

# 脳波計測装置を用いたユーザインタフェースの評価

田垣内 博一<sup>†‡</sup> 島 和之<sup>†</sup> 松本 健一<sup>†</sup> 鳥居 宏次<sup>†</sup>

<sup>† †</sup> 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

<sup>‡ ‡</sup> 日本ユニシス株式会社

<sup>†</sup> TEL : (+81)7437-9-9211(EX.5296) FAX : (+81)7437-2-5299

<sup>‡</sup> TEL : (+81)06-6343-5220 FAX : (+81)06-6347-1613

E-mail:{hiroka-t,shima, matumoto, torii}@is.aist-nara.ac.jp

あらまし 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な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。

キーワード 脳波、感性マトリクス、感性スペクトル解析法、ユーザビリティ

# An Evaluation of User Interface with Electroencephalograms

E-mail:{hiroka-t, shima, matumoto, torii}@is.aist-nara.ac.jp

Hirokazu Tagaito<sup>†‡</sup> Kazuyuki Shima<sup>†</sup> Ken-ichi Matsumoto<sup>†</sup> Koji Torii<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

<sup>‡</sup> Nihon-UNiSYS,Ltd

<sup>†</sup> TEL : (+81)7437-9-9211(EX.5296) FAX : (+81)7437-2-5299

<sup>‡</sup> TEL : (+81)06-6343-5220 FAX : (+81)06-6347-1613

E-mail:{hiroka-t, shima, matumoto, torii}@is.aist-nara.ac.jp

**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.

**key words** electroencephalogram(EEG), emotion matrix, Emotion Spectrum Analysis Method, usability

## 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なわれている [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、曖昧なものとなりやすい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、評価を行な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、評価者達は一様に同じ訓練を受けたわけでもないでユーザビリティの評価を行な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なう人物の間だけでなく、評価を行な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もある。

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 [5][6]、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なわれている [11][12]。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とまどいや不満を感じるとき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なう。

## 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 ~ 90mV 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 [7][8]。

この脳波の周波数は零ヘルツから数百ヘルツ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 ヘルツの範囲である。

### 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。



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 個張り付け、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なった。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 法に従って装着した。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 Ver1.0 [9] を使用した。サンプル周期は 1/100sec であり、周波数帯域は 波として 5 ~ 8Hz, 波として 8 ~ 13Hz, 波として 13 ~ 20Hz 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知れないし，ソフトウェアの操作にほとんど頭を使うことがなく，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，2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個の電極の*i*番目の電極と*j*番目の電極で記録される電位の相互相関係数を特徴量にしている．10個の電極から2個の電極を取り出す組合せは45通り存在する．これを 波， 波， 波それぞれについて求める．3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4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4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下さい」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達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」，感性要素のレベルを表す4個の値 ( $z_1, z_2, z_3, z_4$ ) を1組にしたものを「感性ベクトル」と呼び，これら一連の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，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，4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る。

### 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にのみ着目した。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。

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として使いやすさを捉えるかということを考える必要がある。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、以下に示すように3つに分類した。

- 「自信」  
使い慣れたものであったり、直観的に操作がわかるときのユーザの感性
- 「推測」  
使い慣れていないものであったり、操作を行なうにはかなりの思考を必要とする時のユーザの感性
- 「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」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 PowerPoint97 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 Ver1.0 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、ビデオ映像から被験者がメニューを操作している時間帯をすべて割り出すことから始め、そのうちの2箇所程度について、その時間帯の脳波データを入力データとして感性マトリクスを作成した。



図 2: 実験環境

### 4.2 手順

感性マトリクス作成方法を定めるための誘発実験の手順を以下に示す。

- (1) 訓練
- (2) タスク1 (「使いやすい」の測定)
- (3) タスク2 (「使いにくい」の測定)
- (4) タスク3 (「使えない」の測定)

以降、この順で説明を行なう。

### 4.3 訓練

誘発実験では、メニューコマンドを選択するときの感性を取り出すことが狙いである。従って、メニューコマンドの選択以外で被験者の感性に影響を与えるような要素は避けなければならなかった。そのため、タスクそのものに慣れてもらうことを目的として訓練を実施した。

「使いやすい」の測定では、Microsoft PowerPoint97 の持つ標準のメニューコマンドを使用した。

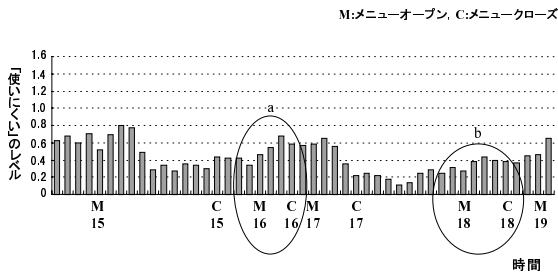


図 3: 同一コマンドを連続使用時の感性要素のレベル

「使いにくい」の測定では、メニューコマンドの名称と配置を変更した。メニューコマンドの変更内容は以下の通りである。

- 表示を半角カナとひらがな混じりとする。
- 単語的な表示ではなく、文章的なものとする。
- 名称の長さに大きな差を作らない。

また、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、同じコマンドを短時間で連続して使用している場合には、最初にそのコマンドを使用したときの脳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(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 回目を選択した時の方が「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

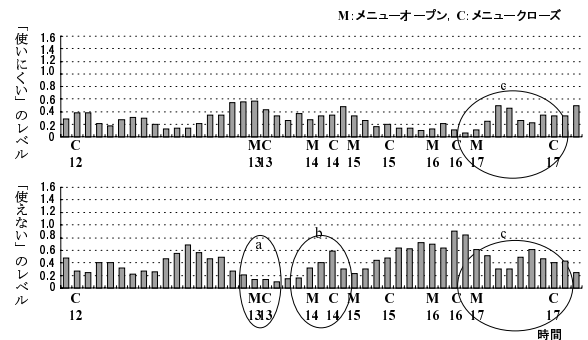


図 4: バグに直面したときの感性要素のレベル

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ないために、「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)に当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というようになる。このようなときは、じっくり考えるために「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。

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 内でコマンド(『フォント』)を選択したときは、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、被験者が以前行な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。

最終的に決定した誘発実験の方法は、以下の通りである。

- 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。
- 「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とき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。
- 「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な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。
- 誘発実験開始前に、実験で行な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なった。

#### 5.1 実験の概要

対象ソフトウェアは、Internet Explorer4.0と Netscape Communicator4.5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、その後続けて Explorer を使用してもらった。2組目は Explorer を使用し、続けて Explorer を使用してもらった。

収集データしたデータは、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 Ver1.0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、誘発実験で作成した感性マ

トリクスを使用して、評価実験中の被験者の「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なっているかを分析し、評価実験終了後に被験者に対して行な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。

- 全体としては、普段使用している Netscape Communicator4.5の方が使いやすかった。
- 細かい操作に関しては、Netscape Communicator4.5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のとおりである。横軸は、実施されたタスク順に左から右へと並んでいる。

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。

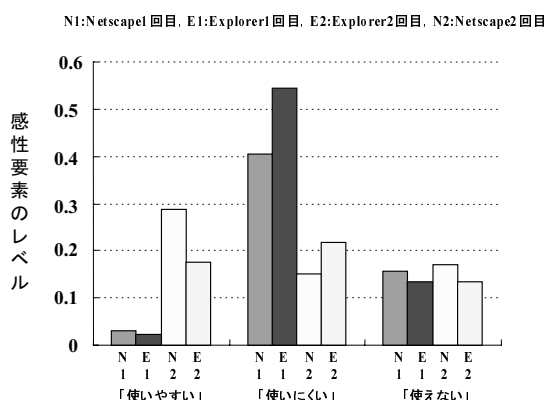


図 5: 評価実験における感性要素のレベル平均値

- (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、4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3については、短時間で Explorer の使用が連続していることによる「慣れ」から来るものであると考えられる。

別の結果として、図6は評価実験におけるある時間帯の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 Netscape を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 では被験者が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。

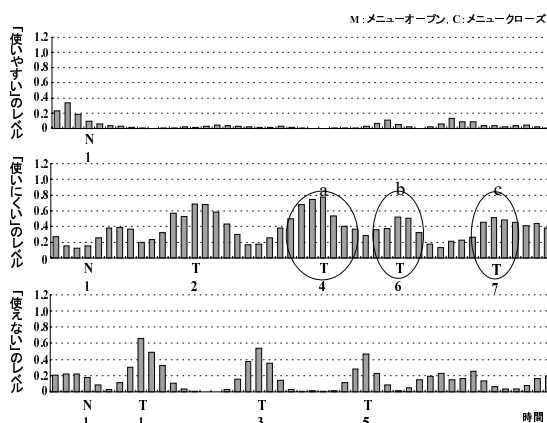


図 6: 評価実験時の感性要素のレベル

- (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、頭を動かしているときに「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なったところ、『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、評価実験の結果の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、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、あいまいに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



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。

## 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,"The GOMS Family of User-Interface Analysis Techniques:Comparison and Contrast,"ACM Trans.Computer Human Interaction,3,4,pp.320-251.1996.
- [3] B.Myers,M Rosson,"Using GOMS ofr User Interface Design and Evaluation:Which Technique?,"ACM Trans.Computer Human Interaction,3,4,pp.387-319,1996.
- [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.
- [5] T.Musha,H.Terasaki,H.A.Haque and G.A.Ivanitsk,"Feature extraction from EEGs associated with emotions,"Artificial Life and Robotics,Vol,pp.15-19,1997.
- [6] 武者利光,"「こころ」を測る",日経サイエンス,pp20-29,1996.
- [7] 石山陽事,"脳波と夢",コロナ社,1994.
- [8] 柴崎浩,米倉義春,"脳のイメージング - 脳のはたらきはどこまで画像化できるか",共立出版,1994.
- [9] 感性スペクトル解析装置 (ESA-16) 取扱説明書 ver1.0, 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,"Human-Computer 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, pp.100-109,1998.
- [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.