

推薦論文

“矢印タグ”を利用したテレビ用 ウェブブラウザ・リンク選択方式

前田 篤彦^{†1} 稲垣 博人^{†2}
小林 稔^{†1} 阿部 匡伸^{†1}

近年、テレビやテレビゲーム機にもウェブブラウザが搭載されるようになり、リモコンを使い、テレビ画面上でウェブページを閲覧することが可能になった。しかし、既存の操作方式は必要とされるキー押下回数が多い等、使いにくいのが現状である。そこで本論文では、テレビ用ウェブブラウザのための新しいリンク選択方式として、「矢印タグ方式」を提案する。提案方式では、矢印タグと呼ばれる矢印記号列を画面上の各々のリンクに割り当てる。ユーザは、テレビ画面に目を向けたまま、方向キーを数回押下するだけで所望のリンクを選択できる。実験の結果、矢印タグ方式では従来のフォーカス移動方式や数字タグ方式よりも速く操作でき、多くの被験者が従来の方式より好むことが明らかになった。

A Link Selection Technique Using “Arrow Tag” for Web Browsers on TV

ATSUHIKO MAEDA,^{†1} HIROHITO INAGAKI,^{†2}
MINORU KOBAYASHI^{†1} and MASANOBU ABE^{†1}

Television sets and video game consoles equipped with a web browser have appeared, and we are now able to browse web pages on television screens. However, existing navigation techniques are too difficult in this situation. In this paper, we propose *Arrow Tag*, a new link selection technique for web browsers on TV. In this technique, sequences of arrow signs called *Arrow Tags* are assigned to the links of the web pages, so users can select the links by pushing the four direction keys a few times, while keeping her/his gaze fixed on the television screen. User studies show that *Arrow Tag* significantly outperforms the conventional techniques of *Focus Move* and *Number Tag*. Moreover, most participants preferred *Arrow Tag* over either *Focus Move* or *Number Tag*.

1. はじめに

近年、テレビやテレビゲーム機にもウェブブラウザが搭載されるようになり、リモコンを使い、テレビ画面上でウェブページを閲覧することが可能になった。しかし、既存の操作方式は必要とされるキー押下回数が多い等、使いにくいのが現状である。本研究では、テレビ用ウェブブラウザのための一般的なリモコンを使ったリンク選択方式の改良に焦点をあてる。

テレビ用のユーザインタフェースでは、リモコンのキー入力による選択操作が主流である。現在、テレビ用ウェブブラウザで最も使われているリンク選択方式は、ウェブページ上のリンクへのフォーカスをリモコンの方向キーで最寄りのリンクに移動させ、選択キーで選択する方式である（以下「フォーカス移動方式」と呼ぶ）。同方式では、次に述べる数字タグ方式と異なり、リモコン上のキー配置を目で確認することなく、テレビ画面だけを見続けながら操作できる。しかし、リンクが数多く存在すると、所望のリンクを選択するまで何度もキーを押下しなければならないという問題がある。一方、キーの押下回数が減らせる方法として、画面上に表示されている個々のリンクに番号の付いたタグを割り振り、リモコンの数字キーで選択する方式がある（以下「数字タグ方式」と呼ぶ）。しかし、リモコンの数字キーを正しく押下するにはキーの位置を目で確認しなければならず、ブラウズ時に手元を何度も確認することになり煩わしい。

これらの問題を同時に解決するために、本研究では「矢印タグ方式」を提案する。同方式では、画面に表示される各々のリンクに対し、「矢印タグ」と呼ばれる、1文字以上の方向を表す記号（ \uparrow , \downarrow , \leftarrow , \rightarrow ）からなる記号列（ $\uparrow\downarrow$, $\uparrow\downarrow\leftarrow$, $\uparrow\downarrow\leftarrow\rightarrow$ 等）をショートカットサインとして割り振る。ユーザは4方向キーで矢印記号を入力することによりリンク選択を行う。同方式では、フォーカス移動方式と比べてキーの押下回数が大幅に少なくなり、数字タグ方式と異なりリモコンのキーを目で確認しなくても操作できる。以下、2章では従来技術とそれらの課題について述べ、3章では矢印タグ方式の詳細について述べる。4章から5章にかけては、矢印/数字タグ方式のような、ショートカットサインをリンクに動的に付

^{†1} 日本電信電話株式会社 NTT サイバーソリューション研究所
NTT Cyber Solutions Laboratories, NTT Corporation

^{†2} 日本電信電話株式会社 NTT サイバースペース研究所
NTT Cyber Space Laboratories, NTT Corporation

本論文の内容は2009年3月のインタラクション2009にて報告され、同プログラム委員長により情報処理学会論文誌ジャーナルへの掲載が推薦された論文である。

与するリンク選択方式に関する基礎的な評価実験を行う。6章では、4～5章の実験を基にいくつかの工夫を施して実装された矢印/数字タグ方式に、フォーカス移動方式を加え、実際のウェブサイト上で操作性を比較した結果を述べる。最後に7章で本論文のまとめを行う。

2. 従来技術と課題

デスクトップ・ユーザインタフェースでは、マウスやトラックボールのような連続的に入力できるポインティングデバイスがターゲット選択に用いられるのに対し、テレビ用のユーザインタフェースでは、リモコンに備わっている方向キーや数字キー等でターゲット選択する方式が主流である。前者を利用した方式としては、選択までの時間を最小化するために数多くの研究がなされているのに対し^{1)–4),7),8),11)}、後者に関して提案/実用化されているものは少なく、次の2つのアプローチに大別される。

1つは、方向キーでカーソル（やターゲットへのフォーカス）を移動させて選択する方式である。ただし、カーソル等を一定速度で移動させるのでは時間がかかるため、選択候補が存在しない画面領域上を移動させる無駄を減らすためになんらかの工夫が施されている。このような方式としては、ウェブページ上のリンクへのフォーカスをリモコンの方向キーでその最寄りのリンクに移動させ、選択キーで選択する「フォーカス移動方式」が実用化されている。現在、テレビ用ウェブブラウザで最も採用されている方式であり、日本で売られているほとんどのウェブブラウザ搭載テレビやソニーのプレイステーション3¹⁴⁾のウェブブラウザ等で利用されている。同方式では、次に述べる数字タグ方式と異なり、ユーザはテレビ画面だけを見続けながら操作することが容易である。しかし、リンクが数多く存在すると、所望のリンクを選択するまでにキーを何度も押下しなければならないという欠点がある。5章の調査で明らかにするが、解像度 1360 × 768、フォント・サイズ 18 ポイントなどとして、テレビ画面上で同時に表示されるリンク数は、リンクが多い種類のサイトでも平均 40 以下である。そのため、画面内のリンクを選択するのに必要なキー押下回数は 0～39 回となる。また、フォーカスの移動がスクロールを兼ねている（フォーカスが画面の端に行くときスクロールする）ことも押下回数が増えることの原因である。フォーカス移動方式のほかにも、方向キーによるカーソル移動の量を大小 2 段階で制御できるようにし、選択候補に近づいたときのみ小さな移動量に切り替えられる方式を Hachet らが提案している⁵⁾。しかし、キー押下回数や押下時間を十分減少させるまでにはいたっていない。

もう一方のアプローチは、キー入力可能なショートカットサインを動的に選択候補に割り当てる方式である。これまで用いられてきたショートカットサインはたいてい数字であ

り、画面上のリンクに数字のタグを割り振り、リモコンの数字キーで選択する数字タグ方式が実用化されている^{6),10),12),13),16)}。この方式は、キーの押下回数を減らすには有効である（画面上のリンク数が 40 だとして、そのなかのリンクを選択するのに必要なキー押下回数は 1～2 回）。また、Robbins らが提案した ZoneZoom¹⁵⁾では、画面を再帰的に分割して最終的にターゲットを選択するが、分割された画面区分の選択には数字キーを用いている。このほかにも、最初に数字入力で画面上の区分を選択し、その後方向キーでカーソルを動かしてその区分内の選択肢を選択する方法を Lim らが提案している⁹⁾。しかし、いずれにしても数字キーを正しく押下するにはリモコン上のキーの位置を目で確認しなければならない点、ウェブページのリンクをたどっていく際に手元を何度も確認しなければならない点が煩わしい。

このように、従来の選択方式では、手元を見ずに使えたとしてもキー押下回数が極端に増加してしまったり、キー押下回数が少ないとしても手元を確認しなければ利用できなかったりするという問題があった。

3. 矢印タグ操作方式

3.1 基本的アイデア

従来方式による問題を解決するために著者らが考案したアイデアは、「方向キーを、リンクに割り当てられるショートカットサインの入力に利用する」というものである。このようなアイデアに基づき、本論文では「矢印タグ操作方式」を提案する。提案方式では、矢印タグと呼ばれる矢印記号列を、画面上に表示中の各々のリンクにショートカットサインとして割り当てる（図 1（中））。ユーザは、テレビ画面に目を向けたまま、どのリンクも方向キーを数回押下するだけで選択できる。従来、方向キーは、フォーカス移動方式に代表されるように、画面上に表示される何らかのオブジェクトを移動させるために使われてきた。このようなアプローチと比べて、提案方式はキーの押下回数を大幅に減少させる（テレビ画面上のリンク数が 40 であれば 1～3 回。1 文字のタグが 4 パターン、2 文字のタグが 16 パターン、3 文字のタグが 64 パターン作れるので、リンク数 84 までは 1～3 回のキー押下で選択可）。そのうえ、方向キーはそのホームポジションを指で触れて判別しやすく、方向キーの上下左右はその名前のとおり配置されているため、キー配置をわざわざ記憶する必要がない。このため、数字キー入力と異なり、手元（リモコン）を見なくても容易に入力可能である。この結果、リンク選択に必要なキーの押下回数が数字タグ方式よりわずかに多くなるにもかかわらず、数字タグ方式より速くリンクを選択することが可能になる（後の実験で明らかにする）。



図 1 矢印タグ操作方式の動作フロー (左から右へ)

Fig. 1 Arrow Tag workflow (from left to right).

3.2 操作方法

矢印タグ操作方式では、ブラウザの「戻る」/「進む」機能の操作、スクロール、リンク選択操作を、すべて方向キーと選択/キャンセル・キーのみで行う。図 1 に、矢印タグ操作方式の大まかな動作フローを示す。

ウェブページを開いた直後では、方向キーの上下は縦スクロールに、左右はページの「戻る」「進む」機能に割り当てられる(図 1(左))。より詳しく説明すると、上下については、0.5 秒以上キーダウンし続ける(いわゆる「長押し」をする)と一定速度でゆっくりスクロールし、それより短い時間でキーアップすると、1 度に画面半分の長さを滑らかにスクロールする。ほとんど使うことがない左右のスクロールについては、「長押し」で一定速度でのゆっくりしたスクロールのみ利用できる。

ウェブページ上のリンクを選択する際には、まず選択キーを 1 度押して矢印タグを表示する(図 1(中))。矢印タグは、選択キーが押された時点で画面上に表示されているリンクすべてに割り当てられる。このように、矢印タグは、いくつかの数字タグ方式^{6),12),13)}で採用されている仕組みと同様、ウェブページ上につねに表示されているわけではない。記事を熟読するときには邪魔だからである。矢印タグ表示後、ユーザは所望のリンクに割り振られた矢印タグを方向キーで入力する。このとき、矢印記号を入力するにつれ、その時点までの入力から外れた矢印タグは非表示にされていく(図 1(右))と入力した結果)。選択

したいリンクに完全一致する矢印記号列を入力後、再び選択キーを押下すると、そのリンクが選択できる(矢印記号列入力後、1 秒間入力がないと自動的に選択されるモードも設けているが、5 章以降の実験で評価する際には手動で選択するモードを用いた)。

リンクより矢印タグのほうが小さい場合、矢印タグはリンクの左上に重ねて表示され、矢印タグのほうが大きくリンクを隠してしまう場合のみ、矢印タグはリンクの直後(右側)に挿入される。このようにして、ウェブページの元々のレイアウトをなるべく崩さないようにしている。

3.3 タグの割当て方法

矢印タグのリンクへの割当て方法には、ユーザが選択するリンクに入力しやすいタグを割り当てるためのいくつかの工夫を行っている。

まず、上下左右の記号の組合せで生成される矢印タグのパターンすべてが同じレベルの認識しやすさや入力しやすさを備えているわけではない。そのため、矢印タグは、機械的に生成される順序ではなく、あらかじめ被験者実験(この詳細は 4 章で述べる)によって確かめられた入力しやすい順に使用する(たとえば、画面上に表示されているリンク数が 20 であるなら、入力しやすさが 1 位から 20 位までの矢印タグをリンクに割り当てる)。

加えて、多くのウェブページは画面内に 1 度に収まりきらないため、ユーザは主に縦スクロールしながら閲覧するが、所望のリンクが画面の中心座標付近に近づいたときに、リン

クの存在に気づき選択する傾向がある（これに関する調査の詳細は5章で述べる）。そのため、画面の中心付近から順に、入力しやすい矢印タグを割り当てる。

さらに、ウェブページを構成するHTML内では、以下のように、隣接する表示オブジェクトに、同一URLへのリンクが個別に定義されていることがある。

```
<a href="product01.html">
  product01_name<br>
</a>
<a href="product01.html">
  product01_number<br>
</a>
<a href="product01.html">
  <br>
</a>
```

より多くのタグを表示しなければならなくなるにつれ、入力しにくいタグも用いなければならなくなる。そのため、これを以下のように1つと見なし、タグを無駄に割り当てることを避ける。

```
<a href="product01.html">
  product01_name<br>
  product01_number<br>
  <br>
</a>
```

以上で述べた工夫はすべて（従来には見られないが）、数字タグ方式にも適用可能である。そのため、本論文では、同様の工夫を数字タグ方式にも適用したうえで、最終的に、矢印/数字タグ方式およびフォーカス移動方式との比較を行った（この詳細は6章で述べる）。

4. タグの入力しやすさに関する評価実験

4.1 実験の目的

矢印タグのパターンすべてが、同じレベルの認識しやすさや入力しやすさを備えているわけではない。これは数字タグにおいても同様である。そのため、本章では、6章での矢印/数字タグ方式とフォーカス移動方式の比較に先立ち、矢印/数字タグのパターンにおける入力しやすさの順位を明らかにすることを第1の目的とする。6章の3方式の比較で使用され

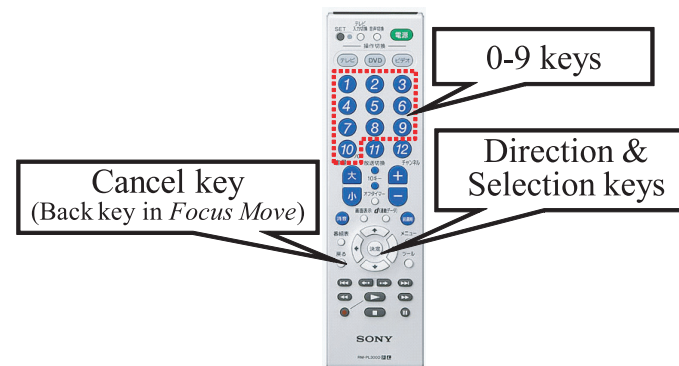


図2 実験で使したリモコン (SONY RM-PL300D)
Fig.2 Remote control used in the experiments.

る矢印/数字タグ方式の実装には、ここで明らかにされた入力しやすさの順位に基づき、矢印/数字タグが使用される。加えて本章では、矢印タグと数字タグでは、どちらが入力しやすいのかも明らかにする。

4.2 実験装置

実験は、CPUとしてクロック2GHzのCore 2 Duoを搭載し、OSとしてWindows Vistaを搭載したPC上で行われた。ディスプレイ(テレビ)には40インチ液晶ディスプレイ(ソニーBRAVIA KDL40-J3000)を用いて、HDMIでPCと接続した。ディスプレイの解像度は1360×768ピクセルであった(ウェブブラウザのメニューバーが高さ159ピクセルを占めた)。操作のリモコンにはソニーRM-PL300D(図2参照)を用いて、PC用の赤外線リモコン受信機(KEYSPAN REM-15A)を使いPCで使用できるようにした。被験者が座ったソファとテレビとの距離は1.5m(メーカーのウェブサイトに記載されていた同テレビの最適視聴距離)、テレビ台の高さは50cmであった(図3参照)。

4.3 実験方法

実験には、12人の被験者(女性2人、男性10人)が参加した。被験者の年齢は27歳から33歳であった。本実験では、100パターンのタグの入力テストを1セットとした。100パターンのタグを生成する場合、4種の記号(, , ,)からなる矢印タグでは最長4文字となり、10種の記号(0~9)からなる数字タグでは最長2文字となる。各々の被験者は、矢印/数字タグの両方式で、入力テストを1セットずつ実施した。なお、それぞれの

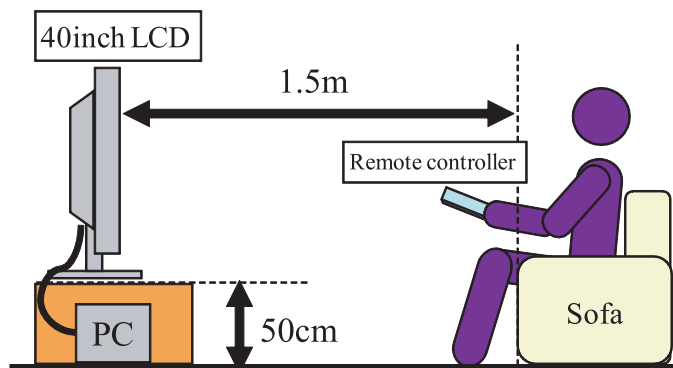


図3 実験環境
Fig.3 Experimental environment.

方式で、本番の入力テストを行う前に、練習を2セット実施した。入力テストでは、テレビ画面の真ん中に、タグが1つずつ表示された。1つのタグの入力が完了すると、そのタグは画面から消え、次のターゲットとなるタグが5秒後に表示された。入力を間違えた場合は、キャンセル・キーをバックスペースとして利用できた。実験用のソフトウェアは、JavascriptとHTMLで作成され、Firefox 3 ウェブブラウザ上で実行された。同ソフトウェアは、タグの入力時間を1ミリ秒単位で自動的に記録した。画面背景色は白、タグ自体の背景色は緑、文字色は白であった。また、タグの高さは17ピクセルであった。タグの表示順序には無作為化を行った。被験者は無作為にそれぞれ6人からなる2グループに分けられ、一方は矢印タグの入力を最初に、もう一方は数字タグの入力を最初に実施した。

4.4 結果と考察

矢印/数字タグ別に、平均入力時間の短い順に並べ替え、折れ線グラフとしたものを図4に示す。矢印タグでは、1位から4位までは当然であるが1文字の、
、
、
であった。続く5位から8位は
や
といった同一記号による2文字のタグであり、9位から20位は
や
のような異なる記号からなる2文字のタグであった。そして、21位から24位は
や
のような同一記号による3文字のタグであり、25位から49位は
、
のように同一記号の2連続と他の1文字からなる3文字のタグであった。残りは、
、
や
等であった。一方、数字タグでは、1位から10位までは0~9であり、11位から20位は00や33といった同一記号による2桁のタグであった。残りは、63や72

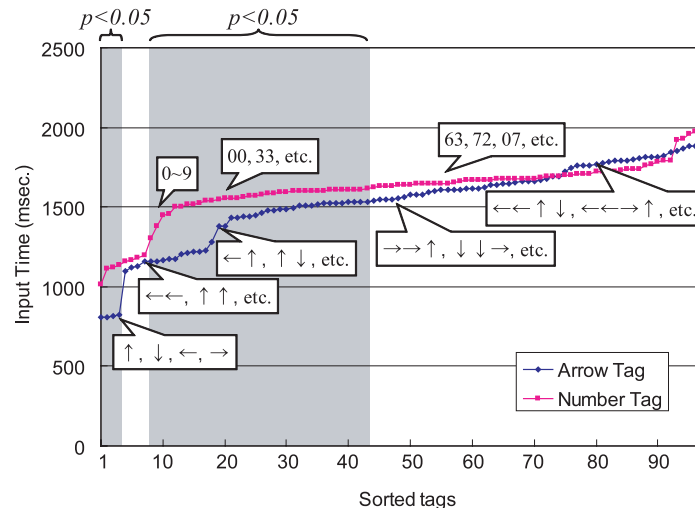


図4 矢印/数字タグの平均入力時間の順位
Fig.4 Order of input time for arrow tags and number tags.

のように異なる記号による2桁のタグであった。次章以降の実験で使用する矢印/数字タグ方式では、ここで記載した順位でタグを使用することにした。

図4が示すとおり、上位では数字タグより矢印タグのほうが平均入力時間が短い、76位以降（矢印タグが4文字となるあたり）では数字タグが逆転している。矢印タグと数字タグの入力時間の差の検定（対応のあるt検定・片側）を同順位ごとに実施した結果、1位から43位まで（ただし途中5位から8位までを除く）は、矢印タグのほうが、数字タグより入力時間が有意に短いことが分かった（ $p < 0.05$ ）。44位以降では有意差は確認されなかった。

以上の結果からは、テレビ画面内に同時に出現するリンクが40程度であるか、もしくは、それ以上存在するとしてもユーザが選択しそうなリンクを40以内に絞ることができれば、少なくとも数字タグより矢印タグを使うほうが速く操作できることが示唆される。

5. 一画面内に出現するリンク数と選択されるリンクの位置

5.1 実験の目的

前章で得た示唆をより明確にするために、本実験では、まず、様々なウェブページにおい

表 1 カテゴリごとの 1 画面内の平均リンク数

Table 1 Mean numbers of links that appeared at the same time in the screen for each web category.

	News	EPG	Shop	Blog	BBS	Others	Total
Mean	27.7	39.6	30.5	13.7	23.1	28.4	27.7
(S.D.)	(14.2)	(14.5)	(18.4)	(8.5)	(16.8)	(7.9)	(15.7)
Screen Sample	134	25	45	25	19	11	234
Site Sample	10	2	2	5	2	3	24

て 1 画面内に出現するリンク数がどの程度なのかを調査する．加えて，ユーザに選択されるリンクを予測する一手段として，リンクのディスプレイ座標から統計的に予測する方法を検討する．多くのウェブページは画面内に 1 度に収まりきらないため，主に縦スクロールされながら閲覧される．著者らの仮説は，「ユーザは所望のリンクが画面の中心付近にあるときに発見し，選択する」というものである．仮説が正しければ，画面の中心付近から優先して，前章で明らかになった入力しやすいタグを割り当てるべきである．

5.2 実験方法

実験には，12 人の被験者（女性 2 人，男性 10 人）が参加した．各々の被験者には，ふだん閲覧しているウェブサイトを 3 つ以上開き，読みたい記事があれば，その記事だけをチェックするよう依頼した．実験装置には 4 章と同じものを使用した．ブラウザのフォント・サイズは，本実験装置で無理なく文字が読める最小のサイズと実験者が判断した 18 ポイントに設定した．操作方式には矢印タグ方式（Firefox のアドオンとして実装）を使用した．本実験において，リンクにタグを割り当てる順序は，ウェブページを構成する HTML データ内でリンクが出現する順とした（すなわち，ほぼページの上から下へむけての順）．被験者らがウェブページでリンクを選択したとき，テレビ画面上に表示されていたリンクの個数と被験者が選択したリンクのディスプレイ座標を上記アドオンで自動的に記録した．

5.3 結果と考察

表 1 に，ウェブサイトのカテゴリ別に，1 画面内に同時に出現するリンク数の平均を示す（同表の screen sample と site sample は，リンク数の平均を割り出すために用いたスクリーンショットとウェブサイトの標本数である）．リンク数の総合平均は 30 以下（27.7）であり，最もリンク数が多い EPG サイトでも平均は 40 以下（39.6）であった．続いて図 5 に，被験者によって選択されたリンクの位置分布を示す（本実験では，水平方向のディスプレイ解像度 1360 ピクセルに対して横スクロールが必要なページは閲覧されず，縦スクロールのみが使われた）．同図が示すとおり，本実験環境において被験者は画面の中心より若干

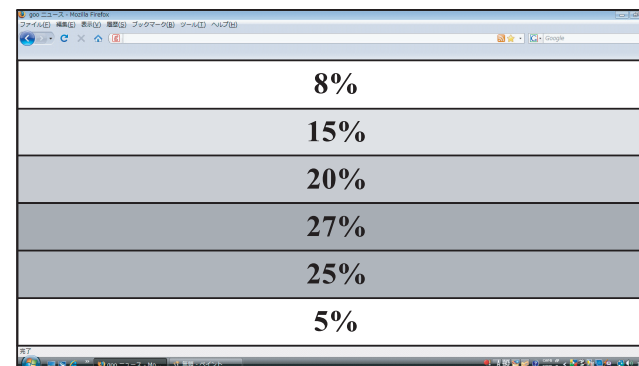


図 5 選択されたリンクの位置分布

Fig. 5 Position distribution of selected links.

下方付近を中心にリンクを選択する傾向が明らかになった．

前章で明らかになった上位 40 位くらいまでは数字タグより矢印タグのほうが早く入力できるという事実と，本章で明らかになった 1 画面内に同時に出現するリンク数は平均 30 以下という事実に基づけば，ユーザがふだん閲覧するウェブサイトでは，矢印タグ方式のほうが数字タグ方式より速く操作できることが示唆される．仮に 1 画面内の平均リンク数が 40 以上のウェブページであっても，画面の中心より若干下方付近を優先して入力しやすいタグを割り当てれば，選択されるタグを上位 40 位以内に絞ることは十分可能であると思われる．とはいえ，矢印/数字タグ方式のどちらにしても，リンク選択率が高い領域の順に入力しやすいタグを割り当てるべきであろう．次章で述べる矢印/数字タグ方式およびフォーカス移動方式の比較実験では，矢印/数字タグ方式ともに，図 5 で示した選択率が高い領域の順に入力しやすいタグを割り当てることにした．

6. 従来の操作方式との比較

6.1 実験計画

本実験は 3 × 3 の 2 要因被験者内計画とし，第 1 要因は操作方式（矢印タグ，数字タグ，フォーカス移動），第 2 要因はウェブサイトを使ったタスク（EPG，ニュース，ショッピング）とした．従属変数は，操作時間とエラー率である．すべての操作方式は，Firefox のアドオンとして実装した．矢印/数字タグ方式の操作方法（スクロール，「戻る」/「進む」）は，

使用するタグを除いてすべて同一にした。フォーカス移動方式では、フォーカス枠の色を赤、線の太さを2ピクセルとし、ブラウザの「戻る」機能をリモコンのキャンセル・キーとした。ブラウザのフォント・サイズは、前章と同じ理由で18ポイントに設定した。

なお、本実験には24人（女性12人、男性12人）の被験者が参加した。年齢は、22歳から44歳であった。どの被験者もテレビ上でウェブブラウザを操作した経験はなかった。

6.2 ウェブサイトを使ったタスクの作成方法

本実験のタスクは、他者が選択した順にウェブサイトのリンクをたどることとした。タスクとして使用する素材の作成に、3人の被験者が参加した（彼らは実際の実験の被験者としては参加しなかった）。3人の被験者には、ふだん閲覧しているウェブサイトを1つずつ選び、見たい記事だけを閲覧するよう指示した。このとき、実験装置は4章のものと同じであったが、操作デバイスには通常のマウスとカーソルを使用した（このために高さ70cmの机も用意した）。実験者は、被験者らの操作時のテレビ画面を録画した。その後、閲覧されたウェブページをローカルにダウンロードし、クリックされたリンクの先頭（左側）に、順に赤い番号（19ポイント、ボールド）と星印（20×20ピクセルの画像）を書き加えた。ブラウザの「戻る」機能もときどき使用されたので、「3回戻ってください」といったメッセージ（25ポイント、ボールド、青）と3つの星印（700×100ピクセルの画像）を、「戻る」機能が使用されたときのウェブページのスクロール位置にHTMLのCSS機能を使って重ね合わせた。このようにして、EPGサイト（gooテレビ番組）、ニュースサイト（Yahoo!ニュース）、ショッピングサイト（楽天）を使った3つのタスクを作成した（選択するリンク数は、それぞれ6カ所、15カ所、13カ所であった）。

6.3 手続き

実験装置は4章で使用したものと同一であった。個々の被験者は、すべての操作方式で3つのタスクを遂行するよう依頼された。被験者はつねに、ある操作方式で3つのタスクを終えた後、次の操作方式を使用した。また、実際に計測されるトライアルを実施する前に、同一の操作方式およびタスクで5回の練習を行った。5回も練習を行った理由は、3つの操作方式を同一のウェブサイトによるタスクで評価するため、予備実験において強い順序効果が観察されたからである。なお、操作方式を変えるときには休憩を挟んだ。操作方式の使用順序にはカウンターバランスをとり、タスクの実施順序には無作為化を行った。

6.4 結果

図6に、操作方式とタスクごとの操作時間の平均を示す。2要因被験者内分散分析を行ったところ、操作方式（ $F_{2,46} = 274.15, p < 0.001$ ）、タスク（ $F_{2,46} = 553.47, p < 0.001$ ）、

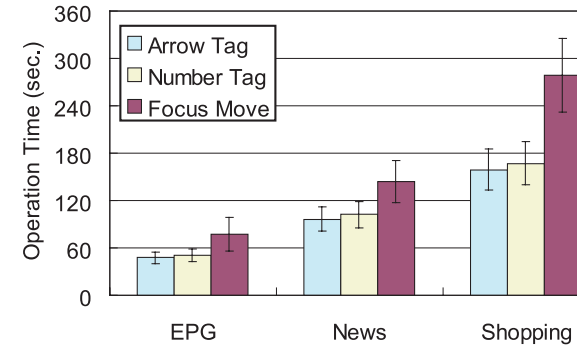


図6 タスク・操作方式ごとの操作時間

Fig. 6 Operation time of each selection technique by task.

表2 リモコンのキーパッドを見た頻度

Table 2 Frequency with which participants glanced at keypad.

	つねに見た	ときどき見た	ほとんど見ていない
矢印タグ	0	3	21
数字タグ	21	2	1
フォーカス移動	0	3	21

交互作用（ $F_{4,92} = 100.07, p < 0.001$ ）のすべてで有意差が確認された。Shafferの多重比較を行ったところ、矢印タグ方式はすべてのタスクにおいて、数字タグ方式（ $p < 0.01$ ）やフォーカス移動方式（ $p < 0.01$ ）より有意に速いことが確かめられた。また、数字タグ方式もすべてのタスクにおいて、フォーカス移動方式より有意に速いことが確かめられた（ $p < 0.01$ ）。エラー率（被験者が間違っってリンクを選択した割合とした）に関しては、操作方式（ $F_{2,46} = 0.87, p = 0.43$ ）、タスク（ $F_{2,46} = 0.14, p = 0.87$ ）、交互作用（ $F_{4,92} = 1.02, p = 0.4$ ）のすべてで有意差は確認されなかった。なお、エラー率はすべての操作方式において低かった。操作方式ごとの総合エラー率は、矢印タグ方式で0.43%、数字タグ方式で0.45%、フォーカス移動方式で0.43%であった。

被験者は、個々の操作方式を使用した後、「どの程度リモコンのキーパッドを見たか」という質問に3択で回答した。この集計結果を表2に示す。カイ2乗検定を行ったところ、有意差が確認された（ $\chi^2(4) = 60.86, p < 0.0001$ ）。

また、実験者は、被験者が個々の操作方式を使用しているときに、リモコンを片手/両手

表3 リモコンの持ち方
Table 3 How to grasp the remote control.

	片手	両手
矢印タグ	20	4
数字タグ	0	24
フォーカス移動	15	9

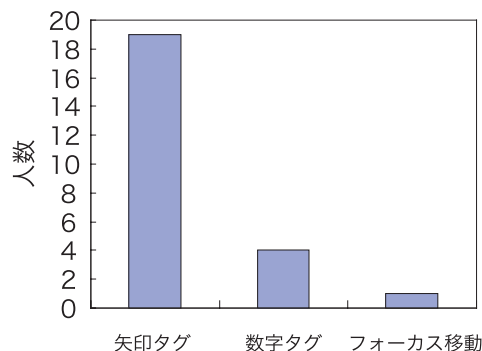


図7 被験者の好み
Fig. 7 Participant's preferences.

のどちらで持っていたかを記録していた。この集計結果を表3に示す。カイ2乗検定を行ったところ、有意差が確認された ($\chi^2(2) = 36.14, p < 0.0001$)。

本実験の最後に、被験者は「ふだん自宅のテレビで使用するとしたら、3種類の操作方式のうちでどれがよいか」というアンケートに回答した。この結果を図7に示すが、24人中19人が矢印タグ方式を選んだ。数字タグ方式を好んだ被験者は4人、フォーカス移動方式は1人であった ($\chi^2(2) = 23.25, p < 0.0001$)。それぞれの操作方式を選んだ/選ばなかった理由も列挙して記述するよう求めたが、この結果は考察の中で述べる。

6.5 考 察

3つの操作方式でエラー率に有意差は確認されなかったが、操作時間に関しては、いずれのウェブサイトを使ったタスクにおいても、矢印タグ方式が最も短い結果となった。また、被験者の主観評価に関しても、矢印タグ方式が最も好まれる結果となった。以上の結果から、矢印タグ方式が3方式のなかで最も優れていると結論づけることができる。

矢印タグ方式がふだん自宅でする方式として最も評価された理由としては、「リモコンを

見ずに操作できるから(8人)」が一番多かった。次いで多かった意見は「片手で操作できるから(7人)」であった。テレビの前では、様々な体勢でリモコンを使う可能性がある。片手で使えるほうが体勢が拘束されないため、この点も評価されたと考えられる。しかし、「数字タグ方式に比べて画面がごちゃごちゃして見える(4人)」という否定的な意見もあった。この原因の1つは、数字タグ方式が1~2文字のタグで済むのに対し、矢印タグ方式は1~3文字必要だからだと思われる。ただし、3文字の矢印タグはたいてい同一記号の2連続と他の1文字であるため、「」を「」等として2文字で表現する方法が考えられるが、矢印タグのデザイン面での改良は今後の課題である。

数字タグ方式は、矢印タグ方式とは対照的に「リモコンと画面の両方を見比べるのは大変(8人)」であることや「両手をつかうのは面倒(6人)」であることが評価を下げた原因であった。ただし、肯定的な意見としては「数字入力に慣れている(3人)」が多かった。

もう1つ数字タグ方式で注目すべき点は、操作時間の内訳である。4章でタグ自体の入力時間を評価したが、矢印タグと数字タグの差は最大でも0.3秒ほどであった。被験者が異なるとはいえ、この結果だけから考えると、たとえば選択するリンクが13カ所あったショッピングサイトを使ったタスクでは、数字タグ方式は矢印タグ方式より最大で4秒ほどしか遅くならないはずである。しかし、実際には8秒遅れていた。この理由を探るため、被験者らの操作記録を詳細に調べたところ、数字タグ方式では、リンクを選択した直後の操作(たいていはスクロールや「戻る」機能の操作)が全タスクにおいて、矢印タグ方式より平均252ミリ秒(標準偏差163)遅れていることが判明した。この理由は、リンクを選択するときに画面から目を離すので、その後画面に目を戻した後、画面内の状況把握に遅れが生じるためと考えられる。

フォーカス移動方式でも、矢印タグ方式同様、手元を見ずに操作でき、ほぼ片手でも操作することはできたが(矢印タグ方式より両手操作の被験者が若干多い理由は、ブラウザの「戻る」機能のキーを左手で操作していた人もいたため)、本実験では被験者に最も好まれない結果となった。この理由として「フォーカスがときどき思ったところに移動してくれない(19人)」「スクロールがやりにくい(11人)」「選択したいところにすぐにたどり着けない(10人)」という意見が多かった。最初の意見に関しては、ウェブページ上のリンクが必ずしも格子状に配置されているとは限らず、リンクの大きさも皆異なるため、フォーカスがどのリンクに移動するのか分かりにくいのだらうと考えられる。

7. ま と め

テレビ用ウェブブラウザのためのリモコン操作によるリンク選択方式として、矢印タグ方式を提案した。実験により、矢印タグ方式は、従来のフォーカス移動方式や数字タグ方式よりも優れていることを示した。また、ユーザに最も好まれることも明らかにした。提案方式は、従来どおりのリモコンを用いるため、ソフトウェア側の改良だけで比較的容易にテレビに実装できるであろう。今後は、6章の評価実験で課題としてあがった矢印タグのデザイン面での改良に加え、タグ割当てアルゴリズムの改良や、方向キーを備えたテレビ以外の機器（たとえばモバイル機器）への応用等を検討する予定である。

謝辞 本研究を進めるうえで有益なご意見をいただいたNTTの洪沢潮氏、中村無心氏、山田辰美氏に感謝する。

参 考 文 献

- 1) Blanch, R. and Beaudouin-Lafon, M.: Semantic pointing: Improving target acquisition with control-display ratio adaptation, *Proc. CHI '04*, pp.519–526, ACM (2004).
- 2) Cockburn, A. and Firth, A.: Improving the acquisition of small targets, *Proc. British HCI Conference 2003*, pp.181–196 (2003).
- 3) Grossman, T. and Balakrishnan, R.: The bubble cursor: Enhancing target acquisition by dynamic resizing of the cursor's activation area, *Proc. CHI '05*, pp.281–290, ACM (2005).
- 4) Guiard, Y., Blanch, R. and Beaudouin-Lafon, M.: Object pointing: A complement to bitmap pointing in GUIs, *Proc. Graphics Interface 2004*, pp.9–16, ACM (2004).
- 5) Hachet, M., Puderoux, J., Tyndiuk, M. and Guitton, P.: “Jump and refine” for rapid pointing on mobile phones, *Proc. CHI '08*, pp.167–170, ACM (2008).
- 6) Hit-a-hint. <https://addons.mozilla.org/en-US/firefox/addon/1341>
- 7) Kabbash, P. and Buxton, W.: The “prince” technique: Fitts' law and selection using area cursors, *Proc. CHI '95*, pp.273–279, ACM (1995).
- 8) Laukkanen, J., Isokoski, P. and Raiha, K.: The cone and the lazy bubble: Two efficient alternatives between the point cursor and the bubble cursor, *Proc. CHI '08*, pp.309–312, ACM (2008).
- 9) Lim, S.C., Han, J.H., Jo, M.Y., et al.: Effective interaction techniques for moving cursor using a remote control, *Proc. CHI '04*, p.1542, ACM (2004).
- 10) Lippi. <http://www.fenrir.co.jp/>
- 11) McGuffin, M. and Balakrishnan, R.: Acquisition of expanding targets, *Proc. CHI*

'02, pp.57–64, ACM (2002).

- 12) Mouseless Browsing. <https://addons.mozilla.org/en-US/firefox/addon/879>
- 13) Paek, T., Agrawala, M., Basu, S., et al.: Toward universal mobile interaction for shared displays, *Proc. CSCW '04*, pp.266–269, ACM (2004).
- 14) SONY PlayStation 3. <http://www.playstation.com/>
- 15) Robbins, D.C., Cutrell, E., Sarin, R., et al.: ZoneZoom: Map navigation for smart-phones with recursive view segmentation, *Proc. AVI '04*, pp.231–234, ACM (2004).
- 16) ROBRO. <http://www.quixun.co.jp/special/robroy/>

(平成 21 年 4 月 20 日受付)

(平成 21 年 9 月 11 日採録)

推 薦 文

テレビでウェブ閲覧を行うというきわめて現実的な課題に取り組んでおり、有用性が高い知見が得られている。実験の設計や考察も適正であり、論文として十分な質に達している。なお、当論文はシンポジウムでのベストペーパー賞にも選ばれている。

(インタラクシオン 2009 プログラム委員長 青木 恒)



前田 篤彦 (正会員)

1998年武蔵野美術大学造形学部映像学科卒業。2003年北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科博士後期課程修了。同年NTT入社。現在、NTTサイバーソリューション研究所にてヒューマンインタフェース関連の研究に従事。博士(知識科学)。ACM、ヒューマンインタフェース学会の会員。



稲垣 博人

1984年慶應義塾大学工学部卒業。1986年同大学院工学専攻科修士課程修了。同年NTT入社。宅内技術(言語処理)、端末構成技術、アーキテクチャ・プロトコルの研究開発に従事。現在、NTTサイバースペース研究所第一推進プロジェクト・プロジェクトマネージャ。



小林 稔 (正会員)

1988年慶應義塾大学工学部卒業。1990年同大学院修士課程修了。同年NTT入社，1996年マサチューセッツ工科大修士課程修了。CSCW，ヒューマンインタフェースの研究に従事。現在，NTTサイバーソリューション研究所主幹研究員。博士（工学）。ACM，IEEE，電子情報通信学会等の会員。



阿部 匡伸

1982年早稲田大学工学部卒業。1984年同大学院修士課程修了。同年日本電信電話公社（現NTT）入社。音声信号処理，音声合成，ライフログの研究に従事。現在，NTTサイバーソリューション研究所プロジェクトマネージャ。博士（工学）。ACM，IEEE，日本音響学会，電子情報通信学会等の会員。