

# ライブ配信を利用した大学内バリアフリー化支援

佐藤実季<sup>1</sup> 神田結衣<sup>1</sup> 滝澤友里<sup>2</sup> 松岡淳子<sup>1</sup> 新田善久<sup>1</sup> 村山優子<sup>1</sup>

**概要:** 近年、あらゆるところでバリアフリー化が進んでいる。教育現場でも進みつつあるが、まだ十分ではなく、車椅子の学生は利用できない施設もある。不自由な思いをしている学生を支援するために、大学構内の掲示板の様子をライブ配信するシステムの構築を行った。本論文では、システム実装や運用実験、今後の課題について報告する。

## Use of Live Streaming for Barrier-free in a University

MIKI SATO<sup>1</sup> YUI KANDA<sup>1</sup> YURI TAKIZAWA<sup>2</sup> JUNKO MATSUOKA<sup>1</sup>  
and YUKO MURAYAMA<sup>2</sup>

**Abstract.** In recent years, barrier-free is tried to be implemented everywhere. It is required in the educational environments as well, but accessibility is still not enough such that students with wheelchairs would find it difficult to use some facilities. In order to support those students with disabilities in terms of information and communication technology (ICT), we have constructed a system for live broadcast so that one can look at the physical bulletin board for students so that one can see what is going on at the department as well as the graduate school. In this paper, we report our system implementation, some experiments, and future work.

### 1. はじめに

2020年の東京オリンピック開催や高齢化社会の進展によって、日本国内ではバリアフリー化が進んでいる[1]。駅では視覚障害者誘導用ブロックの設置や段差の解消などが行われ、誰もが安心して利用出来る施設へと変化している。

同様に、大学内でも多目的トイレやスロープが増えた。アクセシビリティマップの作成や、ワークショップを通して、バリアフリーへの理解を深めようという動き[2]もある。しかし未だ、車椅子では利用できない施設があるのが現状で、教育現場でも着実にバリアフリー化は進んでいるが、十分とは言えない。

本研究は、バリアフリー化が十分ではないがゆえに、不自由な思いをしている学生をサポートすることを目的とした。大学内では全ての情報が電子化されているわけではない。重要な情報でも紙媒体で発信されることがあるため、掲示板をこまめにチェックする必要がある。そこで、学内ネットワークに接続されたパソコンからバリアフリー化が進んでいない施設にある掲示板の映像を閲覧するシステムの構築を行う。身体的な問題で掲示板を見に行くことができない生徒や通学が困難な生徒も、PCから簡単に必要な情報を確認することが可能となる。

本論文の構成は以下のようになっている。第2章では、関連研究を挙げる。第3章では提案システムのモデルを示す。第4章ではWebカメラを使用したシステムの設計と

実装、運用実験、課題について述べる。第5章で運用実験の結果を受けて実装したネットワークカメラを使用したシステムについて述べる。最後にまとめと今後の課題について報告する。

### 2. 関連研究

インターネット放送の技術を用い、足を運ぶことができない場所の様子を視覚的に発信するシステムとして復興ウォッチャー[3]が挙げられる。東日本大震災で被害を受けた地域の復興の様子を、被災地外に住む人々に静止画像で発信しているこのシステムは、復興状況を把握する目的の下、データの長期間保存を目的としていたため、データ容量が小さい静止画の配信をしていた。本研究の提案システムでは、通学が困難な生徒にも学校に通っているような臨場感を与えるために、リアルタイム性を重視しているので、今回は動画配信とする。

### 3. 利用モデル

提案システムの利用モデルを図1に示す。まず、提案システムが掲示板のライブ映像を配信する。車椅子を利用している等の理由から、掲示板が設置されている施設を利用できない生徒は、学内ネットワークに接続したPCからライブ配信を閲覧することで、必要な情報を得ることができる。また、VPN接続を利用することで、通学が困難な生徒も、家からの閲覧が可能になる。情報を得るだけでなく、現在の学校の雰囲気を感じてもらうことで、通学はできなく

1 津田塾大学 学芸学部 情報科学科  
Department of Computer Science, College of Liberal Arts, Tsuda University  
2 津田塾大学 大学院 理学研究科

Graduate School of Mathematics and Computer Science, Tsuda University

でも、学生であるという意識を与えることができる。

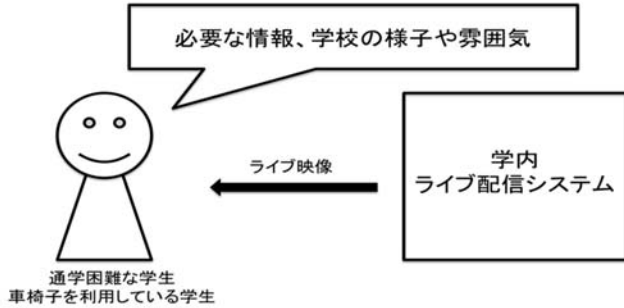


図 1 利用モデル

Figure 1 Use model

本研究では、大学内部という通常は外部から見るができない環境の映像を配信する。通信が漏れ、大学内部の情報が外部に流出することを防ぐため、イントラネット内での閲覧に限定する。関連研究で挙げた復興ウォッチャーでは、研究の足がかりとして Ustream での配信を行っていた。しかし、Ustream で配信する映像は誰でも閲覧可能であるため、本研究での利用には適さない。そこで、イントラネット内だけで利用可能なシステムを構築することにした。

#### 4. プロトタイプシステム

プロトタイプシステムとして、音声と映像の配信機能を実装し、運用実験を行った。

##### 4.1 システム構成

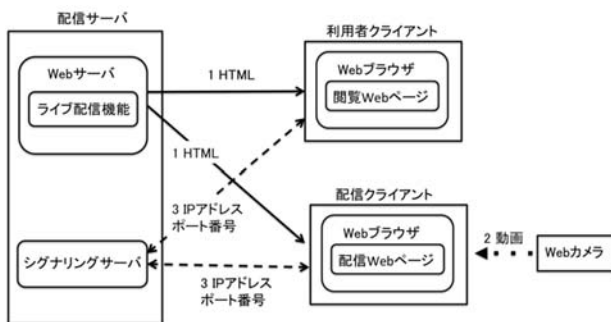


図 2 システム構成(WebRTC)

Figure 2 System Configuration(WebRTC)

システムの構成を図 2 に示す。配信サーバと配信クライアント、利用者クライアントで構成されており、全て大学の学内ネットワークに接続されているものとする。Webカメラは配信クライアントに USB 接続されている。まず、配信クライアントは配信 Web ページに、利用者クライアントは閲覧 Web ページにアクセスする (1)。配信クライアントに接続された Web カメラから映像を取得し、ライブ配信を開始する (2)。ライブ配信が開始されるとシグナリングサーバが仲介役となり、配信クライアントと利用者クライアントは互いの IP アドレスやポート番号を取

得する (3)。シグナリングサーバから得た情報を元に、配信クライアントと利用者クライアントの Web ブラウザ間で P2P 通信を開始し、映像の提供が行われる。

##### 4.2 実装

提案システムは WebRTC の技術を用いて実装した[4]。WebRTC とは Web Real Time Communication の略である。カメラやマイクからデータを取り込み、リアルタイムなコミュニケーションを行うことができる。ユーザはプラグインをインストールする必要がない。

Web 上の通信は、基本的にクライアント・サーバ方式で行われる。クライアントからサーバにリクエストを送り、サーバが必要な処理を行って、サーバからクライアントにレスポンスを返す、という流れで通信の処理を進める。クライアント同士で通信を行う際も、サーバを介さなければならない。また、音声や映像のやりとりをする際は、Flash Player やブラウザプラグインのインストールを行う必要がある。

一方、WebRTC の通信は P2P (Peer to Peer) で行われる。P2P はサーバを介さず、クライアントとクライアントが直接やりとりを行うため、高速なリアルタイムコミュニケーションが可能となる。P2P 通信を成立させるためには相手の IP アドレスやポート番号などの情報を知る必要がある。その情報の仲介を行うのが、シグナリングサーバである。初めに、シグナリングサーバを通して相互に情報を伝え合うことで、P2P 通信が行えるようになる。

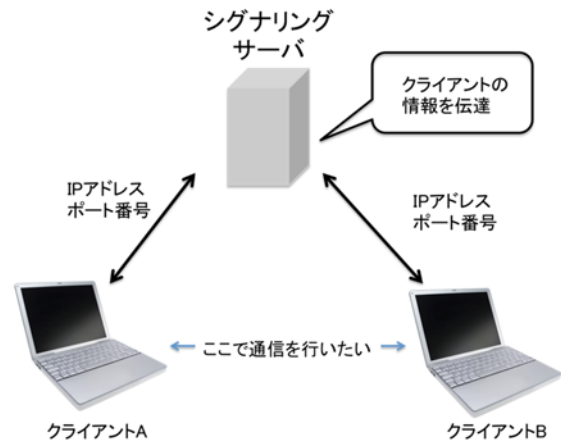


図 3 シグナリングサーバの役割

Figure3 The role of the signaling server

WebRTC ではシグナリングサーバとクライアントの通信方式は自由である。本研究では、WebSocket を利用し、Node.js で実装した。同時に複数名が配信を閲覧すると、シグナリングサーバに接続しているすべての端末にシグナリングの通信が飛んでしまうため、混線を防ぐ必要がある。そこで、Node.js の room 機能を利用した。room 機能とは、通信を任意の範囲で行う仕組みである。ルームに入ったクライアント間のみでデータをやり取りすることができる。

Web サーバには XAMPP の apache を利用した。XAMPP

とは、Web サーバの apache, データベースソフトの MySQL, m スクリプト言語の PHP と Perl をまとめて提供しているパッケージである。通常は PHP やデータベースを学習する際のテスト環境として使われるが、今回はイントラネット内での閲覧に限定したため実運用に使用した。

WebRTC はセキュアな環境でしか利用できない。よって、サーバとクライアント間の通信もセキュアなものにする必要がある。通常のサーバ・クライアント間の通信は、データを送受信するための通信プロトコルである HTTP (HyperText Transfer Protocol) で行われる。HTTP を SSL/TLS プロトコルを用いてセキュアにしたものが HTTPS (HTTP over SSL/TLS) である。HTTPS の通信は、SSL/TLS によってデータが暗号化されるため盗聴される心配がなく、安全なやり取りが可能になる。本来 HTTPS での通信を行うならば、SSL サーバ証明書を発行し、信頼性がある Web サイトかどうかを認証する必要がある。本研究ではイントラネット内だけでの運用を目的としているため SSL サーバ証明書の発行までは行わなかった。

#### 4.3 ユーザインタフェース

配信サーバ用ユーザインタフェースを図 4 に示す。カメラの使用を許可し、Start タグをクリックすると、ライブ映像の配信が開始される。利用者はウェブブラウザから閲覧用 URL にアクセスし、Request タグをクリックすると、図 5 のようにライブ配信を閲覧することができる。

#### 4.4 運用実験

実装したシステムを使い、運用実験を行った。津田塾大学内の研究室の様子を配信し、使用した感想や意見を得た。

運用場所：津田塾大学新館 3 階村山研究室

期間：2016 年 12 月 14 日(水)～2016 年 12 月 26 日(月)

当初、WebRTC で実装したシステムでは映像とともに音声も配信していたが、カメラの周辺の人々の会話まで配信してしまうことから、プライバシーの侵害になるため、映像のみの配信に切り替えた。また、「掲示板の映像を配信する目的ならば、利用者が自由にカメラワークを操作して掲示物を見ることができたらいいのでは」という意見を得た。

#### 4.5 課題

運用実験を行った結果、学内ネットワークでは映像の閲覧ができたが、VPN 接続では映像の閲覧が出来なかった。VPN 接続での閲覧が出来なかった原因に NAT(Network Address Translation)の問題が考えられる。

WebRTC の通信は P2P で行われるため、通信相手の IP アドレスの取得が必須である。同一ネットワーク内では相手の IP アドレスを取得出来るので通信が行えるが、VPN 接続では NAT によって IP アドレスが変換され通信出来なかったものとする。

今後、STUN(Session Traversal Utilities for NAT)[5], TURN(Traversal Using Relays around NAT)[6]等を使用し、

NAT 越え等を検討して行きたい。

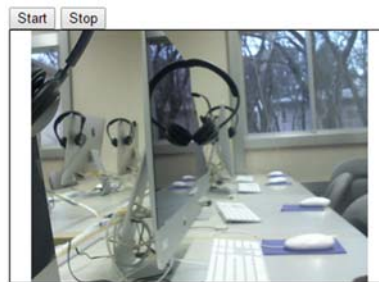


図 4 配信サーバ用ユーザインタフェース  
Figure 4 User Interface For Distribution Server



図 5 利用者クライアント用ユーザインタフェース  
Figure 5 User Interface For User Client

## 5. ネットワークカメラを利用した配信

Web カメラを利用したシステムの運用実験を行ったが、VPN 通信での閲覧ができないという問題とズーム等のカメラワーク機能が必要となった。そこで、ネットワークカメラを利用することにした。

ネットワークカメラとは、カメラ自体が IP アドレスを保持し、インターネットに接続して使用するカメラである。Web カメラは USB 接続でパソコンに繋がなければ使用できないが、ネットワークカメラはカメラ単体で機能する。Web サーバが内蔵されており、カメラワークやズームを遠隔から操作することができる。本研究では、Panasonic 製の BB-ST162A を使用した。ネットワークカメラを使うことによって、VPN 接続での閲覧も可能となった。また、スマートフォンからも静止画像の閲覧に限り可能になった。

### 5.1 システム構成

ネットワークカメラを使用したシステムの構成を図 6 に示す。ネットワークカメラと利用者クライアントは大学の学内ネットワークに接続されているものとする。

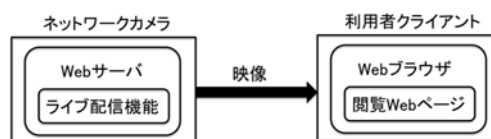


図 6 システム構成(ネットワークカメラ)  
Figure 6 System Configuration (network camera)

まず、ネットワークカメラを起動し、映像の取得を開始する。利用者クライアントが閲覧用 URL にアクセスすると、Web サーバはネットワークカメラの映像を配信する仕組みになっている。

## 5.2 運用実験

ネットワークカメラを使い、再度運用実験を行った。実際に掲示板前にカメラを設置し、映像を PC 用と配信した。図 7 に配信画像を示す。

運用場所：津田塾大学新館 3 階掲示板前

期間：2016 年 12 月 27 日(水)～2017 年 1 月 11 日(月)

理学研究科の大学院生 1 名に運用実験に協力してもらい、



図 7 PC での配信画像

Figure 7 The distributed image on a PC

利用者より次のようなフィードバックを得た.:

### ① 掲示物の文字サイズの問題

掲示物の文字サイズによって、内容が把握できるものとできないものがあるため、自分に必要な情報なのか判断が難しい。幾つかの掲示物の情報はメールでも配信されているため、掲示してあるもののタイトルなどから判断し、具体的な内容はメールで確認することができる。タイトルさえ分かれば、メールで配信されているのかのチェック、配信されていないければ事務室に問い合わせすることで情報を得ることができるので、もう少し鮮明に見えると良い。

### ② カメラの遠隔操作について

遠隔でカメラの向きやズームなどの操作ができるのがとても便利だった。現状では掲示物の内容の把握が難しいものはあるが、掲示場所の工夫などで解消される問題だと思う。

### ③ 掲示板への期待について

約 2 年半ぶりに掲示板を見ることができたのは大きな 1 歩のように思う。今までは掲示板を見る手段が全くない状態だったため、その土台ができ、これから少しずつ改良していけばより良いツールになることは間違いない。

## 6. まとめ・今後の課題

本研究では、バリアフリー化が充分ではないために、不自由な思いをしている学生を支援するために、大学内の様子をライブ配信するシステムの構築を行った。今後の課題として、より鮮明な映像の配信が挙げられる。現状では、全ての掲示物の情報を本研究のシステムで把握するのは難しい。掲示物のフォントサイズや掲示位置を変えることもできよう。あるいは、ネットワークカメラを天井に設置し、上からのアングルでの配信を行うこともできる。一方、戸口ノックシステム[7]をカメラとともに設置することも考えられる。当該システムは、ネットワーク上の戸を介して、ノック音でアウェアネスを実現するコミュニケーションシステムである。掲示物がよく見えない場合は、ノック音でカメラの周りにいる人に知らせ、カメラを動かしてもらうことで、利用者が見たい掲示物をより鮮明に配信することが可能になる。今後、この運用を実施したい。

## 参考文献

- [1] 国土交通省鉄道局技術企画課：平成 27 年度末の「鉄軌道駅における段差解消への対応状況等」及び「鉄軌道駅における内方線付き点状ブロック等の整備状況」について(2016) 入手先<<https://www.mlit.go.jp/common/001150559.pdf>> (参照 2017-05-02)
- [2] 津田塾大学オフィシャルウェブマガジン plum garden：キャンパスレポート(2016 年 2 月) 入手先 <[http://pg.tsuda.ac.jp/campus\\_report/campus\\_report\\_mar\\_2016.html](http://pg.tsuda.ac.jp/campus_report/campus_report_mar_2016.html)> (参照 2017-05-02)
- [3] 齊藤義仰, 西岡大, 村山優子：被災地における復興確認のための復興ウォッチャーの検討, 情報処理学会研究会報告, 2012-GN-84 (4) pp.1-4 (2012)
- [4] 日紫喜徹也, 大羽巧, 小池新：WebRTC の標準化動向, 電子情報通信学会誌 96(10), pp.790-796 (2013)
- [5] Rosenberg, J., Mahy, R., Matthews, P. and Wing, D.: Session Traversal Utilities for NAT (STUN), RFC 5389 入手先 <<https://tools.ietf.org/html/rfc5389>>(参照 2017-05-02) (2008).
- [6] Mahy, R., Matthews, P. and [5] Rosenberg, J.: Traversal Using Relays around NAT (TURN): Relay Extensions to Session Traversal Utilities for NAT (STUN), RFC 5766 入手先 <<https://tools.ietf.org/rfc/rfc5766.txt>> (参照 2017-05-02) (2010).
- [7] 川村仁美, 神田結衣, 村山優子：障害者支援のための戸口ノックシステムの開発, 本論文集 (2017)