

解説



## TRON プロジェクトの現状と展望

 6. トロン 電 脳 生 活  
 ヒューマンインタフェース仕様†

越塚 登†† 武藤 敏 央††† 坂村 健††††

## 1. はじめに

トロンプロジェクトでは、超機能分散システム (Highly Functionally Distributed System, 以後 HFDS) と呼ぶ巨大な分散システムの構築を最終目標としている<sup>1),2)</sup>。HFDS では、身の回りのあらゆるものにコンピュータが埋め込まれ、それらが互いにコンピュータネットワークで接続されて協調動作を行い、人間生活をあらゆる面から支援する。現在でも銀行の現金引出・振込、鉄道の券売機や改札、ビデオやテレビなどの家庭用電子機器(家電)、自動車の内部に至るまで、社会生活基盤の多くの機器にコンピュータは埋め込まれてきており、その数はますます増大している。こうした、社会生活基盤のあらゆるものにコンピュータが埋め込まれる社会を、われわれは、**電脳社会**<sup>3)</sup>と呼んでいる。

電脳社会では、人々は多くの社会サービスをコンピュータが埋め込まれた電子機器を通して享受することになる。たとえば、現在も銀行で現金の出し入れをするにもキャッシュディスペンサを用い、また公共放送を享受するにもテレビやラジオのような電子機器を必要とする。さらに、街中で案内図を調べるにも、チケットを購入するにも、電子機器を通してそのサービスを受ける機会が多くなる。たとえ高度なサービスを提供しても、その最終的なインタフェースである、ヒューマン・マシン・インタフェース (HMI) に問題があり、

人々がそれらの機器を使用できなかったとすれば、そのサービスを受けることはできないことになる。つまり、社会の電脳化の過程において、HMI は大変重要な要素技術である。

電脳社会での HMI にとって、一貫した操作体系は最も重要な要素の一つである。一貫した操作体系は、今までの使用経験のある機器の操作方法からの類推により、見知らぬ機器を操作できるため、多くの種類の機器の使用法の学習効率が向上するという利点がある。

一般電子機器における操作の一貫性は、パーソナルコンピュータやワークステーションなどの場合よりも重要である。その第一の理由は、現在のコンピュータ上で個々人が扱う応用ソフトウェアの種類とくらべ、日常生活において扱う電子機器の種類のほうがはるかに多いことである。第二には、コンピュータの場合は、使い慣れたソフトウェアだけを使うことや、自分専用に HMI をカスタマイズすることが可能である。しかし電子機器は、銀行の ATM や鉄道の券売機などのように、公共のものを共通に使うことが多いため、より標準化の必要性が高い。

したがって、電脳社会において一貫した操作体系の標準化を実現するために、われわれトロンプロジェクトでは、**トロン電脳生活ヒューマンインタフェース仕様** (以下、トロン HMI 仕様<sup>4)</sup>) を作成した。トロン HMI 仕様は、主に電子機器類の物理的な操作デバイスを使った SUI (Solid User Interface) を中心に扱った仕様であり、GUI を中心に扱った BTRON\* HMI 仕様<sup>5)</sup>とともにトロンのコンピュータ環境における HMI 仕様となる。

日本では、筆者らの知る範囲において、広く公開されている HMI 標準仕様はこれが唯一であ

† TRON Human Interface Specifications for Everyday Life by Noboru KOSHIZUKA (Department of Mathematical and Computing Sciences, Graduate School of Information Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology), Toshihisa MUTO (Headquarters-Research and Development Division, TRON Project Team, Personal Media Corporation) and Ken SAKAMURA (Graduate School of Information Science, Division of Science, the University of Tokyo).

†† 東京工業大学大学院・情報理工学専攻  
 ††† パーソナルメディア(株)・技術開発本部・TRON 特別室  
 †††† 東京大学大学院・理学系研究科・情報科学専攻

\* トロンプロジェクトのパーソナルコンピュータである、Business TRON

る。また世界では、われわれ以外にも Apple Human Interface Guidelines<sup>6)</sup>, Motif Style Guide<sup>7)</sup>, OPEN LOOK<sup>8)</sup> のような商用コンピュータ用のスタイルガイド, Smith と Mosier の指針<sup>9)</sup> のような指針集などが, 主にコンピュータの端末のユーザインタフェースを標準化している。このように多くの仕様があることは, 一貫した操作体系が Usability 向上に対してきわめて重要であるというコンセンサスが, ユーザインタフェース研究者や開発者の間で成立していることを示している。トロン HMI 仕様は, これらの仕様と共通点ももつが, 多くの点で異なる。本稿では, 他の HMI の指針との違いを明確にしながら, トロン HMI 仕様の誕生の経緯, その基本理念, 内容, その仕様の運用技術について, 概要を述べる。

## 2. トロン電腦生活ヒューマンインタフェース仕様誕生の経緯

トロン HMI 仕様は, 最初の草稿が坂村により提出され, それをトロンプロジェクト内の三つの応用プロジェクト (トロン電腦住宅研究会, トロン電腦ビル研究会, トロン電腦自動車網研究会) により検討が加えられた。実際にこの仕様草稿に基づき電腦住宅<sup>1)</sup> が構築され, そこから種々のフィードバックがトロン HMI 仕様へ反映されている。トロン電腦自動車網研究会では, この仕様をさらに自動車の HMI に適するように検討が加えられ, 「トロン電腦自動車 HMI 仕様書 基本操作編 Ver. 1.0」が 1991 年に発行された。

1990 年の 10 月には, HMI 仕様を編纂するために, 社団法人トロン協会内にトロン電子機器 HMI 研究会を発足させた。1992 年には従来のこれらの検討成果を統合し, Ver. 1.00.00 の仕様を公開し, その仕様に基づいた, 第一回電腦デザインコンペティションを開催した。さらに, そのコンペティションへの応募作品の検討, 応募者からのインタビューなどにより, 実際の HMI デザイナの意見を反映させ, 本仕様の改良を加えた。その結果が, 1993 年に発行した, Ver. 1.10.00 仕様である。

そしてトロン電腦ビルディングに導入される電子機器類は, 本仕様に従った HMI をもつように, 現在設計を進めている。

## 3. トロン電腦生活ヒューマンインタフェース仕様

本章では, トロン電腦生活ヒューマンインタフェース仕様 (トロン HMI 仕様) の, 目的, 方針, 内容, 表記法に関する概略を述べる。

### 3.1 目的

われわれはトロン HMI 仕様を通して実現すべき HMI に以下の目標を設定した。

1. 一貫性のある操作体系の提供  
一貫性のある操作体系を実現することで, 学習効率の向上, 誤操作の防止を実現する。
2. 電子技術への平等なアクセスの保証  
電子機器を通じて提供される社会サービスが, どのような身体条件や文化をもつ人々に対してもできるかぎり平等にゆきわたるためには, 「だれもが」使える HMI でなければならない。
3. 広い適用性

机上でオフィスワークだけに用いられる HMI ではないため, 日常生活において「いつでも, どこでも, 何にでも」使える HMI である必要がある。

4. 安全性の確保  
Usability や操作効率だけでなく, ユーザの誤操作や機器の誤動作による危険性を回避できなければならない。
5. 最低限の品質保証

本仕様準拠することで, 以上の目的に合致した最低限の品質をもった HMI が構築できる。それ以上の品質は, 仕様の範囲内で, デザイナの力量によって左右できる余地が残されていることが大切である。

### 3.2 方針

#### 3.2.1 仕様と指針の分離

トロン HMI 仕様においては, 規定事項が 2 レベルに分割されている。一つは, 本仕様を満たす機器が最低限必ず守らなければならない事項 (仕様) である。もう一つは, 設計する HMI をよくするための一般的な心得といった事項で, 必ずしも遵守する必要はないもの (指針, ガイドライン) である。

#### 3.2.2 操作とスタイルの分離

トロン HMI 仕様の最大の特徴は, ユーザの機器の操作の標準化は行うが, いわゆるルック & フ

ィールといったスタイルの標準化は行わないことである。ここが、既存のスタイルガイドと大きく性質を異にする点である。本仕様書では、操作は仕様によって標準化され、スタイルには一般的な指針を与えるにとどめている。

たとえば HMI のパーツの操作に関しては、ボリュームのノブを右方向にスライドさせたときは設定値は必ず増大し、逆に左方向にスライドさせた場合は必ず減少するといった、操作方向とその意味の間の対応などが仕様として規定されている<sup>10)</sup>。一方、「文字と背景の色にはコントラストをつける」といったパーツの色彩に関するスタイルや、パーツの形状、インジケータの点滅方式などのスタイルは、指針として定められている。

これにより HMI のルック & フィールは、個々の機器の設計者の創意によってデザインされ、またそれにより、標準化された機器のデザインの個性が産み出されることになる。また SUI 系の HMI は、既存の部品を組み合わせて作成されることも多いため、その形状や色彩などのスタイルまでも標準化することは、現実的に難しいという側面もある。

### 3.2.3 複数の手順を許す

トロン HMI 仕様では、特定の目的を実現するための操作を、唯一に規定する場合は少なく、複数の手段が許されている場合が多い。これにより、その仕様が許す範囲内で、設計者が自由に創意することができる。

われわれは、操作を標準化するがスタイルを標準化しないこと、また同一の目的達成のための手段が複数許されていることから、トロン HMI 仕様の規定を緩やかな標準化と呼んでいる。

### 3.2.4 抽象度の高い標準化

現在の家電製品などの電子機器に関して実際のエンドユーザが一貫性のなさに困惑しているのは、単にパーツの種類やそのレイアウトだけではない。たとえば、時刻を設定するというタイム操作に代表されるように、操作手順の一貫性のなさも混乱の原因となっている。そこで、トロン HMI 仕様では、パーツを個別に規定するだけでなく、それらを複数扱うときの操作手順の分類と標準化も行っている。操作手順の標準化は、HMI の対話モデルの中でいえば、シンタックス層といった高い抽象度の階層を標準化していることにな

る(図-1)。これも既存のスタイルガイドと異なる特徴の一つである。

### 3.2.5 GUI と SUI との一貫性

トロン HMI 仕様では、GUI と SUI を対等に扱っている。したがって、BTRON の画面上の HMI と、トロン HMI 仕様に基づいた電子機器のパネルを同じ作法で操作できる。HMI のデザインは適用する応用の性質に応じ、どちらを用いても構わない。

### 3.2.6 国際化対応

HMI の中でも重要な位置を占める、数字、金額、日時などの表示方法、さらにカラーコーディングなどは、文化に応じて大きく異なる<sup>11)</sup>。われわれはこの差異を重要視し、文化に深く関連する設計項目は、文化圏依存とし、われわれは日本における仕様・指針を定めるにとどめた。

### 3.2.7 イネーブルウェア

コンピュータを利用した高機能な HMI により、従来の機器を使えなかった身体障害者が、使えるようになることがある。ところが、身体障害者のことを考慮しない、むやみなコンピュータ化は逆に、これらの身体障害者を疎外する方向にはたらく可能性もある。トロン HMI 仕様には、トロンプロジェクトで従来から開発を進めてきた、身体の障害を補助する HMI であるイネーブルウェア<sup>12)</sup>の機能が含まれている。

### 3.2.8 既存の標準との一貫性

HMI 仕様の内容にある事項の一部は、すでに標準化が行われ、実際に運用されているものもある。たとえば、JIS Z 8907-1987 の「方向性及び運動方向通則」<sup>13)</sup>、JIS X 0301-1977 の「日付の表示」<sup>14)</sup>、JIS X 0302-1977 の「時刻の表示」<sup>15)</sup>、JIS Z 1901-1986 の「JIS 安全色彩通則」<sup>16)</sup>などで

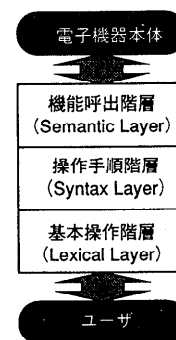


図-1 トロン HMI 仕様の対話モデル

ある。これらの項目に関しては、特に強い不都合がなかったため、そのままトロン HMI 仕様に採り入れた。

### 3.3 内容

トロン HMI 仕様では、HMI を(1)基本操作階層 (Lexical Layer), (2)操作手順階層 (Syntax layer), (3)機能呼出階層 (Semantics Layer) の3階層にモデル化し(図-1), 各階層ごとに仕様と指針を以下のように作成した(表-1)。

#### 3.3.1 基本操作階層

ユーザとの対話に使われる基本的な入出力パーツや、それらが合成された合成パーツに関する仕様と指針を規定している。仕様としては、パーツの分類、操作方向とその意味の関係などが定められている。実際に、SUI も含めると、パーツの数は非常に多くなる。そこで本仕様書では巻末に、操作パーツの操作と機能を統一した形式で記述した辞書(パーツブック)を含んでいる。

またスタイルに関する指針としては、主に4種類定めている。一つは、色彩、点滅、数字・文字の表示方法、図形シンボル表現などの視覚属性に関する指針。第二は、そのパーツの発する音といった聴覚属性に関する指針。第三は、パーツを手で触った感触によって操作方向の指示が得られるというような、手探り属性に関する指針である。またその他の属性として、安全性にかかわるセキュリティ属性、タッチエッジ/リリースエッジ属性、タイムアウト属性、イネーブルウェアガイドラインなどの指針が提示されている。

#### 3.3.2 操作手順階層

操作手順の階層は、基本操作階層で規定されたパーツの組合せに関する仕様と指針で、大きく二つの項目から成り立つ。第一は、物理的な組合せとして、パーツのレイアウト方式の仕様、指針で

ある。たとえば、レイアウトの指針には、確認、中止などの標準スイッチの配置場所の指針、パーツ位置とそのパーツが制御する対象物との相対的位置関係に関する指針などが含まれる。

第二は、論理的な組合せとして、パーツ群の操作手順に関する仕様、指針である。この中には、たとえば、タイマ予約手順のように、一つの操作パネル内の操作手順を標準化した指針と、各パネル間の遷移をどのように行うかということを決めた指針から構成される。

#### 3.3.3 機能呼出階層

そのパーツの表す機能に応じた仕様、指針が定められている。たとえば、緊急時に必要なスイッチ、危険に関するスイッチは、物理的スイッチにすることなどが決められている。これは、停電という事態において、機器からの危険を除去するためである。

### 3.4 表記方法

近年、HMI 仕様自体のインタフェース、つまり、仕様をいかに表記するかということが、その仕様に沿った最終的な機器の品質に対して大変重要である<sup>17),18)</sup>。そこで、トロン HMI 仕様の表記方法では、以下の点に留意した。

#### 1. 数学的記述を避ける

実際の電子機器の設計には、HMI だけでなく、造形的な感覚が強く要求されるため、芸術系の教育を受けた設計者も多い。したがって、GUI を作成するプログラマなどの場合と異なり、情報科学や高度な数学知識をもたない場合もある。トロン HMI 仕様には抽象度の高い概念的な仕様が多いという特徴があるが、それらの規定には、極力数学的記述を避けるようにした。

#### 2. 多くの例図の採録

HMI 仕様の表記において図の果たす役割が大

表-1 トロン HMI 仕様の項目の概略

	操 作 (仕様)	ス タ イ ル (指針)
機能呼出階層 (Semantic Layer)		電源スイッチに関する指針 例外処理スイッチに関する指針
操作手順階層 (Syntax Layer)	操作手順の分類、一括処理手順 タイマー設定手順など	レイアウト指針、操作手順の指針 など
基本操作階層 (Lexical Layer)	操作とパーツの種類などの定義 座標系の定義 操作方向とその意味づけなど	視覚属性、聴覚属性、触覚属性、セ キュリティ属性、タッチエッジ/リ リースエッジ属性、タイムアウト属 性、イネーブルウェア属性など

きいことが知られている。デザイナーは、HMI仕様を利用する初期段階において、仕様書の図を真似するという研究が報告されている。したがって、トロン HMI仕様でも、重要な部分は、なるべく図による例を多く挿入した。

### 3. 仕様の制定理由の詳細な記述

標準仕様は、多くの機器を使用したときにトータルに得られる操作性を向上させるものであるため、必ずしも個々の機器にとって最適な HMI を提供するとは限らない。ところが設計者は機器を個別に設計しているため、トロン HMI の各仕様・指針が、自分の設計している機器にとって最善のものとは言えないのではないか、という疑念をしばしば抱くことになる。したがって、この仕様・指針が、なぜ必要なのかという理由を各仕様・指針ごとに丹念に記述することで、デザイナーに納得が得られるように配慮した。

### 4. ヒューマンインタフェース仕様運用のための実践的技術

トロン HMI 仕様は、OS インタフェースやネットワークプロトコル仕様のように、きちんとした仕様として運用されるためには、個々の製品の HMI が仕様を満たしていることを検証することが必要である。近年、HMI 仕様の検証技術は、われわれ以外にも必要な場面が出てきている。たとえば米国では、障害者対応の HMI 仕様を満たさないコンピュータ製品を連邦政府機関は購入しないと明文化されている<sup>19)</sup>。この法律の条項を運用するためには、各製品がその仕様を満たすかどうか客観的に判断しなければならないのである。このような HMI の仕様は、特に障害者対応を中心として、近年世界的に規定される方向にあり<sup>20), 21)</sup>、将来的にも HMI 仕様の検証技術への要求は増大すると思われる。

従来、一般的に HMI 仕様の検証や評価は困難な問題であった。これは、本質的に困難な面もあるが、仕様がそれを客観的に検証することを前提とせず作成されていることが多いことにも原因があるとわれわれは考えた。トロン HMI 仕様書では、こうした問題を解決するために、仕様化している操作に関する規定は、客観的にほぼ検証可能な項目に限定した。またスタイルに関する一般的な規定は、客観的に検証することがきわめて困

難なものが多い。たとえば、前述の「文字と背景の色にはコントラストをつける」といったスタイル指針に合致しているか検証することは難しい。したがって、操作のみを仕様化し、スタイルは指針にとどめるという方針は、このような検証の観点からも有効であると考えられる。

### 5. おわりに

本稿では、トロン電腦生活ヒューマンインタフェース仕様の基本理念と内容の概略を解説した。現在、ヒューマンインタフェースのルック & フィールも知的所有権の対象となっているため、自由にヒューマンインタフェースをデザインできるとは限らない。本稿で解説した、トロン電腦生活ヒューマンインタフェース仕様は、トロンプロジェクトの基本方針に従った、オープンな仕様であるため、だれが利用しても構わないものである。そしてわれわれのオープンなヒューマンインタフェース仕様は、オペレーティングシステムインタフェース仕様や、ネットワークプロトコル、マイクロプロセッサの命令セット仕様と同様に、電腦社会における重要なインフラストラクチャとなることを期待している。

**謝辞** トロン電腦生活 HMI 仕様の作成作業は、トロン電子機器 HMI 研究会、トロン電腦自動車網研究会、トロン電腦住宅研究会、トロン電腦ビル研究会のメンバーの方々の尽力により達成されました。ここに深く感謝します。

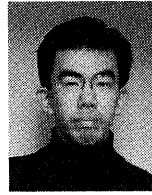
### 参考文献

- 1) Sakamura, K.: TRON Application Projects: Gearing Up for HFDS, *Proc. 8th TRON Project Symposium*, pp. 2-14, IEEE CS Press (1991).
- 2) Sakamura, K.: Toward a World Filled with Computers (Guest Editor's Introduction), *IEEE MICRO*, Vol. 13, No. 5, pp. 6-11 (1993).
- 3) Sakamura, K.: The Computerized Society, *TRON Project 1989*, pp. 3-14, Springer-Verlag (1989).
- 4) 坂村 健監修: トロン電腦生活ヒューマンインタフェース標準ハンドブック, パーソナルメディア (1993).
- 5) 坂村 健監修: BTRON 仕様ソフトウェア仕様書, トロン協会 (1992).
- 6) Apple Computer Inc.: *Macintosh Human Interface Guidelines*, Addison-Wesley (1992).
- 7) Open Software Foundation: *OSF/Motif Style Guide*, Prentice-Hall (1990).
- 8) SUN Microsystems: *OPEN LOOK Graphical*

*User Interface Functional Specification, Release 1.0*, Addison-Wesley (1989).

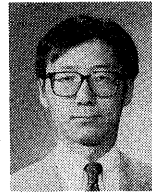
- 9) Smith, S. L. and Mosire, J. N.: *Guidelines for Designing User Interface Software*, ESD-TR-86-278/MTR 10090, MITRE (1986).
- 10) 越塚 登, 他: Special User Interface パーツモデルの提案, 第 11 回 トロン技術研究会予稿集, Vol. 4, No. 3, pp. 35-62, TRON 協会 (1992).
- 11) Nielsen, J. ed.: *Designing User Interfaces for International Use*, Elsevier (1990).
- 12) Koshizuka, N. et al.: Design and Implementation of the EnableWare Specification—A Human-Machine Interface for Physically Challenged People, *Proc. 9th TRON Project Symposium*, pp. 23-39, IEEE CS Press (1992).
- 13) JIS Z 8907 方向性および運動方向通則, 日本規格協会 (1987).
- 14) JIS X 0301 日付の表示 (コード), 日本規格協会 (1977).
- 15) JIS X 0302 時刻の表示 (コード), 日本規格協会 (1977).
- 16) JIS Z 9101 安全色彩使用通則, 日本規格協会 (1986).
- 17) Thovtrup, H. and Nielsen, J.: Assessing the Usability of a User Interface Standard, *Proc. ACM CHI '91*, pp. 335-341 (1991).
- 18) Tetzlaff, L. and Schwartz, D. R.: The Use of Guidelines in Interface Design, *Proc. ACM CHI '91*, pp. 329-333 (1991).
- 19) 米国連邦調達庁: 連邦調達庁・連邦情報資源管理令・広報第 56 号 (1988).
- 20) 通商産業省機械情報産業局: 情報処理機器アクセシビリティ指針 (1990).
- 21) Thoren, C.: *Nordic Guidelines for Computer Accessibility*, Nordiska Namnden for Handikappfragor (1993).

(平成 6 年 3 月 31 日受付)



越塚 登 (正会員)

1966 年生. 1989 年東京大学理学部情報科学科卒業. 1994 年同大学院理学系研究科情報科学専攻博士課程修了. 理学博士. 現在, 東京工業大学大学院情報理工学研究科数理・計算科学専攻助手, Titanet 運用センター勤務. 現在, トロンプロジェクトにおいて, ウィンドウシステム等の GUI の基盤システムの構成法の研究, 障害者支援ユーザインタフェースシステムであるイネーブルウェアの構築などに従事. IEEE, ACM 各会員.



武藤 敏夫

1962 年生. 1985 年慶應義塾大学理工学部電気工学科卒業. 1987 年同修士課程修了. 同年パーソナルメディア (株) 入社. 以来, BTRON アプリケーションソフトウェアの設計・開発に従事.



坂村 健 (正会員)

1951 年生. 東京大学大学院理学系研究科情報科学専攻助教授. 工学博士. 専攻はコンピュータ・アーキテクチャ. 1984 年より TRON プロジェクトのリーダーとして新概念に基づくコンピュータ体系の構築を行っている. その一環として, コンピュータ技術が社会に与える影響の具体的リサーチとして, 工業製品, 建築物まで含めたコンピュータ利用の現場へと, 広範なデザイン展開も行っている. 米 IEEE MICRO 誌編集委員. (社)トロン協会プロジェクト推進委員長. 電子情報通信学会, ACM 各会員, IEEE シニアメンバー. IEEE 等から論文賞受賞. 主著に「TRON からの発想」(岩波書店), 「電腦社会論」(飛鳥新社), 「電腦未来論」(角川書店), 「TRON を創る」(共立出版) など多数.