

## Active Reading に基づく Web 空間の再構築

大友亮 吉高淳夫 平川正人  
広島大学大学院工学研究科

〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1  
{ryo, yoshi, hirakawa}@isl.hiroshima-u.ac.jp

**あらまし** WWW 上で必要な情報を見つけると、その Web ページを印刷し、印刷した紙に対して後に参照する際の理解の補助のために図形やコメントを書き込むといった Active Reading(AR)を行うことがある。本稿では Web ページを対象として、紙に対して行う AR に加えハイパーリンクの定義といった AR を支援し、それらの AR 情報を用いて Web 空間を再構築する手法を提案する。ユーザの行った AR は、ユーザが自分にとって必要な情報を明示していると捉えることができる。そのため、AR 情報を同じ目的を持ったユーザのグループで共有し、それに基づいて既存の Web 空間を再構築した Web 空間は、グループメンバにとって必要な情報へのアクセス性が高い Web 空間であるといえる。

### Reorganizing Web Space based on Active Reading for Web Pages

Ryo OTOMO, Atsuo YOSHITAKA, Masahito HIRAKAWA  
Graduate School of Engineering Hiroshima University

1-4-1, Kagamiyama Higashi-Hiroshima, Hiroshima, 739-8527  
{ryo, yoshi, hirakawa}@isl.hiroshima-u.ac.jp

**Abstract** When a user searches for desired information on WWW, he/she browses Web pages with a Web browser. The Web pages may be printed when he/she finds desired information, and he/she writes annotation on the printed Web pages. Such method of writing annotation on printed paper is called active reading (AR). In this paper, we assist “private links” in addition to paper-based AR and propose a framework for reorganizing a Web space based on the AR performed by the members of a group. The reorganized Web space that created by and shared with them provides high accessibility and quality of information.

#### 1. はじめに

WWW(World Wide Web)上には膨大な量の多種多様な情報が存在している。ユーザは Web ブラウザを用いて Web ブラウジングを行い、その中から必要な情報を探索する。しかし、ユーザに

にとって必要な情報は WWW の一部分であり、それら同士が参照しやすいようにハイパーリンクで結ばれているとは限らず、必要な情報のみを参照していくことは困難である。また、Web ページ中で必要なコンテンツがその一部分のみである場合

がある。この場合、後に同じ Web ページを参照した時に、Web ページ中のコンテンツから必要な情報を探し出すことが困難である。

ユーザが WWW 上から必要な情報を見つけた場合、その対象の Web ページを印刷し、後に参照した際に理解の補助となるよう、その印刷した紙に対して書き込みを行う場合がある。このように書き込みを行いながら文章を読み進めていく方法は Active Reading(AR) [1]と呼ばれている。ユーザの Web ページを印刷するという行動は、Web ページの URL(Uniform Resource Locator)の変更、消失、コンテンツの更新により、必要な情報を参照できなくなることへの危惧により起こる。しかし、紙に印刷したコンテンツに対する AR では、コピー/ペーストやマルチメディアファイルの再生といったデジタル文書の長所や、コンテンツの更新やハイパーリンクの参照といった Web ページの特徴が失われてしまう。また、Web ページをローカルの計算機に保存し、HTML エディタ等を用いて AR を行う場合でも、書き込みにより Web ページのレイアウトが変わったり、AR によって付加した情報と元の Web ページのデザインとの区別がつかなくなったりする問題がある。これらの問題の解決策として、ブラウザに表示されている Web ページに直接 AR を行う AR ブラウザを構築した[2]。AR ブラウザでは、紙に対して行う AR に加え、ユーザ定義のハイパーリンクを支援している。このブラウザを用いてユーザが行った AR の情報をユーザと同じ目的を持ったユーザのグループ内で共有すれば、グループの目的にあった Web 空間が再構築され、各ユーザが必要な情報を効率よく参照することが可能となる。

本稿では、ユーザが AR ブラウザを用い、Web ページに対して行った AR 情報を、ユーザと同じ目的を持ったユーザのグループで共有し、このグループにとって必要な Web ページと AR 情報によって既存の Web 空間を再構築する手法を提案する。図 1 は、既存の Web 空間を AR というフィルタを通して見ると、グループの目的に合うように再構築された Web 空間が見えるといった Web 空間再構築の概念を示している。本稿で支援する

Web 空間再構築は、単語の出現頻度に基づくページ間の類似性や Web ページ間のリンク構造に基づく Web ページの重要性のように、利用者の主観に寄らない評価手法は用いずに、ユーザが Web ページに対して必要であると明示している AR 情報のみに基づいている。

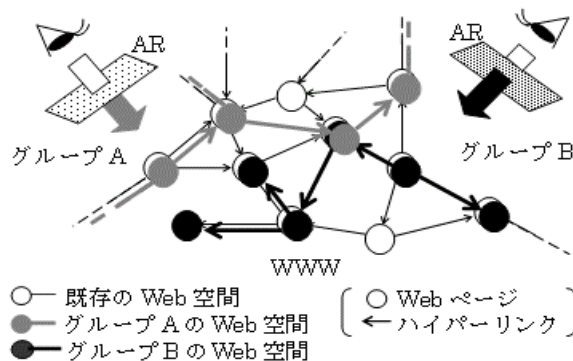


図 1. Web 空間再構築の概念

## 2. システム概要

本システムの構成、および Web 空間の再構築とその参照の処理の流れを図 2 に示す。

ユーザは AR ブラウザを用い Web ブラウジングを行いながら WWW 上の必要な情報を探す。必要な情報が見つかったら、AR ブラウザに表示されている Web ページに対して AR を行う。ユーザが行った AR の情報はそのユーザによってアクセス権が定義され、対象となった Web ページと共にグループごとに設置された AR サーバ上に保存される。この際、AR サーバではユーザの認証を行い、グループメンバによる AR の情報とその対象となった Web ページのみを保存する。以前ユーザによって AR された Web ページが更新され、その更新された Web ページに対して AR を行なった場合には、その Web ページは最新バージョンの Web ページとして AR サーバ上に保存される。このように AR サーバでは Web ページと AR 情報をバージョンごとに分けて管理している。

ユーザが再構築された Web 空間を参照する場合は、再構築された Web 空間への入り口となるページ(グループトップページ)にアクセスする。グループメンバのみ参照が許されている AR 情報をユーザが参照するには、ユーザが AR サーバに

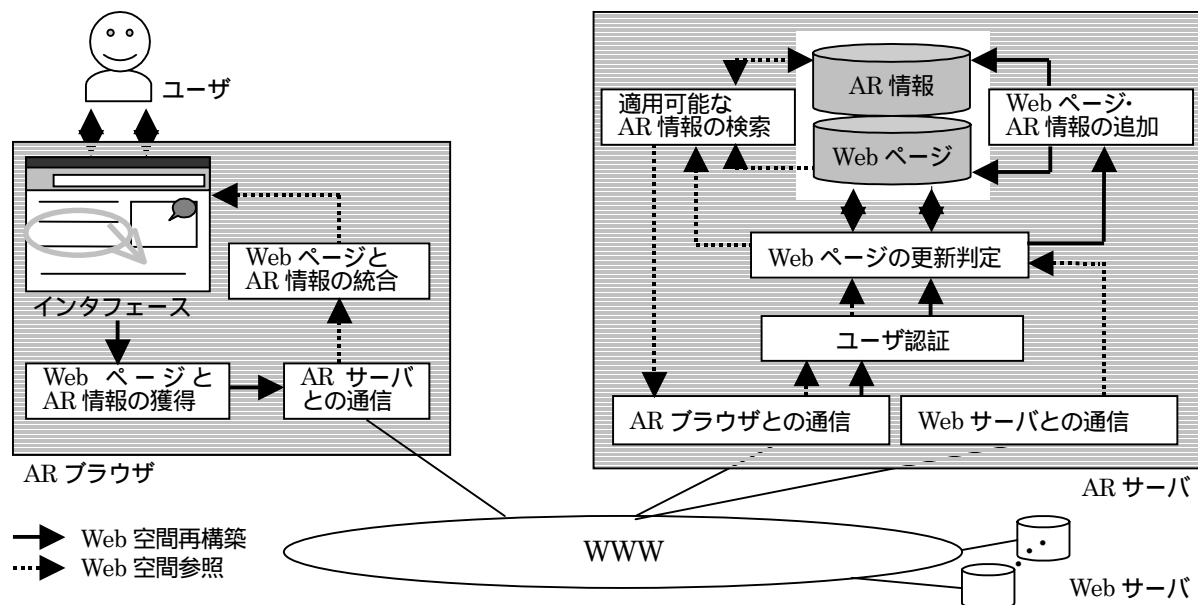


図 2. システム構成

グループメンバであると認証されている必要があり、その認証はこのグループトップページで行う。AR ブラウザから AR サーバへ Web ページの要求を行う際、その要求に Web ページのバージョンが含まれていると、AR サーバは AR サーバ上の Web ページとそれに対する AR 情報を AR ブラウザに送信する。バージョンが含まれていなければ、AR サーバ上と Web サーバ上のそれぞれの Web ページを比較し、Web ページの更新の有無を調べる。更新されていなければ、AR サーバ上の Web ページとそれに対する AR 情報でユーザに参照が許されている AR 情報を AR ブラウザに送信する。また更新されていれば、更新された Web ページとそれに対して適用可能でユーザに参照が許されている AR 情報を AR ブラウザに送信する。AR ブラウザでは受け取った AR 情報と Web ページを合わせてユーザに提示する。

AR サーバは Java サブレットで実装しており、既存の Web サーバに設置可能である。AR サーバと AR ブラウザ間の通信は HTTP (HyperText Transfer Protocol) の GET メソッドおよび POST メソッドで行っている。また、独自の HTTP ヘッダを定義し、ブラウザからの要求に応じてそれを追加している。WWW 上で一般的に用いられている HTTP プロトコルを用いることで、既存の Web

空間上に AR サーバを設置することが可能となる。

### 3. AR ブラウザ

ユーザは AR ブラウザを用いて、ブラウザに表示されている Web ページに対し AR を行い、コンテンツの追加・削除、ページ間のリンク構造の変更を行うことで Web 空間の構造を変えることが可能である。

#### 3.1 AR 操作

ユーザが AR ブラウザ上で行う AR 操作は以下の 5 つである(図 3)。

##### 矢印・囲み

ブラウザ画面の任意の位置に矢印や楕円を直接書き込む。

##### コメント

ブラウザ画面の任意の位置にコメントを書き込む。ユーザが指定した位置にコメントを表すアイコンが表示される。

##### 透過

Web ページの任意のコンテンツに半透明のフィルタをかけ目立たなくする。リンクに対しては、ダブルクリックでしか選択できなくすることで、リンクを参照しにくくする。

## ハイライト

Web ページの任意の文字列の文字色、背景色を変更してハイライト表示する。

## プライベートリンク

Web ページの任意の文字列、もしくはブラウザ画面の任意の位置にユーザ定義のハイパーリンクを付加する。後者の場合、ユーザの指定した位置にプライベートリンクを表すアイコンが表示される。新しいリンクを追加する他に、既存のリンクに対してリンク先の変更・追加が可能である。

透過、ハイライト、文字列に対して行ったプライベートリンクは元の Web ページのデザインと区別がつかなくなる場合があるため、それらの左上にアイコンを表示し区別できるようにしている。

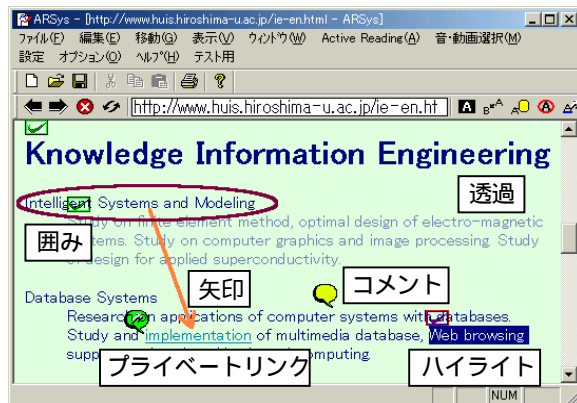


図 3. AR ブラウザ

## 3.2 タグ領域

本システムでは AR 情報を、HTML(HyperText Markup Language)ソース内で開始タグと終了タグで囲まれた領域(タグ領域)により Web ページと関連付けている。タグの持つ属性とタグで囲まれた文字列が全て等しいものは同じ HTML ソース内にほぼ存在しないため、タグ領域を用いれば AR 情報と Web ページをほぼ一意に対応させることができる。タグ領域の代わりにブラウザ画面の座標で関連付けていると、ブラウザサイズの変更や Web ページのレイアウトの変更に対応できず、ユーザの意図した位置に表示できない場合がある。また、DHTML(Dynamic HTML)[6]によりタグ領域がブラウザ上に表示される領域、つまりその領

域の幅、高さ、左上の座標を獲得することができ、AR 情報を表示する座標を特定できる。

## 4. 再構築された Web 空間の管理

AR サーバにより、グループメンバが行った AR の情報と AR の対象となった Web ページによって再構築された Web 空間を管理する。

### 4.1 ユーザ認証

AR サーバへリクエストするユーザの認証を行う。グループメンバであると認証を受けたユーザのみが、Web ページに対して Web 空間を再構築するための書き込みを行える。また、再構築された Web 空間を参照する際には、AR 情報に対するユーザのアクセス権により参照できる AR 情報が限定される。グループメンバであれば、ユーザが Web ページに対して AR を行った時に、その AR 情報と AR の対象となった Web ページを AR サーバ上に保存する。また、再構築された Web 空間内で AR することが可能である。グループメンバが Web 空間を参照する際には、アクセス権がパブリック、グループの AR 情報を参照でき、アクセス権がプライベートの AR 情報のうち、自分が付加したものを参照できる。

認証はユーザ名とパスワードにより行う。

### 4.2 Web ページの管理

ユーザが AR を行った対象の Web ページ中のコンテンツは、Web ページの URL の変更やコンテンツの更新などにより参照できなくなることがある。このような場合、ユーザがその Web ページに対し行なった AR を再現できなくなるため、対象となった Web ページを AR サーバ上に保存する。

グループメンバが AR 操作を行なった時、AR サーバは対象の Web ページが AR サーバ上の Web ページから更新されているかどうかを調べる。更新されていれば、その Web ページを最新バージョンの Web ページとして AR サーバ上に保存する。このように、Web ページは AR サーバ上でバージョンごとに分けて保存する。更新の有無は Last-Modified ヘッダにより判断し、これが得

られない場合は HTML ソースの変更の有無により判断する。

### 4.3 AR 情報の管理

AR 情報は AR の種類ごとにタグを定義した XML(eXtensible Markup Language)形式のファイルに保存し、対象となる Web ページの HTML ソースと対で AR サーバ上に保存する。個々の AR 情報に対しては、AR を行ったユーザによって、以下のアクセス権が定義される。

- ・パブリック …全てのユーザが参照可能
- ・グループ …グループメンバのみ参照可能
- ・プライベート…AR 実行者のみ参照可能

ユーザから AR 情報のリクエストがあった場合、そのユーザに参照が認められている AR 情報を AR サーバが選出し、AR ブラウザへ送信する。

### 4.4 Web ページの更新による AR 情報の更新

Web ページが更新されている場合、以前のバージョンの Web ページに付加された AR 情報が適用可能であれば適用する。AR 情報が適用可能かどうかは、タグの入れ子構造を表している HTML の DOM(Document Object Model)[5]における木構造(DOM 木)を利用する。この木構造は、各頂点が HTML タグ、葉がタグ領域を表している。Web ページの作成者が Web ページを更新する場合、その文書構造を変える更新は多大な労力を要するため、コンテンツの一部を更新することが多い。

つまり、Web ページが更新されても文書構造を表す DOM 木が変更されることは少ないため、DOM 木を用いて AR 情報で用いられているタグ領域のマッチングを行い判断する。また、ブラウザに表示されているのは BODY タグ領域であり、ユーザはこの領域に対して AR を行うため、本研究では BODY タグを根とした木構造を用いている。マッチングは以下の手順で行う。

- i. 更新された Web ページの HTML ソースの中で、AR 情報で用いられているタグ領域と一致する文字列を探し、一致するものがあれば更新された Web ページにその AR 情報を適用する。
- ii. i で一致するタグ領域が無ければ、AR サーバ上の Web ページの DOM 木で BODY タグから AR 情報に用いられているタグ領域まで辿るパスを探す(図 4)。
- iii. 更新された Web ページの DOM 木に対して同様のパスでそのタグ領域の親まで辿れるかを調べる(図 4)。

#### 辿れた場合

辿った頂点の全ての子と AR 情報のタグ領域を比較し(図 4)、類似しているものがあれば AR 情報を適用できるとし、AR 情報に用いているタグ領域を更新する(図 4)。タグ領域の類似は最大共通部分列の文字数により判断している。

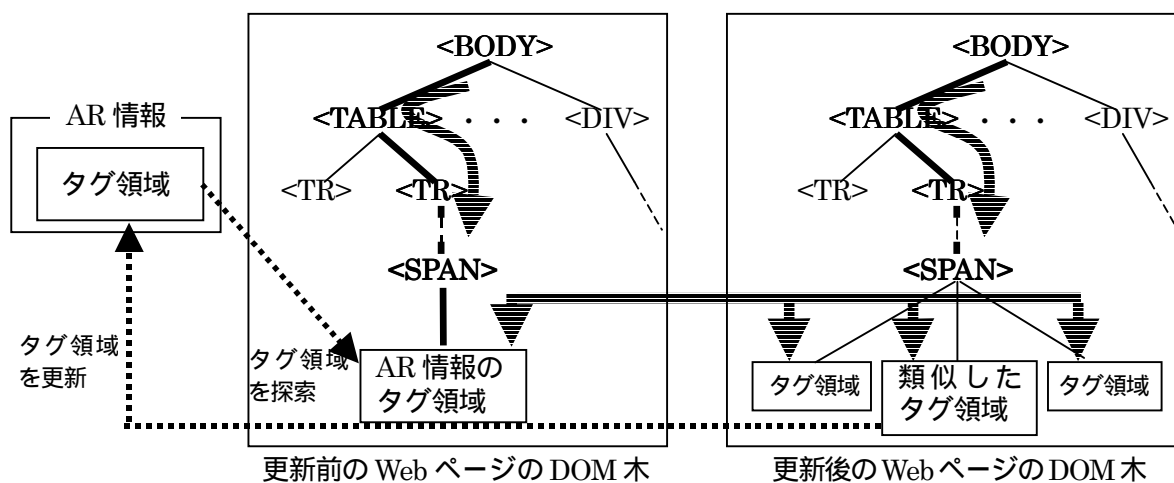


図 4. タグ領域のマッチング

### 辿れなかった場合

更新された Web ページの HTML ソースで AR 情報に用いられているタグ領域のタグ名と同じタグ名のタグ領域を探し、その上位階層が ii のパスと類似するものを適用候補のタグ領域として獲得する。ここではパスのタグ名と上位階層のタグ名が半数以上一致するものを類似としている。この適用候補を AR ブラウザに送信し、ユーザに提示する。

このように Web ページの更新に合わせて AR 情報を更新することで、以前行なわれた AR の情報を更新された Web ページに対しても継続的に適用することが可能である。

## 4.5 Web ページのバージョン管理

Web ページの更新には、例えば、イベントの際にページのデザインを一新し、イベントが終わると通常のデザインに戻るといのように、一旦大幅に更新した後でまた元に戻るといったものがある。このような場合、Web ページの更新を連続的に扱っていると、大幅に更新される前の AR 情報を元に戻った Web ページに対して適用できなくなる。

そこで、Web ページの一部が少しずつ更新されていく一連の更新と大幅な更新を別々に考え、更新の際に AR 情報が全く適用できなかったバージョンを、その直前のバージョンの Web ページとは別の更新であると考え、そして、AR 情報を更新するためのマッチングを、別々に扱っている一連の更新での最新バージョンの Web ページに対して行うことで上記の場合に対応する。

## 5. AR サーバ・AR ブラウザ間の通信

再構築された Web 空間を既存の WWW 上に設置するために、AR ブラウザと AR サーバ間の通信には WWW で一般的に用いられている HTTP を利用する。本システムでは HTTP の GET、POST メソッドを用い、ブラウザからのリクエストに応じて独自に定義したヘッダを追加し通信を行っている。定義したヘッダを表 1 に示し、以下にこれらのヘッダによる通信の詳細を述べる。

表 1. 拡張した HTTP ヘッダ

拡張したヘッダ	フィールドの内容
X-ARUser	ユーザ名
X-ARPass	パスワード
X-ARGroup	所属グループの AR サーバのアドレス
X-ARKey	AR サーバから発行される認証文字列
X-AllTimes	1 セッションにおける全接続回数
X-Times	1 セッションにおける現在の接続回数
X-ARVersion	Web ページのバージョン
X-LastVersion	Web ページの最新バージョン
X-Date	Web ページの獲得日時
X-LastModified	Web ページの最終更新日時
X-Title	Web ページのタイトル
X-Updated	Web ページの更新の有無
X-URL	Web ページの URL
X-FileName	コメントファイル名

## 5.1 ユーザ認証における通信

グループメンバの行った AR の情報と対象の Web ページを AR サーバ上に保存するために、ユーザの所属するグループの AR サーバがユーザ認証を行う。また、再構築された Web 空間を参照するには、ユーザがグループトップページにアクセスした時、そのグループの AR サーバがユーザ認証を行う。認証は以下のように行う。

- X-ARUser ヘッダフィールドにユーザ名、X-ARPass ヘッダフィールドにパスワード、X-ARGroup ヘッダフィールドに所属グループの AR サーバのアドレスを付加した GET リクエストを AR サーバに送信する。
- AR サーバはこれらを受け取ると、グループメンバのリストと照合してユーザの認証を行い、ユーザを識別するための文字列(キー)を AR ブラウザに送信する。また、このキーと認証結果を対でリストに保持する。
- 以降 AR ブラウザは、AR サーバへのリクエストの X-ARKey ヘッダフィールドにキーを付加する。

## 5.2 Web 空間の参照における通信

ユーザが認証を行った AR サーバに対して Web ページのリクエストを行うと、その Web ページとそのページに対して付加された AR 情報の中で

ユーザに参照が許されているものを受信する。以下にその手順を示す。

- i. X-ARKey ヘッダフィールドにキー，X-URL ヘッダフィールドに要求する Web ページの URL，X-Version ヘッダフィールドにそのページのバージョンを付加した GET リクエストを AR サーバに送信する。
- ii. AR サーバは認証済みのユーザを記録したリストからキーの参照を行い，ユーザの認証を行う。リクエストの X-Version ヘッダフィールドから，Web ページのバージョン情報を獲得し，このバージョン情報の有無により以下を AR ブラウザに送信する。

#### バージョン情報がある場合

ARサーバ上の Web ページとそれに対応する AR 情報の中でユーザに参照が許されているもの

#### バージョン情報が無い場合

Web ページの更新を調べ，そのページとそのページに対して適用可能な AR 情報の中でユーザに参照が許されているものまたこの時，X-Updated ヘッダフィールドに Web ページの更新の有無が付加される。

### 5.3 Web 空間再構築における通信

AR サーバにグループメンバであると認証されたユーザが AR を行うと，その対象の Web ページを一旦ローカルのファイルに保存し，そのファイルを以下の手順で AR サーバに送信する。

- i. X-ARKey ヘッダフィールドにキーを付加し，X-Updated，X-Data，X-LastModified，X-Title，X-URL の各ヘッダフィールドに Web ページの情報，ボディに Web ページのファイルを付加した POST リクエストを AR サーバに送信する。
- ii. AR サーバはキーによって認証を行い，グループメンバと認証されているユーザであればその Web ページを保存する。また，その保存した Web ページのバージョンを AR ブラウザに送信する。

AR 情報はユーザがページを移動する時，また

はシステムを終了する時に以下の手順で AR サーバへ送信される。

- i. X-ARKey ヘッダフィールドにキー，X-URL ヘッダフィールドに AR 対象の Web ページの URL，X-ARVersion ヘッダフィールドにその Web ページのバージョン，X-Updated ヘッダフィールドに Web ページの更新の有無を付加し，ボディに XML 形式の AR 情報を付加した POST リクエストを AR サーバに送信する。
- ii. AR サーバはキーによって認証を行い，URL とバージョンから AR の対象となった Web ページと対で保存する。

## 6. 評価

研究室の男性 4 名に AR ブラウザを使って WWW 上をブラウジングしながら「携帯電話の技術」に関連する情報を探索し，必要な情報が見つければ積極的に AR を行うよう依頼した。こうして再構築される Web 空間と，ユーザ 4 人がアクセスした Web ページとそのページに含まれるリンクによる空間(アクセス空間)から，以下の値を導出した。

- A. それぞれの空間に含まれる Web ページの総リンク数
- B. それぞれの空間に含まれる Web ページから，そのページに含まれる各リンクを AR された任意の Web ページまで辿ったときの最短パス長の総計
- C. それぞれの空間に含まれる Web ページから，そのページに含まれる各リンクのうちで AR された任意の Web ページに辿り着けるリンクの数(有効リンク数)
- D. それぞれの空間に含まれる Web ページに含まれる各リンクにおける B の平均 (B/A)
- E. A のリンクのうちで，そのリンクを辿って AR された Web ページまで到達できるものの割合 (C/A × 100)

ただし，B，C において，サイトにおける良いデザインとは 3 クリック以内で全てのページを辿

れることとされている(3-click rule)ことから、リンクは3回まで辿り、ARされたWebページまで辿れないリンクにはパス長4と設定した。また、Aにおいて再構築されたWeb空間には、AR操作のプライベートリンクによるリンクの追加、透過操作によるリンク機能の抑制が考慮されている。

ユーザ4人がアクセスしたWebページ数157ページのうち、46ページに対してARが行なわれた。実験結果を表2に示す。

表2. 実験結果

	AWS	RWS
総リンク数	3507	695
最短パス長の総計	13105	2249
有効リンク数	526	277
最短パス長の平均	3.74	3.24
有効リンク数の割合	15.00	39.86

AWS: アクセス空間

RWS: 再構築されたWeb空間

再構築されたWeb空間において、最短パス長の平均が減り、有効リンク数の割合が増えていることから、ユーザがAR操作を行ったWebページへアクセスしやすくなっていると評価できる。

## 7. 関連研究

グループでWebページに対する書き込みを共有するシステムとしてComMentor [3]がある。このシステムはWWW上のドキュメントにコメントを表すアイコンを挿入しグループごとに共有している。しかし、クライアント-サーバ間の通信を独自のプロトコルで行っているため、WWW上にサーバを配置できない本システムではWWWで一般的に用いられているHTTPにより通信を行っている。

GrAnt [4]も同様にWebページに対するアノテーションを共有するシステムであるが、アノテーションの挿入にWebサーバとWebブラウザの間に設置されたプロキシサーバを用いている。この手法では、特別なブラウザを用意せずにアノテーションを共有することができる。しかし、このシステムではWebページにコンテンツを追加する

ことを目的としており、Web空間の構造を変えるといった本稿の目的とは異なる。

## 8. おわりに

本稿では、Webページに対し同じ目的でARを行うユーザグループによるWeb空間の再構築の支援と、その再構築されたWeb空間を参照するためのシステムを提案した。ユーザの興味を明示的に示したAR情報によりWeb空間を再構築することで、既存のWeb空間をグループメンバにとって必要な情報のアクセス性が高いWeb空間へと変えることが可能である。

今後の課題としてはセキュリティーの向上が挙げられる。現在の実装では、ユーザ認証を行う際のユーザ名、パスワードをそのままヘッダに付加しているため、これらに暗号技術等を利用してセキュリティーを向上する必要がある。

謝辞 ARブラウザの拡張に協力していただいた広島大学工学部データベース工学研究室の松本唯志氏に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] M. J. Adler and C. V. Doren, "How to Read a Book", Simon and Schuster, New York, 1972.
- [2] 上原友和, 吉高淳夫, 平川正人, 市川忠夫, "Webページを対象としたActive Readingシステム", 信学技報, MVE99-85, 2000.
- [3] M. Roscheisen, C. Mogensen and T. Winograd, "Beyond Browsing: shared comments, SOAPs, trails, and on-line communities", [http://www.igd.fhg.de/archive/1995\\_www95/proceedings/papers/88/TR/WWW95.html](http://www.igd.fhg.de/archive/1995_www95/proceedings/papers/88/TR/WWW95.html) (In Proceedings of the Third International World Wide Web Conference, Darmstadt, Germany, April 10-14, 1995).
- [4] M. A. Schickler, M. S. Mazer and C. Brooks, "Pan-Browser Support for Annotations and Other Meta-Information on the World Wide Web", [http://www5conf.inria.fr/fich\\_html/papers/P15/Overview.html](http://www5conf.inria.fr/fich_html/papers/P15/Overview.html) (In Proceedings of the Fifth International World Wide Web Conference, Paris, France, May 6-10, 1996).
- [5] <http://www.w3.org/DOM/>
- [6] Microsoft Corporation, Internet Client SDK - Dynamic HTML, 株式会社アスキー, 1998.