Web IndeX を応用した関数型アノテーション共有システムの実装

佐伯 唯† 遠山 元道†

† 慶應義塾大学理工学部情報工学科 〒 223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 E-mail: †saeki@db.ics.keio.ac.jp, ††toyama@ics.keio.ac.jp

あらまし本研究では,限定されたグループ内でキーワードに登録したアノテーションを共有するシステムを実装す るために,任意のWebページにおいて単語をハイパーリンクに変換するWeb IndeXのシステムを用いた.これによ りグループの構成員は登録されたキーワードがWebページに出現した際に,そのキーワードにマウスオーバーするだ けで登録された全てのアノテーションを閲覧することができ,グループでの共同研究・作業における情報や認識の共 有を容易にする.既存の類似システムは特定のページにのみアノテーションを付加するものであり,本研究では付箋 型アノテーション共有システムと定義する.付箋型に対して本システムは関数型と位置付け,任意のページにおいて アノテーションを閲覧することによりアノテーション活用をより効率的に実現する関数型アノテーション共有システ ムを実装した.

キーワード アノテーション, Web IndeX, 共同作業コンピューター支援

1 はじめに

近年,インターネットの普及により情報共有は E メールや SNS,ドライブ等を用いて主に行なわれている.しかし,会社 内や研究室における共同作業・研究において一つ一つの情報や 認識を即時に共有するためにはそれぞれの情報を自らの手で所 定の場所に保存する,もしくは送信する必要があり非常に手間 がかかる.Webページ内において何か共有したい情報が出てき た場合,その場でその単語に直接全員に共有できるメモを書き 込むことができれば共同作業・研究がより効率的になるのでは ないかと考えた.そこで,本研究では特定のグループ内におい て,Webページ内の単語に直接アノテーションを付ける形でそ の内容を共有するシステムを提案する.

アノテーションを共有するという目的のツールは,現在様々 なものが存在する.そのツールの多くは特定のWebページや PDF などのファイル自体やその中の単語にアノテーションを 登録するものである.その場合,ある単語へのアノテーション 登録後,他のページでその単語を閲覧した際に,それに関して の知識をアノテーションを通して共有することが難しい.そこ で,単語そのものにアノテーションを登録し,どのWebペー ジでも閲覧できるようなシステムを利用すれば共同作業・研究 がより効率的になるのではないかと考えた.

本研究では、既存のツールに多い特定の Web ページのみに アノテーションを登録するシステムを、付箋型アノテーション 共有システムと定義する.付箋型に対して、本研究では任意の ページ内の単語でアノテーションを共有できる関数型アノテー ション共有システムを提案する.ある単語にアノテーションを 付けるという関数をデータベースに蓄積し、任意の Web ペー ジを引数として関数を各ページ内の該当する単語に適用するこ とから関数型と位置付けた.

関数型アノテーション共有システムを実装するために、著者

らが提案,開発を行なっている Web IndeX システム [1] [2] を 応用した.Web IndeX(WIX) システムとは,Web ページの閲 覧者が閲覧中のページ内に登場する単語に関連する他のWeb ページへのアクセスを容易にするために,キーワードとURLの 組み合わせであるエントリをXML 形式で記述したWIXファ イルを用いて,Web 文書中のキーワードからハイパーリンクを 生成するシステムである.

本論文の構成は以下の通りである.まず2章において,Web IndeX システムの概要について述べる.3章では本システムの 関連研究について述べる.4章でアノテーション共有システム, 5章で評価について述べる.6章で今後の課題を述べ,7章でま とめを行う.

2 Web IndeX システム

2.1 システムの概要

Web IndeX システムとは、Web における情報資源結合を実 現するシステムである.現在のWebページでは特定のアンカー テキストに特定のリンク先が付けられる構造が一般的であるが、 これに対してWIX システムではキーワードとURLのペアで あるエントリの集合をXML形式で記述したWIXファイルを 使用する.WIXファイルを参照し、任意のWebページ内の文 章に出現するキーワードを対応するURLへのハイパーリンク に変換する.

2.2 WIX ファイル

WIX ファイルはキーワードと URL の組み合わせを XML 形 式で記述したファイルである. 見出し語となるキーワードは keyword 要素として, それに対応する Web ページの URL を target 要素として記述し, この 2 つを合わせてエントリと呼 ぶ. また, header 要素にはそのファイルの概要やメタデータ, 作成者のコメント等を記述することも可能である. WIX ファ イルは、「日本語版 Wikipedia の見出し語一覧」「プロ野球公式 サイト」「Ameba ブログ」などのように内容をグルーピングし たファイルが存在する. WIX ファイルの例を図1に示す.

xml version='1.0' encoding='utf-8'?	
WIX SYSTEM "http://wixdemo.db.ics.keio.ac.jp/wixfile.dtd"	
<wix></wix>	
<header></header>	
<comment>コメント</comment>	
<description>説明</description>	
<language>ja</language>	
<body></body>	
<entry></entry>	
<keyword>錦織圭</keyword>	
<pre><target>https://www.jta-tennis.or.jp/player/tabid/198/pdid/28/Default.aspx<</target></pre>	
<entry></entry>	
<keyword>大坂なおみ</keyword>	
<pre><target>https://www.jta-tennis.or.jp/player/tabid/198/pdid/181/Default.aspx</target></pre>	

図 1 WIX ファイル

2.3 アーキテクチャ

Web IndeX システムのアーキテクチャを図2に示す.WIX システムは、クライアント側から受け取った文章に対してサー バー側でキーワードのハイパーリンクへの変換を行う.



図 2 WIX システムのアーキテクチャ

2.3.1 WIX ライブラリ

WIX ライブラリでは、全ての WIX ファイルを保存してお り、ファイル単位での情報管理を行なっている。WIX ファイ ル作成者は WIX ライブラリを通じて WIX ファイルをアップ ロードすることができ、アップロードされた WIX ファイルは エントリ単位に分解されて WIX DB に格納される.

2.3.2 WIX DB

WIX DBではWIX ファイルをエントリ単位に分割し, RDB にて管理する.wix_file_entry テーブルには,各エントリが 所属するWIX ファイルの id(wid),エントリの id(eid),キー ワード (keyword) とそれに対応するURL(target)等が属性 として存在する.また,WIX ファイルのメタ情報を格納す るwix_file_metainfo テーブルには,WIX ファイルの id(wid), タイトル (name),作成者 (author),作成者によるコメント (comment),WIX ファイルに関する説明 (description),言語 (language)等が属性として存在する.

2.3.3 Find Index

Find Index は, WIX DB 内のエントリ情報をメモリ上に展開し,高速なアタッチを実現するためのオートマトンである. WIX システムでは, Aho-Corasick 法に基づくオートマトンを 構築し,辞書式マッチングを行う.

列	1	型
wid	 	integer integer
keyword	I	character varying
target		character varying

図 3 wix_file_entry テーブルの属性

列	I	型	
wid name author comment description	·+· 	integer character character character character	varying varying varying varying

図 4 wix_file_metainfo テーブルの属性

2.4 ハイパーリンクへの変換

WIX システムのクライアントサイドは Chrome 拡張機能と して実装されている. この拡張機能を Chrome に導入するとブ ラウザ下部に図 5 のようなツールバーが表示される. このツー ルバー内の WIX ファイル名のボタンをクリックすると, Web ページ中の単語が対応するハイパーリンクに変換される. この 結合操作のことをアタッチと呼ぶ. アタッチ前後の Web ペー ジを図 6, 図 7 に示す. 例には朝日新聞デジタルのニュース記 事[4] を使用した.



「タカマツ」ペア、五輪崖っぷち 熾烈なバド代表争い



朝曰新聞

東京五輪まで200日に迫り、代表争いは佳境を 迎えている。晴れ舞台を目指し、ライバル同士がし のぎを削っている注目の競技を追った。

【動画】まるで千手観音、バド169センチペアの すご技

リオデジャネイロ五輪で日本パドミントン界初の金メダルを獲得した「タカマ ツ」ペアの東京五輪出場が危ぶまれている。現在、日本で3番手。高橋礼華、松友 美佐紀組(日本ユニシス)は自らの立場を「崖っぷち」という。

 \Diamond

図 6 アタッチ前

3 関連研究

本研究と同様にアノテーションを共有するシステムとして, Addison Y.S. Su らが開発した PAMS2.0 [5] が挙げられる. こ のシステムは主に教育用に開発されたものであり,限定された 学生のグループ内で同一の資料を読みながらアノテーションを 書き込み共有することで理解を深めることを目的としている.

リオデジャネイロ五輪で日本バドミントン界初の金メダルを獲得した「タカマ ツ」ペアの東京五輪出場が危ぶまれている。現在、日本で3番手。高橋礼華、松友 美佐紀組(日本ユニシス)は自らの立場を「崖っぷち」という。

図7 アタッチ後

PAMS2.0 においては, 個別でのチャットやグループ全員での ディスカッションを行うことができる.また, アノテーション に質問, 解答等の分類分けのタグを付けたり, ページ上に直接 文字を書き込んだりすることが可能である.

また,同様に教育目的のシステムとして,Yu-Chien Chen ら が開発した MyNote [6] が挙げられる. このシステムは, e ラー ニングの学習管理システム (LMS) に組み込まれているシステ ムであり,LMS 内の学習オブジェクトにアノテーションをつ けることが出来る他,LMS から Web ドキュメントにアノテー ションをつけることも可能である.

上記の研究が特定のページにアノテーションを付加する付箋 型であるのに対し、本研究のシステムは任意のページにおける 単語そのものにアノテーションを登録する関数型である.

上記の研究が特定のページにアノテーションを付加するシス テムであるのに対し、本研究のシステムでは任意のページにお ける単語そのものにアノテーションを登録する.

4 アノテーション共有システム

4.1 概 要

本論文で提案するアノテーション共有システムは,WIX シ ステムと同様に Chrome 拡張機能を用いて実装した.ブラウ ザ右上のボタンで表示される図 8 のポップアップメニューから グループ登録や参加,アノテーション登録等を行い,ブラウザ 下部の図 9 のツールバーから参加グループを選択しアタッチを 行う.

Webページ上の文章で辞書式マッチングを行い,アノテー ション登録された単語を変換するという方法はWIX システム で用いられている Find Index を利用した.サーバーサイドに おいて,WIX システムではアタッチを行う際にキーワードをハ イパーリンクに変換したが,それに対して本システムではキー ワードにマウスオーバーすると表示されるアノテーションの吹 き出しをつけた HTML に変換した.また,WIX システムでは WIX ファイルを新たに登録した後に手動で Find Index を構 築したが,本システムでは5分ごとに構築の実行を想定してい る.5分ごとに更新すると,その間に登録されたアノテーショ



Group1	Group2	Group3	Group4	Group5	X	-0-	2
	[N		<u></u>	-			

ンは即時に Web 上に反映することができないため, slack 上で アノテーション登録を即時に通知する機能を追加した.

4.2 アーキテクチャ

4.2.1 ユーザー・グループ管理 DB

ユーザーとグループの管理は user テーブル, group テーブル, join テーブルを用いる. user テーブルにはユーザーの ID(id) と ユーザーの名前 (name) を格納する. group テーブルにはグルー プの ID(id) とグループの名前 (name), グループ参加のための パスワード (pwd), slack 連携 URL(slack) を格納し, join テー ブルにはグループの ID(group_id) とユーザーの ID(user_id) を 格納する.

列	I	型
id name	+ 	integer character varying(15)

図 10 user テーブルの属性

列	1	型	
id name pwd slack	+ 	integer character var character var character var	ying(20) ying(10) ying(255)

図 11 group テーブルの属性

列		型
group_id user_id	-+- 	integer integer

図 12 join テーブルの属性

4.2.2 アノテーション DB

ユーザーとグループの管理は, annotation テーブルと, WIX システムでも利用している 図3の wix_file_entry テーブルを用い て行う. annotation テーブルにはグループの ID(wid) と単語の ID(eid), ユーザー ID(user_id), アノテーション (annotation), 登録された日時 (added_time) を格納する.

列	l	型
	+	
wid	I	integer
eid	I	integer
user_id	I	integer
annotation	I	text
added_time		timestamp without time zone

図 13 anotation テーブルの属性

4.3 DB 例

4.3.1 ユーザー・グループ DB

ユーザー・グループ管理で使用する 3 テーブルの例を表 1, 表 2,表 3 に示した.例のように、各ユーザーは複数のグルー プに所属することができる.この場合、田中さんはネットワー クと AI のグループ、山本さんはデータベースとネットワーク、 佐藤さんはデータベースグループのみに所属している.

表 1	use	er テーフ	ル例
	id	name	
	1	田中	
	2	山本	
	3	佐藤	

表 2 group テーブル例

id	name	pwd	slack
1	データベース	*****	https://hooks
2	ネットワーク	*****	https://hooks
3	AI	****	https://hooks

11/1	表 3 join 🗄	テーブル例
	group_id	user_id
	1	2
	1	3
	2	1
	2	2
	3	1

4.3.2 アノテーション DB

アノテーション管理で使用する2テーブルの例を表4,表5 に示した.この場合,ネットワークグループにおいてブロック チェーンという単語に2つのアノテーション,AIグループに おいて音声認識と自動運転という単語それぞれに1つずつのア ノテーションが登録されている.

表 4 annotation テーブル例

wid	eid	user_id	annotation	$added_time$
2	1	2	「」という本がオススメ	2019-12-28 13:22
2	1	2	参考になりそうな論文が	2019-12-30 20:30
3	1	1	昨年このテーマについて	2020-01-05 08:45
3	2	1	研究室に資料あり	2020-01-08 23:10

表 5	wix_file_entry テーブル例	
-----	----------------------	--

wid	eid	keyword	target
2	1	ブロックチェーン	annotation
3	1	音声認識	annotation
3	2	自動運転	annotation

4.4 ユーザー管理

ユーザー管理には、chrome内のデータストレージである chrome strage を使用した.オプションで chrome アカウント と同期する機能を選択し、異なる端末においても同じ chrome アカウントであれば同一のユーザーとして自動的にログインで きる機能を実装した.一つの chrome アカウントにつき初回の みユーザー名登録が必要であるため、システム導入時にのみ図 14 のような登録画面が表示され、それ以後は図 15 のメニュー 画面が毎回表示される.ユーザー名を登録すると、データベー スの user テーブルにユーザー名が登録される.

olease register username				
	Register			
アノテーション	登録			
新規グループ登	録			
グループslack 🕯	登録			
グループ参加	1			

図 14 ユーザー名登録

4.5 グループ登録および参加

グループはグループ名とパスワードによって管理されている. ユーザーはポップアップメニューから新たなグループを登録す ることができ、登録されたグループ名とパスワードを入力する ことでグループへの参加ができる.ユーザーは最大で5つまで グループに参加でき、参加後はポップアップメニュー画面に図 15 のように参加グループ名が表示される.この番号がツール バーにおける Group1-5 に対応している.グループが新たに登 録されると group テーブルへの追加、参加すると join テーブル にユーザーとグループの ID の組み合わせが登録され、chrome storage にもグループ ID が格納される.

4.6 アノテーション登録

アノテーションを登録する方法は、ポップアップメニューか らの登録とブラウザ上で単語を選択し右クリックでの登録の2 種類実装した.ポップアップメニューからの登録では図16の ように単語をユーザーが入力し、右クリックによる登録では図 17のように選択した単語が登録画面で表示される.アノテー

Yui-Saeki さん			
参加グループ			
①: toyamalab			
②: 登録なし			
③: 登録なし			
@: 登録なし			
⑤: 登録なし			
アノテーション登録			
新規グループ登録			
グループslack登録			
グループ参加			

図 15 グループ参加後

ションを登録すると、wix_file_entry テーブルにグループ ID と エントリの ID, キーワードが格納され, annotation テーブル にグループ ID とエントリの ID, アノテーション内容が格納さ れる.

word			
comment			
roup		Ŧ	



 annotation 	< +	
word: 日本卓球協会	co.jp/hl?a=20200106-0	1050683-nksports-spo
	ドを入力	Q +
comment	速報 映像	個人 特集 意識調査 ランキング 有料
	国内 国際 経済	奇 エンタメ <mark>スポーツ</mark> IT 科学 ライフ :
	五輪団体戦3人 国	日代表に水谷、平野が選出濃厚
group +	7:00配信	日刊スポーツ
submit Group1 Group2 Group2		日本単築協会は今日6日、東京オリンピック(五輪) に派遣する男女3人ずつの代表選手を発表する。1月 発表の世界ランキングで日本人上位2人が選ばれるシ ングルスは男子が雪本智和(16=木下グループ)丹 羽孝杰、女子は伊藤美誠(19=スターツ)石川佳純 がそれぞれ代表を確実にしている。
**	谷隼(左)と平野美宇	【写真】グレー色に髪の毛を染めた平野美宇

図 17 右クリックからの登録

4.7 アタッチ

Web IndeX システムと同様に、ツールバーのボタンを押すこ とでアタッチが行なわれる. アタッチ後の Web ページの例を 図 18 に示す. データベース内で選択したグループにおいて登 録されている単語が全て緑色に変化し、その単語にマウスオー バーすることで黒い吹き出しでアノテーション内容が表示され る.図 17 と図 18 の例には日刊スポーツのウェブニュース記 事[7]を使用した.

卓球五輪団体戦3人目代表に水谷、平野が選出濃厚



日本卓球協会は今日6日、東京オリンピック(五輪) に派遣する男女3人ずつの代表選手を発表する。1月 発表の世界ランキングで日本人上位2人が選ばれるシ ングルスは男子が張本智和(16=木下グループ)丹 羽孝希、女子は伊藤美誠(19=スターツ)石川佳純 がそれぞれ代表を確実にしている。

同スポーツ

【写真】グレー色に髪の毛を染めた平野美宇

注目は団体戦要員の3人目。同協会の強化本部が推薦する形だが、男女それぞれ同 ランキング日本人3位に着けた水谷隼、平野美宇の選出が濃厚だ。

図 18 アタッチ後

4.8 slack との連携

slack との連携には Incoming Webhook [8] という slack 上の アプリケーションを利用した. ユーザー自身が, このアプリ ケーションを slack に追加しチャンネルを登録する. そこで表 示された URL をポップアップメニューからグループの情報に 追加登録することで、そのグループ内で新規のアノテーション 登録が行なわれた際に図 19 のようなメッセージで通知される.

	今日	新しいメッセージ
😑 sa Yu	teki_wix アプリ 11:28 ui-Saekiさんが「日本卓球協会」に「略称はJTTA」を登録しました。	
	図 19 slack 通知	

5 評 価

関連技術で述べた複数の類似ツールと本システムの機能やア ノテーションを共有できる媒体や対象、方法について比較を 行った.

また,本システムと類似ツールを同一の環境下で使うと仮定 した場合に、どのようにアノテーションが共有されたかを数値 実験を行い比較した.

5.1 類似ツールとの機能比較

本論文での提案システムと、類似ツールである Diigo [9], A.nnotate [10], Adobe [11] を機能, 対応フォーマットの側面 において比較を行なった結果が表6と表7である.類似ツール には

表 6 類似ツールとの機能比較

機能	提案システム	Diigo	A.nnotate	Adobe
アノテーション種類	Δ	0	0	Δ
即時共有	0	0	0	0
特定ページ外に適用	0	×	×	×

表 6,表7より提案システムはアノテーション種類,対応 フォーマットの種類で他ツールに劣る一方で、関数型であるた め、付箋型である他ツールには無い特定ページ外に適用するこ

表 7 類似ツールとの対応フォーマット比較

システム	対応フォーマット
提案システム	HTML
Diigo	HTML
A.nnotate	PDF,word,HTML
Adobe	PDF

とができるという特徴がある.提案システムは手書きや付箋の 機能のアノテーションが存在せず,単語に対して登録するアノ テーションのみ利用でき,Webページにのみの対応であるた め,以上のような結果になった.

5.2 数值実験

5.2.1 設定条件

関数型である本システムを評価するための数値実験を,以下 の仮定的条件の下で行なった.特定のWebページのみの単語 にアノテーションを登録する付箋型システムを想定し,比較対 象のシステムとして用いる.

実験の参加者は100人

閲覧できる Web ページは n ページ存在する (n:10, 50, 100, 500, 1000)

 1日1人1ページ好きなページを閲覧する (ランダムに 選択)

m 個の単語にアノテーションが登録されている (*m*:2, 5, 25)

この実験を 50 日間の想定で行い, 10, 30, 50 日目のそれぞれの 時点において各参加者に閲覧されたアノテーションの種類数の 平均を算出し,閲覧率を算出した.この時,Webページ1ペー ジにつき1つのアノテーション単語が含まれているとし,各単 語が存在するページ数は全て等しい.また,付箋型システムに おいては1つの単語につき1ページにのみアノテーションを付 けたと仮定する.

5.2.2 実験結果

はじめに,ページ数による比較を行う.10日目の時点で, m=2の場合の付箋型システムと関数型システムのアノテーショ ン閲覧率は図 20のようになった.m=5の場合も,図 20のよう なグラフによって表される結果となった.また,m=25の場合 の結果を図 21に示す.25種類の場合にはページ数が 25ペー ジより小さいと全て閲覧することができないため,n=10の場 合を除いたグラフを表した.

この2つのグラフより,どちらの場合も付箋型システムより 関数型システムの方が閲覧率が大きく上回ることがわかる.ま た,ページ数の増加により付箋型システムの閲覧率は大きく減 少するが,関数型システムでの閲覧率は大きな変化が見られな い.したがって,ページ数が多ければ多いほど,関数型システ ムがより効率よくアノテーションの共有を行うことができると 推測できる.



図 20 m=2(10 日目)の閲覧率



図 21 m=25(10 日目)の閲覧率

二つ目に,期間による比較を行う.m=5,n=100の両システムによる閲覧率を図 22 に表した.このグラフにより,両システムにおいて期間が長くなると閲覧率も上昇することがわかる.この時,閲覧率の上昇は付箋型システムは大きいが,関数型システムでは 10 日目の時点で閲覧率が 100 %に近かったため,50 日目における上昇率は非常に小さくなった.

このことから,長い期間利用する際は付箋型システムでも充 分にアノテーション閲覧が可能だが,短い期間の利用では付箋 型システムではアノテーションを発見しづらく,関数型システ ムの方がより多くのアノテーションを閲覧することができると 言える.

最後に,アノテーション単語数による比較を行う.30日目, n=100の両システムによる閲覧率を図23に表した.このグラ フより,付箋型システムでは単語数が増えると閲覧率も増加す るのに対して,関数型システムでは単語数が増えると閲覧率が 大きく減少することが読み取れる.これは,付箋型システムで は単語が存在するページ数が増えた一方で,関数型システムに おいては一つの単語が n/mページに存在するため,分母であ る単語数が増えると閲覧率が下がったと考えられる.

5.2.3 比較結果

以上の比較により、どの場合においても関数型システムの閲 覧率が付箋型システムの閲覧率を上回ることがわかった.この



図 22 m=5,n=100 の閲覧率



図 23 n=100(30 日目)の閲覧率

閲覧率の差は、付箋型システムを利用した際のアノテーション の見落とし率とも言うことができる. 関数型である本システム を利用すると、グループの構成員やユーザー自身が付けたアノ テーションの見落としを減らし、蓄積したアノテーションをよ り活用できると考えられる.

6 今後の課題

本研究におけるシステムでは、5分ごとに Find Index を構 築しており,実行中はアノテーション共有システムにおけるア タッチができない状況である.オートマトン構築の対象が数百 件の場合はあまり時間がかからないため問題視されないが,約 250万件の時はおよそ10分かかるように,件数が多くなると 実行に非常に長い時間かかると考えられる.したがって,多く のアノテーションが追加されることを考慮すると、インクリメ ンタルにオートマトンを構築したり、構築の対象を限定したり する,またはアノテーションの削除機能を追加するなどの工夫 が必要であり,今後の課題としたい.

7まとめ

本論文では、限定されたグループ内での情報や認識の共有を 容易にするために、関数型アノテーション共有システムを実装 した.特定のページではなく単語自体にアノテーションを付け ることで、アノテーションをより効果的に活用するための閲覧 率を上昇させることができた.実装にあたっては,サーバーサ イドで辞書式マッチングを行う方法は WIX システムと同様の Find Index を用い,クライアントサイドでユーザーを管理する ために chrome storage を利用した.また,登録を即時に通知す るために slack のアプリケーションである Incoming Webhook を使用した.しかし,実行時間などの問題点があり,提案した システムは十分であるとは言えないため,問題点を解決するこ とでより効率的なシステムを実装する必要がある.

文 献

- 林昌弘,青山峻,朱成敏,遠山元道. Keio WIX システム (1) ユー ザインターフェース. データ工学ワークショップ, DEIM2011. 2011.
- [2] 森良介, 藪達也, 朱成敏, 遠山元道. Keio WIX システム (2) サーバーサイド実装. データ工学ワークショップ, DEIM2011. 2011.
- [3] 石崎文規,遠山元道. 大規模 Aho-Corasick オートマトンにおける追加更新手法の提案. データ工学ワークショップ, DEIM2012.
 2012.
- [4] 朝日新聞デジタル、『「タカマツ」ペア、五輪崖っぷち 熾烈なバド代表争い』閲覧日時 2020 年1月14日
- https://www.asahi.com/articles/ASMD15H99MD1UTQP02W.html [5] Addison Y.S. Su, Stephen J.H. Yang, Wu-Yuin Hwang b, Jia
- [5] Ruhson F.S. Su, Stephen S.R. Fang, Vul Tum Rwang 9, 51a Zhang. A Web 2.0-based collaborative annotation system for enhancing knowledge sharing in collaborative learning environments. Computers & Education 55 (2010) 752-766.
- [6] Yu-Chien Chen, Ren-Hung Hwang, Cheng-Yu Wang. Development and evaluation of a Web 2.0 annotation system as a learning tool in an e-learning environment. Computers & Education 58 (2012), pp. 1094-1105, 2010.
- [7] 日刊スポーツ,『卓球五輪団体戦3人目代表に水谷、平野が選出 濃厚』閲覧日時 2020 年1月14日
- https://www.nikkansports.com/sports/news/202001050000683.html
- [8] https://api.slack.com/messaging/webhooks
- [9] 『Diigo Better reading and research with annotation, highlighter, sticky notes, archiving, bookmarking & more.』閲覧
 日時 2020 年 1 月 14 日
 https://www.diigo.com/
- [10] 『A.nnotate.com: Upload, Annotate, Share. Online document review and collaboration - PDF, Word and HTML』 閲覧日時 2020 年 1 月 12 日 http://a.nnotate.com/
- [11] 『Adobe Acrobat DC Adobe Document Cloud』閲覧日時 2019年1月14日 https://acrobat.adobe.com/jp/ja/acrobat.html