

ハイパーメディアと教育II

—アラン・ケイを中心に—

浜野保樹

Hypermedia and Education II

Yasuki Hamano

Abstract

The concept of hypertext presented by V. Bush and D. Engelbart influenced the development of hypermedia by A. Kay. The concept of media is often ambiguous, for example, what is the concrete relationship between media and a symbol system, and what is the influential of M. McLuhan's theory on media development. Since hypermedia has strong audio-visual functions, the use in computer assisted instruction(CAI), especially drill and practice type, is often discussed as a most possible application of hypermedia. However, the concept of hypermedia is entirely different and inconsistent with the existing CAI programs. While CAI is based on the behaviorism theory of psychology which leaves the process of thinking as a "black-box", the most essential characteristic of hypermedia is to unveil the process of thinking and try to assist it.

キーワード

ハイパーメディア ハイパーテキスト パーソナルコンピュータ CAI
行動主義

ハイパーテキストの経緯

ハイパーメディア (hypermedia) は、ハイパーテキスト (hypertext) という概念から派生したものだと考えられている。ハイパーテキストという言葉はコンピュータに関する文明論者として知られるテッド・ネルソン (Ted Nelson) が1967年に作ったものである。概念としてのハイパーメディアを最初に提示したのはアラン・ケイ (Alan Key) で、1977年に「メタメディア (metamedia)」という言葉で表現した。1980年代に入り、ハイパーメディアという言葉が使われるようになった。

1930年代にマサチューセッツ工科大学 (MIT) でアナログ・コンピュータを開発した数学者、ブッシュ (Vannever Bush) は、第二次世界大戦終了直前の1945年、思考を支援する道具に関する論文を発表した。当時ブッシュは、ルーズベルト大統領の科学顧問で、原爆開発 (マンハッタン計画) などの戦争技術開発を行っていた研究開発局の局長であった。

「我々が考えるように」という題名がつけられた論文では、米軍が開発中であったデジタル・コンピュータに言及せず、仮想の装置 Memex を提案している。コンピュータが大砲の弾道を機械に計算させて、その答えを出させる目的で開発されたのに対し、Memex は人間の思考を助け、思考過程に沿って情報を扱う機械である。あくまでも人間の知的活動を支援するものに限定されている。その点で、人間の思考を機械に肩代りさせようというエキスパート・システムや人工知能の研究と一線を画している。その後のハイパーテキストの研究も、ブッシュの方針を引き継いでいる。

日本降伏の直前、アメリカ海軍のレーダー技術者だった20歳のエンゲルバート (Douglas Engelbart) は、フィリピン赤十字の図書館で偶然この論文を目にした。彼は、「最も重要なのは知識の全体量を増加させるための方法を発明するのではなく、すでにどこかに見つけられて隠れている答えをつきとめる方法で」(ラインゴールド、1987、244頁)あり、その方法を開発しようと思った。1950年頃は、コンピュータの入出力方法としてはパンチ・カードがせいぜいであったが、エンゲルバートはレーダー技術者の経験から、スクリーンに情報を提示できるはずだと考えた。ブッシュの論文を読んでから20年近い歳月が経過し、スタンフォード研究所 (SRI) の研究員になっていたエンゲルバートは、1963年、情報 (エンゲルバートはシンボルという言葉を使う) を顕在化させて自動的に操作するシステムを提案する論文を発表した。このシステムを「拡大化 (augment) のための手段」という意味から「オーグメンテーション」と名付けた。

論文の題名は「人間の知性を増幅するための概念的枠組み」となっており、ブッシュの題名を具体化したようなものだった。オーグメンテーションの機能の一部は、現在のワードプロセッサと近似している。「人間が概念を提示するためのシンボルは、目の前で複雑な規則 (特別の技術を使って、人間によって提供される情報の最小の単位にきわめて早く反応する) に従って、編集され、移動し、保存され、呼び出され、操作される」。エンゲルバートは、ブッシュのアイデアを進展させる過程で、明確にワードプロセッサの機能を表現する結果となった。

集団での意志決定を支援するオーグメンテーションのアイデアに関心を示した国防省の ARPA (Advanced Research Projects Agency) は、エンゲルバートに資金援助を行うことになった。その資金で、SRI 内にオーグメンテーション・リサーチ・センター (ARC) が設置された。1968年頃には、試作機のデモンストレーションができるくらいになっていた。ARPA は引き続き、意図的にか偶然にか、ハイパーメディアに関するプロジェクトを積極的に支援し続けることになる。ARPA のハイパーメディア研究に対する支援は、1970年の「マンسفールド修正案」の可決まで続く。この法案の成立によって、ARPA は多くの研究の支援を打ち切ったが、ARC もその例に漏れなかった。

1959年にハーバード大学の大学院生であったテッド・ネルソンは、初めてコンピュータの存在を知った。ネルソンは、コンピュータのプログラミングを学び、ワードプロセッサに近いプログラムを書きあげた。そして、そのプログラムを洗練させて、タイプライター以上の機能をもったシステムを作ることをめざしていた。その後、研究所と大学を経て出版社に職を得たが、自分のプログラムには保存方法と相互参照 (cross-reference) に欠点か

あり、もっと根本的に新しいプログラムを開発することに方針を変更した。1967年、「ハイパーテキスト」という言葉を初めて使い、ハイパーテキストを実現する「ザナドゥ」というシステムを提案した。ネルソンは、ハイパーテキストを次のように定義している。「コンピュータによって対話型枝別れ機能をもった自然言語の組合せ、あるいは通常の紙に印刷することができない直線的でない文章のダイナミック・ディスプレイ」(Nelson, 1967)。この定義はわかりにくいだが、相互参照できる文章のことで、参照できるものが文章だけでなく、音声や動画といったすべての情報を含むものである。ネルソンは、1977年、コンピュータの社会的影響についての世界初の著作といえる『ホーム・コンピュータ革命』を自費出版した。その後、ネルソンはハイパーテキストの開発よりも、コンピュータの社会的影響を書きとどめることに情熱を注ぐようになる。現在では、サナドゥは UNIX 上で稼働するようになっている。

1983年、ハイパーテキストに関する最初の博士論文が書かれた。トリッグ(Randoll Trigg)は、ハイパーテキストのシステムを Textnet と呼び、非線形テキスト (nonlinear text) のありかたについて書いたものだった。Textnet は、後で紹介する NoteCards となる。

ハイパーテキストは機能の名称であり、そのもの独自でなりたつものではない。ハイパーテキストを実現するためには、なんらかのメディアが必要である。紙でも不可能ではない。梅棹(1969)が提唱したカードの整理方式や、KJ法などは、マニュアル(手動式)ハイパーテキストともいえる試みである。学術論文で、参考文献を挙げたり、脚注をつけるのも、一種のマニュアル・ハイパーテキストである。しかし、マニュアル・ハイパーテキストは柔軟性が低いため、多くの欠点がある。例えば、作家の井上ひさし(1982)が指摘しているように、「綿密で細心に分類」しなければ「カードシステムは組織的に情報を失うシステムになりかねない」。情報を物理的存在にしてしまう紙に依存する限りにおいては、「疑似的」なハイパーテキストに留まり、本当の意味でのハイパーテキストを実現することはできない。

ハイパーテキストの提唱者が、メディアとしてコンピュータを念頭においていることはいうまでもない。米軍の研究開発の最高責任者であったブッシュが、米軍が開発中であったデジタル・コンピュータに触れていないのは、軍事機密であったからだろうと思われる。エンゲルバートとネルソンのハイパーテキストは、コンピュータを前提としている。しかし、コンピュータは、ハイパーテキストを実現することを目的として開発されてきたものではない。そのため、人間の思考を支援するインターフェースが考慮されているわけではなかった。パンチカードの入出力で、人間の思考を支援することはできない。ハイパーメディアを初めて試作したエンゲルバートは、思考の過程を顕在化するためにスクリーンに情報を提示するということから始めたのである。ビットマップ、アイコン、マウス、ウィンドウといった現在知られているコンピュータのインターフェースの開発はすべて、エンゲルバートがなしとげたものである。つまりハイパーテキストを実現するメディアはコンピュータではなく、新たなメディア、ハイパーメディアなのである。

ARPA の援助停止によって、エンゲルバートは研究を諦めざるをえなかったが、エンゲルバートよりも明確な方針をもって、ハイパーメディアの研究を精力的に行い、コンピュー

タとハイパーメディアを融合させたのが、アラン・ケイである。アラン・ケイの経歴は、アメリカの英才教育と、米軍が教育と研究開発にいかにも大きな影響力をもっているかを示す証左となっている。また、イノベーションがどのように作られ普及していくかという技術移転 (Technology Transfer) の格好の事例でもある。

アラン・ケイとメタメディア

二歳半で文字が読めるようになったアラン・ケイは小学校に通うようになると年間400冊の本を読んでいた。10歳で『クイズ・キッズ』というラジオ番組のチャンピオンとなり、神童として名前が知れ渡っていた (『思考のための道具』という本には、『クイズ・キッズ』がテレビ番組であると訳されているが誤訳である。ウッディ・アレンの映画『ラジオ・デイズ』(1987)には『クイズ・キッズ』に似たエピソードが登場する)。小学生の頃からケイは教師に対して反抗的な態度をとったため、何度も退学させられそうになり、中学校では現実に退学させられて、学校を変わらなければならなかった。入学したカレッジ(Rose, 1987)は Brooklyn Tech.と書いてあるが、アメリカにはそういう名称のカレッジはない)でも退学処分になり、空軍に入隊した。

ケイは研究所に配属され、コンピュータ・プログラミングを学んだ。プログラミングで頭角をあらわし、ケイのプログラミング能力は誰の目にも明らかになった。除隊してプロのジャズ・ギタリストとしていくつかのバンドで演奏していたところ、国立大気研究センターはケイの才能に目をつけ、コロラド大学に入学する学資を提供した。1966年、数学と生物学の学士号を取得した後、ユタ大学院に進学する。当時、ユタ大学では ARPA から資金援助を得て、コンピュータ・グラフィックスのシステム、FLEX を開発していた。ケイはそのプロジェクトに参画することになる。

ケイが参加したプロジェクトでは、1962年に MIT で開発された Sketchpad というグラフィックスのソフトウェアの研究を行っていた。ケイがユタ大学に来た頃には、Sketchpad を開発したサザーランド (Ivan E. Sutherland) は、MIT、ARPA を経てハーバード大学に移っていた。このソフトウェアはケイを魅了したが、後にハイパーテキストを提唱するネルソンも Sketchpad に魅せられた一人だった。1977年にネルソンが自費出版した著作『ホーム・コンピュータ革命』には、ハイパーテキストの概念形成に Sketchpad が影響を与えたことが示唆されている。

エンゲルバートは1968年にコンピュータ関連の会合で、試作機のデモンストレーションを行った。その会合の聴衆の一人にアラン・ケイがいた。ケイは、エンゲルバートの発表に大きな影響を受けた。同じ年、ケイは、ARPA の大学院生会議で、「パーソナル・コンピュータ」という言葉を使って FLEX を説明した。これが、パーソナル・コンピュータという言葉の始まりであるとされている。二年間 FLEX の開発にたずさわったケイは、FLEX がシステムとして操作しにくいものになってしまったと考えるようになっていた。その時、LOGO に遭遇した。

MIT の人工知能プロジェクトのパパート (Seymour A. Papert) とミンスキー (Marvin Minsky) は、1960年代に入った頃から子どもでも使えるプログラミング言語の開発を行っ

ていた。ケイは、エンゲルバートのデモンストレーションには感心したが、あまりにも操作が複雑すぎると感じていた。パパートを中心とする MIT の研究者と BB&N 社が LOGO を完成させ、1968年からパパートは 8 歳から12歳の児童を対象にした実験を開始していた。FLEX の経験、エンゲルバートのデモンストレーション、LOGO などの影響によって、1968年、ケイは「ダイナブック (Dynabook)」を提唱した。ダイナブックは、個人用のハイパーメディアに関する最初の提案だった。

1968年にコンピュータ・サイエンスの修士号を、1969年に博士号を取ったケイは、スタンフォード大学人工知能研究所を経由して、1971年ゼロックス社のパロ・アルト研究センター (PARC) に主任研究員となった。ゼロックス社は、将来の目標として会社を「情報のアーキテクト (建築家)」とすることを標榜し、その目的のために1970年に PARC を設置したばかりだった。PARC には、エンゲルバートの ARC から数人の研究者が移籍していた。PARC は、1973年に Alto というコンピュータを完成させた。エンゲルバートが開発したインターフェース (アイコン、ウィンドウ、ビットマップ、マウス) と、ケイのダイナブックの折衷的なコンピュータと考えることができる。Alto 開発の一貫として、LAN で有名な Ethernet が開発され、Alto と Ethernet の組合せは、ARPAnet の中核になる。ケイは Alto を「暫定的ダイナブック (interim Dynabook)」と呼んだ。ケイは、利用者にとって望ましいピクセルを百万と推定していたが、Alto は50万ピクセルだった。現在の 3 M コンピュータを考えると、ケイの予想が的確であったといえよう。ケイは Alto のために、プログラミング言語である Smalltalk で知的作業に必要な数々のプログラムを作成し、PARC に近いジョーダン中学校に Alto を持込み、利用実験を開始した。

1977年、ケイは、「メタメディア」という言葉を使ってダイナブックを説明した。ケイはメタメディアの定義をしていないが、メタメディアがハイパーメディアと同意語であることは、「メタ」と「ハイパー」が共に「超」という意味をもっていることから明らかである。メタメディアは、ハイパーメディアの概念で使われた最初の言葉である。1968年には、パーソナル・コンピュータという言葉で FLEX を説明したが、1977年の論文では、FLEX を「メタメディアを設計する最初の試み」(Kay & Goldberg, 1977, p.32) と言い直している。また、ケイ (1984) は、「コンピュータは最初のメタメディアであり、それ故に表現と言い回しに今までにないほどの自由度を持つ」(p.47) と述べている。エンゲルバードやネルソンのようにコンピュータによってハイパーテキストを可能にするのではなく、まったく新しいメディアであるハイパーメディアが必要であるという、考え方の転換がおこっている。

1979年、アップル・コンピュータ社長であったジョブス (Steven Jobs) は、PARC で Alto を見て、Alto のアイデアを元にリサというパーソナル・コンピュータを開発した。PARC でジョブスを案内し、Alto の説明をしたテスラー (Lawrence G. Tesler) は1980年に、アップル社に引き抜かれた。テスラーは、ケイの研究グループの一員で、PARC で「ブラウザー」というハイパーテキストのソフトウェアを開発していた。1984年アップル社は、リサを簡素化したパーソナル・コンピュータ、マッキントッシュを完成した。1981年 PARC を離れ、アタリ社のチーフ・サイエンティストになっていたケイは、1984年アップル社のリサーチ・フェローになり、現在、MIT メディアラボの講師も兼任している。メディアラボでは、子

ども用の「インターフェースだらけのコンピュータ」ともいえる Vivarium の開発を行っている。ケイに影響を与えたパパートやミンスキーはメディアラボの教授である。

1987年、アップル社は、アトキンソン (Bill Atkison) が開発したハイパーカードを発表した。「ハイパー」という名称が付いていることからわかるように、ハイパーメディアを標榜した最初の商品である。アトキンソンは、ジョブスの勧めによって、PARC に出かけ Alto を見、リサとマッキントッシュのインターフェースやソフトウェアの開発を担当したことでも知られている。ハイパーカード以前にも、ハイパーテキストを指向したソフトウェアがなかったわけではない。アイディア・プロセッサと総称されるソフトウェアは、最も低レベルの文字だけのハイパーテキストであるとされている。アイディア・プロセッサとしては、マッキントッシュ用に開発されたソフトウェア「シンクタンク」を嚆矢とする。静止画を入力できるアイディア・プロセッサもある。紙ならば、相互参照するための手がかりを、目次、本文、索引といったように、順番に配置しなければならないことを、アイディア・プロセッサでは、画面上に出したり隠したりして混在させることができる。文字に限定した場合、紙とコンピュータの基本的な相違は、ハイパーテキストが可能かどうかの違いだけである。

動画まで含むかどうかは別にしても、1987年時点でハイパーテキストを指向したものとしては少なくとも20のソフトウェアが開発済みである (Coklin, 1987)。ハイパーメディアの概念の普及に大きな役割を果たした PARC でも、NoteCards というハイパーテキストのシステムを開発している。NoteCards は、PARC の研究員のトリッグの Textnet を発展させたものである。ハイパーメディアとして、MUSE をはじめとするシステムが開発中である。ハイパーメディアとして開発されているシステムには次のようなものがある。

MUSE	マサチューセッツ工科大学プロジェクト・アシーナ
ANDREW	カーネギーメロン大学
ZOG	カーネギーメロン大学
Intermedia	ブラウン大学
Hyperties	メリーランド大学
WE	北カロライナ大学

アラン・ケイの現状について、アップル社会長のスカーリー (Scully, 1987) は次のように書いている。「アラン・ケイは、ロサンゼルスと MIT にある彼の研究室で、我々すべての未来を変えるアイディアの発明を続けながら、彼の愛する室内楽を追い求めている」(p. 428)。

ハイパーメディアの開発の経緯を辿ると、ARPA がいかに大きな役割を果たしてきたかが明らかになる。ARPA の援助でエンゲルバートの ARC は設立されたし、ケイは ARPA の援助を受けたユタ大学のプロジェクトに参加した。PARC が ARPAnet 開発の中心となったことは言うまでもない。ハイパーメディア研究に先鞭をつけたのが、戦争技術開発の最高責任者であったブッシュであることを考えれば、ARPA の積極的関与は当然のことかもしれない。最近では ARPR は、ケイが所属し、ハイパーメディアの研究を積極的に行っている MIT メディアラボに資金援助を行っている。

メディアの再検討

ハイパーテキストの起源とも言えるダイナブックは子どもに利用され、教科書にかわるものとして考えられた。ケイは PARC の「学習研究グループ (Learning Research Group)」に属していたし、ハイパーメディアの実現に最も近い MUSE などの 3 M コンピュータはすべて教育用に開発されたものだ。ハイパーメディアに限ったことではなく、メディアが体系的に大量に利用されるのは教育から開始される場合が少なくない。映画、ラジオ、テープレコーダー、テレビと同様にハイパーメディアも教育で利用される可能性が高いし、現時点では、そういった傾向がみられる。しかし、ハイパーメディアが教育と深く関連している理由は、人間の思考を支援するというハイパーメディアの目的にある。どの様な人にとっても思考を支援する必要性が高いのが、学習の状況であるからだ。

ハイパーメディアはすべての情報を統合するメディアなので、これまでの教育メディアに関する研究から得られた知見をすべて継承する立場にある。ハイパーメディアは、これまでに他のメディアで提供していた情報を統合するので、文字、映像、音声といった個別の情報についてのメディアの機能については先行研究をそのままあてはめればよいだけだし、情報の統合についてもマルチメディアやメディア・ミックスについての研究が行われている。ハイパーメディアに先行研究をあてはめようと、改めて教育メディアの研究を概観すると、教育メディアの研究に根本的な欠陥があることが明らかになってくる。それは、教育メディアと呼ばれているものの曖昧性である。

教授設計 (instructional design) の代表的な研究者であるギャニェ (Robert M. Gagne) によると、「教育の状況においてメディアという用語は、学習者にコミュニケーションやその他の教育的刺激を伝えるときに使用されるもの、またはそのシステムをさす」(Gagne, 1985, p.282)。ギャニェの定義に代表されるように、教育工学の分野では、メディアを「学習の状況を作るもの」としてきた。ギャニェは、先の定義が掲載されている同じ著書の中でメディアとして以下のようにものを挙げている。実物、シュミレーター、テレビ受像機、ラジオ受信機、訓練用具、コンピュータ、プログラム、テキスト、双方向 TV、映画、スライド/テープ、フィルムストリップ、オーディオカセット、掛図、OHP。ギャニェがメディアとしているものは、情報の観点からすると再生装置と保存媒体の混在である。学習者が情報と接する「教育の状況」を想定すると再生機と保存媒体のもつ意味はきわめて大きな隔りがある。学習者が情報と接するところは再生機であって、保存媒体ではないからだ。ギャニェの定義では、たしかに保存媒体もメディアとなるし、広義に解釈するとすべてがメディアになってしまう。

すべての存在をメディアとみだてて研究の素材にすることは、ある意味では有意義かもしれないが、研究対象を曖昧にし、まちがった対象に目を向けさせる結果になりかねない。例えば、ビデオディスクが登場した時に、ビデオディスクの教育利用に関する研究が数多くなされたが、保存媒体であるビデオディスクを教育的観点から研究する意味が本当に存在したかどうか再検討してみる必要がある。ビデオディスクのランダム・アクセス機能が教育上すぐれたものであると繰り返し指摘されたが、CD-ROM や CD-I の登場によっ

て、同じことが繰り返し述べられている。しかし、ランダム・アクセスは紙でもできることであって、学習情報のランダム・アクセスの検討が怠っていたので、新たな技術が出てくる度に技術が先行し、研究は常に後追いになった。教育研究で議論すべきは、情報を中核とした提示方法であり、インターフェースの教育的配慮である。

メディアという用語を使う限りは曖昧性を除去できないのならば、メディアという言葉を使わない方が建設的であるかもしれない。教育研究の一貫として、メディアを研究してきたのであるが、教育メディア研究は、新しい技術開発に追随する形をとってきた。新しい機械が出る度に、研究を最初から行うようなことをやってきた。これは、研究の対象が機械に依存して、教育に依存しなかったからである。必要なものは情報であって、機械ではない。学習にとってどのような情報が必要であるかという研究が存在していれば、その情報を提示できる機械を当てはめればよいだけである。

インターフェースからの反省

パパート (1980) は、『マインド・ストーム』の中で次のように述べている (未来社から訳出したものには誤訳が多いので、以下の文章は筆者が訳した)。「私は、ひらめきを与えてくれる人々と巡り会った。そういった人々のうち、一貫して子どものことからパーソナル・コンピュータについて考えようということで、際だっていたのがアラン・ケイであった。1970年代を通じて、子どものコンピュータについて研究を行っていたグループの中で、PARCのケイの研究グループと、MITの我々のグループだけが、学校や教材センターや教育研究所で使われ始めていた貧弱なコンピュータでは優れた研究はできないときっぱりと決断していた。(略)ケイと私は、コンピュータが気軽に自分のために様々な目的に利用されるようになるだろうという考えで、意見が一致している」(p.210)。パパートは、技術優先の研究を言下に批判している。アラン・ケイの次のような発言は、学習よりも技術を先行させる方法に対する痛烈な批判となっている。

「筆者らはこの研究計画 (パパートらの LOGO プロジェクト) を観察した結果、6歳の子供をまじめにユーザーとして見なすとすれば、パーソナル・コンピュータの設計に伴う諸問題、特に、表現的コミュニケーションに関連する問題が焦点となることに気づいた。また、子供は大人が時分割システムで満足する以上の演算能力を必要としていることもわかった。時分割システムより得られる出力はせいぜい、緑がかった粗けずりの線画と矩形楽音にすぎない。しかし、子供たちはフィンガーペイント、カラーテレビやステレオレコードになれているあまり、低容量時分割システムの能力では彼らの関心を引き付けておくことは不十分なことが多い。」(Kay, 1977, 163頁)

ケイは、反応が遅いコンピュータを操作するために、次のような例え話をよくする。もし、フルートを吹いていて、1秒後に鳴るとしたらどうだろうか。この例えは、機械の制限が学習者にとっていかに耐えがたいかということを示しているだけでなく、優先させるべきものは、機械の制限ではなく人間の活動であるということも示している。教育メディアの研究は、ケイとは逆の方向、つまり技術を優先させてきた。何をしたいかではなく、手にした技術で何ができるかということを中心においてきたのだ。

アラン・ケイは、利用者中心主義から Alto に見られるような数々の改良を行ってきた。それは使いやすいインターフェースの工夫となって現れたが、究極には、インターフェースを意識しないインターフェースが望ましいことはいうまでもない。熟達した演奏家がピアノを弾いている時に、指と鍵盤を意識して弾いているわけではない。意識すると逆にうまく弾けなくなる。自動車の運転もそうだ。ハンドルを意識せずに運転している。インターフェースの存在そのものが意識から消えてしまうようになる。それを、インターフェースがトランスペアレントになると言う。アラン・ケイがアタリ社で開発しようとしていたメディア・ルームや、MIT メディアラボで現在開発中の Vivarium などは、「インターフェースのないコンピュータ」あるいは「インターフェースだらけのコンピュータ」を目指している。道具や機械に熟練してくると、それらを意識しなくなる。そういった意味でインターフェースがトランスペアレントになることは、道具や機械と人間の望ましい状況を意味する。ハイパーメディアは一つのメディアですべての情報を提示するので、インターフェースを単純化する。その点では、保存媒体を取り上げて、道具や機械として意志させる方向にあるメディアの取り扱い、インターフェースをトランスペアレントにする方向に逆行するものである。マルチメディアやメディア・ミックスの実践にしても、メディアを複数組み合わせ、機械のかたまりのような状況にし、インターフェースをより顕在化する結果を招いていることが多い。

曖昧さを温存した理由

曖昧な定義のままで、教育メディア研究が続けられてきたということは、それなりの理由がある。第1には、つい最近まで、情報機器そのものの絶対数が少なかったので、情報機器すべてをメディアとしてもさしつかえなかったためである。しかし、現状では、定義を曖昧にしておく、メディアが増えるばかりである。

第2には、メディアと情報の種類が固着していたことである。メディアが一種類の情報しか提示できなかったし、メディアの機能が変化することはありえなかった。イシエル・デ・ソラ・プール (Ithel de Sola Pool) は、こういった現象を「モードの融合」と命名した。「かつてはどれか一つのメディアのみで供給されていたサービスが、今ではいくつかの異なる物理的手段で提供できる。したがって、メディアとその利用法との間にかつて存在していた1対1対応がくずれつつある。それがモードの融合ということの意味である」(プール、1988、31頁)。スライドは静止画を、映写機は映像と音声を提示するといったように、情報の種類とメディアの関係が固定していた。従って、メディアと呼ぼうが何と呼ぼうが、機器を取り上げることは、そのメディアの固有の情報を扱うことであった。しかし、メディアと情報の関係はくずれてきた。ハイパーメディアに収束しつつある今日、メディアはあらゆる情報を処理できるようになってきた。

第3は、マクルーハン (Marshall McLuhan) のメディア論の影響である。マクルーハンはメディアを広義に解釈し、ありとあらゆる道具をメディアとした。1964年にマクルーハンが『メディアの理解』という著書を発表して以降、メディアに関心を持つ人間は、多少なりともマクルーハンの影響を受けていた。

第4は、教育機器や教材 (instructional materials) の代わりにメディアという言葉を使ったことによる。電子機器などは教科書と比較されることはあっても、教育の中で最も重要なメディアであるノートと比較されることはなかった。つまり、教育メディアと呼ばれているものは、情報を与えるものに限定されて考えられてきた。教育界はあらゆる電子メディアを学習に利用したが、電信電話を主たる教育機器にはしなかった。コンピュータについても、情報を提示する形態のCAIから、なかなか抜け出せないのはそのためである。情報出力にのみ力点がおかれていたので、情報の保存媒体や搬送経路が重視された。

第5として、保存媒体や搬送経路で、ソフトウェアの質に差があったことが挙げられよう。例えば、放送、ビデオテープ、映画といった産業別で、人材や資本や経験の資産にばらつきがあるため、同じ映像でも保存媒体や搬送経路で差別化する必然性があった。しかし、学習者にとって、放送番組もビデオソフトも、区別する必然性はない。

「媒介するもの」というメディアの本来の意味からすれば、マクルーハンやギャニエの曖昧なメディアでよいかもしれないが、彼らのメディアの定義に従っている間は、メディアに関する混乱はさけられない。メディアの本来の意味が「人間のコミュニケーションのための道具」であるとすれば、メディアを限定して用いた方がよい。そうでないならば、メディアという言葉を使わず、コミュニケーション・メディアという但し書をつけるか、メディアという言葉が含んでいる複数の意味に、一つ一つ新たな名称をつける作業をした方が建設的であるかもしれない。

実のところ、学習はメディアの束縛から脱出しなければならぬのである。学習者が学習活動に集中できる状態になることが望ましく、そのためのメディアでなければならない。インターフェースがトランスペアレントになるということから言えば、教育メディアが表だつ必要はまったくない。ノートや教科書はインターフェースがトランスペアレントになっているため、教育機器ほどには研究されていない。ハイパーメディアによって電子的メディアが統合されれば、メディアによる相違はなくなってしまうために、情報が情報として評価されるようになる。電子メディアに関しては、情報は、ハイパーメディアによってはじめてメディアによる呪縛から逃れられるのである。さらに、ハイパーメディアによって本当に学習に必要なものが明確になるため、初めてメディアの検討が可能になるという逆説的な結果となるのである。

メディアと教育の歴史

教えるためには出力だけのメディアで十分であるが、学習するには入出力できるメディアが必要である。現時点で入出力できる電子メディアは、テープレコーダーと、ビデオカメラを含んだビデオカセットテープ・レコーダー (VCR) システムと、パーソナル・コンピュータになろう。さらに、情報を容易に編集できるということになれば、パーソナル・コンピュータに限定される。パーソナル・コンピュータがノートと鉛筆以来の革新を教育にもたらすという理由は、ここにある。メディア教育についての必要性が論じられるようになった背景も、ノートや鉛筆に変わる知的活動の道具が、そう遠くない日にだれでもが利用できるようになるという暗黙の理解があったからだ。教育の歴史は、ある意味ではメ

メディアによる変革の歴史である。

かつて記憶媒体が高価であったため、すべてを記憶してしまう必要があった。そのために、最も重要なことは記憶のための工夫だった。覚えやすくするために、文章は韻を踏んで語り継がれることが多かったし、また歌にすることによって音で覚える手段がよくとられた。壁画とか、掛軸を置いて、忘れてはならないことを書き留めておき、記憶を呼び起こしたり、日頃から記憶させるために、環境に情報を埋め込むという手法もよく使われた。韻や歌による伝承方法や記憶術は、安価な記憶方法の登場によって失われてしまったが、環境の中に情報を埋め込む手法は文字に依存していたため、現在でも利用されている。文字による情報の伝達の歴史は長い、文字を書きとめるための素材と、筆写に必要なとされる労働集約的作業の費用が高価であったため、文字による情報処理をできる人が限られていた。そういった人々を対象とする学校では、記憶術、速記術、習字といったものが、教育の中核を占めていた。つまり、メディアが教育の手法を決定していた。

印刷メディアの発明によって、「複写、記憶、伝達の諸活動に吸収されるエネルギーは減少していった」(アイゼンステイン、1988、95頁)。現在のパーソナル・コンピュータによって引き起こされている変革は、活版印刷の発明による変革と類似している部分が少ない。アラン・ケイは、「人は完全に理解しきれないものを信仰し、これに大きな権力を与える性癖がある」(176頁)と述べて、コンピュータに対する神秘主義を批判したが、活版印刷の発明においても、同じ様なことが起こっている。筆写に依存していた本は、極めて高価であったため、活版印刷によってたくさんの複製を持つことができるようになった出版人は、悪魔の手先だとして告発されたこともある(アイゼンステイン、1988、25頁)。

印刷メディア以前には、記憶装置はすべてシークエンシャル・アクセス装置であったが、印刷メディアの頁数によってランダム・アクセス装置が利用できるようになった。ランダム・アクセス装置によって情報が容易に検索できるようになったため、すべての情報を覚えておかなくてもよくなった。頁という情報の所在を示す文字情報が発明されたことによって、ランダム・アクセスは初めて可能になった。プログラム学習の本は、頁なしでは考えられない。本に下線をひいたり、マーカーで印をつけるのは、頁よりもさらに細分化しランダム・アクセスを行うための便宜的な手段なのである。こういった条件を満たすことによって、紙による最初の疑似的ハイパーテキストが可能になった。素材としての紙の価格が低下したため、カードとか、辞書、事典といったマニュアル・ハイパーテキストが登場した。

印刷メディアは、これまであった教育方法を置き換える以上のことをした。これまでの教育方法は、記憶に頼り、記憶法を修練していた。本に情報が保存できるようになったため、頭脳をより創造的なものに使えるようにした。まったく新しい教育方法がでてきて、教育内容にまで大きな変革をもたらした。活版印刷によって聖書の大量の複製が可能になり、それがマーチン・ルターの宗教革命の引き起こす大きな原因となったことはよく知られている。「家庭用の聖書が普通の人々にも手に入るようになると、もはや聖職者はその唯一の解釈者ではありえなくなった」(プール、1983、20頁)。同じことが、学校教育にも通用するだろう。本が普及する以前は、情報を教師しかもっていなかったのも、学生が教師

よりも知識が多いということにはなかった。本によって情報が公開されると、教師よりも学生の方がもの知りであるということは、珍しいことではなくなってしまった。

本が自由に利用できる以前は人間の間での情報伝達が主であったために、教育は人間の間での情報伝達が主であったために、教育は集団でなされていた。それが印刷メディアによって、教育にこれまでになかった要素である「孤立」が持ち込まれた。「印刷されたメッセージを受け入れるためには、(略)一時的な孤立が必要だった」(アイゼンステイン、1988、103頁)。孤立しても学習できる状況が、教育を時間的にも空間的にも分散させることを可能にした。特定の時期に集中的に学習する必要はなくなり、読み書き能力と本が存在することを前提に、学習を先送りすることができるようになった。出版物が増加することによって、情報の比較検討が可能になった。例えば、かつては各出版社の出す地図に相違があったが、比較検討することによって、正確さを競うようになる。

アラン・ケイは、最初のハイパーメディアといえるダイナブックを提唱したとき、次のような条件を設定した。「ダイナブックを設計する目的の一つは、あらゆる点で紙よりも劣らないようにすることである」(Kay, 1977, p.33)。ハイパーメディアが紙に書くように容易に入出力でき、それも文字や絵だけでなく、映像や音声を入力でき、印刷メディアよりも安価になれば、印刷メディアで起こったような革命が教育で再現する可能性があるかもしれない。しかし、印刷メディアが発明された時は、学校教育システムがあっても、小規模で不十分なものであったため、大きな変革が可能だった。システムを修正するよりも、新たにシステムを作り出すことの方が多かった。現在では、学校教育システムは完備されているので、メディアによる革命が自然発生的に起こることは難しいかもしれない。しかし、パーソナル・コンピュータですら、社会において自然発生的な変革が起こしているので、社会と孤立して学校が存在するはずもなく、社会の変化に引きずられるように教育改革も行われるのだろう。しかし、3 M コンピュータにみるように、ハイパーメディアによる変革は教育で始まっている。

ケイが指摘しているように、「ひとたび紙にかきつけられると、それは静的状態にとどまる」(Kay & Goldberg, 1977, p.31)。変化しない基礎的な情報を伝える場合はそれでよいかもしれないが、創造的な知的作業をする場合は、ハイパーテキストでなければならない。その証拠に、紙しか利用されなかった時でも、ハイパーテキストを実現するためにカードシステムや KJ 法など、様々な工夫がなされた。しかし、紙でハイパーテキストを完全に実現することはできない。紙とコンピュータの違いは、ハイパーテキストを実現できるかどうかにある。ケイは、紙との対比で情報を動的(ダイナミック)にさせる特性こそが、コンピュータとしてのメディア特性であることを指摘している。つまり、メディア特性として、紙とコンピュータの際だった相違点はそこであり、それを支援するインターフェースの開発の重要性を力説している。ダイナブックという名称の「ダイナ」は、そういったことから付けられた。

ハイパーメディアの機能として、最大の特徴は、すべての情報を提示できる点である。ハイパーメディアによって、すべての情報が容易に利用できるようになるので、各情報の教育的意味を再検討する必要性がある。例えば、映像一つとっても、十分に研究がなされ

ているとはいいがたい。

映像の方が文字よりも情報量が多いという指摘がある。たしかに、映っている物をすべてくまなく見たら情報量が多いことになるが、すべてくまなく見るということはいえない。ある政事家が、「テレビの政見放送でも女性はネクタイの柄しか見ない」と発言したことがある。それが一般化できる事象であるかどうかわからないが、そういったことがないとはいえない。ネクタイしか見ない場合、情報はいくら多くても意味がない。しかし、文字の場合は、接触させたいすべての情報に触れさせることができる。それが抽象的概念でなくとも、一つの場面ですら可能である。清水幾太郎（1959）は、場面の記述について次のように説明をしている。「空間的並存状況にあるものを時間的継起状態へ移し入れることである。そこに雑然と並んでいるものを一つ一つ流れへ投ずることである」（100-101頁）。伝えたいものは、一つ一つ流れに投ずるので、文章の中に必ず存在する。文章は時系列的に読まれるので、文中にありさえすれば、情報接触は保障される。斜め読みということもないわけではないが、教科書のような情報提供を目的とした本の場合には、ある程度そういったことは回避できるだろう。しかし、映像は、瞬間的によそ見をしたり、中心的な情報ではなく周辺の情報に気がとられることは避けられない。肝心な話を聞きのがし、ネクタイの柄だけを見ていたということは少なくない。文章ならば、伝えたい状況を書きこんでおけばよい。

CAIの過誤

コンピュータはハイパーメディアでなく、ハイパーメディアは新しいメディアであると述べたが、現実としてはパーソナル・コンピュータは原初的なハイパーメディアとなる。ハイパーメディアは、現在パーソナル・コンピュータの教育利用の現状に影響を受けかねない。コンピュータの問題点を解消しておかなければ、ハイパーテキストはコンピュータと同じように利用されかねない。「パーソナル・コンピュータはわれわれの望むどんな方向にも導くことができるが、本当の罪はそれを他の機械と同じように動かすことなのだ」（Kay、1977、176頁）というアラン・ケイの指摘は無視できない。コンピュータの教育利用というと、CAIとすぐ結び付く。CAIは、教育工学の研究から導き出された数少ない成果の一つである。CAIにはシミュレーションや問題解決型の教材があるが、スキナー（B. F. Skinner）のプログラムの学習の流れを組むドリル型が大半である。

CAIは行動主義心理学から派生したものであり、行動主義心理学は産業革命の潮流の中から出現したものである。そのため、CAIには、産業革命の大量生産や流れ作業などの痕跡がみてとれる。スキナー（1958）自身、大量に教えられることの重要性を彼の論文の中で強調している。教育工学は、映画や放送などの教育利用を通じて、教育の中でスケール・メリットの問題を論じ続けてきた唯一の教育研究の領域である。産業革命は、品質が一定した製品を大量に生産することを可能にした。組立ラインを発明したヘンリー・フォード（Henry Ford）が、つねづね言っていたのが「より多く、そしてより良く、より安く」（ハルバースタム、1987、103頁）である。こういった効率の考えを、CAIが引き継いでいることはいうまでもない。

大量生産を可能にした流れ作業は、作業手順を分析し、間違いが起こらないところまで、作業を細分化する。そして、じっとしていても労働者の目の前に仕事が運ばれてくる。ヘンリー・フォードが流れ作業を完成させる経緯については、ハルバースタム(David Halberstam)の著書『覇者の奢り』に詳しい。フォードは組立ラインを考案するにあたり、科学的産業管理の基礎を築いたフレデリック・ウインスロー・テーラー(Frederick Winslow Taylor)に大きな影響を受けた。ハルバースタム(1987)は、テーラーについて次のように書いている。

「労働者というものは、よく見張っていないとなかなか作業に打ち込まないものだと常々思っていたテーラーは、時間と運動の研究で得た新しい技術を、鉄鋼などの産業界に導入した。テーラーは、たとえばある労働者が、シャベルを持って一日にどのくらいの量の仕事ができるかを測定した。その結果、シャベル一杯の最大量である38ポンドをすくいあげるより、21ポンドずつすくいあげたほうが、労働者はより多くの量をこなすことができ、効率もよいことが分かった。テーラーは、時代が彼を求めていたが故に、重要人物になった。機械がつぎつぎに生産を飛躍的に躍進させ、工場内で人間を支配するようになると、効率化の研究はますます意味をもったからである。フォードは、生産の効率化ということに心を奪われ、テーラーの原理に夢中になり、彼の工場でもそれを利用しはじめた。」(105-106頁)

CAIでは、シャベルにすくいあげるものが情報量となる。提供する情報量を一度に租借できる限界まで減らして、効率化をはかる。こうして細分化したものを、理解しやすい順に配置すれば、効率化は一層高められることになる。

ハルバースタムは、続けてこのように書いている。

「彼(フォード)は、生産について最も近代的なアイディア、特にフレデリック・ウインスローのアイディアを採用する心積もりであった。(略)そのアイディアというのは、製造の各機械をもっと小さな単位に細分化するというものだった。そうすれば機械化もできるし、製造のスピードアップも可能だった。結果として、小さな部品を生産する一貫した流れ作業の規模が、だんだん大きくなっていくというわけだった。何よりも流れ作業というのが重要だった。」(107頁)

細分化すれば機械化もできるという点にCAIの原点があり、行動主義心理学が近代産業の発想に大きな影響をうけていることがわかる。減らされる量は、スキナーの「スモール・ステップの原理」と連動している。シャベルで多くの量をすくうことができるという職業人としての誇りとか、達成感などの目に見えぬ心の中のことには無視し、見える効果だけを判定の材料とする。当然のことながら、なしとげられる仕事量が増えても、かならずしも満足感と結びつかないことはいまでもない。「製造行程の機械化によって作業場は変わった。機械化された新しい仕事には熟練はさほど要求されず、仕事で与えられる満足感も少なくなった」(ハルバースタム、1987、124頁)。流れ作業が働く楽しみを奪ったが、CAIは学ぶ楽しみにどのような影響を与えたのだろうか。

CAIでは、学習そのものの満足感ではなく、間違わず進むといった二次的な満足感にすり替えられた。行動心理学の基礎を作ったパブロフの条件反射は、行動を起こさせるもの

をすり替える実験であった。食べるから唾液を出していたのが、音で唾液を出すようにすり換わった。本物ではなく代替するものにすり替えるのである。CAIでは、学ぶ目的をすり替える。本来ならば様々な目的を持って学習するものを、間違わずに進むことやほめ言葉につられて学習を継続させるようにする。それが、行動心理学で「報酬」と呼ばれているものである。行動の確率を増やすための報酬が必要であることは、偶然にも、ヘンリー・フォードが常々述べていたことと完全に一致している。フォードによれば、人間が働くのは二つの理由からだ。「一つは賃金のため、もう一つは仕事を失うことへの恐怖のためである」(ハルバースタム、1987、129頁)。行動心理学者が、「報酬 (reward)」と銘うったことから、フォードの考えと一致していることは明確である。仕事の「報酬」の重要な部分が賃金であることは否定できない。しかし、目に見えない情緒的なものは、「報酬」以上に重要な働きをする場合もある。日本人がワークホリックといわれているのは「報酬」のためだけではなく、マッカッサー (Douglas MacArthur) 元帥が彼の部下に語ったように、日本人は「仕事が好きであり」、「仕事に満足を見出だす」からだ (ハルバースタム、1987、161頁)。

目に見えぬものは議論しないというのは、行動主義心理学の「ブラック・ボックス」として知られているところである。行動心理学者は、心の中にあって見えないことは取り上げないことにしたが、好きであるとか、満足を得ることに人間が大きな価値をおいていることは否定できない。日本人の多くが仕事に生きがいを感じるように、学習そのものを目的化することもないとはいえない。また、情緒面だけでなく、どのように理解するか、分かるかということ回避しては、学習の研究はできるはずはなかった。行動主義心理学を基盤とした教育手法の研究は、まさしく手探りで進められ、ある程度の経験的な知識を集積することはできたが、それは、教育工学が批判し続けた、教師の経験則や名人芸と同種のものだった。

流れ作業の仕事が、自動的に労働者の目の前にやってくる方式は、CAIでは意図的に働きかけなくても、課題が次々と現れる方法として受け継がれている。同じように、誤りをできるだけ回避しようというCAIの方策も、流れ作業に原型がある。しかし、人間は、間違いから学習することも否定できない。この点に関して、パパートとともにLOGOの開発に従事した経験を持つミンスキーは次のように述べている。

「コンピュータとつき合うと、子どもは間違いを犯すことに対してまったく新しい態度をとることができる(略)。少なくとも僕とパパートはそう考えているけれどね。僕らはこれを「バグ」と呼んでいるよ。(略)「真実」を教えることに関心がある学校では、こうしたことを教えることはできないようだ。ものの構造を実際に理解するためには、たとえば時計仕掛けを例にとると、歯車の歯が一枚欠けたらどうなるかということがわからなくちゃいけない。(略)僕らはこの種の知識をバグについての知識と呼んでいるんだ。伝統的な視点では、こうしたことに会うのは失敗で、避けなければならないこととみなされてしまう。シーモア (パパート) は、ことがうまくいかないことを子どもたちが発見したときに、それがプラスの業績になるような勉強の場を育てたいと考えたんだ。誤りを十分に理解すれば、それだけ真実のようなものに近づけるのさ。」(バーン

スタイン、1987、184-185頁)。

流れ作業とCAIの関連を指摘してきたが、流れ作業が作業時間の全時間を占めるのに対し、すべての学習をCAIでやろうという人はいないはずだ。従って、学習に占める相対的な時間が少なくなれば、機械的な暗記に頼る反復練習だけのものについては、CAIの意義は逆に高くなる。また、パーソナル・コンピュータが安価であるならば、教科書や演習問題がわりに使うのもよいかもかもしれないが、プログラム学習の本よりは、学習効果は期待できないかもしれない。本ならば、文字を書き込むが、CAIではキーボードで番号だけを押す場合が多いからだ。行動の積極性からすると、CAIはプログラム学習の本に劣る。

CAIが流れ作業よりも劣る点は、課題分析の緻密さである。流れ作業は大勢の人によって分析されているが、CAIの場合、個人で行われている場合が多い。CAIは、プログラミングした人の教材分析能力に依存している。ドリル型のCAIの長所を認めたとしても、CAIがすべて良いということにはならない。教えるという状況にある場合、つねに教える側の質の問題が残る。機械でも、教えることに使われる場合は、質の問題を回避できない。教えるのではなく、自分の状況を反映させるものとして、つまり思考のメディアとして使うならば、この問題は回避できる。ドリル型CAIと但し書きがつくようでは、ドリル型CAIドリルはドリルの代替に過ぎないのである。

コンピュータがCAIのようにしか教育で利用されないことを、パパートをはじめとする多くの研究者たちが批判してきた。しかし、コンピュータの出自を辿れば、電子計算機自体、計算の効率化するための産業革命の申し子であるため、ドリル型CAIは、決められた作業を効率的に果たすという電子計算機の役割を継承したものである。したがって、コンピュータを効率化の機械とみなすのも、ある面ではいたしかたなかった。しかし、ハイパーメディアは、電子計算機と出自を異にする。

ハイパーメディアが教育の中でどのような可能性をもつかどうか、今後の研究に待つしかないが、ハイパーメディアの可能性を検討する前に、検討すべき課題が残っている。それは、アラン・ケイが1977年に表明した、メディアを検討する際の基本姿勢を採択するかどうかの問題である。ケイの基本姿勢は、これまで教育メディアの研究が前提としていたことを否定するものである。ケイは、次のように述べている。

「パーソナル・コンピュータに可能性があるからといって、教育における新たな革新を予想したり、期待すべきではない。今世紀に生まれた通信手段(電話、映画、ラジオ、テレビ)のどれ一つとっても、実際に起こらなかったようなことが予言されていた。世界中の何百万人もの教育を受けていない人でも、公共の図書館にある何世紀にもわたって蓄積された文化を入手する機会があるが、それを利用することはできない。しかし、一人の人やある社会がいったん教育が重要であると思えば、一冊の本が、そしてパーソナル・コンピュータが、知識を伝える社会的に重要な手段となり得るものである。」

「不思議に思う気持ちや、面白がる気持ちをまだそれほど失っていない子どもたちのおかげで、筆者らはコンピュータについての倫理基準を確立することができた。自分の仕事を自動化するのではなく、自動化は材料に限定せよ。」(p.244)

〈参考文献〉

- Barrett, Edward & James Paradis (1988) Teaching writing in an on-line classroom, *Harvard Educational Review* 58(2) : 154-171.
- Brand, Stewart (1982) *Mind and Machine : Profile of Marvin Minsky*. New York : Basic Books. J. バーンスタイン (1987) 『心をもつ機械：ミンスキーと人工知能』岩波書店.
- Brand, Stewart (1987) *The Media Lab : Inventing the Future at MIT*. New York : Viking. スチュアート・ブランド (1988) 『メディアラボ：メディアの未来を創造する超・頭脳集団の挑戦』福武書店.
- Bush, Vannever (1945) As we may think, *The Atlantic Monthly* July ; 101-108.
- Conklin, Jeff (1987) Hypertext : an introduction and survey, *Computer* 20 (9) ; 17-41.
- Eisenstein, Elizabeth L. (1983) *The Printing Revolution in Early Modern Europe*. Cambridge : Cambridge University Press. E. L. アイゼンステイン (1983) 『印刷革命』別宮貞徳監訳、みすず書房.
- Febvre, Lucien & Henri-jean Martin (1971) *L'apparition du livre*. Paris : Albin Michel. リュシアン・フェーヴル、アンリ＝ジャン・マルタン (1985) 『書物の出現』関根素子、他訳、筑摩書房.
- Gagne, Robert M. (1985) *The Condition of Learning and Theory of Instruction*. Forth Edition. New York : Holt.
- グッドマン、ダニー (1988) 『ザ・ハイパーカード』BNN.
- Halberstam, David (1986) *The Reckoning*. New York : Morrow. デイビッド・ハルバースタム (1987) 『覇者の驕り：自動車・男たちの産業史』日本放送出版協会.
- 浜野保樹 (1988) 「教育メディアの歴史からみたコンピュータ」、『MME 研究ノート』51 ; 82-95.
- 浜野保樹 (1988) 『ハイパーメディア・ギャラクシー』福武書店.
- 井上ひさし (1982) 『本の枕草紙』文藝春秋.
- Kay, Alan (1977) Microelectronics and the personal computer, *Scientific American* September, 231-244. A. C. ケイ (1977) 「パーソナル・コンピュータ」小林功武、南紘一訳、『日経サイエンス』11月号 ; 161-176.
- Kay, Alan (1984) Computer software, *Scientific American* September, 41-47. A. ケイ (1984) 「コンピュータ・ソフトウェア」鈴木則久訳、『日経サイエンス』14(11) ; 15-23.
- Kay, Alan & Adele Goldberg (1977) Personal dynamic media, *Computer*. March, 31-41.
- Lambert, Steve & Suzanne Ropiequet (1986) *The New Papyrus*. Bullevue, Washington : Microsoft Press. スティーブ・ランバート、他 (1987) 『ニューパピルスII、アプリケーション編』アスキー出版局.
- マクルーハン、マーシャル、他 (1967) 『マクルーハン理論』サイマル出版会.
- McLuhan, Marshall (1962) *The Gutenberg Galaxy : The Making of Typographic Man*. Toronto : University of Toronto Press. マクルーハン、マーシャル (1986) 『グーテンベルグの銀河系：活字人間の形成』森常治訳、みすず書房.
- McLuhan, Marshall (1964) *Understanding Media : The Extention of Man*. New York : McGraw-Hill. マーシャル・マクルーハン (1987) 『メディア論』栗原裕、河本仲聖訳、みすず書房.
- Nelson, Ted H. (1967) Getting it out of our system, G. Schechter (ed.) *Information Retrieval : A Critical Review*. Washington D. C. : Thompson Books.
- Papert, Seymour A. (1980) *Mindstorms : Children, Computers and Powerful Ideas*. New York : Basic Books. S. パパー (1982) 『マインドストーム』奥村貴世子訳、未来社.

- Pool, Ithiel de Sola (1983) *Technology of Freedom*. Cambridge : Harvard University Press. イシエ
ル・デ・ソラ・プール (1988) 『自由のためのテクノロジー：ニューメディアと表現の自由』
堀部政男監訳、東京大学出版会。
- Rheingold, Howard (1985) *Tools for Thought: The People and Ideas behind the Next Computer
Revolution*. New York : John Brockman Associates. ハワード・ラインゴールド (1987) 『思考
のための道具：異端の天才たちはコンピュータに何を求めたか?』栗田昭平監訳、青木真美
訳、パーソナルメディア。
- Rose, Frank (1987) Pied Piper of the Computer, *New York Times Magazine*. Nov. 8.
佐藤秀夫 (1987) 『ノートや鉛筆が学校を変えた』平凡社。
- Sculley, John (1987) *Odyssey*. New York : Harper & Row.
- 清水幾太郎 (1959) 『論文の書き方』岩波書店。
- Skinner, B. F. (1958) Teaching machine, *Science* 128. 24 October.
- 梅棹忠夫 (1969) 『知的生産の技術』岩波書店。

(研究開発部助教授)