

## フォームベースソフトの処理定義用ビジュアルプログラミング環境 の試作と有効性の評価

田中匡史, 小泉忍, 小池博

日立製作所システム開発研究所

フォームをベースとしたソフトウェアの開発を支援するシステムの研究を行なっている。使い勝手向上のために、開発環境をビジュアル化した。このユーザインタフェースにより、作業中のユーザの負荷が低減されたかどうかを確認するための評価を行なった。ユーザインタフェースの評価結果を、設計の改善に活かすためには、システムを使用中のユーザの認知過程の段階毎に、ユーザの負荷を測定することが必要であるが、従来の手法では困難であった。本稿では、言語報告データによって各段階毎に、ユーザが必要とした注意リソース量を調べる方法を提案する。この方法の妥当性の検討を行ない、また、開発環境をビジュアル化することの有効性を評価する。

## Prototype of a Visual Programming Environment for Developing Form-Based Office Automation Software and Its Evaluation

Tadashi Tanaka, Shinobu Koizumi, Hiroshi Koike

Hitachi,Ltd. Systems Development Laboratory

1099 Ohzenji, Asao, Kawasaki, 215 Japan

We developed a prototype system for supporting development of form-based office automation software, which totally adopted Grafical User Interface. In This paper, we discuss whether the user-interface reduces user's stress during describing programs with this system. In order to improve a user-interface ,it is necessary to know user's stress during individual steps of cognitive processes while he is using the system. In this paper, a method for mesurement of user's attention resources during individual steps is proposed. It uses user's verbal protocols. This paper describes the validity of this method, and the effecttion of visualization of developing environment.

## 1 緒言

伝票の回覧や配布・集計等の業務を行なうアプリケーションソフトの開発・実行を支援するシステムの研究を行なっている。このシステムでは、想定されるユーザはコンピュータの専門家ではない。よって、使いやすいユーザインタフェース (UI) を提供することが重要になる。

フォームをベースとしたソフトウェア開発ツールとしてはスプレッドシートが広く知られており、その使い勝手を調べた研究が行なわれている [1][2][3]。共通して挙げられる問題点は、組み込み関数を用いた計算処理の定義の難しさである。

従来よく用いられているテキスト編集で処理の定義式を作成する方法 (テキスト方式と呼ぶ) では、処理を実現する表現形式が数式的記述であり、この記述を考えるのがユーザにとって困難であると指摘されている [2][3]。数式的な記述は、ユーザの想定する処理イメージとの乖離が大きい。このため、表現形式の形成時にユーザに大きな負荷がかかっていると考えられる。

この負荷を軽減し、容易に処理の定義を行なえる環境を提供することを目的として、視覚化された環境で伝票上の処理の定義を行なえる UI (視覚化方式) を試作した (図 1)。図の例は、合計を求める場合である。ユーザが画面上の色表示部分を直接操作することによって合計の対象を指定すれば、システムが定義式を生成する。

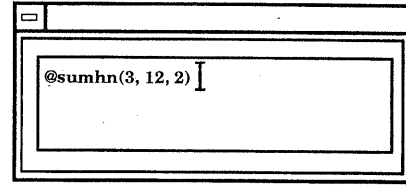
本研究では、この UI により処理定義作業時のユーザの負荷の軽減が実現されているかどうかを評価する方法を提案し、検討を行なった。

## 2 ユーザ負荷の評価方法

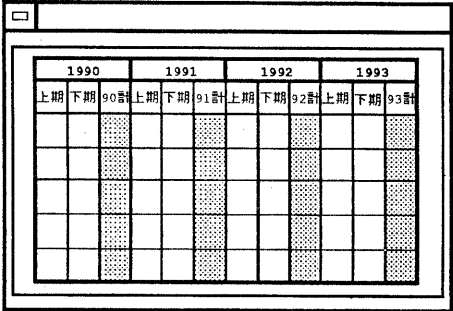
### 2.1 評価方法の目的

評価の目的は、処理定義作業中のユーザの負荷を調べることである。しかし、作業全体での負荷の測定では、問題点の有無がわかるだけで、問題点の所在はわからない。これでは結果を UI の改善に直接に活かすことができない。改善すべき箇所を知るには、1つの作業を細かい段階にわけ、

テキスト方式



視覚化方式



1990		1991		1992		1993					
上期	下期	90計	上期	下期	91計	上期	下期	92計	上期	下期	93計

図 1: 開発例

それぞれにおける負荷を調べるが必要となる。

### 2.2 従来の方法の検討

芳賀 (1993)[4] によれば、精神的作業負荷 (Mental Workload) の指標は、注意リソースを測っているものである。ここで“注意”とは人間の情報処理容量である。認知処理には、注意を必要とする注意的処理と、必要としない自動的処理がある。注意的処理は人間の認知資源を消費することが特徴で同時に行なえる処理量に限界がある。これに対し自動的処理は同時に行なえる処理の量に限界がない。作業に必要となる注意量を測定することで、ユーザにどの程度負荷がかかっているかの指標としている。測定法としては生理的指標やユーザによる主観的な評定などが使われている。これらの方法では、測定の対象は1つの作業単位毎になり、各段階の負荷を知ることはできない。

システム使用中のユーザの認知過程を分析する方法としては、Sweeney ら (1993)[5] に述べられているように、言語報告を用いる。しかし、これは認知過程そのものの分析を行なうことを目的としており、注意量の測定ということは考えられて

いない。

## 2.3 認知段階負荷評価方法の提案

Ericsson and Simon[8]は、認知過程分析に言語報告のデータを利用する場合の問題点の検討を行ない、人間が認知的課題を行なっているときに、扱っている情報に対して注意が向けられた場合、そのとき処理されている情報に関する言語報告がなされる、という言語報告過程のモデルを提出している。すなわち、言語報告は、注意を必要とする処理に関してのみ得られるということになる。これは、逆に言えば、言語報告の量から被験者が作業に要した注意量を推定できることを示唆している。

そこで、言語報告データを利用して作業中のユーザの認知過程毎の負荷を調べる方法を提案する。言語報告の分析では、得られた生データを断片化し、内容によりグルーピングする(記号化と呼ぶ)方法が使われる。このグループを作成するのに、Norman[6]の行為理論の枠組を利用することにした。Normanの枠組は、道具使用時の人間の行為遂行過程を以下の7段階として捉えるものであり、UIの評価方法の構築にも利用されている(Polsonら,1992[7])。

1. ゴール形成段階
2. 実行の意図段階
3. 動作系列の計画段階
4. 動作系列の実行段階
5. 外界変化の知覚段階
6. 知覚の解釈段階
7. 解釈の評価段階

対象とする作業過程をこの枠組に基づいてモデル化する。言語報告データをそれぞれの段階にグルーピングし、段階毎の言語報告量から必要とした注意量を調べる。これによって、認知過程毎のユーザの負荷を知ることができる。このユーザの

負荷を評価する方法を、認知段階負荷評価方法と呼ぶことにする。

## 3 評価実験

### 3.1 方法

ユーザが伝票上で行なう処理を定義する場合について、認知段階負荷評価方法による実験を行なった。

処理定義の過程をNormanの7段階に基づいて分解したのが図2である。

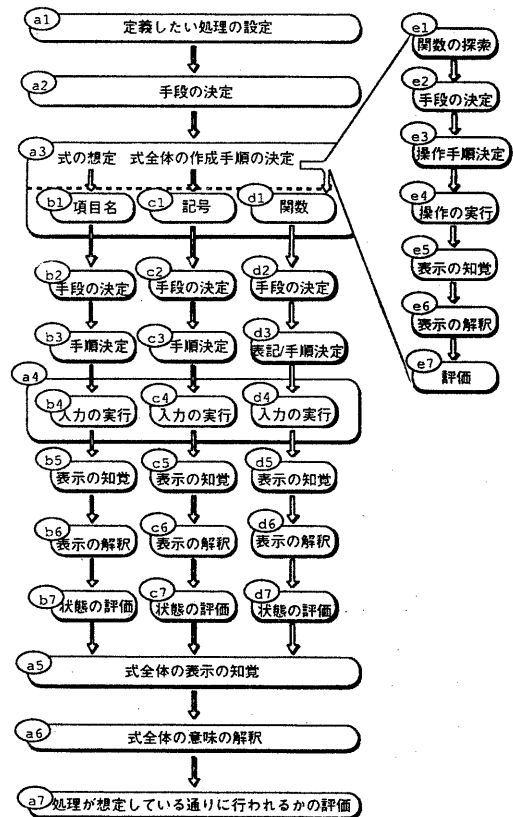


図 2: 処理定義過程の行為分析図

今回の実験では、このうちdの過程のみに対象を絞った。

課題内容を、図1の例で説明する。

定義する処理は「各年度の合計の和を求める処理を定義する。」というように与えた。また、用

いる組み込み関数も指定した。

作業内容は、テキスト方式を用いる場合は、関数の仕様マニュアルを見ながら式をテキスト編集により作成する。視覚化方式では、画面上のマウス操作によって色表示部分の移動・範囲変更を行ない、合計すべき部分のみが色表示される状態にする。

この作業中、ひとりごとを言うようにつぶやきながら処理定義を行なうように教示し、言語報告データを得た。

同様の方法で、3種類の課題について実験を行った。同一被験者が3種類の課題をテキスト方式と視覚化方式の両方で行った。被験者は筆者の所属する研究所の所員で、25～28歳の男性3名である。

## 3.2 結果

### 3.2.1 言語報告データの妥当性の検討

言語報告をデータとして用いる場合に、調べようとする認知的課題が言語報告に不向きなことから起こる問題点について検討する必要がある。

認知課題の性質によっては、処理される情報が言語的（音韻的）形態でない場合がある。例えば視覚的イメージである。この場合、処理される情報の言語的形態への変換が困難なため、言語報告はほとんど得られない。よってまず、分析するのに十分な言語報告が得られるかどうかを調べておくことが必要である。

また、言語報告がなされた場合でも、報告のために情報の言語的形態への変換が必要で、変換過程で情報の内容が変化している可能性がある。よって、データの正確さについて検討しなければならない。データの正確さは、言語報告するために必要となる付加的な中間処理がどの程度行なわれているかに依存する。情報の形態が言語的なものであるときは、言語報告をするために必要な中間処理はその情報の発声のみである。発声のための処理は非常に頻繁に行なう処理であるから自動的処理である。これは同時に行なえる処理量に限界がないので、発声処理を行なう場合でも行なわない

場合でも、認知課題全体の遂行時間にはほとんど差がないと考えられる。これに対し、情報の形態が言語的でない場合は、その情報の言語的形態への変換が必要となる。言語的形態でない情報を言語的形態に変換することは通常行なわない処理過程であるので、注意的処理であると考えられる。注意的処理は同時に行なえる処理量に限界があるので、この種の処理が付加的に加わった場合は、課題遂行時間が長くなると考えられる。よって、言語報告を課すことによって所要時間が明らかに長くなる場合は、言語報告を行なうために付加的処理として情報形態の変換を行なっていると考えられ、データの正確さの点で疑問がある。言語報告を課す場合と課さない場合とで所要時間を比較し、この点の検討を行なう必要がある。

予備調査を実施した結果、本実験の課題では、言語報告データが過小であるようなことはなかった。またTAを課した場合でも課題の遂行時間が長くなるようなことはなかった。

### 3.2.2 言語報告データのグルーピング結果

言語報告データの断片化を行なった後、以下の例のようにグルーピングした。

#### 記号

ゴール設定・実行の意図 合計したいので、関数を選ぼう

動作の実行 アイコンをドラッグする、これをこうやって

知覚の解釈・解釈の評価 あっ、なるほど、違う、これでいいのか

得られた言語報告の記号化結果は、図3の通りであった。

## 4 考察

### 4.1 認知段階負荷評価方法の検討

まず、この評価方法の妥当性を検討するため、他の調査方法による結果との対応関係を調べた。

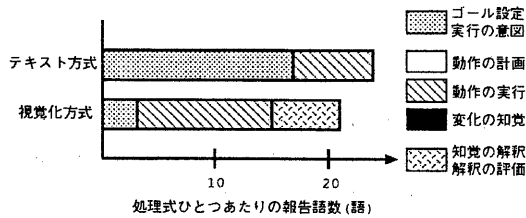


図 3: 言語報告データの記号化結果

Brown and Gould(1987)[1] は、スプレッドシートを作成する過程を、作成中のキー操作履歴を取ることにより調べている。この実験では、スプレッドシート作成の全過程を対象としているので、本研究で対象とした処理を定義する過程以外に、データを入力する過程なども含んでいるが、全体に共通する結果として以下の点を挙げている。

1. 各過程の始めに、操作に先立って長い思考時間がある。
2. キー操作にもっとも時間を消費している。
3. 作成した式が正しいかどうかなどの確認には時間を取っていない。

この実験に用いたスプレッドシートソフトは、カーソルの移動等を全てキー操作によって行なうものであった。よって、データの入力位置の移動、メニューの選択等頻繁に行なう操作をキー操作によって行なう必要があるため、2のような結果となっている。これに対し、本研究のシステムはポインティングデバイスを利用できるので、この面の操作性は比較の対象とならない。

一方、作成する式の内容や作成のための環境は、本研究のテキスト方式とほぼ同じであり、1、3の結果は比較の対象とすることができる。

1で言う思考時間は、本研究におけるゴールの設定を行なっている時間と思われる。この結果は、各小作業の前に、ゴールの設定や実行の意図を形成するのに負担がかかっていることを示唆している。本研究の結果では、この部分の言語報告量が特にテキスト方式において多く、Brownらの結果と一致している。

次に3の結果についてである。この確認時間は、本研究の分類における知覚の解釈・解釈の評価に相当すると考えられる。本研究の方法では、テキスト方式ではこの部分に相当する言語報告は得られなかった。これは、目標が達成されたかどうかの評価に注意リソースを向けていないことを示しており、これもBrownらの結果と一致している。

## 4.2 視覚化方式の効果の検討

次に本研究の実験結果から、テキスト方式と視覚化方式のUIとしての比較を行なう。

第3図を見てわかるように、テキスト方式ではゴール設定・実行の意図に多くの労力が割かれている。これに対して、視覚化方式ではこの部分の負担が軽減されている。

動作の計画については、言語報告は得られなかった。被験者はコンピュータの使用経験者であったので、キーボードやマウスの操作方法に慣れており、動作の計画は容易であったためと考えられる。

動作の実行については、視覚化方式の方が言語報告量が多かった。テキスト形式が従来からよくある方式であるのに対し、視覚化方式は未経験の操作が多かったためと考えられる。この比較はこのUIを初めて使った場合であるが、2回目に同じ作業を行なうと視覚化方式では動作の実行に関する部分が全く言語報告されなかった。言語報告がなされないのは、先に述べたように、情報形態が言語化に向かない場合と、その情報に注意が向けられない場合とがある。本来この課題は言語化には向いていることが確認されているので、この変化はこの過程が焦点的注意を必要としなくなったことを示している。これは、この部分については、慣れによる負荷の減少が速いことを示唆している。これに対しテキスト形式ではこのようなことは観察されず、慣れが遅いことを示している。

変化の知覚については、言語報告は得られなかった。画面上の変化は、テキスト方式では文字列の変化、視覚化方式では色表示の変化なので、知覚するのに注意リソースを必要としなかったためと考えられる。ただし、視覚化方式では、情報形態

が言語的でなかったためである可能性もある。

知覚の解釈・解釈の評価については、テキスト方式では言語報告は得られなかった。この結果は、この過程が注意リソースを必要としない程度に容易であるためか、あるいは行なっていないためと考えられる。テキスト方式で作成された式には66%に文法的誤りが含まれていた。このことから、テキスト方式を使用した場合は、評価を行っていないと判断できる。一方、視覚化方式では解釈・評価の言語報告があった。作成された式にも誤りがなかったため、評価を十分行なっていると判断できる。

このように、本研究の評価方法によるテキスト方式と視覚化方式の比較では、ゴール設定・実行の意図と知覚の解釈・解釈の評価のそれぞれの段階において顕著な違いがあった。前者の段階では、ユーザは、定義する処理を想定し、それを実現する表現形式を形成する。後者では逆に、作成した表現形式で処理が想定通り行なわれるか評価する。

さらに、視覚化方式ではゴール設定・実行の意図よりも知覚の解釈・解釈の評価における言語報告の方が多かった。知覚の解釈・解釈の評価の言語報告を調べると、ユーザの希望通りの結果が得られなかった場合と思われる内容のものがあった。このことから、同じゴールに対してゴールが達成されるまで実行と評価を繰り返したことが推定される。この結果から、操作法の設計に問題があることがわかった。

以上のように、本研究の枠組によるユーザインタフェースの評価によって、ユーザの作業中にどの過程において負荷がかかっているかを特定し、設計の改善に結び付けることができる。

## 5 今後の課題

本稿で述べた方法を、ユーザの作業中の負荷の指標を得るために利用するには、報告語数が定量的に負荷量を反映しているかをさらに調査する必要がある。他の生理的指標やユーザの主観的評定値との比較、また個人間での違いの検討などを通して、さらに信頼性の高い評価方法へ発展させた

い。

## 参考文献

- [1] Brown,P.S. and Gould,J.D. : An Experimental Study of People Creating Spreadsheets : ACM Transactions on Office Information Systems, vol.5, no.3, 258-272, July 1987.
- [2] Wilde,N.P. : A WYSIWYC(What You See Is What You Compute) Spreadsheet : Proceedings of the 1993 IEEE Symposium on Visual Languages, Bergen, Norway 72-76.
- [3] 香山瑞恵, 清水道夫 : 表計算ソフト習得上の問題点の分析 : C A I 学会誌, Vol.10, No.2, pp.63-70, June 1993.
- [4] 芳賀繁 : メンタルワークロードの測定と注意リソースの測定 : 人間工学, Vol.29, No.6, pp.349-352,1993.
- [5] Sweeney,M.,Maguire,M., and Shackel,B. : Evaluating user-computer interaction:a framework : Int.J.Man-Machine Studies(1993)38,689-711.
- [6] Norman,D.A. : The Psychology of Everyday Things : Cambridge University Press, 1988.
- [7] Polson,P.G., Clayton,L., Rieman,J. and Wharton,C. : Cognitive walkthroughs: a method for theory-based evaluation of user interfaces: Int.J.Man-Machine Studies(1992)36,741-773.
- [8] Ericsson,K.A. & Simon,H.A. : Verbal reports as data : Psychological Review, 1980, 87, 215-251.