

“矢印タグ”を利用したテレビ用ウェブブラウザ操作方式

前田 篤彦[†] 稲垣 博人[†] 阿部 匡伸[†]

近年、テレビやテレビゲーム機に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、既存の操作方式はまだ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が画面上の各々のリンクに割り当てられる。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。

Arrow-Tag-Based Link Selection Technique for Web Browsers on TV

ATSUHIKO MAEDA[†] HIROHITO INAGAKI[†] MASANOBU ABE[†]

Television sets and video game consoles equipped 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、まだまだ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、リモコン上で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、リモコン上のキーの位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に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、キーの押下回数を減らせる

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せねばならず、ブラウジング中、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、一文字以上の方向を表す記号（↑, ↓, ←, →）からなる矢印記号列（↑, ←←, ↑→, ↓↓→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なう。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せずに素早く操作できる。

以下、2節では関連技術とそれらの課題について述べ、3節では矢印タグ方式の詳細について述べる。4節から5節にかけては、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与するリンク選択方式に関する基礎的な評価実験を行なう。6節では、4-5節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

[†] 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

を加え、実際のウェブサイト上で比較した結果を述べる。最後に7節で本論文のまとめを行なう。

2. 関連技術と課題

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画面上の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など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きているのに対し[1] [2] [5] [6] [8] [9] [12]、後者をベースとした研究[7][10]は少ない。だが、後者のキー入力をベースとする方式で、これまでに提案/実用化されているものは、次の二つに大別される。一つは、方向キーでカーソル等を移動させる際に、選択候補が存在しない領域上を移動する無駄を減らすための工夫が施された方式である。例えば、Hachetらは、方向キーによるカーソルの移動量を大小の二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ようにした[7]。もう一つは、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(ショートカットサインの多くは数字で、例えば文献[10])。以下で述べるウェブページ上のリンク選択に特化した方式についても、これらのどちらかに該当する。

前者の、方向キーを利用しつつカーソル移動の無駄を減らす方式としては、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 3[13]上で動作するウェブブラウザなどで利用されている。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可能である。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節の調査で明らかにするが、解像度 1360×768、フォント・サイズ 18 ポイントだとして、テレビ画面上で同時に表示されるリンク数は、リンクの多いサイトでも平均 40 以下である。そのため、そのなかのリンクを選択するのに必要なキーの押下回数は 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。

一方、ショートカットサインを使う方式としては、画面上のリンクに番号を割り振り、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(例えばフェンリルのリビングブラウザ Lippi[3]や Firefox ウェブブラウザのアドオン Hit-a-hint)。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)。しかし、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せねばならず、ウェブページのリンクを辿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の押下回数が極端に増加してしまうか、キーの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いかのどちらかであった。

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、画面上に表示される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) 参照)。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。そ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。一文字のタグが 4 パターン、二文字のタグが 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)。同時に、数字タグ方式とは異なり、リモコンに目を向けずとも操作が可能である。その上、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)。

“矢印タグ”を利用したテレビ用ウェブブラウザ操作方式



図1 矢印タグ操作方式の動作フロー：(左) ウェブページを開いた直後は、方向キーの上下は縦スクロール、左右は「戻る」／「進む」に割り当てられている(矢印タグは表示されていない)。(中) リンクを選択するためには、まず選択キーを一度押下して、矢印タグを表示する。(右) 所望のリンクに割り振られた矢印記号列を入力するにつれ、それに一致しないタグは非表示にされ、入力に一致したリンクを選択できるようになる(図は↑と入力した結果)。

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・キーのみで行なう。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「戻る」／「進む」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、一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、まず選択キーを一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、数字タグ方式で採用されている仕組みと同様、ウェブページ上に常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))。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(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節以降の実験で利用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

大きくて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 タグの割り当て方法

マウスのように連続的に入力できるポインティングデバイスを使ったターゲット選択方式での選択にかかる時間の予測には、Fittsの法則[4][11]が用いられることが多いが、矢印／数字タグのような選択方式では、ターゲットに動的に割り当てられるショートカットサインの入力時間そのものが選択にかかる時間であると考えられる。それゆえ、矢印タグのリンクへの割り当て方法には、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なっている。

まず、上下左右の記号の組み合わせで生成される矢印タグのバリエーション全てが、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、予め被験者実験(この詳細は4節で述べる)によって確かめられた入力しやすい順に使用する(例えば、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一度に収まりきれないため、主に縦スクロールしながら閲覧されるが、所望のリンクが画面の中心座標付近に近づいたときに、ユーザは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節で述べる)。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、入力しづらいタグも用いられなくなる。そのため、これを以下のように一つとみなして、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>
```

以上で述べた方法はすべて（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上で、最終的に、矢印/数字タグ方式及びフォーカス移動方式との比較を行なった（この詳細は6節で述べる）。

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

矢印タグのバリエーション全てが、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、本節では、6節での矢印/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/数字タグ方式において、生成されるタグの入力しやすさの順位を明らかにすることを第一の目的とする。6節の3方式の比較で使用される矢印/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、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

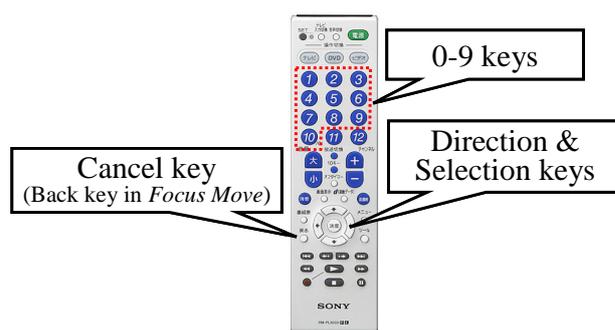


図2 実験で使したリモコン (SONY RM-PL300D)

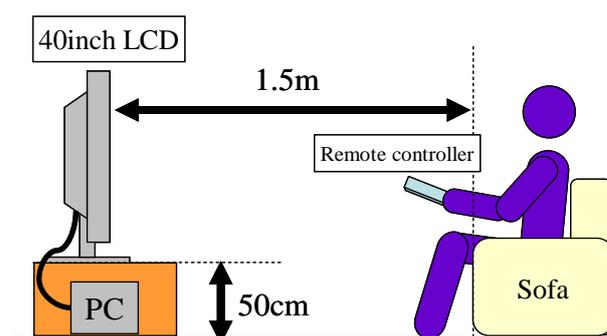


図3 実験環境

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

12人の被験者（女性2名、男性10名）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、それぞれの方式で、本番の入力テストを行なう前に、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、タグが一つずつ表示された。一つのタグの入力が完了後、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。タグの入力時間は1ミリ秒単位で記録された。実験用のソフトウェアは、JavascriptとHTMLで作成し、Firefox3ウェブブラウザ上で動作させた。画面背

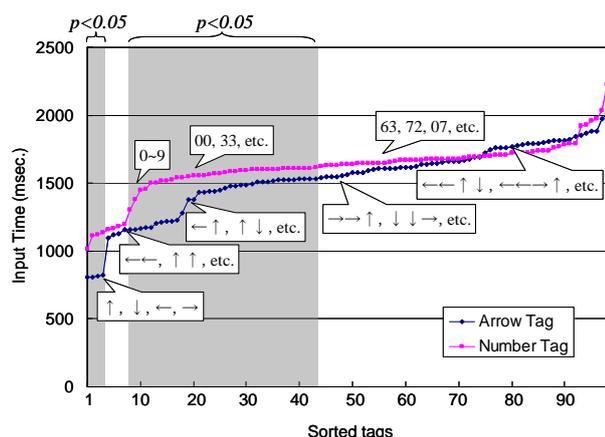


図4 矢印/数字タグの平均入力時間の順位

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なった。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/数字タグごとに、平均入力時間が短い順に並び替え、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一文字の ↑, ↓, ←, → 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二文字のタグであり、9 位から 20 位は ←↑ や ↑↓ のような異なる記号からなる二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二連続と他の一文字からなる 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二桁のタグであった。残りは、63 や 72 のように異なる記号による二桁のタグであった。次節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 を見ると、上位では矢印タグのほうが数字タグより平均入力時間が短い、76 位以降（矢印タグが 4 文字となる辺り）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、同順位毎に実施した結果、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わかった ($p < 0.05$)。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、矢印タグ方式と数字タグ方式の比較に限れば、前者の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

前節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て一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に基づいて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一度に収まりきらないため、主に縦スクロールしながら閲覧される。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、前節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 名、男性 10 名）が参加した。各々の被験者は、普段閲覧しているウェブサイトを三つ以上開き、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された。実験装置には 4 節と同じものが使用された。ブラウザのフォント・サイズは、実験者らが本実験装置で無理なく文字が読める最小のサイズと判断した 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）が使用された。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であった（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が記録された。

5.3 結果と考察

表 1 に、ウェブサイトのカテゴリー別に、一画面内に同時に出現するリンク数の平均を示すが、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

表1 カテゴリーごとの一画面内の平均リンク数

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

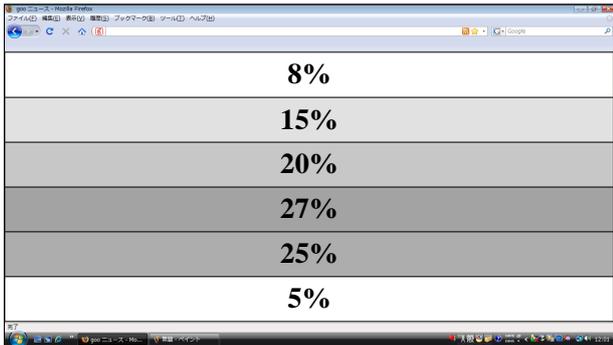


図5 選択されたリンクの位置分布

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、被験者は画面の中心より若干下方付近を中心としてリンクを選択する傾向が明らかになった。

前節で明らかになった、上位 40 位くらいまでは矢印タグのほうが数字タグより有意に速く入力できるという事実と、本節で明らかになった、一画面内に同時に出現するリンク数は平均 30 以下という事実にもとづけば、多くのウェブページにおいて、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。仮に一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。次節の矢印/数字タグ方式及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

3×3 の 2 要因被験者内計画。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) である。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全て同じにした。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、前節と同じ理由で 18 ポイントに設定した。

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辿ることだった。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、普段閲覧することのあるウェブサイトの一つずつを選び、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 節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 (20x20 ピクセルの画像) で注釈を施した。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) と三つの星印 (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 機能で重ね合わせた。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) を使った三つのタスクを作成した (選択するリンク数は、それぞれ 6 箇所、15 箇所、13 箇所であった)。

6.3 被験者

24 人 (女性 12 名、男性 12 名) 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。

6.4 手続き

実験装置は 4 節で使用したものと同一であった。個々の被験者は、全ての操作方式で、3 つのタスクを遂行するよう依頼された。被験者は常に、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、被験者は同一の操作方式及びタスクで 5 回の練習を行った。5 回もの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、操作方式を変える時には休憩を挟んだ。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おこなった。

6.5 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、主効果が、操作方式($F_{2,46}=274.15, p<0.001$)、タスク($F_{2,46}=553.47, p<0.001$)、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、全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、数字タグ方式も全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($F_{4,92}=1.02, p=0.4$)の全てで有意差は確認されなかった。エラー率は、全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ボードを見たか」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乗検定を行なったところ、有意差が確認された($X^2(4) = 60.86, p<0.0001$)。

また、実験者は、被験者が個々の操作方式を使用している時に、リモコンを片手/両手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乗検定を行なったところ、有意差が確認された($X^2(2) = 36.14, p<0.0001$)。

本実験の最後に、被験者は「普段自宅のテレビで使用するとしたら、三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($X^2(2) = 23.25, p<0.0001$)。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。

6.6 考察

三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、被験者の主観評価の観点からも、

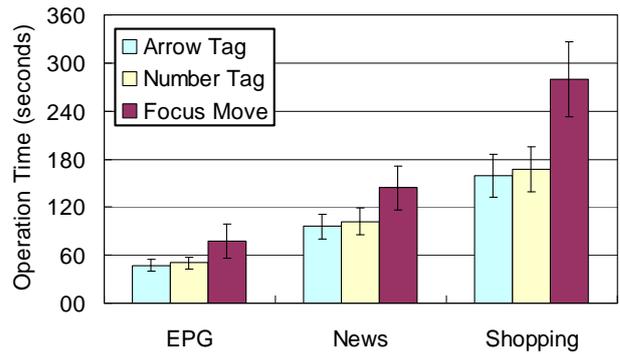


図7 タスク・操作方式ごとの操作時間

表2 リモコンのキーボードを見た頻度

	常に見た	時々見た	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

表3 リモコンの持ち方

	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

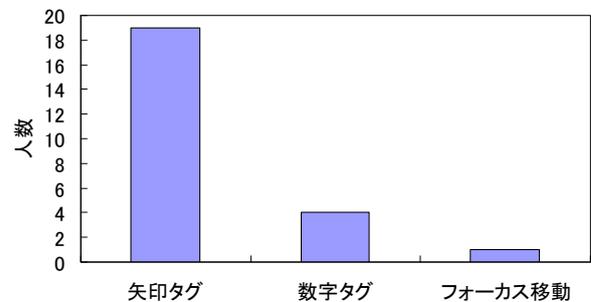


図6 被験者の好み

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。

矢印タグ方式が普段自宅で使う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名)」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名)」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名)」という否定的な意見もあった。この原因の一つ

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、三文字の矢印タグなどは大抵同一記号の二連続と他の一文字であるため、「→→↓」を「⇒↓」などとして二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名）」であることや「両手をつかうのは面倒（6名）」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名）」が多かった。

もう一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 節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、例えば選択するリンクが 13 箇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（大抵はスクロールや「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、リンクを選択する時に画面から目を離すので、その後画面に目を戻した後、画面内の状況把握が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名）」「スクロールがやりにくい（11名）」「選択したいところにすぐにたどり着けない（10名）」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わかりにくいのだろうと考えられる。

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、タグ割り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（例えばモバイル機器）への応用等を検討する予定である。

謝辞 本研究を進める上で有益な御意見を頂いた渋沢潮氏、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. In *Proc. CHI '04*, pp.519-526 (2004).
- 2) A. Cockburn and A. Firth. Improving the acquisition of small targets. *British HCI Conference 2003*, pp.181-196 (2003).
- 3) Fenrir web browser, <http://www.fenrir.co.jp/>
- 4) Fitts, P. M.; The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47, pp.381-391 (1954).
- 5) Grossman, T. and Balakrishnan, R.: The bubble cursor: enhancing target acquisition by dynamic resizing of the cursor's activation area. In *Proc. CHI '05*, pp.281-290 (2005).
- 6) Guiard, Y., Blanch, R. and Beaudouin-Lafon, M.: Object pointing: a complement to bitmap pointing in GUIs. In *Proc. Graphics Interface*, pp.9-16 (2004).
- 7) Hachet, M., Puderoux, J., Tyndiuk, M., and Guitton, P.: "Jump and refine" for rapid pointing on mobile phones. In *Proc. CHI '08*, pp.167-170 (2008).
- 8) Kabbash, P. and Buxton, W.: The "prince" technique: fitts' law and selection using area cursors. In *Proc. CHI '95*, pp.273-279 (1995).
- 9) Laukkanen, J., Isokoski, P. and Raiha, K.: The cone and the lazy bubble: two efficient alternatives between the point cursor and the bubble cursor. In *Proc. CHI '08*, pp.309-312 (2008).
- 10) Lim, S. C.: Effective interaction techniques for moving cursor using a remote control. In *Proc. CHI '04*, pp.1542 (2004).
- 11) MacKenzie, S.: Fitts' law as a research and design tool in human-computer interaction. *Human-Computer Interaction*, 7, pp.91-139 (1997).
- 12) McGuffin, M and Balakrishnan, R.: Acquisition of expanding targets. In *Proc. CHI '02*, pp.57-64 (2002).
- 13) SONY PlayStation 3, <http://www.playstation.com/>