

# PALMbit-Silhouette: 掌シルエットの重畳表示によるデスクトップアクセス

山本 豪志朗<sup>†</sup> 徐 会 川<sup>†,††</sup> 佐 藤 宏 介<sup>†</sup>

Mixed Reality 技術によって、仮想世界と実世界をシームレスに結ぶインタフェースが様々研究されている。その多くは仮想世界を実空間の方へ融合させることで実世界を主対象にした操作を行っている。しかしながら、既存のコンピュータデスクトップ内の2次元仮想空間に実世界の方からあたかも実物体かのようにアクセスする手法に関する研究は乏しい。本研究では、手のひらのシルエットをデスクトップスクリーンに重畳表示にさせ、ユーザー自身の影がなす直観さに基づき、アイコンを容易にアクセス可能とするシステム PALMbit-Silhouette を提案実装する。そして手のひらに映像提示できるウェアラブル投影システムと連携させ、デスクトップ内に存在するアイコンを、マウスやキーボードを必要とせず、手のひらだけで扱える実世界指向の統合インターフェースシステムを紹介する。

## PALMbit-Silhouette: Desktop Accessing by Superimposed Silhouette of the Palm

GOSHIRO YAMAMOTO,<sup>†</sup> HUICHUAN XU<sup>†,††</sup> and KOSUKE SATO<sup>†</sup>

Most of Mixed Reality based interfaces allow real objects to be augmented with virtual objects. Few studies argue that the opposite interface which allows icons on computer desktop to be augmented from real objects. This paper focuses on the metaphor of shadow cast by user's palm and its extension to desktop, and introduces a new intuitive accessing method by hand gestures with image recognition. A system, "PALMbit-Silhouette", provides distant user interface, which is able to transfer a file data between isolated PC desktops with natural gestures of object handling, 'Grasp-and-Release'. By involving a wearable projection system, it discusses a seamless interaction in multi-PC environments as a real world oriented interface.

### 1. はじめに

Mixed Reality 技術によって、仮想世界と実世界をシームレスに結ぶインタフェースが多く研究されている。それらを統合した環境の一つとして、従来型インタフェースであるキーボードやマウスなどのデバイスを介するのではなく、ユーザー自身の身体を使って仮想オブジェクトに直接的にアクセスするものがある。日常生活によって獲得している身体動作を利用しているため、実物体と仮想物体それぞれに対する扱い方を意識することなく直観的に操作することができる。しかし、体肢が届く範囲内という空間的制約があり、体から離れた対象とのインタラクションには向いていない。そこで、身体を直接使ってアクセスするのではなく、

光によって現れる影の直観性を利用したインタラクションの研究が行われている<sup>1)~3)</sup>。影は日常生活において自然に存在しており、ユーザに対して影自身が体の動きに対応するビジュアルフィードバックとなるため操作する際の理解が非常に容易となる。さらに影は、実世界と仮想世界を繋ぐ要素と成り得ること<sup>4)</sup>や身体に依存する空間的制約が低いことから遠隔インタフェースとして期待されている。

このようなインタフェースは Spatial Augmented Reality (以降 SAR)<sup>5)</sup> 環境への適用が効果的であると考えられる。現在ディスプレイはモニタからプロジェクタによって実物体表面上へと拡張されている。ディスプレイにはユーザからの入力を受け付けるインタラクティブ性を有するものいくつか存在する。室内空間において、カメラプロジェクタシステムを利用するインタラクティブな環境の一つとして SAR が提唱されている。SAR 環境においては、広い空間を有するため従来インタフェースや直接操作可能なインタフェースだけでなく、空間内でフレキシブルに利用できる直

<sup>†</sup> 大阪大学大学院基礎工学研究科

Graduate School of Engineering Science, Osaka University

<sup>††</sup> 在学時、現在東芝株式会社

Graduated, presently work at Toshiba Corporation

観的インタフェースを備えた、ユーザに対して豊かなインタラクションを提供するシステムが望まれる。

本稿では、人工的に創られた影でも実際の影と同様の実在性があるということを確認し、影を拡張したシルエットベースのインタラクション手法をもつシステム PALMbit-Silhouette (以降 PALMbit-S) を提案する。尚、光の進行を遮った結果生じる自然現象の像を影、対象物体の形状から影を模して人工的に創られた像をシルエットとする。サイバースペース中の情報が格納されたコンテナであるアイコンを対象とする。従来コンピュータは主に座った状態で利用されており、キーボードやマウスを用いて細かい作業を行う。一方席から離れた状態では、表示されたディスプレイ画面を眺めることしかできない。しかしながら、動きながらでもデータ整理や情報の閲覧、送受信などを行えば、コンピュータディスプレイを有用に扱うことが可能となる。そこでコンピュータデスクトップ上に配置されたアイコンを実物体のように身体的アクセスによって扱えることを目的とする。また、本システムではシルエットベースのインタラクションに加え、ウェアラブルなシステムを導入させることでコンピュータデスクトップと実空間とのシームレスな接続を行い、身体と影を利用する新たな融合インタフェースを可能とする。

次章では、身体の一部である手によるオブジェクトへのアクセスインタフェースの研究とアイコンを扱う実世界指向インタフェースに関連する研究について述べ、本想定環境での操作対象について示す。そして、本研究で目的とするシステム像について言及していく。3章では PALMbit-S の有効性を示すために、影を模するシルエットの特徴について述べる。以降、本稿で提案するシステムについて説明し、その応用を述べた後にまとめる。

## 2. 研究の位置付け

情報を提示するディスプレイ面はプロジェクタの登場により、モニタから解放されて実世界へと拡張された。ディスプレイ面と直接インタラクション行うためには、従来はモニタにタッチセンサを組み込むこと<sup>6),7)</sup>や赤外線センサを利用すること<sup>8)</sup>で実現している。一方、プロジェクタによって実世界をディスプレイ面とするときのインタラクション研究も盛んに行われている。そのプロジェクタを用いた代表的なインタラクティブシステムが DigitalDesk<sup>9)</sup> である。DigitalDesk は実世界と仮想世界を融合したシステムである。

DigitalDesk のようにプロジェクタとカメラから成るシステム (PROCAMS: Projector-Camera Systems)

によって、実物体表面をディスプレイ面にして、どこでもインタラクションが可能なユビキタスインタラクティブディスプレイがいくつか報告されている<sup>10),11)</sup>。SAR 環境ではこのようなシステムを統合して、室内全体をインタラクティブディスプレイへと拡張している。SAR 環境でのインタフェースは、実空間で人間が行うインタラクションや観察される自然現象を応用・拡張したものが望まれている<sup>12),13)</sup>。本稿で取り扱うインタラクションは影という自然現象を応用したものであり、ユーザの習熟を基本的に必要としない。

ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI: Human-Computer Interaction) は直接操作対象に触れるインタラクション (Direct-HCI) と対象物体と距離を隔てたインタラクション (Distant-HCI) に分けられる。Direct-HCI は対象物体に触れられる点で、直観的かつ直接的にインタラクションが行える。Distant-HCI に対しても、直観的操作が可能なインタフェースを設計する研究がいくつか進められている。Vogelらは手に再帰性反射マーカを付けることで大画面に対してポインティングやクリックなどの操作を Distant-HCI として実現している<sup>14)</sup>。マーカによって手の形状を的確に解析でき、多くのジェスチャに対応している。ジェスチャに応じてディスプレイ上のマウスカーソルが動いてリアクションを返す。しかし、マウスカーソルの表示はユーザへ強いビジュアルフィードバックを示せず、従来型インタフェースと同様にマウスを操作しているに過ぎない。本提案システムでは手のシルエットを表示することで直観的理解を促している。

従来、SAR 環境では図 1 で示すように、HCI の対象となるのはシースルーディスプレイなどにより 3次元空間上に表現された 3D 仮想オブジェクトや実物体表面上へと投影表示された仮想オブジェクト、情報とリンクされた実オブジェクト等が想定されていた。つまり、SAR 環境では従来利用されてきたコンピュータデスクトップは考慮されていない。本稿での想定環境を従来コンピュータを取り込んだ新たな環境とし、SAR 環境で想定されるオブジェクトと同様に扱うことを目指す。そしてコンピュータデスクトップ上に配置されたアイコンに対して働きかけるインタフェースシステムを提案実装する。コンピュータデスクトップに配置されたアイコンに対して、実世界指向の研究では Pick-and-Drop<sup>15)</sup> が示すように、異なるコンピュータ間で情報の移動をするためのインタフェースがある。また、仮想世界での表現方法として、2次元ディスプレイ内で 3次元的に表示する Keepin' It Real<sup>16)</sup> がある。これはデスクトップ画面を実世界の机上のように

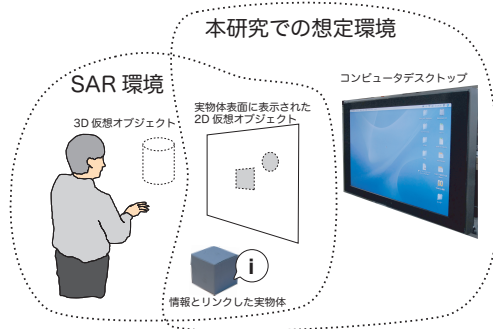


図 1 想定環境.

Fig. 1 Assumed environment.

表現し、そこに表示されたアイコンを実物体のようにマウスで扱うことができる。このように情報またはアイコンを日常実物体に対して行う操作感覚をもって扱うことはしばしば望まれていることだと捉えられる。

2次元ディスプレイへのアイコン操作インタフェースとして、Malikらはタッチパッドとカメラを用いて、ユーザの手の位置とそのアクションを取得するシステムを提案している<sup>17)</sup>。アイコンへアクセスするときには、左手人差し指でタッチパッド上をなぞってディスプレイ上の任意の位置へ移動し、アイコンへの働きかけを右手のジェスチャで実現している。日常動作では対象物体を操作するとき、同じ腕で振る舞うのが自然である。そのため上記のシステムは直観的でないといえる。本研究ではユーザ自身の影がなす直観性を確認し、物理的に直接アクセスできない2次元空間ディスプレイ内へのアクセスとして、影の持つ特徴を効果的にHCIへと応用していく。

本稿ではDistant-HCIに影という自然現象と類似した性質をもつシルエットを利用してユーザとコンピュータがインタラクションを行うシステムを提案していく。2次元ディスプレイ内の情報に対しては物理的に直接アクセスすることは不可能であるが、シルエットを通してアクセスすることを可能とし、複数ディスプレイ上でシームレスにアイコンメタファを実現する。さらに、手のひら上にアイコンを投影表示することが可能なウェアラブルシステムPALMbit-Glove<sup>18)</sup>(以降PALMbit-G)(図2)と連携することで、図3に示すような実世界指向の統合システムの構築を目指す。

### 3. 影を模したシルエットの利用

直接触れることで操作する形式のインタフェースはユーザの利用位置を操作対象付近に限定してしまう。SAR環境のように室内空間全体がプロジェクタによってワーキングスペースになる際には、距離を隔てた操

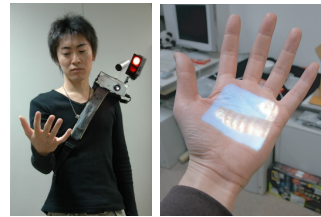


図 2 (左) PALMbit-Glove のシステム概観、(右) 手のひらへの映像投影の様子

Fig. 2 (Left) PALMbit-Glove overview and (right) projected image onto the palm.

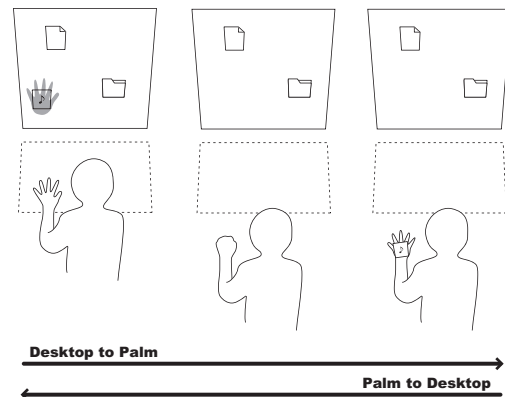


図 3 コンピュータデスクトップにシルエットを重畳表示するシステム (PALMbit-S) と 手のひらへ映像を投影表示するシステム (PALMbit-G) の統合、(左) PALMbit-S でデスクトップ上のアイコンを掴むまたは離す、(中央) アイコンを握った状態、(右) PALMbit-G で手のひら上へのアイコン投影表示。(点線枠は PALMbit-S の有効範囲を示す。)

Fig. 3 System which superimpose silhouette on Computer Desktop (PALMbit-S) and system which project images onto the palm (PALMbit-G) overview, (left) grasping or releasing an icon on a Desktop by PALMbit-S, (center) statement of grasping the icon, (right) projected the icon image onto the palm by PALMbit-G. (Dotted frame area is PALMbit-S scope.)

作も考えられるため、新たなインタラクション手法が必要である。本論文では影のもつ直観性かつ遠隔性という利点を活かし、手のシルエットを利用するシステム、PALMbit-Silhouetteを提案する。シルエットをインタフェースに利用することで得られる主要な利点として三つ挙げる。

- (1) マウスやトラックボールのようなデバイスの介入を必要としない。
- (2) 影自身が自然なビジュアルフィードバックと成るため、複数の影が同時に存在しても自身の影は容易に特定できる。
- (3) 空間的距離が存在するなかで生じる現象であり、Distant-HCI に適切である。

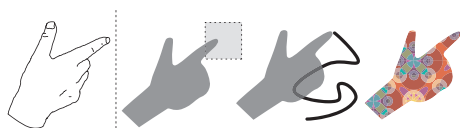


図 4 シルエットに基づくインタフェース。(左) 実際の手の構え, (右) 仮想オブジェクトへの選択操作, 描画, テクスチャの変更.

Fig. 4 Interface based a silhouette. (Left) gesture, (right) access to virtual objects, drawing, changing texture.

次に PALMbit-S の基本を成す, 直観的にかつ距離を隔てた操作が可能であるシルエットベースのインタフェースについて述べる.

### 3.1 シルエットの多様な表現

まず影の特徴からシルエットは距離を隔てた地点のディスプレイ面へと働きかけるポインティングインタフェースとして利用可能である. 図 4 に示すように, 図左のように手を構えることで, その手を射影したシルエットによって, 手の届かない場所にある仮想オブジェクトへポインティングやクリックなどの選択操作を行ったり, 投影面にドローイングすることができる.

また, 実際の影と比較して人工的に創られる影はグラフィカルに合成され, 図 4 右のようにビジュアル表現の幅が広い. よって以下のような利点を持っている.

- 明暗だけではなく別色やテクスチャなどの変化が可能.
- 光学配置を反映しないスケール変化が可能.
- 透過重畳によりデスクトップのグラフィカル表示の視認を阻害しない.
- レイヤ構造で複数の影間の前後関係の表現が可能.

影の外観は時と場合によって変更するのが望ましいと考えられる. 例えば, プレゼンテーション時には観衆は影よりもスライドの内容に興味を向けるし, アート表現では影自身の表現の変化が好奇心を刺激する可能性を持つ. つまり, 人工的な影は実際の影に比べて様々の要求に対して, その外観を適切に変更することが可能である. また重なり合いの表現が可能であるため, 複数箇所からシルエットを同一ディスプレイ面に表示して協調作業を行うこともできる. 以上の点に着目して, 本実装システムにおいても実際の影ではなく人工的な影を利用している.

ただし, 人工的に創られる影は遅延が十分小さいことが求められ, 高性能の画像処理機器等が必要になる.

### 3.2 ポインティングやドローイングへの適用例

著者らは影のジェスチャ認識を利用することで, システム (Virtual Shadow) に従来のコンピュータに用いられている基本的なマウス操作である 'Click-and-Drag' を実装した<sup>19)</sup>. このシステムはコンピュータ,

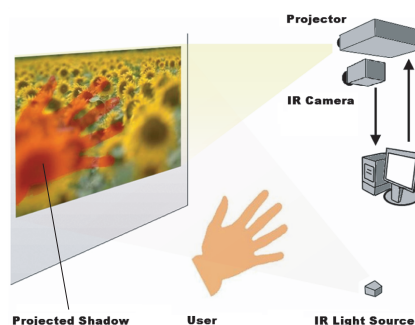


図 5 影に基づくインタフェース.

Fig. 5 System overview of Virtual Shadow.

赤外光源, 赤外カメラとプロジェクタから成り, ユーザは投影ディスプレイ面と光源との間に存在する空間内で手をかざして利用する (図 5). かざした手によって投影オクルージョンが生じるのを避けるために赤外カメラとプロジェクタは天井付近へ設置し, 赤外光源はユーザの手をディスプレイ面に向かって後方から照らす位置へ設ける. この赤外光源によって, ユーザの手の影は投影対象面へ目に見えない形で写し出される. その射影像を赤外カメラで撮影し, 画像処理を施すことでプロジェクタから人工的な影を投影ディスプレイ面上に重畳表示する.

影では奥行き情報や触感の情報がないため, 視覚的な効果で表現する必要がある. 奥行き情報はシルエットの表現の特徴である, 透明度を変化させることで, 仮想オブジェクトと影との前後関係を表現することができる. また, 人差し指をマウス位置に対応させ, 親指を立てるジェスチャをクリックの代用とすることで, 対象物体のドラッグが可能となる. 図 6 左のように, 仮想オブジェクトに対して, 親指を立てることで 'Click' し, その状態で腕を動かすことで 'Drag' を実現している.

この先行システムへのもう一つの実装例として, 図 6 右に示すようなプレゼンテーションを支援する 'Presentation Assistant' を挙げる. 表示される影は人差し指を立てることでクリックとして入力されるが, 表示される影自身が大きなポインタとしても観衆に理解される. つまり, 演者のジェスチャをスクリーンに映し出すことができる. これは透過重畳によって, できるだけスライドの表現が妨げられないようにしている. これらの実装例から, ユーザはポインティングのみでなく, 日常生活で行っている動作をジェスチャとして有効に利用できることがわかった.

上記の実装例で, シルエットを Distant-HCI に利用することは有効である知見を得ている. しかし, 2

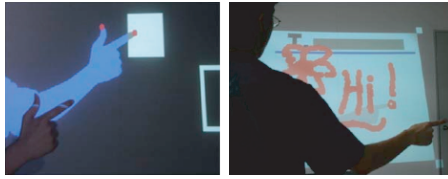


図 6 Virtual Shadow を利用したアプリケーション, (左) クリックとドラッグ, (右) インタラクティブプレゼンテーション.  
Fig. 6 Applications of Virtual Shadow, (left) clicking and dragging, (right) interactive presentation.

例ともに共通する問題点として、光源と遮蔽物、スクリーンにおける物理的な光学現象を模倣しているため、空間的制約が挙げられる。例えば胴体が覆いかぶさった場合、手のジェスチャは表現されなくなる。

#### 4. PALMbit-Silhouette

シルエットの特徴を組み込んだコンピュータデスクトップへのアクセスするシステムである PALMbit-Silhouette について述べる。本稿では図 1 で述べたように、環境中にコンピュータデスクトップの存在を想定している。PALMbit-S はそのコンピュータデスクトップに対して Distant-HCI を行うためのシルエットベースのインタフェースシステムである。ディスプレイにはシルエットが重畳表示されるため、デスクトップ上のグラフィカル情報を隠蔽すること無く、シルエット越しにアイコンを見ることができる。この透過性によりユーザは自身の手のシルエットが重畳しているアイコンに対して、自然と「掴む」行為をとることが観察される。そこで、シルエットを介して「掴む」などのジェスチャを PALMbit-S へと適用する。

また PALMbit-S では、自然現象を模倣した光源と遮蔽物、スクリーンという物理的な配置制約が無いため、身体が覆いかぶさってシルエットが映り込まないという問題は生じない。そして本提案システムではカメラを用いて手自体からそのシルエットを取得できればよく、機器の配置制約は緩い。

以下、システム構成について述べ、実装したデスクトップアクセスインタフェースについて言及する。

##### 4.1 PALMbit-Silhouette のシステム構成

PALMbit-S は影を創り出すための光源を必要としないため、ディスプレイをもつコンピュータとカメラ一台という単純な構成から成る。図 7 のように、カメラを上方に設置して鉛直下向きを撮影し、その撮影範囲内に手を差し入れることによってインタラクションを行う。プログラムは Mac OS X, Windows XP それぞれの OS 環境に対して設計し、安価な USB カメラ (Princeton PWC-30IS) を用いて実装した。図 8

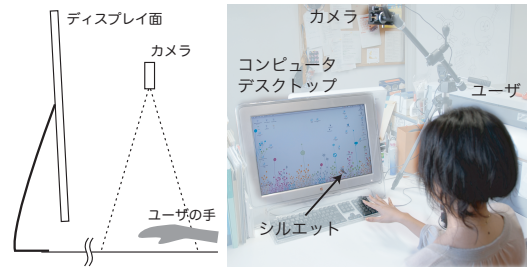


図 7 PALMbit-Silhouette のシステム概観.  
Fig. 7 System overview of PALMbit-Silhouette.

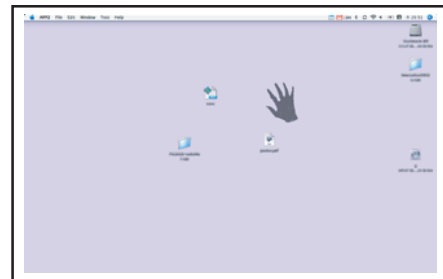


図 8 PALMbit-Silhouette で Mac OS X デスクトップを操作している様子.  
Fig. 8 Operation to access on Desktop of Mac OS X by PALMbit-Silhouette.

に Mac OS X デスクトップを PALMbit-S で操作している様子を示す。PALMbit-S の動作はモニターやプロジェクタに依存しておらず、また広く普及している OS 上で実装しているため幅広く適用できる。

ユーザの意図を汲むためには、手の位置と手形状の状態変化を知る必要がある。まずはカメラで取得するカラー画像から肌色抽出を行って手領域を検出する。その手領域の重心位置を求め、カメラスクリーン座標からディスプレイスクリーン座標へ線形変換することで、ディスプレイ上での手重畳表示位置を決定する。手の状態解析はカメラで手領域を撮影して手の輪郭形状を検出することで行う。本実装では、手領域輪郭形状から指先検出を行い、その指の数によって手の状態を判定する。その状態を連続的に保持することで、その変化からユーザの意図する行動を予測する。

##### 4.2 Grasp-and-Release オペレーション

ここでは、PALMbit-S が提供する PALMbit-S User Interface (以降 PALMbit-SUI) について述べる。

ユーザの手の動作に応じて、適切なリアクションをコンピュータからフィードバックする必要がある。コンピュータへのジェスチャ入力には様々な研究が行われており、ユーザの自然動作の中から特有のジェスチャを分析することで、日常行っている動作をインタフェースに应用することが可能となっている。本稿では、ア

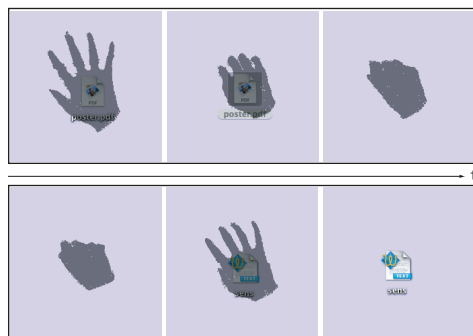


図 9 手のひらシルエットの操作によるアイコンへのアクセス：  
(上段) アイコンを「掴む」、(下段) アイコンを「離す」。

Fig. 9 Accessing to an icon by silhouette of the palm. (top) grasping operation, (bottom) releasing operation.

アイコン移動のタスクを達成するために、マウスで基本実装されている‘Drag-and-Drop’に対応した‘Grasp-and-Release’を行うジェスチャを導入した。実物体を動かすときはまずその対象を「掴み」、その状態で腕を動かして任意の位置で「離す」という一連の動作で行われている。手を「握る」、「開く」のジェスチャをそれぞれ「掴む」、「離す」の機能に対応させ、‘Grasp-and-Release’を行えるインタフェースを実現する。

本実装においては、指先検出数 0 本するとき「握る」、5 本するとき「開く」というジェスチャとして認識するよう設計した。アクション認識トリガは、「掴む」の場合は手を「開く」状態の一定時間経過後に手を「握る」状態への遷移、「離す」の場合はその逆の「握る」から「開く」への遷移とそれぞれ設定している。

#### 4.2.1 コンピュータデスクトップ上のアイコンへのアクセス

本実装システムはシルエットからの入力に基づき OS コールを実行する。そのため、通常利用しているコンピュータのデスクトップ画面に表示されたアイコンに対して‘Grasp-and-Release’を行うことが可能である。「掴む」ことでデスクトップ上のアイコンは一度消え、「離す」ことで再びデスクトップ上に配置される。図 9 に‘Grasp-and-Release’のジェスチャによってアイコンにアクセスする様子を示す。

#### 4.2.2 シルエットベースインタフェースを有するコンピュータ間でのアイコン移動

PALMbit-SUI で実装されたインタフェースを利用して行う動作は、実空間において机上にある物体を動かすことに等しい。本節では、複数台のコンピュータ間で PALMbit-S を利用することで、ある机上の物体を隣の机上に置くという実空間作業と同様の自然な動作によるファイル転送を行う。本システムは Mac OS

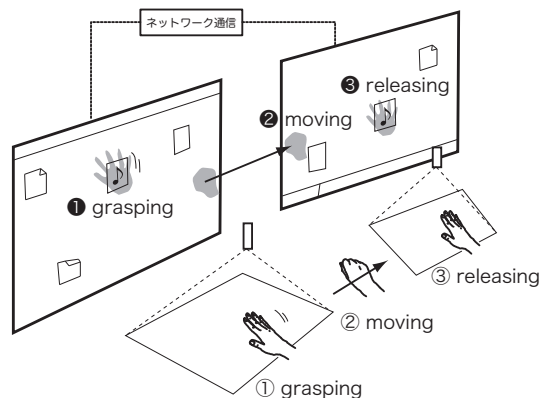


図 10 PALMbit-SUI を搭載したコンピュータ間でのアイコン移動。

Fig.10 Icon data transfer between computers by PALMbit-SUI .

X, Windows XP に対しており、異種コンピュータ間でもシームレスにアイコンベースの操作ができる。

図 10 にアイコン操作の一連の流れを示す。まず一方のデスクトップ上に表示されているアイコンに対して手を伸ばし、ジェスチャによってそのアイコンを「掴む」。次にその握った状態のまま、もう一方のデスクトップにシルエットが表示されるよう腕を動かし、任意の位置でアイコンを「離す」ことでアイコンの移動を達成する。従来のシステムではファイル転送には、通常ユーザは意識してネットワークやストレージを介さなければならないが、PALMbit-SUI を利用した場合と比べて OS の通信機能の知識が必要となる。

## 5. 考 察

前章では、デスクトップ上に手のシルエットを重畳的に映し出すことでその特徴を活かし、手を「握る」「開く」という動作によるアイコン操作インタフェースについて述べた。このシルエットベースのインタフェースにより、アイコンの移動を単一コンピュータ内での実現し、実物体を操作する要領でアイコンを扱えるようになった。さらにこのインタフェースにネットワークを介したデータ転送機能を付加することで、複数コンピュータのデスクトップ間でもシームレスなアイコン移動を実現した。以下では、実装システムにおける問題点について考察する。

### 5.1 掌シルエットとアイコンの相対比の問題

実空間において、ある操作対象の手に対する大きさに応じてユーザがとる行動は様々異なると考えられる。対象が握める大きさのものであれば指先を使い、片手で把持できない大きさのものであれば両手を使うのが自然である。このような関係はデスクトップ空間のア



図 11 アイコン把持状態の可視化。(左) アイコン把持前、(右) アイコン把持後。

Fig. 11 Visualization of icon selection. (left) overlapping on icon, (right) grasping icon.

アイコンに対しても成り立つと考えられる。本システムではシルエットの大きさはほぼ一定となるため、片手での把持を促す大きさにアイコンを設定している。既存のデスクトップ空間での利用を考慮するならば、シルエットとアイコンの相対比の関係を調査し、アイコンの大きさやスペーシングの異なるデスクトップに対しても適応動作する操作インタフェースが必要である。

## 5.2 再挿入時の整合性問題

カメラの撮影領域が限定されていることから、ユーザが手をその領域へ入れるか否かが任意に行える状況にある。システムで設計している挙動がユーザ内のメンタルモデルと一致していない場合、ユーザは意図した動作で操作できない。現段階では、ユーザが任意のタイミングで撮影領域外へ手を引いて再度領域内に手を差し入れたとしても、追加で他のアイコンを掴むことが可能となるよう許容している。そのときに、アイコンを掴んでいるかの有無を図 11 のように緑の円で可視化することで、ユーザは自身の操作状況を知ることができ、適時任意の操作が可能となる。

## 5.3 マルチユーザ対応に向けての問題

ユーザテストでも複数人での操作を自然と試みる人がいたことや複数人での協調作業においてはシルエットの表示が有効であることが示されていること<sup>20)</sup>から、マルチユーザでの使用を検討する必要がある。マルチユーザに対応するためには、個々のシルエットを特定する必要がある。手の画像から個人認証できることが望まれるが、画像情報のみで行うのは通常困難である。また、手を差し入れる方向情報とユーザのシステムに対する立ち位置情報を利用して、ユーザを特定することも可能である。この場合、立ち位置を計測するセンサが必要になってシステムが複雑になってしまう。他には、ユーザにマーカを手首付近に装着してもらって個人を特定する方法が考えられる。この場合、ユーザに余分な拘束を与えてしまうなどの問題点がある。また、画面のみ共有しながら異なる場所での操作も可能であることから、個人対応のカメラを複数用いて、それらを画面合成して重畳表示される個人のシル

エットを操作することも考えられる。

## 5.4 デスクトップ空間外でのアイコンの可視化

アイコン操作インタフェースを用いて「握り」とったアイコンは、デスクトップ空間外ではフィードバックが無い場合存在感を持たない。通常、実空間ではデスクトップ画面は物理的な距離を隔てて存在しており、アイコン移動を行う際にはその間で存在感を失ってしまう。そのため、一つの方法として実空間において取得したアイコンを手のひら上で可視化することができれば、デスクトップ空間から実世界へのアイコン移動がシームレスに行えている感覚を強く得ることができると考えられる。それを実現する技術として、図 2 左に示す小型プロジェクタを利用して手のひら上へ任意の映像を提示するウェアラブルシステム PALMbit-G を導入する。

PALMbit-S と PALMbit-G を連携させた統合システムにより、図 3 で示した実世界指向インタフェースを実現する。一連の流れは次のようになる。まず、PALMbit-S にて任意のアイコンを「掴む」。次にその握った状態で手を PALMbit-S の有効領域外へと出す。そして、目の前で上げた手のひらに PALMbit-G によってアイコンが投影表示される。その逆も同様に、手のひらに投影表示されているアイコンを PALMbit-S に対して「離す」ことができる。

この連携システムによって、2次元ディスプレイ内だけでなく実空間においても、ユーザに対してアイコンの存在感を強く与えることができると考えている。

## 6. まとめ

本稿ではまず Distant-HCI において直観的インタラクションできるシルエットの特徴について示し、それをインタフェースとして有するシステム PALMbit-Silhouette を提案実装した。Mac OS X, Windows XP いずれのデスクトップアイコンをも操作できるシステムを安価な USB カメラを用いて実現した。コンピュータとカメラ一台という簡易な構成システムにより、コンピュータデスクトップに重畳表示された手のシルエットをビジュアルフィードバックとする直観的インタフェースを実現した。手を「握る」、「開く」という動作をアイコンを「掴む」、「離す」の機能に結びつけることで、実物体に対して操作するようにアイコンを扱うことが可能となった。また、PALMbit-SUI 搭載のコンピュータ間にて、アイコンのシームレスな移動を実現した。さらに、ウェアラブルシステム PALMbit-G と連携することで、ディスプレイ空間内のみでなく、手のひらという実空間においてもアイコ

ンメタファを扱うことのできる統合インタフェースを提案した。

今後は、近年の発展と普及の高さからモバイル機器に着目し、デスクトップとの連携を検討する。また、デスクトップ空間外でのアイコンの存在感をビジュアルフィードバックだけでなく、ハプティックフィードバックなどを行うシステムの実現を目指す。

### 参 考 文 献

- 1) Shoemaker, G., Tang, A. and Booth, K.S.: Shadow reaching: a new perspective on interaction for large displays, *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, ACM Press, pp.53–56 (2007).
- 2) Apperley, M., McLeod, L., and Lance Paine, M.M., Phillips, M., Rogers, B. and Thomason, K.: Use of Video Shadow for Small Group Interaction Awareness on a Large Interactive Display Surface, *Proceedings of the Australasian User Interface Conference on User Interfaces 2003*, pp.81–90 (2003).
- 3) Naemura, T., Nitta, T. and Hiroshi Harashima, A.M.: Virtual Shadows in Mixed Reality Environment Using Flashlight-like Devices, *Transaction Virtual Reality Society of Japan*, Vol.7, No.2, pp.227–237 (2002).
- 4) Ishii, H. and Umler, B.: Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp.234–241 (1997).
- 5) Bimber, O. and Rasker, R.: *Spatial Augmented Reality*, A K Peters Ltd (2004).
- 6) Shen, C., Vernier, F. D., Forlines, C. and Ringel, M.: DiamondSpin: An Extensible Toolkit for Around-the-Table Interaction, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM Press, pp.167–174 (2004).
- 7) Rekimoto, J.: SmartSkin: An Infrastructure for Freehand Manipulation on Interactive Surfaces, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM Press, pp.113–120 (2002).
- 8) Cotting, D. and Gross, M.: Interactive Visual Workspaces with Dynamic Foveal Areas and Adaptive Composite Interfaces, *Proceedings of Eurographics 2007*, pp.685–694 (2007).
- 9) Willner, P.: Interacting with Paper on the DigitalDesk, *Communication ACM*, Vol.36, No.7, pp.87–96 (1993).
- 10) Wilson, A.: PlayAnywhere: A Compact Tabletop Computer Vision System, *Symposium on User Interface Software and Technology (UIST)* (2005).
- 11) Koike, H., Sato, Y., and Hiroaki Tobita, Y.K. and Kobayashi, M.: Interactive Textbook and Interactive Venn Diagram: Natural and Intuitive Interfaces on Augmented Desk System, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM Press (2000).
- 12) Ryokai, K., Marti, S. and Ishii, H.: I/O Brush: Drawing with Everyday Objects as Ink, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM Press (2004).
- 13) 岩井大輔, 佐藤宏介: ThermoPainter: 熱画像を用いたタブレット型入力装置とそのインタラクティブ描画システム, *情報処理学会論文誌*, Vol.46, No.7, pp.1582–1593 (2005).
- 14) Vogel, D. and Balakrishnan, R.: Distant Freehand Pointing and Clicking on Very Large, High Resolution Displays, *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, ACM Press, pp.33–42 (2005).
- 15) Rekimoto, J.: Pick-and-Drop: A Direct Manipulation Technique for Multiple Computer Environments, *Proceedings of the ACM symposium on User Interface Software and Technology*, ACM Press, pp.31–39 (1997).
- 16) Agarawala, A. and Balakrishnan, R.: Keepin' It Reel: Pushing the Desktop Metaphor with Physics, Piles and the Pen, *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM Press, pp. 1283–1292 (2006).
- 17) Malik, S., Ranjan, A. and Balakrishnan, R.: Interacting with Large Displays from a Distance with Vision-Tracked Multi-Finger Gestural Input, *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, ACM Press, pp.43–52 (2005).
- 18) 山本豪志朗, 佐藤宏介: PALMbit: 掌への光投影を利用した身体インタフェース, *映像情報メディア学会誌*, Vol.61, No.6, pp.797–804 (2007).
- 19) Xu, H., Iwai, D., Hiura, S. and Sato, K.: User Interface by Virtual Shadow Projection, *SICE-ICASE International Joint Conference 2006, SA14-1, A0897*, SICE (2006).
- 20) Tang, A., Neustaedter, C. and Greenberg, S.: VideoArms: Embodiments for Mixed Presence Groupware, *Proceedings of the BCS-HCI British HCI 2006 Group Conference* (2006).