

コンピュータ操作過程の記録・分析支援ツール

前田 恵三

東京工業高等専門学校
情報工学科

〒193-8610 東京都八王子市栲田町 1220-2

Phone: 0426-68-5064

E-mail: keizo@sp.cs.tokyo-ct.ac.jp

中野 靖夫

上越教育大学
学校教育研究センター

〒943-0834 新潟県上越市西城町 1-7-2

Phone: 0255-25-9147

E-mail: nakano@juen.ac.jp

プログラミングやインターネットでの調べ学習など、コンピュータを利用した学習の評価を行なうには、提出された作品、レポート、アンケートの集計結果だけでは授業による影響・効果を把握するには不十分で、どのような問題に出会い、どのようにして解決して理解を深めていったかなどの過程を分析することが大切である。我々は、マイクロソフト社の Windows® 環境において、コンピュータの操作過程を記録し、操作の意味を抽出することで操作過程・学習過程の分析を支援する、ソフトウェアツールの開発を行なった。

キーワード：コンピュータ操作，情報教育，学習過程，認知過程

A Software Tool which Records Computer Operation History and Aids Analyzing Operation Process

Keizo MAEDA

Tokyo National College of Technology

1220-2 Kunugida, Hachioji,

Tokyo 193-8610, Japan

Phone: 081-426-68-5064

E-mail: keizo@sp.cs.tokyo-ct.ac.jp

Yasuo NAKANO

Joetsu University of Education

1-7-2 Nisisiro, Joetsu,

Niigata 943-0834, Japan

Phone: 081-255-25-9147

E-mail: nakano@juen.ac.jp

Abstract We are developing a software tool to record and analyze computer operation process under Microsoft Windows® environment. Analysis of human-computer interaction process is very important to grasp students' learning process and cognitive process on a lesson with personal computer. Developed software tool visualizes a computer operation context and produces some hints for analysis. This paper describes effects of visualizing a operation context and overview of developed tool.

Key Words: computer operation, computer information education, human-computer interaction, learning process, cognitive process

1. はじめに

現在、小学校から高等学校で情報教育が行なわれているが、プログラミングやインターネットでの調べ学習、協同学習などコンピュータを活用した学習の評価を行なうには、提出された作品、レポート、そして「主体的に、熱心に取り組んでいた」「視野を広げることができた」という成果だけでなく、学習者がどのように考え、工夫を行なったかを把握することで、一人ひとりが対象をきちんと捉え理解したかを見ることが大切である。

コンピュータの操作過程を記録しておけば、学習過程を追跡することができ、また、それに学習者の発話プロトコルや操作後のインタビューを付加することで、認知面からの分析も可能となる。

プログラミングや絵の描画、データ収集とその表現、ストーリー性のある作品の作成などのような問題解決活動や創作活動をコンピュータと対話しながら行なっている場合、前もって検討して用意しておいた作品を入力しているのではなければ、コンピュータへ入力し、削除、変更などを行なった操作過程に創作活動の一面が現れていると言える。そして、経験を積んだ分析者であれば、操作過程の記録から、どのような状況で操作者がどう対応して、操作を行なっていったかを、明らかにしていくことが可能であると考えられる。

これまで、キー入力を記録することで操作の記録と再現を行なうシステム[1]を開発し、コンピュータ操作の分析やプログラム作成過程、学習過程の分析を行なってきた[2-5]。しかし、グラフィカルユーザインタフェース(GUI)による操作が一般的になり、マウス操作が入力手段として使用されるようになった。そのため、キー入力の記録だけでは操作過程の分析が難しくなってきた。

そこで、Windows環境において、操作過程を記録し分析するためのシステム開発を行なった。GUI環境では、既にUNIX上のXウィンドウシステム上にウィンドウ環境での操作分析・支援システムの開発を行なったが[6][7]、低水準のイベントデータを用いたため、マウスを併用した操作過程を十分に把握することはできなかった。しかし、Windowsが扱うイベントでは、マウスのクリックされた座標以外に操作の意味もイベントとして取得できるため、操作内容の把握が容易なデ

ータが得られた。

本研究で開発した操作記録システムでは、操作を原始的なデータと「操作の意味」とで記録を行ない、操作の再現は実際のアプリケーションを再起動するのではなく、分析機能を持ったシミュレータで行なう。このシミュレータによって「操作の意味」を表示に加え、ありのままの再現では結果に現れないために気付きにくいことでも明確にすることができる。また、操作状況のカテゴリー分けやその時系列による分析が可能になり、学習者の操作傾向も把握可能である。

まだ、分析可能なアプリケーションは低機能なものに限られているが、教育現場で利用されているアプリケーションにも順次対応していく予定である。

本報告では、操作の意味の抽出と学習過程の分析との関連、そして、開発したシステムの概要について述べる。

2. 操作の意味の抽出

マウスのボタンが、あるXY座標でクリックされたということだけでなく、その操作によって、どのアプリケーションにどのような操作が伝わり、その時のアプリケーションの状況から次に何が起きようとしているのか、という操作の意味まで分かれば、その時点時点でのデータ分析で操作内容が把握できる。

以前に開発したMS-DOS用の操作の記録・再現システムKBHIS[1]では、キーボードの入力を記録しておき、操作終了後に実際のアプリケーションに自動的にキーデータの再入力を行ない、操作を再現していた。しかし、キー入力の記録データだけでは、メニューの選択なのか、文章の一部なのか分析プログラムで簡単に把握できず、操作内容を把握するには実際に操作を再現して分析者が目で見て解釈する必要があった。また、UNIXのXウィンドウシステム上に作成した操作の分析と支援のシステム[7]でも、マウスのクリックがメニューなのかテキストの挿入位置の変更なのかを把握するには限界があった。

一方、Windowsでは、例えばマウス操作において、メニューの選択かボタンのクリックかが明確に判かる形でOSが取り扱っているなどのため、操作の意味を抽出することが容易である。

しかし、Windows がマウスクリックの情報しか提供しない場合でも、アプリケーションによっては、それによって何が起きようとしているのか調べる必要があるものもある。

例えば WWW ブラウザでは、リンクの文字列をクリックしたことで、どこの URL に移動しようとしたのか調べる必要がある。

また、Windows に付属のお絵描きソフト「ペイント」では、パレット上の特定の色の上でマウスをクリックしても、イベントとして色を選択したという内容は得られず、クリックされた座標の下の色を調べることで選択された色を判断する処理が必要である。一方、描画ツールの選択では、その必要はなかった。

デスクトップ上のアイコンを使ったファイル操作では、一連のイベントと各種情報を取得することで「コピー」「移動」「プログラム起動」などの判断をしている。一つひとつのイベントだけでは、マウスでクリックされたアイコンの名称や、それがフォルダやアイコン上など、どこにドラッグされたのかまでは判断できず、操作記録プログラムでアプリケーションプログラムの状態を把握しておく必要がある。それでも判別不可能な場合は、分析プログラムの方で判断を行なう。

このように、操作の意味を抽出するためには、前もってアプリケーションプログラムの動作内容を調べておき、操作記録プログラムにアプリケー

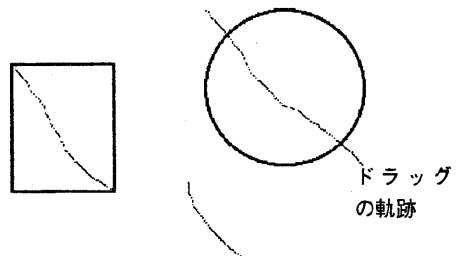


図1. 「ペイント」での操作内容

ションごとに特化した処理を組み込んでおく必要がある。

図1に「ペイント」で操作の意味を抽出し、操作内容を表示した例を示す。斜線はマウスをドラッグした軌跡を表示したもので、四角形や円を描く時に、どのような大きさや向きで描こうとしたのか迷った軌跡を見ることができる。ありのままに操作を再現したのでは、このような操作過程は目につきにくく、記録として残らないため、分析者が気付きにくい。

3. システムの概要

本システムは操作の記録を行なうプログラムと分析を行なうシミュレータからなっている。

アプリケーション操作の記録は Windows のイベントをダイナミックリンクライブラリ (DLL) で横取りすることで実現している。図2に示すように、各アプリケーションごとに DLL のメモリ

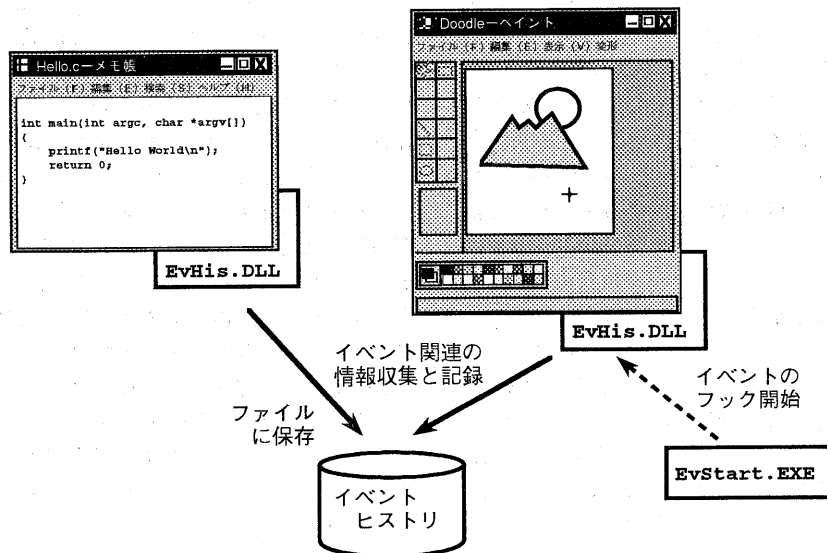


図2. 各アプリケーションへのイベントのフックと記録

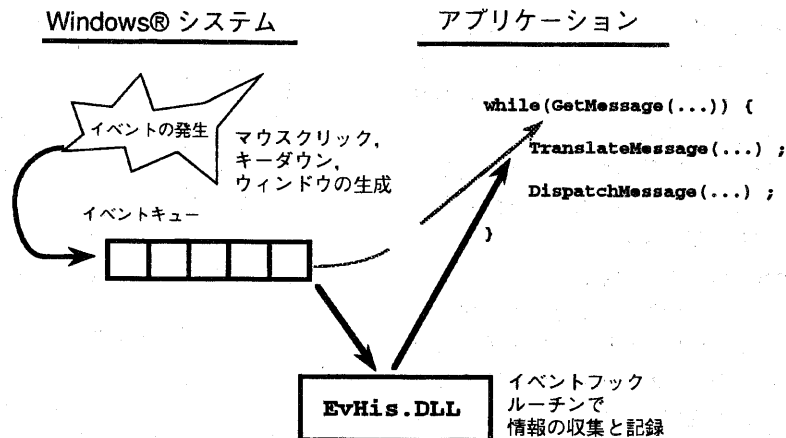


図3. 操作過程記録時のイベントの流れ (発生→フックルーチン→アプリケーション)

空間が割り当てられるため、各アプリケーションごとの状態をEvHis.DLLで保持でき、オブジェクト指向風にプログラムの作成が行なえた。

アプリケーションに送られるイベントは図3に示すようにアプリケーションがイベントを取り出そうとしたときに、DLLのフックルーチンに先に渡るような構造になっている。

従来のMS-DOSのコマンドが実行可能な「MS-DOSプロンプト」(DOS Window)は、Windows上の他のアプリケーションとは動作が異なり、キー入力や他のイベントを容易に横取りすることはできない。本システムでは、デバイスドライバ(VxD)を使用して、「MS-DOSプロンプト」のウィンドウがアクティブな間のキー入力を記録している。使用したデバイスドライバは、雑誌DDJの記事[8]のものであるが、記録できるキー入力回数が約800回と少なく、マウス操作の記録も行なうために、さらに記録回数が減少する欠点がある。

操作記録データの形式はデータ項目の追加・変更を頻繁に行なう予定であるため、Lispで使われるS式の形式とした。キーワードと値を組にして、それをリスト形式でイベントごとに作成する。図4に、選択した2個のファイルのアイコンをエディタのアイコン上にドラッグ&ドロップしたときの操作記録データの例を示す。このデータからは、フォルダEvDat中の2個のファイルが(LVN_BEGINDRAGのFnameより)デスクトップ

上のプログラムのアイコンUedit32にドラッグ&ドロップされ(DRAGEND, Launchより)、プログラムUEDIT32.EXEがそれらのファイル名を引数にして起動したことがわかる(CMDより)。操作記録をテキストファイルとしたことで、デバッグが容易になるメリットもあった。

データをS式としたことから、分析プログラムは、プログラムの変更・拡張が容易なLisp(CLOS)を用いてオブジェクト指向により作成した。分析対象のアプリケーションの種類ごとにクラスを用意し、また、Windowsの提供する基本機能(ウィンドウ, ダイアログ, Editクラス, RICHEDITクラスなど)に対応させてクラスを用意した。

実際のアプリケーションプログラムは多数のウィンドウで構成されているのが一般的である。分析プログラムでシミュレートし、操作をリアルタイムに再現するとき、各ウィンドウへのイベントデータは一度アプリケーションオブジェクトで把握した後、該当ウィンドウのオブジェクトに送るようにした。これによって、アプリケーションオブジェクトがそのプログラム全体の状態を把握でき、操作の再現や分析が可能になる。

例えば「メモ帳」での操作には、(1)キーボード入力によるテキストの入力、(2)カーソルキーやマウスクリックによる編集位置の変更、スクロール、(3)メニューやショートカットキーによるテキストのコピー・ペーストやファイルとの入出力、等があるが、これらの操作状況を「メモ帳」用の

```

(WM_LDOWN (HWND 0x678) (TICK 27810983) (with
  "L----") (LPT (28 157)) (GPT (273 327)))
(WM_Notify (HWND 0x5e4) (Tick 27811203)
  (Control 0x1) (CODE "LVN_BEGINDRAG") (WTEXT
  "EvDat") (Fname "09081526.evih") (Fname1
  "10061414.evih") )
(WM_LUP (HWND 0x60c) (TICK 27812893) (with
  "-----") (LPT (113 386)) (GPT (113 386)))
(DRAGEND (HWND 0x60c) (Tick 27812893)
  (WTEXT "Program Manager"))
(Launch (HWND 0x128) (Tick 27812893)
  (FNAME "Uedit32") (TYPE "ListView") )
(WM_CREATE (HWND 0x668) (Tick 27815872)
  (Style 0xcf8000) (Owin 0x0) (Pwin 0x0)
  (WTEXT "UltraEdit-32") (CLASS
  "Afx:400000:8:13ee:0:fcf") (CMD
  "UEDIT32.EXE A:\\EVDAT\\09081526.EVH
  A:\\EVDAT\\10061414.EVH") (APL "UltraEdit")
  (RECT (44 44 644 455)))

```

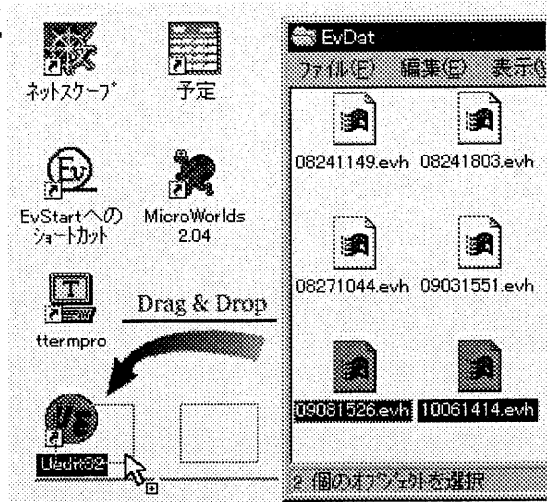


図4. イベントの記録の例 (ファイルをアプリケーションアイコンにドラッグ)

アプリケーションオブジェクトで把握することで、操作状況のカテゴリ分析が可能になる。

4. 評価および他システムとの比較

GUI環境での操作過程を記録することで、キーボード操作の記録だけでは見えてこなかった様々な状況が把握できることが分かった。「ペイント」での描画過程 (図1)、複数のアプリケーションプログラムを効果的に切り換えながらの作業、デスクトップ上で実行ファイルのアイコンをコピーしようとして「ショートカット」になる等のファイル操作の難しさ、等を見ることが出来る。

また、メニューの選択においても、メニューのアイテムをマウスでなぞって選択していく過程が記録されるため、希望する機能のメニューを探す状況も把握できる。それは、アプリケーションプログラムのメニュー階層のデザインが適当であるかの判断にも活用できる。高機能なプログラムが教育現場での利用に際して、目的に合致しない使い勝手になっていないかの確認もでき、演習テキストへの反映も可能になる。

また、実際の操作では削除されたデータを再現時には目に見える形で残しておくことで、試行錯

誤過程の把握に役立てることができると考える。実際のプログラムによる操作の再現にできなかったことで、可能にできたことであるが、分析プログラムに分析に必要なアプリケーションごとの機能を組込む必要がある。しかし、全機能を組込まなかったことによる見落としが生じる可能性もあり、人手による生データの追跡も必要と考える。

Windows上で、操作を記録し、再現を行なうシステムがソフトウェアのデモンストレーション用として市販されているが、操作記録時の操作性が犠牲になったり、操作記録に漏れが生じることもあった。また、時間情報などデータ項目が不足しているため、分析を前提とした操作の記録には不向きと判断した。

ユーザインタフェースを評価することを目的としたプログラムが日本電気C&C研究所で開発され公開されているが[9]、「メモ帳」使用時にリターンキーが記録されないなど、記録内容が操作過程を把握する上で不十分であることと、1文字入力する度に1行分のデータが記録され、ファイルに保存されるデータの量が多いため、利用を見送った。

5. おわりに

操作過程を分析・把握することで、学習者がコンピュータやアプリケーションプログラムとどのように接したかを見ることができ、学習過程の把握も可能になってくると考える。

佐伯[10]やNorman [11]が述べているように、コンピュータを利用している学習では、利用しているプログラムの性格によっては、何も考えずに次のステップに容易に移れてしまうことがある。本来、その場面では、プログラム利用者が考え・判断して次の行動を選択しなくてはならない場面であっても、プログラムの方が操作を導くようになっていると、知らず知らずに初期の目的を忘れてプログラムに引きずられてしまうようなことも起きるようになる。そして、このようなことは、学習が終わったときには気付きにくく、場合によっては達成感さえ感じられることもある。

学習の結果に注目していると、コンピュータと対話しながらの学習について見失いがちになる。コンピュータを使って思考を外化し、問題解決、創作活動を行なっていることは多い。

学習中にどのような状況が生じ、学習者がどのように考え、工夫を行なっていたかは、発話プロトコルやビデオ撮影なども加えて分析を行なうことで把握することが可能であると考えられる [5]。

まだ、開発中であるため、評価を十分に行なえていないが、これまでのMS-DOS上での研究をGUIのWindows環境でも継続していける目処は立ったと考えている。

謝辞

Franz社の小俣雅子様には、Allegro Common Lispの利用に関して様々な要望にも対応して戴き、感謝致します。

参考文献

- [1] 前田恵三, 中野靖夫: コンピュータ操作の再現システム, 日本教育工学雑誌, Vol.16, No.4, pp.185-195, 1993
- [2] 前田恵三, 中野靖夫: プログラム作成過程の分析, 日本教育工学雑誌, Vol.19, No.3, pp.171-180, 1995
- [3] 中野靖夫, 小中統元: 小学生の情報探索・グラフ作成過程, 日本教育工学会研究報告, JET95-6, pp.51-58, 1995
- [4] 中野靖夫, 木谷康司, 下村勉: 中学生の情報検索過程, 日本教育工学会研究報告, JET96-6, pp.37-44, 1996
- [5] 前田恵三, 中野靖夫: プログラミング過程の認知面からの考察, 電子情報通信学会技術研究報告, ET98-76, pp.33-40, 1998
- [6] 沖野直人, 前田恵三, 飯塚肇: コンピュータ操作の観察と支援の方法, 電子情報通信学会技術研究報告, ET94-68, pp.51-56, 1994
- [7] 飯塚肇, 前田恵三: きめの細かい情報処理教育を実現するためのコンピュータ操作の分析・支援システム, 科学研究費 試験研究 B2 (#06558026)研究成果報告書, 1996
- [8] Mark Russinovich, Bryce Cogswell: Windows 95 Journaling and Playback, Using keyboard and mouse macros anywhere and anytime, Dr. Dobbs Journal, March, 1996
- [9] 岡田英彦, 旭敏之, 井関治: 使いやすさ評価ツール「GUI テスタ」の提案, 情報処理学会 HI 研究会報告, Vol.59-13, pp.87-94, 1995
- [10] 佐伯胖: 新・コンピュータと教育, 岩波新書, 1997
- [11] Norman.D.A.: 人を賢くする道具, 新曜社, 1996

付録. 分析可能アプリケーション

Windows95, 98 で動作する以下のアプリケーションの詳しい操作過程を把握できるが、基本的なクラスに Edit, RICHEDIT を用いているアプリケーションであれば、同様にデータを採取することは可能である。

- (1) エクスプローラ … デスクトップ上のファイル操作 (コピー, 移動, プログラムの起動)
- (2) インターネットエクスプローラ … デスクトップ上のファイル操作 (コピー, 移動, プログラムの起動) と URL の指示
- (3) Netscape … URL の指示, 画面のスクロール, メニューの選択, 文字の入力
- (4) メモ帳 … 文書の入力, 編集作業
- (5) ワードパッド … 文書の入力, 編集作業
- (6) ペイント … 絵の描画過程
- (7) Allegro Common Lisp Lite … プログラム作成過程
- (8) MS-DOS プロンプト … キー入力