

時相図：インタラクションの図化・分析・検査の一手法†

守屋 慎次^{††} 中谷 吉久^{††}

本論文ではインタラクションを図化する方法を提案する。用いられる図を時相図と呼ぶ。また、時相図を用いて人間・計算機インタラクションにおけるある種の特性を検査（デバッグ）する方法を導く。検査できる特性は、取消機能（undo や backspace など）に関する3種類の一貫性である。時相図は2次元の時相空間上に描かれる。時相空間の一方の軸には時間が刻まれ、他の軸には操作対象（object）が一行に並べられる。時相図は、そのような2次元空間上に「用意と実行の木」を組み立てることによって描かれる。時相図では、インタラクションが、「用意」と「実行」の列によってモデル化される。本論文の意義として次が考えられる。（1）インタラクションのモデル化に二つの新概念を導入した。一つは、インタラクションを「用意」と「実行」の木でモデル化し、時相空間上に位置づけたこと。もう一つは、操作対象の間に距離の概念を導入して、操作対象が空間の軸になり得ることを示したこと。（2）人間と計算機間のインタラクションにおいて、取消機能の一貫性を検査する方法（3種類）を初めて導いた。本論文では、まず対話型システムにおける4つの設計段階（構想、意味、構文、語彙の設計）とシステムの一貫性との間の関係を論じ、具体例を用いて時相図を説明する。次いで、取消機能に関する3種類の一貫性の検査法を導く。

1. ま え が き

本論文では、まず、①利用者に対話型システムの動きを時間の流れの上で可視化する方法を提案する。可視化に用いられる図を時相図と呼ぶ。次いで、②時相図を用いてユーザインタフェースの一貫性（consistency）を検査する方法を導く。時相図は、横軸に時間を刻み、縦軸に操作対象（object）を配した2次元空間に、“用意と実行の木”を組み立てることによって描かれる。時相図の目標は、インタラクションを図化すること、およびインタラクションにおけるある種の特性（一貫性など）の分析・検査を自動化もしくは支援することである。ここでインタラクションとは、人間・機械、人間・制度、制度・機械、制度・制度、機械・機械のそれぞれの間のものを指すが、本論文では主として人間と計算機間のインタラクションに話題を限定する。

インタラクション、もしくは対話の流れを記述する方法としては、誰もが用いる画面単位の遷移図、階層的な流れ図に似た図を用いる方式⁹⁾、状態遷移図を用いる方式^{10), 11)}など^{1), 3)-5), 13), 14)}がある。しかし、これらのいずれにも次のような問題がある。すなわち、①利用者の動作や利用者が操作する用具・器具が適切に記述できない、②利用者に対するシステムの特長（例えば一貫性）が表現できない、③順序は表現できても

時間の流れが明確に示されない、以上である。本論文の時相図は、対話の記述手段のうちで、①②③の表現を可能にした最初のものである。

人間と計算機間のインタフェース、すなわちユーザインタフェースを検査（あるいはデバッグ）することの必要性や重要性が多くの人によって語られている^{3), 12)-14)}。特に Shneiderman³⁾ は、メニュー項目とコマンド構造の一貫性について、実験結果に基づいた比較的具体的な提言を行っている。しかし、ユーザインタフェースの検査を少しでも系統的に扱う試みはまだない。本論文の時相図はその最初の試みと考えている。

第2章では、対話型システムの使いやすさと一貫性との関係について述べる。また市販の対話型システムにおける一貫性の欠如について具体例を挙げ、それが時間の進行・遡及に関係している点を指摘する。第3章では、まず対話における操作対象を分類し、次に具体例を用いて時相図の描き方とその意味を述べる。第4章では、市販ワープロの取消機能を時相図を用いて分析し、3種類の一貫性の検査法を導く。第5章で時相図の応用について論ずる。本論文は文献15)に加筆・整理したものである。

2. 使いやすさと一貫性

本章の目的は、現在の対話型システムが抱えている問題点の一つとして一貫性の欠如を具体的に示し、その解決のための一つの方向を示すことである。なお、本論文では「一貫性」なる用語を厳密に定義せずを用いる。「一貫性」の意味は、市販の国語辞典に見られる

† Interaction Chart: A Technique for Visualizing, Analyzing and Checking an Interaction by SHINJI MORIYA and YOSHIIHISA NAKAYA (Department of Electrical Communications Engineering, Faculty of Engineering, Tokyo Denki University).

†† 東京電機大学工学部電気通信工学科

ものとする。

対話型システムの使いやすさを代弁するあいまいな言葉として利用者との友好性 (user friendliness) がある。文献1)によると、友好性の要因は次の5つに集約される。①柔軟かさ (flexibility), ②透明度 (transparency), ③使いやすさ (ease of use), ④学びやすさ (ease of learning), ⑤信頼性 (reliability)。ここでは、透明度をとりあげてみる。文献2)によると、システムが透明であるとは、利用者が目的とする動きだけが見え、他の動きは利用者には見えないこと、としている。

システムの動きを不透明にしている巨大要因は、構文と計算機の知識³⁾の存在である。したがって、可能な限り構文や計算機の知識を減らすことが透明度を高める上で重要である。しかし、現状は、構文も計算機の知識もなしでシステムを使うことは不可能である。したがって、それらを学習し、記憶を保持することの必要性を減らすことが重要となる。これは、学びやすさを高めることにも通ずる。

透明度と学びやすさの両者に最も影響を及ぼす設計要因の一つは一貫性と考えられる。理由は次のとおり。予期しない機械の動きや予期しない構文の出現は、目的を目指して作業している利用者にとっての障害となることが多く、また新たな学習を利用者に強いることになる。この意味で、一貫性ある機械の動きや構文は、透明度と学びやすさを高めることに通ずると考えてよい。そこで、以下においては一貫性に注目し、それを分類し一貫性に欠ける実例を挙げ、一貫性を高める上で何を解決すべきかを検討する資料とした。

対話型システムの設計には、構想、意味、構文、語彙の4つの段階⁴⁾がある。これらの各設計段階において、次のような一貫性を対応づけることができる。

(1) 構想の一貫性 (一貫性に欠ける例) 取消可能な項目の種類が一貫性に欠ける。例えば、範囲設定の際、始点は取消できるが終点はできない等。

(2) 意味の一貫性 (一貫性に欠ける例) undo 実行後のカーソル位置がコマンドによって違う。例えば、複写コマンドの undo 実行後カーソル位置はコピー先に、移動コマンドの undo 実行後は始点にある。また、前述の始点取消の際、カーソル位置は変わらない等。

(3) 構文の一貫性 (一貫性に欠ける例) コマンドによって操作と操作対象の指定順序が違う。例え

ば、削除コマンドでは「削除」の指定は最初であるが、罫線等の削除では「削除」の指定は最後である等。

(4) 語彙の一貫性 (一貫性に欠ける例) 操作対象によって取消キーが違う。例えば、コマンドの取消は ctrl+U で、始点取消は BS (backspace) キーである。また、確定の取消は ctrl+↓ であり、文節の取消は ESC (escape) キーである等。

前掲(1)(2)(4)の「一貫性に欠ける例」には共通の概念が存在する。いずれも時間の進行・適及に関係している点である。進行・適及時の要素 (始点やカーソル位置) の扱い方や、進行・適及を起動する方法に、一貫性が保たれていないことを指摘している。このような指摘は本論文が最初と筆者らは考えている。次章では主として時間の進行・適及を系統的に扱うための道具について考えてゆく。

3. 時相図

本章では時相図の描き方とその意味を述べる。時相図は、横軸に時間を刻み、縦軸に操作対象を配した2次元空間に描かれた図である。目標は、ユーザインタフェースの構成要素の変動を時間の流れの上で図式的かつ系統的に扱うことである。

3.1 操作対象の種類とその階層

ここでは縦軸の操作対象を説明する。操作対象には次の三種がある。

①人間による操作対象…人間が“直接”操作する対象。(例1) 人間の手、指、頭。(例2) 鍵盤、マウス、(例3) 文書、操作手引書、紙、鉛筆。

②画面上の操作対象…画面上にほとんど常時表示されている操作対象で、①の操作対象を通じて操作されるもの。(例1) 章、節、段、句、語、字。(例2) 漢字、平・片仮名、英数字。(例3) ウィンドウ、メニュー、コマンド。

③保存されている操作対象…システムに保存される操作対象。(例) ファイル、バッファ、利用者やシステムが特定したカーソル位置 (フラグなど)。

これらの操作対象のうち、特に②、③にはできる限り計算機の知識³⁾ (例えば、バッファ、ファイル、コード体系) を持ち込まないことが大切である。その対話型システムが目的としている仕事の知識³⁾、換言すればその仕事分野における、概念の明らかな言葉で操作対象を構成するのが望ましい。これにより操作対象の透明度が高まり、学習と記憶保持が容易になると考えられる。

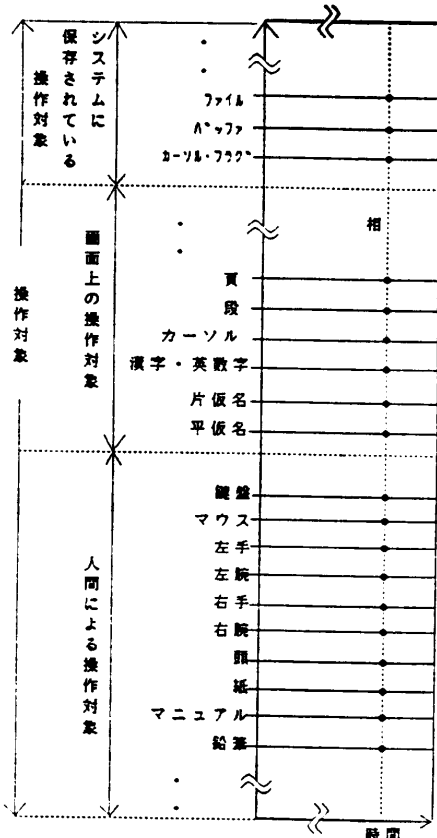


図1 ユーザインタフェースの時相空間
Fig. 1 Interaction space in user interfaces.

3.2 時相空間

対話型システムでは、「利用者による入力とシステムからの応答」の繰返しにより仕事が進められる。この入力・応答の列、すなわち時間の経過を横軸に、操作対象の種類とその階層を縦軸にとり、これをユーザインタフェースの時相空間と呼ぶ(図1)。

横軸には、人間とシステムの行動およびその時間経過が刻まれる。時間は連続値もしくは離散値である。

縦軸には、行動によって生じた操作対象の変動が記される。

各操作対象ごとに横方向の時間軸が存在する。これら時間軸の内容・性質等が互いに異なるため、ある時点における縦軸断面には、異質な時間軸の「相」が写し出される。時相の名のゆえである。

3.3 用意と実行

対話型システムでは入力と応答の繰返しによって仕事が進められる。この入力と応答のそれぞれは、次の2段階の繰返しによってモデル化することができる。

①用意(preparation)段階…操作対象を用意する段階。

②実行(execution)段階…操作がなされる段階。

①、②共に一般的には時間の経過を伴う。

用意段階の例として次が考えられる。

- (イ) 文書上の修正要求を人間が目で見取る、
- (ロ) マウスやカーソルを移動して目的点に至る、
- (ハ) 鍵盤上で目的とするキーに指が達する、
- (ニ) 文字をいくつか入力してオペランドを形成する。

実行段階の例としては、(イ)置換キーを押す、(ロ)マウスのボタンを押す、などがある。

『用意と実行』という考え方の発想源は、プログラム内蔵方式の基幹概念である『フェッチと実行』にある。

『用意と実行』とよい整合を見せる類似の概念として、Card⁵⁾らのKeystroke-Level Modelがある。あるunit-taskを遂行するのに要する時間 $T_{unit-task}$ は、そのunit-taskを遂行する方法を得るための所要時間 $T_{acquire}$ と、その方法を実行する上での所要時間 $T_{execute}$ との和から成る、というモデルである。すなわち、

$$T_{unit-task} = T_{acquire} + T_{execute}$$

と表現される⁵⁾。acquireとexecuteをそれぞれ用意と実行に読み替えば、その形も質もよく類似していると言えよう。Keystroke-Level Modelと時相空間との関係が次の3.4節例3で述べられる。

3.4 時相図

ここではいくつかの例を掲げながら、用意と実行の段階を時相空間上に位置づける方法を述べる。空間上に描かれた図をユーザインタフェースの時相図または時相流れ図と呼ぶ。

(例1) 鍵盤入力の時相図

最初の例として鍵盤からの入力文字に対する時相図を示す。図2(a)(b)(c)はいずれもローマ字“kirei”を入力して平仮名“きれい”へ自動変換する段階を示している。(a)はその詳細図、(b)(c)はこの順に、より簡略な図となっている。打鍵間隔は任意として描かれている。

(a)図には、鍵盤から入力された字が一時表示される時間軸が設けられている。時間軸PEは用意と実行の段階を示す一種の操作対象である。(a)図において、PE₀の時間軸は「鍵盤文字の一時表示」軸と対になっている。PE₀は入力された字を取り出し、それを画面の適切な位置にシステムが表示するという段階を示す。用意(p)と実行(e)は入力文字ごとに繰返される。「網掛け」部はpとeが同一キーによって生起

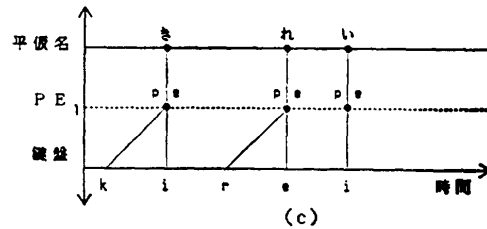
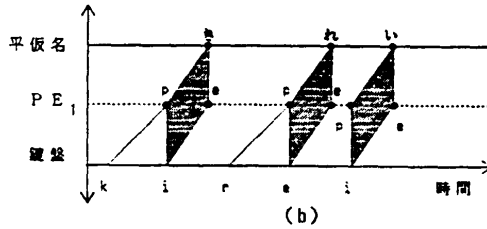
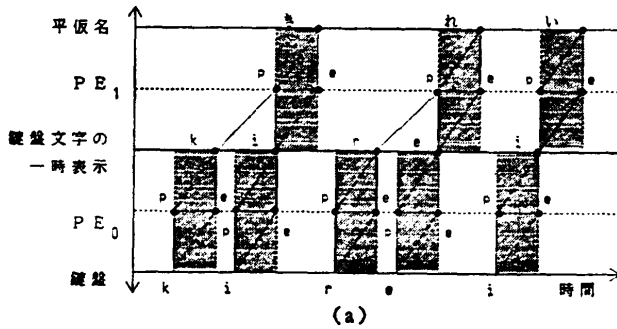


図2 鍵盤入力の時相図
Fig. 2 Interaction chart of keyboard-input.

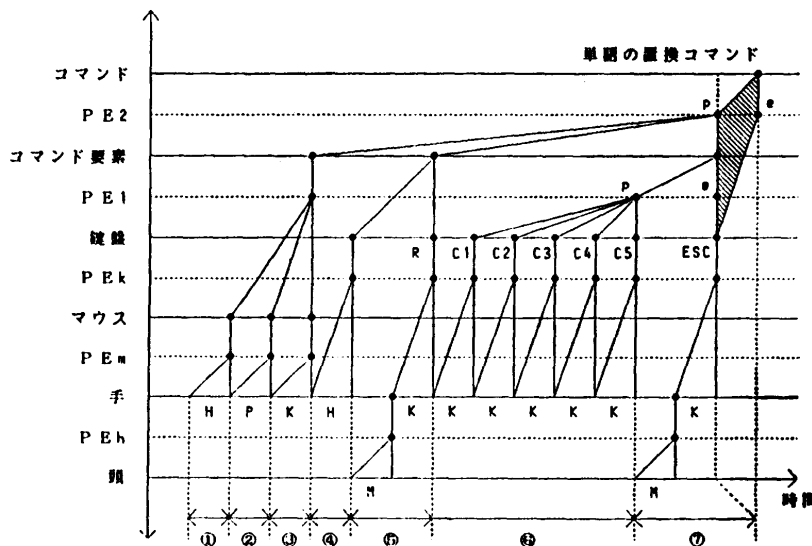


図4 Card⁵¹ らの Keystroke-Level Model の時相図
Fig. 4 Interaction chart visualizing an example in the Keystroke-Level Model⁵¹.

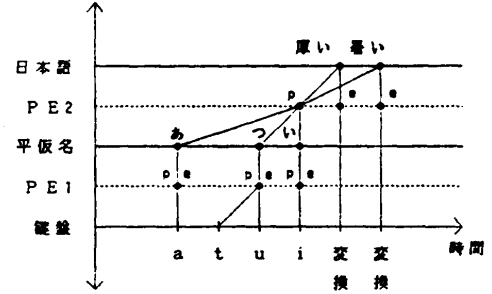


図3 かな漢字変換の時相図
Fig. 3 Interaction chart for converting Kana-input to Kanji-characters.

することを示す。PE₁の時間軸は、「平仮名」軸と対になっており、ローマ字を平仮名に自動変換する段階を示す。ローマ字は母音が出現する度に平仮名へ変換されると仮定している。

(b)図は、(a)図におけるPE₀と『鍵盤文字の一時表示』の時間軸、および網掛けの一部を省略したものである。(c)図は、(b)図の網掛け部を省略したものである。以後は(b)または(c)図の記法を用いる。

(例2) かな漢字変換の時相図

図3を参照されたい。

(例3) 人間の操作対象と時相図

—Card らの Keystroke-Level Model⁵¹—

図4は、3.3節で述べた

$$T_{\text{unit.task}} = T_{\text{acquire}} + T_{\text{execute}}$$

における T_{execute} の、より詳細な時相図を示している。

図4の例は Card⁵¹ からとったもので、文書編集の一場面を示している。すなわち、画面上の英単語1語をマウスで指定し、それを鍵盤から入力された語で置換する例である。詳細な手順および各段階における所要推定時間(括弧内)は次のとおりである⁵¹。

- ①手を伸ばしマウスを掴む。(H)
- ②マウスを移動して目的とする語を指す。(P)
- ③マウスの yellow ボタンを押す、その語を選ぶ。(K)
- ④手を鍵盤へ戻す。(H)

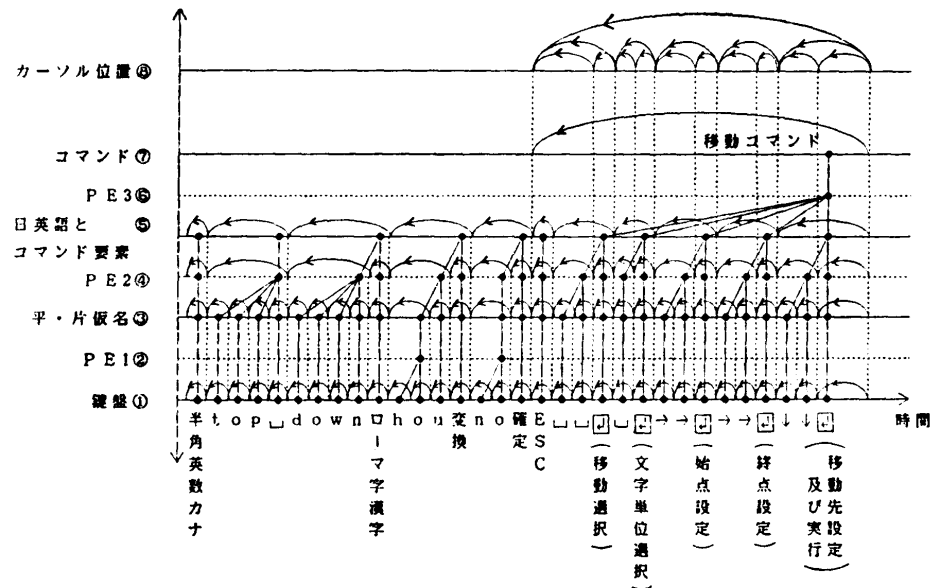


図6 3種類の一貫性を保つために、入力時と修正時に備えるべき取消機能

Fig. 6 This figure shows all the cancel functions the editor, *Ichitaro*, should provide when inputting and editing.

定する(「改行」キー)。

- ⑥文書上のカーソルを移動し(「↓」キー)、移動先を設定して実行する(「改行」キー)。

(2) 取消操作に関する3つの一貫性

図5と6において、時間軸①～⑦上の矢円弧は取消操作の開始・終了位置を表現している。時間軸⑧上の矢円弧は取消時に生ずるカーソル位置の推移を示す。

初めに図5について説明する。図上の矢円弧は、この市販システムで実現されているものだけを示す。これらの矢円弧のうち、イ、ロ、ハ、ニは、第2章(1)(2)(4)の「一貫性に欠ける例」を图示したものである(時間軸⑧は、以下の議論に関係のあるイ、ロの取消についてのみ示してある)。(1)の例はロと、(2)の例はイ、ロと、(4)の例はイ、ロ、ハ、ニと、それぞれ表現されている。図5の左上には、イ、ロ、ハ、ニそれぞれのキー(矢円弧の種類)が示されている。

例えば、イの取消機能(軸⑦)は、「移動」等のコマンドの実行直後において、「CTRL」キーと「U」キーを同時に押下することにより起動され、「ESC」キーを打鍵する直前の状態に戻る。しかし、カーソル位置は設定した「始点」位置に戻る(軸⑧)。

図6上の矢円弧は、図上で可能なすべての取消方式を示している(時間軸⑧は、「移動」コマンドについてのみ示してある)。

矢円弧1つが取消の1段を示している。図5上の矢

円弧のうちBS(backspace)によるものは連続多段取消が可能である。他のキーによるものは1段だけの取消である。図6上の矢円弧は、連続取消可能な段数を指定していないが、以下の議論はこの段数と無関係である。

この2つの時相図から次のことが読みとれる。仮説として3つ掲げる。

仮説C1. 取消可能な要素の一貫性

取消可能な要素の一貫性を保つには、同一時間軸上のすべての要素について取消可能にする必要がある(図6参照)。

仮説C2. 取消におけるカーソル位置の一貫性

取消におけるカーソル位置の一貫性を保つには、「カーソル位置」(時間軸⑧)上の矢円弧は、対応する取消の矢円弧と「同期」させる必要がある(図6参照)。ここで同期とは次を意味する。図6上の縦の破線と時間軸との交点を、取消時点と呼ぶことにする。同一の縦破線上の取消時点は同一取消時点にある。このとき、異なる時間軸上に存在する矢円弧の対のうち、取消開始時点と取消終了時点が同一のものは同期しているという。

仮説C3. 取消を起動する語彙の一貫性

取消を起動する語彙(キー名やメニュー内の項目名)の一貫性を保つには、同一時間軸上の取消起動語彙を同一にする必要がある。

3つの仮説は、3種類の一貫性の検査方法を示している。

(3) 必要な時間軸

図5の時間軸①上の英字“top down”に注目されたい。英(数)字入力では2つの時間軸①と⑤だけで、入力と表示が可能である。(注: 英文中の単語を操作対象とすることが可能なシステムでは④のPE₂も必要となる。このようなシステムを図6に示した。ここでは、空白は文字であると同時に単語の区切りとしての意味も持たせてある。そして、空白の入力を単語入力の契機としている。図6のようなシステムでは英数字の入出力に④も必要となることが分かる。)したがって英(数)字文章の取消には1つのキー(例えば backspace)で必要十分である。さらに、要素(この場合は英数の文字)、カーソル位置、操作キーの一貫性(仮説C1, C2, C3)も保たれる。

一方、ローマ字によって日本語を入力・表示するためには、最低5本の時間軸(①~⑤)を必要とする。(図2上の「鍵盤文字の一時表示」軸およびPE₀軸を含めるとすれば7時間軸が必要である。)図6を見ると、日本語入力時に、すべての取消矢印弧が同期している時間軸の対は、①~⑤のうちでは②と③だけである(このため②上の矢印弧は省略されている)。すなわち、日本語入力時には最低4時間軸(①, ②=③, ④, ⑤)の“取消方式”が存在する。当然のことながら英文流の backspace だけでは、日本語の取消機能としては全く不十分である。

ここで市販システムの日本語入力時における取消方式を調べてみよう。図5の①上で“hou「変換」no「確定」”と入力されている部分に注目されたい。この市販システムでは4時間軸の取消方式が考慮されている。しかし、この部分では仮説C1の「取消可能な要素の一貫性」が時間軸①④⑥上で保たれていない。C2の「取消におけるカーソル位置の一貫性」は保たれている(図5上に示されてはいない)。仮説C3の「取消を起動する語彙の一貫性」は、時間軸①上で保たれていない。

4.2 取消機能の可能性と提言

本節では、本論文が扱っている時相図上の範囲内で、可能なすべての取消機能と、その実現に向けての提言を述べる。図6から次のことが言えよう。

(1) 5時間軸において適及が可能である。(「鍵盤文字の一時表示」軸とそのPE軸の取消を含めれば7時間軸となる。)

(2) 時間軸間の推移が可能である。すなわち、各時間軸における同一取消時点において時間軸間を推移(時間軸間を渡り歩き)することができる。

(3) 取消キーの設計に一貫性を持たせることができる。すなわち、時間軸とキーとを対応させ、それらのキーと「取消」キーとの併用で各取消機能を実現すればキーの設計が一貫性を保つ。特に重視すべき時間軸は⑤、④である。

(4) 上記を考慮した精密な取消機能の有用な範囲は入力時の先端部(最近入力された部分)だけで十分であろう。有用範囲の大きさは、文献6)の研究から、①2~3語(文節)以内、および②1~2コマンド以内で十分であろう。

以上の提言により、4.1節で指摘した一貫性の欠如に対する解決の方法が示されたと考える。具体的な取消機能の決定は、全体機能の設計においてなされるべきである。上記(1)~(4)の具体的な議論については別に報告したい。

5. 利用分野

4章では時相図を取消機能の分析に利用した。ここでは取消機能が“系統的”と言える方法で、しかも視覚的に考察可能なことを示したと考える。またそれを通じて取消機能の一貫性およびその検査法を新たに示した。

時相図の応用として次のものが考えられる。

(1) インタラクションの記述手段として

ここでインタラクションとは、「まえがき」で述べたように、人間・機械、人間・制度、制度・機械、制度・制度、機械・機械のそれぞれの間のものを指す。本論文では話題を人間・計算機間のインタラクションに限定したが、時相図は上記のように広範囲のインタラクションの凶化に利用可能と考える。

人間・計算機間のインタラクションに限定した場合であっても、時相空間の1つの座標、すなわち操作対象の座標は、次のような新概念を見せている。まず、多様な操作対象を1本の座標上に位置づけるといふ考え方、もう一つは、人間の中枢・受容・運動器から机上の文書、筆記具、入出力機器、それにシステム内に保存しているデータまでを、一様に操作の対象(object)としていること、最後に、それらの操作対象の集合に「使いやすさ」に基づく距離を導入していること⁷⁾、の3点である。これらの概念も広く有用と考えている。

(2) インタラクションの分析・検査の手段として

①4章のような取消機能だけでなく、他機能の分析・解析にも利用可能である⁷⁾。ユーザインタフェースの設計時に、一貫性など⁷⁾の検査が可能と考える。また、岡留ら⁸⁾やCardら⁹⁾の模型と併用して所要時間を予測することも考えられる。

②多様な利用者層に対応する方法として、時間軸を活用することが考えられる。例えば、初心者には初めは少数の時間軸だけを見せる。すなわち、それら少数の時間軸については、進行、遡及、変換等の操作を許す。慣れてくるに従って多数の時間軸も使用できるようにする。

6. む す び

6.1 ま と め

本論文で次のことを明らかにした。

(1) 一貫性の分類方法として、システム設計の各段階（構想、意味、構文、語彙）による分類が可能であること、およびその各段階での一貫性がシステムの透明度に大きく影響することを示した。

(2) 縦軸に操作対象をとり、横軸に時間を刻み、時相空間を定めた。時相空間は、「まえがき」で述べたように広範囲な“インタラクションの世界”で定義可能と考えている。また時相空間における操作対象の軸は、第5章(1)で述べたような3つの新概念を示しており、インタラクションの分野で広く有用と考える。

(3) 時相空間に「用意と実行」という木を組み立てることにより時相図を描く方法を述べた。これは、インタラクションが「用意と実行」の列でモデル化されることを意味している。また、取消機能を時相空間に描く方法を示した。これにより、多様な操作対象の時間的変動を統一的に図化する方法が得られた。インタラクションのモデル化と視覚的分析・検査に有用と考える。

(4) 取消機能に関する一貫性の検査方法を導いた。4.1節(2)において、取消機能の一貫性に関する3つの仮説を述べ、3つの一貫性の検査方法を明らかにした。これらの一貫性は、人手だけでなく、機械によっても検査可能であろう。

6.2 検 討 課 題

本研究にはたくさんの検討課題が残されている。ここではその主なものを述べる。

(1) インタラクションが存在する分野は広範である。本論文では人間と計算機のインタラクションにつ

いて述べたにすぎない。

(2) ユーザインタフェースの構成要素も多種多様である。利用者、対話型システム、行う仕事、扱う情報、入出力の機器と技法など、それぞれが多様である。本論文はその一端について述べた。

(3) インタラクションにおいて分析・検査すべき特性は多数存在する。本論文では取消機能に関する3種類の一貫性について述べた。

(4) 時相図の記述方法と記述能力がまだ確かではない。主な原因として、①上記(1)(2)(3)の多種多様性、②画面上の操作対象のような多次元空間の表現が容易ではないこと、③本論文では具体的な入力について図を描いたが、一般形の記述を試みていないこと、④時相図の分岐や繰返し等については言及していないこと、などがある。

謝辞 日頃、御指導・御助言いただく本学 穂坂 衛教授、平松啓二教授、御討論いただいた本学 斉藤 剛氏および文献 15)の「集中研究集会」の参加者諸氏、図の清書に御助力いただいた卒研生諸氏に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) Dehning, W. et al.: *Lecture Notes in Computer Science 110, The Adaptation of Virtual Man-Computer Interfaces to User Requirements in Dialogs*, Springer-Verlag, Berlin (1980).
- 2) 守屋慎次: 人間・機械インタフェース, (中田, 南, 平松編) 情報信号処理, 第6章, オーム社, 東京 (1986).
- 3) Shneiderman, B.: *Designing the User Interface*, Addison-Wesley, Menlo Park (1986).
- 4) Foley, J. D. et al.: *Fundamentals of Interactive Computer Graphics*, Addison-Wesley, Menlo Park (1982).
- 5) Card, S. et al.: *The Psychology of Human-Computer Interaction*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale (1983).
- 6) 倉橋裕紀, 籠 浩昭, 芝野耕司, 村岡洋一: エディタ設計のための利用者の振舞の解析, 信学誌, Vol. J70-D, No. 6, pp. 1248-1251 (1987).
- 7) 守屋慎次: ユーザインタフェースの時間構造, 計測自動制御学会, 第3回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp. 291-298 (1987).
- 8) 岡留 剛, 小野芳彦, 山田尚勇: 日本語タッチタイプ時の情報処理の認知的側面, 計測自動制御学会, 第1回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp. 89-96 (1985).
- 9) Kloster, G. V. and Zellweger, A.: Engineer-

- ing the Man-Machine Interface for Air Traffic Control, *IEEE Comput.*, pp. 47-62 (Feb. 1987).
- 10) Kieras, D. and Polson, P.G.: An Approach to the Formal Analysis of User Complexity, *Int. J. Man-Mach. Stud.*, Vol. 22, pp. 365-394 (1985).
- 11) Jacob, R. J. K.: Using Formal Specification in the Design of a Human-Computer Interface, *Proc. of Human Factors in Computing Systems*, pp. 315-321 (Mar. 1982).
- 12) Draper, S. W. and Norman, D. A.: Software Engineering for User Interfaces, *IEEE Trans. Softw. Eng.*, Vol. SE-11, No. 3, pp. 252-258 (1985).
- 13) Foley, J. D.: Managing the Design of User Computer Interfaces, CHI '86, Human Factors in Computing Systems, Tutorial 15 (1986).
- 14) Mayhew, D.: Methods in User Interface Design: A Practical Course for Software Managers and Developers, CHI+GI 1987, Human Factors in Computing Systems and Graphics Interface, Tutorial 3 (1987).
- 15) 守屋慎次, 中谷吉久: ユーザインタフェースの時相図とそれによる対話の分析・検査法, 情報処理学会, グラフィクスと CAD 集中研究集会資料, 28-8 (1987).

(昭和 63 年 1 月 13 日受付)

(昭和 63 年 3 月 9 日採録)



守屋 慎次 (正会員)

昭和 19 年生. 昭和 42 年法政大学工学部電気工学科卒業. 昭和 48 年東京電機大学大学院博士課程修了. 工学博士. 現在, 東京電機大学工学部電気通信工学科教授. 昭和 56 年ニューヨーク州立大学, 昭和 57 年イリノイ大学の各計算機科学科客員準教授. インタラクションの記述・分析・評価法, ユーザインタフェースおよびその管理システム, 手書き対話型システム, 入力技法の研究に従事. Information Resources Management Journal の編集委員. 電子情報通信学会, 計測自動制御学会, ACM, IEEE 各会員.



中谷 吉久 (正会員)

昭和 34 年生. 昭和 57 年東京電機大学工学部電気通信工学科卒業. 昭和 60 年同大学院修士課程修了. 同年より同大学院博士課程在学. 対話型システムにおけるユーザインタフェースの分析・検査・評価およびユーザインタフェース管理システムの研究・開発に従事. 電子情報通信学会会員.