

人とコンピュータとの対話の大局的な機構

守屋慎次

東京電機大学工学部電気通信工学科

人とコンピュータとの対話機構を対話方式の発展順に論ずる。本稿で明らかにしようとする対話の機構は、利用者の視点から見た大局的なものであって、しかも、主要な対話方式と主要な概念を位置づけることができる程度に精密であることを目指している。

本稿では主要な対話方式は次の順に発展しているとしている。すなわち、一括処理、コマンド言語、間接指示・直接指示、と発展してきており、次世代は直接指示・直接操作による方式であるとしている。

主要な概念として、実世界と仮想世界、ユーザインタフェース、チャンネル、場、融合、直接指示、直接操作などを対話機構の上に位置づける。

A MACRO MODEL OF HUMAN-COMPUTER INTERACTION

Moriya, Shinji

Department of Communication Engineering

Tokyo Denki University

2-2 Kanda-Nishiki-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101, Japan

This paper describes a macro model of human-computer interaction and also defines interaction styles based on this macro model. This paper aims at constructing a model which is quite simple and at the same time precise enough so that it can explain major concepts of interaction styles.

The following three interaction styles are the major ones which have been developed so far: batch processing, command languages, and, indirect pointing and direct manipulation. This paper concludes that direct pointing and manipulation is the interaction style of the next generation.

The major concepts which this paper, based on the macro model, defines are: real and virtual world, user interface, channel, field, fusion, direct manipulation, and direct pointing.

1. はじめに

本稿の目的は、人とコンピュータとの対話の大局的な機構をできる限り簡潔かつ正確に表現し、主な対話方式や概念をその対話機構の上に位置づけることである。

我々の仕事場はここ何年かの間に様々な用途の対話型システムに取り囲まれるようになった。技術の進展が急のため、それらシステムの技術水準は多彩である。それらの方式も一見すると多様で、どのような考え方に基いているのか、どの方向に進んでいるのか、つかみ難いところがある。

そこで本稿では、まず様々な対話型システムに共通な対話機構を筆者らの考えに基づいて説明する。次にその対話機構の上で次のような主要概念、すなわち、チャンネルと場の概念、直接操作と相互参照場の概念、直接指示と入出力場一体の概念、などについて詳しく論ずる。また本稿では、これまでに開発されてきた主な対話方式は一括処理、コマンド言語、間接指示・直接操作の3つとし、次世代の方式は直接指示・直接操作であるとしている。

本稿は文献8に本稿の目的に合うよう大幅な加筆訂正を行ったものである。

2. 対話機構におけるユーザインタフェース

本章では、利用者とコンピュータとの対話における主要な構成要素について述べる。

図1は、利用者が対話型システムを操作している場合における、主要な構成員と、構成員間の情報の

流れを表している。主要な構成員は利用者とユーザインタフェースとモデル操作部である。

図1のユーザインタフェースに含まれる要素の例としてキーボード上のキー群、ディスプレイ、マウス、ウィンドウ（の枠）、（容れものとしての）メニュー、カーソルなどの装置、及びそれらを駆動する入出力プログラムがある。これらの装置を物理装置と呼ぶことにする。一方、画面に表示された文書や図面、メニュー（の内容）、キーボード上のキー群に割当てられた文字群なども一種の装置とみなし、これらを論理装置と呼ぶことにする。

図1におけるモデル操作部とは、対話型システムから入出力部を除いた部分を指す。この部分にはハードウェアやソフトウェア、そしてファイルも含まれるが、そのまた中枢はデータ構造とファイルの操作部である。データ構造とファイル構造は、実世界（real world）で見られる物や現象の情報を適当に取捨して、コンピュータ内で表現したものである。従ってコンピュータ内におけるモデルとその操作によって生ずる出来事は、一般的には、実世界とは別の世界を表現している。この別世界を仮想世界（virtual world）と呼ぶことにする。

実世界と仮想世界の境界は、物理装置と論理装置の境界上にある。

3. 対話機構におけるチャンネルと場

チャンネルとは情報の通信路のことである。人間とコンピュータとの通信では図1に示すように、実世界

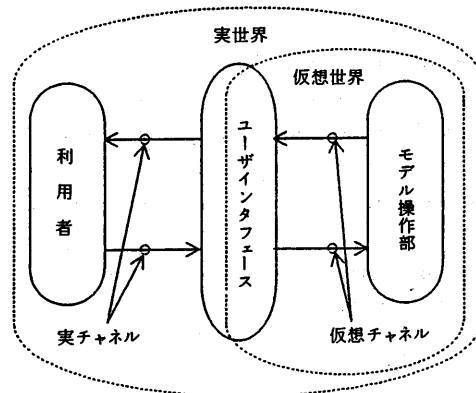


図1 対話機構の基本構成

と仮想世界の間を情報が交流する。実世界における通信路を実チャンネル、仮想世界におけるそれを仮想チャンネルと呼ぶことにする。場とは、実チャンネルと仮想チャンネルを接続する部分を指す。

3・1 実チャンネル

実チャンネルには入力と出力の二つがある。

人が機械へ入力（機械から人へ出力）する際に情報の通信路となっている部分を人からの実入力（人への実出力）チャンネル、或は単に人からの入力（人への出力）チャンネルと呼ぶことにする。

(1) 人への出力チャンネル

コンピュータの出力先はプリンタやプロッタやディスプレイではなく、人間である。簡単なことであるがこの事実は重要である。

人への実出力チャンネルの例として視覚チャンネルがある。表示画面から始まって目に至るまで画面の光を伝達する空間、そして目から中枢に至るまでの感覚器官や視神経系から成るチャンネルである。その他、聴覚、嗅覚、味覚、触覚、平衡感覚の各チャンネルがある。

(2) 機械への入力チャンネル

人が機械へ入力する実チャンネルの例として、人間の脳中枢から始まって指先の動きを制御するまでの系統がある。その他、視線の動き、顔の向き、まばたき、口の動き、音声、身振り、手振り、運筆、足の動きなどを用いる試みがなされている。

3. 2 仮想チャンネル

キーボード等から始まり、そこから入力されるデ

ータを読み取って図1のモデル操作部に伝達するまでを、コンピュータの仮想入力チャンネル（または単に入力チャンネル）と呼ぶ。

コンピュータの仮想出力チャンネル（または単に出力チャンネル）とは、モデル操作部から始まり、ユーザインタフェースを経て、実チャンネルに至るまでの通信路を指す。

(1) 仮想チャンネルの方向性

単方向で出力のみの装置として例えばプリンタがあり、入力のみ装置として例えばキーボードがある。双方向、すなわち入出力が可能な装置として例えば入出力一体型タブレット、タッチパネル付きディスプレイなどがある。単方向だけの装置はよほど大きな特長を備えたものでない限り、次第にその主座を双方向装置に譲って行くことになるであろう。逆に言えば、単方向装置であっても双方向性を導入すれば応用が拡大する可能性がある。

(2) 物理チャンネルと論理チャンネル

2章で物理装置と論理装置という用語を用いた。物理装置につながるチャンネルを物理チャンネル、論理装置につながるチャンネルを論理チャンネルと呼ぶことにする。コンピュータからの出力の場合、ディスプレイ画面やプリンタやプロッタやスピーカへのチャンネルは物理チャンネル、文書や図形や画像や音声のファイルを出力するチャンネルは論理チャンネルである。今後の競争に勝ち残ってゆく物理チャンネルは、少数の論理チャンネル用に大きな特長を備えたもの、或は、多数の論理チャンネルに対応可能なもの、のいずれかであろう。

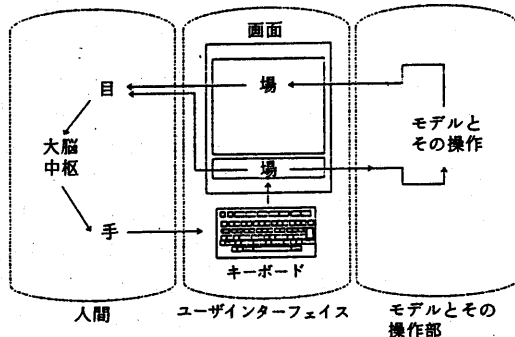


図2 コマンド言語による対話機構

3. 3 対話の場

対話の場は実世界と仮想世界の境界上にあり、一方の世界から他方の世界に向けて情報が変換される場所である。対話の場には入力と出力の場がある。入力場の例としてキーボード面がある。手や指の動きがキーのオン・オフに変換される。出力場の例としてディスプレイ画面がある。

物理装置上の場合には物理的な場、論理装置上の場合には論理的な場である。キーボード面は物理場でもあり、論理場でもある。文書や図形ファイルを表示した空間や、文書名一覧を表示した空間は論理的な場である。ディスプレイ画面上の論理場は、肉眼では2次元空間であるが、二眼で立体視している場合は3次元空間となる。

4. コマンド言語による対話方式

本章では、チャンネルや場の概念を用いて、コマンド言語による対話の機構について述べる。

コマンド言語方式の対話機構を図2に示す。図2の画面はコマンド言語方式における一例にすぎない。例えば下の横長のウィンドウはコマンド入力用、上側のウィンドウは文章ファイル用としよう。

利用者がキーボードからコマンドを入力するとコマンドは下側のウィンドウに表示される。そのコマンドは図2のモデル操作部へ送られ、プログラムがデータ構造を操作する。その結果が上側のウィンドウへ視覚化される。人はそれを見て次の行動に移る。換言すれば仮想世界の論理チャンネル（文書の視覚化を行なうチャンネル）と、実世界の論理出力チャンネル（視覚化結果を目視するチャンネル）とが、対話の場を通じて接続されたことになる。人間とユーザインタフェースとモデル操作部の間に循環する情報の流れがあり、情報を流すチャンネルが形成されている（図2）。

この方式の問題点は次の通りである。

【問題点a】表示された文書ファイル中の文字列を直接的に操作ができない。

【問題点b】利用者はコマンドを憶えている必要がある。憶えていない場合はマニュアルを見る必要がある。

循環する情報の環を図2で見ると、次のように大きい。大脳中枢→手→キーボード→コマンド入力場→モデル操作部→結果表示の場→目→大脳中枢。従って、もう一つの問題点として次がある。

【問題点c】このようなシステムの利用者は、より

広範囲の知識（例えばモデル操作部におけるファイル構造の知識）が必要となる。

問題点a, b, cは次章で述べる直接操作方式によって解決の方法が示される。

5. 間接指示・直接操作による対話方式

本章では間接指示(indirect pointing)・直接操作(direct manipulation)と呼ばれる対話方式について述べる。初めに、直接操作方式が成立するための要件を具体的に示し、その過程で間接指示方式を述べる。

5. 1 直接操作への要件

本節では、前節に提示された問題点a, b, cの解法を示す。それらの解法が直接操作方式を実現する要件となる。

5. 1. 1 相互参照場と二つの情報循環

4. で述べた「問題点a. 文書ファイル中の文字列を直接的に操作できないこと」について考えてみよう。図2の対話方式の場合、利用者は、上側ウィンドウ中の文字列に対して直接的にコマンドを実行することはできなかった。問題点aは次のようにして解決される。

上側ウィンドウ中の文字列に対して直接的にコマンド実行が可能な対話機構を図3に示す。図3の場合の簡単な実際例として、画面エディタにおいて、キー入力した文字をバックスペースキーで削除する場合や、文章中のカーソル位置へ文字列を挿入する場合などがある。利用者は、ウィンドウ上に視覚化された文字列に対して削除や挿入などの操作を（キーボードやマウス経由で）直接行うことができる。それにより、ユーザインタフェースからモデル操作部に向けて、どんな操作がどの操作対象に施されたかが伝えられ、モデルの操作（プログラム中のデータ構造で表現された状態遷移）が行われる。モデル操作の結果は直ちに画面に視覚化される。

この方式における循環情報の環を調べてみよう。利用者からみると「大脳中枢→手→キーボード（マウス）→論理場→目→大脳中枢」という環に感ずるのであろう。コンピュータからみると「論理場（及びそれに対するキーボードやマウスからの指令）→モデルとその操作→論理場」という環になる。利用者側とコンピュータ側の二つの環が、かみ合う二つの歯車のように同期して回転する。歯車がかみ合う所

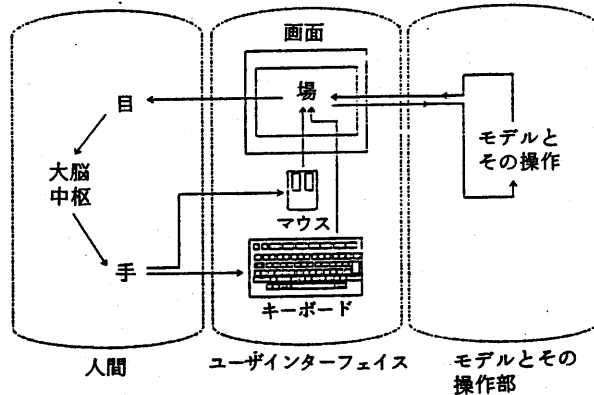


図3 間接指示・直接操作による対話機構

は論理場であり、このような場を対話の相互参照場と呼ぶことにする。相互参照場は、利用者が入力した指令やデータをコンピュータが参照し、コンピュータが出力したものを人が見たり聞いたりして参照する場、という意味である。inter-referential I/O という呼び名を用いて相互参照のことを説明したのは、Draper¹⁾である。

図3における利用者からみた情報循環は、図2の場合より小さくなっている。図2では利用者がモデルの操作をしていた。図3では、利用者は論理場の操作を行っているだけで、モデル操作をしているという意識は不要である。利用者は、ウィンドウ上に視覚化された論理場が何であり、どんな操作が可能かを知っていれば、対話を進めることができる。この意味で、4. に述べた問題点c (対話を進める上でたくさんの知識を必要とする) はかなり改善された。

4. で述べた問題点b (コマンドを憶えている必要がある) は、これまでの説明だけでは解決されていない。これを次に述べよう。

5. 1. 2 操作の視覚化

4. で操作対象をウィンドウ上に視覚化することを述べた。

操作対象の視覚化と並んで、操作を視覚化することの効果も大きい。削除、保存、複写等の操作名を構造化してメニュー表示し、直接または間接指示して選択可能にする。これにより、コマンドの詳細を憶えておく必要がなくなる。画面上で選択して試行し、その結果から操作の意味を学ぶこともでき、マニュアルも薄くなる。

5. 1. 3 時間の視覚化

利用者が行った操作の履歴 (例えばメニュー選択の履歴) をそれぞれの状態とともに保存し、履歴を視覚化することも重要な概念である。これは時間的な情報を空間的な情報に置き換えることに相当する。視覚化された履歴中の任意の時点を選択可能にすることにより、時間に関する操作 (例えば進行、遡及) が画面上で直接的に行えるようになる。市販システムPI.EXEでは部分的にこの機能が実現されている。時間に関する操作を空間的に行えるようにすることにより、利用者の安心感やシステムへの信頼度が高まるであろう。

5. 1. 4 対話の三要素

守屋¹⁾は、対話を構成する三要素が操作と対象と時間であることを示し、この3軸からなる空間をインタラクション空間と名付けた。従って、対話要素の視覚化を論ずる際にも、上記の三要素を網羅する必要がある。本稿では4. と5. 1. 2および5. 1. 3で三要素の視覚化に触れた。

5. 1. 5 隠喩

第3図の対話方式では画面上に操作と操作対象と履歴情報を表示しておくことができる。利用者はそれらを (マウスやキーボードで) 指示して選択できる。操作結果は画面遷移結果として即座に表示される。そして、この画面遷移と同期してコンピュータ内の状態遷移を制御しているのがモデル操作部である。

このように図3の方式をとる対話型システムの内部には、画面遷移と状態遷移という二つの「モデル」

が存在する。

画面上に視覚化（および聴覚化）された操作対象や操作の構造、およびそれらの遷移構造を隠喩（metaphor）と呼ぶ。画面遷移モデルは隠喩と呼びかえてもよい。隠喩の適否は、人とコンピュータの対話にとって非常に重要である。

5. 1. 6 直接操作とは

次の3条件を満たす対話方式を直接操作と呼ぶことにする。

D1. 相互参照場

対話の相互参照場が存在する。

D2. 視・聴覚化

対話を構成する三要素、すなわち対象と操作と時間のすべてについて視・聴覚化（あるいは、触・平衡感・嗅・味覚化）がされている。

D3. 整合

隠喩と利用者のシステムモデルとが実用上問題のない程度に整合している。

直接操作という言葉はShneiderman¹⁰の提案による。彼は、実在している一群の対話型システムに対して、それらの対話技法にこの言葉を当て、それらの対話技法の概念を適切に表現した。彼は「一群の対話型システム」の例として、Xerox Starシステム、テキストエディタとしてEMACSとVi、表計算システムとしてVisicalc、ビデオゲームとしてPac Man, Donkey Kongなどをあげている¹⁰。

なお、直接操作に関して他に述べられたものとしてHutchins³、Draper¹、守屋と中谷⁸などがある。

5. 2 直接指示と入・出力場の融合

キーボードやマウスを使用せず、画面上に取り付けられたタッチパネルを指で指示する方式をとれば、利用者は論理場における操作対象を直接指示（direct pointing）できる。このとき指は直接指示具となる。それに対し、図3の方式はマウス（または矢印キー）とカーソルを経由する間接指示方式である。マウス（または矢印キー）は間接指示具である。

その他の直接指示装置として、入出力一体型タブレットとスタイラスペン、画面と視線検出装置、頭部搭載型ディスプレイを2眼で立体視する装置とデータグローブなどがある。

これらの例からわかるように直接指示が可能となるためには、人の運動器（指や手や目や口）とほぼ「一体」となって動く入力装置（タッチパネル、スタイラスペン、視線検出器、データグローブ）によ

って直接、仮想世界の対象を指し示すことができ、それを仮想世界が検知するようしておかねばならない。

これは、入力する位置（入力場）と出力する位置（出力場）がほぼ一致していることを必要としている。

言いかえると、入力場と出力場の、部分もしくは全体がほぼ融合している必要がある。

間接指示の場合、例えばマウスが動く場所（入力場）と画面（出力場）とは異なっている。このように直接指示は間接指示とは性格を異にする対話方式といえる。このことを明らかにしたのは守屋⁸らである。守屋らは直接指示方式の特長として、この他に、仮想物を実物化すること、情報を隠ぺいする効果があること、などについて論じている。

6. 直接指示・直接操作による対話方式

「直接指示」は次世代ユーザインタフェースのキーワードである。直接指示が可能となるためには入力場と出力場の、部分もしくは全体がほぼ融合している（一体となっている）必要がある。本章は、そのような場に存在する対象を直接指示でき、しかも指示した対象に直接操作ができる対話方式について述べる。図4にこの方式の対話機構を示す。

この方式には、融合した場が仮想空間にあるか実空間にあるかによって、2通りの極端がある。6. 2節で前者を、6. 3節で後者について述べよう。6. 1節ではこの対話方式を実用化してゆくための要件を述べる。

6. 1 直接指示・直接操作への要件

5. 1節の話題は、いわば平面的な場に対する直接操作であった。しかし、5. 1. 6の定義D1では、相互参照場が3次元の立体空間（実世界または仮想世界）であつてもよい。

立体的な対話の場は、それが相互参照場となつているとき臨場感が高まる。すなわち利用者は立体的な世界に対して直接操作が可能であり、操作結果をコンピュータは立体的な画面や音の遷移、場合によっては触覚や嗅覚や平衡感覚に対する刺激として応答する。

立体的な相互参照場は、それが直接指示できるとき臨場感が飛躍する。人は直接、機械が生成する場で対象を指示し操作できる。

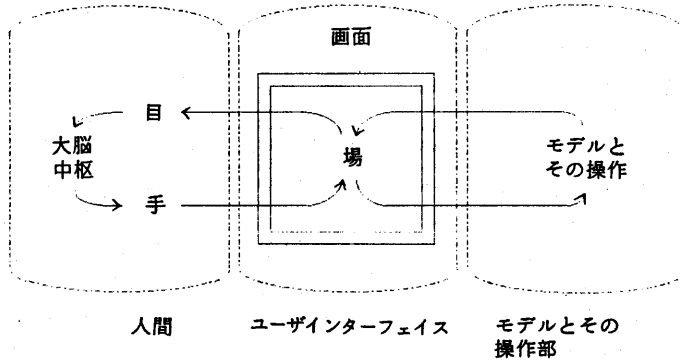


図4 直接指示・直接操作による対話機構

立体的な相互参照場は、それが直接指示および直接操作が可能で、しかも人の感覚と整合しているとき、臨場感は最大に近づくであろう。人の感覚と整合させることができれば、場が仮想世界にあるときは人類がこれまで行なつたことのない体験を仮想世界において積むことができ、場が実世界にあるときは人類がこれまで行なつてきた仕事の場をほぼそっくりそのままコンピュータが受け入れてくれる環境がつかれることになる。

直接指示・直接操作方式を実用化してゆく鍵は、従つて、相互参照場を人の感覚に整合させることができるか否かにかかっている。

6. 2 場の融合⁶⁾——人の場を機械の場へ

まず、対話の場と出力チャンネル(利用者の感覚チャンネル)との関係について考えてみる。

利用者の感覚チャンネルには視覚、聴覚、触覚、味覚、嗅覚、平衡感覚のなどチャンネルがある。これらのそれぞれを、対話の相互参照場と関係づける事ができる。関係の例として、「含む」、「等しい」、及びそれらの否定がある。以下に例示してみよう。

例1. 人がワープロを使って文書編集をしている場合、利用者の視界(視覚チャンネル)は画面上の文書編集の場(平面相互参照場)を「含む」。

例2. 偏光メガネをかけてグラフィックディスプレイ上の図形を2眼で立体視している人の場合、人の視界は図形表示の立体的な場を「含む」。

例3. ステレオをヘッドフォンで聞いている人の場合、機械が作る音場と人の聴覚チャンネルとはほぼ「等しい」と考えられる。これは機械の音場と聴覚

チャンネルとが「融合」していると表現できる。

例4. 人工現実(artificial reality⁶⁾)の場合、すなわち頭部搭載型のディスプレイを2眼で立体視している人の場合、人の視界と機械が生成する立体的な場とは「等しい」といえる。この場合、機械が生成する場は、人の視覚チャンネルと機械とを接続するばかりでなく、人の視覚チャンネルそのものとなっている。この意味で人の視界と機械が生成する場とは「融合」しているといえる。(しかし、「整合」しているとはいえないかも知れない。)

例1と2の場合、人は実世界に立ち、実世界の中の仮想世界を見ている。例1と2の本質的な差は場が平面か立体かにある。例3と4の場合、人は実世界に立ち、仮想世界だけを聞いたり見たりしている。例3と4の本質的な差は、場が聴覚場か視覚場かにある。

例2と4の場合をみてみよう。共通なのは、いずれも立体視していることであり、異なるのは、場が融合しているか否かである。ところが例2の場合にも、機械が生成する場へ人が引きつけられ、心理的に場が融合することも考えられる。従つて例2と4の本質的な差は場を融合する強制力にある。

人工現実感方式は、人の場(主として視覚場)を機械が生成する場へ融合する方式である。従つて入力場と出力場が融合しているので直接指示が可能となる。この場合の直接指示具の中核は3次元の位置・方向検出器であり、これを利用した製品がデータグローブやデータスーツである。

6. 3 場の融合¹⁾—機械の場を人の場へ

人が日常行っている仕事の場をほぼそのまま受け入れてくれる機械、すなわち機械の入出力場が人の作業場とほぼ一致した状態を目指したシステムが作られつつある。

一つの例は、古くから使われているタッチパネルとその表示画面である。

他の例は守屋²⁾が開発したストロークエディタである。このシステムでは、液晶表示画面とタブレット面が一体となったハードウェアによって入出力場が融合し、スタイラスペンが直接指示具となっている。相互参照場は平面であるが、そこは筆跡の入出力と編集ができる場、即ち電子的な用紙となっている。

これらのシステムは、機械の場を人の場へ融合する方式である。入出力場が融合しているので直接指示が可能となる。

7. 四つの対話方式の位置づけ⁷⁾

人間とコンピュータの対話の歴史を型どる代表的方式は、一括処理(バッチ処理)、コマンド言語、間接指示・直接操作、直接指示・直接操作の四つである。これらと仮想入出力チャンネルの統合(または融合)との関係を調べることで、四方式の位置づ

けを行なってみよう。

・一括処理方式

利用者は、まず紙カード上に、オフラインの紙カード穿孔機を用いてプログラムとジョブ制御言語を穿孔した。次に、その紙カードの束を紙カード読み取り機を用いてコンピュータに読ませた。結果はラインプリンタに出力された。人間が入力する場は紙カードの上、コンピュータが出力する場はプリンタ用紙上であり、対話の相互参照場は存在しなかった(厳密に言えばコンソールが相互参照場)。表1参照。

・コマンド言語による対話方式

人間と機械はディスプレイという物理的装置を共有した。しかし、人間からの入力と機械からの出力が、画面上で論理的に接続(または統合)されていなかった。

・間接指示・直接操作方式

人間と機械は、物理的にも論理的にも、表示と操作の場を共有した。ただし、指示具は間接的に操作された。即ち、入力と出力の物理的な位置が異なっていた。

・直接指示・直接操作方式

入力と出力の物理的な位置が一致し、そこが相互参照場となった。

第1表 対話の方式と装置(仮想チャンネル)の融合

装置分類 対話方式	人による 指令入力装置	人間から機械へ		機械から人間へ	
		指令表示 装置	指令操作 装置	指令表示 装置	指令操作 装置
一括処理方式	カード穿孔機 紙テープ 穿孔機	カード 紙テープ	カード読取機 紙テープ 読取機	コンソール ラインプリンタ タイプライタ	メモリ
コマンド言語による 対話方式	キーボード	ディスプレイ ----- 画面の最下行 画面上の、入力された コマンドの下			
間接指示・直接操作 する対話方式	キーボード 又はマウス	<ul style="list-style-type: none"> ・ ディスプレイ ・ 画面上のオブジェクト(ウィンドウメニューなど) 			
直接指示・ 直接操作する 対話方式	実 空間	<ul style="list-style-type: none"> ・ 入出力一体型の装置 ・ 画面上のオブジェクト 			
	仮想 空間	<ul style="list-style-type: none"> ・ 頭部搭載型ディスプレイ ・ 立体視空間オブジェクト 			

8. おわりに

本稿では、人とコンピュータとの対話の大局的な機構をできる限り体系化しながら、代表的な対話方式や概念をそのささやかな「体系」の上へ位置づけてみた。

文献5から9までと本稿を通じて筆者が独自に組み立ててきたものは、代表的な対話方式を4段階としたこと、その4つを「指示」と「操作」の直接性で位置づけたこと、直接操作の定義、場の概念、場と場の関係、場とチャンネルのそれぞれの融合、入出力場の融合（一体化）と直接指示との関係、次世代対話方式のキーワードを直接指示としたこと、頭部搭載型ディスプレイや入出力一体型タブレットなどを直接指示の名の下に概念統一したこと、本稿上の図と表、などである。

しかしながら、次世代のそのまた次世代を特徴づける概念は何かなど、本稿の不十分な「対話機構」からは説明できない疑問点もある。過去や現在を説明し将来を予見するのに役立つ対話機構について今後も検討を続けてゆきたい。

謝辞 本稿作成に御協力いただいた卒研究生 任向実君、谷中 大君に感謝します。

参考文献

1. Draper, S. D.: Display Managers as the Basis for User-Machine Communication, User Centered System Design (Ed. Norman, D. A. and Draper, S. W.), Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1986, pp.339-360.
2. フォーレイ, J.D.:近未来のインタフェース, サイエンス, 12月号, pp.77-85(1987).
3. Hutchins, E. D., Hollan, J. D. and Norman, D.A.: Direct Manipulation Interfaces, User Centered System Design (ed. Norman, D. A. and Draper, S. W.), Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1986, pp.87-124.
4. Kruger, M.W.: Artificial Reality, Reading, MA: Addison-Wesley(1983).
5. 守屋慎次:インタラクションの空間と記述ツール系, 情報処理学会「計算機システムのヒューマンインタフェース—モデル・評価・展望」シンポジウム, 4月(1988年).

6. 守屋慎次:ユーザインタフェース技法、情報処理、第29巻第10号、1988年10月、pp.1097-1108
7. 守屋慎次:ユーザー・インタフェースの研究・開発動向—そのニーズとシーザー、日経コンピュータ、別冊「ソフトウェア」、日経B P社、1989年7月、pp.21-36.
8. 守屋、中谷:コンピュータとの対話機構と直接操作インタフェース、システム制御情報学会誌, Vol.33, No.11, pp.568-579(1989).
9. 守屋、清水、森田、稲井:ストロークエディタと電子文具、計測自動制御学会, Human Interface N&R, Vol.5, No.1, pp.41-48(1990).
10. Shneiderman, B.: Direct Manipulation: A Step Beyond Programming Languages, IEEE Computer, August 1983, pp.57-68
11. Shneiderman, B.: Designing the User Interface, Addison-Wesley, Menlo Park(1987). 東基衛, 井関治監訳, ユーザインタフェースの設計, 日経B P社, 1987.