鼻、口と外界から情報を得るための感覚器が集中している。なかでも人が視覚と聴覚から得る情報量の割合は多く、それぞれ視覚が 83%、聴覚が 11%、と目と耳がある頭部だけで全体の 94%を占めている。そこで、本研究では人間の感覚器が集中している頭部を情報にアクセスするための象徴としてアイコン化、ユーザは手に取った情報を感覚器に drag and drop し情報へアクセスするという手法を用いる。

(2) 身体ストレージアイコン

コンピュータにあまり詳しくない人が直面する問題の 1 つとして上げられるのがストレージの把握である。自分にとって必要なデータアイコンの保存先、データアイコンの種類ごとの保存先が分からないといった問題が主である。また身体部位を利用した表現で腹に溜まる、胸に留めるといったような、知識や物体を自身の身体にとどめる表現がある。本研究では自身にとって必要な情報を体(腹部)に関連付けて保存する。腹部をストレージアイコン化しデータアイコンの保存・取り出しを可能とする。自身にデータを保存することで情報を所持しているという感覚を得ることができ、持ち運んだ先などでも同じファイルを利用することが出来る。

3. 2 鏡メタファを用いた身体性拡張インタフェース

前節で述べたように、身体各部をアイコン化することにより、より自然で直感的な意味を与えることが可能である。しかし、既存の GUI に存在するデータアイコン等を自分の感覚器や腹部に drag and drop するという行為は非現実的である。そこで、本研究ではデスクトップメタファに代わるメタファとして鏡メタファを提案する。

鏡は物事を客観的に映し出す道具であり、私達は日常でこの道具を昔から身近に使用している。鏡の前に立ち自分の状態を把握し、服を選ぶといったことを日々行っている。風俗的に見ても鏡は古来から極めて神秘的なものとして扱われ、祭事などで使用する器として大切に使われていた。また、鏡の周囲を映す特性から鏡の中にもう 1 つ別の世界が存在するという概念を用いた文化的な作品も多い。

すなわち、鏡は、自分自身、背景である現実世界、仮想的な物体の 3 種類を混在させて表示するための、自然な理由付けとして利用することが可

能である。鏡に自分自身が写ることにより、自分自身を客観的対象として認識することが可能になるため、身体の各部をアイコンとして自然に利用することが可能になる。また、仮想的な物体を表示可能であるということは、ファイルアイコンやアプリケーションからの情報を（動画の再生ウィンドウや、web ページの表示）を違和感なく提示可能であるということの意味する。さらに、背景である現実世界については、現実世界の物体と情報を結びつけた実物体指向インタフェース的な利用法を可能とする。加えて、本研究ではGUIのポインティングデバイスを利用した操作を効果器を利用したジェスチャー操作で行う。

効果器は動物体が刺激に応じて外界に向けて能動的に活動する時に働く器官である。人間の手は者をつかむ、操作する、コミュニケーション手段などの役割がある。例えば本から情報を得る場合、足を使って近くまで移動し目標の本をとって開くといった動作になる。このように手は人間が情報を扱ううえで最も基本的な手段であると言える。そこで、本研究ではコンピュータを使う際に基本的にマウスで行っている作業、データアイコンの選択・移動を手で行う。データアイコンの上まで手を移動させて閉じることで掴む(選択)、手を開くことでデータアイコン選択の解除といった動作をシステムで実装する。

さらに、鏡の前で行うジェスチャーは、鏡に映った自己像を経由することにより、ジェスチャー自体を客観的に観察することが可能であるため、自分が正確なジェスチャーを行えたかどうかを自分で判断することができる、これによりジェスチャーの認識精度の向上が期待できる。

また、鏡にジェスチャー認識用のカメラを付属させることにより、ユーザはセンサ等を装着する必要もなくポータブルな完結したシステムとして実現することが可能になる。

前章で提示した身体性インタフェースを、ディスプレイに鏡像表示された人物の各部位を認識しインタフェースへ拡張することでシステムを実装する。これにより

1. 鏡に映った身体を拡張することで体にセンサ類を装着する必要が無い
2. 現実の生活空間にある鏡と、そのまま置き換えることが出来る
3. 自己像と周囲の状況の客観的な認識が可能
4. 実空間上の物体が情報整理のためのファクタ

ーになる
といったメリットや効果が期待できる。

4. システム概要

本研究で実装したシステムの概要を述べる。

(1) 感覚器アイコン

人体部位の目と耳を感覚器アイコン化する。目は「見る」つまり見たい情報(画像、動画)を目に drag and drop することでファイルへのアクセスを可能とする。耳は「聞く」つまり聞きたい情報を耳に drag and drop することでファイルへアクセスする。本システムでは手に取ったファイルを各身体部位に近づけることで、それぞれに対応したインタラクションを行う。一度アクセスしたファイルはユーザが動いて顔から外れたとしてもアクセス状態が変更されず、画像ファイルであれば画像が表示された状態が維持される。

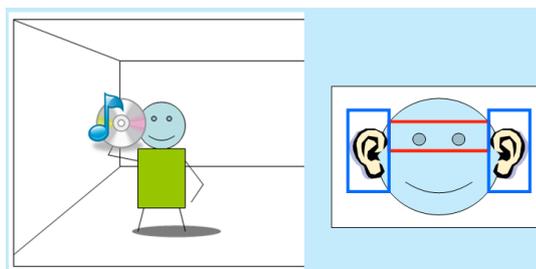


図6 感覚器アイコン

(2) 身体ストレージ

人体部位の腹部をストレージアイコン化する。ユーザは保存したいファイルを自分のお腹に蓄積、取り出し・利用が可能。ファイルは人体と関連付けられるため端末が変わっても、つまりユーザがどこか別の情報端末上でインタラクションを行っても同じファイルが利用できる。

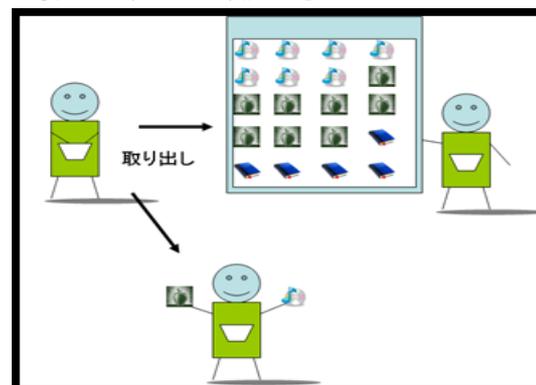


図7 身体ストレージアイコン

(3) 効果器を使った情報操作

人体部位の1つである手を情報ファイルの選択、移動に利用する。ユーザは自身の周囲の空間に配

置してある情報から欲しいものへ向かって手を伸ばし、情報を握ることで選択する。手を開いて情報を離すことで選択を解除する。選択した状態で手を移動させることで情報の移動ができる。

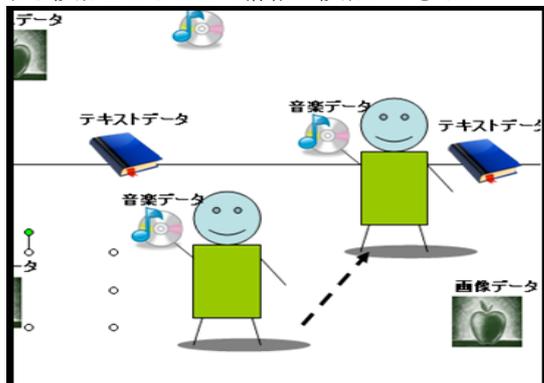


図 8 効果器を使った情報操作

5. 実装システム

本システムはユーザを認識するためのモジュールとインタフェースを制御するモジュールの 2 つで構成されている。ユーザ認識では Web カメラからの入力に対し顔の認識、手の認識を行い、各部位の座標と状態をインタフェース制御部に送信する。インタフェース制御部ではユーザ認識の結果をもとにインタラクションを行いその結果をユーザが見ているメイン画面に出力する。ユーザ認識には OpenCV を用いている。

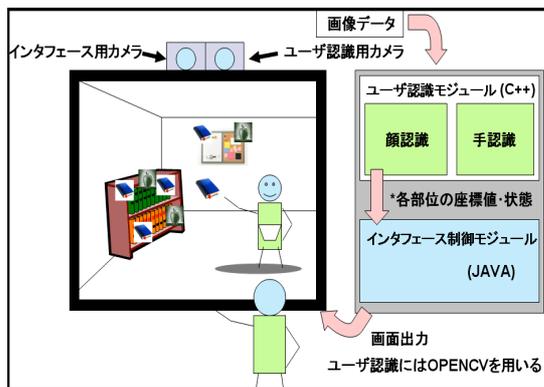


図 9 実装システム概要

(1)ユーザの認識システム(手・顔の認識)

ユーザ認識モジュールではカメラから得た動画画像を元に OpenCV の関数を利用して顔を認識している。顔の重心位置を顔の座標位置とする。手の認識では、今回は手領域の切り出しを確実にするため色の付いた手袋を装着し検出して、その領域の Convex Hull を生成し囲まれた面積を求める。

色のある領域と色の無い領域の比率で手の開閉状態を認識する。手も顔と同様に重心位置を座標位置としている。



図 10 手と顔領域の取得

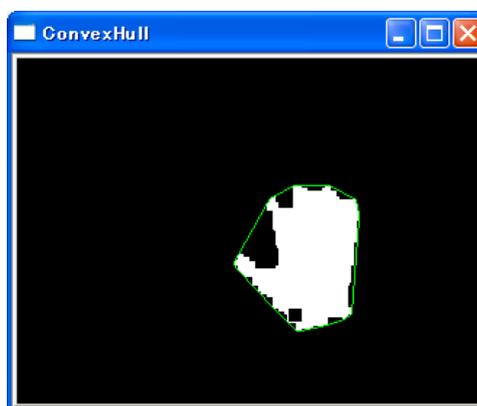


図 11 ConvexHull の生成

(2)インタフェース制御システム

・ファイルの選択、移動、実行

メイン画面内でユーザの周りにあるファイルアイコンを手で掴み選択。その状態のまま手を移動させることでファイルの移動を行う。ファイルを顔(目・耳)に近づけるとそれに対応するインタラクション・アプリケーションを実行する。



図 12 ファイルの選択・移動・実行

・ファイルの保存取り出し

腹部の周辺に手を使ってファイルを移動し選択を解除することで保存を行う。腹部周辺で手を開閉することで保存されているファイルの閲覧。ファイルの閲覧用ウィンドウの上でファイルを選択することでファイルの取出しが可能となっている。



図 13 ファイルの保存・取り出し

6. 評価実験

システムの検証を行うために、以下のような評価実験を行う予定である。

1. 手と顔を利用した情報操作の動作速度・精度などを検証
2. 従来のインタフェースと比べての優位性
3. 日常生活で利用した場合どのような利用が考えられるか。

7. まとめ

本研究ではユーザの身体性を拡張したインタラクションを提案し鏡をメタファとしたインタフェース上で実装した。人体の部位を拡張し情報とインタラクションするための手段とすることでより自然な操作を提供する。また、鏡に映った自己像を拡張することでユーザ負荷の少ない身体性拡張が行える。

今後の課題としては、このインタフェース上で利用できるインタラクション・利用状況をまとめ、アプリケーションの追加などを行う。今回は手の認識に緑色の手袋をして形状の抽出を行っているので、今後ユーザが何も身に着けないで一定の精度が出るように画像処理の部分に改良を行う予定である。

参考文献

- [1]HITACHI Gesture operation TV,
http://www.cepro.com/article/hitachis_gesture_tv_is_controlled_by_hand_motions/, 2011年2月10日参照
- [2]AmbientOrb,
<http://www.ambientdevices.com/cat/orb/orborder.html>, 2011年2月10日参照
- [3]木村朝子, 佐藤宏介: ToolDevice: 道具のメタファを利用した実世界指向インタフェース, 画像ラボ 14(8), 11-14p, 2003
- [4] 福田忠彦, 生体情報システム論, 産業図書, 242p, 1995
- [5]細谷英一, 佐藤秀則, 北端美紀, 原田育生, 小野澤晃, 野島久雄: 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, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2003 年_基礎・境界, 286p, 2003

[6]佐藤洋一, 小池英樹: 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 2000-CVIM-50, 73-77p, 2000

[7]OpenCV.jp, <http://opencv.jp/>, 2011年3月2日参照

[8]「ミラーインタフェース」とは何ですか?, <http://www.ntt.co.jp/journal/0506/files/jn200506054.pdf>, 2011年3月2日参照