

## 2つのマウスを用いたウィンドウ操作機構の設計と実装

中村 聡史      塚本 昌彦      西尾 章治郎

大阪大学大学院工学研究科情報システム工学専攻

近年、計算機の性能向上によりアプリケーションは高機能化し、さまざまな作業を計算機上で行えるようになってきている。一般に、これらのアプリケーションでは、計算機への入力機器としてマウスが利用されている。しかし、マウスによって入力できるデータは、2次元座標とボタンの状態変化だけであるため、従来の片手によるマウス入力では、高機能なアプリケーションにおける複雑な操作や、複数の作業を同時に行うことなどの高度な入力操作を十分にサポートできない。一方、複雑な計算機操作を行ううえで、両手に別々の入力機器を持つことが有効であると知られている。そこで本研究では、その入力手段としてマウスを用い、ウィンドウシステム上での両手操作をサポートする汎用的なインタフェース機構の設計および実装を行った。

## Design and Implementation of Operating Mechanisms with Two Mice for Window System

Satoshi NAKAMURA      Masahiko TSUKAMOTO      Shojiro NISHIO

Department of Information Systems Engineering Graduate School of Engineering, Osaka University

Recently, due to the remarkable advancement of computer technologies, multiple applications can be simultaneously done on a single computer. These applications commonly use a mouse as an input device. However, with a single mouse, we can only input two-dimensional coordinates and the change of the states of the mouse buttons. Therefore, conventional input device using single mouse handled by one hand is not sufficient to support complex or parallel operations in sophisticated applications. On the other hand, it is widely recognized that using two different input devices handled by two hands is useful for complex operations. On the other hand, it is widely recognized that handle with two-handed input is useful for complex operations. In this paper, we discuss our design and implementation of a multipurpose interface which supports two mice as input device for window system.

### 1 はじめに

近年、計算機の性能向上により、ワープロソフトで文書を作りながら、挿入する図や表を表計算ソフトで作成するといった複数の作業を同時に実行することが可能となった。また、アプリケーションは高機能化し、音楽の作成や、CGの作成といったさまざまな作業が計算機上で行えるようになり、計算機の利用範囲が広がった。一般に、これらのアプリケーションでは、計算機への入力機器としてマウスが利用されている。しかし、マウスで入力できるデータは、2次元座標の値とボタンの状態変化だけである。そのため、従来の片手によるマウス入力では

は高機能化されたアプリケーションにおける複雑な操作や、複数の作業を同時に行う際の煩雑なウィンドウ切り換え等の操作を十分にサポートできない。

これまでに、複雑化するアプリケーションの操作性を向上させるために、両手でそれぞれ異なる機器を用いて計算機を操作するインタフェースに関する研究 [2, 4] が盛んに行われている。また、その応用として、ペンとトラックボールを用いたドローツール [1, 5, 6] や、ペンと絶対位置入力装置であるパックとを用いた地図ナビゲーション [3] などが実現されている。これらの研究において、複雑な操作を行う際に、2つの機器を用いるインタフェースが有効

であるということが示されてはいるが、これらのシステムの多くは特定のアプリケーション上でのみ実現されているため、さまざまなアプリケーションのインタフェースとして利用することは困難である。

そこで本研究では、2つの入力機器を用いた、Windows や X-Window などのウィンドウ環境でのより汎用的なインタフェースを実現することを目的とし、特に Windows においてシステムの構築を行った。利用する機器としてウィンドウシステム標準の入力装置であるマウスを2つ用いる。構築システムでは、入力インタフェースとしてマウスを2つ用いることからダブルマウスシステムと呼ぶ。

以下2章で、従来のウィンドウ操作について述べる。3章で、ダブルマウスシステムを提案し、4章で実装方法について述べる。5章でシステムについての議論を行い、最後に6章で本稿のまとめと今後の課題、展望について述べる。

## 2 従来のウィンドウ操作

計算機の性能が向上により、アプリケーションは高機能化し、計算機上に構築された3次元の世界をウォークスルーしたり、マウスや外部機器を用いて作曲をしたりといったことが可能となっている。しかし、このようなアプリケーションの高機能化の結果、操作が複雑になり、ボタンや、メニューなどの数の増加や、手間の増大を招くことになる。

例えば、ドローツールは、キャンバスとなるウィンドウ、色を変更するためのパレットウィンドウ、筆の種類を変更するためのツールウィンドウと、幾つかのメニューからなる。そのため、絵を描く時にキャンバスのウィンドウの上に、パレットウィンドウが重なり、作業の邪魔になることがある。従来のマウス1つによる操作環境では、キャンバスの上であって邪魔なパレットウィンドウを、筆の役割をしていたマウスにより掴み、パレットウィンドウをキャンバスと重ならないように移動した上で、絵を描くといった操作を行わなければならない、煩雑な操作が強要されている。

さらに、ウィンドウシステムでは、2点を指定する必要がある操作が多い。例えば、範囲選択であれば四角形の頂点となる2点を、ドラッグ・アンド・ドロップであれば移動元と移動先を1つのマウスにより指定している。マウス1つの環境で2点を指定するには、ボタン操作などと組み合わせる必要が

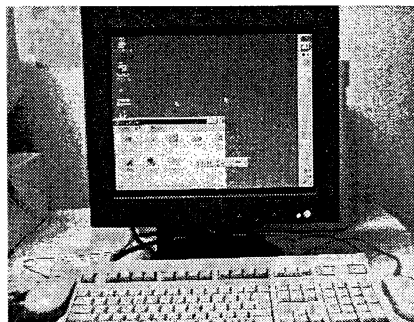


図 1: ダブルマウスの利用環境

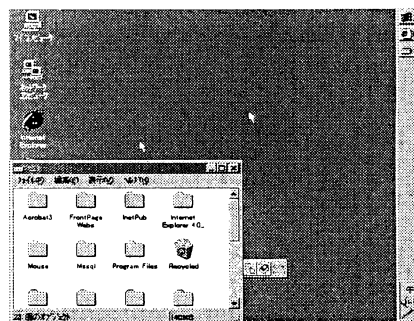


図 2: ダブルマウス利用のスクリーン例

あるため、直観的・効率的ではない。

この従来の操作環境の抱える問題は、現実世界において人間は両手を用いて作業を行うが、計算機上で操作対象に触れ操作できるものは1つだけであり、計算機上においては片手でしか操作できないという点に起因するものと考えられる。

## 3 ダブルマウスシステム

ダブルマウスシステムでは、計算機へ入力デバイスとして右マウス、左マウスと呼ぶ2つのマウスを接続する。この2つのマウスにより、計算機上でそれぞれ右マウスカーソル、左マウスカーソルを操作する。図1において、キーボードの右手に配置されているマウスを右マウス、左手に配置されているマウスを左マウスと呼ぶ。これらを用いて、図2のように計算機上で2つのマウスカーソルを操作する。

ウィンドウシステムの操作にダブルマウスシステムを適用することにより、移動量を抑え、操作の手

間を省くことができる。以下では、ダブルマウスシステムを用いたいくつかのウィンドウ操作について説明する。

**移動距離の低減:** アプリケーションの高機能化に伴い、操作手順や、操作内容が増えることになる。操作内容の増加はメニューや、ボタン、ウィンドウの増加を招き、作業を行う際のマウスの移動距離が長くなる。このような環境にダブルマウスシステムを用いることで、左右近い方のマウスカーソルで対象を操作可能となる。これによりマウスの移動距離を低減できる。

**2点の同時指定:** ウィンドウシステムには、ドラッグ・アンド・ドロップや、範囲選択など2点を指定する必要がある操作が多い。しかし、従来のマウス1つの環境において2点を指定するには、ボタン操作などと組み合わせる必要があったため、直観的であるとは言い難い。ダブルマウスシステムにより、2つのマウスカーソルを同時に操作し、2点を一度に指定することが可能になる。これにより、操作の効率が向上できる。

**ウィンドウの移動:** 従来のウィンドウ操作では、ウィンドウの移動は、タイトルバーと呼ばれるウィンドウ上部の狭い領域を選択し移動させることによって実現している。このような作業は、マウスによる細かい操作を必要とし、操作が煩雑となる。そこで、左マウスにウィンドウの領域全体をタイトルバーとみなし、ウィンドウを選択することを可能とする機能を付加し、ウィンドウの簡単な移動を実現する。このようにすることで、細かな操作には向いていない左手によって、ウィンドウをすばやく選択し、移動することができるため、両手を協調させながらの操作が効果的に行える。

**ウィンドウの切り換え:** ウィンドウシステムにおいて複数の作業は、作業ごとにウィンドウを表示することにより実現している。そのため、多くの作業を行う際、例えば重なりあうウィンドウの1つをクリックすることによって、スクリーン上で手前に表示させたい操作が必要がある。

本研究では、ホイールマウスのホイールを、携帯電話等のジョグダイヤルに見立て、あらかじめ登録しておいたウィンドウをホイールの回転により選択して表示することでウィンドウの容易な切り換えを実現する。また、ウィンドウをクリックすることで登録ウィンドウの追加・削除を実現し、操作性の高いインタフェースを実現している。この機能をジョグメニューと呼ぶ。

**アプリケーションにおける操作:** ダブルマウスシステムを用いることにより既存のアプリケーションの操作性を改善できる場合がある。例えば、ドローツールにおいて、パレットを左マウスで持ったまま動かし、右マウスは筆の役割を与え、絵を描くことが可能となる。現実世界では、人間が絵を描いている際に色を変えようと思った時に、筆をパレットの近くまで動かして色を変えようという操作が普通だが、本手法によりこのような操作をそのまま計算機上で実現できる。

## 4 実装方法

### 4.1 必要とされる技術

ダブルマウスシステムの実現には、2つのマウスを計算機に接続し、計算機上でそれぞれのマウスカーソルを操作する次のような機構が必要である。

**2つのマウスの同時接続:** 計算機へ2つのマウスを接続し、入力を行える必要がある。

**2つのマウスの独立制御:** 計算機に2つのマウスを接続しても、OS (Operating System) は1つのマウス入力としてしか認識しないため、それぞれの入力を別々に取得する必要がある。

**マウス入力の計算機への反映:** 計算機上で2つのマウスを描画し、それぞれ別のものとしてOSへ命令をする仕組みは従来のOSにはない。そこで、左マウスを描画し、左マウスの入力をOSへ伝える必要がある。

これらの機構を実現するために、本研究では以下のような方法をとった。

**シリアルポート・PS/2ポートの同時利用:** PS/2ポートと、シリアルポートの2つのポートを利用してマウスを接続する。

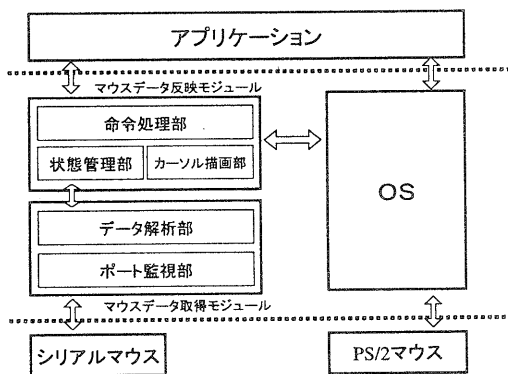


図 3: システム図

シリアルポートの直接読み込み: PS/2ポートに接続したマウス入力処理は従来のOSのドライバを利用する。シリアルポートに接続されたマウスの入力、ポートを直接読み込み、解析することによりマウスの移動などのマウス情報の取得を行う。

左マウスカーソルのエミュレート: 追加するマウスカーソルを指定されたカーソルの形状で描画し、左マウスの左ボタンダウンや、ダブルクリックといった入力をマウスAPI(Application Program Interface)によりOSへと送ることで命令をエミュレートする。

## 4.2 システムの構成

本研究で実現したダブルマウスシステムの構成を図3に示す。右マウスはPS/2ポートを、左マウスはシリアルポートを通して計算機に接続する。右マウスからの入力データはドライバがマウス情報を取得し、OSによるイベントメッセージとして計算機上で反映される。また、左マウスからの入力データは左マウスシステムがシリアルポートからのデータを読み込み、解析することでマウスの動作情報を取得し、その情報に基づいてカーソルの動作をエミュレートすることにより実現する。

左マウスシステムの実現のため次に示す2つのモジュールを作成した。

- マウスデータ取得モジュール
- マウスデータ反映モジュール

表 1: 実装環境

|       |                            |
|-------|----------------------------|
| 使用機器  | DOS/V パーソナル計算機             |
|       | PS/2 マウス                   |
|       | シリアルマウス                    |
| 使用 OS | Windows 95/98 (Microsoft)  |
| 開発言語  | Visual C++ 5.0 (Microsoft) |

以下の節ではそれぞれのモジュールについて説明する。

### 4.2.1 マウスデータ取得モジュール

このモジュールは以下のようなサブモジュールよりなる。

**ポート監視部:** シリアルマウスの接続されているCOMポートを監視し、マウスからポートへのデータの送信を待つ。マウスからのデータを受信したら、それをデータ解析部に渡す。

**データ解析部:** ポート監視部から渡されるデータがどのようなマウス操作であるかを解析する。解析結果に基づいて、マウスの位置移動、マウスのボタンの状態変化、マウスのホイールの動きといった情報を得て、マウス状態管理部に位置情報やボタンアクション等のメッセージを送る。

これらのサブモジュールを利用することにより、シリアルポートからマウスの状態変化により書き込まれるデータを読み込み、移動やボタンアクションといったマウス情報へと変換し、解析した結果をマウスデータ反映モジュールへと渡す。

### 4.2.2 マウスデータ反映モジュール

このモジュールは以下のようなサブモジュールよりなる。

**マウス状態管理部:** 送られてくるマウス位置の相対的な移動情報と、マウスボタンの状態変化により、マウスの現在の情報を更新する。また、カーソル描画部と命令処理部へマウスの移動やボタンアクションといったデータを渡す。

**カーソル描画部:** 送られてくるマウスの位置情報に従い、左マウスのカーソルを描画する。

**命令処理部:** マウスの位置情報や、マウスのボタンアクション情報に伴ない、関係するウィンドウに対してマウスイベントといったメッセージを送る。

これらのサブモジュールにより、取得したデータに基づき、マウスカーソルの位置、マウスのボタン状態等のデータを更新し、左マウスカーソルを描画すると同時に、左マウスの動きを反映するようにシステムへ命令を送る。

### 4.3 実装環境

今回の実装で使用した環境を表1に示す。ソースコードの量は、データ取得部が約200行、データ解析部が約500行、左マウスの描画および動作を実現する部分が約700行となった。

## 5 考察

### 5.1 操作性

計算機に2つのマウスを接続し、2つのマウスカーソルを操作することにより、操作対象に近い方のマウスで操作することが可能となるので、操作の速度の向上が見込まれる一方、両手で細かな動作をこなすには修練が必要なため、両手の操作は逆に混乱を招き、操作の正確性が低下するという可能性もある。すなわち、2つのマウスに同等の機能をもたせても、2倍の操作性となるとは考えにくい。そのため、左マウスに従来のマウスとは異なる補助的な機能に限定してを与えることが有効性が高い可能性がある。従来のマウス操作ではウィンドウに表示されている1つの文字や、画像、ボタン、メニューや、ウィンドウ自体を操作することも可能である。個々の文字や、メニューなどの選択には細かい作業が必要なため、利き腕でない方の手で操作することは困難である。そこで、操作対象を大きくし、ウィンドウだけを操作するよう実装した。これにより操作ミスは減り、操作性がかなり向上した。

今後は、初心者や、マウスに馴れた人、マウスはあまり利用しない文字入力中心のハードユーザといったいくつかのグループに利用者を分け、操作時間や、操作の正確さを割り出すことにより、定量的な評価評価を実施する予定である。

### 5.2 3つ以上のマウスのサポート

ダブルマウスシステムの拡張として3つ以上のマウスを計算機に接続し、複数のマウス入力を取得することが考えられる。このようにすることによって、両手だけでなく、両手両足を用いた入力インタフェースなどが実現できる[8]。足の動きによりウィンドウや、画面の切り換えなどの操作を可能とすることで、さらに操作性は向上する可能性がある。現在のダブルマウスシステムの実装法では、2個までしかマウスを計算機に接続することができないが、USB(Universal Serial Bus)を用いることで解決できる。

### 5.3 3次元操作での利用

2つのカーソルによる入力は、3次元空間における物体操作においても有効であることが示されている[7]。例えば、2次元の座標入力系であるマウスを2つ組み合わせることにより、4次元の操作が可能となる。また、ホイールマウスを2つ利用すると、6次元の操作が可能となる。従来の仮想空間におけるウォークスルーでは、マウスやキーボード、3次元マウスといった機器を利用してしたが、マウスやキーボードによる操作では、入力デバイスの入力データ数が少ないことにより表現力が欠如し、操作性はよいとは言えなかった。ウォークスルーの操作は、3次元マウスを利用することで単純化されるが、その機器が特殊であり高価なものであるため、一般には利用し難いものである。

ウォークスルーの環境にダブルマウスを用いることにより、4次元から6次元の入力が可能となるため、表現力の問題は解消される。また、3次元マウスなどの別の入力機器とは異なり安価で実現できるため、コスト削減に役立つと考えられる。

### 5.4 アプリケーションインタフェース

アプリケーションに特化したダブルマウスシステムによる操作を実現することにより、操作の幅が広がる。特に、ゲームにおいて簡単にしかも安価で両手入力を実現できることは重要である。アプリケーション固有の実装環境を提供するには、汎用性のあるAPIを提供することが必要となる。今回のシステムでは、左マウスカーソルの位置取得、位置設定を実現しているが、マウスカーソルの変更、表示・非表示の切り換え、移動範囲の限定や、左右ボタン

の機能切り換えなどを実現し、APIとして提供することで、より多用途なアプリケーションが開発できるようになる。

## 5.5 Windows 以外のシステムでの実装

今回のシステムは、Windows で実装しただけで、他のウィンドウシステムでは実現していない。マウスカーソルを複数計算機上に描画することは、多くのウィンドウシステムでも描画ルーチンを書き換えることにより実現可能である。また、マウスを接続するポートに関しては、PC はもちろん、ほとんどのワークステーションにシリアルと PS/2 のポートが存在する。従って、シリアルポートを直接読み込み、マウスの入力を取得するという本研究と同じ手法によって、他の OS においてもダブルマウスシステムを実現できる。

## 6 まとめ

本研究では、両手を用いた入力インタフェースを Windows や X-Window といったウィンドウシステム上で実現することを目的として、マウスを2つ用いたダブルマウスシステムの構築を行った。これにより、範囲選択や、ドラッグ・アンド・ドロップといったウィンドウシステムにおける標準操作を、マウス2つで操作できるように拡張した。ユーザは、従来のマウスによる機能に加え、これら拡張された機能をワープロや表計算ソフトなど、ウィンドウシステム上で実行されるアプリケーション上で利用できる。本システムを用いることで、アプリケーションの操作性が向上し、同時に複数の作業を行うような、操作が複雑になる環境においても作業効率が改善されることが期待できる。

今後の拡張および課題として、インタフェースの操作性を向上させるため、左マウスに追加する機能の充実、USB マウスを用いたシステムの構築、ダブルマウスを用いたインタフェースの有効性に対する定量的な評価が挙げられる。

## 謝辞

末筆ながら、本研究を進めるにあたって、有益な御助言を頂いた大阪大学岸野文郎教授、北村喜文助教授に衷心より感謝の意を表す。また、貴重な御助言を頂いた春本要助手、原隆浩助手をはじめ当研

究室諸氏に謝意を表す。なお、本研究は、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業における研究プロジェクト「マルチメディア・コンテンツの高次処理の研究」(プロジェクト番号: JSPS-RFTF97P00501) によっている。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] Bier, E., Stone, M., Pier, K., Buxton, W., DeRose, T., "Toolglass and magic lenses: the see-through interface," *Proceedings of SIGGRAPH '93*, pp.73-80 (1993).
- [2] Buxton, W., Myers, B., "A study in two-handed input," *Proceedings of CHI'86: ACM Conference of Human Factors in Computing Systems*, pp.321-326 (1986).
- [3] Hinckley, K., Czerwinski, M., Sinclair, M., "Interaction and modeling techniques for desktop two-handed input," *Proceedings of UIST'98*, pp.49-58 (1998).
- [4] Hinckley, K., Pausch, R., Proffitt, D., Patten, J., Kassel, N., "Cooperative bimanual action," *Proceedings of CHI'97: ACM Conference of Human Factors in Computing Systems*, pp.27-34 (1997).
- [5] Kabbash, P., Buxton, W., Sellen, A., "Two-handed input in a compound task," *Proceedings of CHI'94: ACM Conference of Human Factors in Computing Systems*, pp.417-423 (1994).
- [6] Kurtenbach, G., Fitzmaurice, G., Baudel, T., Buxton, B., "The design of a GUI paradigm based on tablets, two-hands, and transparency," *Proceedings of CHI'97: ACM Conference of Human Factors in Computing Systems*, pp.35-42 (1997).
- [7] Zeleznik, R., Forsberg, A., Strauss, P., "Two pointer input for 3D interaction," *ACM/SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics*, pp.115-10 (1997).
- [8] HUNTER DIGITAL, "Nohand Mouse," <http://www.footmouse.com/index.htm>.