

## ユーザビリティとアクセシビリティを両立させるリンク表現の検討

—視線計測によるウェブデザインに関する研究 (1)

### Exploring Hyperlink Representations for Attaining Usability and Accessibility of Web Pages

— An Eye-tracking Study on Web Design (1)

● 生田目美紀

筑波技術大学

Namatame Miki

Tsukuba University of Technology

● 北島宗雄

産業技術総合研究所

Kitajima Muneeo

National Institute of Advanced Industrial  
Science and Technology (AIST)

● Key words : Web Accessibility, Web Usability, Hyperlink Representation

#### 要旨

ウェブは、アクセシビリティ要件を満たしていると同時に、ユーザビリティ要件を満たしている必要がある。しかしながら、これらの二つの要件を同時に満たすようなウェブのデザイン方法が確立されている訳ではない。そこで本研究では、これら2つの要件の両立の可能性について検討するため、「理解可能」「操作効率」をとりあげ、ハイパーリンクというデザイン要素に着目し、視線計測実験を行うことにより実験的に検証した。実験は、2種類のユーザー（テキスト情報処理に優れた被験者群・イメージ情報処理に優れた被験者群）を想定し、3種類のハイパーリンクの表現方法（テキストのみ・イメージのみ・テキスト付きイメージ）を提示して行った。その結果、「テキスト付きイメージ」はユーザー特性に関係なく理解可能であり、操作効率が良いことがわかった。デザイン方法の一例として、アクセシビリティ要件とユーザビリティ要件を両立させるハイパーリンクの情報表現について明らかにすることができた。

#### Summary

Web site designers are expected to satisfy not only Web accessibility requirements but also Web usability requirements. This paper explores design method that makes Web accessibility and Web usability compatible, focusing on hyperlink design with the consideration of "making content understandable and navigable", one of accessibility requirements, and "efficiency", one of usability requirements. This paper examines three alternative hyperlink representations - text link, image link, and image-with-text link - from the viewpoint of compatibility of Web accessibility and Web usability by conducting an eye-tracking experiment by using an experimental portal Web site. The result demonstrated that only the image-with-text representation would be the compatible representation for designing hyperlinks of Web pages.

#### 1. 研究背景

インターネットの普及に伴い、あらゆる人がウェブ上の情報にアクセス可能であることが求められ、ウェブアクセシビリティは重大な今日的課題 [注1] となっている。そのため、ウェブ上に情報を提供する側が配慮すべき事項について、電子技術や情報アクセシビリティの観点から様々な検討 [注2] がなされてきている。そのような活動を通じて、法律 [注3] や指針 [注4,5] が定められ、それらを参照する形でウェブデザインは実施されるようになってきた。この指針は、ウェブ品質を保証する役割を担っている。

このようなアクセシビリティに関する動きに並行して、多様な目的を持った人々が求めている情報を効率的に入手できるようにするというのもウェブデザインの重大な課題 [注6] となっている。これは、高いユーザビリティの実現と言い換えることができる。ユーザーのウェブとのインタラクションに着目した情報科学や認知科学などの学術的なアプローチによる取り組みが盛んに行われている [注7-9]。また、ユーザーの多様な要求に応えられるウェブコンテンツを実現するために、情報デザインやマーケティング開発の手法を積極的に取り入れたり [注10,11]、データベース技術やバックグラウンドプログラム技術等を活用することにより、ウェブページのカスタマイズ化や個別対応化の促進がはかられている [注12]。

ウェブは、アクセシビリティ要件を満たしていると同時に、ユーザビリティ要件を満たしている必要がある。しかしながら、これらの2つの要件を同時に満たすようなウェブのデザイン方法が確立されている訳ではない。本論文では、まず、ウェブアクセシビリティとウェブユーザビリティについて簡単にレビューを行い、それらを両立させることが自明ではないことを説明する。その上で、両者の両立を検討できるウェブデザインの要素としてハイパーリンクのデザインがあることを示し、両者の両立の実現を目的として実施した研究の成果を報告する。

#### 2. アクセシビリティとユーザビリティ

##### 2.1. ウェブアクセシビリティの定義とガイドライン

ウェブアクセシビリティは、ウェブを利用するすべての人が、年齢や身体的制約、利用環境等に関係なく、ウェブ

で提供されている情報に問題なくアクセスし、コンテンツや機能を利用できることと定義される [注 13]。世界標準である WAI (Web Accessibility Initiative) のウェブコンテンツアクセシビリティガイドライン 1.0 [注 14] では、「確実にうまく変換されるようにする (Ensuring Graceful Transformation)」「内容を理解できて操作可能なものにする (Making Content Understandable and Navigable)」という 2 点をデザインの課題として打ち出し、同 2.0 [注 15] では、「知覚可能 (Perceivable)」「操作可能 (Operable)」「理解可能 (Understandable)」「堅牢性 (Robust)」の 4 点を基本要素として挙げている。

## 2. 2. ウェブユーザビリティの定義とガイドライン

ユーザビリティは、ユーザーとコンピュータシステムのインタラクションの質であり、「ある環境において特定のユーザーが特定の目標を達成する際の、効果、効率、満足の度合いである」 [注 6] と定義されている。「いかに速く、簡単にタスクを達成できるか」というように定義されることもある [注 16]。これらを、ウェブの利用にあてはめると、ユーザーが目的を効率よく達成できるためのウェブコンテンツの使いやすさ、分かりやすさ、快適さと言い換えることができる。これまでに、ユーザビリティを向上させるためのガイドラインとしていくつかのものが提案されている [注 17,18]。

## 2. 3. アクセシビリティとユーザビリティの両立

これまで、ウェブアクセシビリティとウェブユーザビリティは、それぞれ別々に議論されてきた。

デザインされたウェブページがウェブアクセシビリティの要件である「知覚可能」要件、「操作可能」要件を満たしているかどうかについては、それぞれ、ブラウザの設定変更やアクセシビリティチェック用のソフトウェアの利用によって、あるいは、デバイスの変更やショートカットキーによる操作などの技術的な方法によって検証することができる。さらに、アクセシブルなウェブ情報を発信することができるかどうかについては、ガイドラインに対応するための XHTML の記述ルールを守っているか、個対応のための CSS を複数用意しているか等の方法で確認することによって検証することができる。一方、「理解可能」要件は、経験者やユーザーの意見を聞くことによって検証することが推奨されている。

ウェブユーザビリティの要件が満たされているかどうかについては、Nielsen のユーザビリティ尺度 (学習容易性、効率、記憶しやすさ、エラー、満足度) [注 19] をあてはめ、「すぐに使える」「短時間でタスクを達成できる」「再学習せずにいつでも使える」「正確に操作ができる」「使い勝手が良く、満足できる」といった指標で評価できる。これらは、タスク達成時間や操作過程の観察などで計測が可能であり、実験によって定

量的に検証することができる。

ウェブアクセシビリティもウェブユーザビリティもユーザーがウェブを利用する際に、ウェブ利用の目的を満足できる仕方である達成できることを保証するようなウェブデザインの方法を規定している。いずれも目的を共有してはいるが、その目的を同時に満足する解が必ず存在するというわけではない。

例えば、アクセシビリティの要件である「理解可能」を満足させるためには、リンクを選択したときの効果 (どのようなページやサイトにジャンプするのか) が確実に分かるようにリンクのラベルを付けておく必要がある。ラベルは一定の領域を費やすので、決まった面積の領域に提供できるリンクの数は少なくなってしまう。あるいは、同じ数のリンクを提供しようとした場合には、それらを表示するのに必要とされる領域の面積が大きくなってしまふ。これは、ユーザビリティの要件である「効率」の低下をもたらす。すなわち、一定数のリンクが必要とされる時、1 画面中に提供できるリンク数の減少は画面切り替えを伴うためステップの増加を招く。また、提供するための領域の面積の増加はポインティング時間の増加を招く。

アクセシビリティの他の要件「知覚可能」「操作可能」「堅牢性」についても、それらの要件を満たすデザイン解が、ユーザビリティ要件「効果」「効率」を十分に満たすデザイン解とならない場合がある。「知覚可能」とするための知覚効果 (ロールオーバーなど) をオブジェクトに付与することが必要になる場合がある。「操作可能」とするためにそれとはっきりわかるハンドルを添えなければならない場合がある。「堅牢性」を達成するために確認のためのステップを追加する場合がある。

ここで例に示したデザイン解はユーザビリティを低下させかねないデザインである。ウェブアクセシビリティとウェブユーザビリティとを両立させるウェブページデザインの方法を構築することが、「誰もが問題なく使え」かつ「誰にとっても使いやすい」ウェブ環境を実現するために必要である。

## 2. 4. アクセシビリティとユーザビリティの共通課題

本論文では、ウェブページのデザイン要素のなかで、アクセシビリティとユーザビリティを同時に検討できる要件として「理解可能」「操作効率」をとりあげ、デザイン要素としてハイパーリンクに着目する。ハイパーリンクは、それを選択することによって他のページへの遷移が実行される。ユーザーは何らかの目的を持ってウェブページとインタラクションを行い、その目的の達成に貢献することが期待されるハイパーリンクを選択する [注 20]。目的の達成への貢献の度合いは、ハイパーリンクが意味していることと目的との合致度によって評価される。したがって、ハイパーリンクの意味していることが「理解可能」であり、しかも、短時間で適切に理解し、そのハイパーリンクを選択することができることにより「操作効率」が向上

する。このように、ハイパーリンクには、ウェブ・アクセシビリティ要件である「理解可能」とウェブ・ユーザビリティ要件である「操作効率」の課題が集約しており、両要件を同時に満たすデザイン方法を検討することが可能である。

ウェブページのデザインを行う場合の表現ソースは、テキスト、画像、動画、音声などと幅広い。これに、フォント、色彩、写真、イラスト、レイアウトなどのデザイン要素が加わる。「知覚可能」要件を満足させるという課題に対するアプローチとして、ウェブ画面用カラーシミュレーターの開発やユニバーサルデジタルフォントの開発が進んでおり、ウェブ画面の見え方という観点からのアクセシビリティ研究は実用レベルに達しつつあると考えられる。一方、「理解可能」要件を満足させるという課題に対しては、ウェブデザインを行う際に直ちに役立つ具体的なデザインアプローチは、現状では、ほとんどない。そこで、本論文では、ウェブ・アクセシビリティ要件の「理解可能」を取り上げる。前述したように、この要件とユーザビリティ要件の「操作効率」は両立しない場合がある。そこで、それらの両立の可能性をここでは検討し、視線計測実験を行うことにより実験的に検証する。

### 3. 実験

#### 3.1. 概要

本研究では、ハイパーリンクが「理解可能」である程度がユーザーによって異なっている状況を実現でき、かつ、「操作効率」が重要となるウェブ利用の局面を対象とした実験を実施し、アクセシビリティとユーザビリティを両立させるデザイン解の探索を行った。具体的には、ウェブページを利用した課題として、ディレクトリを利用する情報探索を設定した。ディレクトリは多数のハイパーリンクから構成されるが、ユーザーは探索すべき情報が提供されていることが期待されるものをディレクトリの中から選択することによって情報探索を行う。

ハイパーリンクは、通常、テキスト情報とイメージ情報から構成される。我々の先行研究により、テキスト情報処理に優れたユーザーとイメージ情報処理に優れたユーザーがいることがわかっている [注 21]。このことは、その特性の違いによって、同じハイパーリンク表現でも理解の仕方に違いが生じることを示している。そこで、ハイパーリンクの「理解可能」の程度を、被験者であるユーザーのテキスト情報／イメージ情報処理特性の違いによって操作し、探索目標が与えられたときのディレクトリ選択時間を計測することによってユーザビリティ要件である「操作効率」を評価し、ハイパーリンクの3種類のデザイン方法、すなわち、「テキストのみ」「イメージのみ」「テキスト付きイメージ」と、「理解可能」の程度、「操作効率」の比較を行い、アクセシビリティ要件とユーザビリティ要件を最もよく

両立させるハイパーリンク表現方法を探った。

#### 3.2. 実験用ウェブページ

実験用のウェブページとして、ディレクトリを利用した情報探索を行えるウェブページを作成した。ディレクトリとして、9つの代表的なポータルサイト (yahoo!, MSN, AOL, Infoseek 楽天, So-net, livedoor, goo, @nifty, Excite) で使用されていたディレクトリの中で、5つ以上のポータルサイトで使用されていたディレクトリを使用した。ディレクトリの具体的な項目は、コンピュータ、占い、グルメ、地図、旅行、不動産・引越、料理・レシピ、テレビ、学習、自動車、スポーツ、電話帳、音楽、福祉、辞書、ゲーム、求人・転職、健康・医療、路線、資格、友だち・チャット、ニュース、イベント情報、ショッピング、趣味、オークション、学習、天気合計 27 個であった。

個々のディレクトリは、「テキストのみ」「イメージのみ」「テキスト付きイメージ」の3種類で表現され、ひとつの実験用ウェブページでは、同一の表現が用いられ、混在しない。したがって、実験用ウェブページとして、27個のディレクトリがテキストで表現されたページ、27個のディレクトリがイメージで表現されたページ、27個のディレクトリがテキスト付きイメージで表現されたページ、の3種類が作成された。以降、本論文では、これらをそれぞれ「テキストディレクトリページ」、「イメージディレクトリページ」「テキスト付きイメージディレクトリページ」と呼ぶ。

#### 3.3. タスク

実験に用いるタスクとして、一般的なポータルサイトで行われる情報探索タスクを設定した。具体的には、「病院で出された薬について詳しく知りたいとき、あなたならどのリンクを使いますか?」「もう少し広い部屋へ引越したいとき、あなたならどのリンクを使いますか?」「母の日に贈る花をインター



図 1：実験タスク画面の例

ネットで注文したいとき、あなたならどのリンクを使いますか?」など、暮らしの中で想定しやすく誰もが取り組みやすい一般的な内容になるように心がけ、最終的には38問の情報探索タスクを定めた。各被験者には、実験用ウェブページに表示される27個のディレクトリのなかから、そのタスクに関する情報を提供していることが期待されるディレクトリを1つだけ選ぶことを求めた。制限時間は設けなかったため、被験者は自身のペースでディレクトリ選択を行った。タスクは、各ディレクトリのページの上部に表示された(図1)。

### 3.4. 被験者

被験者は、健聴者の大学生21人と聴覚障害者の大学生21人であった。健聴者の大学生は、テキスト情報処理に優れたユーザー群とみなされた。一方、聴覚障害者の大学生は、イメージ情報処理に優れたユーザー群とみなされた。これは、先行研究により知られていること、すなわち、視覚情報に対して聴覚障害者は健聴者とは異なる認知過程を示すこと[注22]、また、ウェブ・ページの利用時に聴覚障害者はテキストよりイメージに依存する[注23-25]ということに基づいている。以降、本論文では、テキスト情報処理に優れた被験者群を「テキスト処理優位群」、イメージ情報処理に優れた被験者群を「イメージ処理優位群」と呼ぶ。

各被験者は、1日当たり平均2時間、1週間当たり平均5日間、ウェブを利用していた。また、ウェブの使用経験は、平均6年であった。従って、ディレクトリを利用した情報探索というタスクについては十分な経験があると見なすことができ、本実験タスクを遂行するに際して困難はないものと考えられた。

テキスト処理優位群の21名の被験者、イメージ処理優位群の21名の被験者は、7人ずつ3群に分割された。各群は、テキストディレクトリページ、イメージディレクトリページ、テキスト付きイメージディレクトリのいずれかのページでタスクを遂行した。以降、本論文では、それぞれ、「テキストページ群」「イメージページ群」「テキスト付きイメージ群」と呼ぶ。なお、ここで、ディレクトリを表現するイメージは絵文字・図記号(ピクトグラム:以下ピクト)[注26]に限定した。ピクトは、概念、オブジェクト、活動、場所あるいは出来事を表わすシンボルであり、グラフィカルな情報によって直感的に意味を伝達できるという点においてイメージ情報を代表する表現であると考えられたためである。同時に、迅速なナビゲーションが求められるウェブ空間上での情報案内として写真やサイズの大きいイメージよりも適切であると考えられたためである。

### 3.5. 実験機材とデータの記録

本実験では、理解可能な程度と操作効率を評価するのに必要

な操作行動データを収集する必要があった。そのため、被験者が最終的にタスクに適合するディレクトリとして何を選択したのか、選択にどれだけの時間を要したのかだけではなく、選択に至る過程に関する行動データも収集することが必要であった。ディレクトリの表現がタスク遂行の観点から理解しにくい場合には、選択に要する時間は長くなることが予測される。また、一つのディレクトリを選択するまでに迷うことが予測される。そこで、被験者がディレクトリの選択に至るまでの目の動きも計測することにした。

視線計測に使用した装置は、非接触型赤外線視線計測装置(Tobii 1750, 50Hz)であった。この装置は、PCから出力される画像を表示する17インチの液晶ディスプレイと、その縁に眼球を照明するための赤外線発光ランプと眼球を撮影するカメラが装着された眼球撮影カメラ一体ディスプレイ装置である。ウェブページはPCからこのディスプレイに表示され、被験者は、このディスプレイ上でタスクを遂行した。この装置は、非接触型であるだけでなく、頭や首の動きにも対応可能なため、被験者は、アゴ台等で身体制限をかけられることなく、通常のPC操作と同様にディスプレイモニターの前に座るだけの状態でタスクを遂行することができた。なお、本装置によりマウスイベント(押下、移動)も記録された。

### 3.6. 手順

被験者は、「インターネットのポータルサイトを利用して、課題として出された情報を検索する場合、最も適切な回答が得られると思うディレクトリを一つだけ選択してください」という教示を受けた後、視線計測装置のキャリブレーション、被験者IDの実験用PCへの登録を行った。本実験の前に、練習タスクを行い、実験用ウェブサイトでの情報探索タスクの遂行に問題のないことを確認した。練習タスク開始時に、視線計測は開始された。本実験では、ひとりの被験者は、テキストディレクトリページ、イメージディレクトリページ、テキスト付きイメージディレクトリページのいずれかのページで、38問の情報探索タスクを、ひとつずつ順番に実行した。タスクの提示順序は固定であった。制限時間は設けなかった。ディレクトリを選択すると、「次のタスクを開始してください」というメッセージが表示されるページに遷移した。ディレクトリ選択に要した時間(タスク遂行時間)は、「次のタスクを開始してください」というメッセージを押下した後にタスクを表示したいずれかのディレクトリページがロードされた時点から、いずれかのディレクトリの上でマウスが押下されたというマウスイベントが発生した時点までの間の時間とした。いずれも、視線計測装置によって自動的に記録され、すべてのタスクが終了した後に、実験者が、視線データ等とともにファイルに格納した。

#### 4. 実験結果

実験結果の分析は、記録されたデータから以下の指標を導出して行った。1) タスク達成時間、2) 情報論的エントロピー、3) 視線パターン、4) 注視時間、5) 注視点数、6) 平均注視時間。

以下では、被験者の情報処理特性(「テキスト処理優位群」「イメージ処理優位群」)、ディレクトリの表現方法(「テキストディレクトリ」「イメージディレクトリ」「テキスト付きイメージディレクトリ」と、上記の6種類の指標との関係を検討し、アクセシビリティ指標である「理解可能」の程度とユーザビリティ指標である「操作効率」と関連づけながら議論を行う。そして、次節で、アクセシビリティとユーザビリティの両立の方法を考察する。

##### 4.1. タスク達成時間(図2 左図)(操作効率の指標)

タスク達成の時間については、被験者群(テキスト処理優位群/イメージ処理優位群)間で有意な差はなかった。しかし、イメージディレクトリページ群のタスク達成時間は、他の2つのディレクトリページ群と比較して長かった。このことから、ディレクトリをイメージのみで表現する方法は、ユーザー特性に関係なく、効率的ではないといえる。

##### 4.2. 情報論的エントロピー(図2 右図)(理解のし易さの指標)

各タスクに対して、各ディレクトリを選択した被験者数を算出し、各タスクの情報論的エントロピーを算出した。情報論的エントロピーはディレクトリ表現の理解可能の程度を示す指標である。以下に、このことについて説明する。

情報論的エントロピーは、各タスクに対して選択されるディレクトリが少数のものに絞られるのか、あるいは、複数のものに広がってしまうのかという、回答のばらつきを示す指標である。これは、被験者間の回答の不一致の程度を指しているのではなく、与えられたタスクが、どの程度、曖昧性がなく与えられたディレクトリと関連付けられるかということを指標化している。タスクは曖昧性なく記述されているので、回答のばらつきは採用したディレクトリ表現の曖昧さを反映していると考えられる。

情報論的エントロピーは以下のように算出した。

タスク  $k$  ( $1 \leq k \leq 38$ ) に対して、ディレクトリページ群  $r$  ( $r \in \{\text{テキスト}, \text{イメージ}, \text{テキスト付きイメージ}\}$ ) の被験者群  $g$  ( $g \in \{\text{テキスト処理優位群}, \text{イメージ処理優位群}\}$ ) がディレクトリ  $i$  ( $1 \leq i \leq 27$ ) を選択した頻度を  $X_{r,g,k}(i)$  とすると、タスク  $k$  に対する被験者群  $r, g$  のディレクトリ  $i$  の選択確率  $P_{r,g,k}(i)$  は、次の定式で表される。

$$P_{r,g,k}(i) = \frac{X_{r,g,k}(i)}{\sum_{j=1}^{27} X_{r,g,k}(j)}$$

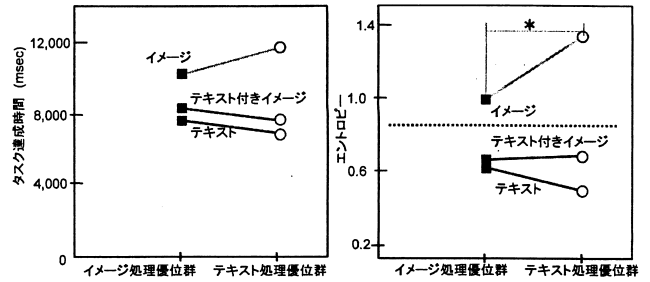


図2 左:タスク達成時間 右:情報論的エントロピー

この選択確率を用いると、ディレクトリページ群  $r$  における被験者群  $g$  のタスク  $k$  に対する情報論的エントロピー  $H_{r,g,k}$  は、下のように表すことができる。

$$H_{r,g,k} = -\sum_{i=1}^{27} P_{r,g,k}(i) \log_2 P_{r,g,k}(i),$$

$$0 \leq H_{r,g,k} \leq 4.75 = \log_2 27$$

$H_{r,g,k}$  は、0以上となるが、0に近いほど、被験者群の回答のばらつきが小さいことを表している。たとえば、被験者群  $g$  の総ての被験者が、タスク  $k$  に対して、共通して1つのディレクトリを選択した場合には、 $H_{r,g,k}=0$  である。逆に、総てのディレクトリに回答が均等に分散した場合には、エントロピーは最大になる。本実験条件の場合、 $H_{r,g,k}$  が最大となるのは、27のディレクトリの総てが同じ回数だけ選択された場合であり、 $\max(H_{r,g,k}) = 4.75 (= \log_2 27)$  である。

図2(右)は被験者群別に各ディレクトリページ群の情報論的エントロピーを平均したものである。この図はイメージディレクトリの平均エントロピーがテキストやテキスト付きイメージの平均エントロピーと比較して著しく大きかったことを示している。さらに、テキスト処理優位群のイメージディレクトリの平均エントロピーは、イメージ処理優位群のイメージディレクトリの平均エントロピーより有意に大きかった。

この結果は、イメージディレクトリによる表現の場合に、特にテキスト処理優位群によって選択されたディレクトリが、テキストやテキスト付きイメージの場合より多様だったことを示唆している。つまり、テキスト処理優位群にとって、イメージのみによるディレクトリ表現の理解がしにくかったことを示唆している。

##### 4.3. 視線パターンと停留点

先のデータから、イメージディレクトリは情報検索のパフォーマンスが低い表現だということがわかったが、その他の2つの表現(テキスト、テキスト付きイメージ)の特徴はわからなかった。そこで、タスク達成時間やエントロピーの開きが少ないイメージ処理優位群の視線パターンを確認することによってさらに分析を進めた。

図3はある共通のタスクにおいて、異なるディレクトリ表現を行った場合の視線パターンである。視線は20<sup>1/3</sup>秒ごとに計測され、丸い部分は視線が停留したことを示し、時間の長さや円の半径は比例している。また、100<sup>1/3</sup>秒以上視線が定位置にとどまった場合を視線の停留(注視)とみなした。円の中の数字は、注視の順序を示している。このタスクの場合のターゲットは、右から2番目のカラム、第2列に置かれた「コンピュー

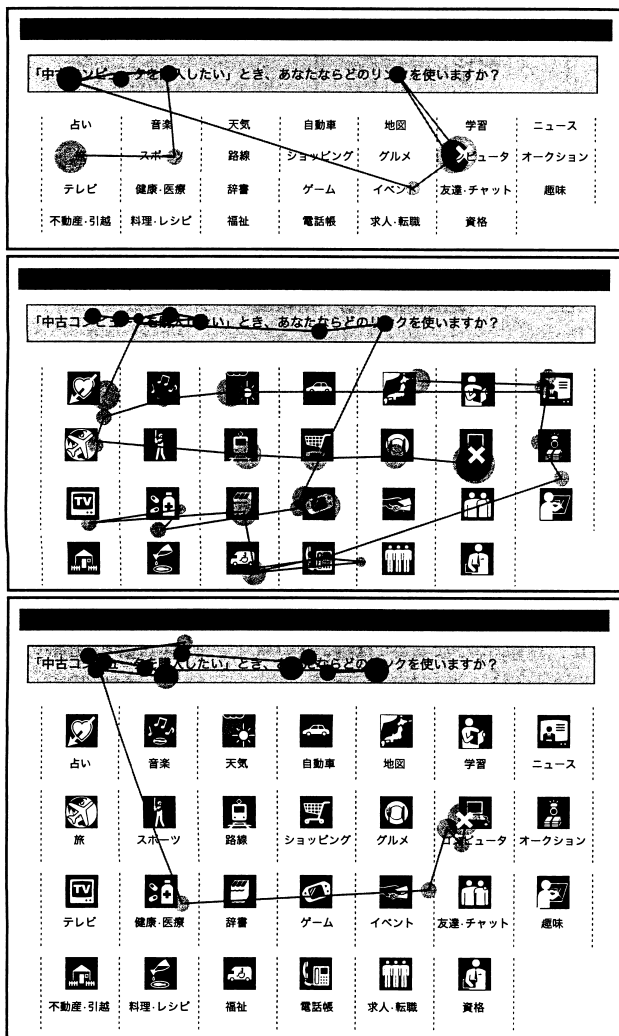


図3 3種類のディレクトリ表現と視線パターン（上から：テキスト・イメージ・テキスト付きイメージ）

ター」であった。

図3(上)はテキストによるディレクトリ表現、図3(中)はイメージによるディレクトリ表現、図3(下)はテキスト付きイメージによるディレクトリ表現における視線パターンと注視点の状況であるが、これらの3つは明らかな違いが見受けられる。

図3(上)に示したテキスト表現の場合は、注視点は9個で、数点の候補を流し読みして、1つに決めたような単純な視線走査パスであった。図3(中)に示したイメージ表現の場合は、注視点は30個となり、全てのイメージを確認したような視線走査パスを示した。図3(下)テキスト付きイメージの場合は、イメージと文字を同時に見てあたりをつけた後に、目的のディレクトリについては、文字とイメージをじっくり確認するというような視線走査パスを示していた。これら3種類のディレクトリ表現では、テキスト付きイメージが最も滑らかな視線走査パスを示している。

これらの視線パターンと停留点の状況から、イメージによるディレクトリ表現はテキストによるディレクトリ表現よりも情報探索の負荷が重く、そのためにタスク達成に長い時間を必要としたと推測できる。また、他の2つのディレクトリ表現と比較して、テキスト付きイメージは情報検索の負荷が軽いため、短時間でタスク達成できたということが推測できる。

これらの推測を裏付けるために、次のサブセクションの中で

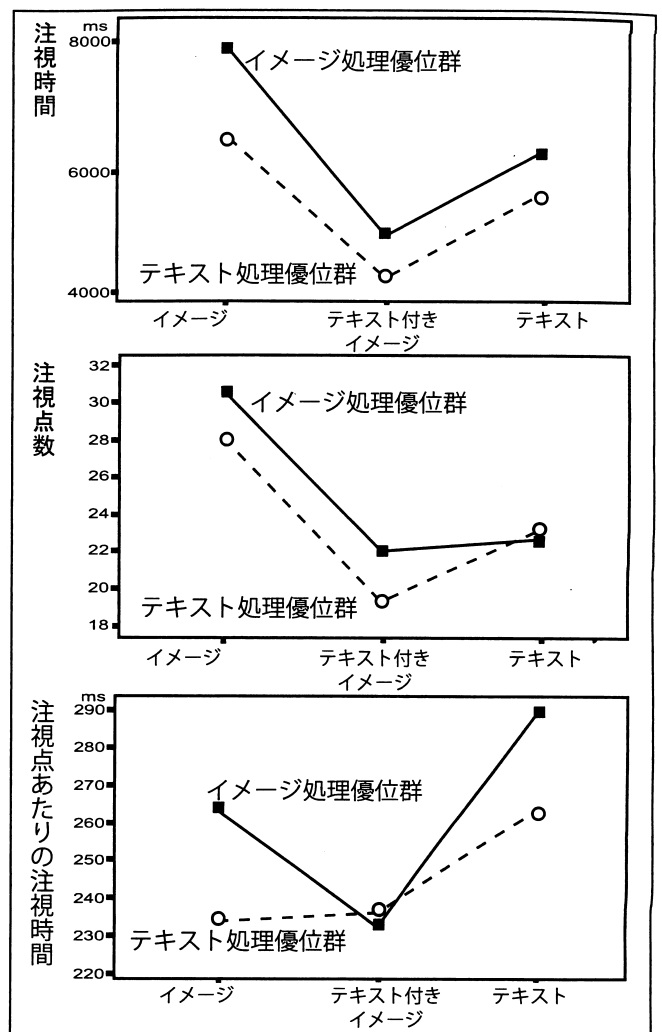


図4 視線計測実験結果（上から：注視時間・注視点数・一注視点あたりの平均注視時間）

視線計測データに関する詳細な分析を行う。

#### 4.4. 注視時間 (図4上)

注視時間を分析した結果、イメージ処理優位群はテキスト処理優位群に比べて注視時間が有意に長いことがわかった ( $F(1,37)=11.33, p<.01$ )。さらに、ディレクトリ表現間においても有意な差がみられた ( $F(2,74)=19.20, p<.01$ )。テキスト付きイメージによるディレクトリ表現は、他の2つのディレクトリ表現より著しく注視時間が短かった。それに反し、イメージによるディレクトリ表現は他の2つのディレクトリ表現よりも著しく長い注視時間を示した。つまり、テキスト付きイメージは注視時間をあまり必要としないディレクトリ表現であり、イメージは最も注視時間を必要とするディレクトリ表現であるといえる。テキストはその中間的な位置づけである。しかし、ユーザー特性とディレクトリ表現の間に交互作用はなかった。

#### 4.4. 注視点数 (図4中)

イメージ処理優位群とテキスト処理優位群の注視点数に統計的有意差はなかった。しかし、ディレクトリ表現間においては、イメージディレクトリがテキスト、テキスト付きイメージディレクトリ表現に対して有意に多くの注視点を必要としていた ( $F(2,74)=17.76, p<.01$ )。また、テキストディレクトリ表現における注視点数はユーザー特性間でほとんど同じであった。

#### 4.5. 一注視点あたりの平均注視時間 (図4下)

一注視点あたりの平均注視時間を算出した。これは、総注視時間を注視点数で除して得られる。注視により視覚的に情報の収集が行われるが、それはタスクの遂行のために行われる。平均注視時間が長いということは、ディレクトリ表現が理解しにくいことを示していると考えられる。つまり、ディレクトリ表現の理解容易性を示す。平均注視時間を分析した結果、2つのユーザー特性 ( $F(1,37)=20.56, p<.01$ ) および3つのディレクトリ表現間 ( $F(2,74)=50.54, p<.01$ ) それぞれに主効果があった。さらに、ユーザー特性とディレクトリ表現の間に交互作用があった ( $F(2,74)=12.20, p<.01$ )。しかし、テキスト付きイメージによるディレクトリ表現においては、ユーザー特性間で大きな差は認められなかった。すなわち、テキスト付きイメージによるディレクトリ表現は、イメージ処理優位群とテキスト処理優位群のどちらにおいても同様に良い結果を示した。

#### 4.6. まとめ

イメージディレクトリは、ユーザー特性に関わらず、テキストディレクトリ、テキスト付きイメージディレクトリよりも、タスク達成により長い時間がかかった。また、注視時間や一注視点あたりの注視時間が長く、注視点数も多かった。さらに、情報論的エントロピーも高かった。これらの結果は、イメージディレクトリが、ユーザビリティ、アクセシビリティのいずれにおいても、他のディレクトリ表現に比べて劣ることを示している。

一方、テキスト付きイメージディレクトリは、テキストディレクトリやイメージディレクトリよりも注視時間や一注視点あたりの注視時間が短く、注視点数も少なかった。さらに、一注視点あたりの注視時間において、テキスト付きイメージディレクトリはユーザー特性の間で差がなかった。テキストディレクトリは、ユーザー特性の間で、タスク達成時間、エントロピーおよび注視点数では差がないものの、一注視点あたりの注視時間では有意な差があった。このことは、テキスト付きイメージディレクトリが理解可能性において他のディレクトリ表現よりも優れていることを示している。

以下に、ハイパーリンクの表現の視点から、実験結果をまとめる。

- ・イメージ表現は、テキスト情報処理に優れているユーザー、イメージ情報処理に優れているユーザーのいずれにおいても、操作効率・理解可能性において劣る。すなわち、ユーザビリティ・アクセシビリティの要件を全く満たさない。
- ・テキスト表現は、テキスト情報処理に優れているユーザーにとっては操作効率・理解可能性において優れているが、イメージ情報処理に優れているユーザーにとっては操作効率・理解可能性において劣る。すなわち、ユーザビリティ・アクセシビリティ要件を十分には満たさない。

・テキスト付きイメージディレクトリは、テキスト情報処理に優れているユーザー、イメージ情報処理に優れているユーザーのいずれにおいても、操作効率・理解可能性において優れている。すなわち、ユーザビリティ・アクセシビリティ要件を両立できるハイパーリンクの表現である。

#### 5. 考察

本研究では、ハイパーリンクをテキスト付きイメージにより表現することによって、アクセシビリティ要件である「理解可能」とユーザビリティ要件である「操作効率」を両立させられることを示した。ここでは、ハイパーリンクは「ディレクトリ」という機能をもっていた。しかし、ウェブページからのハイパーリンクの選択は、ディレクトリ選択という状況以外の状況でも起こる。例えば、事柄を説明している記事の項目がハイパーリンクになっている場合がある。ディレクトリ選択という局面は、多くの選択肢の中からタスクを進展させるものを選択するという局面の典型例である。その対局は、ウェブページを読みながらハイパーリンクを選択するというリニアなウェブページとのインタラクションという局面である。本研究で得られた結果は、多くの選択肢の中からの効率のよいハイパーリンクの選択という局面に適用できると考えられる。ディレクトリ選択に限らず、検索結果の表示のアクセシビリティ・ユーザビリティの両立にも有用であると考えられる。

また、実験からは、操作効率の指標となるタスク達成時間や理解可能性の指標となる情報論的エントロピーを詳細に分析する事によって、背後にある問題について科学的に解明することが出来た。視線パターン・注視時間からわかる情報検索の負荷や一注視点あたりの平均注視時間からわかる理解容易性などの指標はデザインが担うべきアクセシビリティ・ユーザビリティの一指標として一般化できる。これまで、デザインする側があたりまえのように行っていた視覚表現について科学的な指標や根拠を構築していくことは、デザイン学にとって実用的で貴重な知見になるはずである。

#### 6. 結論

ウェブ・コンテンツ・アクセシビリティ・ガイドライン (W3C WAI) では、知覚可能な代替手段や将来技術への対応を念頭においたシステムの奨励など技術的アクセシビリティからの視点と、分かりやすさや操作しやすさを奨励する人間工学的アクセシビリティからの視点で標準化が語られている。本研究は、テキストやグラフィカルな視覚情報に対する、ユーザーの情報処理特性の違いに着目し、ユーザビリティの観点も含めて研究を行うことで、認知的アクセシビリティの問題に対して応用可能な知見を得る事ができた。



さらに、ウェブデザインの情報表現のポイントとしては、イメージ情報とテキスト情報の併用が最も情報検索において効率が良く、ユーザー特性に左右されないという長所を持つことを示した。ウェブデザインの最優先事項は、考えさせないこと[注27]、アクセスして2～3秒の間にページを把握させなくてはならない[注28]というのであれば、イメージ情報とテキスト情報の併用が最も理想に近い情報表現だと結論づけることができる。

\*) 本研究は科研費(0034440, 21300301)の助成を受けたものである。

#### 注および参考文献

- 1) Kurniawan S. Zaphiris P.: Research-derived web design guidelines for older people, Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility; October, 9-12, 2005.
- 2) 山田肇編著, C&C 振興財団監修: 情報アクセシビリティややさしい情報社会へ向けて, NTT 出版, 2005
- 3) 米国リハビリテーション法 508 条 <http://www.section508.gov/> (2010,8,25)
- 4) 日本工業規格 JIS X 8341, 高齢者・障害者等配慮設計指針
- 5) 日本工業規格 JISZ8071, 高齢者及び障害のある人々のニーズに対応した規格作成配慮指針
- 6) ISO 9241-151:2008: Ergonomics of human-system interaction -- Part 151: Guidance on World Wide Web user interfaces
- 7) 金志香, 宮崎紀郎, 玉垣 庸一, 小原 康裕: 探索が容易なウェブナビゲーションの視点: ネット書店を例として, デザイン学研究, 53(5), 43-52, 2007
- 8) 土方嘉徳, 松下光範: Web におけるヒューマンインタラクション技術, 人工知能学会誌, 21(4), 394-402, 2006
- 9) 加藤隆, 情報処理学会編集: 認知インタフェース, (株) オーム社
- 10) John M. Carroll, 郷健太郎訳: シナリオに基づく設計, 共立出版, 2003
- 11) Steve Mulder, Ziv Yaar, 奥泉直子訳: WEB サイト設計のためのペルソナ手法の教科書, 毎日コミュニケーションズ, 2008
- 12) 柳田拓人, 野中秀俊, 栗原正仁: マッピング手法の導入によるインタラクション・モデルの拡張, 電子情報通信学会技術研究報告・SS, ソフトウェアサイエンス 106(202), 19-22, 2006
- 13) 日本工業規格 JIS X 8341-3: 高齢者・障害者等配慮設計指針—情報通信における機器, ソフトウェアおよびサービス—第3部: ウェブコンテンツ
- 14) Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 1.0-W3C Recommendation 5-May-1999-, <http://www.w3.org/TR/1999/WAI-WEBCONTENT-19990505/> (2010,8,25)
- 15) Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0-W3C Recommendation 11 December 2008-, <http://www.w3.org/TR/2008/REC-WCAG20-20081211/> (2010,8,25)
- 16) Dumas J. S. and Redish J. C. : A practical guide to usability testing, Ablex Publishing, 1993
- 17) Smith S. L. and Mosier J. N.: A Design Evaluation Checklist for User System Interface Software. Technical Report ESD-TR- 84-358, MITRE,MA, 1984
- 18) Shneiderman B. : Designing the User Interface, Addison-Wesley Publishing. 東, 井関 (監訳): ユーザ・インタフェースの設計, 日経マグロウヒル社, 1987
- 19) Nielsen J. : Usability Engineering, Academic Press, 1993
- 20) Kitajima, M., Blackmon, M.H., & Polson, P.G. (2000). A Comprehension-based Model of Web Navigation and Its Application to Web Usability Analysis. In S. McDonald, Y. Waern & G. Cockton (eds.), People and Computers XIV - Usability or Else! (Proceedings of HCI 2000), Springer, pp.357-373.
- 21) 生田目美紀, 北島宗雄: Web における聴覚障害者の視覚情報利用特性に関する研究, 第 52 回日本デザイン学会研究発表大会概要集, pp.116-117, 2005
- 22) Wilson M, Emmorey K. : A "word length effect" for sign language: further evidence for the role of language in structuring working memory, Memory and Cognit, Vol.26, 584-590, 1998
- 23) M.Namatame, T.Nishioka, M.Kitajima: Designing a Web page considering the interaction characteristics of the Hard-of-Hearing, Proceedings of the 10th international Conference on Computers Helping People with Special Needs, 136-143, 2006
- 24) 西崎友規子, 生田目美紀, 北島宗雄: 情報検索における聴覚障害者の認知特性, 人間工学, Vol.43, No.4, 177-184, 2007
- 25) 生田目美紀, 北島宗雄: 聴覚障害者のウェブ利用特性に基づくウェブユーザービリティ向上に関する研究, ヒューマンインタフェース学会誌特集論文「ユーザービリティ II」, Vol.9.No.4, pp.435(17)-442(24), 2007
- 26) JIST0103 コミュニケーション支援用絵記号デザイン原則
- 27) S.Krug. Don't Make Me Think!: A Common Sense Approach to Web Usability. New Riders: Ca,2005
- 28) J.Nielsen, D. A. Norman. : Web-Site Usability: Usability on the Web isn't a Luxury 2000(retrieved in May, 2008) <http://www.informationweek.com/773/web.htm>. (2010,8,25)