

IMPACT: 視覚情報の再利用に基づく文書ナビゲータ

大野 健彦

NTT コミュニケーション科学基礎研究所

〒 243-0198 神奈川県厚木市森の里若宮 3-1

Tel: (046)240-3662 Fax: (046)240-4707

E-mail: takehiko@rudolph.brl.ntt.co.jp

本論文では「情報利用の痕跡」というコンセプトに基づく文書ブラウザ IMPACT について述べる。情報利用の痕跡とは、ユーザが情報を利用した時の履歴を指し、具体的にはユーザが利用した情報の種類、およびユーザの視線から求めた注目領域を指す。IMPACT はユーザの視線からユーザが注目している範囲を求め、文書上に注目度の高い領域を示すことで、ユーザはこれまで注目していた領域が文書上のどの部分であるかを知ることが可能である。

IMPACT: A Document Navigator Based on User's Eye Movement Information

Takehiko Ohno

NTT Communication Science Laboratories

3-1 Morinosato Wakamiya, Atsugi, Kanagawa, 243-0198 JAPAN

Tel: (046)240-3662 Fax: (046)240-4707

E-mail: takehiko@rudolph.brl.ntt.co.jp

We describe an application, called IMPACT, that implements the idea of *information access trace* in the domain of document browsing. *Information access trace* is the history of the information access which consists of both users' eye movements and their document access record. IMPACT uses the information to calculate the value of attention for the each region of the document and then visualize the important region of the document based on the value.

1 はじめに

近年、コンピュータの性能向上、特にディスプレイやストレージの高性能化に伴い、大量の情報を手軽に持ち運べるようになった。またネットワークが普及することで、日常生活において大量の情報を簡単にアクセスすることが可能となった。今後はペーパーディスプレイや超高精細液晶ディスプレイなどが登場するとともに、ネットワークの大容量化、低価格化が進むことでこの流れはさらに加速していくであろう。

このように自分のまわりにある情報の量が増加するに伴い、大量の情報の中からどのように自分に必要な情報を取り出し、利用するかが重要な問題となりつつある。ネットワークを通して外界から情報を取り出すための技術については、例えばインターネット検索技術などの分野でさまざまな研究がおこなわれており、自分の必要な情報を探し出すための技術が発展してきた。

一方、蓄積された情報を利用する場面を考えると、外界に存在する情報が増大するにつれて蓄積させる情報の量も増加する。そのため情報の効率的な管理が難しくなり、欲しい情報が手元の情報の山に埋もれかねない状況にある。この問題を解消するためには手元に蓄積した情報を効率よく利用するための支援技術が必要不可欠となりつつある。

本研究では、電子的な情報を対象として、ユーザが情報を利用した履歴を記録し、次にその情報を利用するときの手掛かりとして記録した履歴を利用する枠組みを提案する。ユーザが情報を利用した履歴を本論文では情報利用の痕跡 (*Imprint of Information Access*) と呼ぶ (図 1)。情報利用の痕跡とはユーザが情報を操作したときの作業履歴であり、人が本などの紙の書籍を使っているうちに徐々に跡や折り目がついていく状態のアナロジーである。具体的にはユーザが情報を利用している時の、ユーザが情報を取得するためにおこなう行為 (操作履歴) および取得した情報 (取得情報履歴) の 2 種類を指す。

IMPACT (IMPrint of information ACcess Task) は、電子文書に情報利用の痕跡を付加して管理する文書ナビゲータであり、情報の再利用を支援することを目標として作成したプロトタイプシステムである。ユーザが IMPACT を利用して文書を見ると、見ている間の情報利用の痕跡が記録され、ユーザは次に文書を見るときの手掛かりとして利用することが可能である。

以降ではまず 2 章で情報利用の痕跡について、3 章で IMPACT の詳細について述べる。そして 4 章で関連

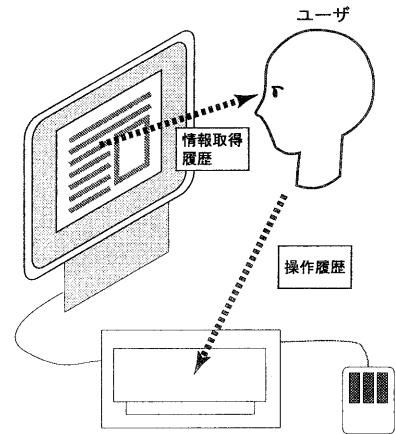


図 1: 情報利用の痕跡 = 取得情報履歴 + 操作履歴

研究について、5 章で IMPACT に関する議論、6 章でまとめと今後の課題について述べる。

2 情報利用の痕跡

情報利用の痕跡の基本コンセプトは、ユーザが情報を利用した履歴を自動的に記録し、ユーザが次に情報を利用するときの手掛かりとして利用できるようにすることである。

ユーザが情報を利用する場合、まず何らかの操作によって情報を取り出してディスプレイ上に表示し、次にディスプレイを見てユーザが必要な情報を取得する。この 2 種類の行為は人がコンピュータを利用する場面において広く見られる基本的な作業である (聴覚、触覚などを媒体とする情報はこの限りではない)。そこでこれら 2 種類の行為をユーザが情報を利用した履歴として記録し、作業支援に用いることにする。1 章でも述べた通り、本論文ではユーザが情報を探し出すための操作を操作履歴、ユーザがディスプレイを見て取得した情報を取得情報履歴と呼ぶ。

ユーザの作業を支援するためにユーザの操作履歴を利用する方法はこれまでも様々なものが提案されている。特に電子文書を対象とした場合、操作履歴そのものではなく、ユーザが閲覧した文書の履歴を保存する方法がよく用いられる (5 章参照)。本研究ではユーザの操作履歴に加えて取得情報履歴を利用することで可能となる新しい作業支援の方法について述べる。

3 文書ナビゲータ IMPACT

IMPACT は様々な文書を閲覧することのできる文書

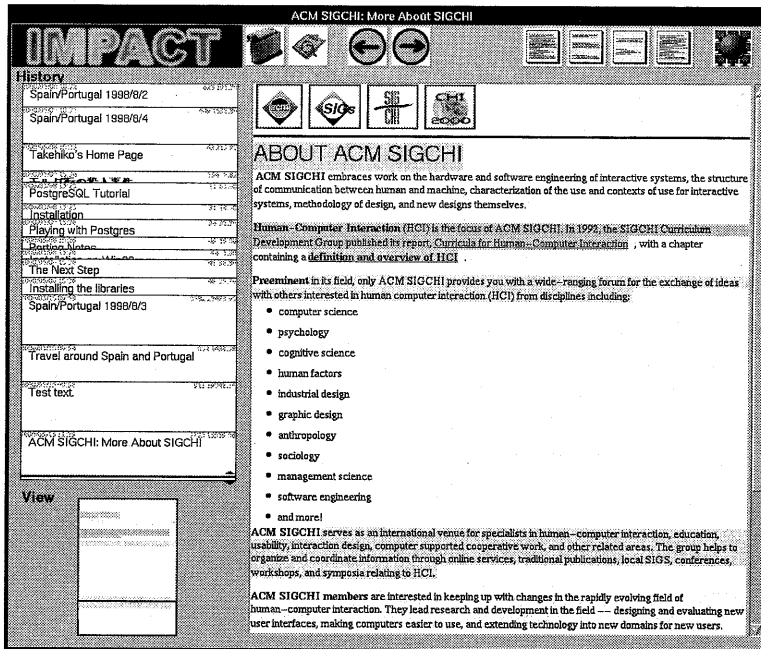


図 2: 文書ナビゲータ IMPACT の全体画面。画面右側 (文書表示ウインドウ) には文書が表示されており、ユーザの注目箇所はマスクで強調されている。画面左側上部 (履歴ウインドウ) には過去に表示された文書の履歴が、左側下部 (全体表示ウインドウ) には現在表示されている文書の全体イメージが表示されている。

ナビゲータであり、情報利用の痕跡を利用してユーザの作業を支援するツールのプロトタイプとして作成した。扱うことのできる電子文書は図を含む HTML ファイルおよびプレインテキストである。HTML ファイルについてはユーザの操作でリンクを辿ることも可能である。IMPACT が情報利用の痕跡として利用するデータは、(1) ユーザの視線、および (2) ユーザが表示した文書情報の 2 種類である。ユーザの視線は視線記録装置 (アイカメラ) によって測定され、ユーザが画面上で注視している箇所を検出される。

図 2 に IMPACT の全体画面を示す。画面右側の文書表示ウインドウには HTML ファイルが表示されている。タイトルおよび第 2, 第 3, 第 4 段落にはマスクが表示されており、ユーザが注目している箇所を表している。画面左側の履歴ウインドウにはこれまでに表示したファイルの履歴が、全体表示ウインドウには現在表示している文書の全体イメージが表示されている。

IMPACT はあらかじめ文書を複数の領域に分割しておき、ユーザの取得情報履歴を領域別に管理する。取得情報履歴は具体的にはユーザがどの程度領域を見ているかを視線データから算出した値を注目度と呼ぶ (注

目度の算出方法については 4.1 節で述べる)。そして各領域における注目度を利用することで、以下に挙げる作業支援をおこなう。

3.1 注目領域の可視化

電子文書をディスプレイに表示するとき、各領域の注目度に応じて領域にマスクを表示する。注目度の低い領域についてはマスクは無色であり、注目度が一定値を越えると注目度に応じて色が濃くなる。ユーザは注目度の高い領域がどの部分であるかを画面上をざっと見るだけで知ることが可能である。図 2 ではタイトルおよび幾つかの段落にマスクが表示されており、注目度が高いことがわかる。

注目度はユーザが同一領域を長時間見ていると増加し、しばらく見ていないと徐々に減衰する。ただし減衰速度は増加の速度に比べて遅いため、一度注目された領域についてはしばらくの間マスクが画面に残る。各領域の注目度は保存され、以前見たことのある文書を次に見た場合にも再び以前のマスクが表示される。そのため過去に注目していた箇所がどの部分であるか

を知ることが可能である。普段、ユーザは自分が文書のどこを見ていたのかを意識することは少ない。注目領域をマスクの濃淡で可視化することで、ユーザは自分が文書のどの領域を見ていたのかを客観的に知ることが可能である。

文書の一部について他の領域と異なる色やデザインを設定するとユーザの注意が誘導されやすい。従ってマスクを設定することでユーザは注目度の高い領域のみを選択的に飛ばし読むことが容易となり、以前見た文書を再び見る場合に短時間で文書を読むことができる。またマスクの色および位置情報が過去の記憶を再生するきっかけともなる。そのため、文書にマスクを重ねて表示する方法は例えば文書と隣接した領域に注意点を別個に表示する場合にくらべて作業効率が高まると考えられる。ただしマスクのコントラストや配色が極端に強調されていると、ユーザが他の領域を見る行為を妨害する要因となるため、普通に文書を読む行為を妨げないマスクのデザインとする必要がある。

文書のサイズが大きくなると1画面では表示できなくなるため、表示されていない箇所を見るには画面をスクロールさせるなどの操作が必要となる。そのため文書全体のどの箇所に注目度の高い領域が分布しているのかを知ることが困難となる。IMPACTでは画面左側の全体表示ウィンドウに文書全体の縮小イメージを表示しており、注目度の高い領域が文書中のどの部分にあるのかを一見して知ることが可能である。

3.2 注目箇所に対する検索

IMPACTには現在表示されている文書に対する検索機能が実装されている。ここでも領域の注目度を利用することで、検索対象を注目度の高い領域に限定することが可能である。

図3に検索中の画面を示す。検索をおこないたいキーワードを入力すると、検索結果がその下に縦一列に表示される。それぞれの検索結果には注目度 (Value)、注目時間の合計 (Dist.) および出現順序 (No.) が記されており、検索結果をいずれかの値でソートして表示することが可能である。表示順序の切り替えは Value, Dist および No. と記されているボタンをクリックすることでおこなう。検索結果をマウスでクリックすると、該当箇所が画面右側の文書表示ウィンドウに表示される。

注目度順に検索結果を表示することで、ユーザはこれまでに多く注目していた領域を優先して必要な箇所を探し出すことが可能である。文書を検索すると検索結果が大量に表示されて自分が必要な情報がどこにあ

Value	Dist.	No.	Text
49.6	21	6	(HCI) is the fd
38.2	27	12	in its field, d
2.1	42	1	ABOUT ACM SIGCHI
0.0	1	3	ACM SIGCHI
0.0	0	24	ACM SIGCHI
0.0	0	26	ACM SIGCHI membe
0.0	0	29	what people are
0.0	0	32	the ACM SIGCHI
0.0	0	35	ACM SIGCHI toda
0.0	0	37	http://www.acm.c

図3: 検索画面。入力したキーワードに対して、検索結果の一覧が注目度順に表示されている。右側に表示された各検索結果に対して、対応する注目度、注目時間の合計およびIDが左側に表示されている。

るのかわからないという場合がよくあるが、検索結果を注目度順に表示することで、ユーザは「以前見たことがある」という記憶を手掛かりに検索をおこなうことが可能となる。また検索結果を注目時間の合計順に表示することで、注目度は低くなっていても過去に見たことのある領域を探することができる。

3.3 注目領域の選択表示

ユーザは注目度の高い領域のみを選択的に表示することが可能である。過去に表示したことのある領域に対してこの機能を利用することで、以前に読み飛ばした部分については表示せず、熟読していた部分のみを表示することが可能である。

3.4 未見領域の抽出

現在表示している文書について、注目度が低い領域のみを表示することも可能である。注目度が低い領域とは、過去に殆んど見ていないか、過去には見たことがあるものの最近はまだ見ていない領域であることを示している。この様な領域を選択的に表示することで、ユーザはこれまでに情報を得ていなかった領域を一度に見ることが可能となる。

4 実装

IMPACTはTel/Tk 8.3およびC言語によって実装されており、X-Windowの動作するUnixワークステーション上で動作する。IMPACTは視線測定装置に接続されており、ディスプレイ上におけるユーザの注目位置を検出する。視線測定装置には我々のグループと(株)NACが共同開発した非接触式アイカメラNAC EMR-NC[10]を利用しており、サンプリングレート30Hzでユーザの視線を測定することが可能である。EMR-NCによる視線測定時は、ユーザは三角形の枠を取りつけた眼鏡を装着する必要があるが、頭部に機械を装着したり頭部位置を固定する必要はないため、ユーザが通常電子文書を見ている時と同じ状態でIMPACTを利用することができる。

IMPACTで表示可能な文書はHTMLファイルおよびプレインテキストファイルである。HTMLファイルにおいてはパラグラフ、見出し、リストなど、ファイルに埋め込まれているタグ情報を利用して文書の各領域を決定する。またプレインテキストファイルの場合は、テキストに1行以上の空行が存在した場合、その行を領域の区切りとする。いずれの場合も領域単位で以下の情報が管理されており、注目度の算出に利用される。

- 注目度。
- 前回注視した時刻。
- 合計注視時間。
- 領域の表示位置座標。
- 領域の大きさ

4.1 注目度の算出方法

IMPACTはユーザが文書を見ているときの視線を利用して、ユーザの注目している領域を求める。ユーザが画面を見ているときの視線を測定すると、画面上の様々な箇所に分布していることがわかる。そのためユーザの作業を支援するデータとして利用するには視線の座標データをそのまま用いるのではなく、より抽象度の高い他の形式に変換することが望ましい。そこでIMPACTは視線データから以下の手順でユーザが文書の各領域を注目する度合いである注目度を算出し、取得情報の履歴として利用している。

WWW画面を見ている場面におけるユーザの視線例



図4: HTMLファイルを見ているユーザの視線例。視線が直線で、停留点が小円で表示されている。停留点付近に表示されている数字は停留時間(フレーム数)である。矩形枠および視線は視線解析ソフトウェアによって追加表示したものであり、元の画面では表示されていない。

を図4に示す¹。筆者はユーザが情報を探し出す局面における視線の傾向を調べるため、WWW画面を利用して欲しい情報を探し出す場面を対象とした視線測定実験をおこなった[11]。図4はその時に測定した視線の一例である。この視線データを見ると、被験者は上部および左部のメニューに主に注目し、次に左側のメニューに対応したリンク集の中から幾つかの領域に注目していたことがわかる。

実験の結果、ユーザは情報を探し出す場合に、各領域を100msから長くても500ms程度の極めて短い時間しか見ていないことがわかった。同一領域に連続して停留する視線の合計がこの程度の場合、ユーザは必要な情報を探すために各領域をざっと眺めていると思

¹ここで示した視線は横浜市ホームページ(<http://www.city.yokohama.jp/front/welcome.html>)をWindows上のInternet Explorerで表示した画面をキャプチャし、ユーザに提示した時のものである。

われる。回数は少ないものの同一領域を長く見ている場合もあり、この時は領域内に含まれる情報を詳細に取得しているものと考えられる。

一般にユーザの視線はしばらく一カ所に留まり(100ms から 200ms 程度)、次に他の箇所に向けて移動する。IMPACT では視線の移動距離がディスプレイ上で 15 ピクセル以内の状態が 100ms 以上連続した時、視線が一カ所に留まっている(留まっている点を停留点、留まっている時間を停留時間と呼ぶ)と判定している。停留点を検出すると、停留点の位置していた領域および停留時間からその領域に対する注目度を計算する。

各領域における注目度の算出にあたって、以下の基準を設定した。

- ユーザが各領域をざっと眺めている場合、じっくり眺める場合に比べて注目度の増加度は低い。
- 注目時間が等しい場合、領域が広い場合の方が狭い場合より注目度が低い。
- 面積が同じ領域の場合、注目時間が長い領域の方が注目時間が短い領域より注目度が高い。
- 一定時間経過ごとに各領域について注目度の再計算をおこない、注目度は時間の経過と共に減衰するようにする。ただし減衰速度は遅く、長時間経過後もわずかに注目度が残るようにする。

領域 i の時刻 t における注目度を $V_i(t)$ 、領域の面積を S_i とする。ユーザが視線が領域 i に時刻 t から u までの間停留すると、時刻 u における注目度 $V_i(u)$ は、

$$V_i(u) = V_i(t) + F(u - t) / G(S_i)$$

という式で求められる。ただし F および G は注目度算出用の関数である。

また、一定時間が経過すると各領域における注目度は減衰する。時刻 u において注目度の再計算をおこなう場合、時刻 t における領域 i の注目度を $V_i(t)$ とすると、減衰定数を d と置いて、

$$V_i(u) = d \cdot V_i(t)$$

としている。

現在は上記条件を満たす範囲で、関数の種類、定数、再計算の間隔などに関する調整を進めている。

4.2 文書の注目度

各領域の持つ注目度の総和を、文書の注目度と呼ぶ。文書の注目度はユーザがその文書を参照する度合いを示しており、ユーザが多くの領域を見ていた文書は注目度も高くなる。一方、文書を長時間表示していてもユーザがその内容を見ていなかった場合、文書の注目度は低い。各領域の注目度が更新されるとその領域が含まれる文書の注目度も再計算される。

文書の注目度は過去に表示した文書の一覧表示時に利用され、これまでに頻繁に利用していた文書を見つかる時の手掛かりとなる。IMPACT は履歴ウィンドウでこれまでに表示した文書の一覧をしているが、表示される領域の大きさは文書の注目度に応じて決定される。また注目度が低い文書については、過去に参照していても履歴ウィンドウには表示されない。

5 関連研究

本研究に最も類似したコンセプトは EditWear / ReadWear [4] である。EditWear / ReadWear のコンセプトは IMPACT と同様、ユーザがアプリケーションを操作する時の履歴を記録・再利用することでユーザの作業を支援することである。実装例として文書の横に表示されたスクロールバー上にユーザが頻繁に編集した箇所を明示して、ユーザが何度も編集している箇所がすぐにわかるようにしている。相違点としては IMPACT がユーザが画面から取得した情報を履歴として重視しているのに対し、EditWear / ReadWear はユーザの操作履歴を基情報として利用している点である。そのため IMPACT の方がより直接的に、ユーザの利用した情報を記録して再利用することが可能である。

ユーザの作業履歴を利用する方法としては様々なものが提案されている。例えば Time-Machine Computing[7] ではファイルマネージャに、ファイルが存在していたという履歴を管理する機構を組み込み、過去に自分が利用していた状態に遡ることを可能としている。

大量の情報を効率よく利用する方法については、これまで様々な研究がおこなわれてきた。主な研究を以下に示す。

(1) 検索。蓄積した情報を全文検索することで必要な情報を取り出す。WWW の検索エンジンとして広く利用されている。また蓄積された文書の検索にも用いられる。

(2) 構造の可視化。特にハイパーテキストにおいて、文書間の関連を可視化してユーザが文書全体の構造を把握しやすくすることで、必要な情報にすぐにアク

セスできるようにする [5].

(3) 履歴の利用. 過去に表示したドキュメントの履歴を記録して, 次に表示する時に利用する. WWWブラウザやヘルプファイルのビューワー等で一般的に利用されている. ただ履歴を表示するだけではなく表示方法を工夫し, 例えばWWWの持つハイパーリンク構造に基づいて履歴を表示し, ユーザがリンク構造を理解しやすいように支援する手法 [1, 3] なども提案されている. Footprints[9] は履歴の再利用という点で EditWear/ReadWear の影響を強く受けており, 履歴を可視化することで情報の再利用を支援する枠組みを実現している.

(4) 付箋やメモの利用. 主に電子書籍を対象として, 紙の書籍における付箋紙と同じように付箋やメモを利用できるようにする [2]. この様な方式は紙の書籍と同様, 後で情報を利用する可能性があることがわかっている場合には便利であるが, ユーザが明示的に付箋を貼り込む操作が必要である. またしばしば付箋を付けなかった情報を欲しくなることがあるが, そのような場合には役に立たない.

(5) 必要な情報の抽出. ユーザが必要な部分を切り出して管理する作業を支援する. Internet Scrapbook[8] ではユーザがWWWのコンテンツを切り貼りして管理することが可能であり, またシステムが自動的にコンテンツの更新をおこなうことで常に最新の情報を参照することができる.

これらの研究はユーザの作業を必要としないもの(1)(2), ユーザが通常行っている操作を利用するもの(3), ユーザが特別な操作をおこなうもの(4)(5)の3種類に大別できる. IMPACTはユーザが通常行っている操作を利用するものに分類され, (1)(2)(4)(5)に挙げた他の方法と組み合わせて利用することも考えられる.

6 議論

6.1 IMPACT の利用範囲

IMPACTはユーザが情報のどの部分に注目しているのかを簡単に知ることが可能であるため, 文書ナビゲータとして利用するだけでなく様々な利用場面が考えられる. 例えば他の人と注目度のデータを交換したり, 領域上に表示するマスクを複数人分同時に表示できれば, 人によって注目箇所がどのように異なるのかを知ることができる. これは文書のデザインや構造を検討する上で有効な情報となるであろう.

また, 教育への適用も有効である. どの範囲を見ていて, どの範囲を見ていないのかが簡単にわかるた

め, 理解度の確認と併用することで必要な情報を正しく取得しているかどうかを確認することができる.

6.2 情報の量と視線

IMPACTは情報利用の痕跡というコンセプトの有効性を調べるために作成したシステムであり, 現在は大量の文書进行操作するための支援機能を組み込んでいない. 例えば現在は履歴表示ウインドウにおいて履歴を時間順に表示しているため, HTMLファイルを利用していると文書間のリンク構造を把握することが難しくなる場合がある. この問題はハイパーテキストにおいてよく知られている問題である [6]. この種の問題を解決するためには, 5章で紹介した大量の情報を効率よく利用するための方法と併用する必要がある. この時, 文書の注目度などの情報を付加したシステムとすることで, 使いやすさがさらに向上するのではないかと考えている.

6.3 「情報利用の痕跡」の拡張

今回試作したIMPACTは情報利用の痕跡を, 文書中の各領域における注目度の算出に用いた. しかしながら過去の任意の時間においてどの文書の注目度がどの程度であったかを知ることはできない. そこでユーザの視線および操作履歴を継続的に記録し, 再生できるようにすれば利用可能な範囲は広がる. 例えば過去のようにすれば利用可能な範囲は広がる. 例えば過去の任意の状態に戻ることが可能となれば, ユーザが過去の作業状態を思い出す手がかりとなる. また同一の文書において注目範囲が変化していく過程を知ることができれば, 文書の再利用を支援するだけでなくユーザの思考プロセスを知る手掛かりともなりうる. 現在はまだ長時間の運用をおこなえるだけのデータ蓄積, 再生機能を組み込んでいないが, 今後はこれらの機能を組み込み, 長期間に渡って記録を採集することも検討している.

7 まとめと今後の課題

本論文ではユーザが情報を利用した時の痕跡(情報利用の痕跡)を再利用することによる作業支援の有効性について述べ, プロトタイプシステムIMPACTを紹介した. 現在, IMPACTの開発は継続中であり, データベースとの連携などを検討している. 今後はこれらの機能を組み込むとともに, 評価実験をおこない, ユーザが情報を再利用する上での有効性を検証していく予定である.

謝辞

本研究を進めるにあたって様々なコメントを頂いた NTT コミュニケーション科学基礎研究所 メディア情報研究部マルチモーダル対話研究グループの野島久雄氏, NTT コミュニケーション科学基礎研究所 / さきがけ 21 の原田康徳氏およびマルチモーダル対話研究グループの皆様へ感謝します。

参考文献

- [1] Ayers, E. Z. and Stasko, J. T.: Using Graphic History in Browsing the World Wide Web, *Fourth International World Wide Web Conference* (1995).
- [2] Card, S. K., Robertson, G. G. and York, W.: The WebBook and the Web Forager: An Information Workspace for the World-Wide Web, *Proceedings of CHI'96*, pp. 111-117 (1996).
- [3] Hightower, R. R., Ring, L. T., Helfman, J. I., Bederson, B. B. and Hollan, J. D.: Graphical Multiscale Web Histories: A Study of Pad-Prints, *Proceedings of the 9th ACM Conference on Hypertext and Hypermedia: links, objects, time and space - structure in hypermedia systems*, pp. 58-65 (1998).
- [4] Hill, W. C., Hollan, J. D., Wroblewski, D. and McCandless, T.: Edit wear and read wear, *Proceedings of CHI'92*, pp. 3-9 (1992).
- [5] Kandogan, E. and Shneiderman, B.: Elastic Windows: A Hierarchical Multi-Window World-Wide Web Browser, *Proceedings of UIST'97*, pp. 169-177 (1997).
- [6] Nielsen, J.: The art of navigating through hypertext, *Communications of the ACM*, Vol. 33, No. 3, pp. 296-310 (1990).
- [7] Rekimoto, J.: Time-machine computing: a time-centric approach for the information environment, *Proceedings of UIST'99*, pp. 45-54 (1999).
- [8] Sugiura, A. and Koseki, Y.: Internet Scrapbook: Automating Web Browsing Tasks by Demonstration, *Proceedings of UIST'98*, pp. 9-18 (1998).
- [9] Wexelblat, A. and Maes, P.: Footprints: History-Rich Tools for Information Foraging, *Proceedings of CHI'99*, pp. 270-277 (1999).
- [10] 吉川厚, 大野健彦: 視線を読む - ユーザにやさしい視線測定環境 -, *NTT R & D*, Vol. 48, No. 4, pp. 399-408 (1999).
- [11] 大野健彦: Web 画面における情報選択行動と視線の関係, 信学技報 HIP2000-6 (2000).