

---

# Pick-and-Drop: 複数コンピュータ環境での直接操作技法

## Pick-and-Drop: A Direct Manipulation Technique for Multiple Computer Environments

暦本 純一\*

**Summary.** This paper proposes a new field of user interfaces called multi-computer direct manipulation and presents a pen-based direct manipulation technique that can be used for data transfer between different computers as well as within the same computer. The proposed Pick-and-Drop allows a user to pick up an object on a display and drop it on another display as if he/she were manipulating a physical object. Even though the pen itself does not have storage capabilities, a combination of Pen-ID and the pen manager on the network provides the illusion that the pen can physically pick up and move a computer object. Based on this concept, we have built several experimental applications using palm-sized, desk-top, and wall-sized pen computers.

### 1 はじめに

コンピュータ利用の日常化にともない、次第に複数のコンピュータを同時に操作するような場面が一般化してきている。Weiser は近未来のコンピューティング環境として、多数のしかも多様な形態のコンピュータ群が有機的に協調し合う世界 “Ubiquitous Computing” というビジョンを描いた [9]。しかし一方で、このような統一的なビジョンやデザインとは無関係に、生活環境には大量のコンピュータが投入されてきている。また、異なる種類のオペレーティングシステムや異なる形態のコンピュータを、その特質に従って使い分けなければならないことも多く、その結果、作業を複数のコンピュータ上に展開しなければならない場合もある。

ところが、従来のインタフェース技法は、ほとんどの場合単一のコンピュータ環境を前提として設計されきた。その結果、複数のコンピュータによる環境は利用者の認知的負担を著しく増大する可能性がある。筆者は、今後のユーザ・インタフェース技法は「複数・異種コンピュータを連携して利用する」という傾向を考慮して設計されるべきであると考えている。このようなインタフェースを「Multi-Computer UI」と呼ぶことにする。本論文では、相互連携の形態として最も基本的なもののひとつである、コンピュータ間での情報移動の問題を例として Multi-Computer UI を考察し、Pick-And-Drop という Multi-Computer UI の新技法を提案する。

### 2 Pick-and-Drop: 複数コンピュータ環境での直接操作技法

---

\* Jun Rekimoto. (株) ソニーコンピュータサイエンス研究所

Q1. あなたの机上にはコンピュータは何台ありますか？

0	1	2	> 3
0 %	7.7 %	38.5 %	53.8 %

Q2. (Q1 で 2 台以上と答えた方へ) そのコンピュータ間でデータを転送したいと思ったことはありますか？ (データの転送とは、たとえばコンピュータ A の画面に出ている URL を、コンピュータ B のブラウザに入力したいような場面を指しています)

しばしば	ある	ときどき	あまりない	全くない
69.4 %	25.0 %	2.8 %	0.0 %	2.8 %

Q3. (Q2 で「まったくない」以外を選択した方へ) Q2 のような状況の場合、どのようにしてデータを転送しますか？ (複数回答可)

手で	共有ファイル	ftp	E-mail	フロッピー	その他
62.9 %	62.9 %	57.1 %	34.3 %	20.0 %	22.9 %

Q4. すぐ近くにいる人のコンピュータの画面へデータを転送したいと思ったことはありますか？ (たとえばコンピュータ A の画面に出ている URL を、コンピュータ B のブラウザに入力したいような場面を指しています)

しばしば	ある	ときどき	あまりない	全くない
28.2 %	23.1 %	35.9 %	5.1 %	5.1 %

Q5. (Q4 で「まったくない」以外を選択された方へ) Q4 のような状況の場合、どのようにしてデータを転送しますか？ (複数回答可)

手で	共有ファイル	ftp	E-mail	フロッピー	その他
54.1 %	56.8 %	37.8 %	73.0 %	10.8 %	18.9 %

Table 1. 近接関係にあるコンピュータ間で、どのようにして情報を受け渡しているか (ソニー社内のソフトウェア技術者 39 名に対して行なった調査)

## 2.1 コンピュータ間での情報の移動とユーザインタフェース

複数のコンピュータを使っていると、比較的近くにあるコンピュータへ情報を移動させる場面に日常的に遭遇する。たとえば PC で図版を作成し、それを Unix 上の論文原稿に統合するといった作業は日常的であろうし、会議中に、近くの人コンピュータにデータを送りたいといった要求も頻繁に発生する。同じコンピュータ内であれば、カット・アンド・ペーストやドラッグ・アンド・ドロップといった直接的な操作で情報を移動・コピーすることは容易に行える。しかし、コンピュータ間を「またいだ」情報の移動操作は、たとえ両者のコンピュータがネットワークに接続されていたとしても、それほど単純ではない。表 1 は、Sony 社内のソフトウェア開発者に対して行った調査であり、多種多様な方法で情報を移動させている様子が見られる。なかでも「手で書き写す」と回答している人の率が高いことが注目される。複数コンピュータ環境に対して適切にユーザインタフェースが設計されていない結果、同一コンピュータ内での操作と、コンピュータ間での操作が統一化されていないのが問題の原因であると考えられる。

## 2.2 ドラグ・アンド・ドロップから Pick-and-Drop へ

Pick-and-Drop は、ドラッグ・アンド・ドロップを発展させた、ペン向きの直接操作技法で、コンピュータ内とコンピュータ間の操作が完全に同一となるようにデザインされている。

ドラッグ・アンド・ドロップでは、画面上のオブジェクト (アイコンや文字列など) をマウスで掴み、目的の場所までカーソルを移動させ (ドラッキング)、そしてマウスボタンを放してオブジェクトを落とす (ドロップ)。この操作によって、データの移動やコピーが容易に行えると同時に、データの移動先の場所 (たとえばどのフォルダにファイルを移動させるか) も視覚的かつ直接的に指定することができる。

一方、ドラッグ・アンド・ドロップの操作にペンを使うと、ペンの先端を画面に接触させたまま引きずらなければならないので、必ずしも快適な操作とはならない。そこで Pick-and-Drop では、ペンによってデータを「つまみ上げる」というメタファ

## Pick-and-Drop: 複数コンピュータ環境での直接操作技法

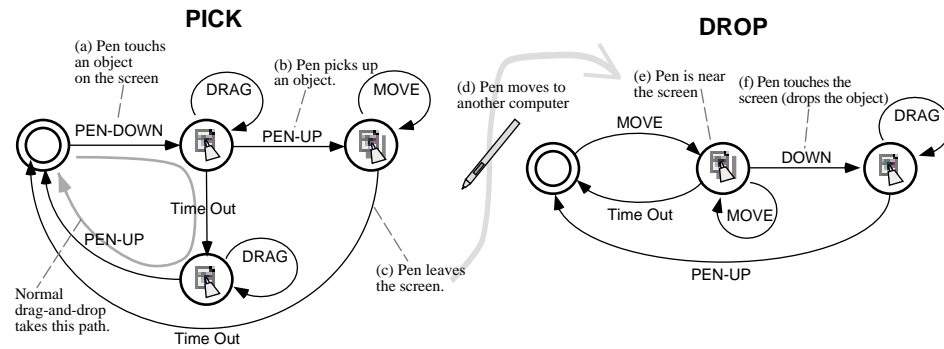
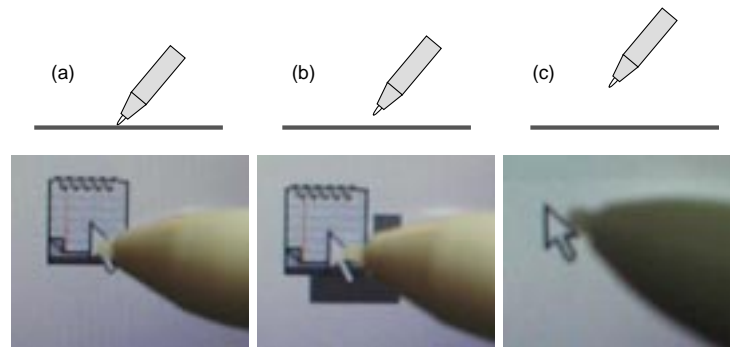


図 1. Pick-and-Drop 操作の状態遷移



(a) ペン先が画面上のアイコンに接触している状態。(b) ペンを持ち上げると、ペン先付近の位置に、アイコンが影付きで表示される(ペンを再び画面に接近させた場合も同じ表示になる)。(c) 画面からペンが離れると、アイコンの表示も消滅する。

図 2. ペン先に表示される「データの影」

を採用した。まずペンの先端でオブジェクトをタップし、一定時間内にペンを画面から持ち上げる操作で、オブジェクトが仮想的にペンと結合する。その後、目的の場所にペンを移動させて、再度タップすれば、データはその場所にドロップされる。通常のクリックやドラッグ操作とは、ペンをタップしてから持ち上げるまでの時間を測定して識別している(図 1 に状態遷移図を示す)。

Pick-and-Drop では、単一画面内でのデータの移動と、画面(コンピュータ)をまたいだ移動操作が完全に同一なものになっている。すなわち、最初のピック操作で持ち上げたデータを、別のコンピュータの画面にドロップすることで、容易にコンピュータ間での情報の移動・コピーが実現できる。実現上は、後述するようにコンピュータ間の通信によって実際の処理が行われるが、利用者に対して、あたかもペンによって情報を持ち上げて移動させているという操作感を提供しているのが Pick-and-Drop の(ユーザインタフェースとしての)特徴である。

### 2.3 データの影

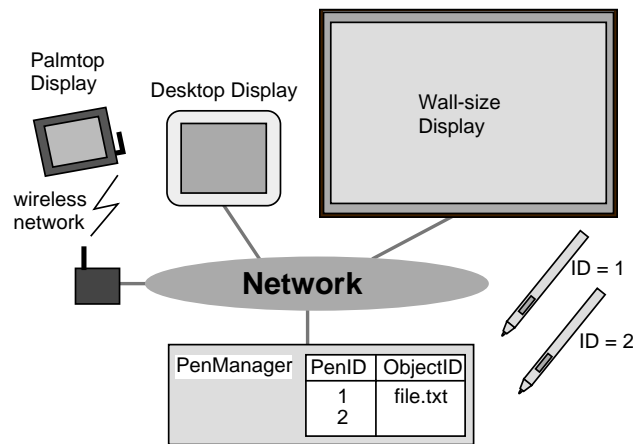


図 3. Pick-and-Drop のシステム構成

ペンが情報を持ち運んでいるという印象を強化するために「データの影 (Data Shadow)」という概念を考案した。通常、ペンでアイコン等をドラッグしている場合は、図 2 のようにペン先の位置にアイコンが表示される。これをピックした直後、ペン先が画面には接触していないが、画面の付近にある場合は、ペン先の位置にデータが影付きで表示される。さらにペンと画面との距離が離れると、影付きの表示も消える。ドロップの際も同様で、ペンを画面に接近させると再度影付きの表示が現れる。

## 2.4 実現

Pick-and-Drop の実現は、ペンに実際に情報を格納させる方法とさせない方法に大別できる。前者は、たとえばペンにメモリと赤外線などの通信手段を装備させ、ピックした時点でデータをコンピュータからペンに送信する方法である。後者は、ペンには情報を持たせず、「ペンと情報の結合関係」をネットワーク上で管理するという方針である。実現の容易さ、望ましいペンのサイズ・重量の維持を考慮して、ここでは後者の方法を採用した。

まず、すべてのコンピュータは有線・無線のネットワークで接続されていることを前提としている。また、それぞれのペンには固有の ID が付与されており、ペンの近くにあるコンピュータ側からこれを読み取ることが可能である。ネットワーク上には「ペンマネージャ」とよばれるサーバー稼働しており、どのペンがどの情報を保持しているか、という関係を維持している (図 3)。ピック操作が起きると、ピックされたデータ・ペン ID・データを保有しているコンピュータ、がペンマネージャに登録される。ドロップ操作の際には、ペンマネージャを経由してペンが保持している情報が取得され、ドロップの対象となるアプリケーションに送信される。

ペン対応のコンピュータ (ディスプレイ) としては、ワコム社の電磁授受方式を採用している携帯型コンピュータ、デスクトップ液晶ディスプレイ、タブレット、ホワイトボードを利用しており、同じペンですべてのコンピュータを操作することができる。電磁授受方式ではペン内のコイルの特性値を変えることで、複数のペン種別が識別可能である。これを利用してペン ID を (実際にはペンの修飾ボタンの組み合わせによって) 実現している。Pick-and-Drop 対応のアプリケーション、およびペ



図 4. Pick-and-Drop の利用例

ン・マネージャはすべて Java で記述されており，Java のデータ授受方式を利用してデータを受け渡すようになっている．

### 3 応用例

前節で述べたように，Pick-and-Drop はドラグ・アンド・ドロップの複数コンピュータ環境向け拡張であるので，ドラグ・アンド・ドロップと同様，多くのアプリケーションに適用可能な技術であると考えている．ここでは，Multi-Computer UI としての特徴的な利用例を列挙する．

#### 3.1 PDA，デスクトップ，キオスク型コンピュータ間でのデータ交換

携帯型コンピュータからデスクトップ・コンピュータへのデータの移動などを Pick-and-Drop によって容易に行うことができる．また，オフィス環境内の電子掲示板（キオスク型コンピュータ）から自分の PDA にデータを取り込んだり，逆にデータを貼り出ししたりすることができる（図 4）．

#### 3.2 壁面型コンピュータと携帯型コンピュータ

壁面サイズのコンピュータを操作する場合でも，「Multi-Computer UI」の概念は効果的である．大型ディスプレイでは，画面に出したメニューやツールバーの位置が悪いと利用者から遠くなって手が届かないなど，従来の GUI 設計とは異なった点の問題になる．たとえば，描画アプリケーションでは，画面の左側にペンの属性を指定するためのツールパレットやカラーパレット置く場合が多いが，大型ディスプレイではこのような配置が常に適切であるとは限らない．

1 台のコンピュータによってすべての作業を行うという従来の発想を捨てれば，この問題は容易に解決できる．すなわち，利用者はツールパレットやカラーパレットが表示された携帯型コンピュータを持ち，そこからペンでツール属性を選び，同じペンで大型画面上に描画する（図 4，右）．キャンパスに絵を描くときに，手に持ったパレットから絵筆で色を選ぶというスタイルは自然である．Pick-and-Drop を利用した操作は，それをそのままコンピュータのインタフェースとして実現したものといえる．手元に分離されたパレットを持つという作業形態は「パレット」の語源からしてもむしろ自然であろう．

さらに，コンピュータ黒板を使って複数の利用者が共同作業や議論を行う場面を想定してみる．複数の利用者が，自分の携帯型コンピュータから自由にデータやグラ

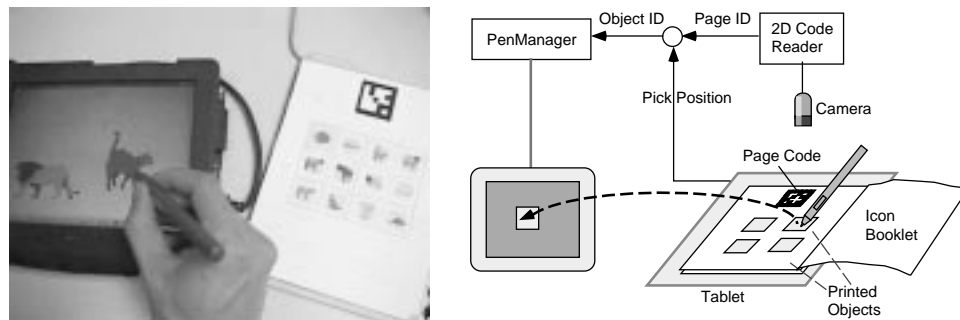


図 5. 印刷物からコンピュータへの Pick-and-Drop

フなどを黒板に貼りつけ、また他人が貼り付けたデータを自分の携帯型コンピュータに取り込むことができる。

### 3.3 物理的な作業領域

デスクトップコンピュータを使った作業でも、Multi-Computer UI の概念を有効に利用することができる。たとえば、編集作業中にデータを一時的にコピーしておきたい場合に、単一のコンピュータの（インビジブルな）ペーストバッファに保存するのではなく、机の上に置かれた別の PDA 型コンピュータに Pick-and-Drop する。データは PDA の画面に表示されているので、何がコピーされているかを覚えている必要はない。またデスクトップコンピュータの画面面積が、ペーストバッファの表示によって消費されることもない。必要に応じて PDA の個数を増減させたり、複数の PDA を机の上に配置して、物理的に展開された「作業記憶」を構成することも可能である。これは、ポストイットにメモを書き付けて、現実の作業空間に貼りつけておく習慣に似ている。

### 3.4 非コンピュータオブジェクトからのデータ移動

Pick-and-Drop の概念を、コンピュータ間の情報交換にとどまらず、実世界中のオブジェクト（電子機器や紙媒体を含む）に広げることも可能である。

図 5 は、冊子のような紙媒体からコンピュータへの情報移動を検討するために試作したシステムである。冊子の各ページには固有の ID が印刷されており、机上のカメラによってページの番号と机上での位置が認識される。冊子は電子タブレットの上に置かれている。以上の構成によって、ペンで印刷された情報を直接ピックし、コンピュータ画面にドロップすることが可能である。たとえば色見本やイラスト集から情報を取り出したり、教科書から練習問題をコンピュータに取り出して、シミュレーションを行うといった利用法が考えられる。

## 4 関連研究

複数のディスプレイ（コンピュータ）を用いて UI を構成した初期の例としては、Spatial Data Management System (SDMS) [2] がある。これは壁面型のディスプレイにデータマップを表示し、手元のタッチパネルディスプレイには操作情報を表示するというものである。PDA-ITV システム [5] はインタラクティブ TV の操作パネルとして

## Pick-and-Drop: 複数コンピュータ環境での直接操作技法

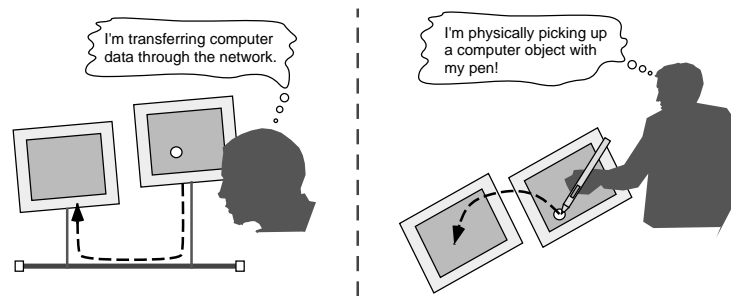


図 6. 概念レベルにおけるファイル転送と Pick-and-Drop の差異

PDA を用いたシステムで、PDA はリモコンとしての機能の他に、再生されている映像に関連した情報が随時表示される。パームトップ型コンピュータ (PARC TAB) を、壁面型ディスプレイ (LiveBoard [3]) のテレポインタとして用いる実験が、Ubiquitous Computing 研究の一部として報告されている [8]。

DigitalDesk [10] は現実の机の上にコンピュータ情報を重ねて表示する拡張現実型のシステムである。DigitalDesk では、紙に描かれた図形を (カメラでキャプチャーして) デジタル情報に転換し、電子的な移動やコピーを可能にしている。PaperLink [1] は、カメラ付きのペンを用いて、紙メディアと電子メディアとの連携をとることを特徴とするシステムである。Audio-Notebook [6] はバーコード付きのメモパッドを利用して、ボイスノートと、メモのページを関連づけるシステムである。Ultra Magic Key [7] は、紙に印刷されたメニューやボタンの上に置かれた指先の位置をビデオカメラで認識し、テレビなどの電子機器を操作するシステムである。

## 5 議論

### 5.1 従来の情報移動操作との比較

従来の方式、たとえばファイル転送コマンド等と Pick-and-Drop をユーザインタフェースの観点から比較すると、利用者が意識する概念が異なっているのではないかと考えている (図 6)。

ファイル転送コマンドの場合、利用者は「マシン名」や「パス名」といった記号的な概念を主に意識して操作を実行する。したがって、すぐ近くにあるコンピュータにデータを移動させる場合でも、そのコンピュータを識別する名前がわからなければ操作が行えない。一方、Pick-and-Drop では、利用者はアイコンやデータなどのディスプレイ上における位置や、コンピュータそのものの物理空間での位置関係を意識して操作する。たとえば、「自分の右側にあるコンピュータの (左のウィンドウ) にデータを置く」といった操作によって、記号的な概念を経由せずに移動操作を行うことが可能である。

利用されるコンピュータが比較的少数で、しかもその結合関係が固定的な時代には、記号的な概念を意識させる従来の方法でもあまり問題とはならなかった。しかし、今後のコンピュータ環境では利用されるコンピュータがより多くなり、またその関係は動的に変化する。したがって物理的・空間的な概念で操作できる方法がより望ましいと考える。Pick-and-Drop は、本来電子的な操作であるデータの移動という操

作に、現実空間での物理的な移動というメタファを与えているとみることができる。

## 6 結論と今後の展望

本論文では、複数コンピュータ環境向けの直接操作技法 Pick-and-Drop について報告した。また、現実世界における電子情報の移動について議論した。現時点で、Pick-and-Drop はペンによる操作を主に想定しているが、コンピュータ間での情報移動という発想自体はペンインタフェースに限定されない。たとえば固有 ID を持ったワイヤレスマウスを利用することも可能だろうし、ディスプレイ上のデータと、電子的に識別可能な物理オブジェクト（たとえば電子タグや、バーコードが印刷されたカードやポストイット）とを結合して持ち運ぶといった操作にも適用できるだろう。

共同作業支援との連携も興味ある今後の研究課題である。たとえば ClearBoard [4] のようなテレビ会議システムを利用している際に、自分の PDA から相手の PDA に「窓ごしに」情報を手渡すような操作を想定している。

現実世界における情報の移動は、コンピュータ間には限定されない。たとえば雑誌に記載されている URL を Web ブラウザに入力するとき、紙媒体である雑誌からコンピュータへ情報をを移動させていることになる。また、インターネット上で検索したテレビ番組の情報を、ディスプレイから取り出してビデオデッキに送り予約の設定を行える装置があったとする。この場合はコンピュータから別の電子機器に情報を移動させていることになる。Pick-and-Drop の概念を発展させて、このような電子機器、紙媒体、コンピュータ間の情報移動操作を統一的に扱えるようにするのも今後の課題である。その際、単にピックやドロップだけではなく、ビーム、ポイントといった操作メタファも必要になると考えている。

## 参考文献

- [1] Arai, T., Aust, D., and Hudson, S.: PaperLink: A Technique for hyperlinking from real paper to electronic content, *CHI'97 Proceedings*, 1997. to appear.
- [2] Bolt, R. A.: Put-That-There: voice and gesture at the graphics interface, *ACM SIGGRAPH Comput. Graph.*, Vol. 14, No. 3(1980), pp. 262-270.
- [3] Elrod, S., Bruce, R., Gold, R., Goldberg, D., Halasz, F., Janssen, W., Lee, D., McCall, K., Pedersen, E., Pier, K., Tang, J., and Welch, B.: LiveBoard: A large interactive display supporting group meetings, presentations and remote collaboration, *CHI'92 Proceedings*, 1992, pp. 599-607.
- [4] Ishii, H. and Kobayashi, M.: ClearBoard: A seamless medium for shared drawing and conversation with eye contact, *Proceedings of CHI'92*, 1992.
- [5] Robertson, S., Wharton, C., Ashworth, C., and Franzke, M.: Dual Device User Interface Design: PDAs and interactive television, *CHI'96 Proceedings*, 1996, pp. 79-86.
- [6] Stifelman, L. J.: Augmenting Real-World Objects: A Paper-Based Audio Notebook, *CHI'96 companion*, 1996, pp. 199-220.
- [7] Usuda, H., Kobayashi, M., and Miyazaki, M.: The new generation user interface: Ultra Magic Key (UMK), *SIGGRAPH'97 Visual Proceedings*, 1997. to be published.
- [8] Want, R., Schilit, B., Adams, N., Gold, R., Petersen, K., Ellis, J., Goldberg, D., and Weiser, M.: The PARCTAB Ubiquitous Computing Experiment, Technical Report CSL-95-1, Xerox Palo Alto Research Center, March 1995.
- [9] Weiser, M.: The computer for the twenty-first century, *Scientific American*, (1991), pp. 94-104.



Pick-and-Drop: 複数コンピュータ環境での直接操作技法

- [10] Wellner, P.: Interacting with paper on the DigitalDesk, *Communication of the ACM*, Vol. 36, No. 7(1993), pp. 87-96.