

遅延更新許容型 Web キャッシュサーバの試作と評価

蔵下雄大¹ 高見一正¹

概要： 国際連合は 2015 年 9 月の国連サミットで世界の貧困を終わらせ持続可能な世界を目指している。しかし、現状として 5900 万人の子供が学校に通えず、7 億 8100 万人が読み書きできない。その子供たちはスマートフォンを持っても様々な障害でインターネットに接続できず、e ラーニングなどの個人の学習すらできない。本稿では、このような教育欠如の問題を解決するために、オフライン状況下において Web コンテンツを閲覧し学習できる遅延更新許容型 Web キャッシュサーバシステムを提案した。ユーザがオフライン状況下で Web コンテンツの取得要求・閲覧が可能なサーバと、取得要求のあった Web コンテンツを自動的に取得するサーバを設計した。PC に提案サーバを実装し、外国人の被験者 11 名による利用実験を行った。実験では、キャッシュ表示成功率・学習満足度・学習意欲向上度を評価した。

Prototyping and Evaluation of Delay-Tolerable Update Web Cache Server

YUDAI KURASHITA¹ KAZUMASA TAKAMI¹

1. はじめに

国際連合は 2015 年 9 月の国連サミットで「Sustainable Development Goals (持続可能な開発目標)」を採択し[1]、国連加盟 193 カ国が 2016 年から 2030 年の 15 年間で世界の貧困を終わらせ、持続可能な世界を目指している。SDGs は 17 の大きな目標と、それらを達成する 169 のターゲットで構成されている。その中で、全 17 の目標の中心に「学習」が位置づけられ、教育と学習を多様な形態で推進することが、教育の機会や質の保証のみならず、持続可能な社会の構築に向けても重要であることが示唆されている。しかし、現状として、5900 万人の子供が学校に通えず、7 億 8100 万人の人が読み書きできない[2]。

一方、世界中にはインターネット上において無料で教育を受けられる e ラーニングが数多く存在している。実際に「Khan Academy」というサービスで、発展途上国の教育を受けられない子供がその国の最難関大学に合格したという事例もある。また、スマートフォンを用いて e ラーニングを受けるモバイルラーニングという手法も存在している。しかし、教育を受けられない子供の中には、スマートフォン所持者が存在するにも関わらず、様々な障害によりインターネットを使用できず、モバイルラーニングによる個人の学習すらできない状況である。

本稿では、インターネットに接続できないローカルな環境内のユーザがスマートフォンを用いて、学習可能なレベルの Web コンテンツを閲覧・取得要求でき、またインターネット環境において取得要求に対する Web コンテンツを

自動取得可能なシステムを提案する。第 2 章では関連研究の説明を行う。第 3 章では提案システムの詳細を述べる。第 4 章では提案システムを評価するための試作について述べ、第 5 章で評価方法と評価実験の結果を示す。第 6 章で本稿のまとめと今後の課題を記す。

2. 関連研究

2.1 Web キャッシュの保存サイトとアクセス法

Web コンテンツを効率的に閲覧でき、効果的に利用するために Web キャッシュの様々な保存方式が実現されている。代表的なものとして、ネットワーク内に設置された Proxy サーバがある[3]。しかし、端末がこの Proxy サーバの Web キャッシュを閲覧するためには、端末は常にネットワーク接続できていることが暗黙の条件となっている。

一方、常にネットワークに接続していなくても Web キャッシュを閲覧できる方式として、端末内に Web ブラウザとは独立に Proxy サーバを構築した方式[4]や、Web ブラウザにキャッシュ保存機能を実現している Google Chrome 等のブラウザがある。文献[4]では端末内のローカル Proxy サーバにキャッシュを保有することでネットワーク切断時でも Web コンテンツの閲覧を可能にしている。また、HTML ドキュメントにコンテンツのキャッシュコントロールパラメータを付加することにより、キャッシュする効果があるコンテンツの判別と制御を可能としている。しかし、キャッシュコントロールパラメータは HTML ドキュメント内に記述する必要があるため、Web コンテンツ作成者しか指定

¹ 創価大学 大学院工学研究科 情報システム工学専攻
Graduate School of Engineering, Soka University

できず、ユーザ自身ではどのコンテンツをキャッシュするかを指定できない。また、これらの端末内に Web キャッシュを保存する方式では、キャッシュされた Web コンテンツを複数のユーザで共有することはできない。

一方、ネットワーク切断時でも Web キャッシュを複数のユーザで共有する方式として、無線 LAN のアクセスポイント(AP)に格納する方式が提案されている[5]。AP に DTN (Delay/Disruption Tolerant Networking)機能を搭載することで、ネットワークに接続できないローカル AP にユーザ端末の SCF (Store and Carry Forward)機能を利用して Web キャッシュを複製する。その他のユーザはそのローカル AP に接続することでオフライン状況下においても Web コンテンツを閲覧できる。しかし、Web コンテンツの AP への複製がユーザの移動に依存するため、更新と新規取得の頻度が限定される。また、一般利用を想定しているため、学習支援機能は考慮されていない。

本研究では、インターネットに接続できないオフライン状況下においても、ユーザからのコンテンツ取得要求を可能にした。また、キャッシュしたいコンテンツの指定は、Web コンテンツ作成者ではなく、ユーザ自身で選択できる。さらに、Web キャッシュの取得と更新を教師であるシステム運用者が自在に行えるように、持ち歩く端末にローカル Proxy サーバと学習内容に応じたキーワードに基づくキャッシュコントロールを配備した[6]。

2.2 フリースクールでの学習スタイル

世界では、非就学児童、学校中退者、少数民族、ストリートチルドレン、移民、国内避難民、難民などの教育を受ける機会のない人々の「基本的な学習のニーズ」を補充するためにノンフォーマル教育が行われている[7]。ノンフォーマル教育は「何らかの形で組織されたフォーマル教育システムの外での教育活動」と定義されており、学習者の主体的な学びを促し支援するという立場から教師ではなく「アニメータ」や「ファシリテータ」と呼ばれる指導者により行われる。授業形式は教師が指導する教科書ベースではなく、パッケージ化された教材を使った自己学習が中心のカリキュラムとなっている。昔は通常教育を補完するも

のと言われてきたが、現在では NGO などがフリースクールを提供するなど世界的にノンフォーマル教育が行われており、ノンフォーマル教育の重要性が高まっている[8]。しかし、指導者が専門の教師でなく、指導者の能力不足が問題となっている。それに伴い、インターネット上には e ラーニング教材などの Web コンテンツが存在するが、生徒の年齢・学習レベルにばらつきがあり、教師が全生徒に適した Web コンテンツを選択するのは非常に困難である。本稿では、生徒自身で e ラーニング教材などの Web コンテンツを取得要求することにより、ノンフォーマル教育を補助するシステムを提案する。

2.3 本研究の位置づけ

既存のキャッシュ手法として、2.1 節で述べたように文献[4]のようなネットワーク Proxy サーバ、ブラウザキャッシュも含めたローカル Proxy サーバの 2 つに大きく分けられる。それに加え、文献[5]では無線 LAN のアクセスポイントにキャッシュを格納する手法がある。以上の 3 つのキャッシュ手法と提案手法との差異を表 1 に示す。

3. 遅延更新許容型 Web キャッシュサーバ

3.1 要求条件と所要機能

本システムへの要求条件として、大きく 3 点あげられる。1 点目にキャッシュを複数人でシェアできることである。本システムは 10 名以上のクラスのようなコミュニティで使用することを想定する。キャッシュを全員でシェアすることで閲覧したい Web コンテンツが被った場合すぐに閲覧し学習できる。したがって、全ユーザのキャッシュを保存・表示させる機能が必要となる。

2 点目にユーザがスマートフォンを通して閲覧したい Web コンテンツの要求・閲覧をオフライン状態で可能にすることである。本システムの対象者は、インターネットに接続できないオフライン状況下にいるユーザであるので、キャッシュの要求、閲覧共にオフライン状況で行う必要がある。従って、ユーザのスマートフォンとオフラインでも通信できる機能、ユーザからの取得要求を保存する機能、本システム内のキャッシュを取り出してユーザに表示する

表 1 本研究の位置づけ

比較方式 比較項目	ネットワーク Proxy サーバ	ローカル Proxy サーバ[4]	Opportunistic Web Access[5]	提案システム
複数人での Web キャッシュ共有	○ (可)	× (不可)	○ (可)	○ (可)
学習キーワード 推薦	× (無)	× (無)	× (無)	○ (有)
Web キャッシュ コントロール	アクセス頻度依存型	コンテンツ作成者依存型	アクセス頻度依存型, ユーザ移動依存型	ユーザ指定のキーワード リスト起動型
オフラインでの 利用可否	× (不可)	○ (可)	○ (可)	○ (可)
キャッシュの 保存位置	ネットワークサーバ	端末	無線 LAN の AP	端末

機能が必要となる。

3 点目に取得要求があった Web コンテンツの取得を自動で行う必要がある。理由は2つある。1 点目にシステム運用者が手動で Web コンテンツを取得すると相当な労力を要するからである。例えば、システム利用者 10 名、1 人 10 個の取得要求、1 つの取得要求につき取得する Web コンテンツが 5 ページだとする仮定すると、最低でも全体で 500 ページ取得しなければならない。これを手動で取得するとしたら非常に労力がかかるので、システム運用者（例えば、現地の「アニメータ」や「ファシリテータ」）は一切の操作なく、インターネットに接続しているだけで自動的に全取得要求の Web コンテンツを取得できるようにする。2 点目に、システム運用者の能力の有無に関わらず誰でもシステムを運用したいからである。システム運用の際に専門的な知識やある程度の知識が必要となると本システムの運用者が限られ、利用できるユーザの数も減少する。そのため、コンテンツ取得を自動化するべきである。従って、インターネット接続を自動的に判断する機能、自動的にユーザの取得要求に対する Web コンテンツを取得する機能、取得した Web コンテンツをキャッシュとして保存する機能が必要となる。

以上の機能を実現する遅延更新許容型 Web キャッシュサーバの利用シーンを図 1 に示す。また、遅延更新許容型 Web キャッシュサーバを構成する学習キーワード推薦型ローカル Web サーバ、リスト起動型 Web キャッシュサーバの 2 つのサーバの機能を 3.2 節と 3.3 節にそれぞれ記述する。

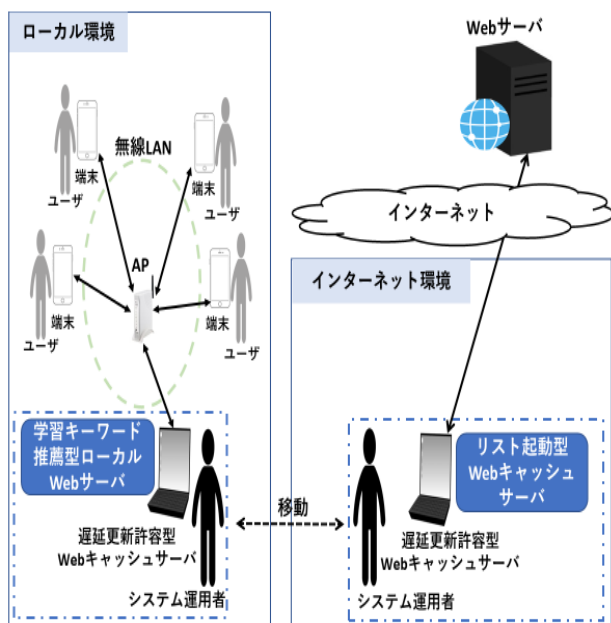


図 1 本システムの利用シーン

3.2 学習キーワード推薦型ローカル Web サーバ

ローカル環境において本サーバは、ユーザからの Web コンテンツの取得要求の蓄積や Web コンテンツの表示、キャッシュに該当する Web コンテンツの有無の判定やUI の提供などを実現する必要がある。その機能を以下に示す。

3.2.1 キーワードリクエスト機能

本機能はユーザから取得要求したい Web コンテンツのキーワードを受信し、本サーバ内にそのキーワードを蓄積する機能である。ユーザによって入力されたキーワードが取得要求となり、本サーバはそれを受信する。受信したキーワードはデータベースで保管する。表 2 にデータベースのユーザ管理テーブル (user テーブル)、表 3 にキーワード管理テーブル (kword テーブル)、表 4 にキーワード毎の Web コンテンツ管理テーブル (address テーブル) の定義を示す。user テーブルはユーザ情報を保存するテーブルである。kword テーブルは 1 人のユーザに対するキーワードを保存するテーブルである。address テーブルは 1 つのキーワードに対する情報を記したテーブルである。

表 2 user テーブル定義

フィールド	タイプ	役割
uid	int(11)	ユーザID (主キー)
name	varchar(70)	ユーザ名
password	varchar(100)	パスワード

表 3 kword テーブル定義

フィールド	タイプ	役割
uid	int(11)	ユーザID (主キー)
word	varchar(100)	キーワード (外部キー)

表 4 address テーブル定義

フィールド	タイプ	役割
word	varchar(100)	キーワード (外部キー)
title	varchar(255)	Web ページ名
url	varchar(255)	Web ページのURL
ads	varchar(255)	キャッシュのパス
fname	varchar(100)	Web ページのファイル名

3.2.2 キャッシュ閲覧機能

本機能は登録済みの全てのキーワードを一覧させ、閲覧したいキーワードを選択することで、キャッシュを表示させる機能である。全てのキーワードを閲覧させる理由は 2 点ある。1 点目に、ユーザが以前に要求したキーワードを忘れ、キャッシュが閲覧できないようなことを防ぐためである。2 点目に、学習キーワードを推薦することで、学習するトピックをどのようにキーワードで検索すればよいか分からない、気付かないユーザをなくすためである。キーワードの表示方法としては、使用しているユーザが要求したキーワードから順に上から表示する。

ユーザがキーワード一覧の中から閲覧したいキーワードを選択すると（複数でも可）、次の画面で選択したキーワード 1 つにつき、そのキーワードに関する Web ページ名が n 件表示される。そして、閲覧したい Web ページ名を選択するとそれに対するキャッシュが表示される。まだキャッシュ

がない場合、Web ページ名は表示されず、現在取得中と表示される。

キャッシュの参照方法としては、データベースを参照してそのキャッシュの格納アドレスを確定する。キャッシュのアドレスは「ドメイン名（キーワード推薦型ローカル Web サーバの IP アドレス）+cache（キャッシュが保存されているディレクトリ名）+選択した Web コンテンツが保存されているディレクトリ名（address テーブルの「ads」の値）+ファイル名（address テーブルの「fname」の値）」とした。

以下にキーワードによるキャッシュ閲覧アルゴリズムを示す。

STEP1. ユーザのログインを確認。

STEP2. データベースの kword テーブルの word フィールドから登録済のキーワードをユーザに表示。

CASE1. ユーザのキーワード入力により、取得要求を受信した時、キーワードを kword テーブルと address テーブルの word フィールドに格納し、STEP2 へ。

CASE2. ユーザが選択したキーワードを受信した時に、受信したキーワードを全て配列に格納し、STEP3 へ。

STEP3. 配列から 1 つキーワードを取り出し、そのキーワードに対するキャッシュの有無判定。

CASE1. キャッシュがある時、キーワード 1 つにつき、address テーブルの title フィールドから n 件の Web ページ名を取り出し表示し、STEP5 へ。

CASE2. キャッシュがない時、キャッシュ取得中と表示し、STEP2 へ。

STEP4. 配列の取り出していないキーワードの有無確認

CASE1. 取り出していないキーワードがある時、そのキーワードを 1 つ参照し、STEP3 へ。

CASE2. 取り出していないキーワードがない時、STEP5 へ。

STEP5. ユーザが選択した Web ページ名のコンテンツが置いてあるキャッシュアドレスを address テーブルから取り出し、Web コンテンツを表示。

3.3 リスト起動型 Web キャッシュサーバ

インターネット環境において、本システム内に蓄積されているユーザからの取得要求である閲覧したい Web コンテンツのキーワードをキーとして、Web コンテンツを取得し、キャッシュとして保存するためのリスト機動型自動 Web 探索管理機能について示す。

本機能はインターネット環境かどうかを自動的に判断し、ユーザからの取得要求が保存されているデータベースのキーワードリストを参照し、そのキーワードをキーに Web コンテンツを取得する。

Web コンテンツの取得には、データベースの address テーブルの word フィールドにあるキーワードリストを参照し、そのキーワードをキーに自動的に検索し、Web コンテンツを取得する。また、ユーザが Web コンテンツで学習できるように、Web コンテンツ内の画像・CSS・JavaScript・動画・リ

ンク先の Web コンテンツも取得する。

リスト起動型 Web キャッシングアルゴリズムを以下に示す。

STEP1. t 分周期でインターネット接続確認。

CASE1. インターネット接続状態の時、STEP2 へ。

CASE2. インターネット未接続状態の時、終了。

STEP2. データベースの kword テーブルの word フィールドからキーワードを 1 つ参照。

CASE1. 参照成功で、STEP3 へ。

CASE2. kword テーブルの word フィールドを全て参照した時、終了。

STEP3. 参照したキーワードのキャッシュが存在するか確認。

CASE1. キャッシュあり。STEP2 へ。

CASE2. キャッシュなし。STEP4 へ。

STEP4. 取り出したキーワードを検索サイトに投入して、インターネット検索。

STEP5. 検索結果として取得した Web ページ名とその URL を上からそれぞれ n 個取得。

STEP6. 取得した Web ページ名を 1 つ参照。

CASE1. 参照成功の時、STEP7 へ。

CASE2. 取得した Web ページ名を n 個参照済み、もしくは参照している Web ページ名に対し Web コンテンツを m 個取得済の時、STEP2 へ。

STEP7. 選択した Web コンテンツに動画サイトがリンクされているか確認。

CASE1. 動画サイトありの時、STEP8 へ。

CASE2. 動画サイトなしの時、STEP9 へ。

STEP8. 選択した Web コンテンツにリンクされている動画をダウンロード。STEP10 へ。

STEP9. Web コンテンツを画像・動画・CSS・JavaScript・リンク内のページを含めて取得。

STEP10. データベースの address テーブルの各フィールドに対応する情報を登録し、STEP2 へ。

4. 試作システム

提案方式の有意性を評価するため、試作システムを開発した。本試作ではマシン DELL OptiPlex 3040 に学習キーワード推薦型ローカル Web サーバとリスト起動型 Web キャッシュサーバから構成される遅延更新許容型 Web キャッシュサーバを搭載した。OS は CentOS 6.9 を使用した。スマートフォンと通信する Web サーバとして Apache2.2.15 をマシンに搭載した。また、ローカル環境とインターネット環境の切り替えとして LAN 切り替え機を用いて、手動で切り替えを行った。UI やデータベースとの通信などキーワード推薦型ローカル Web サーバに関連するシステムは HTML5 と PHP 7.0.23 で記述した。リスト起動型 Web キャッシュサーバのシステムも PHP 7.0.23 で記述した。両サーバのデータベースとして MySQL5.1.73 を使用した。

インターネット接続の判断方法は、Linux の cron を利用する。cron とは UNIX 系システムの常時プログラム（デーモン）の一種で、ユーザの設定したスケジュールに基づいて指定したコマンドやシェルスクリプトなどを自動実行するプログラムである。この crone を利用して、t 分周期で get_file_contents を起動し、HTML ファイルを取得できるかどうか確認し、取得できればインターネット接続状態とする。

また、キーワード検索結果取得のため、Web コンテンツの取得には Google が全文検索サービスとして提供している API の 1 つである Google Custom Search API を利用した[9]。Google Search Custom API を使用すれば JSON のカスタム検索 API を使用することで、プログラムによって Google カスタム検索から検索結果を取得することが出来る。この API を利用するために、事前に検索エンジン ID と API キーを取得した。また、1 つの Web コンテンツの上限を 3MB とした。図 2 にソフトウェア構成、図 3 に試作システム構成、表 5 にパラメータ条件を示す。

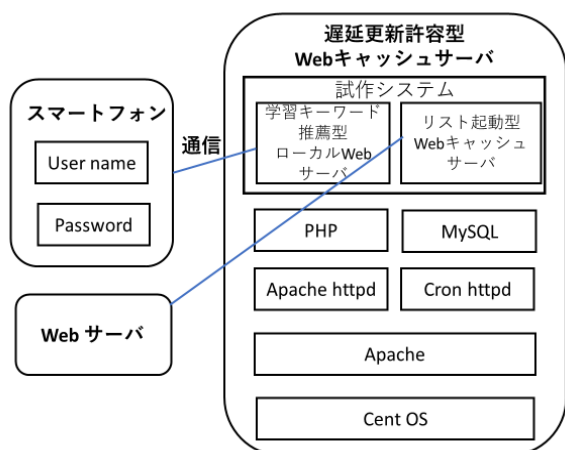


図 2 ソフトウェア構成

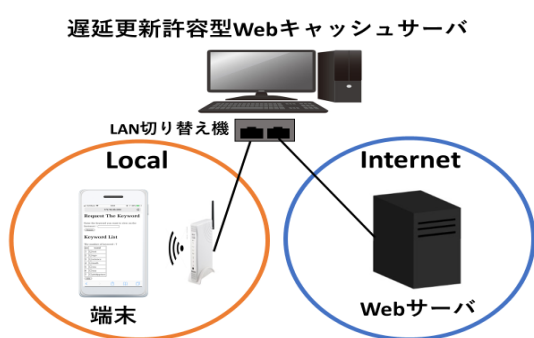


図 3 試作システム構成

次に、試作システムの UI として、図 4 にログインした後に表示される取得要求入力画面を示す。ユーザは取得したい Web コンテンツのキーワードを入力フォームに入力し、Request ボタンをクリックすることで取得要求が完了する。

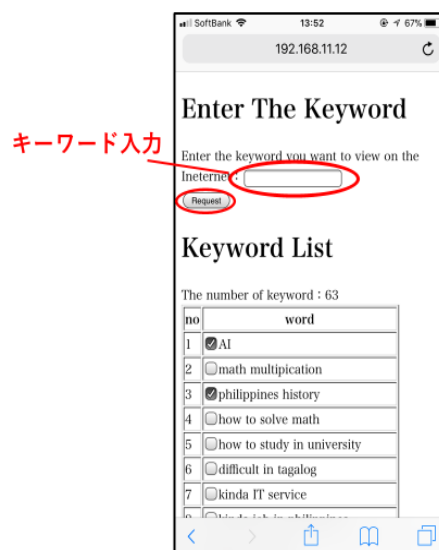


図 4 取得要求入力画面

図 5 に学習キーワード選択画面を記す。キーワードリストには登録済のキーワードが全て表示されている。取得要求した後はキーワードリストにキーワードが追加される。この中から閲覧したい学習キーワードを選択し(複数可)、決定ボタンをクリックする。

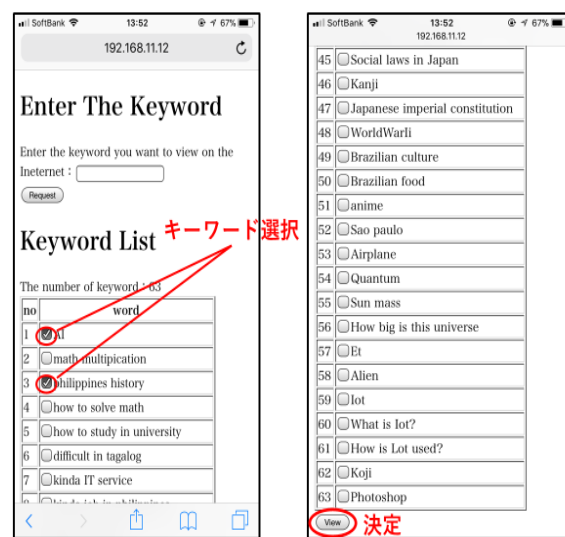


図 5 学習キーワード選択画面

表 5 パラメータ条件

パラメータ名		値	理由
t	インターネット接続確認の間隔時間	1(分)	通信不安定な環境を考慮し随時確認するため.
n	1つのキーワードに対する Web ページ名と URL の取得上限数	20(個)	十分に Web コンテンツ取得可能な個数であるため.
m	1つのキーワードに対する Web コンテンツ取得上限数	5(個)	キャッシュ容量考慮のため.

図 6 に Web コンテンツ選択画面を示す。ここでは学習キーワード選択画面で選択したキーワードに対して、Web ページ名を表示する。キーワード 1 つに対して 5 つの Web ページ名を表示する。まだキャッシュが取得できていないときは、「取得中」と表示する。閲覧したい Web ページ名を選択することでキャッシュしてある Web コンテンツを表示する。

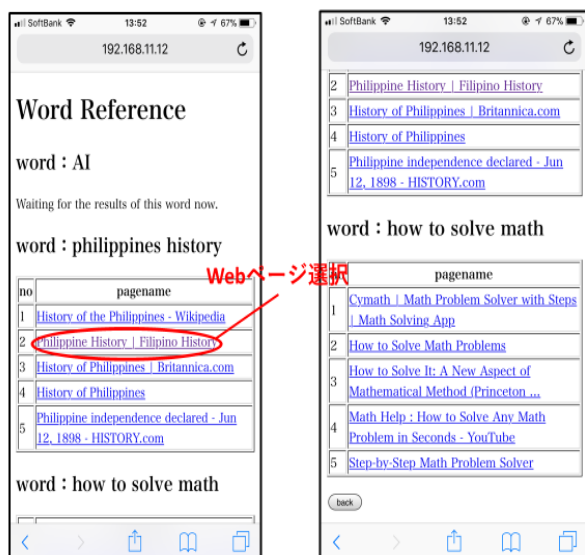


図 6 Web コンテンツ選択画面

5. 評価

5.1 評価環境

試作システムの評価目標は「オフライン状況下で、ユーザが Web コンテンツで学びたいことを学習できるシステム」である。そこで、評価項目を本システムが正常に動作したか、ユーザが満足に学習できたか、ユーザの学習意欲が向上したかの 3 点で評価する。つまり、キャッシュ表示成功率・学習満足度・学習意欲向上度の 3 つの指標で評価テストを行った。以下に評価シナリオの流れを示す。また、表 6 に評価条件を示す。

評価シナリオの流れ：

1. 被験者は 10 個のトピックから 1 つ選択する。
2. 被験者は持参のスマートフォンを機内モードにし、無線 LAN で本システムにアクセスする。
3. 被験者は選択したトピックを学習するために、本システム内でキーワードを入力する。
4. 入力終了後、被験者はトピックとは無関係に自由にキーワードを入力する。
5. 被験者は改めて 1 日後に研究室に来る。
6. 2 と同様。
7. 被験者は本システムでキャッシュされた Web コンテンツを用いて選択したトピックを学習する。
8. 本システム使用後アンケートに答える。

表 6 評価条件

項目	条件
場所	研究室
被験者	留学生 (11 名)
被験者の出身国	ドイツ・香港・ガーナ・マレーシア・フィリピン・ブラジル・USA・ケニア
被験者の年齢	19～30 歳 (男女比 8:3)
端末	被験者のスマートフォン
通信方法	無線 LAN
リクエストから取得までにかかる日数	1 日
取得する Web コンテンツ	英語表記のコンテンツのみ
被験者が選択するトピック	Four color theorems, Community Development, Universe, Japan History, France, Napoleon, IoT, Bitcoin, Pythagoras theorem, Corruption
アンケート項目	28 個 (付録 1 参照)

5.2 評価結果

5.2.1 キャッシュ表示成功率

表 7 にキャッシュ表示成功率の結果を示す。被験者のキーワードリクエスト数は計 62 個あり、各キーワードにつき 5 つの Web コンテンツを取得するので、310 ページの Web コンテンツを取得しなければならない。全実験終了後、310 ページ全てのページを取得できた。しかし、実際に表示できたのは 310 ページ中 223 ページの 71.9%となった。原因として 2 点ある。1 点目に取得した Web コンテンツの HTML ファイルに記載された各ファイルのパスが保存先と異なっていたからである。具体的には、取得した Web コンテンツ内にある画像・CSS・JavaScript ファイルのパスが異なった絶対パスのままになっていたため、ファイルを探した状態のまま Web コンテンツが表示されなかった。

2 点目に、URL にクエリパラメータが使用されているからである。このパラメータとはサーバに情報を送るために URL に付け加える変数を指す。クエッションマークを URL の末尾に着けることで、「変数=値」の形式でサーバに送信するデータを URL に含める。例を図 7 に示す。

<https://www.ushmm.org/wlc/en/article.php?ModuleId=10005137>

図 7 URL にクエリパラメータを含む例

この URL の?ModuleId=10005137 の部分が認識できず、適した処理ができなかったので Web コンテンツの表示に失敗した。しかし、それ以外の Web コンテンツは問題なく画像・CSS・動画・JavaScript・リンク先の Web コンテンツの全て表示できた。

表 7 キャッシュ表示率の実験結果

項目	数
キーワード数	62 個
Web コンテンツ取得予定数	310 ページ
Web コンテンツ取得成功数	310 ページ
表示できた Web コンテンツ数	223 ページ
Web コンテンツ取得成功率	100%
キャッシュした Web コンテンツ表示成功率	71.9%

5.2.2 学習満足度

学習満足度を評価するため、付録 1 の質問項目を記載したアンケートを行った。Q5 の「本システムを利用し満足にトピックを学習できたか」というアンケート項目の結果を学習満足度とした。表 8 に学習満足度の結果を示す。アンケート項目は 5 点満点で評価する。結果は、11 人の被験者の平均学習満足度は 5 点満点中 4.1 点となった。8 割以上の被験者が 4 点、5 点の満足度であったが、2 名は 3 点、1 点という結果になった。その主な原因として、5.2.1 節で述べた通り希望する Web コンテンツが正しく表示されなかったからである。言い換えれば、5.2.1 節で述べた原因を解決すると学習満足度は大いに向上すると考えられる。

表 8 学習満足度の実験結果

回答	回答者数	意見及び備考
5 点	5 人	リンクの Web コンテンツも閲覧でき満足に学習できた。
4 点	4 人	動画が視聴できたが閲覧できないコンテンツもあった。
3 点	1 人	Web コンテンツの表示速度が遅い。
1 点	1 人	被験者が閲覧したい Web コンテンツがエラーにより表示されなかった。
全回答の平均点	4.1 点	※2 点該当者はいなかった

5.2.3 学習意欲向上度

学習意欲向上度を評価するために、世界的に認知された Keller の提唱した ARCS モデル手法を使用した[10]。ARCS モデルとは学習者の学習意欲の問題と対策を、注意 (Attention)・関連性 (Relevance)・自信 (Confidence)・満足感 (Satisfaction) の 4 つに分け、さらにそれぞれの要因を 3 つの小要因に分けた計 12 の要因と、それぞれに対応した動機的设计の手順を提案したものである。本アンケートでは ARCS モデルの 4 つの要因から構成される 12 の小要因に対応する質問をアンケート項目の Q12~24 である計 13 個作成した。その ARCS モデルを参考に作られた 13 個のアンケート項目により学習意欲向上度を評価する。

評価方法としては、各項目 10 点満点とし、全被験者の実

験終了後に全アンケート結果の平均点を取る。その後、13 個あるアンケート項目を 4 つの要因ごとにまとめ、4 つの要因の平均点を取る。

表 9 に学習意欲向上度の結果を示す。表から Attention (注意), Relevance (関連性), Confidence (自信), Satisfaction (満足感) の全ての項目において 10 点満点中 8 点程度とれていることがわかる。つまり、本システムにより学習意欲が向上されたと考えられる。その要因として、他のアンケート項目の「他人が取得要求を送っていた Web コンテンツを閲覧したか」という質問において、ほとんどの被験者が、自分が要求した以外の Web コンテンツも閲覧していた。従って、他人のキャッシュもシェアできる本システムの有意性もここで大きく示せたと考えられる。

表 9 学習意欲向上度の実験結果

項目	平均点
Attention (注意)	8.0
Relevance (関連性)	8.1
Confidence (自信)	7.8
Satisfaction (満足感)	7.8

6. まとめ

本稿では、教育を受けられない子どもがノンフォーマル教育環境において満足に学習できるように、オフライン状況下で Web コンテンツを閲覧して学習できるシステムを提案し、試作した。その結果、キャッシュした Web コンテンツの表示率が 71.9%、学習満足度が 5 点満点中 4.1 点、学習意欲向上度が 10 点満点中 8 点程度得ることができ、本システムの有意性を確認できた。したがって、オフライン環境において、1 日程度の時間が経過しても Web コンテンツを閲覧することにより学習できるシステムを構築し、ほぼ満足に学習でき、また学習意欲も向上したと考えられる。

オフライン環境で Web コンテンツを表示させるときに、閲覧できないものをあつた。原因として異なったパス表示や URL パラメータの影響で Web コンテンツを表示出来なかった。その影響で学習満足度、学習意欲向上率が大きく下がったと考えられる。しかし、Web コンテンツを閲覧できた人は学習満足度、学習意欲向上度は高いので、この問題を改善するとさらに本システムの有意性を表せられると考える。

今後は、端末に取得要求などのデータを蓄積させ、本システムとデータの通信を可能にする DTN の中継機能実現を目指す。

参考文献

- [1] 持続可能な開発目標—国連開発計画(UNDP), 国連開発計画 駐日代表事務所(オンライン), 入手先<<http://www.jp.undp.org/content/tokyo/ja/home/sdg/post-2015-development-agenda.html>>(参照 2018-01-04).

- [2] 世界が抱える教育問題, 公益社団法人日本ユネスコ協会連盟(オンライン), 入手先<<http://unesco.or.jp/terakoya/issue/>> (参照 2018-01-04).
- [3] キャッシュとは, GMO クラウドアカデミー(オンライン), 入手先<<https://academy.gmocloud.com/know/20160125/1584>> (参照 2018-01-04).
- [4] ローカル Proxy サーバを利用したネットワークの仮想ストレージ化, 大藪智由(オンライン), 入手先<<http://www.net.c.dendai.ac.jp/~tomoyoshi/Report.html>>(参照 2018-01-04).
- [5] Mikko Pitkanen, Teemu Karkkainen, Jorg Ott : Opportunistic Web Access via WLAN Hotspots, 2010 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, pp20-30(2010).
- [6] Xuanzhe Liu, Yun Ma, Yunxia Liu, Tao Xie, Gang Huang: Demystifying the Imperfect Client-Side Cache Performance of Mobile Web Browsing, ITTE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING, Vol.15, No.9, pp2206-2220(2016).
- [7] 丸山英樹, 太田美幸, 二井紀美子, 見原礼子, 大橋知穂: 公的に保障されるべき教育とは何か—ノンフォーマル教育の国際比較から, 一橋大学〈教育と社会〉研究, pp63-76(2016).
- [8] 課題別指針ノンフォーマル教育, 国際協力機構(オンライン), 入手先<https://www.jica.go.jp/jica-ri/IFIC_and_JBICI-Studies/jica-ri/publication/archives/jica/field/pdf/200505_01_00.pdf>(参照 2018-03-14).
- [9] Custom Search – Google Developers, Google Custom Search(オンライン), 入手先 <https://developers.google.com/custom-search/>(参照 2018-01-04).
- [10] ARCS モデルについて, ARCS モデル, 入手先 <http://home.riise.hiroshima-u.ac.jp/~ten/arcs.html>(参照 2018-01-04).

付録

付録 1 アンケート項目

No	Question	Choices
1	How old are you?	Free description
2	Where are you from?	Free description
3	What is your major?	Economics, Business, Literature, Law, Education, International Liberal Arts, Engineering, Others
4	Which keywords did you choose?	Four color theorems, Community Development, Universe, Japan History, France, Napoleon, IoT, Bitcoin, Pythagoras theorem, Corruption
5	Were you able to study words that you chose using this system?	1(Extremely dissatisfied)-5(Extremely satisfied)
6	Please explain your answer in Q5.	Free description
7	Were you able to get information that you wanted?	Yes / No
8	If you answered "No" in Q7, which of the following best describes your reasons.	Lack of information in the web page, Incomplete images in the web page, Incomplete layout in the web page, Incomplete movies in the web page, Others
9	Are you satisfied with this system?	Yes / No
10	If you answered "No" in Q9, please explain.	Free description
11	Did you check words that others entered?	Yes / No

付録 1 アンケート項目(続き)

No	Question	Choices
12	Please choose from a scale of 1-10 about this system.	1(Boring)-10(Interesting)
13	Please choose from a scale of 1-10 about this system.	1(Unmotivated to learn)-10(Motivated to learn)
14	Please choose from a scale of 1-10 about this system.	1(Apathetic)-10(Curious)
15	Please choose from a scale of 1-10 about this system.	1(Not varied)-10(Varied)
16	Please choose from a scale of 1-10 about this system.	1(Did not feel rewarding)-10(Felt rewarding)
17	Please choose from a scale of 1-10 about this system.	1(Studied contents are unrelated to you)-10(Studied contents are related to you)
18	Please choose from a scale of 1-10 about this system.	1(Contents available was contents that I did not want to study)-10(Contents available was contents that I wanted to study)
19	Please choose from a scale of 1-10 about this system.	1(Did not enjoy studying)-10(Enjoyed studying)
20	Please choose from a scale of 1-10 about this system.	1(Goal is not clear)-10(Goal is clear)
21	Please choose from a scale of 1-10 about this system.	1(Was not able to study)-10(Was able to study)
22	Please choose from a scale of 1-10 about this system.	1(Not well designed)-10(Well designed)
23	Please choose from a scale of 1-10 about this system.	1(Extremely dissatisfied)-10(Extremely satisfied)
24	Please choose from a scale of 1-10 about this system.	1(Do not feel that information learned can be used in daily life)-10(Feel that information learned can be used in daily life)
25	Please give a comprehensive score of this system.	1-10
26	Please describe features and functions that you liked.	Free description
27	Please describe features and functions that you wanted.	Free description
28	Comments or suggestions.	Free description