

ユーザ・インタフェースにおける学習促進性

神 岡 太 郎

1 はじめに

我々は日常、様々な問題解決（ここでは問題解決を広く日常の活動にまで広げて考える）を行っているが、振り返って考えると、何の補助もなく単独で問題を解いているということはむしろまれである。我々が問題を解決しているとき、それを補助することを意図して設計されたり、使用されるものを、広い意味で道具（ツール）とよぶことにする。料理をするときは包丁やまな板を使うし、移動するには靴を履いたり、車に乗ったりする。ものを考えたり覚えたりするときも頭をだけではなく、ノートや鉛筆、それにパソコン等の電子ツールを使っている。そのようにしてゆくと認識主体が単独ではなく、道具と一体化した形で問題解決に臨んでいるのだというとらえ方をすることができる。

エレクトロニクスの発達により、様々な道具が出現している今日、我々はますます道具に依存して生活するようになってきた。しかし技術の発達は道具の機能を大きく向上させたが、ユーザにとってそれが使いやすくなったかどうかという点では十分進歩したとは言えない。高機能な道具であるにも関わらず、それを敬遠するという現実には、人間と道具との間のユーザインタフェース（以下単にインタフェースと略す）がいかに重要であるかを再認識させてくれる。このような状況を背景にここ10年ほどの間に、人間と道具の関係を分析し直し、今後道具と認識主体である我々との間のインタフェースをどう設計してゆくべきかというテーマが、認知科学、特に認知工学の大き

な関心事となってきたのである。

これまで認知工学が道具を設計する上で重視してきたことは、最終的には問題解決のパフォーマンスや効率をいかに上げることができるかということであった。これはインタフェースにおいても同様で、ユーザの作業効率向上や認知負荷軽減を通して、同じ方向を目指している。それはそれで重要なことなのであるが、問題はそういった視点に立った道具やインタフェースの設計が短期的な視野において考えられていることである。インタフェースをインプリメントするときの基本である「わかりやすい」「使いやすい」といった概念は、ほとんどの場合、初めてその道具を使う人でも簡単に操作できることだ、と受け取られ、そこで止まっている。しかし、ユーザには潜在的な学習可能性があり、時間とともに道具の操作についても上達し得るものなのだ。現在のパソコンのインタフェースも、最初短時間である程度の操作ができるようになるが、それから後は相当意識的に（あるいは好きで無意識に）学習しなければ、操作に関する知識や技量が上がらない。パソコンと長い時間接していても、使っている内に自然に、そのパソコンに関する知識や操作の仕方を学べるような仕組みになっていないからだ。

このようなユーザの学習可能性に対応するためには、インタフェースがユーザの変化に適用してゆくという受け身のアプローチだけでなく、ユーザの学習チャンスにより積極的に関わってゆくことが重要だと考えられる。本論文では、これまで道具とユーザの関係を考える上で欠けていた、次の2つの視点を、今後の道具設計に導入することを提案する。一つは、ユーザ側が道具を操作する能力や知識を向上させるために、インタフェースがいかに貢献かという視点であり、もう一つは道具側が自己表現することによって、両者の自然な関係を形成する出発点（その関係においてユーザが自然に学んでいける状況）にしようという視点である。

この2点について説明する前に、次章ではこれまで認知科学が道具とユーザをどうとらえてきたかを簡単に説明する。

2 認知科学と道具

2.1 道具とユーザの関係

認知科学では、ユーザとの関係で、道具を次の (a) (b) (c) のようにとらえることが多い。

- (a) ユーザの能力を増幅するもの
- (b) ユーザの問題解決空間を変換するもの
- (c) ユーザの外的資源

(a) では、我々の能力をより強化することによって、我々が単独ではできなかった問題を解決したり、より少ない力でその問題が解決できるようにするものとする。道具に対する最も古典的な見方と言ってよいだろう。[Engelbart, 63] は計算機が世の中に出現して間もない頃から、すでにパーソナルコンピュータに相当するものを我々の知能を増幅する道具としてとらえ、現在の GUI の基礎を考え出していたのは注目し値する。

(b) では、与えられた問題を再構成し、別の問題に変換するものととらえる。道具を使う場合と使わない場合では別の問題を解いていることになり、ユーザにとってはそれに対応した能力が必要ということになる。例えば船の時速を測定するという問題では、航海士は計算尺という道具を使うことによって、単独では手の及ばなかった問題を、比較的簡単に操作できる問題に変換することができるわけである [Hutchins, 90] (実際の時速計算には手軽な3分ルールが好まれているようだが)。

(c) では、まず我々のもつ認知が依存し、利用する資源というものを仮定する。そして学習や経験の結果も含めて、我々に内的に備わっている資源を内的資源、自然物、人工物、図、社会といった、外的に利用されるものを外的資源とする ([JCSS, 95] 参照)。後者が道具に対応する。例えば、我々のもつ記憶システムという内的資源に対して、環境に存在するものを外的資源メモリとして使うことができる。[Beach, 88] の観察によると熟練のバーテンドーは、注文されたカクテルに対応して形や色の異なるグラスをカウンタ

ーに置くことで、何が注文されているか分かるようにしているということである。ここではグラス（の属性と配置）という外的資源が（バーテンダーとの相互作用的行為の中で）、問題のデータ構造の一部を表現してくれるディスプレイ（メモリ）の役割を果たしており、これによって熟練のバーテンダーは初心者バーテンダーに比べて手際よく注文をこなしているわけである（これは Display-Based Problem Solving [Larkin, 87] [Larkin, 89] の例として取り上げられている）。

もちろん (a) (b) (c) は道具を分類するためのものではなく、道具に対する見方を示している。電卓という同じ道具でも、(a) からみると人間の能力を超えてより速く、より多くの桁の計算ができる能力を与えてくれるものであるし、(b) からみると暗算というメンタル操作を、表示を見ながらボタンを押すという操作しやすい問題に変換してくれるものであるし、(c) からみると本来我々が負担すべき計算と記憶の負荷（の一部）を、分担してくれる外的資源ということになる。(a) (b) (c) の見方は、むしろ関連させて考える方が道具の全体像がとらえやすいかもしれない。[Norman, 90] では (a) を「人間+道具」のアプローチ (System View)、(b) を「道具+問題」のアプローチ (Personal View) とよんで区別している。また (b) と (c) の考え方は、認知主体と他の認知主体や外的資源を含めた環境全体の中で問題解決をとらえようとする、状況理論 (Situation Theory) [Brown, 89] [Lave, 88] [Suchman, 93] や分散認知 (Distributed Cognition) [JCSS, 94] という研究領域に集約されており、工学的には知的エージェントやグループウェア研究 [Greif, 88] に大きな影響を与えている。

2.2 よい道具とは

よい道具とは、2.1の (a) に基づくと人間の能力をより強大にしてくれる道具、(b) に基づくと対象問題を人間が解くのにより有利な問題に変換できる道具、(c) に基づけば内的資源を使わずにあるいは、内的資源とうまく組み合わせるとうまく問題が解ける道具ということになる。さらに道具に関

しては、我々が「便利だ」と評価している基準があるが、それに関する研究領域を3つ紹介しておこう。3つとも道具を使用する機会(時空間)をどれだけ拡大できるかに関連している。

一つは携帯性、モバイルという特性によって、ユーザがいつも必要に応じて道具が使えるようにする研究である。古くは置き時計から腕時計、現在ではデスクトップパソコンからモバイルPC、PDAという方向性がそうである。最近の研究では計算、記憶、情報収集機能をもつ機器を身につけて活動できる、密着型コンピューティング(Intimate Computing) [Lammimg, 95] が提唱されている。

二つ目は、我々の活動する環境のいたるところに道具が埋め込まれていて、ちょうど家の中のどこにいても近くに電気コンセントがあって電気を使えるように、情報も取り出せるような環境を作ろうという研究である。特に第一番目の携帯性と組み合わせて、どこにでもあるコンピューティング(Ubiquitous Computing) [Weiser, 93] という考え方がよく知られている。

三つ目は、問題空間に仮想性を導入し、そこで問題解決に必要な情報を再構成して提示したり、問題解決に役立つ情報を外部から与えたり、操作性を高めたりする研究。これには現実の物理空間とは別の空間において問題を扱おうとする仮想現実感(Virtual Reality) [Rheingold, 91] や、現実の物理空間と仮想空間を知覚空間上で重ねあわせる拡張現実感(Augmented Reality) [Nagao, 97] があげられる。

2.3 ユーザにやさしいインタフェース

1980年代後半、計算機のユーザが専門職から一般人に広がるにつれ、計算機(道具)とユーザ間のインタフェースが重視されるようになってきた。確かに全く同じ仕事をするソフトウェアでも、異なるインタフェースを与えると全く別の道具を使っているように感じられる。それがさらに一般化されて、あらゆる道具に関して、インタフェースの善し悪しが、我々の仕事のやりやすさを大きく左右することが認識されるようになってきたわけである。

インタフェース研究は当初, [Norman, 86] らが唱えるユーザ中心主義的アプローチが主流であった。つまりユーザが道具を使って問題解決をすることを補助してくれるインタフェース, ユーザにやさしい (user-friendly) インタフェースが求められた。しかしユーザ中心主義は, 我々の認識機構の合理性を基盤にしていたために, [Winograd, 86] や先に述べた状況理論や分散認知に基づく人類学的アプローチからの批判を浴びることになった。例えば, 我々はしっかりとしたプランを立てて問題を解決しているのではなく, 環境との相互作用によって状況を変えながら行なっているので, インタフェースとしてはユーザのプランニングやそれに基づく問題解決を支援するのではなく, 相互作用性を重視すべきだというような批判がなされたわけだ。

ただ, このような対立はあるものの, 現在の認知工学の方向性は前者を基礎に後者の中からインプリメント可能な要素を引き出しながら「分かりやすく」「使いやすい」インタフェースを目指している。例えば現在の GUI (Graphical User Interface) は, WYSIWYG (What You See Is What You Get) という点でユーザ中心主義的な考え方でもあり同時に, 相互作用性やアフォーダンス [Gibson, 79] [Sasaki, 96] の要素も考慮されている。

しかし, どちらのアプローチを基礎にするにしても, 現在の道具インタフェースを見渡すと, その時点その時点で, ユーザがいかに問題解決を解決してゆくかという点だけが重視されていることに気づく。相互作用主義における即興性 (Improvisation) にしても, ユーザ中心主義に基づくユーザにやさしいインタフェースにしても, 時間軸に従って道具とユーザの関係がどのように変化してゆくのかという視点に欠けている。これは 2.1 の (a) (b) (c) においても同様で, これまでその場その場の効率やパフォーマンスという視点から道具をとらえようとしてきたのである。そのような反省から, これまでの道具やインタフェースの設計で欠けていた見方を 2 つ取り上げ, 次の 3 章と 4 章で述べることにする。

3 インタフェースのもつ学習促進性と Learning by Using

3.1 なぜ長い時間使っても道具が使いやすくないのか

パソコンやPDAをはじめ、我々の活動の基盤を支える高機能な道具が増えており、我々はその道具と長い時間接して活動しているのに、そのインタフェースは時間軸という視点で設計されていない。多くのインタフェースはユーザが初めてその道具を使用してもある程度操作できることを主眼に設計されているが、ユーザがもつ潜在的な学習の可能性について考慮されていないのだ(なお、道具側をユーザに適応させるための学習機構は、一部を除いて近未来的には非常に実現困難なことがわかってきている)。この点について、いくつか例を上げながら説明していこう。

オートマチック車のユーザは、セカンドギアがあるということを知っているながら、オートマチックシステムに常に依存しているために、それを適切に使用できていない、としばしば指摘される。オートマチック車では、ギアの変速過程を自動化することによって、運転をより楽にさせることを意図しているのだが、マニュアルギアを運転している人では滅多に起こさないような事故をしばしば起こしてしまう。セカンドギアをエンジンブレーキとして使用していたら助かったかもしれないような事故がそうである。目の前にセカンドギアのシフトレバーがあるのに、それをどうし使えるようになれないのか。その時その時は運転しやすい仕組みになっていても、運転者の技量向上を支援する仕組みや配慮が設計上なされていないのだ。この例を考えると、現在のインタフェースに共通する問題が浮かび上がってくる。つまり、道具を使用している最中に、ユーザの学習可能性を生かして、学習が促進されるようなインタフェースになっていないため、長い時間その道具を使用しても、思ったほど道具の操作に関する技量が向上しないのである。

現在のパソコンのGUIは見てすぐ「分かりやすい」「使いやすい」、短時間に慣れて大体の操作ができるようになる、という意味ではよくできている。しかし、それ以降はいくら使っても、使っているだけではなかなか知識が増

えない。道具自体の機能が上がった結果、ユーザの問題解決能力は道具自体をいかに使いこなすかということにますます依存してきているので、道具自体を使う技量をいかにユーザに提供するかが重要なテーマになるはずなのだが、今の道具はむしろユーザが学習したり技量を向上させにくくなっている。結果として、我々のまわりには、その道具を廃棄するまでに長い時間使っているのに、一度も使ったことのない機能がいかに多いことに気づく。ビデオデッキ一つとっても、もちろん不必要な機能もあるのかもしれないが、それ以前にそれが何の機能なのかかわからないものがたくさんある。

実際ユーザは、説明書を読んだり、教習を受ける等、意識的に学習しようという心構えと時間をつくらなければ、現在の複雑な道具を使いこなすことは難しい。しかし、我々は実践的に問題解決しているときに、最もその問題解決に関する知識を獲得するチャンスを得ている。それと同様に、その道具を使っている時が、その道具の使い方を理解する最も効果的なタイミングなのに、そのチャンスを無為にしているのは非常に惜しいことである。することによって学ぶ (Learning by doing) [Anzai, 79] が効果的であるように、使うことによって学ぶ (Learning by using) ことを有効にする枠組みを作り上げることが重要ではないだろうか。その道具を問題解決現場で使っているときに、我々は最もその道具の使い方を実感とし、体得できるからだ。例えば、システムファイルを削除しようとしたときに、パソコンの OS はそれで本当にいいのかを確認してくるが、ユーザにとってはこのファイルが捨てられるとまずいということから始まって、そのファイルの役割を知る貴重なチャンスであるはずなのだ (実際はユーザがそのファイルを消去するかどうかの意志確認で終わっている)。このように、ユーザの作業中にはユーザが道具に関して知識を増やすチャンスに溢れていることを再認識する必要がある。

なお、アプリケーションによっては、ナビゲータ等がインタフェースの使い方について教えようとするものもあるが、それはその場の問題解決のサポートを意図しているだけなので、学習促進性とは区別した方がよいだろう

(学習効果を念頭においたものでないということは、いつまでたっても同じことを伝えるナビゲータが介入してくることからもわかる)。

3.2 Learning by Using を促進するためには

ここでは Learning by Using を促進するためのヒントになると思われる仕組みを4つ上げておこう(個々の道具によって事情が異なるので、有効なものそうでないものがあるし、コストも無視できない)。

第一は、適切だと思われる道具の使い方、あるいはそれに必要な知識や情報を適切な時点でプロンプトしてやること。例えばオートマチック車の場合、ユーザがアクセルを踏んでいるのに速度が落ちていたり、フットブレーキを頻繁に踏みながら速度がどんどん上がっていくような状況では、インタフェースからセカンドギアを使うことを示唆してやる、ということが考えられる。

一般に道具とユーザが相互作用的に問題を解決するように設計されている場合というのは、完全自動化が無理なのである(セカンドギアをいつ使用すべきかということをマシンの方が完全に自動判断するというのは現状では無理だし、もし完全自動化ができるならセカンドのシフトレバーは必要ないはずだ)。しかし、正しい解を提示することは無理にしても、適切な操作の可能性を示唆し、相互作用的にユーザがその選択を決めればよいわけである。重要な学習要素を気づかせようというプロンプト機構をインタフェースに組み込むことによって、ユーザに学ぶきっかけを与えるようにしてやるのである。

第二に、学習すべき操作や知識に関してコンテキストを与えてやること。特定の知識、操作は、全体と独立しては意味をなさないことが多い。ある操作を行ってトラブルが起こったとしても、その操作そのものに問題があるのではなく、特定の状態で他の要因も絡んでその操作を行ったために起った。ということによくあることだ。それと同様に、ユーザがある操作を行ったとき、道具がどういう状態であったのか、それはどういう仕組みの中で起こっ

たのかという情報が、道具に関するユーザの知識構築に役立つと考えられる。

そのためには、次章で述べることにも関係するのだが、道具内部がどういう仕組みでどういうプロセスにあるのかに関する情報を適切な表現方法で提示してやることである。例えばオートマチック車に、アクセルからの入力、シフトレバーの選択と、エンジンの状態、出力の関係がリアルタイムでわかるように液晶ディスプレイに表示するプログラムがあればどうだろう。もちろん単に4つ目盛りがあって、それが表示されているだけではユーザに複雑な認知操作を要求するので望ましくない。ユーザの技量や知識獲得に関連すると思われる内部機構間の関係性を適切にディスプレイにマッピングしてやる必要がある。エンジンプレーキがかかっているという状態をビジュアルに表示することができれば、第一のところでプロンプトされたセカンドシフトの選択がエンジンプレーキとしてどのように有効なのかということが、実感できるはずだ。

第三はユーザが過去に経験した問題解決の知識を利用可能にしてやること。ユーザが過去にせっかく苦勞して行った問題解決のプロセス（道具の操作方法）は、ユーザがノートに記録でもしていない限り使えないし、ユーザがそれを行うとしても非常に手間のかかることだ。過去に似たような問題を解いたときのプロセスを、ユーザの要求に応じて引き出しやすいようにするか、それをプロンプトするように仕組みでみてはどうだろうか。正しい答えでなくとも、ユーザはそれをヒントに、あるいはそれを基に類推することによって、その時の適切な操作の仕方や解決方法を見出すかもしれない。例えばパソコンにおいて、モデムカードのインストールで躓いているときに、過去にLANカードを試行錯誤してインストールして、LANに接続したときのプロセスの一部を使ってみては、と示唆されたり、その時の情報が使えると、そのユーザは助かるかもしれない。ヘルプ機能やマニュアルをひっくり返すよりも、自分で体験した貴重な知識や経験を利用できる方がユーザにとっては有効な場合が多いであろう。過去のユーザのアクションをうまく記録し、アナロジーを支援してやる枠組みをインタフェースが備えることができれば

強力である。

第四は、道具の使用に関して適切なフィードバックを与えること。ユーザはその道具を使用しているときに、新しい操作方法や知識を獲得するきっかけになるような操作を多く行っているのにも関わらず、それに気づかないために、学習のチャンスを失っている。運動選手が練習や試合中にたまたまうまく行ったことをコーチによって指摘されることで、セルフトレーニングでは獲得できない技が身につくように、インタフェースが何らかの評価を与えてやるのが、道具の操作に関する技量を高めることにつながる。

野球の木のバットは、ボールが芯に当たるかどうかでグリップから打者の手に伝わる感触が異なるようになっている。高校野球では(折れにくく、ボールの飛距離の出やすい)金属バットの使用が認められているが、練習では敢えて木のバットを使用するチームがある。金属バットでは、木のバットがもつフィードバック特性が顕著でなくなっているためだ。うまくバットを操作したことをバット自体がフィードバックするように、ユーザのアクションに対する評価がフィードバックされる機構が自然に埋め込まれた道具(インタフェース)を工夫することが有効ではないだろうか。

以上4点に共通に言えることは、インタフェースが「この状況ではこうしなさい」という方式でなく、ユーザの自主的な知識構築や技量獲得を支援するという点である。それは、ユーザが求めようとしていることを状況に応じて正確に検出することが、現在のインタフェースや人工知能技術において困難であるという消極的理由だけではない。そのような学習モデル(Instruction Design)でユーザに伝えられるのは、対象知識が明確に表現できる概念モデル(教師モデル)が存在する場合であって、ユーザが使うことによって自ら構築してゆくような知識(メンタルモデルとよばれる [Norman, 83])には適用できないからである。もし適切な概念モデルがあるなら、インタフェースは、マニュアル等から関連するページを表示することができるであろう。しかし、ユーザがメンタルモデルとして形成されてゆくような知

識では知識形成プロセスそのものが重要であり、そのプロセスを道具側が指示することはできない。結果としての知識を伝えるのではなく、ユーザが自ら技や知識を獲得しやすい状況を道具の設計において考慮することが有用なのである。なお、このような知識構築に関しては、教育工学で構成主義 (Constructivism) アプローチとして知られている (例えば [Kamioka, 96] 等を参照されたい)。

4 自己表現するインタフェース

道具とユーザの関係が継続的になればなるほど、ユーザにとって道具は単に機能を果たすもの以上の存在になり得るし、長い目で見た場合、そういった関係づくりが、ユーザにとって使いやすく、うまく使いこなせる道具につながると考えられる。泥まみれのマイカーを、可哀想にと言いながら洗車するユーザほど自然に車を使いこなせるようになってゆく。そのような車ほどユーザに対して高い学習促進性をもつことになる。我々は、接することによって愛着や喜びや楽しさを与えてくれる道具の特性をもっと評価してもよいのではないだろうか。

これまで多くの道具設計者は、ユーザの操作をできるだけ減らし、ユーザの認知負荷を小さくするために、その道具内部をカプセル化あるいはブラックボックス化しようと努力してきた。確かに現在のパソコンや自動車のような複雑な道具の内部をすべてユーザに見せて、細かく操作を要求するところは現実的ではない。しかし、道具内部の仕組みや状態をブラックボックス化するだけでは、必ずしもその道具を快適に使うということにつながらない。

少し古い例だが、アップル社の Macintosh では初期のバージョンから、システムが作業中であることを示すために、砂時計のカーソルアイコンを表示している。これは短気なユーザが安易にリセットしてシステムを破壊したり、内部で何をやっているかわからないためにユーザが不愉快な思いをすることを回避することを意図していた。当時コマンドライン型のパソコンに慣れていた多くのユーザは、このアイコンの新鮮さに驚き、愛着を感じた。最

近トヨタ自動車が開発したハイブリッド車 Prius は、動力駆動がモータとエンジンで切り換わるようになっている。これは燃費や排気ガスなどを考慮して、車の方が自動的に選択するのだが、ここで注目したいのは環境や効率の問題との関わりではなく、その切り換えをユーザに伝えるインタフェースが存在するという点からである。実際ユーザにはこの切り換えをコントロールできないので、その情報はユーザのアクションに何も影響しないし、車を運転するという点からすると不必要な情報である。にも関わらず、開発者は、多くのユーザがその情報を得られることに何らかの満足感(それは環境問題に貢献しているという満足かもしれないし、時代の先端をゆく車に乗っている満足、あるいは燃費よく志向している等様々だが)や一種の共感を覚えると考えていることは、この車の広告をみるとよくわかる。それによってこの車を買って運転するユーザの価値感を積極的に刺激してくれるわけだ。

これまで、人間の作業を邪魔しないような控え目なインタフェースを設計してきた製造業の開発者は、道具とユーザの間の相互作用的な関係をもっとダイナミックに変化させる枠組みを模索しはじめてるように感じられる。道具内部(の一部)を自ら何らかの方法で見せようとすることによって、自己主張し、リアリティを提供するインタフェースに挑戦してゆくことが、道具とユーザの自然な関係を形成するための出発点ではないかと思われる。

筆者はかつて、会話の内容によって顔の表情が変化する若い女性のアニメーションを組み込んだ、自然言語による対話インタフェースの開発に参加したことがあった [Kamioka, 92]。そのインタフェースの主眼は、ノンバーバル・コミュニケーションが自然言語では伝え切れない不完全な部分を補ってくれる、という点にあった。確かに当時一般的だった、自然言語だけの対話インタフェースに比べると、筆者の主観では非常に自然なインタフェースが実現できたと感じていた。今振り返ってみると、そのシステムの斬新さは、ノンバーバル・コミュニケーションというよりも、キャラクタをもったインタフェースが自己を主張し、表出することが、ユーザに相手 YOU という存在を意識させたことなのかもしれないと思った。例えばそのインタ

フェースはユーザのリクエストによっては、怒った表情を見せてそれに応えることを拒否したりすることができた。これは道具ではないが、様々なわがままを言ってプレイヤーに手をかけさせる、最近人気になったペット型ゲームも、それに類似する要素があって、プレイヤーをあそこまで感情移入させたのではないかと考えられる。もちろんユーザの言うことをきかないことがいいと言っているのではなく、存在を感じさせるインタフェースが自然な道具とユーザ間のコミュニケーションを実現するのだということである。

ビジネスで道具をつくっている人たちが、これまで効率優先主義で道具やインタフェースの設計を行ってきたのを、どうい観点からするとユーザに満足が得られるのかという方向へシフトしていくのは自然なことである。それに対して、アカデミック領域では、そういった要因をあやふやな要因として道具の設計思想に加えることを拒否しては、いつのまにか現実離れということにならないだろうか。そういった非機能的な要因が、ユーザの積極的なアクションを引き起こすことに深く関わっているかもしれないからだ。アカデミック領域でも、道具とは何かということ、これまでの概念にとらわれずに研究してゆく必要があるのではないだろうか。

謝辞

本論文をまとめるにおいて、ヤマハ発動機の望月博文氏との議論がきっかけになったことを彼に大変感謝しております。

参考文献

- [Anzai, 79] Anzai, Y. & Simon, H. A.: The theory of learning by doing, *Psychological Review*, Vol. 86, pp. 124-140.
- [Brown, 89] Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P.: Situated cognition and the culture of learning, *Educational Researcher*, Vol. 18, No. 1, pp. 32-42 (1989).
- (ブラウン, J., コリンズ, A., ドゥーグッド, P. 著, 杉本卓 (訳): 状況に埋め込まれた認知と, 学習の文化, 安西他 (編), 認知科学ハンドブック, pp. 36-51 (1992)).

- [Beach, 88] Beach, K. D. : The role of external mnemonic symbols in acquiring an occupation, Gruneberg, M. M. et al (eds), Practical aspects of memory : Current research and issues, Vol. 1, Memory in everyday life, Chichester, NY : John Wiley & Sons.
- [Engelbart, 63] Engelbart, D. C. : A Conceptual Framework for the Augmentation of Man's Intellect, Vistas in Information Handling, Vol. 1, London, Spartan Books (1963).
- [Greif, 88] Greif, I (ed.) : Computer-Supported Cooperative Works : A Book of Readings, San Mateo, CA, Morgan Kaufmann (1988).
- [Gibson, 79] Gibson, J. J. : The ecological approach to visual perception, Boston, MA : Houghton Mifflin (1979).
- [Hutchins, 90] Hutchins, E. : The technology of team navigation, In Intellectual teamwork, Galegher, Kraut & Egidio (ed.), pp. 191-220, Erlbaum (1990).
- [Hutchins, 94] Hutchins, E. : Where is the intelligence in a system of socially distributed cognition ? (社会的分散認知システムにおいて知はどこに存在しているか?), 日本認知科学会, 認知科学の発展, Vol. 7, pp. 67-80 (1994).
- [JCSS, 94] 日本認知科学会編集 : 認知科学の発展 特集 : 分散認知, Vol. 7 (1994).
- [JCSS, 95] 日本認知科学会編集 : 特集 : 認知における内的, 外的資源, 認知科学 Vol. 2 No. 4 (1995).
- [Kamioka, 92] 神岡太郎 : おしゃべりロボット「ガイドさん」, 月刊言語, 10月号, pp. 80-83 (1992).
- [Kamioka, 96] 神岡太郎 : Constructivismに基づく新しい学習環境, 一橋論叢 Vol. 112, No. 5, pp. 157-176 (1996).
- [Larkin, 89] Larkin, J. H. : Display-based problem solving, Klahr, D. & Kotovsky, K. (Eds.) Complex problem solving, Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates (1989).
- [Lammimg, 95] Lammimg, M., G. & Flynn, M. (村越真訳) : Forget-me-not, 認知科学, Vol. 2, No. 1, pp. 16-25 (1995).
- [Larkin, 87] Larkin, J. H. & Simon, H. A. : Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words, Cognitive Science, Vol. 11, pp. 65-100 (1987).
- [Lave, 88] Lave, J. : Cognition in practice : Mind, mathematics and culture in everyday life, New York, NY : Cambridge University Press (1988).
- [Norman, 83] Norman, D. A. : Some observations on mental models. Gentner,

- D. & Stevens, A. L. (ed), *Mental Models*, Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates (1983).
- [Norman, 86] Norman, D. A. & Draper, S. W. (eds) : *User Centered System Design : New Perspectives on Human Computer Interaction*, NJ : Lawrence Erlbaum Associates (1986).
- [Norman, 90] Norman, D. A. : *Cognitive artifacts*, Paper presented in the workshop on cognitive theory and design in human-computer interaction (1990).
- [Nagao, 97] 長尾 確 : エージェント拡張現実感——エージェントによる実世界と情報世界の統合——, *情報処理*, Vol. 38, No. 4, pp. 257-266 (1997).
- [Rheingold, 91] Rheingold, H. : *Virtual Reality*, London : Secker & Warburg (1991).
- [Sasaki, 96] 佐々木 正人 : 環境という証拠——エコロジカル・リアリズムの観点——, *認知科学*, Vol. 3, No. 2, pp. 36-49 (1996).
- [Suchman, 93] Suchman, L. : *Response to Vera and Simons's Situated Action : A symbolic interrelation*. *Cognitive Science*, Vol. 17, No. 1, pp. 71-76 (1993).
- [Weiser, 93] Weiser, M. : *Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing*, *Communications of the ACM*, Vol. 36, No. 7, pp. 74-85 (1993).
- [Winograd, 86] Winograd, T., & Flores, F. : *Understanding Computers and Cognition : A New Foundation for Design*, Norwood, NJ, Ablex (1986).
- (一橋大学助教授)