

階層メニュー選択時における認知負荷の瞬目による分析[†]

松尾 太加志 (北九州市立大学文学部)

1. はじめに

ホームページは、一般に階層的なディレクトリ構造をしている。トップメニュー（いわゆるホームページ）にメニューがあり、そのメニューの下に下位ページがぶら下がっている。その下位ページもさらに下位メニューが存在しており、深い階層ディレクトリ構造をしていることもある。自分にとって必要な情報を見つけ出す場合、その階層ディレクトリを深くたどっていかねばならない。わかりやすく階層構造が作られている場合は問題ないが、わかりにくい場合、自分に必要な情報がどこにあるのか見つけることができず、階層の中を行ったり来たりすることを強いられる。

このような階層ディレクトリ構造を分かりやすく設計するためには、メニュー項目の分類のやり方をどうするかということも大切だが、階層ディレクトリの深さと項目の数の構造をどうするかということも大事な要因である。一般には、ひとつの階層あたりの項目の数（広さ）と全階層での深さの間にはトレードオフ関係があるといわれる（Nielsen, 1993）。ひとつの階層での項目の数は少ないほうがわかりやすい。しかし、項目の数を少なくすると、深い階層構造にしなければならない。そうすると、ユーザは階層をたどっていくという作業が大変になる。一方、階層を浅くしてしまうと、ひとつの階層あたりの項目数が多くなり、自分が見つけたいものがどこにあるのか探すのが大変になってしまう。

MacGregor & Lee(1987)は、ビデオテキストのメニュー階層に関して、読みの速度、操作の速度、コンピュータの応答時間などの要因を総合して、探索に要する時間が最小になるのは、項目の数が4～8項目程度であることを報告している。また、小松原(1991)は、単層メニューにおけるグループ化について、どのようにグループ化した場合に探索時間が短くなるかを確かめている。それによると、グループ数とグループ内の項目数の積の平方根に近い値になるように、両者の値を設定するのがよいという結果を出している。さらに、若杉(2000)は、小松原の実験課題を2階層に修正して視線の動きを観察した。その結果、中分類とした場合に視線が停留することを報告しており、そこで探索行動が実際になされている

ことを示している。

こういった階層ディレクトリのユーザビリティを評価する場合、MacGregor & Lee や小松原のように、探索に要する時間を判断基準とするのはひとつの方法である。しかし、必ずしも、時間が短いことが使いやすさの指標にはならない。ある作業をすることのほうが、時間が短いということがわかっていても、それがわかりにくかったり、注意を要する作業であったりすると、ユーザはその作業を敬遠する。つまり、わかりにくさや注意などの認知負荷が高ければ、たとえ時間が短いとわかっていても、その作業を選択しない。したがって、ユーザビリティの指標として、時間も重要な要因にはなるが、認知負荷のほうが重要だと考えられる。

認知負荷を評価するには、いくつかの方法がある。たとえば、質問紙などによって主観的な評価をさせる方法がひとつである。あるいは、複数の作業課題を与えることによって、その課題成績を検討することによっても可能である。認知負荷が高い作業であれば、複数の作業を同時にすることは難しく、課題成績が低下することが考えられる。さらに、生理的指標をとることも考えられる。生理的指標の中でも認知負荷と関連が深いといわれているのが、瞬目である。瞬目は、認知負荷が高い場合に抑制されることが知られている。処理しなければならない刺激が提示されたり、処理をしている最中であったり、あるいは、その刺激が提示されることを予期していたりするときには、瞬目が抑制される。そして、その処理を終了した段階で、抑制が解除され、瞬目が多発する（Fukuda & Matsunaga, 1983）。すなわち、認知負荷が高くなったときに抑制され、負荷が低くなると瞬目が多くなる。したがって、認知負荷のひとつの指標として瞬目は極めて有効である。松尾(2000)は、WWWブラウザを用いてホームページを見ているときの瞬目を観察し、メニュー選択時に瞬目が抑制されていることを報告した。これは、メニュー選択には認知負荷が生じており、瞬目が抑制されていることを示すものであり、ユーザビリティの指標として瞬目が利用できることを示している。

そこで、本実験では、メニューの階層ディレクトリ構造を系統的に変化させ、メニュー選択を行っているときに、瞬目がどのように発生するかを観察することによって、そのユーザビリティを評価しようとするものである。

[†]本研究は、日本ディレクトリ学会の2000年度研究助成を受けた。

階層ディレクトリ構造としては、若杉（2000）が小松原（1991）の実験を修正して行った2階層のメニュー構造を用いる。128の項目を1, 2, 4, 8, 16, 32のいずれかに分類し、定められたターゲットを探索させるという課題を与える。探索時の瞬目を観察し、どのような階層構造であるときに、瞬目が抑制されるのかを観察することによって、階層メニューの分類の探索しやすさについて検討する。

2. 方法

被験者

北九州大学大学生5名（男性名, 女性3名）

実験課題

実験課題は、128の単語の中から、ターゲットの単語を探し出すことである。128の単語は、いくつかに分類され、ターゲットが含まれていると思われる分類を探し出し、その分類中の単語群の中からターゲットを探し出す。つまり、2階層のメニュー構造をしている。単語及び分類項目は、小松原（1991）が用いたものと同じものを用い、階層構造は若杉（2000）の実験と同じ構造とした。分類項目数×単語項目数として表現すると、 1×128 , 2×64 , 4×32 , 8×16 , 16×8 , 32×4 の6条件を用意した（図1参照）。

実験課題の制御装置

実験課題のプログラムは、HTMLで記述され、WWWブラウザ（Internet Explore 5.0）で操作する。コンピュータ（SONY VAIO PCV-R73K）上のローカルなハードディスクに、HTMLファイルが保存され、そのファイルを開くことによって、実験が開始される。Webサーバは立ち上

げていない。モニタは15インチ液晶モニタ（MITSUBISHI VISIMO LXM510J）を用いた。キーボード及びマウスは、コンピュータに付属のものを用いたが、実際に被験者が利用するのはマウスのみである。WWWブラウザは、モニタ上の表示サイズを最大とし、アドレスバーなどの不要なものは表示させないようにした。これによって、項目数を探索するのに、スクロールする必要がないようにした。また、データ処理時に画面の変化を検出するために、ブラウザ表示部の最上段に、黒または白のバーを常時表示させるようにした。

瞬目の測定装置

瞬目の測定には、松尾・福田（1996）の開発したシステムと同等のものを構築した。被験者の眼の映像を撮影するために小型 CCD カメラ（Toshiba IK-SM43H レンズ JK-L04S 焦点距離 4mm）を用いた。カメラは、被験者の右目の右斜め前方の約 10cm 程度の位置に固定できるように、メガネのフレームに軽量の金属製の長板を取り付け、その長板の先端にカメラを固定した。刺激提示や被験者の反応との同期をとるために、コンピュータの液晶モニタの画面をカメラ（SONY EVI-D30）で撮影し、その映像と被験者の眼の映像を映像エフェクタ（Futek Videonics MX-1）によって合成した。合成映像では、液晶モニタ画面は上下反転させ、刺激検出用のバーが下部になるようにし、上半分が液晶モニタ画面、下半分が眼の映像とし、ビデオデッキ（SONY WV-DR7）に記録した。この合成映像を計測ユニット（浜松ホトニクス Percept scope C3160）を用い2値化し、コンピュータ（NEC PC9801Xn）に取り込み、コンピュータ上で、瞬目の同定を行った。データの取り込み及び瞬目の同定には、松尾・福田（1996）の開発したプログラムを一部修正したものを用いた。

手続き

被験者に小型 CCD カメラの付いたメガネを装着してもらい、実験課題についての教示を与えたのち、実験を行った。実験は、被験者自身がマウスクリックをすることで進めていくようになっている。まず、モニタ画面上に課題番号メニューが表示され、被験者は課題番号をクリックする。次にターゲットの単語が提示され、単語をクリックすると、次に第一階層の分類項目が表示される。被験者は、ターゲットの単語が含まれると思われる分類項目を選択クリックし、最後の第二階層の単語群を表示させる。この中から、ターゲットの単語を探し出し、それをクリックする。正しいターゲットをクリックできた場合、「正解」と表示され、これをクリックすると「戻る」が表示される。「戻る」をクリックすると、1試行は終了

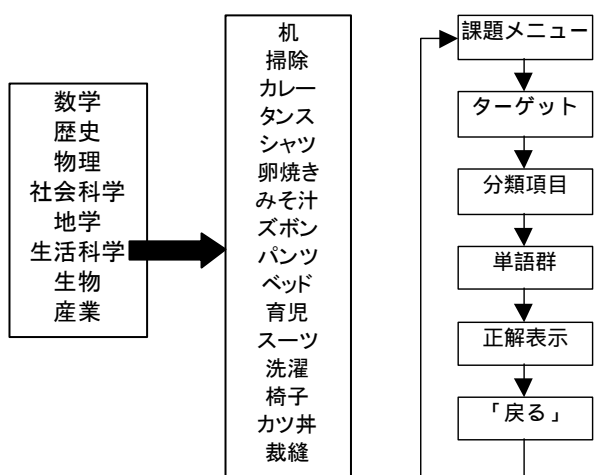


図1 8×16のメニュー条件の例。第2階層は、「生活科学」の場合のみ例示。

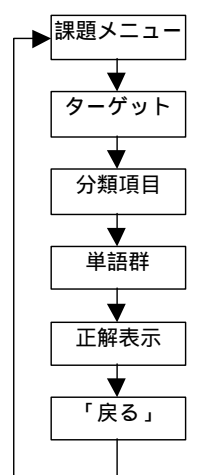


図2 実験の1試行の流れ

となり、最後の課題番号メニューに戻って、試行を繰り返す(図2)。間違っただ分類項目をクリックした場合などは、ブラウザ操作の「戻る」を使って前の画面に戻ることとなる。なお、間違っただ単語をクリックした場合、「間違いです」と表示されるようになっている。

課題番号メニューでは、練習3試行、実験24試行が表示され、それを順番に行う。実験の24試行では、6条件を4回ずつ繰り返し、試行の順序は、6条件を1ブロックとし、ブロック内でランダムとした。ただし、順序は全被験者で同じであった。

3. 結果

瞬目の同定を行った後、1試行の課題が開始されてからの5期間(ターゲット、分類項目、単語群、正解、戻る)ごとに1分あたりの瞬目の頻度(瞬目率)をメニュー条件別に算出した。ただし、被験者が誤った項目をクリックした試行は分析から除外した。図3では、5人の被験者の各期間ごとの瞬目率の平均を各メニュー条件別に示した。

2要因(メニュー条件×期間)の分散分析を行ったところ、期間の主効果では有意な差がみられた($F=4.258$, $df=4/116$, $p<.005$)が、メニュー条件の主効果($F=1.004$, $df=5/116$, ns)及び交互作用($F=1.246$, $df=20/116$, ns)では有意な差はみられなかった。期間の要因において、Bonferroniの多重比較を行ったところ、ターゲット、単語群、正解の各組み合わせにおいて5%水準で有意な差がみられた。

次に、メニュー条件間での瞬目率の差をみるために、次のような分析を行った。メニュー条件の違いが実際に表れるのは、分類項目表示時と単語群表示時である。し

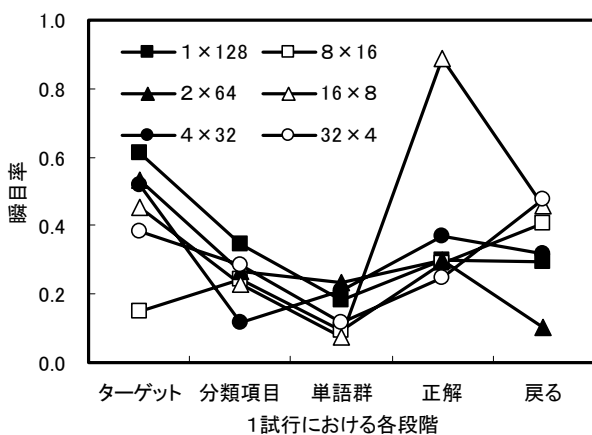


図3 メニュー条件別の各段階における瞬目率。したがって、この段階での瞬目率を比較した。まず、被験

者ごとに、各試行の瞬目率のデータをもとに、分類項目表示時と単語群表示時でのメジアンをそれぞれ算出した。そして、メニュー条件を大分類群(1×128, 2×64, 4×32)と中分類群(8×16, 16×8, 32×4)の2つに分類し、それぞれで瞬目率がメジアンを越えた場合とそれ以下の数を全被験者において計算した。その結果を図4に示した。この分類をFisherの直接確率法により検定したところ、いずれも、5%水準で独立ではないことが示された。

4. 考察

ターゲットが表示されてから、1試行が終了するまでの各期間における瞬目率の分析によると、瞬目率は徐々に減少し、単語群が表示されているときに瞬目率が最も少なく、正解表示、「戻る」表示の段階でまた増加するという傾向を示している。これは、与えられた課題を遂行する段階での認知負荷が高くなり瞬目が抑制され、課題遂行終了後に瞬目の抑制が解除されるという従来の知見(Fukuda & Matsunaga, 1983; Ohira, 1996; 松尾, 2000)と同じであった。ただし、統計上有意な差が認められたのは、単語群及びターゲット表示時の瞬目率が正解表示時に比較して有意に少なかったということであった。分類項目表示時でも認知負荷に伴う瞬目の抑制が生じたと考えられるが、個人間において、認知負荷をどこで感じたかが異なっており、分類項目表示時に統計上有意な差を見出すには至らなかった。多くの被験者では、正解表示時で認知負荷が低下し、瞬目の抑制が解除され、この段階で瞬目が頻発しているが、被験者によっては、正解表示時でも瞬目が抑制されたままになっているものもいた。正解表示後の「戻る」という表示がなされてはじめて一連の課題の終了と認識をしており、正解表示時でも緊張状態が持続し瞬目が抑制されたままになっていた。この

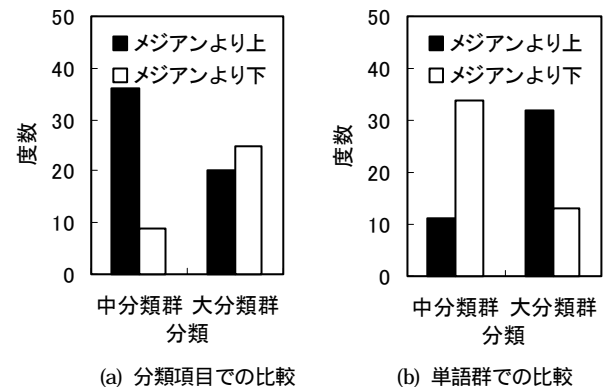


図4 瞬目率がメジアンより大の場合とメジアン以下の場合の度数

ように、個人間での差が全体の分析結果に影響を与えたものの、全体としては、メニュー選択課題時に認知負荷が高くなっていることがわかる。

次に、分類項目表示時及び単語群表示時におけるメニュー条件の違いによる分析である。ここでの分析は、認知負荷に伴う瞬目の抑制だけではなく、視線の動きに伴う瞬目の誘発も考慮しなければならない。視線が次の行に移るときなどに瞬目が誘発されることが知られており (Orchard & Stern, 1991), 今回の実験での項目の表示では、分類項目でも単語項目でも表示項目数が多くなると、数行に渡って項目が表示されており、この要因を無視することはできない。

図4に示されているように、分類項目数が相対的に多い中分類群の場合、瞬目率が高くなっている。分類項目数が多い場合、どの分類にターゲットが含まれているかは比較的容易に判断できるため、認知負荷が相対的に低く、瞬目の抑制がそれほど高くなかったということが考えられる。また、項目数が多いため、視線の動きに伴う瞬目も発生したと考えられる。一方、分類項目数が少ない大分類群の場合は、視線の動きは少なく、認知負荷も高いと思われるため、瞬目が少なくなることが予測されるが、他の要因も含まれており、必ずしもそうではなかった。たとえば、1×128条件では、選択の余地はなく、むしろ認知負荷が少ないことが考えられる。さらに、すぐにクリックできるため、時間間隔が短く、データとしては、ターゲット表示後の抑制の解除としての瞬目が含まれていたことが考えられる。

単語群の表示時においては、単語項目数が多い場合、瞬目率が多くなっている。これは、視線の動きに伴う瞬目の発生によるものと考えられる。

メニュー選択時の認知負荷が瞬目の抑制という形で現れてきたが、メニュー条件の違いによる認知負荷の違いは、瞬目には明確に現れてこなかった。そのひとつの原因は、認知負荷による瞬目の抑制と視線の動きに伴う瞬目の発生の要因を観察データだけでは分離できなかったということである。また、ひとつの試行を複数の細かい段階に区分して分析した場合、瞬目の抑制の解除による瞬目の頻発が、次の段階にまで及ぶことがあり(松尾, 2000), その段階での処理課題の影響による瞬目なのか、直前の処理段階の影響を受けた瞬目なのかも明確には分離しにくいということもあり、方法論的に解決しなければならない問題も含んでいる。さらに、メニュー選択時の認知負荷は、項目数によってのみ決まるわけではなく、分類のしかたがわかりやすいかどうかという要因が大き

い。今回の実験結果も、項目数という条件ではすべての被験者に対して統制がなされていたが、分類のわかりやすさは、個人の知識などにも左右されるものであり、実験上統制はなされていなかった。

このような様々な問題を含んではいるものの、階層ディレクトリ構造の違いによって認知負荷が異なることがわかった。より精緻な実験を行うことにより、どのような階層ディレクトリ構造が適切であるのかを検討することが今後可能であると考えられる。

謝辞

本研究の実験は、北九州大学文学部人間関係学科米田久美子さんの2000年度卒業論文の一環として行なわれ、実験を実施した米田さんに、この場を借りてお礼を申し上げます。

参考文献

- Ohira, H. 1996 Eyeblink activity in a word-naming task as a function of semantic priming and cognitive load. *Perceptual Motor Skills*, **82**, 835-842.
- Orchard, L.N., & Stern, J.A. 1991 Blinks as an index of cognitive activity during reading. *Integrative Physiological and Behavioral Science*, **26**, 108-116.
- Fukuda, K., & Matsunaga, K. 1983 Changes in blink rate during signal discrimination tasks. *Japanese Psychological Research*, **25**, 140-146.
- 小松原明哲 1991 単層階層メニュー選択システムにおけるグループサイズ的设计方法について 人間工学, **27**, 73-82.
- MacGregor, J. N. & Lee, E. S. 1987 Performance and preference in videotex menu retrieval: A review of the empirical literature. *Behaviour and Information Technology*, **6**, 43-68.
- 松尾太加志 2000 ユーザビリティ指標としての瞬目の利用可能性 - WWW ブラウザ利用時の瞬目の観察 - 北九州大学文学部紀要(人間関係学科), **7**, 1-8.
- 松尾太加志・福田恭介 1996 ビデオ画像記録による瞬目自動解析システムの開発 生理心理学と精神生理学, **14**, 17-21.
- Nielsen, J. 1993 *Usability Engineering*. Academic Press. (篠原稔和監訳 1999 ユーザビリティエンジニアリング原論. トッパン)
- 若杉麻衣 2000 階層メニュー選択課題における視線の分析 北九州大学文学部人間関係学科1999年度卒業論文(未刊行)