

感性によるソフトウェアのユーザビリティの評価

An Evaluation of User Interface with Emotions

田垣内 博一

要約 本稿では、ソフトウェアのユーザビリティの評価方法として、ソフトウェアを使用している時のユーザの感性を利用した評価方法を提案している。この評価方法では、従来から存在しているユーザへのアンケートやインタビューなどによる評価方法や専門家/評価者/開発者による評価方法の欠点を補うものである。

本稿では、脳波データから感性を導き出す感性スペクトル解析法について述べるとともに、ユーザの脳波データからユーザビリティの評価を行うための感性を取り出す誘発実験の手法について述べる。さらに、誘発実験の手法の有効性を検証するために実施した評価実験についても考察する。この結果、ユーザが記憶していなかった使いづらい箇所を脳波から作成したユーザの使いやすさに関する感性で発見することができた。

Abstract I propose a method of evaluating software usability with users' electroencephalogram (EEG). In this method, experiments evoking feelings and experiments measuring feelings are done. In experiments evoking feelings, user's EEG patterns are measured when the user uses systems to intentionally evoke user's feelings related to usability. In experiments measuring feelings, user's EEG data are measured when the user uses the target system of the evaluation. The fitness of the patterns and the data is considered as the strength of user's feelings. I did preliminary experiments in order to establish techniques of experiments evoking feeling and an experiment measuring feelings in order to validate the techniques. In the experiment for validation, two software systems for WWW browsing are evaluated. As one of results, useless interfaces are discovered although the user forgot the matter after the experiment.

1. はじめに

近年、企業や家庭において急速にコンピュータが普及しており、コンピュータは特定の限られたユーザのみが使用するものではなく、今や家電製品と同じようにごく一般のユーザにも使用されるようになった。そのため、よりユーザビリティの高いソフトウェアが要求されるようになってきている。その結果、よりユーザのニーズに近いインタフェースを実現するために、インタフェースに対する様々な評価方法の研究が行われている^{[1][2][3][4][13]}。しかし、ユーザへのインタビューやアンケートといった評価方法では、曖昧なものとなりがちでユーザの記憶に依存しているし、評価者/専門家/開発者による評価方法では、評価を行う人物の主観や能力の影響を受けやすいものとなっている。なぜなら、評価者達は一樣に同じ訓練を受けたわけでもないのに、ユーザビリティの評価を行う能力が全く同じになるとは考えられないからである。また、ソフトウェアのユーザビリティに対する考え方、感じ方もユーザと評価を行う人物の間だけでなく、評価を行う人物の間でも全く一致することは考えられないからである。

そこで本研究では、曖昧なものとなりやすいユーザの記憶や、主観/能力の影響を

受けやすい評価者や専門家，開発者に依存しないソフトウェアのユーザビリティ評価方法の確立を目指す．その手法として本研究で提案しているのは，ユーザがソフトウェアを使用している時の脳波から，ユーザがソフトウェアに対して感じている使いやすさのレベルを捉えようというものである．脳波から人間の感情を計測する方法として，感性スペクトル解析法が提案されており^[516]，この手法を用いてプラントオペレータの思考状態を推定するという研究も行われている^[1112]．本研究では，ユーザがソフトウェアのインタフェースに対して戸惑いや不満を感じる時の感情の変化を捉えることで，ソフトウェアのユーザビリティ評価を行う．

なお，本論文は電子情報通信学会の信学技報 Vol. 98 No. 675 のSS 98-58 を一部修正したものである^[15]．

2. 脳波から感性を計測する

2.1 脳波とは

脳波は脳細胞の中でもニューロンと呼ばれている神経細胞の活動によって発生する．ニューロンは通常，60～90 mV のマイナスの電位に保たれているが，他のニューロンから刺激を与えられて興奮すると活動電位を発生させる．これが頭皮上に現れたものが脳波である^[718]．この脳波の周波数は0ヘルツから数百 Hz にまで及んでいるが，一般に病院などで計測されているのは0.5～100 Hz の範囲である．

2.2 脳波の計測方法

脳の神経細胞の活動によって生じる電気活動を計測する方法として，電位差を計測するもの（Electroencephalogram：EEG）と脳の神経細胞が電流を発生させることで生じる磁場を計測するもの（Magnetoencephalogram：MEG）がある．ここでは，本研究の実験で使用した前者の計測方法について触れる．なお，図1は本研究で使用した計測方法による実験の様子を示している．

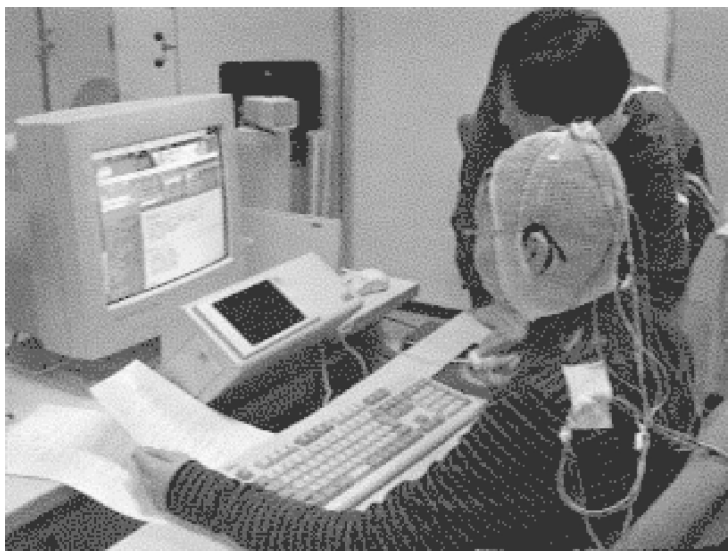


図1 実験の風景

本研究では、頭皮に皮下組織の電解質成分に近い組織を持ったペーストを使用して電極を10個貼り付け、そのうちの2個の電極間の電位差を増幅器で増幅することによって計測を行った。電極は国際脳波学会が標準方式として推奨している10/20法にしたがって装着した。また、基準用電極についても一般的な部位であり、零電位に近い耳たぶに装着した。なお、脳波計測には、株式会社脳機能研究所、株式会社エヌエフ回路設計ブロック社製の感性スペクトル解析装置 Ver 1.0⁹⁾を使用した。サンプル周期は1/100 secであり、周波数帯域は θ 波として5~8 Hz、 α 波として8~13 Hz、 β 波として13 Hz~20 Hzを計測した。

2.3 脳波と感性のつながり

計測された脳波から人間の4つの感性要素(「怒り/ストレス」「喜び」「悲しみ」「リラックス」)を推定する方法が武者らによって提案されている^{[5][6]}。この方法は感性スペクトル解析法と呼ばれている。彼らによると「心、意識、認識、感覚などを司っているのは脳であるから、心を始めとしてこれらの状態が変われば、脳の状態も変わるはずである」ということである。

それならば、ユーザがソフトウェアに対して感じる使いやすさについてもそのレベルに応じて脳の状態が変化するのではないかと考えた。

例えば、使いやすいソフトウェアを使用していれば、心地よさすら感じるかもしれないし、ソフトウェアの操作にほとんど頭を使うことなく、ユーザは作業に没頭できるかもしれない。逆に、使いにくいソフトウェアを使用している時には、ユーザはストレスやいらだちを感じたり、ソフトウェアの操作そのものにも頭を使う必要が出てきて、余分な労力を強いられるかもしれない。これらのことから、ユーザのソフトウェアに対する感じ方の違いが脳波に現れてくるだろうと考えた。

2.4 感性スペクトル解析法

各電極で計測された電位は増幅器で増幅して数値変換されて記録される。感性スペクトル解析法では、脳波の大きさによらず、いくつかの感性要素に関する特徴が「重ね合わせの原理」に従うようにしている。重ね合わせの原理というのは、二つの感性要素が同時に存在する時、その特徴量がそれぞれの感性要素の特徴量の和になって現れるというものである。そこで、ある部分の脳波と別の部分の脳波がどのように関係づけられているかという相互相関に注目している。つまり、計測に使用されている10個の電極から2個の電極を取り出す組み合わせは45通り存在する。これを θ 波、 α 波、 β 波それぞれについて求める。三つの周波数帯域が存在するので、すべてで135個の相互相関係数の値(y_1, y_2, \dots, y_{135})が得られる。この中から人間の四つの感性要素(「怒り/ストレス」「喜び」「悲しみ」「リラックス」)に関する特徴量を捉えようとしている。

次に四つの感性要素のレベル(強さ)をそれぞれ z_1, z_2, z_3, z_4 とし、以下の式のように y_1, y_2, \dots, y_{135} に係数をかけて求める。

$$z_1 = c_{1,1} y_1 + c_{1,2} y_2 + \dots + c_{1,135} y_{135} \quad (1)$$

$$z_2 = c_{2,1} y_1 + c_{2,2} y_2 + \dots + c_{2,135} y_{135} \quad (2)$$

$$z_3 = c_{3,1} y_1 + c_{3,2} y_2 + \dots + c_{3,135} y_{135} \quad (3)$$

$$z_4 = c_{4,1} y_1 + c_{4,2} y_2 + \dots + c_{4,135} y_{135} \quad (4)$$

したがって、係数は全部で 540 個となる。これらの係数の値については、4 つの感性要素のレベルがそれぞれ以下の式に該当するような感性要素を被験者に作ってもらうことで決定している。

$$\text{怒り/ストレス： } z_1 = 1, z_2 = 0, z_3 = 0, z_4 = 0 \quad (5)$$

$$\text{喜び： } z_1 = 0, z_2 = 1, z_3 = 0, z_4 = 0 \quad (6)$$

$$\text{悲しみ： } z_1 = 0, z_2 = 0, z_3 = 1, z_4 = 0 \quad (7)$$

$$\text{リラックス： } z_1 = 0, z_2 = 0, z_3 = 0, z_4 = 1 \quad (8)$$

例えば、式 (5) は怒り/ストレスの感性要素しか存在していない状態を意味している。しかし、普通の人に「はい、これから怒りの感情だけを出してください。」といってもそう簡単にはできないと思われる。そこで、武者らによる研究では、感情のコントロールができるようなイメージングの訓練を受けた人たちによって純粋な感性要素を作ってもらっていた。こうして作成された 4 つの純粋な感性要素の値になるように式 (1) から式 (4) の係数を求めている。こうして求め出された 540 個の係数 ($c_{1,1}, c_{1,2}, \dots, c_{1,135}, c_{2,1}, c_{2,2}, \dots, c_{2,135}, c_{3,1}, c_{3,2}, \dots, c_{3,135}, c_{4,1}, c_{4,2}, \dots, c_{4,135}$) のことを「感性マトリクス」と呼び、被験者の脳波から計算された 135 個の相互相関係数の値 (y_1, y_2, \dots, y_{135}) を 1 組にして「入力ベクトル」、感性要素のレベルの算出方法を「感性スペクトル解析法」と呼んでいる。

3. 使いやすさの計測

脳波からユーザの使いやすさに関する感性要素のレベルを求めるために、2.4 節で触れた感性スペクトル解析法を使用するが、そのためには、まずユーザの脳波データを入力ベクトルとして、ソフトウェアの使いやすさに関する感性マトリクスを作成しなければならなかった。本研究では、感性マトリクス作成のための実験を誘発実験とし、誘発実験で作成した感性マトリクスを使用して、一般のソフトウェアの使いやすさの感性要素のレベルを計測する実験を評価実験と呼ぶことにした。

また、武者らによる研究では誘発実験には、四つの感情をイメージできる被験者から純粋な感性要素を示す脳波データを得て、感性マトリクスを作成することができた。しかし、本研究では使いやすさをイメージできる被験者など存在しなかった。そのため、使いやすさに関する純粋な感性要素を抜き出すことができるような誘発実験の方法を確立する必要があった。

3.1 使いやすさの分類

ソフトウェアの使いやすさについては、習得容易性、効率性、満足度などの様々な属性から構成されると定義されている^[10]。しかし、現在のところ、構成要素となる属性の定義について統一的なものがあるというわけではない。本研究では、ごく一般のユーザがパソコン上でソフトウェアを使用している時に感じる使いやすさの具体的な要因について考え、本研究では比較的容易に変更できるメニューコマンドの名称のみ着目した。そして、このメニューコマンドの名称と配置を意図的に変更することでソフトウェアの使いやすさに対するユーザの感性要素を取り出そうとした。このメニューコマンドの名称や配置をどのように変更すれば、より強くユーザの感性要素を引き出して、より良いソフトウェアの使いやすさに関する感性マトリクスを作成するこ

とができるかという研究は、本研究に先立って行われた^[14]。

使いやすさに関する感性要素を取り出す方法が決まると、次にどのような感性要素で使いやすさを捉えるかということを考える必要があった。そこで、本研究ではユーザの使いやすさに関する感性要素として、以下に示すような3つの感性要素に分類した。

①「自信」

使い慣れたものであったり、直感的に操作が分かる時のユーザの感性

②「推測」

使い慣れていないものであったり、操作を行うにはかなりの思考を必要とする時のユーザの感性

③「混乱」

バグに直面した時のように考えても操作がわからない時のユーザの感性
しかし、「自信」「推測」「混乱」という表現では使いやすさに関する感性要素として捉えにくいいため、それぞれを「使いやすい」「使いにくい」「使えない」と表現することとした。

4. 感性マトリクス作成のための誘発実験

4.1 概要

対象ソフトウェアは、プレゼンテーション作成ソフトウェアである Microsoft PowerPoint 97 を使用し、被験者は奈良先端科学技術大学院大学の大学院生 5 名であった。タスクは、簡単なスライド作成とし、制限時間は設けていなかった。

収集したデータは、脳波データと視線データ、ビデオ映像、音声データであった。脳波データの収集には、感性スペクトル解析装置 Ver 1.0 を使用した。視線データの収集には、非接触アイマークレコーダを使用した。ビデオ映像と音声データの収集には、ビデオカメラを使用した。図 2 はこれらの実験環境を現したものである。

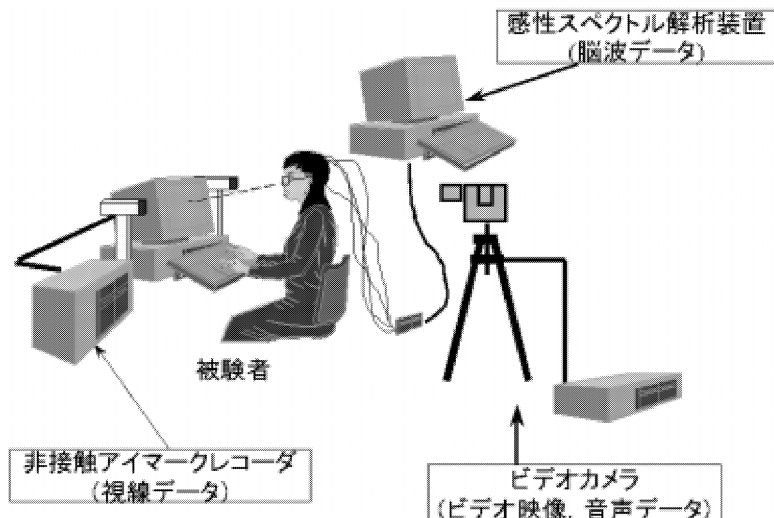


図 2 実験環境

波データのみを使用することとした。これは、時間的に連続して同じコマンドを選択すると、慣れによって「使いにくい」と感じにくくなるからである。このことは、「使いにくい」のレベルを示している図3から捉えることができる。円で囲まれた2箇所は(円a, 円b)は同じコマンド(『テキストボックス』)を選択していた部分である。このグラフからもわかるように、最初にコマンドを使用した時よりも続けて2回目に選択した時の方が「使いにくい」のレベルは下がっている。

「使えない」の測定には、メニューコマンドの表示と配置は「使いやすい」を測定した時と同じく標準のものであるが、バグがいくつか含まれているものを使用した。つまり、名称と機能が一致していないということである。例えば、『コピー』をクリックすると『切り取り』が実行されるというようにしている。

感性マトリクス作成のために使用する脳波データの適用箇所は、バグに直面した直後に、再度コマンドを選択する時の脳波データを使用した。これは、最初にコマンドを選択する時には、そのコマンドがバグであると知らずに選択しているために、「使えない」のレベルが上がらないからである。

また、一度名称通りに機能しないコマンド(バグ)にあたってその対処法がわかると、二回目からは、最初に選んだ時の操作を思い出して選ぶようになる。このような時は、じっくり考えているために、「使えない」というよりも「使いにくい」という状態になることがわかっている。

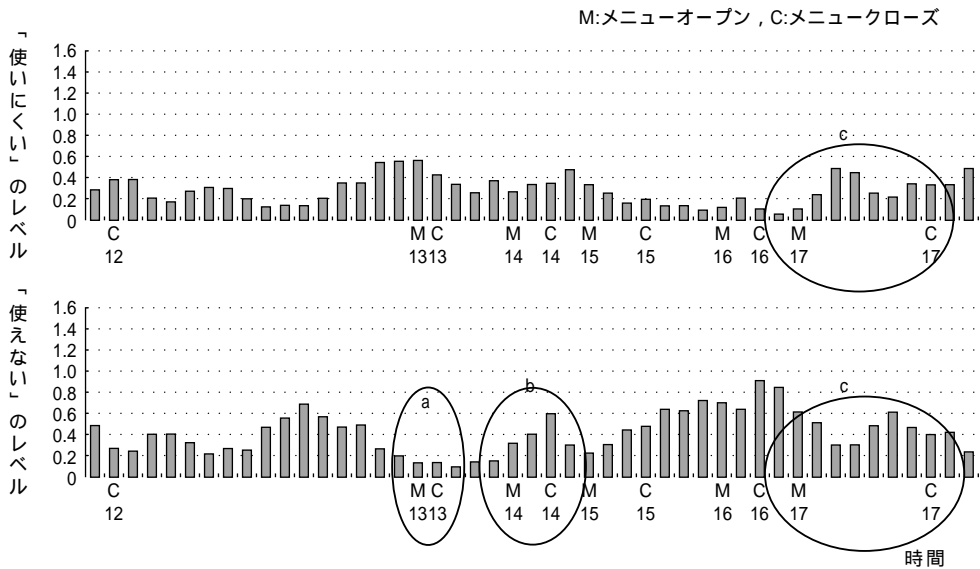


図4 バグに直面した時の感性要素のレベル

このことは、「使えない」のレベルを示している図4から捉えることができる。円a内で『フォント』を選択した時は、被験者はバグであることを知らずに選択していたため、「使えない」のレベルは上がっていない。しかし、このコマンドが名称通りに機能しないことがわかった後で、円b内で『フォント』に該当するコマンドを探している時には、どのコマンドが『フォント』に該当するのかわからず、混乱した状

態に陥っているために、「使えない」のレベルが上がっている。

また、円c内ではすでにバグだと知っており、その対処法も知っていたコマンドを選択していた。この時間帯の被験者のビデオ映像や視線データから、被験者が以前に行った対処法を思い出しながら選択していることがわかった。そのため、メニューを開いた直後には、「使えない」のレベルは下がり、逆に「使いにくい」のレベルが上がっているのである。

4.4 まとめ

本章では、ユーザの使いやすさに関する純粋な感性要素を取り出し、感性マトリクスを作成するための誘発実験の方法について述べた。

誘発実験での注意点は、以下の通りである。

- 1) 脳波データから取り出すソフトウェアの使いやすさに関する感性要素は、「使いやすい」「使いにくい」「使えない」の3種類である。
- 2) 「使いにくい」の感性要素については、同じコマンドを複数回使用している場合には、そのコマンドを最初に使用した時の脳波データのみを感性マトリクス作成のための入力データとする。
- 3) 「使えない」の感性要素については、バグに出くわした直後に再度行うメニューコマンド選択中の脳波データを感性マトリクス作成のための入力データとする。
- 4) 誘発実験開始前に、実験で行うタスクを訓練してもらってタスクそのものに慣れてもらうこととする。

5. 感性を用いたソフトウェアのユーザビリティの評価実験

4章で決定した誘発実験の方法を用いて作成した感性マトリクスで、一般のソフトウェアのユーザビリティを評価することができるかということを調べるために評価実験を行った。

5.1 実験の概要

対象ソフトウェアは、Internet Explorer 4.0 と Netscape Communicator 4.5 であり、被験者は奈良先端科学技術大学院大学の大学院生1名であった。タスクは、合計4回(2組)実施した。1組目はNetscapeを使用してタスクを行い、その後続けてExplorerを使用してタスクを行ってもらった。2組目はExplorerを使用してタスクを行い、続けてNetscapeを使用してタスクを行ってもらった。

収集したデータは、脳波データと視線データ、ビデオ映像、音声データであった。脳波データの収集には、感性スペクトル解析装置 Ver 1.0 を使用した。視線データの収集には、非接触アイマークレコーダを使用した。ビデオ映像と音声データの収集には、ビデオカメラを使用した。

データ収集後の作業は、評価実験中の被験者の脳波データに誘発実験で作成した感性マトリクスを適用して「使いやすい」「使いにくい」「使えない」のレベルを求めた。そして、各感性要素のレベルが上がっているところについて、被験者がどのような操作を行っているかを視線データやビデオ映像から分析し、評価実験終了後に被験者に対して行ったソフトウェアのユーザビリティに関するインタビュー内容と合致するか

を確認した。

注意すべき点としては、この実験での目的は、2つのインターネット閲覧ソフトウェアのどちらが優れているのかを調べることではないということである。なぜなら、被験者が以前にどちらかのソフトウェアを使用したことがあるとすると、使用したことのあるソフトウェアの方を「使いやすい」と感じる可能性が高いと言えるからである。

あくまでも本評価実験の目的は、誘発実験で作成した感性マトリクスを一般のソフトウェアを使用している時のユーザの脳波データに適用して、ユーザビリティに関する感性要素のレベルを捉えることができるということを示すことであった。

5.2 結果と考察

実験終了後のインタビューでの被験者の発言を以下に示す。

- ① 全体としては、普段使用している Netscape Communicator 4.5の方が使やすかった。
- ② 細かい操作に関しては、Netscape Communicator 4.5の『ブックマーク』の位置が、普段自分が使用しているものと違っていたので気に入らなかった。

次にこの被験者の脳波データから見た評価実験の結果を以下に示す。

それぞれのタスクを実施中の被験者の「使いやすい」「使いにくい」「使えない」のレベルの平均値は図5の通りである。横軸は、実施されたタスク順に左から右へとならんでいる。

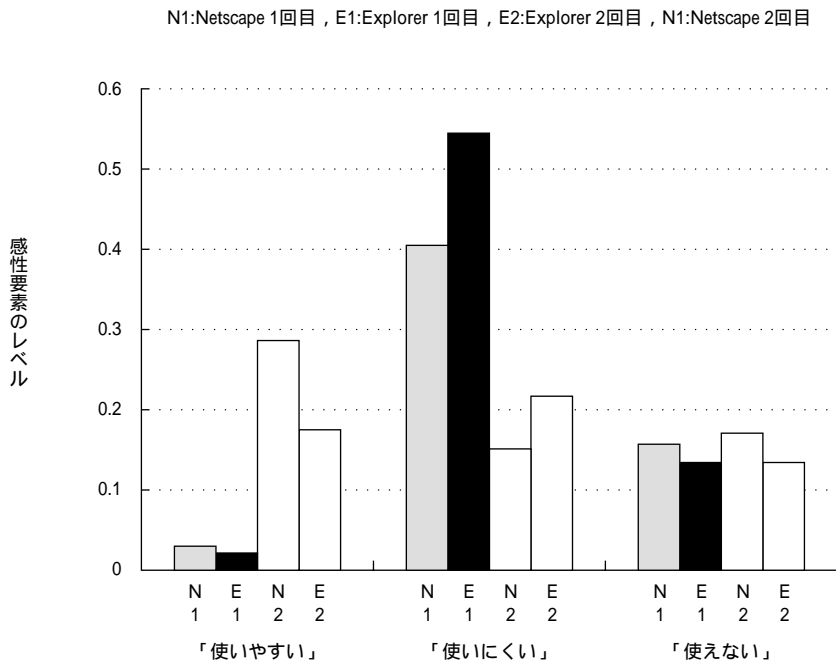


図5 評価実験における感性要素のレベル平均値

図5から以下のことがわかった。

- 1) 一組目のタスクでは、「使いにくい」のレベルにおいてのみ差が現れ、Netscapeの方がその値は低かった。
- 2) 二組目のタスクでは、Explorerの方が「使いやすい」のレベルが高く、「使いにくい」のレベルは低かった。
- 3) どちらのソフトウェアにおいても、1回目よりも2回目を使用した時の方が、「使いやすい」のレベルは上がり、「使いにくい」のレベルは下がっていた。
- 4) 「使えない」のレベルは、四つのタスクにおいてほとんど変化が見られなかった。

これらのことから考えると、一組目の Netscape Explorer の順で実施したタスクでの評価実験の結果は、被験者のインタビューでの発言と合致したものとなっていることがわかる。ただし、二組目の Explorer, Netscape の順で実施したタスクについては、被験者の発言とは異なる結果が出ていた。評価実験の結果 2) については、短時間で Explorer の使用が連続しているために、「慣れ」による影響が大きかったものと考えられる。評価実験の結果 3) からは、Netscape Explorer のどちらのタスクにおいても、「慣れ」によって 2 組目のタスク実施時の方が「使いやすい」と感じていることがわかる。

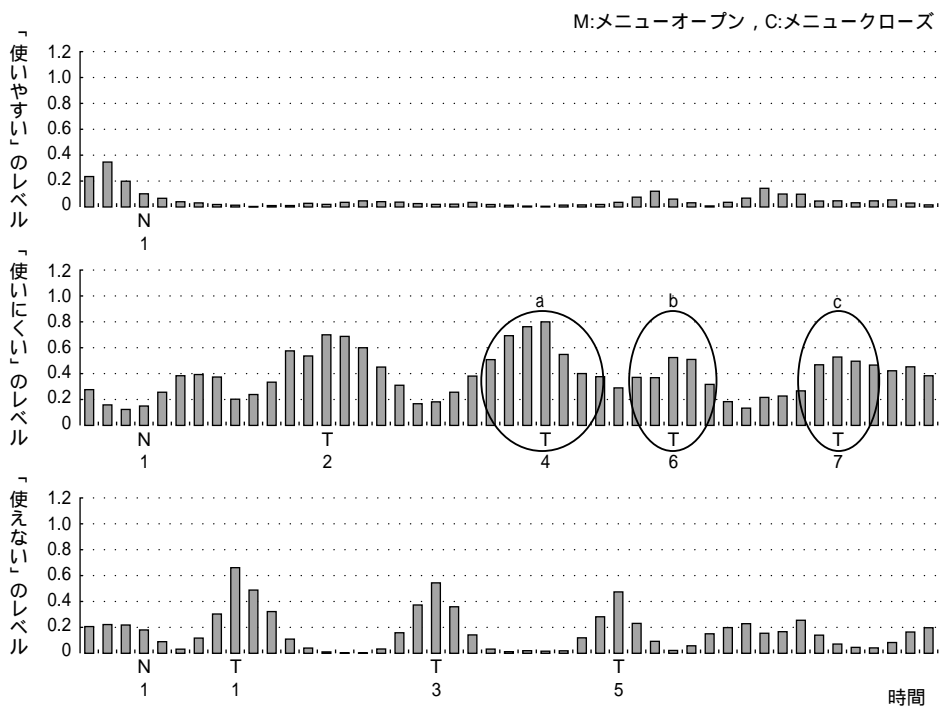


図 6 評価実験時の感性要素のレベル

別の結果として、図 6 は評価実験のある時間帯における被験者の感性要素のレベルを示している。このグラフは評価実験で得られた結果を端的に表している部分であった。縦軸が感性要素のレベルであり、横軸が時間となっている。N1 は被験者が Net-

scape を一組目のタスクで使い始めた時間である。

図 6 とビデオ映像から、以下のことがわかった。

- 1) T1, T3, T5 では、被験者はタスク指示書を見るために頭を大きく下に動かしていた
- 2) T2 では、被験者はマウスを右クリックしてメニューを表示させて、『次へ』のコマンドを選択していた。
- 3) 円 a で囲まれている T4 では、被験者は『ブックマーク』を選択しようとしていた。
- 4) 円 b で囲まれている T6 と円 c で囲まれている T7 では、被験者は『フォント』を選択しようとしていた。

フォントの設定の変更に関しては、Netscape, Explorer どちらを使用している時でも「使いにくい」のレベルが上がるという傾向が全体を通して見られた。また、頭を動かしている時に「使えない」のレベルが上がるという傾向も全体を通して見られたが、これは頭を動かすことによって頭部に装着している電極に雑音が入ったことによるものと思われる。

これらの評価実験の結果を受けて再度、被験者にインタビューを行ったところ、『フォント』の操作については全く初めてであったことがわかった。つまり、図 6 とビデオ映像から得られた結果の 4) はこの理由により、被験者が「使いにくい」と感じていたことになる。

6. おわりに

本研究では、感性スペクトル解析法を用いて、ソフトウェアのユーザビリティをユーザの脳波から得られる感性で評価するために誘発実験の方法を提案している。さらに、評価実験でその有効性について示した。評価実験の結果としては、被験者のインタビューでは得られなかった「使いにくい」と感じている操作を見つけることができた。このことから、ユーザへのインタビューなどによるユーザビリティの評価では、ユーザの記憶に頼っている部分が強く、曖昧なものとなりやすいということがわかると同時に、脳波を用いてユーザの感性要素でソフトウェアのユーザビリティを評価することで、そういった問題点を解決することができるということが明らかになった。

さらに、提案した評価方法では、ソフトウェアのユーザビリティを評価するための基準をユーザ自身の生理データから得ており、それゆえにソフトウェアの評価にあたって、専門家や評価者、開発者の主観や能力差が入り込むことはないと言える。

7. 謝辞

本研究を行うにあたり、多くの方々から御指導、御助言、御協力を承りました。

まず、本研究を行うにあたって多大な御指導、御助言を頂いた奈良先端科学技術大学院大学の鳥居 宏次 教授に心から感謝致します。

本研究をすすめるにあたって、多大な御指導、御助言を頂いた奈良先端科学技術大学院大学の松本 健一 助教授に深く感謝致します。

本論文の作成にあたって御指導、御助言頂いた島 和之 助手に心から感謝致しま

す。

さらに、本研究の実験にあたり御協力して頂いた奈良先端科学技術大学院大学のソフトウェア計画構成学講座および認知科学講座の皆様にご心から感謝致します。

-
- 参考文献**
- [1] J. Nielsen, R. Mokich, " Heuristic evaluation of user interfaces, " Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems, (ACM CHI '90)
 - [2] B. E. John, D. E. Kieras, " he GOMS Family of Userinterface Analysis Techniques : Comparison and Contrast, "ACM Trans. Computer Human Interaction, 3, 4, 1996, pp. 251 320
 - [3] B. Myers, M. Rosson, " Using GOMS of User Interface Design and Evaluation : Which Technique ? , "ACM Trans. Computer Human Interaction, 3, 4, 1996, pp. 319 387
 - [4] レン・バス, プラスーン・デワン編, 桑名栄二, 高橋健司, 飯塚京子, 増尾剛, 坂本啓 共訳, ユーザインタフェースのトレンド, 海文堂, 1996 年.
 - [5] T. Musha, H. Terasaki, H. A. Haque and G. A. Ivanitsk, " Feature extraction from EEGs associated with emotions, "Artificial Life and Robotics, 1997, pp 15 19.
 - [6] 武者利光, "「こころ」を測る", 日経サイエンス, 1996 年, pp 20 29.
 - [7] 石山陽事, "脳波と夢", コロナ社, 1994 年.
 - [8] 柴崎浩, 米倉義春, "脳イメージング 脳のはたらきはどこまで画像化できるか", 共立出版, 1994 年.
 - [9] 感性スペクトル解析装置 (ESA 16) 取扱説明書 Ver. 1.0, 株式会社脳機能研究所, 株式会社エヌエフ回路ブロック, 1996.
 - [10] A. Dix, J. Finlay, G. Abord and R. Beale, " HumanComputer Interaction "; Prentice Hall International, 1993.
 - [11] 黒岡武俊, 木佐昌文, 山下裕, 西谷紘一, "脳波を用いたプラントオペレータの思考状態推定" ヒューマンファクター学会誌, Vol. 3, No. 2, 1998 年, pp. 100 109.
 - [12] T. Kurooka, M. Kisa, Yuh. Yamashita and H. Nishitani, " Application of Mind State Estimation to Plant Operators "; 7th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design and Evaluation of Man MachineSystem (Sept. 16 18, Kyoto Japan), 1998.
 - [13] 菅原千穂子, ソフトウェアユーザビリティ評価実験のガイドライン作成と実験的評価, 奈良先端科学技術大学院大学 修士論文, 1998.
 - [14] 田垣内博一, 脳波によるソフトウェアのユーザビリティの評価, 奈良先端科学技術大学院大学修士論文, 1999.
 - [15] 田垣内博一, 島 和之, 松本健一, 鳥居宏次, 脳波計測装置を用いたユーザインタフェースの評価, 電子情報通信学会 信学技報 Vol. 98 No. 675 pp. 47 54, 1998.

執筆者紹介 田垣内 博一 (Hirokazu Tagaito)

1968 年生 . 1991 年大阪市立大学経済学部卒業 . 同年日本ユニシス(株)入社 .1999 年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科前期課程卒 . V シリーズ, 他社汎用機から A シリーズへの移行作業に従事後, PC 関連のソフトウェア開発に従事 . その後, 社内の国内留学制度を活用して, 奈良先端科学技術大学院大学にてソフトウェアのインタフェースについて研究 . 現在, 関西支社開発室に所属 .
E Mail : Kazu.Tagaito@unisys.co.jp