

解説



TRON プロジェクトの現状と展望

3. BTRON サブプロジェクトの現状と展望

——コンピュータと人間との接点の研究†——

松 為 彰†

1. はじめに

BTRON サブプロジェクトは、電子機器やコンピュータと人間との関わり合いに関する研究や仕様設計を行うことを目的としたプロジェクトであり、OS の仕様設計、キーボードなどの周辺機器の仕様設計や規格化、データの互換性を確保するためのフォーマットの規定など数多くの内容を含んでいる。本稿では、こういった BTRON の特長について技術的な観点から解説し、また今後の展望について述べる。

2. BTRON サブプロジェクトの内容

TRON プロジェクトでは、広い範囲、あらゆる階層にわたってコンピュータの仕様を検討し、再設計している。この点は BTRON サブプロジェクトも同様であり、他のコンピュータ関連プロジェクトではみられない大きな特徴となっている。以下では、その内容を紹介する。

2.1 コンピュータの操作方法の研究と標準化

人間と機械とのインタフェースを考える上で最も重要な部分は、コンピュータの操作方法 (HMI—Human Machine Interface) に関する仕様設計である。BTRON サブプロジェクトでは、HMI の仕様設計に関して以下のような方針を設けた。

1) HMI の標準仕様を定め、ユーザが操作体系を習得する効率を向上させる。

2) さらに、その仕様は家電製品などのコンピュータ以外の電子機器の HMI 仕様とも整合性をもたせる。

たとえば、BTRON では、画面上に手の形をし

たポインタを表示し、電子ペンやマウスを使ってそれを動かすことにより、コンピュータに対する各種の操作を行う。ポインタの手の形は、その場でできる操作（移動、変形など）に合わせて変化する（図-1）。この仕様は、ウィンドウ、文章、図形、表計算のセルなど各種の処理対象に対して共通化されており、一度覚えた操作が多くの場面で適用できるように考慮されている^{1),2)}。これは、1)の設計方針の具体的な適用例である。一方、2)については本特集別稿「トロン電腦生活ヒューマンインタフェース仕様」を参照されたい。1)、2)を含めて HMI 仕様の総合的な検討を行い、その HMI のスタイルガイドをまとめた例は、TRON プロジェクト以外にはみられない。また、TRON プロジェクトの場合、単に GUI (Graphical User Interface) の制御パーツを標準化しているだけではなく、機器に対する「予約」といった高位の概

	選択指 操作の対象を選択
	移動手 対象(文章, 図形, 仮身など)の移動が可能
	握り 対象(文章, 図形, 仮身など)を移動中
	変形手 対象(文章, 図形, 仮身など)の変形が可能
	つまみ 対象(文章, 図形, 仮身など)を変形中
	湯のみ マシンが次の指示を受けられない状態

図-1 BTRON の HMI におけるポインタの変化

† The Current Status of the BTRON Subproject and Their Future—Research on the Interface between Computers and Users by Akira MATSUI (Personal Media Corporation TRON Project Team).

† パーソナルメディア(株) TRON 特別室

念についても HMI 仕様の標準化の対象としている。この点も他の OS やウィンドウシステムとは異なる点である。

2.2 データの互換性を確保するためのフォーマットの標準化

コンピュータ関連の技術のうち、最もライフサイクルの短いのはハードウェアであり、最もライフサイクルの長いのは言語、データ形式、通信プロトコルなどである。後者は、一度仕様を決めるとその上に多くの情報資産（プログラム、データなど）が蓄積し、影響が広範囲に及ぶため、いったん決めた過去の仕様を引きずりやすい。こういった観点から、BTRON サブプロジェクトではデータの互換性を確保するためのフォーマットの標準化を重要なテーマとしている。具体的には、意味をもった情報の表現形式を TAD (TRON Application Databus) と呼ばれるフォーマットで標準化し、ファイル、プロセス間通信、LAN、WAN などを經由してアプリケーション間のデータ交換を行うための枠組みを用意した³⁾。

TAD のデータ構成は、セグメントと呼ばれるデータ要素の一次要素連鎖である。TAD で扱う情報には、文章や図形だけではなく、音や動画などのマルチメディア情報や、温度や明るさなどの環境情報なども含まれる。さらに、多国語の文字を扱うための枠組み、各種の情報をネスト状に混在させる枠組み、アプリケーションに固有の情報を混在させるための枠組みも備えている。たとえば、TAD において、文章セグメントと図形セグメントは任意にネスティング可能であり、図形セグメントに埋め込まれた文章セグメント（埋め込み文章）や文章セグメントに埋め込まれた図形セグメント（埋め込み図形）などを構築することができる。これは、BTRON で作成した図形の中に文章を混在したり、文章の中に図形を混在したりできることと対応する。

また、TAD の表現形式としては、ファイルなどに効率良く格納するためのバイナリ形式と、7ビット文字しか通さない通信路でのデータ交換に使われるテキスト形式が定義されており、相互に変換が可能である。後者のテキスト形式は、たとえばパソコン通信サービスの電子メールや電子掲示板を通じて、TAD データをやり取りするときには有用である。すなわち、文字の通信しかでき

ない広域ネットワーク環境であっても、その端末として BTRON 仕様のコンピュータを使い、テキスト形式の TAD データを交換することによって、図形を含めた文書をリアルタイムに送受信することが可能になる。

2.3 PC および WS 用の OS の仕様設計

BTRON サブプロジェクトの中で、技術的に大きな割合を占めるのがパーソナルコンピュータ (PC) やワークステーション (WS) 用の OS の仕様設計である。具体的な OS の仕様としては、16ビット CPU および小規模ハードウェア向きの BTRON 1 仕様、32ビット CPU および大規模ハードウェア向きの BTRON 2 仕様、BTRON 1 仕様と BTRON 2 仕様の良い点を取り入れ、さらに ITRON 仕様 OS を含めた疎結合分散環境への対応をめざす BTRON 3 仕様が設計されている。いずれの仕様も、BTRON の HMI や TAD の実現に適した機能を持ち、ビットマップ上に表示される絵やウィンドウを使った操作環境の実現を前提としたマルチタスクの OS である。

BTRON 1 仕様、BTRON 2 仕様、BTRON 3 仕様では、それぞれの対象とするハードウェア規模に合わせて、内部構成が違っている。具体的には、BTRON 1 仕様 OS では、ハードディスクのない環境やメモリ容量の制限が厳しい環境でも動くように、内部の作り込み（特定の CPU や特定のシステムに対するチューニング）が進んでい

表-1 BTRON 1 仕様 OS [1B] のプログラムサイズ

		プログラムサイズ
OS 核	OS 核本体	309K バイト
	ドライバ	48K バイト
外 核	ディスプレイ プリミティブ	391K バイト
	フォントマネージャ	172K バイト
	実身仮身マネージャ	111K バイト
	かな漢字変換	504K バイト
	HMI 関連 (ウィンドウ, メニューなど)	360K バイト
システム アプリケーション	基本文章エディタ	233K バイト
	基本図形エディタ	222K バイト
	通信ソフトウェア	246K バイト
合 計		2596K バイト

* プログラムサイズには初期化データのサイズも含む

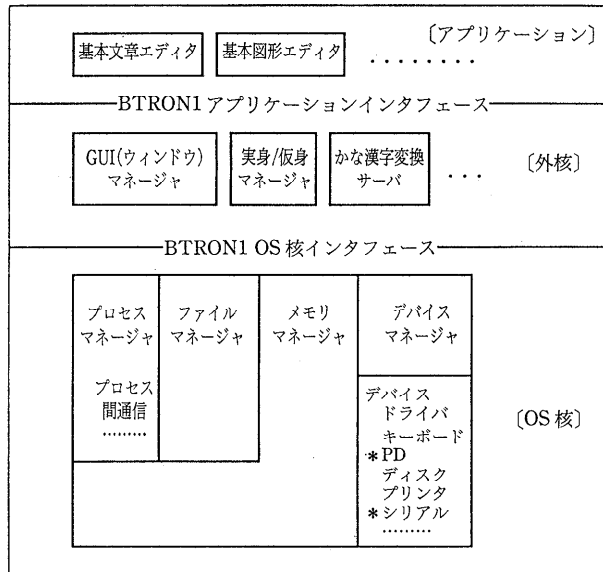
る³⁾。BTRON 1 仕様 OS の実装例における各部のプログラムサイズを表-1 に示す。これに対して、BTRON 2 仕様 OS や BTRON 3 仕様 OS では、保守性や拡張性、分散環境への対応などを考慮してモジュール化構造をとっている。具体的には、まず OS を中心核、周辺核、外殻の 3 層に分け、中心核の仕様は ITRON 仕様のサブセット (BTRON 2 の場合は ITRON 2 のサブセット、BTRON 3 の場合は μ ITRON 3.0 のサブセット) となっている。また、周辺核と外殻については、その操作対象に応じて独立したマネージャを設けている。ただし、これらの違いは OS の内部構造の違いであって、エンドユーザからみたコンピュータの操作方法 (HMI) および TAD などのデータ形式については、BTRON 1 から BTRON 3 まですべて共通である。BTRON 1 仕様 OS、BTRON 2 仕様 OS、BTRON 3 仕様 OS のそれぞれの内部構成を図-2、図-3、図-4 に示す。

このうち、BTRON 3 仕様 OS は、BTRON 1 仕様 OS や BTRON 2 仕様 OS の特徴に加えて、疎結合の分散環境への適応性、特に ITRON 仕様 OS を含めたヘテロなネットワークへの適応性を目標として設計された OS である。BTRON 3 仕様 OS では、接続機能をもつ μ ITRON 3.0 仕様のリアルタイム OS を中心核として利用することによって、 μ ITRON 3.0 仕様の OS を実装した他の組み制御用コンピュータとの接続性を高めている。ここで、 μ ITRON 3.0 の接続機能とは、疎結合ネットワークで結ばれた別のコンピュータの資源 (タスク、セマフォなど) を、同一コンピュータ内の資源を対象とした場合と同様のシステムコールによって直接操作する機能である (詳細は別稿「ITRON サブプロジェクトの現状と展望」を参照)。BTRON 3 仕様 OS では、中心核のもつ接続機能を BTRON のアプリケーションからも利用することにより、ネットワークで結ばれた他の制御用コンピュータに対して柔軟かつ効率の良い指令を出すことができる。これは、TRON プロジェクトで提唱している超機能分散

システム (HFDS—Highly Functional Distributed System) の実現のために重要な機能である。

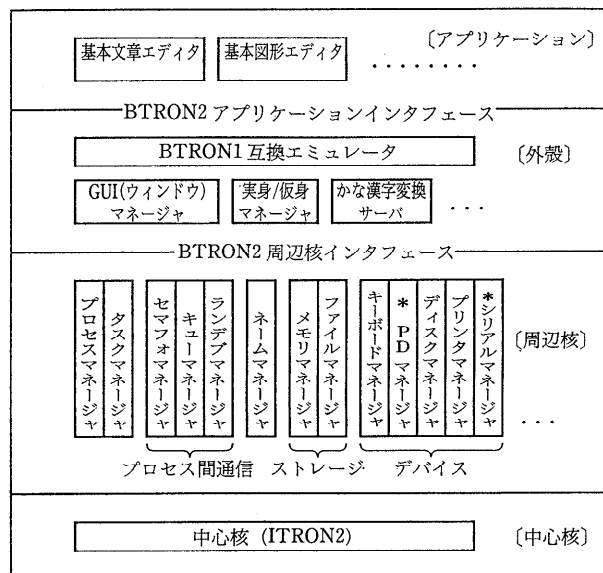
2.4 TRON キーボードと電子ペン

人間の直接操作する入出力機器、すなわちキーボードやポインティングデバイスは、HMI に関する重要な要素である。このうち、特にキーボー



* PD ーポインティングデバイス
* シリアルーシリアルライン

図-2 BTRON 1 の内部構造



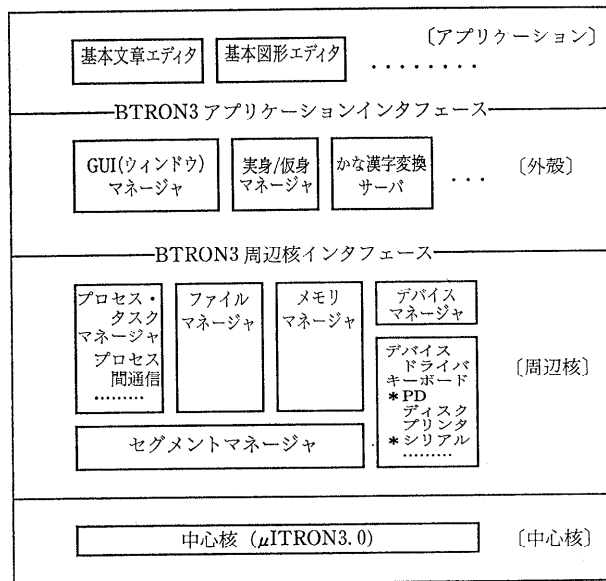
* PD ーポインティングデバイス
* シリアルーシリアルライン

図-3 BTRON 2 の内部構造

ドは文章を入力する最も有効な方法として今後も利用されると考えられ、また従来のキーボードに関する問題点も大きい。そのため、BTRON の中でも重要なテーマの一つとして研究が進められ、TRON キーボードの仕様が規定された (図-5)。

キーボードの仕様を決めるファクタには、大きく分けて物理的配置と論理的配置の二つがある。前者はキーボード全体の物理的な形状を意味する。現在広く使われているキーボードは、100 年以上前に作られた機械式タイプライタの物理形状をそのまま受け継いでおり、人間にとっての使いやすさを追求して設計されたものではない。そのため、指の動きに無理な負担がかかり、健康上良くない要素をもっている。これに対して、TRON キーボードでは、数百人の手のサイズや指の動きを実際に計測し、それを労働医学や人間工学の見地から解析して人間側の負担の少ない物理形状を決定した。その結果、中央部が盛り上がり、キーを放射状に配置した TRON キーボード特有の形状が生まれた。一方、論理的配置というのは、キーの割り当て、すなわちキーと文字や機能との対応方法を意味する。TRON キーボードでは、何百万文字もの文章データを解析し、シフト回数の減少や交互打鍵による打ちやすさの向上を考慮しながら、新規の論理的配列 (TRON 配列) を規定した⁴⁾。なお、新 JIS 配列なども似たような手法で設計されたものであるが、TRON 配列の場合は、シフトキーやかな漢字変換キーなど文字キー以外の重要なキーについても考慮しているという特徴がある。

BTRON では、標準的なポインティングデバイスとして電子ペンを推奨している。近年、ペンで操作できるコンピュータや携帯用情報端末も盛んに出回るようになったが、TRON プロジェクトでは約 10 年前のプロジェクト開始当時から電子ペンの重要性を主張し、その開発の意義を唱えてきた。市販の TRON キーボードに付属しているワイヤレス電子ペンの実装技術は、この主張に定める形で生まれてきたものであるが、その技術は TRON キーボードに応用されているだけでなく、TRON 以外のペン入力コンピュータの入力デ



*PD —ポインティングデバイス
*シリアル—シリアルライン

図-4 BTRON3 の内部構造

バイスとしても利用されている。TRON プロジェクトの成果がこのような形で活かされている例もある。

3. 実身仮身モデルと BTRON のファイルシステム

3.1 実身と仮身

実身仮身モデルとは、BTRON における基本的な情報管理のモデルである。「実身」「仮身」は BTRON の造語であり、「実身」とは情報の本体を示すもの、「仮身」とは実身を参照するタグ(名札)である。コンピュータの一般的な用語で言えば、実身がファイルに、仮身がディレクトリの 1 エントリ、あるいは文書を示すアイコンに相当する。BTRON の仮身は、ウィンドウの中に横長の短冊の形で表示される。

実身仮身モデルの特徴は、実身 (文章や図形) の中に他の実身を指す仮身が混在できるという点である。このため、文章や図形の中に仮身を入れておき、さらに詳しい情報を見たい場合はその仮身を開く、といったハイパテキストの機能が自然に実現できる。たとえば、本の各章を別々の実身 (ファイル) に分割してそれらに対する仮身を入れておけば、本全体の構成を見ながら、読みたい章だけを詳しく読むことができる。また、用語に注釈

を付ける場合に、注釈の中身は別の実身に入れておき、本文にはそれを指す仮身のみを入れておくことにより、注釈を読みたい人だけが必要な場所で注釈を読むことができる(図-6)。

また、実身仮身モデルでは、一つの実身に対して複数の仮身を設けることを許している。すなわち、仮身のコピーを複数用意して、必要な箇所(実身を参照すべき場所)すべてに仮身を置くことができる。上記の注釈付けの例で言うと、注釈を付けられる語が本文中の仮身として複数出現しても、その仮身の指す実身、すなわち注釈の中身は一つで構わないということである。結果的に、実身と仮身の参照関係は、木構造ではなく、ネットワーク構造になる。ループ状の参照関係があっても構わない。

BTRON が一般市販されてから、実身仮身モデルの特長を活かしたハイパテキストの例が数多く作られた。このうちの代表的なものを図-7と図-8に示す。図-7は、野球の試合のスコアボードの情報を実身仮身モデルでうまく表現した例である。「巨人」「ヤクルト」などのチーム名や「桑田」「緒方」などの選手名の部分が仮身になっており、それらの詳しい説明を示す文書(実身)を指す。また、「打撃成績」のウィンドウを表示しているのは表計算のプログラムであるが、この中にも選手名の仮身が現れている。同一の実身を指す同名の仮身を各所に置けるという実身仮身モデルのネットワーク構造の特徴をよく示している。また、図-8は BTRON のユーザが実身仮身モデルの上に北海道の旅行記を作成した例である。見たいところを詳しく見るというハイパテキストの機能がうまく利用されている。

3.2 実身仮身モデルを実現するファイル構造

BTRON のファイルは、実身仮身モデルを効率良く実現するため、可変長レコードやリンクレコードを含んだマルチレコードの構成になっている。一つのファイルは順序付けられた可変長のレコードの列から構成され、各レコードはレコードタイプ、レコードサブタイプの情報をもつ。このうち、レコードタイプが0のレコードはリンクレコードと定義されており、他のファイルへのポインタ(リンクと呼ぶ)を格納するレコードとなる。

実身仮身モデルとの対応については、ファイルが実身に、リンクが仮身に対応する。仮身は、リンクのビジュアル表現とみなすことができる。実身(文書や図形)の中に他の実身を指す仮身を置けるという BTRON の特徴は、それを実現するファイル管理機能の面からみると、一つのファイルの中に複数のデータレコード(文書セグメントや図形セグメントを入れる)やリンクレコード(仮身を入れる)を含むことができるという特徴に対応している(図-9)。

BTRON のファイルシステムでは、ファイルとディレクトリの区別をする必要はない。リンクレコードのみを集めたファイルを作れば、それが木構造のファイル構成をもつ一般的な OS におけるディレクトリに相当する。

BTRON のように GUI を使った環境においては、アクセスする文書を指定する際に文書の名前(ファイル名)を入力するわけではなく、画面上に表示された文書の絵(アイコン、BTRON の場合は仮身)をポインティングデバイスを使って直接指定する。そのため、BTRON のファイルアクセスは、ファイルの名前(パス名)による指定ではなく、リンクを使った直接の指定を基本としている。BTRON のファイルにも名前は付けられるが、この名前は検索キーの一つとしての意味しかもたず、同一のファイル名が存在しても構わない。

4. 今後の展望

これまで説明した BTRON サブプロジェクトの成果に加えて、東京大学の坂村研究室を中心とした研究グループでは、コンピュータの将来ビジョンをふまえた発展的な研究も並行して行ってい

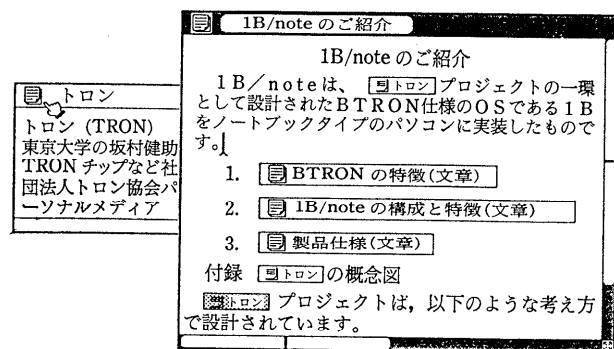


図-6 実身仮身モデルを活かした文章

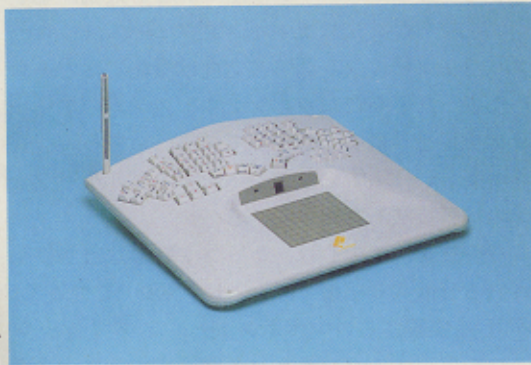


図-5 TRON キーボード

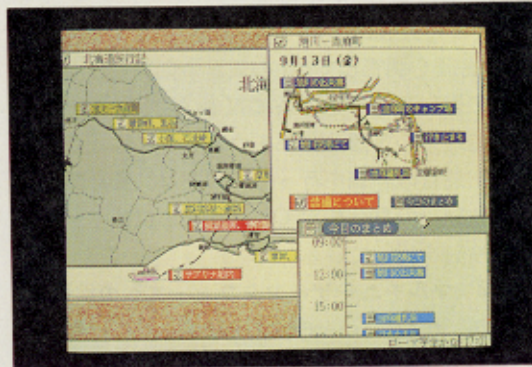


図-8 実身仮身モデルのハイパertext機能を利用した旅行記

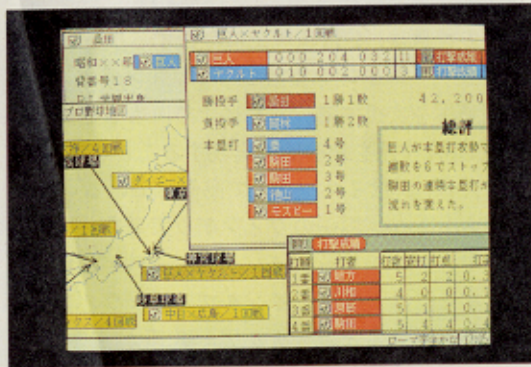
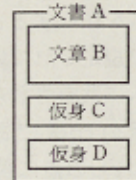


図-7 実身仮身モデルを野球のスコアボードに応用した例

文書の内容(画面上の表現)



ファイルの内容

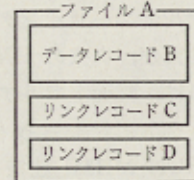


図-9 実身仮身モデルと BTRON のファイルとの対応

る。そのいくつかを紹介する。

4.1 多国語対応機能

TRON プロジェクトでは、コンピュータは「だれでも」「どこでも」「どういう場面でも」使えるようになるべきだ、という主張に基づき、多国語への対応を重要なテーマの一つと考えている。具体的には、言語に依存しない OS やアプリケーションを用いて複数の言語を同時に扱えるような処理モデルを提唱し、その実装と評価を行っている。

BTRON の多国語処理モデルでは、まず、以下の4つの階層を設け、各言語に対して処理系が対応すべき内容を明らかにした。

1) 言語層 (アルゴリズムを規定)

入力アルゴリズム (かな 漢字変換など)、文書表現アルゴリズム (記述方向、ハイフネーション、禁則処理など)、ソーティングアルゴリズム、文字属写象アルゴリズムなどが規定される。



図-10 一般市販されている BTRON 仕様の PC
パーソナルメディア株式会社, 1B/desktop-PF

2) 文字属層 (文書記述)

文章編集などの対象となる階層。TAD により記述される階層。

3) スクリプト層 (文字表現)

合字 (たとえば f と i を続けて一つの文字として扱う) などの表記規則の処理をする階層。

4) フォント層 (書体)

フォントを区別する階層。

次に、その実装アルゴリズムを検討し、多国語

を汎用的に表示できるソフトウェアを実装した⁵⁾。この実装例では、日本語、アラビア語など 29 の言語を調査して 14 の表記規則を抽出し、それらの表記規則を処理系に反映している。さらに、処理系の言語依存部をフォーマルに記述し、その記述量の評価を行った。現在は、その評価結果を整理し、具体的な OS の仕様で反映させるための検討を行っている。

4.2 マルチユーザインタフェースへの拡張

近年、複数のユーザがコンピュータを媒体として共同で作業を行うグループウェアが注目されている。こういったコンピュータ上の共同作業に対応するため、BTRON の HMI の仕様を拡張して MHMI (Multi-Human Machine Interface) の仕様を構築し、実験的な実装を行っている。

マルチユーザインタフェースを作成するときには必要だが、従来の HMI 仕様で規定されていないものは、画面上でリアルタイムに共有されるオブジェクトに対する操作や表示の仕様である。BTRON MHMI 仕様では、これらの点に関して以下の仕様を拡張し、実装と評価を行った⁶⁾。

- 1) リモートポインタ (他ユーザの操作するポインタ) は、自分の操作するポインタを 180 度反転させた形状とする。
- 2) 画面上の共有オブジェクトに対する各ユーザのアクセス権限を、ポインタの大きさで表現する。
- 3) 共有オブジェクトを他のユーザが操作している間は、ロック状態として灰色で表示する。
- 4) ロックの横取りやロックのタイムアウトの機能を設ける。
- 5) 共有オブジェクトのカップリング方式として、インクリメンタルカップリングとコンプリートカップリングを規定する。
- 6) 他ユーザには見えない注 (annotation) を共有オブジェクトの上書き込むため、透明シートメタファを導入する。

4.3 新ウィンドウシステムの構築

坂村研究室では、さらに次世代のウィンドウシステムを構築する研究を進めている^{7),8)}。それは、TRON プロジェクトで提唱している超機能分散システム (HFDS) からの要求に合わせて、マルチユーザアプリケーションや、GUI 環境下で定型処理を実現するスクリプティング、GUI アプリケー

ションの分散処理、アプリケーション連携、電子ペンを使ったジェスチャインタフェース、イネーブルウェア機能 (身体障害者向け機能) などを含めたまったく新たなウィンドウシステムのアーキテクチャを再構築するものである。もちろん、近年の新しい HMI の技法や GUI アプリケーションの構築技法も考慮している。

その技術的な中心は、パーツや図形などが格納される分散共有記憶 (ウィンドウ実身) を介して、GUI を実現するコンポーネントと、アプリケーションを実現するコンポーネントが通信するアーキテクチャにある。その分散共有記憶は、ウィンドウを抽象化したものであり、各ウィンドウごとに存在する。

この機構は、分散環境上に存在する複数の GUI アプリケーションや複数の GUI コンポーネントの協調動作を支援する。これにより、さまざまな新しい HMI 技法を統合的に実現することができる。たとえば、異なるマシン上で動作している GUI コンポーネントが、同一のウィンドウ実身を共有することで、マルチユーザインタフェースが実現できる。また、スクリプトインタプリタがウィンドウ実身を共有すると、スクリプト処理が実現できる。さらに、同じウィンドウ実身を複数のアプリケーションが共有することで、これらのアプリケーションが同じウィンドウ上で協調して動作する、いわゆるアプリケーション連携が実現できる。さらに連携しているこれらのアプリケーションは、分散環境上の任意のマシン上で並列に動作することが可能である。

5. おわりに

本稿では、BTRON サブプロジェクトの内容について紹介し、さらに今後の展望について述べた。BTRON サブプロジェクトの範囲は広く、ここで説明できなかった内容 (イネーブルウェア機能⁹⁾、 μ BTRON バスなど) も数多い。これらについては、ぜひ参考文献も参照されたい。

BTRON 仕様 OS は、すでに一般市販製品として販売されてから 3 年以上が経過し、実用的なパーソナルコンピュータ用の OS の一つとして実績を築きつつある (図-10)。特に、1994 年 4 月には IBM-PC 互換機の上で動く BTRON 仕様 OS が発売され、数多くのハードウェアプラットフォーム

ホームの上でBTRONを動かすことができるようになった。それにともなってBTRONのユーザ数も着実に増え続けており、一般ユーザの間でもBTRONの利用方法に関する議論やBTRONで作成した文書(TADデータ)の交換などが活発に行われている¹⁰⁾。もちろん、それらの意見は、ユーザ側からの評価として今後の仕様改訂にもフィードバックされている。ウィンドウシステムまで備えたパーソナルコンピュータのOSの仕様書をまとめ、それに基づいた実際の商用製品を開発し、多くのユーザを掴んだ、というBTRONサブプロジェクトの成果と実績は、きわめてユニークであり、我が国の独自技術を用いたプロジェクトとして高く評価されるべきものと考えている。

今後は、コンピュータハードウェアの高性能化、低価格化や小型化にともない、BTRONのようなウィンドウシステムの活躍の場はますます広がると考えられるが、BTRONサブプロジェクトの成果がそれに役立つようであれば幸いである。

謝辞 本稿の執筆にあたり、口頃からご指導いただいている東京大学の坂村健助教授、坂村研究室のスタッフの皆さま、トロン協会会員の皆さまに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 坂村 健編: BTRON への招待, p. 32, パーソナルメディア, (1993).
- 2) パーソナルメディア編: 電房具 1B 入門, p. 230, パーソナルメディア, (1994).
- 3) 坂村 健編: BTRON 1 プログラミング標準ハンドブック, p. 1200, パーソナルメディア (1992).
- 4) パーソナルメディア編: TK 1 取扱説明書, p. 100, パーソナルメディア (1992).
- 5) 植松理昌, 越塚 登, 坂村 健: BTRON 多国語

表示機能の提案, 第 14 回トロン技術研究会予稿集, Vol. 5, No. 2, pp. 1-18, トロン協会 (1993).

- 6) 近藤玲子, 越塚 登, 坂村 健: BTRON HMI 仕様のマルチユーザアプリケーション拡張, 第 14 回トロン技術研究会予稿集, Vol. 5, No. 2, pp. 31-37, トロン協会 (1993).
- 7) Koshizuka, N. and Sakamura, K.: Highly-Responsive Implementation of the BTRON 2 Window System, Proc. of 10th TRON Project International Symposium, pp. 82-93, IEEE CS Press (1993).
- 8) Koshizuka, N. and Sakamura, K.: Window Real-Objects: A Distributed Shared Memory for Distributed Implementation of GUI Applications, Proc. of ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '93), pp. 237-247 (1993).
- 9) Koshizuka, N., Uematsu, M., Kimura, N. and Sakamura, K.: Design and Implementation of the EnableWare Specification—A Human-Machine Interface for Physically Challenged People, Proc. of 9th TRON Project Symposium, pp. 23-39, IEEE CS Press (1992).
- 10) NIFTY-Serve: パーソナルメディアフォーラム (FPMC) (1991-1994).

(平成 6 年 4 月 4 日受付)



松為 彰

1961 年生. 1983 年東京大学理学部情報科学科卒業. 1985 年同大学院理学系研究科修士課程修了. 同年パーソナルメディア(株)入社. リアルタイム OS およびウィンドウシステムの研究や開発に従事. また, CPU アーキテクチャ, 開発システム, デバッグなどについても興味を持つ. 現在同社技術開発本部 TRON 特別室室長. (社)トロン協会 BTRON 専門委員会委員. NIFTY-Serve FPMC (パーソナルメディアフォーラム) SYSOP.