

## 画面と実世界のインタラクションの試み

清野 貴博、丹 康雄、日比野 靖

{t-seino, ytan, hibino} @ jaist.ac.jp

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

### 概要

遍在計算環境はユーザがそれとは意識せずにコンピュータを使用するための重要な概念である。そこではコンピュータは現実世界に溶け込み、健康的に付き合えるユーザインタフェースを持たなければならない。例えば、ある作業を行うために両手を同時に使うなどに見られる、人体における協調動作をコンピュータに入力することは、この目的に沿うユーザインタフェースの構築に有用であると考えられる。そこで、本稿では人の動作の協調を利用したユーザインタフェースの提案を行い、その利用例として図形描画ツールについて考察する。

## A Study for Interaction between Computer Screen and Real World

Takahiro Seino, Yasuo Tan, Yasushi Hibino

{t-seino, ytan, hibino} @ jaist.ac.jp

Graduate School of Information Science,  
Japan Advanced Institute Science and Technology

### Abstract

This paper proposes a novel user-inteface that utilies cooerative actions of both hands of a person, and discusses a graphical drawing tool as an example using it.

Ubiquitous computing is an important concept to allow users to operate the computers without consciousness of them. The computer in the ubiquitous environment should naturally work as parts of the real world and provide some natural interaction means for the users. To input the informantion derived from cooperative actions of human hands (e.g. using both hands together for one purpose) into computers is very useful for building such user-inteface to accomplish those objectives.

## 1 研究の背景

Mark Weiser がその著 "The Computer for the 21st Century" において「偏在計算環境 (Ubiquitous Computing)」の概念を発表したのは 1991 年のことである<sup>1)</sup>。遍在計算環境は直接我々の目には映らないコンピュータが部屋中に散らばっていて、それらが協調して計算を遂行するという概念である。そのための手段の1つとして Weiser は位置情報の利用が不可欠であると主張した。ところがこの概念を元にした研究は、位置情報を有効利用するためにどうしたらよいかという点だけに終始しているものが多い。

Weiser はもう 1 つ重要な概念を示している。それは「バーチャリティの実現 (Embodied Virtuality)」である。これはコンピュータを現実の世界に溶け込ませ、それらと健康的に付き合えるようにコンピュータの形状やインターフェイスを変更することである。Weiser らはこのために Tab, Pad, Board と呼ばれる様々な大きさを持つハードウェアの形態を考案した。しかし、これらが採用しているインターフェイスは依然として GUI (Graphical User Interface) であり、バーチャリティの実現という観点からは不十分である。

これに対して、GUI に代わるインターフェイスとして Tangible User Interface の概念を提唱している石井らのグループがある<sup>2)</sup>。Tangible User Interface は実際に触れたり動かしたりができる物体から構成される foreground interaction と周囲の光、音、気流、水流などからなる background perception から構成されている。foreground interaction は metaDESK や transBOARD と呼ばれるハードウェアで、background perception は ambient-ROOM と呼ばれる特別な部屋を利用して研究が行われている。

石井らの研究に見られるように、インターフェイスに 3 次元の「物体」を使うインパクトは大きい。3 次元の物体は GUI で使われているアイコ

ンやスクロールバーなどのコントロールよりも遙かに豊富なアフォーダンスを持っている。これら GUI のパーツを物体にし、実際に触れ、操作できるようにした Graspable User Interface<sup>3)</sup> も石井らのプロジェクトによるものである。

本稿では Weiser の「バーチャリティの実現」の概念に基づき、現実の世界に溶け込むこと、健康的に付き合えること、という 2 つの条件を満たす遍在計算環境におけるユーザインターフェイスについて考察する。これらを満たす有効な手段として、物理的な実体を持つ装置を使用・試作しながら議論を進めるアプローチを採用する。

## 2 入力装置

### 2.1 入力装置の現状

パソコンには様々な入力装置がある。特にインタラクティブな用途に用いられる入力装置のほとんどはパソコンやアミューズメントマシンから誕生している。キーボード、マウス、ジョイパッド、銃、自動車のハンドル、飛行機の操縦桿、電車のマスコンなど、ありとあらゆる入力装置が存在している。このような入力装置に小型のマイコンが搭載され、インテリジェント化されているのは、今日では何等珍しいことではない。

特に実物を模したインターフェイスはアミューズメントの分野において多数見られる。このようなインターフェイスを使う場合、そのユーザは手や足をタイミング良く動かすことが求められる。例えば、自動車のハンドルを回すには両手をうまく使わなければならないし、マニュアル車のギアを変える時にはクラッチをうまく操作しなければならない(最近のレースゲームにはクラッチが付いているものもある)。人は何か作業をする時、その体の各部位をうまく協調させることで、それをこなしている。

我々の身の回りにある道具やそれを使ってこな

す作業を見渡すと、このような人の動作の中の協調関係を利用したものが多くことに気が付く。例えば、紙に字を書くという行為を挙げても、それは決して利き手だけを使ったものではない。利き手はペンを持ち、もう片方の手は紙が動かないように、側に添えられている。線を引く時は、ペンと定規をそれぞれ持ち、定規に沿ってペンを動かす。手を動かしただけでも、体全体もその作用でいくらか動くように、人は体全体がうまく協調して作業するようにできている。無理に片手だけで操作するインターフェイスよりも、両手、必要に応じて体全体を使って操作するインターフェイスの方が人にとって自然であると考えられる。

インタラクティブな入力装置の役割は、ユーザーの意思を即座にコンピュータに伝えることである。そこで、前述したような人の動作の中の協調関係をコンピュータに入力したいという要求が発生するのはごく自然なことであるが、これを統一的に扱っているシステムは未だ見られない。

## 2.2 入力装置の協調

本研究のゴールは人の動作の中の協調関係をコンピュータに入力することである。Weiserの言う、健康的に付き合えるコンピュータを作る1つアプローチとして、入力装置をよりインテリジェントにし、人の動作の中の協調関係を入力装置同士の協調によって捉えることが考えられる。

本研究では1枚の紙に対して色や太さが違う何本ものペンや、いくつかの定規、コンパス、分度器などを使うように、1台のコンピュータスクリーンに対してたくさん入力装置が存在するようなシステムを想定している。これらの入力装置の中からユーザーが必要なものを選んで手に持ち、スクリーン上で使用する。それらはいくつか組み合わせ使用することで、単独で使った時とは違う作用をしたり、単独では何の作用もしなかった装置が他の装置の作用を助けたりする。この組み

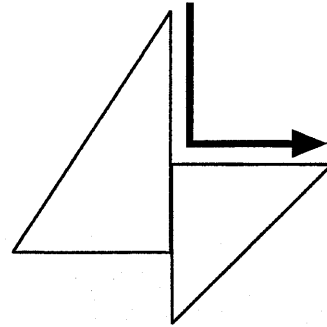


図1: 三角定規を組み合わせて直角を描く

合わせによってユーザーの意思を受け取るメカニズムを、我々は入力装置の協調と呼ぶことにする。

入力装置を協調させる際に問題になるのは、何と何を組み合わせると何が起るのかを、どう決定するかである。しかも、それはユーザーが事前に予想した結果にならなければ、かえって混乱を招くばかりで、ユーザーインターフェイスとして意味を為さない。我々はこれに対して、Normanの言う物理的制約 (Physical constraints)<sup>9)</sup> が可能な操作の幅を狭めることに着目した。我々は入力装置に物理的制約を与え、ユーザーはそこから得られるアフォーダンスを手掛かりに起こるであろう結果を推測し、組み合わせを決定できるようにするという解を選択した。例えば、図1のように2枚の三角定規を置き、定規に沿って矢印のようにペンを動かしたとすると、直角を挟んだ2本の直線が描けるということは想像に難くないだろう。

## 3 システムの試作

### 3.1 試作方針

我々は入力装置の協調を用いて、実際の机の上にある文房具を模した装置を持つ描画システムを試作することにした。まずは入力装置を掻き集めなければならないが、今回の試作では両手の協調関係をコンピュータに伝えることで、インターフ

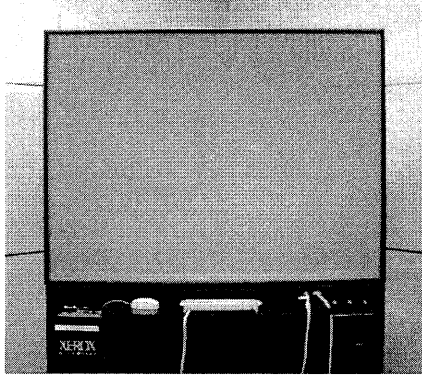


図 2: Xerox LiveBoard3

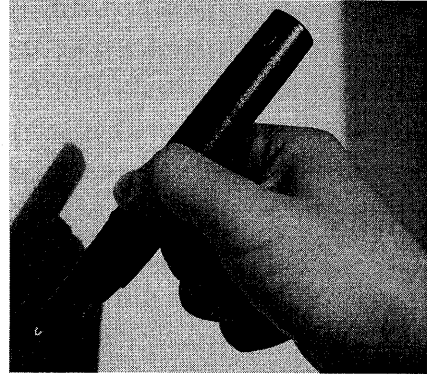


図 3: 赤外線式ライトペン

エイスがどの程度改善されるかという所に焦点を絞り、スクリーン上で使用可能なペンと三角定規だけを用意することにした。三角定規は1組用意したかったが、製作時間短縮のためスクリーンとの接続をワイヤードで設計したことにより、2枚の定規の配線が絡まる恐れがあり、それでは実用的でないという理由から、1枚だけ製作することにした。なお、ペンは既にあるものを流用し、こちらはワイヤレスで使用可能である。

本システムでは、各入力装置がリアルタイムにスクリーン上での自らの位置を把握し、それを元に何等かの協調メカニズムを利用してユーザの意思を受け取ることが理想的である。しかし、スクリーン上の複数の入力装置の座標を干渉なく得る技術は確立されておらず、入力装置間の協調メカニズムも、まだないことから、次のような方法で処理することにした。

- 1) 座標検出はペンのみとする
- 2) 定規はスクリーンに触れているか、いないかだけを検出する
- 3) ペン単独で使う場合は自由曲線を描く
- 4) ペンと定規を同時に使う時は直線を引くと仮定し、ペンがスクリーンに触れた点を直線の始点、離れた点を終点とする

この方針は入力装置同士の協調へは程遠いが、

見掛け上は協調しているように見えるので、ユーザインターフェイスとしての実装し、評価するにはこれでも十分である。

### 3.2 ハードウェア

ペンやスクリーンは Xerox 社の LiveBoard3 を流用することにした<sup>9)</sup>。LiveBoard3 は Weiser らが考案した Board の製品版でホワイトボードのように使うことができる。表面がコーティング加工された 67 インチの背面投影方式のスクリーンを持ち、赤外線方式のライトペンをスクリーンに接触させて使用することができる。本体内部には IBM-PC/AT 互換のパソコンが搭載されており、オペレーティングシステムには Microsoft 社の Windows 95 が採用されている。

これに加えて、LiveBoard3 のスクリーンに直接触れて使える三角定規を作成した。定規本体は強度に不安は残ったがパルサ材を加工して製作し、LiveBoard3 との接続は定規側の電源の確保や配線上の都合等、実装上の問題点を解決するため、本体前面に取り付けられているキーボードインターフェイスを使用した。定規にはスイッチが取り付けられており、定規がスクリーンに接触すると、SHIFT キーが押下された状態をエミュレートするようにした。キーボードインターフェイ

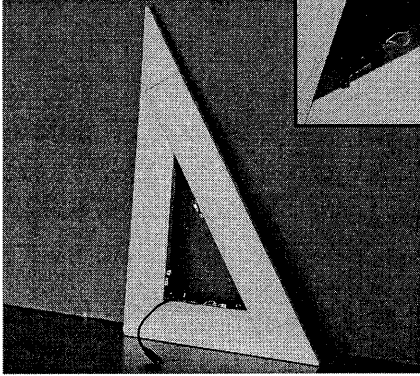


図 4: 製作した三角定規と接触スイッチの拡大(右上)

スのプロトコル<sup>7)</sup>のエミュレーションには Microchip Technology 社のワンチップマイコン PIC16F84 を使用した。

それぞれの装置の外観を図 2～4 に示す。

### 3.3 ソフトウェア

LiveBoard3 の実体は IBM-PC/AT 互換機であるので、ソフトウェアは Windows 95 用に作成すればよい。入力装置であるペンはマウスとして見え、ペンを画面に押しつけて動かすとマウスドラッグイベントとして検出でき、三角定規は SHIFT キーとして見え、それが画面に押し当てられるとキーの押下として検出できる。

これらの入力装置を使い、自由曲線と直線が引ける描画ツールを Visual Basic で記述した。

## 4 考察

最初に、本研究において製作したシステムを使用している様子を 図 5 に示す。写真ではわかりにくいですが、日常我々が机の上で行っているのと同じ具合に、三角定規をスクリーンに当て、それにそってペンを動かし、直線を引くことができる。両手の動作の協調関係はひとまずコンピュータに伝達することができたと言える。しかし、入力装

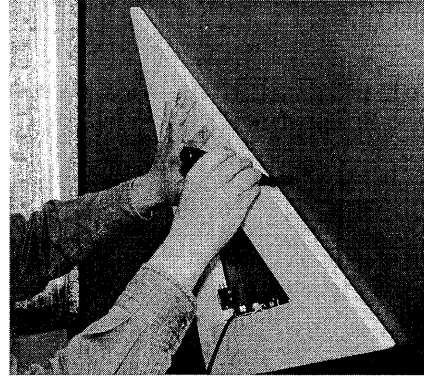


図 5: ペンと定規を用いて直線を引く

置間の協調が行われているとは言い難く、協調のためのメカニズムに関する研究を続けなければならない。

本研究において、入力装置間の協調にこだわる最大の理由はシステムの発展への可能性を確保するためである。例えば、このシステムに新しくコンパスを加えようとする時、プログラムを書き直さなければならないのでは、利用価値が半減する。また、これまでなかったような、コンピュータスクリーンならではの新しい装置が開発されるかもしれない。これらから、ユーザの協調動作を入力装置間の協調としてとらえることは、システムの柔軟な発展のために不可欠であると言える。

また、本システムは諸々の制約から大スクリーン上に構築したが、A4 サイズ程度の平面かつ薄いスクリーンを用いても同様の効果が期待できる。この場合、スクリーンや定規などを自由に回転させ、作業しやすい角度に合わせることができると期待される。

次に、本研究で提唱しているインターフェイスと GUI との間で比較を行う。一般的な GUI のドローツールでは、描画モードの選択パレットがあり、それがスクリーン上の一定の面積を占有してしまふ。本システムではパレットに相当するものはすべて手元の入力装置であり、必要に応じてスクリーンから避けておくことができ、スクリー

ンを広く使用することができる。また、GUIではドローツールによって想定されている図形のみを描くことができるが、本システムでは将来、ドローツールを変更することなしに、新たな入力装置を追加することで描画可能な図形の種類を増やすことが期待される。

さらに、GUIでは扱いにくかった曲線に関するインターフェイスも改善される可能性がある。ドローツールで引けるスプライン曲線やベジェ曲線を自由に引くには、それらの理論的背景やソフトウェアの使い方に習熟する必要があったが、雲形定規や自由曲線定規などを製作することにより、誰もが簡単に欲しい曲線を得ることができるようになるだろう。

最後に技術的な課題について触れる。定規が裏返せない、本体へ延びる配線が邪魔である、定規が透明でない、強度など本質的ではないが使い心地に関わる問題が試用中に発生した。これらは設計・製造工程上の問題であり、その解決さほど難しくはないと考えられる。

また、スクリーンの周辺で、筐体の縁の凸部分が邪魔をして定規全体がスクリーンに接触せず、うまく使えないといった問題が生じた。こうしたユーザインターフェイスを備えるシステムのスクリーンからは縁の凸部分を無くさなければならぬだろう。

## 5 結論

本稿では、人の動作の中の協調関係をコンピュータに入力するインターフェイスについて考察し、そのプロトタイプを作成してユーザインターフェイスとしての有効性を示した。さらに提唱したシステムの協調メカニズムを利用した発展性について考察し、GUIに対する優位性を示した。

作成したプロトタイプは先立って条件として掲げた、現実の世界に溶け込むこと、健康的に付き合えることの2つの条件をクリアしている。しか

も物理的な制約や、そこから得られるアフォーダンスによりマニュアルレスで使える可能性を持っている。

しかし、物理的制約を基にした協調によってユーザの意思をコンピュータに入力するためのメカニズムの開発、その定式化や、こうしたインターフェイスが図形描画以外にも有効であるかどうかは、今後の研究における課題である。

## 参考文献

- [1] M. Weiser, The Computer for the 21st Century, *Scientific America*, Sep. 1991, pp94-104. (邦訳: "21世紀のコンピュータ", 日経サイエンス, Nov. 1991.)
- [2] M. Weiser, Some Computer Science Issue in Ubiquitous Computing, *Communications of the ACM*, vol.36, No.7, pp.75-84, Jul. 1993. (邦訳: "Ubiquitous Computing 実現のための技術を開発する", 日経エレクトロニクス, No. 595, Nov. 22, 1993.)
- [3] Hiroshi Ishii and Brygg Ullmer, Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms, *Proceedings of CHI'97*, pp1-8.
- [4] Fitzmaurice, G.W., Ishii, H. & Buxton, W. Bricks: Laying the Foundations for Graspable User Interfaces, *Proceedings of CHI'95*, pp442-449.
- [5] D.A. Norman, *The Psychology of Everyday Things*, Basic Books, 1988. (邦訳: "誰のためのデザイン? 認知心理学者のデザイン原論", 新曜社, 1991.)
- [6] "LiveBoard 3 取扱説明書 <日本語版> Windows 95 版", FUJI XEROX, 1997.
- [7] AX 協議会編, "AX テクニカル・リファレンスガイド", 1989.