

メディアと電腦生活

坂村 健

東京大学理学部情報科学科

メディア化したコンピュータを含む多くのコンピュータが導入された生活についてTRONを通して展望する。我々のTRONプロジェクトでは将来のコンピュータのビジョンとして、これをメディアとして捉えるだけでなく、メディアも含めた広い意味での将来の生活基盤として位置付け、その整備を行うことを目標としている。本稿では、この「コンピュータは生活」というビジョンについて説明するとともに、そのビジョンに立っての技術開発の方向性およびその課題について述べる。さらに、それらの課題に対するTRONプロジェクトで考えられている対応についても解説する。

Media and Computerized Living

Ken Sakamura

*Department of Information Science, Faculty of Science, University of Tokyo
3-1, Hongo 7-chome, Bunkyo-ku, Tokyo 113 Japan*

In the TRON Project, we view living with many computers—including computers with media capability—through the TRON Architecture. Our future vision calls for computers to serve not merely as media, but rather to play a much broader role as the basis for a future lifestyle that also includes media. Our objective is to provide the framework for this lifestyle. In this paper, along with an explanation of this “computerized living” vision. I will discuss the issues and course of technical developments toward establishing this vision. I will then outline the TRON Project's ideas for coping with these issues.

1. コンピュータはメディア

21世紀のコンピュータというのはいったい何なのだという点に関して、いろいろなことが言われている。その中でもアラン・ケイは1968年の時点で「コンピュータはメディアだ」という時代を先取りしたビジョンを提示している。

その背景には、コンピュータ・ネットワークの発達と、コンピュータが非計算機化しているということがあげられる。ケイにビジョンを与えたのも、FJCCで行われたダグラス・エンゲルバードの知的能力増幅器Augment (NLS) システムによる実演や、同時期に開始されたババートのロゴの実演である。

コンピュータはプログラミングによってあらゆるメディアのシミュレーションが可能である。本にもなるし、テレビにもなるし、ラジオにもなる。今から10年以上も前に、そういうイメージで今後コンピュータは進んでいくというビジョンをアラン・ケイは提示したのである。

この考えはその後の米国の研究の方向性に大きな影響を与え、例えばMITではメディア・ラボラトリーが作られ、コンピュータのメディア化ということにしばって研究が行われている。

1.1 メディアとしての課題

当然、このコンピュータのメディア化の研究は完成したものではないし、まだまだ解決しなければならぬ課題が多く残されている。たとえばコンピュータのマルチメディア、ハイパーメディア化も今研究途上である。これも今、盛んに世界中で研究されているが、もちろんTRONプロジェクトでも重要な研究テーマとしてすすめている分野である。

その課題というのは、文字とか音声、画像、動画などのデータを、入力、出力、編集のすべてについて対称性高く取り扱える技術を確認することである。また、そういった大量のデータをパーソナルな規模のコンピュータでどうやって現実的なレスポンスで出し入れするか、また通信す

るか——つまりリアルタイムでのデータ圧縮／再生技法を確立しないと、コンピュータはメディアということにはならない。

さらに、現在は個々のメディアを混在して扱えるかという点が主眼となっているが、将来的にはそれらのメディア間で情報を相互変換するためのメディア変換の機能をシステムが持つことが重要になるだろう。

もう一つ将来のメディアとして重要なことは、シームレスな多国語処理である。シームレスというのはどういうことかと言うと、単に多言語の文字コードを扱えるというだけではなくて、どのような言語でも、またそれが混在していても、表記のアルゴリズムを含めて適切な表示が行われるようにシステムレベルでサポートするということである。これにより、アプリケーション独立に多国語が利用できるようになる。言語はユーザインタフェースにも深い関係があり、当然言語表記に合わせてダイアログパネルのデザインを自動的に変えたりしなければならない。

さらに、言語に置ける重要なメディア変換として自動翻訳も将来的にはシステムでサポートされるようになるだろう。送られたメールの内容やアプリケーションのメニューとかコメントなどコンピュータがユーザに提示する言語情報はすべてユーザの使用言語に合わせて自動的に翻訳してほしい。そういうことを全部システムレベルで完璧にサポートして、完全に言語独立にアプリケーションが開発できるコンピュータがないと、やはりメディアとはいえない。コミュニケーションを助ける技術としてのマルチメディアは、異なる言語を使う人間の間の橋渡でもあるべきだ。その意味でマルチリンガルでなければならないのは当然のことである。

1.2 TRONにおける対応

TRONでも、メディアとしてのコンピュータの将来技術については特に重視して研究している。

例えば、TRONではマルチメディアの標準データフォーマットを定めているが、これはいくつかの基本的なデータタイプと、それらを組み合わせるための、やはりいくつかの基本的な構造からなっている。TRONのコンストラクションルールに従い、基本構造の中で基本的なデータタイプを組み合わせることによって、さまざまな多様な表現が可能になる。このため、TRONのマルチメディアデータはアプリケーション独立に、標準的な手法で、解釈/分解でき、それをもとに編集することができる。さらに、アルゴリズムをデータの一部として埋め込むことができるため、特殊な表現のためのデータフォーマットの拡張が可能であると同時に、そのアルゴリズムもデータに付加して送ることにより、受手の側でも解釈可能とすることができ通信に置ける互換性と拡張性を両立させている。

TRONの標準データフォーマットでは、多国語がサポートされている。これは単に多国語で入力/表示ができるということだけでなく、自動翻訳システムをシステム組み込み可能にするといったさらに高度な対応を目指している。

2. コンピュータは生活

しかし、この「コンピュータはメディア」というビジョンに対し、TRONでは「コンピュータは生活だ」というビジョンを独自に提示している。もちろん、メディアとしてのコンピュータも重要だが、我々はメディアだけで生活できるものではない。例えばコンピュータが入ったエアコンという応用を考えたときに、エアコンもメディアととらえるのは非常に無理がある。そうなってくると、別のビジョンを持って研究しなければいけない。

そこで、我々のTRONプロジェクトでは「コンピュータは生活だ」ということをテーマとして、未来のコンピュータはどうあるべきかということの研究をしていこうとしている。将来の生活環境はもっとコンピュータと密着してくる。もちろん、メディアもその生活環境の一部なのである。

このTRONプロジェクトの当初から言っている

ことであるが、21世紀には、1軒の家でも1000個。一つのビルで10万個。都市全体でいけば、何億個というコンピュータが使われて、それらがネットワークされている時代が必ず来るであろう。そういう視点に立つと、もはやコンピュータはメディアと言うよりは、生活そのものと言ったほうがいい。そういう研究をもっと強めていく必要があるのである。

2.1 生活としての課題

「コンピュータは生活だ」という視点に立てば、多くの解決すべき新しい問題がでてくる。重要なことは、社会に与える影響の拡大である。コンピュータが生活そのものになってくれば、生活のあらゆる面にこのようなコンピュータが入ってくる。それをどう考えるか。単に科学技術的な問題に限らず、いろいろな影響を考えなければならない。

TRONプロジェクトの特徴の一つとして、徹底したトップダウンアプローチを取っているということがあげられる。まず理想の形を考える。次にその機能を実験できるシステムを作り、その上でさまざまな問題点を検証する。最初から正解をだすのではなく、正解に近付く実験のためのワークベンチを作るという姿勢である。実用になるシステムを可能にする技術が出現したときには、何のように作るか、そしてどのように使うべきかというといった問いに答えが用意されていなければならないと思うからだ。そうでなければ、十分な考察のされてない危険なシステムが社会に蔓延することになりかねない。

そういうことから、いろいろな課題が出てくる。先に「コンピュータはメディアだ」というビジョンからも多くの課題が生まれてくるという指摘をしたが、それに対応するものとして、ではいったい何を研究しなければならないのかと言うと、たとえば、「誰でも使える」コンピュータである。今後、環境を構成するさまざまな「もの」にますますコンピュータが入り込むようになって

くる。コンピュータ組み込みの機器と対話することが、生活するための重要な能力となるだろう。現在のように使う意志のある人「誰でも」というだけでなく、コンピュータを使うという意識に関係なく、子供から老人、健康な人から障害を持つ人まで、広いスペクトラムのユーザに対するアクセサビリティを実現しなければならない。

また、生活のあらゆるシーンにコンピュータが使われる「何にでも使える」——ホームコントロールのような応用にも使うし、またはDTPみたいなビジネス現場での使用まで、広いスペクトラムの応用に適応できる一般性を持ったインタフェースをどう作るかということがある。

さらに3番目に「どこでも使える」。これも非常に重要で、生活そのものに入ってくると、震動がはげしいなど劣悪な環境を含む、非常にコンディションの悪いところでも使えるような、幅広い使用環境に対するアクセサビリティがなければならない。

先に述べたマルチメディア技術によるコミュニケーションの円滑化は、なにも人と人の間だけで必要なわけではない。「誰でも使える」ために機械から人間、さらには人間から機械へのコミュニケーションを助けるために、メディア変換を含むマルチメディア機能が生かされなければならない。

機械から人間への表現のマルチメディア化は、3Dリアルタイムアニメーションを含めたいろいろなグラフィックス表示、音声出力機能であり、逆に人間から機械への指示のマルチメディア化は、自然言語による音声指示であり、また手書文字、シンボルの認識や身振りやによる指示の理解といったことである。TRONではアプリケーション独立にインタフェースがマルチメディア化するために、一種のメディア変換として、どういう情報を得たいのか、与えたいのかといったインタフェースの要求仕様の抽象表現を基に、ユーザ特性に適應させるような、ユーザ・インタフェース具体仕様を自動生成できるような技術を開発中である。

一方、このような「～できる」という方向の開

発だけでなく、プライバシーの保護や社会的セキュリティなど、人権の基本にかかわる部分には、一見便利そうでもコンピュータで「できなく」するような仕組みが重要である場合もあることに注意しなければならない。

2.2 超機能分散システム

このような生活としてのコンピュータの具体的な姿としてTRONで想定しているのが、生活空間を構成する大量のインテリジェント・オブジェクトからなるネットワークである。物とコンピュータとセンサとアクチュエータを一体化して環境との間でインタラクションの可能なものを、TRONプロジェクトではインテリジェント・オブジェクトと呼んでいるが、そういうものがネットワーク化されてくる。そういうネットワークのことを、TRONでは超機能分散システム(HFDS: Highly Functionally Distributed System)という名前と呼んでいる。

TRON 電脳住宅とかTRON電脳ビルは、このHFDSの具体的な例である。HFDSが既存のほかのネットワークと違うのは、まずネットワークにつながるノードの数が桁違いに多いという点である。数千万とか数億のノードをつなげた時にどういことをしなければならぬのか。また、どういメカニズムでなければつながらぬのかといことを、現在シミュレーションしている。実際のものとしても、電脳住宅でそういうものを1000個ほどつなげる実験をすでに終え、ここ数年のうちに数万個のネットワーク、電脳ビルで数万個のノードのインテリジェント・オブジェクトをつなぐ研究に進んでいく予定である。

この場合これらの多くのインテリジェント・オブジェクトを協調させて動作させるのに重要なのは、調停動作の実現である。1億個のコンピュータがネットワークにつながった場合、定量的なアルゴリズムでは全部の動作が決定的に決まらない。そのために非決定的なアルゴリズムを見つけなければならない。

HFDSも人間社会とまったく同じで、1億個、10億個のコンピュータがつながってくると、まさに人間社会で皆が会話をしながら毎日やっているようなことを、コンピュータ・ネットワークの上でも実現しなければならなくなる。これを実現してなおかつ矛盾なくネットワークを動かすのは技術的にも非常に難しく、これが我々の重要な研究テーマとなっている。

また、生活の場におけるインテリジェントオブジェクトは個々のエンドユーザの都合で突然追加されたり、ネットワークからはずされたり、次の日には別のところにつながったということが起こる。これはオフィスで使っているネットワークのように、一度ノードが固定されてしまうとほとんどはずすことがないネットワークとは性質のことなるものである。そういう「開かれたネットワーク」というものを実現しなければならない。

さらに、先に述べたようにコンピュータが社会に与える影響が拡大すればするほど、ネットワークには社会を支えるに足る安全性、信頼性が必要となる。これも完璧を目指すとは限りなく、また効率も使い勝手も悪くなる。この場合、その最低の基準を保証するのが、インフラストラクチャとしてのTRONの役目であろう。もちろん、悪意や事故との関係も無視できない。いろいろと不都合が起こってはいけないので、コンピュータが生活に入り込んだ時の応用のモラルというか、基準というものを作っていかなければならない。そういう、社会に対してネットワークがどういう影響を与えるのかという議論が重要である。

このように社会的な要因に対する配慮は将来のコンピュータを考える場合、望むと望まざるに係らず必然的に入ってくる。そのためTRONプロジェクトでは、単にコンピュータをどう作るかということを研究するだけではなくて、社会に巨大なコンピュータ・ネットワークを導入していった場合に、どういうことを考えなければならないのかということ併せて研究する。「コンピュータは生活」、そのための研究、それがこのプロジェクトの現在の重要なテーマとなっている。

2.3 TRONにおける対応

HFDS実現のために、TRONアーキテクチャ体系全体に適應される重要なコンセプトとしてプログラマブルインタフェースという新しいコンセプトを提案している。これはインタフェースを介して接する二者間での交信にあたり相手のシステムをプログラミングして、インタフェースの仕様をいつでも書き換えることを可能にするというコンセプトである。インタフェースの規約の部分がプログラミングできるようになっていて、交信のプロトコル・インタプリタを送れるようになっている。しかも、そこが実行中にいつでも変えられるようにする。これによりインタフェースの仕様のバージョンの違いの吸収、負荷の動的な最適分散、応用に適したインタフェース仕様のチューニングが可能になり、HFDSのような巨大でかつ開かれたネットワークでの拡張性と互換性の両立を可能とする。先に述べたTRONのデータフォーマットもこのコンセプトによっている。

具体的にはTRONのインタフェースはTULS: TRON Universal Language System という新しいプログラミング言語/環境により實現される。このTULSで特徴的なことは、データとアドレスの両方をマルチメディア化しようとしていることである。一般にマルチメディア化と言っているのは、データのマルチメディア化だけであるが、プログラムの生産性を上げようとするなら、応用に適應したアドレッシングのメカニズムを採用できることが望ましい。たとえばウィンドウシステムを作ろうと思った時には、モジュールの関係がストレートに画面のようになっていた方がいい。表計算ソフトでもCADのソフトでもそうだし、ニューラル・ネットワークもそうだし、黒板モデル、人工知能の応用なども皆そうである。空間中での位置、相互の距離で何らかの関係図を示すようなデータベース。そういう反応する場としてモデルを提示するアプリケーションはみなそうである。これらのアプリケーションでは、動的に生成される場の中での位置、アドレスを利用して、実行時

の動的構造化が可能であることのメリットは大きい。

実際、マルチメディア応用に対応するにはアドレスもマルチメディア化の方が自然である。具体的には一般的なポインタによるアドレスもあるし、文字列に対応する名前でもアドレスしたいこともあるし、単位図形に対応する平面上の任意領域にアドレスしたい場合もある。単位音声によるアドレスも考えられる。これをトロンではマルチメディア・アドレスと呼んでいる。

いわゆるTRONの目指すHFDS——— 脳ビルや脳都市もまさに物理的裏付けのある反応する場そのものである。セマンティックギャップを小さくしようとする、ますますそういう場の考え方とか、アドレッシングのメカニズムが豊富だということが重要になる。特に物理的空間自体を場とする環境制御のためには、標準データフォーマットの仕様を拡張してデータ要素として空間中の任意領域がアドレスできるような、そういうものの考え方を導入する必要がある。さらに温度とかの環境の物理的パラメータの標準化である。環境物理変数を一般データ化して、コンピュータ・ネットワークの中に取り込む。これは、従来のコンピュータ・ネットワークと最も異なる大事なポイントである。

3. おわりに

コンピュータというのはここ10年、20年、未来に向けてより多様化を進めていくであろう。使う人が広がっていく。様々の応用に使われる。そうなれば、コンピュータシステムもますます多様化をしなければならない。しかし同時に、多様化にたえられる基礎モデルがなければならない。でなければ、多様化は無用の混乱を招く結果になるだろう。本稿で述べたTRONにおけるHFDSとそこにおけるマルチメディア技術の適用は、まさにそういった脳社会のインフラストラクチャを目指したものである。

参考文献

- [1] K. Sakamura: "The Objectives of the TRON Project", *TRON Project 1987* (Proc. of the Third TRON Project Symposium), Springer Verlag (1987).
- [2] K. Sakamura: "TULS: TRON Universal Language System", *TRON Project 1988* (Proc. of the Fifth TRON Project Symposium), Springer Verlag (1988).
- [3] 坂村 健: "TRONイネーブルウェアの考え方", TRONイネーブルウェアシンポジウム'88 予稿集, (1988).
- [4] K. Sakamura: "Programmable Interface Design in HFDS", *TRON Project 1990* (Proc. of the Seventh TRON Project Symposium), Springer Verlag (1990).
- [5] K. Sakamura: "TRON-concept Intelligent House", *The Japan Architect*, 65, 4 (Apr. 1990).