
触覚的インタフェースによるウィンドウシステム

The Haptic Interface Applied to Window System

塩澤 秀和 野田 純也 岡田 謙一 松下 温*

Summary. Real-world-oriented interface techniques will be popular in the near future, then new interface techniques bridging the gap between real-world-oriented interface and traditional GUI will be required. So, in this paper we propose a new haptic window system (called Wasabi), which can be integrated into desk-type real-world-oriented interface systems. This system projects a display image of GUI onto a real desktop, and it enables users to grab and to move windows just like papers, by projecting windows according to positions of transparent sheets on the desktop. Motions of transparencies are recognized by the system through a camera. Also, this system can control window sizes by considering users' attention for tasks.

1 はじめに

現在提案されている実世界指向インタフェースは、ハードウェアからソフトウェアに至るまで、システムを1から作り上げているものが多い。そのため、従来の一般的なコンピュータの利用環境からの連続性が乏しく、現在のGUIからのスムーズな移行の障害となると予想される。さらに、従来の環境で蓄積されてきた情報やアプリケーションソフトウェアを再利用する方法もよく考慮されているとはいえない。

我々は、GUIが発展してもコマンドラインによるインタフェースがなくならなかったように、実世界指向インタフェースが実現されてもGUIが消えることはないと考え。むしろ、GUIの中にコマンドラインを提供するウィンドウを表示して作業するように、従来型のGUIと実世界指向インタフェースとを結ぶようなユーザインタフェースが必要になるだろう。

このような将来予測のもとに、我々は、机型のスクリーン上に実装した触覚的ウィンドウシステム（仮称「ワサビ」）を提案する。これは、GUIにおけるウィンドウを、触って、持って、動かせるようにするシステムである。我々の目標は、ウィンドウシステムという既存の典型的なGUI環境をベースに、実世界指向インタフェースに特徴的ないろいろな機能を実装することである。それによって、現在ある情報をなるべく変更せずに、ユーザに次世代の操作環境を提供することができるようになる。

* Hidekazu Shiozawa, Jun-ya Noda, 慶應義塾大学大学院 理工学研究科 計測工学専攻, Ken-ichi Okada, Yutaka Matsushita, 慶應義塾大学 理工学部 情報工学科

2 机型実世界指向インタフェースと GUI の融合

我々は、GUI を実世界指向インタフェースに融合させるために、以下に紹介するような机型インタフェースの概念を応用する。従来から机型スクリーンを用いた実世界指向インタフェースはいろいろと提案されているものの、ウィンドウシステムのような汎用のユーザインタフェースプラットフォームにそれを利用したものはなかった。ウィンドウシステムはデスクトップメタファに基づいているので、これを机型実世界指向インタフェース上に実現し、発展させるのは自然な考え方であろう。

まず、机型インタフェースのさきがけとなったシステムとして、DigitalDesk[4]がある。DigitalDesk は、紙と電子情報のインタラクションを可能にし、ユーザの置いた紙に関する情報が机上に投影されたり、ユーザが紙面に書いた字をコンピュータに読み込ませることができる。ただ、机上に置いた紙への物理的な操作はあまりできない。同種のものに EnhancedDesk[2]がある。それに対して、metaDesk[1]では、情報を物理的に扱うことができる。phicon (physical icon) を手で持って机の上に置くと、それに反応して机上の表示が変化し、さらにそれを動かすことによって、仮想空間とインタラクションすることができる。また、ユーザに触覚的な実感を与えるためにバインダを用いる InfoBinder[3] というシステムもある。

3 触覚的ウィンドウシステムの提案

3.1 つかんで動かせるウィンドウ

我々は、机型実世界指向インタフェースにおいて、GUI のウィンドウを直観的に扱えるようにするためには、それを「紙」と同じようなもので実現すべきであると考ええる。つまり、紙の資料や書類を実世界で扱うのと同じようにウィンドウをつかんで動かせるようにする。こうすることによって、机型インタフェースの中に、従来の GUI を無理なく融けこませることができるようになる。

またそれと同時に、その「紙」を動かすことによって metaDesk のファイコンのように、仮想世界のウィンドウを移動させられるべきである。これによって、従来の GUI よりも直接的な操作ができるようになり、より多くの人々にとって使いやすい「進化した GUI」、つまり実世界指向インタフェースによって強化された GUI を実現することができる。

3.2 透明シートによるウィンドウ

実世界指向インタフェースといえども、GUI のウィンドウのようなものを、1枚1枚実際に実物化することは不可能なことである。よって、我々はなるべく表示だけによってそれを表そうと考えた。しかし、情報に対する物理的、触覚的なアクセスができなくなってしまっただけでは、単なる従来の GUI ウィンドウシステムと変わらない。

我々の提案するインタフェース（仮称「ワサビ」）では、紙の代わりに A4 サイズの OHP のシートを用いる。具体的には、机型のスクリーンにコンピュータ画面をプロジェクタで下から投影する。机上には、物理オブジェクトとして OHP シートが何枚も置いてあり、それぞれが1つ1つのウィンドウに対応する。これらは、全て同じ規格の OHP シートであるが中身の表示は異なるので、ユーザは別のオブジェクトとして認識することができる（図1）。

ユーザが新しいアプリケーションや文書を机上に置きたいときには、「空の」OHP



図 1. ワサビ：システムの全景

シートにマーク（バーコードのようなもの）を貼ることで、その OHP シートを新しいアプリケーションのウィンドウにすることができる。

紙のような不透明なものを情報の投影先として利用し、上からの投影方法を用いた場合、紙を重ねた場合にバーコードが隠れてしまうという問題がある。本システムでは、透明なシートを用いているので、オーバーラッピング・マルチウィンドウシステムでも、全てのウィンドウの内容を表示させることができる。

3.3 直接的なウィンドウ操作

本システムを利用するときには、ユーザは机上に並んでいる OHP シートの中から、所望のアプリケーションやドキュメントの表示されているものを選んで、自分の前に持ってくる。シート 1 枚がウィンドウ 1 つに対応しており、机上でそれを動かすと、コンピュータ画面のウィンドウが追従して投影される。つまり、紙の資料や書類を実世界で扱うのとほとんど同じようにウィンドウをつかんで動かすことができる。

本システムでは、透明なシートを用いたことによって、ウィンドウの移動時の自然な操作感を得ることができた。実際の紙などを用いて、上からコンピュータ画面を投影した場合、紙を動かすと表示が紙面と机上にずれてしまう。しかし、本システムでは、OHP シートを持ち上げても、表示は常に机上有るので違和感が少ない。

3.4 タスクの状態によるウィンドウ制御

本システムでは、物理オブジェクトを置く位置に応じて情報の視覚的大きさを変え、机上での作業がスムーズにいくような仕組みを実装した。大きさの制御は、そのと

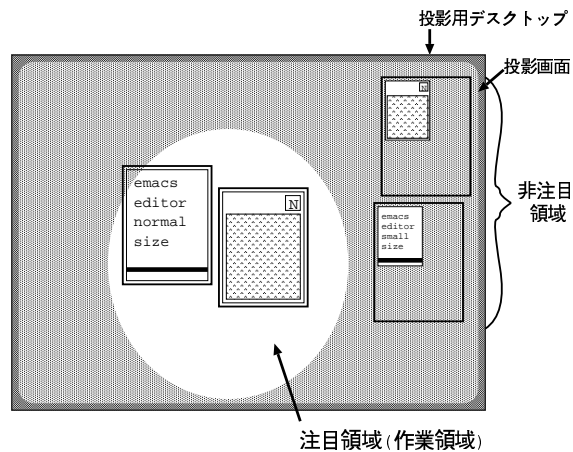


図 2. タスクの状態によるサイズ制御

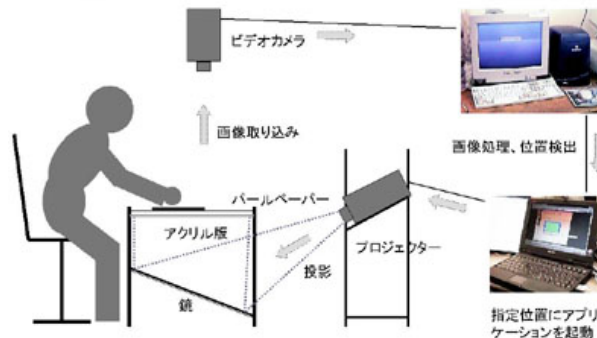


図 3. システムの実装

きのタスク（アプリケーション）がユーザにとってどういう状態であるかを反映するように（たとえば、現在作業に集中している、ちょっと参照される程度、一時的に全く手をつけられていないなど）、遠くに置いたものほど小さく表示される（図2）。

人間は、紙の書類を実際の机で扱うとき、作業を行なっている対象は手元に置き、一時的に必要ななくなったものはしまったり隅に避けておくという操作をするものである。よって、一時的に使わないファイルやアプリケーションを隅にやる操作は、実際に机の上で作業する場合にも行われる非常に自然で直観的な操作であると考えられる。本システムでは、ユーザのこのような操作に対応して、自動的にスクリーン上のウィンドウの表示サイズが変更される。

このような機能は、ウィンドウを実際につかんで動かすことのできるインタフェースであって初めて有効に活用できるものである。同じような画面表示のインタフェースを従来のGUI上に実装しても、ドラッグアンドドロップによる操作が繁雑で、使い勝手のいいものとはならない。つまり、このタスクの状態によるウィンドウサイズ制御は、実世界指向インタフェースにGUIを融合させたことによって実装可能になった、効果的なユーザインタフェースの一例といえる。

4 システムの実装

実装したプロトタイプシステムのハードウェア構成は、机の上に置いたOHPシートをモニタするカメラ、その画像を処理するSGI O2、コンピュータの画面を現実の机の上に投影するプロジェクタ、投影する画面を表示するためのPCからなる。ソフトウェアは、カメラからの画像の取り込みとバーコードの抽出処理はSGI O2で行い、その処理結果によってウィンドウの位置やアプリケーションを操作する処理は、液晶プロジェクタの仕様の関係からPC (Linux)で行う(図3)。机上のスクリーンにはPC上に立ち上がったX Window Systemのデスクトップ画面が投影される。

5 考察

5.1 実世界指向インタフェースによるGUIの進化

実世界指向インタフェースはGUIのほとんどの概念を包含しているので、それが普及した場合には、GUIは使われなくなるという意見もあるかも知れない。しかし、どのようなユーザインタフェースにも長所短所があり、現在でもコマンドラインによるインタフェースが広く使われているのも事実である。

我々は、実世界指向インタフェースとGUIを融合したユーザインタフェースを、単なる過渡期の技術と考えてはいない。コマンドラインインタフェースは、生のコンソールで使われていた時代から、ウィンドウシステムの中で使われるようになって、カットアンドペーストなどの新しい操作が実現された。これと同じように、実世界指向インタフェースの中では、GUIも新しい展開を見せられると思われる。

さらに、従来の実世界指向インタフェースは、個別のアプリケーションとしての色彩が強いものだったが、GUIのウィンドウシステムを利用すれば、汎用的なアプリケーションに対する実世界的な操作が可能になる。もちろん、汎用的といってもGUIの技術の中での汎用性ではあるが、従来に比べれば大きな進歩であろう。

5.2 Affordance Matching

本システムでは、OHPシートを利用していながら、実際に画像処理されているのはバーコードの部分だけである。よって、短冊状のバーコードだけを用いればすむのではないかという疑問があるかもしれない。しかし、OHPシートのかわりに短冊状のバーコードを用いた場合、ウィンドウの操作感は、コップの取手をつかんで運ぶような感じになり、紙をつかんで運ぶのとは明らかに感覚が異なるものになってしまう。

GUIのウィンドウの視覚的外観は紙のようであり、人間の直観的な移動の感覚としても、滑らせるようなアフォーダンスがある。それに対して、短冊のようなものは、消しゴムや定規のように持ち上げてから移動させるようなアフォーダンスがある。よって、短冊のようなものを用いてしまうと、表示と実体のアフォーダンスの不整合が生じてしまい、操作の直観性が減少してしまうと考えられる。

我々は、仮想世界の情報を触覚的に操作できるようにする上で、このようなアフォーダンスの整合を取ることが非常に重要であると考えます。現在のウィンドウシステムでは、ウィンドウを移動したい場合にはタイトルバーの部分のマウスでドラッグするが、このような操作は日常的でない。ウィンドウのどの部分をつかんでも、それが動かせるようにするべきである。

5.3 Boundary Matching

本システムでは、ウィンドウの表示サイズを制御する機能を実装したが、その副作用として、現実空間のOHPシートの境界と仮想空間のウィンドウの境界が必ずしも一致しないという現象が生じた。ユーザがOHPシートを手前に持ってきた場合には、ウィンドウサイズはOHPシートよりも大きくなり、端によせた場合には小さくなる。我々は、この不整合が操作感にどのような影響を及ぼすか、ユーザから操作感について聞いてみた。

当然ではあるが、OHPシートの境界とウィンドウの境界は一致しているほうが、自然な操作感が得られる。ウィンドウをつかもうとしたとき、自然にOHPシートをつかむことができるからである。また、ウィンドウサイズがOHPシートよりも大きい場合よりも、小さい場合のほうが感覚としては自然だということも分かった。

ユーザにとっては、OHPシートは紙、ウィンドウはその中に書いてある文章や図に相当するものである。日常的に図や文章は紙の中に収まっており、決してはみ出すことはない。それと同じように、表示されるウィンドウがOHPシートよりも小さくても、紙の中に図が描いてあるように感じるだけであるが、ウィンドウのほうが大きい場合には違和感を感じるようである。よって、ユーザが頻繁に操作する手前の領域ではOHPシートとウィンドウの境界を整合させ、周辺の領域にいくに従ってウィンドウが小さくなるようにすべきであろう。

6 まとめ

本論文では、机型のスクリーン上に実装した触覚的ウィンドウシステム「ワサビ」を提案した。これは、GUIにおけるウィンドウを、触って、持って、動かせるようにするシステムである。これは、実世界指向インタフェースの中に、従来型のGUIを無理なく融合させるための1つの方法であると考えられる。

我々は、ウィンドウシステムという既存の典型的なGUI環境のもとに、実世界指向インタフェースに特徴的な機能を持たせることによって、現在ある情報をなるべく変更しないまま、ユーザに次世代の操作環境を提供することができる可能性を示した。また、GUIと実世界指向インタフェースの融合によって、両者のよい点を組み合わせた新しい技術が実現できる可能性を示すために、タスクの状態によるウィンドウサイズ制御機能を実装した。

参考文献

- [1] Hiroshi Ishii and Brygg Ullmer. Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In *Proc.ACM CHI'97*, pp. 224-241, April 1997.
- [2] 小林元樹, 小池英樹. 電子情報の表示と操作を実現する机型実世界指向インタフェース「EnhancedDesk」. 尾内理紀夫(編), *インタラクティブシステムとソフトウェア V WISS'97*, pp. 167-174. 日本ソフトウェア科学会, 近代科学社, 1997.
- [3] Itiro Siiio. InfoBinder: A pointing device for virtual desktop system. In *Proc. HCT'95*, pp. 261-264, July 1995.
- [4] Pierre Wellner. Interacting with paper on the DigitalDesk. *Comm.ACM*, Vol. 36, No. 7, pp. 87-96, 1993.