

卒業論文 2015 年度（平成 27 年）

Meetup における
プレゼンテーション記録システムの設計と実装

慶應義塾大学 環境情報学部

氏名：高橋 俊成

Meetup における プレゼンテーション記録システムの設計と実装

本研究では、専用のプレゼンテーション記録システムを設計、構築した。

Meetup とは、共通の趣味やテーマで緩やかに繋がるオンラインコミュニティのメンバーが、知見共有や人間交流を目的として行うカジュアルな勉強会・交流会である。Meetup におけるプレゼンテーションでは、コミュニティにとって有意義な情報交換が行われている一方で、その記録作業は参加者個々人の自主的・献身的な活動に頼りきっており、成果をオンライン上のコミュニティに十分に還元できていない。

本研究では、プログラマーコミュニティによる Meetup を対象とし、そこで行われるプレゼンテーションをオンラインで共有しやすい形で記録するための要件を整理した。次に機能要件を満たす専用のプレゼンテーション記録システムを設計し、WebRTC や Electron といった新しい WEB 技術を用いて実装した。終わりに、その評価のために実証実験を実施し、本システムが技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの記録に有用であることを確認した。

キーワード：

1. Meetup 2. プレゼンテーション, 3. オンラインコミュニティ, 4. WebRTC, 5. Electron

Abstract of Bachelor's Thesis

Design and implementation of a presentation recording system for meetup
--

In this research, I have designed and implemented a presentation recording system for meetups.

Meetups are study/communication events for online community members who share the same interests, and presentations at such meetups are valuable for the entire community. Although, the recording of these presentations, especially for members who were absent, is not managed by the community and is conducted only on a voluntary basis.

In this research I followed three steps. First, I defined the meetup of programmer community as a technical meetup, and fixed the requirements to share presentations to all members of a community via the internet. Next, I designed/implemented a system which can accomplish all these requirements using WebRTC and Electron. Finally, I evaluated the system by demonstration and verified its usefulness.

Keyword:

1. Meetup 2. Presentation 3. Online Community 4. WebRTC 5. Electron

目次

第 1 章	はじめに	1
1.1.	背景	1
1.2.	本研究の課題	2
1.3.	本研究の目的	2
1.4.	用語定義	3
1.5.	本論文の構成	3
第 2 章	技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの分析	5
2.1.	技術系 Meetup の定義	5
2.2.	技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの特徴	6
2.2.1.	技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの登場人物	6
2.2.2.	技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの流れ	6
2.2.3.	技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの記録と共有	8
2.2.4.	技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの構成要素	8
2.3.	技術系 Meetup におけるコミュニケーションモデルの仮定	9
2.3.1.	コミュニケーションモデル Type A : 発表	10
2.3.2.	コミュニケーションモデル Type B : アンケート	10
2.3.3.	コミュニケーションモデル Type C : サンプルング	11
2.3.4.	コミュニケーションモデル Type D : 割り込み	11
2.3.5.	コミュニケーションモデル Type E : 質疑応答	12
2.3.6.	コミュニケーションモデル Type F : ムード	12
2.3.7.	コミュニケーションモデル Type G : アウェイ	13
2.4.	本章のまとめ	13
第 3 章	既存のプレゼンテーションシステム	14
3.1.	既存のスライドフォーマット	14
3.1.1.	OOXML	14
3.1.2.	PDF	15
3.1.3.	MP4	15
3.1.4.	WEB スライド	15
3.2.	既存のプレゼンテーション共有システム	16
3.2.1.	PowerPoint Online	16
3.2.2.	YouTube	16
3.2.3.	SlideShare	16
3.2.4.	ニコナレ	17

3.3.	本章のまとめ	17
第 4 章	技術系 Meetup におけるプレゼンテーション記録システムの設計	19
4.1.	プレゼンテーション記録システムの要件定義	19
4.2.	記録システムの全体設計	19
4.2.1.	プレゼンテーション記録システムの全体構成	20
4.2.2.	コミュニケーションの配信・記録手法	20
4.2.3.	システム化プレゼンテーションフローの設計	20
4.3.	発表者用クライアントアプリケーションの設計	22
4.3.1.	発表者用クライアントアプリケーションの振る舞い	23
4.3.2.	発表者用クライアントアプリケーションの画面遷移	25
4.4.	聴衆用クライアントアプリケーションの設計	31
4.4.1.	聴衆用クライアントアプリケーションの振る舞い	31
4.4.2.	聴衆用クライアントアプリケーションの画面遷移	32
4.5.	サーバーアプリケーションの設計	33
4.5.1.	サーバーアプリケーションの振る舞い	33
4.6.	プレゼンテーション記録フォーマットの設計	35
4.6.1.	プレゼンテーションの開催概要	37
4.6.2.	プレゼンテーションの発表者属性	37
4.6.3.	プレゼンテーションの聴衆属性	37
4.6.4.	プレゼンテーションのスライド資料	38
4.6.5.	プレゼンテーションのその他の添付資料	38
4.6.6.	プレゼンテーションのイベントリスト	39
4.7.	本章のまとめ	42
第 5 章	技術系 Meetup におけるプレゼンテーション記録システムの実装	43
5.1.	本研究で対象とする実装	43
5.2.	実装環境	43
5.3.	実装の前提となる技術	43
5.3.1.	WebSocket (RFC5455)	44
5.3.2.	WebRTC	44
5.3.3.	Kurento Media Server	44
5.3.4.	Electron (旧称 Atom Shell)	44
5.4.	実装の概要	45
5.4.1.	発表者用ネイティブクライアントの実装	46
5.4.2.	聴衆用 WEB クライアントの実装	47
5.4.3.	サーバーの実装	48

5.4.4.	<i>JSON over WebSocket</i> による <i>RPC</i> の実装.....	49
5.5.	本章のまとめ	50
第 6 章	評価	51
6.1.	実証実験の環境	51
6.2.	実証実験の結果	52
6.3.	評価 1：実証実験を用いたプレゼンテーションイベントの分類	54
6.3.1.	<i>Type A</i> ：発表	55
6.3.2.	<i>Type E</i> ：質疑応答	55
6.3.3.	<i>Type F</i> ：ムード	55
6.4.	評価 2：記録可能なプレゼンテーション構成要素の比較	55
6.5.	本章のまとめ	56
第 7 章	結論	57
7.1.	本研究のまとめ	57
7.2.	今後の課題	57
謝辞	58
参考文献	59

図目次

図 1	プログラマーコミュニティにおける情報の流れ.....	2
図 2	技術系 Meetup のタイムライン	5
図 3	技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの登場人物.....	6
図 4	技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの流れ.....	7
図 5	Meetup プレゼンテーション記録フォーマットの概念図	9
図 6	コミュニケーションモデル Type A：発表	10
図 7	コミュニケーションモデル Type B：アンケート	10
図 8	コミュニケーションモデル Type C：サンプリング	11
図 9	コミュニケーションモデル Type D：割り込み	11
図 10	コミュニケーションモデル Type E：質疑応答.....	12
図 11	コミュニケーションモデル Type F：ムード.....	12
図 12	コミュニケーションモデル Type G：アウェイ	13
図 13	システム化プレゼンテーションフロー	22
図 14	発表者用クライアントアプリケーションの画面遷移.....	25
図 15	発表者用クライアント 認証画面レイアウト（初期状態）.....	26
図 16	発表者用クライアント 認証画面レイアウト（連携後）.....	27
図 17	発表者用クライアント 認証画面（PIN コード入力ビュー）レイアウト.....	27
図 18	発表者用クライアント 認証画面（認証待機ビュー）レイアウト	28
図 19	発表者用クライアント 配信画面レイアウト	30
図 20	聴衆用クライアントアプリケーションの画面遷移.....	32
図 21	プレゼンテーション記録フォーマット：開催概要の記録例	37
図 22	プレゼンテーション記録フォーマット：発表者属性の記録例.....	37
図 23	プレゼンテーション記録フォーマット：聴衆属性の記録例	38
図 24	プレゼンテーション記録フォーマット：スライド資料の記録例.....	38
図 25	プレゼンテーション記録フォーマット：添付資料の記録例	39
図 26	プレゼンテーション記録フォーマット：記録イベントの記録例.....	39
図 27	プレゼンテーション記録フォーマット：録画イベントの記録例.....	40
図 28	プレゼンテーション記録フォーマット：入退室イベントの記録例.....	40
図 29	プレゼンテーション記録フォーマット：ページ送りイベントの記録例	41
図 30	プレゼンテーション記録フォーマット：コメントの記録例	41
図 31	技術系 Meetup におけるプレゼンテーション記録システムの実装モデル	46
図 32	実装した発表者用クライアント（配信画面）のスクリーンショット	47
図 33	聴衆用クライアント（視聴画面）のスクリーンショット	48
図 34	実証実験におけるプレゼンテーションの構図	52
図 35	実証実験中の会場風景（メイン会場）	52

表目次

表 1	スライドフォーマットと記録可能コンテンツ	14
表 2	プレゼンテーション共有システムと記録フォーマット	16
表 3	コミュニケーションモデルに基づく記録対象と記録手法	21
表 4	発表者用クライアントアプリケーションの機能.....	23
表 5	認証画面のインタラクティブな部品.....	28
表 6	準備画面の入力項目	29
表 7	配信画面のインタラクティブな部品.....	30
表 8	聴衆用クライアントアプリケーションの機能	31
表 9	サーバーアプリケーションの機能一覧.....	33
表 10	プレゼンテーション記録フォーマット(JSON)の属性詳細	35
表 11	本研究のプレゼンテーション記録システムの実装環境.....	43
表 12	本システムで実装した RPC.....	49
表 13	実証実験において本システムが記録したイベント.....	53
表 14	実証実験において発生したイベント	53
表 15	実証実験におけるイベントの発生回数と記録回数.....	54
表 16	既存システムとの記録可能なプレゼンテーション構成要素の比較.....	56

第1章 はじめに

1.1. 背景

オンラインコミュニティは 1990 年代から始まった情報通信技術の発達のなかで登場し、今日まで発展してきた。古くはメーリングリストや IRC で、現在では SNS で、共通の趣味や関心で集った人々による活発な非対面・テキスト主体の情報交換が行われている。

最近のオンラインコミュニティは、より密なコミュニケーションを求めて Meetup と呼ばれるイベントを開催している。Meetup は、普段オンラインで活動する人々が、オフラインで行う対面・リアルタイムのカジュアルな勉強会・交流会である。Meetup の形態はコミュニティごとに様々だが、とくにプログラマーコミュニティによる技術系 Meetup では、技術書籍の輪読や解説等の知見共有・人間交流を目的として、毎回設定されたテーマに沿って参加者のうち数人が発表者としてプレゼンテーションを行うセミナースタイルが主流である。

プログラマーコミュニティのメンバーがオフラインの技術系 Meetup を開催する目的は、メンテナンスをしているオープンソースプロジェクトのバグについての議論や、コミュニティ内での新しい機能拡張の提案等オンラインのみでは比較的非効率な議論を効率化するためである。また、同じ時間と場所を共有することに明確なメリットが存在するためである。Build Insider が 2015 年 11 月に行ったアンケート調査 [1]では、プログラマーが技術系 Meetup に参加する理由は、新しい技術や参考になる情報を得たいとか、仕事に直結する技術を効率的に習得したい等、WEB 上の資料だけでは得られない良質な知識や最新情報、議論、人脈を得たいからだと考察されている。

Meetup はオフラインイベントであるため、図 1 で示すように何らかの手法を用いて記録しオンライン上に情報を共有する必要がある。オフラインイベントを記録し共有する方法は多々あるが、技術系 Meetup の多くは個人が趣味的に開催する小規模なイベントのため、採用できる手法は限られる。たとえば企業主催のカンファレンスのように専任の撮影者や速記者を用意して記録映像を撮り、編集後 YouTube 等の動画共有サイトで配信することは、少人数の参加者だけでこなすには作業量が多く難しい。YouTube Live 等の生放送サービスだと編集作業は不要だがより高度な放送機材をそろえる必要があり、これも難しい。現状の技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの記録手法は、聴衆によるボランティア的な文字起こしか、そもそも全く記録していないかのどちらかである。

聴衆による文字起こしとは、有志がプレゼンテーションの内容やその後の質疑応答を同時進行的にテキストに書き起こし、実況中継のようにチャットやマイクロブログサービス等に投稿する手法である。チャットやマイクロブログサービスはその性質上、投稿ひとつひ

とつが独立しており、また時間がたつと投稿内容を参照することが難しくなる。たとえば Twitter ではタイムラインから参照できるツイートは直近の 3200 件 [2]である。そこで、Togetter を用いて投稿された文字起こしを編纂することもある。この手法の問題点は、文字起こしの負担が大きい点と、聴衆の自主的・献身的な活動に頼りきっている点、そして記録の品質が保証されない点である。リアルタイムに書き起こして投稿する作業はタイピング能力と集中力を求められ、しかもそれは聴衆の自主的・献身的な活動に支えられている。文字起こしができ、かつやりたいという聴衆が名乗り出ない限り記録作業が行われない。また、運よく献身的な聴衆が現れたとしても、その記録フォーマットに統一されたものがないために、個々人の能力や主観によって記録内容が欠けたり、変化したりする恐れがある。

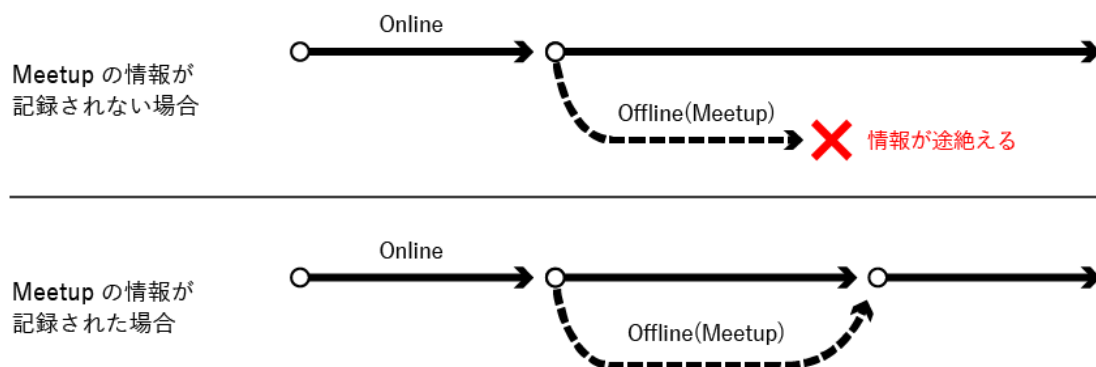


図 1 プログラマーコミュニティにおける情報の流れ

1.2. 本研究の課題

本研究では、技術系 Meetup のプレゼンテーションにおいて専任の記録担当が用意されないために、そこで共有された知見を正確に記録しオンラインコミュニティにきちんと還元できていないという問題点に着目する。

この問題を解決するために、技術系 Meetup 専用のプレゼンテーション記録システムを構築し、参加者の献身的に頼ることなくプレゼンテーションを記録しオンラインコミュニティに還元できる環境を実現する。

1.3. 本研究の目的

本研究では、Meetup におけるプレゼンテーションの記録を目的とする。そのためのアプローチとして、プレゼンテーションのリアルタイム WEB 配信機能を備えた専用のプレゼンテーション記録システムを構築する。

このプレゼンテーション記録システムは、Meetup におけるプレゼンテーションを全て WEB 上で配信しながら記録する。これにより、オフラインで行われている Meetup を文字起こし等の負担なく記録できる。記録データは、発表者のスライド資料に参加者の属性情報や活動を付加したテキスト主体の「Meetup プレゼンテーション記録フォーマット」とすることで、WEB で活動するコミュニティが参照しやすくする。

1.4. 用語定義

本節では、本論文中で用いられる主な用語を定義する。

- Meetup（ミートアップ）
オンラインコミュニティのメンバーが、知見・意見共有と人間交流を目的として行うオフラインかつカジュアルな勉強会や交流会。参加者のうち数人が発表者となりプレゼンテーションを行う。発表内容は、後日発表者によって任意にオンライン公開され、オンラインコミュニティに共有されることがある。
- オンラインコミュニティ
インターネットを介して活動する実質的なコミュニティの総称。共通の趣味・テーマなどの情報共有・意見交換・人間交流を主な目的に、緩やかに繋がっている。特定の場所や組織に実際に行かなくともネットワークを経由して知的資産を得られる場として機能する。
- プレゼンテーション
発表者がスライド資料を用いて聴衆に対して情報を掲示する行為と、それに付随する参加者同士の議論や意見交換。

1.5. 本論文の構成

2 章では技術系 Meetup におけるプレゼンテーションを分析し、コミュニケーションモデルの仮説を示す。3 章で問題解決のためのアプローチを提案し、既存のスライドフォーマットおよび既存のプレゼンテーション記録システムについて分析する。4 章で技術系 Meetup におけるプレゼンテーション記録システムを設計し、5 章で実装について述べる。6 章では本システムを用いた実証実験について述べ、その評価を行う。7 章では結論と今後の課題について述べる。

第2章 技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの分析

本章では、技術系 Meetup の定義を行う。また、そこでのプレゼンテーションについて分析し、コミュニケーションモデルの仮定を述べる。

2.1. 技術系 Meetup の定義

本研究では、技術系 Meetup を「プログラマーコミュニティによって開催されるカジュアルなソフトウェア技術の勉強会」と定義し、プログラマーコミュニティを「主にソフトウェア開発プロジェクト共有 SNS やプログラマー向け知識共有 SNS を活用して交流しているプログラマーのオンラインコミュニティ」と定義する。

プログラマーコミュニティにおける情報の流れを図 1 に示す。技術系 Meetup は、発起人となる 1 人以上のコミュニティメンバーによって、イベント開催支援サイトを介して告知・募集される。興味を持った他のコミュニティメンバーが参加し、同じ日時に同じ場所に集い Meetup が開催される。Meetup の参加者の規模は数人から 30 人程度で、そのうち 1～5 人程度がプレゼンテーションを行う。開催後は Meetup 内で使われた発表資料や簡単なレポートがコミュニティ内外に投稿される。

技術系 Meetup の流れを図 2 に示す。技術系 Meetup では、発表者の数だけプレゼンテーションを繰り返し、終わりに懇親会が開かれる。プレゼンテーションは知見共有を目的とした発表や質疑応答で、懇親会は人間交流を目的とした食事や飲み会である。懇親会の価値は属人的な 2 者間の関係性にあるため、本研究における記録対象には含まない。

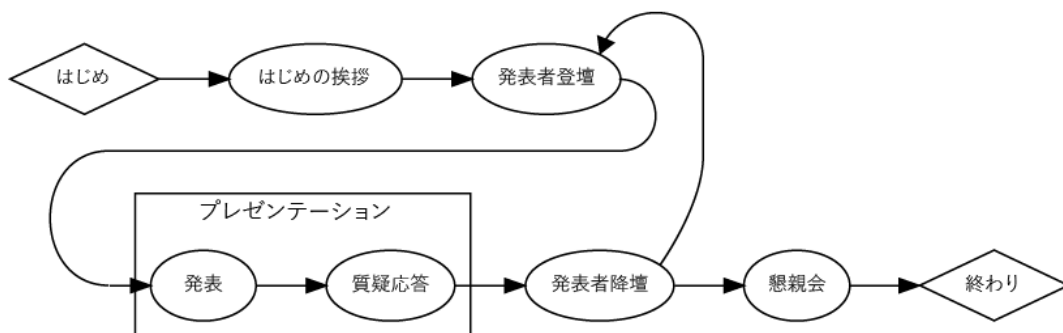


図 2 技術系 Meetup のタイムライン

2.2. 技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの特徴

本節では技術系 Meetup で行われるプレゼンテーションの特徴を述べる。

2.2.1. 技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの登場人物

本研究では、プレゼンテーションの進行管理を行う人を司会、プレゼンテーションで登壇し発表する人を発表者、それを視聴する人々を聴衆と定義する。また、聴衆の SNS 投稿を閲覧することで間接的にプレゼンテーションを視聴するオンラインコミュニティのメンバーを遠隔の聴衆と定義する。

技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの構成を図 3 に示す。技術系 Meetup におけるプレゼンテーションでは、司会と発表者、聴衆の 3 種類の参加者が、同じ会場に同じ時間に存在する。また遠隔の聴衆がインターネット越しに同じ時間を共有する。プレゼンテーションはセミナー形式で行われる。司会は発表者や聴衆を兼ねることがあり、また発表者は自身のプレゼンテーション以外では聴衆として振る舞う。

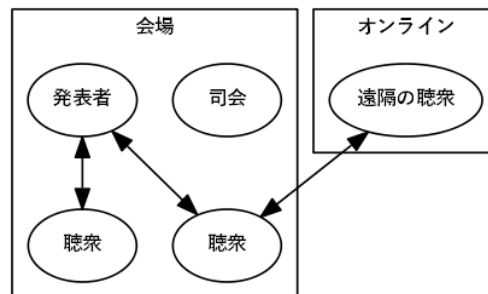


図 3 技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの登場人物

2.2.2. 技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの流れ

技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの流れを図 4 に示す。

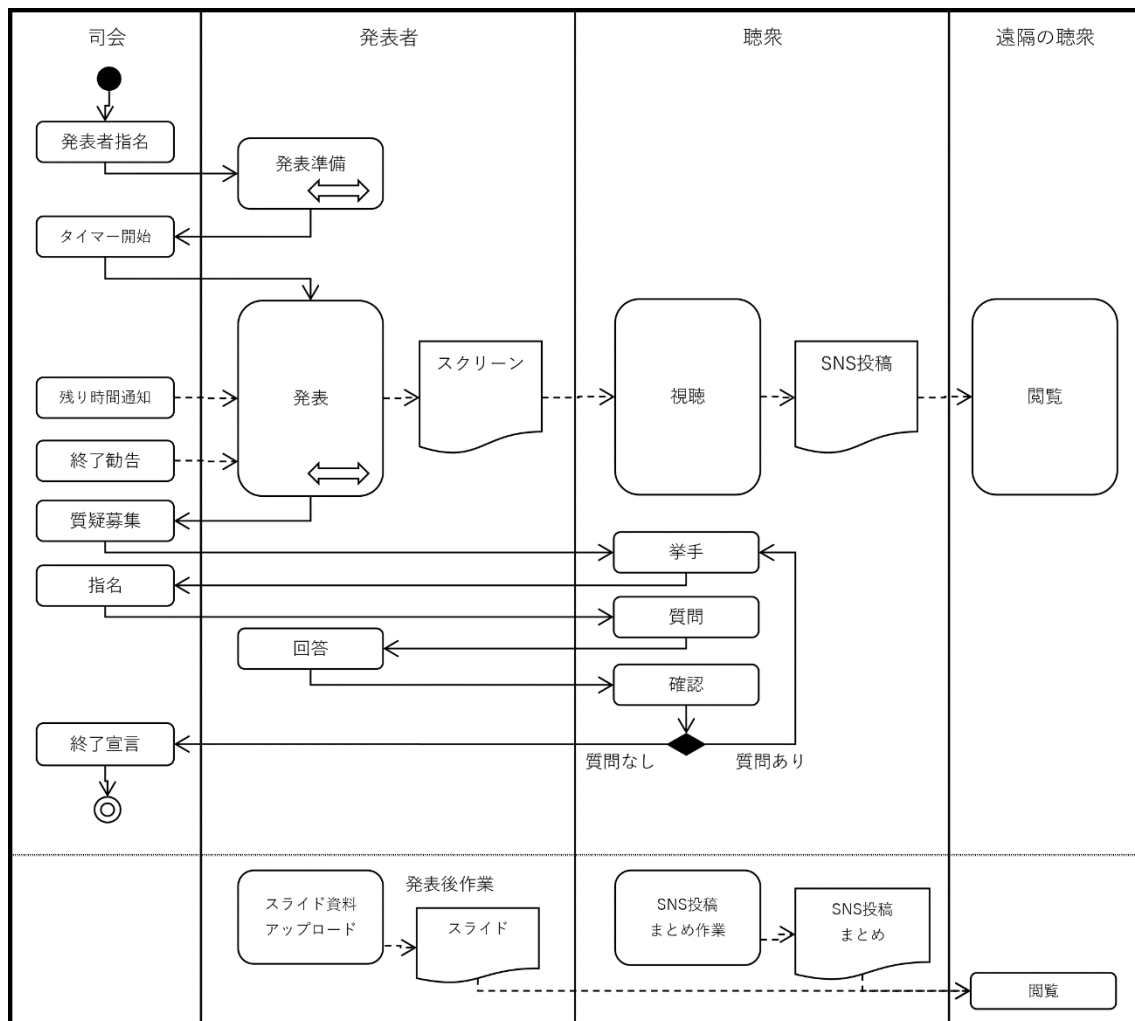


図 4 技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの流れ

発表者は、ラップトップ型コンピューターをプロジェクター等に繋ぎ、スライド資料等を大画面に映しながら発表する。発表内容によっては途中でデモンストレーションやライブコーディング等の実演をするため、スライド資料のプレゼンテーションモードを中断してデスクトップ映像に切り替えたり、またプレゼンテーションモードを再開したりと、切り替え作業を行う。また発表者が聴衆の嗜好や属性を把握するために、挙手等呼び掛けてアンケートを行うことがある。発表終了後は質疑応答が行われ、数人の聴衆が質問や感想を口頭または SNS 投稿で述べ、発表者がそれらに対して口頭で返答する。発表に使ったスライド資料は、プレゼンテーション終了後にスライド共有サイトを通じてオンラインコミュニティに共有される。

なお、技術系 Meetup ではハンズオンと呼ばれる体験型発表が行われることもある。ハ

ンズオンは発表者の指導のもと聴衆が実習をこなして技術への理解を深める。発表と質疑応答の区別は曖昧で、実習中は発表者と聴衆との間で多くのやり取りがなされる。本研究ではハンズオンはプレゼンテーションとは異なるものとして扱い、記録対象からは外す。

聴衆は、ラップトップ型またはタブレット型コンピューターを操作しながらプレゼンテーションを視聴する。聴衆がコンピューターを操作するのは、ハンズオン形式の発表で実習をしたり、発表中に話題に上がった物事をすぐ検索して調べたり、発表の実況や感想をマイクロブログサービス等の SNS に投稿したりするためである。プレゼンテーション終了後、投稿は参加者によって自主的に編纂され、個人ブログやマイクロブログまとめサービスを通じてオンラインコミュニティに共有される。

2.2.3. 技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの記録と共有

技術系 Meetup におけるプレゼンテーションは、その参加者によって記録、共有される。発表者が用いたスライド資料は、発表前または発表後に発表者自身によって SlideShare や Speaker Deck 等のスライド共有サイトにアップロード・共有される。プレゼンテーション中に行われた議論等のコミュニケーションは、聴衆によって文字起こしされ、発表と同時進行的に Twitter や Slack などの SNS に投稿される。Twitter に投稿された場合は、発表後に献身的な参加者によって Togetter 等のマイクロブログまとめサービスを用いて編纂される。

2.2.4. 技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの構成要素

図 5 は、技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの構成要素を表したものである。技術系 Meetup におけるプレゼンテーションでは、発表者のスライド資料やそのコントロール情報があり、そして放送者や聴衆の表情や身振りなどの視覚情報、発話や拍手などの音声情報がある。これらの基本的な構成要素に加えて、会場内外の聴衆による SNS 投稿も構成要素として挙げられる。

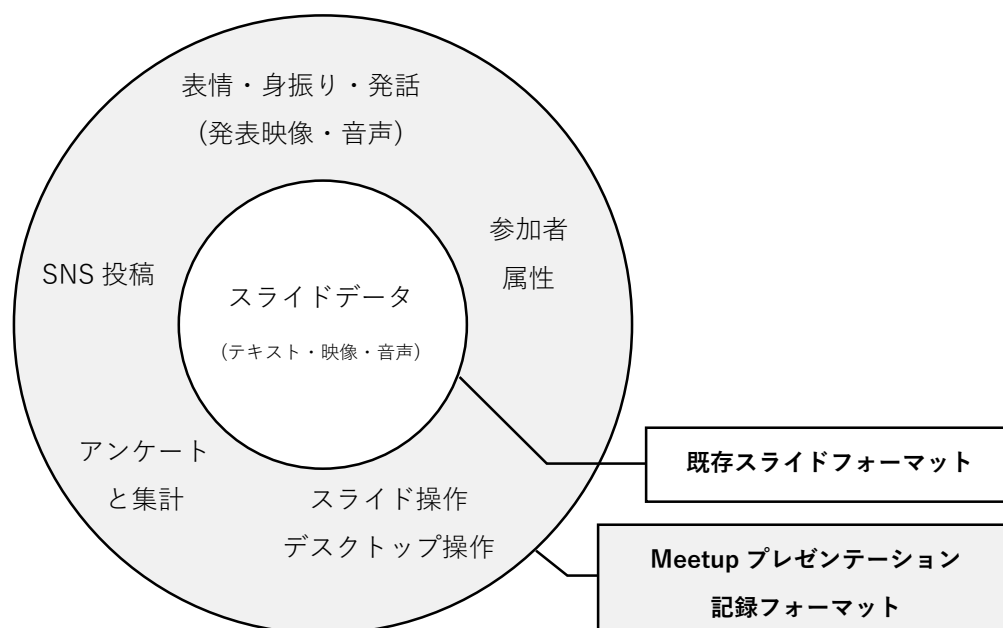


図 5 Meetup プレゼンテーション記録フォーマットの概念図

2.3. 技術系 Meetup におけるコミュニケーションモデルの仮定

本研究では、技術系 Meetup における参加者間のコミュニケーションが以下の 7 つのモデルに分類できると仮定する。なお、これらのコミュニケーションは会場全体に共有されていることを前提とし、すなわち特定個人に向けた情報発信でも参加者全体にその内容が共有されるものとする。

- Type A：発表
- Type B：アンケート
- Type C：サンプリング
- Type D：割り込み
- Type E：質疑応答
- Type F：ムード
- Type G：アウェイ

2.3.1. コミュニケーションモデル Type A：発表

図 6 に、Type A の概念図を示す。



図 6 コミュニケーションモデル Type A：発表

Type A は、発表者が聴衆全体に向けて一方的に行う情報発信を表す。具体的には、スライドを使用した説明、レーザーポインタを使用して一点を指し示す行為、モニターにデスクトップ映像を映しての操作等が該当する。

2.3.2. コミュニケーションモデル Type B：アンケート

図 7 に、Type B の概念図を示す。



図 7 コミュニケーションモデル Type B：アンケート

Type B は、発表者が聴衆全体に向けて返答を期待して行う情報発信を表す。具体的には、発表中に「C 言語に触れたことのある方は挙手していただけますか？」と発表者が聴衆に向けて質問を投げかける行為等が該当する。

2.3.3. コミュニケーションモデル Type C：サンプリング

図 8 に、Type C の概念図を示す。



図 8 コミュニケーションモデル Type C：サンプリング

Type C は、発表者が聴衆のうち特定個人からの返答を期待して行う情報発信を表す。具体的には、発表中に「これについて P さんはどう思いますか？」と発表者が特定の聴衆宛に質問を投げかける行為等が該当する。

2.3.4. コミュニケーションモデル Type D：割り込み

図 9 に、Type D の概念図を示す。

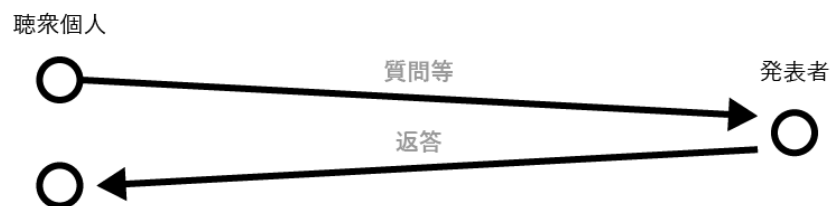


図 9 コミュニケーションモデル Type D：割り込み

Type D は、聴衆の一人が発表に割り込む形で行う情報発信を表す。具体的には、発表途中に挙手なしで突然「その表は間違っていると思う」と意見を挟む行為等が該当する。

2.3.5. コミュニケーションモデル Type E：質疑応答

図 10 に、Type E の概念図を示す。

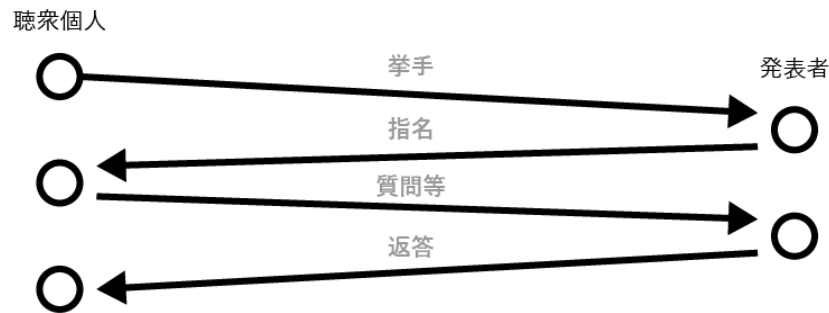


図 10 コミュニケーションモデル Type E：質疑応答

Type E は、聴衆の一人が挙手等で発言権を発表者に要求し、発表者が指名等で許可を行ってから質問等の返答を期待して行う情報発信を表す。Type D が発表者の許可なく割り込むのに対し、Type E は発表者の同意を得てから発言するため、必ずしも情報を発信できるとは限らない。

2.3.6. コミュニケーションモデル Type F：ムード

図 11 に、Type F の概念図を示す。



図 11 コミュニケーションモデル Type F：ムード

Type F は、聴衆全体から発表者に向けて一方的に行われる情報発信を表す。具体的には、拍手や笑い声、ブーイング等が該当する。聴衆の具体的に誰が発信したかではなく、聴衆の何割がどのタイミングで発信したかに意味がある。

2.3.7. コミュニケーションモデル Type G：アウェイ

図 12 に、Type G の概念図を示す。



図 12 コミュニケーションモデル Type G：アウェイ

Type G は、発表者を介さず聴衆間で行うコミュニケーション全般を表す。具体的には、発表に対して意見を表明した聴衆 P に対して他の聴衆 Q がその内容について質問する行為等が該当する。

2.4. 本章のまとめ

本章では、技術系 Meetup について定義し、プレゼンテーションにおける参加者間のコミュニケーションが7つに分類できると仮定した。

次章では、本研究のアプローチと、既存スライドフォーマット、既存プレゼンテーション記録システムについて述べる。

第3章 既存のプレゼンテーションシステム

本章では、問題解決のためのアプローチを述べ、既存のプレゼンテーションシステムを分析する。

技術系 Meetup はオフラインの活動であるために、オンラインのプログラマーコミュニティに発表や議論の内容を還元するには、それらをコンピューターへ入力する作業と、入力した情報をオンラインで参照可能な形で記録する作業が必要となる。

本研究では、専用のプレゼンテーションシステムを構築し、それによってプレゼンテーションをコミュニケーションモデルに基づいて構造化しオンライン配信することで、ボランティアや専任の担当者なしで機械的かつ網羅的にプレゼンテーションを記録できる環境を実現する。

3.1. 既存のスライドフォーマット

この節では、プレゼンテーションの構成要素を記録・共有するためのスライドフォーマットについて分析する。スライド資料に用いられるフォーマットと表現可能なデータの組み合わせの可否を表 1 に示す。

表 1 スライドフォーマットと記録可能コンテンツ

	OOXML	PDF	MP4	WEB スライド
テキスト	○	○	△	○
ベクター画像	○	○	×	○
ラスター画像	○	○	○	○
映像/音声	○	○	○	○

○記録可能 △記録できるが制限がある ×記録できない

3.1.1. OOXML

OOXML (Open Office XML, ISO/IEC 29500:2012) [3]は、Microsoft PowerPoint 等のプレゼンテーションソフトウェアで用いられる XML ベースのファイルフォーマットである。

テキストや画像、映像などのマルチメディア資料に対応している。標準化されてから日が浅く、また高機能ゆえに非常に複雑で、OOXML フォーマットを扱えるアプリケーションは少ない。WEB ブラウザーも OOXML を直に扱うことはできないため、スライド共有サイトでは OOXML で投稿しても画像や HTML に変換される。縦横比は 4:3 または 16:9 が主流。

3.1.2. PDF

PDF (Portable Document Format / ISO 32000-1:2008)は、アドビシステムズが開発を主導する文書フォーマットである。

高いレイアウト再現性や、暗号化・セキュリティ設定、目次、アンカーリンク、コメント、注釈、フォーム、マルチメディア対応等のリッチな機能が特徴である。最近では WEB ブラウザーでも表示可能になったが、一部高度な機能は専用のビューワーが必要になる。

3.1.3. MP4

MP4 (MPEG-4 Part 14, ISO/IEC 14496-14:2003) [4]は、映像や音声、各種メタデータを格納できるメディアコンテナである。

規格としては動画、音声、テキストに対応するが、WEB ブラウザーに代表される再生ソフトウェアの多くは映像が H.264 フォーマットで音声 AAC もしくは MP3 フォーマットで記録されている MP4 コンテナだけに対応している。これは YouTube 等の動画共有サイトで現在最も一般的なフォーマットである。なお、WEB ブラウザーではメタデータに含まれる字幕等のテキストデータは解釈されないため、別途 WebVTT 等のトラックファイルを用意し video 要素で MP4 ファイルと紐づける作業が必要になる。

映像はビットマップデータのため、作成時の縦横比で常に固定となる。またインタラクティブな要素を含めることはできない。

3.1.4. WEB スライド

WEB スライド (Web-based slideshow [5]) は、HTML (Hyper Text Markup Language) [6]に CSS や JavaScript、そしてリンクされたメディアファイル等を組み合わせて作られたスライド資料フォーマットの総称である。HTML のアンカーリンクと JavaScript による強力な拡張性を有する。自由度が大きく機能や実装で統一されたものはないが、WEB ブラウザーで閲覧できる点は全ての WEB スライドに共通している。レスポンスに作成することで様々な画面比率に対応でき、またオンラインコミュニティとの相性も良い。

3.2. 既存のプレゼンテーション共有システム

この節では、プレゼンテーションを記録・共有するシステムについて分析する。

表 2 プレゼンテーション共有システムと記録フォーマット

	PowerPoint Online	YouTube	SlideShare	ニコナレ
投稿フォーマット	OOXML	MP4 他	OOXML, PDF 他	PDF
表示フォーマット	SVG	MP4, WebM	JPEG+TEXT	JPEG
スライドショーの配信	○	○	×	×
スライドショーの記録	×	○	×	○
視聴者のコメント	×	○	×	○

3.2.1. PowerPoint Online

PowerPoint Online は、マイクロソフト社が提供するプレゼンテーション表示、作成 WEB アプリケーションである。OOXML 等のスライドフォーマットの作成とスライドショーに対応する。また、スライドショー（音声データとページ送りのタイミング情報）を記録、再生できる。さらに、デスクトップアプリケーションの PowerPoint と組み合わせることで、プレゼンテーション（ページ送り、インク、注釈、ポインタ）を WEB ブラウザーでリアルタイムに共有できる。プレゼンテーションの視聴は配信中のみ可能で、情報は記録されない。

3.2.2. YouTube

YouTube は、グーグル社が運営する動画共有サイトである。MP4 等の映像データや、それと同期する字幕データを投稿できる。動画ごとに一意の URL が発行され、また再生開始時刻の指定を含めることも可能である。生放送等のリアルタイム映像を配信・記録できる YouTube Live というサービスもある。YouTube Live は生放送中の追っかけ再生にも対応する。YouTube、YouTube Live とともに、視聴者がコメントを残すことが可能。視聴者数とそれぞれの属性情報が保存される。

3.2.3. SlideShare

SlideShare は、リンクトイン社が運営するスライド共有サイトである。OOXML や PDF、

Keynote、OpenDocument 等多数のスライドフォーマットの投稿に対応し、WEB ブラウザーでの視聴時は画像に変換され表示される。スライドごとに一意の URL が発行され、またページの指定を含めることも可能である。視聴者数、とそれぞれの属性情報、ダウンロード数が保存される。

3.2.4. ニコナレ

ニコナレは、ドワンゴ社が運営するプレゼンテーション共有サイトである。PDF 形式のスライドデータの投稿に対応し、WEB ブラウザーでの視聴時は画像に変換され表示される。自分または他人のスライドデータに音声データをのせてスライドショーを作成、共有できる。視聴者はプレゼンテーションのページごとにコメントを書き込める。視聴者数とそれぞれの属性情報が保存される。

3.3. 本章のまとめ

本章では、既存スライドフォーマット、および既存プレゼンテーション共有システムを分析した。以下に、既存プレゼンテーションシステムの問題点を述べる。

- 問題点1. WEB ブラウザーで直接閲覧できない (OOXML)
- 問題点2. ページごとに URL を発行して特定コンテンツを指定することができない (OOXML、MP4、PowerPoint Online)
- 問題点3. ページの概念がなくコンテンツの境界が不明である (MP4、YouTube)
- 問題点4. テキストで内容を検索することができない (MP4、YouTube)
- 問題点5. プレゼンテーションにおける議論等を発表資料と区分可能な形で追記することができない (OOXML、MP4、PowerPoint Online)
- 問題点6. ページ送りのタイミング等の時間軸情報を保存できない (PDF)
- 問題点7. 参加者に関する情報を保存できない (OOXML、MP4、PowerPoint Online)

プログラマーコミュニティは WEB 上で活動するため、WEB ブラウザーで直接扱えないフォーマットは利便性の面から問題になる (問題 1)。ページのある概念があるときページごとに URL を生成できないと SNS 等外部から特定コンテンツにリンクを貼ることができない (問題 2)。ページのある概念がないと議論の際にどのコンテンツに対してのアクションかを時間軸で管理しなければならず、またコンテンツ境界が不明瞭になる (問題 3)。テキストで内容を検索できないと検索エンジンに登録されない (問題 4)。資料に対して会議メモ等がメインコンテンツと区別できる状態で添付できないと、プレゼンテーションを保存できない

い（問題 5）。

第4章 技術系 Meetup におけるプレゼンテーション記録システムの設計

本章では、前章までの分析を踏まえながら、Meetup におけるプレゼンテーションの記録を実現するために必要なシステムを設計する。

4.1. プレゼンテーション記録システムの要件定義

本節では、技術系 Meetup におけるプレゼンテーション記録システムに必要な要件を整理する。2.3 節で述べたコミュニケーションモデルと 3.2 節で列挙した既存プレゼンテーション記録システムの問題点から、本システムに求められる機能要件を以下に示す。

- 要件1. WEB ブラウザーから直接視聴できる
- 要件2. ページごとに URL があるスライド資料を扱える
- 要件3. ページの概念があるスライド資料に対して、ページごとに議論等コミュニケーションを保存できる
- 要件4. スライド資料や議論をテキスト検索可能な形で保存できる
- 要件5. プレゼンテーションにおける議論等コミュニケーションを、コミュニケーションモデルに基づいて、かつ発表資料と区分した状態で配信・記録できる
- 要件6. スライド送りのタイミング等のプレゼンテーションの時間軸情報を記録できる
- 要件7. 参加者情報を記録できる

4.2. 記録システムの全体設計

本節では、前節までに整理した機能要件を満たす設計について述べる。

4.2.1. プレゼンテーション記録システムの全体構成

プレゼンテーション記録システムは、発表者用のクライアントアプリケーション、聴衆用のクライアントアプリケーション、各クライアントの中継や内容の記録を行うサーバーアプリケーションの3種で構成する。このうち聴衆用クライアントは、要件1を満たすためにWEBブラウザ上で動作するWEBアプリケーションとする。

4.2.2. コミュニケーションの配信・記録手法

表3で、2.3節で仮定した7つのコミュニケーションモデルに基づく記録対象と記録手法を示す。

4.2.3. システム化プレゼンテーションフローの設計

図13で、本システムを用いたプレゼンテーションの大まかな流れを示す。プレゼンテーションを全てオンラインに配信するというアプローチを実現するために、発表前にシステムに発表情報を登録する「発表準備」を行う。この時、発表に使うスライド資料は発表前に共有を済ませておく必要がある。「発表・質疑」では発表者の操作が参加者全員にブロードキャストされ、常に同じ画面を見ながらコメントや質問を投稿できる。プレゼンテーション中の活動は全て記録される。プレゼンテーション終了後に「記録保存」でプレゼンテーションの記録を保存またはSNS投稿ができる。

表 3 コミュニケーションモデルに基づく記録対象と記録手法

モデル	記録対象	記録手法	記録形態
Type A	発表者の発話や身振り	発表者端末に接続された Web カメラ映像を録画する	映像
	スライド操作	スライド資料を発表者用クライアントで表示することでページの変更タイミングを検出する	テキスト
	ポインタ操作	発表者用クライアントでポインタ操作を記録する	テキスト
	デスクトップ映像	デスクトップ映像を録画する	映像
Type B	アンケートの質問と選択肢	発表者用クライアントでアンケートを作成・配信できるようにする	テキスト
	アンケートの集計結果	聴衆用クライアントでアンケートに回答できるようにする。サーバーが回答を集計し結果を配信する	テキスト
Type C	発表者による指名と対象の聴衆	発表者用クライアントで聴衆の一覧を表示し、選択結果を記録する。また指名先の聴衆用クライアントに返答を促す通知を出す	テキスト
	指名された聴衆の返答	聴衆用クライアントでテキストまたは音声の入力を受け付け、配信する	テキスト、音声
Type D	割り込みの主体と内容	聴衆用クライアントで音声入力を受け付け、属性情報とともに配信する	テキスト、音声
Type E	挙手と質問内容	聴衆用クライアントで質問テキストの入力を受け付け、内容を配信する	テキスト、映像
	指名	発表者用クライアントで質問をキューに溜め、現在の質問件数を表示する（質問内容は発表者による閲覧操作があるまで表示しない）。発表者による既読操作で質問を返答済みにする	テキスト
	発表者の返答	発表者端末に接続された Web カメラ映像を録画する	映像
Type F	内容と程度（割合）	拍手や笑い声の代替となるテキストコマンドを用意し、同一ページを表示中に何度コマンドが呼ばれるかを集計する	テキスト
Type G	主体と対象、それぞれの発話	聴衆用クライアントでテキストまたは音声の入力を受け付け、配信する	テキスト、音声
	テキストチャット	聴衆用クライアントで、他の聴衆のコメントへの返信コメントを受け付け、配信する	テキスト

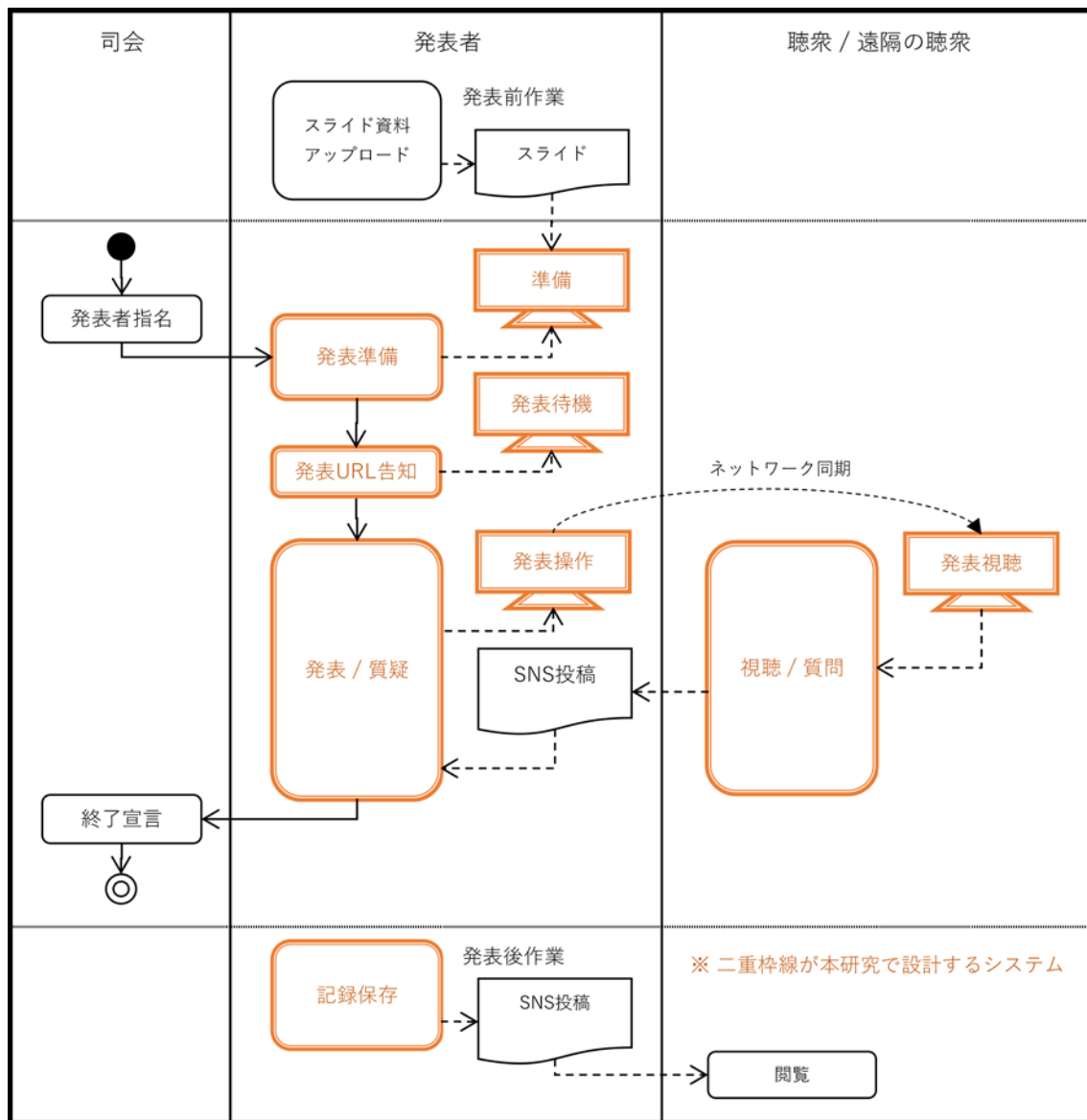


図 13 システム化プレゼンテーションフロー

4.3. 発表者用クライアントアプリケーションの設計

本節では、本システムのうち発表者用クライアントアプリケーションの設計について、機能一覧表と画面構成図を示しながら述べる。

4.3.1. 発表者用クライアントアプリケーションの振る舞い

本項では、本研究で実装する発表者用クライアントアプリケーションの機能及び動作の概要を述べる。まず、表 4 で本アプリケーションの機能の一覧を示す。

表 4 発表者用クライアントアプリケーションの機能

No.	大機能	小機能	機能概要
P1	発表者登録	発表者情報取得	保存された発表者の属性情報を取得する
P2		GitHub 認証要求	サーバーから GitHub アカウントの認証用 URL を取得し、標準ブラウザに表示する
P3		GitHub PIN 入力	GitHub PIN コードの入力を受け付ける
P4		GitHub 認証	入力された GitHub PIN コードをサーバーに送り、GitHub アカウント情報を取得する
P5		Google 認証要求	サーバーから Google アカウントの認証用 URL を取得し、標準ブラウザに表示する
P6		Google PIN 入力	Google PIN コードの入力を受け付ける
P7		Google 認証	入力された Google PIN コードをサーバーに送り、Google アカウント情報と API アクセストークンを取得する
P8		Twitter 認証要求	サーバーから Twitter アカウントの認証用 URL を取得し、標準ブラウザに表示する
P9		Twitter PIN 入力	Twitter PIN コードの入力を受け付ける
P10		Twitter 認証	入力された Twitter PIN コードをサーバーに送り、Twitter アカウント情報を取得する
P11		認証エラー	認証や情報取得の失敗時にエラーを通知する
P12		発表者情報保存	発表者の属性情報を保存する
P13	発表準備	発表情報入力	発表概要の入力を受け付ける
P14		スライド手動設定	スライド資料を URL 手動入力で設定する
P15		Google スライド一覧表示・設定	発表者の Google スライドに登録されているスライド資料の一覧を表示し、指定されたものを資料として設定する
P16		SlideShare スライド一覧表示・設定	任意の SlideShare アカウントに登録されているスライド資料の一覧を表示し、指定されたものを資料として設定する
P17		カメラ検出/設定	発表者 PC に接続された Web カメラの配信有無を設定する
P18		発表情報送信	入力された発表情報を WEB サーバーに送信する
P19	発表告知	視聴用 URL 取得	Web サーバーから視聴ページの URL を取得する

P20		視聴用 URL 表示	視聴ページの URL を表示する
P21		視聴用 URL 投稿	発表者の Twitter アカウントに視聴ページの URL を投稿する
P22	発表操作	スライド操作	スライド資料の表示ページを変更する
P23		ポインタ操作	ポインタでスライド資料の一点を指し示す
P24		デスクトップ配信 切り替え	スライド操作とデスクトップ配信を切り替える
P25	発表配信	スライド操作配信	発表者のスライド操作を WEB サーバーに送信する
P26		ポインタ操作配信	発表者のポインタ操作を WEB サーバーに送信する
P27		Web カメラ配信	発表者 PC に接続された Web カメラ映像をメディアサーバーに送信する
P28		デスクトップ配信	発表者 PC のデスクトップキャプチャ映像をメディアサーバーに送信する
P29	進行管理	タイマー設定	発表の制限時刻を設定する
P30		タイマー通知	発表の残り時刻または経過時刻を表示する
P31	質疑応答	コメント受信	聴衆からのコメントを受信する
P32		コメント一覧表示	聴衆からの全コメントを新着順に一覧表示する
P33		スタンプ受信	聴衆からのスタンプを受信する
P34		スタンプ表示	聴衆からのスタンプをスライド周辺に表示する
P35		質問通知	聴衆からの質問コメントの総数を通知する
P36		質問一覧表示	聴衆からの質問コメントを時系列順に表示する
P37		コメントリンク表示	コメントへのリンクを関連するスライド資料の特定ページ・特定座標に表示する
P38	アンケート	新規作成	2～3 択のアンケートを作成し、選択肢の入力を受け付ける
P39		送信	作成したアンケートをサーバーに送信する
P40		終了通知	アンケートの回答〆切を受け付け、サーバーに送信する
P41		結果表示	アンケートの集計結果をサーバーから受け取り表示する
P42	記録	ログ受信	Web サーバーからログデータを受信する
P43		ログ保存	ログデータを保存する
P44		ログ変換	ログデータを Markdown 形式に変換する
P45		Gist 投稿	ログデータ(Markdown)を発表者の Gist に投稿する

発表者用クライアントは、技術系 Meetup におけるプレゼンテーション構成要素のうち発表者が発信する情報を処理し記録用 Web サーバーに送信する機能と、Web サーバーから受信した参加者の SNS 投稿を表示する機能を持つクライアントアプリケーションである。

発表者があらかじめスライド共有サイトに投稿しておいたスライド資料の URL を本アプリケーションに入力することで、即座にプレゼンテーションの配信と記録が可能になる。プレゼンテーションを開始するとそのプレゼンテーション固有の URL が生成される。聴衆がこの URL を WEB ブラウザーで開けば、後述する聴衆用 WEB アプリケーションですぐにプレゼンテーションへの参加が可能となる。

発表用クライアントの画面にはスライド資料と自身のビデオ映像、そして参加者の SNS 投稿が表示される。マウスやキーボードでスライドコントロールが可能である。

4.3.2. 発表者用クライアントアプリケーションの画面遷移

本論文では、画面を、画面レイアウトの単位と定義する。またビューを、ユーザー操作をきっかけに同一画面にオーバーレイ表示されるコンテンツの単位と定義する。

図 14 で、本システムの発表者用クライアントの画面遷移を示す。本システムの発表者用クライアントは、認証画面、準備画面、配信画面、配信後画面の 4 つの画面によって構成される。それぞれの画面は 0 個以上のビューを内包する。

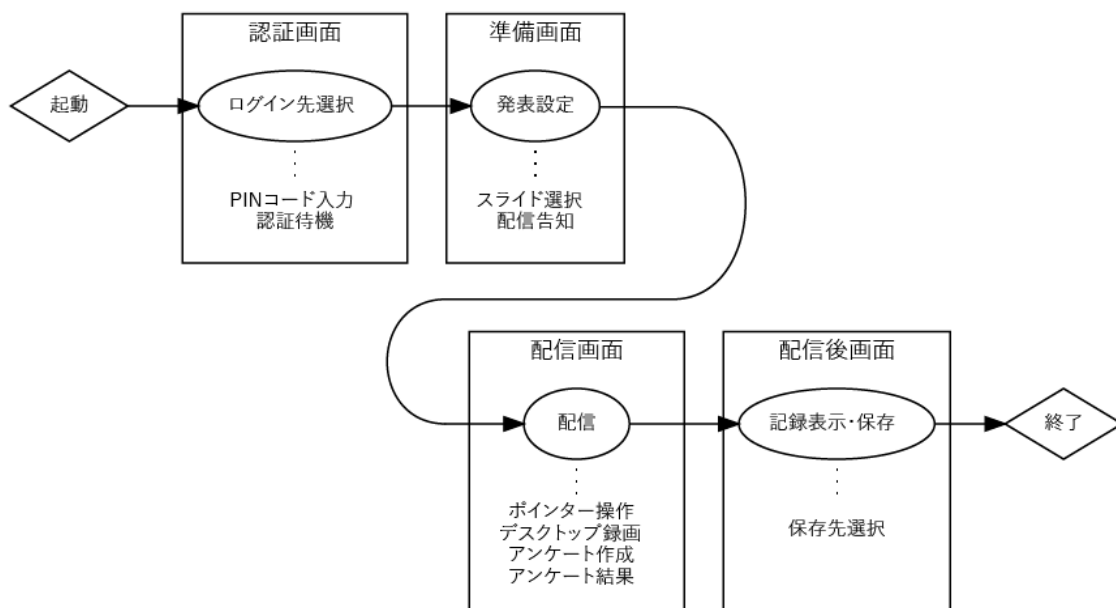


図 14 発表者用クライアントアプリケーションの画面遷移

4.3.2.1. 認証画面

認証画面は、要件 7 を満たすための発表者情報を Twitter、GitHub、Google から各 API を利用して取得する画面である。ここで取得した情報は発表者属性として用いるほか、次の準備画面でスムーズに発表資料を登録したり、発表告知として発表 URL を Twitter に投稿したりといった機能にも利用される。

図 15 と図 16 に認証画面、図 17 に PIN コード入力ビュー、図 18 に認証待機ビューのレイアウトをそれぞれ示す。また、表 5 でそれらに配置されるインタラクティブ部品を説明する。

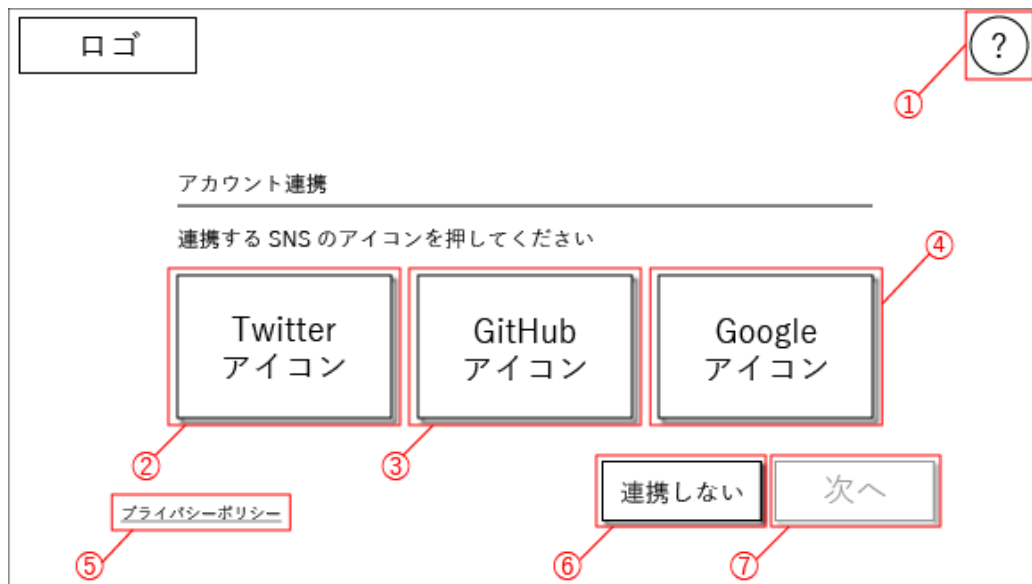


図 15 発表者用クライアント 認証画面レイアウト（初期状態）



図 16 発表者用クライアント 認証画面レイアウト（連携後）

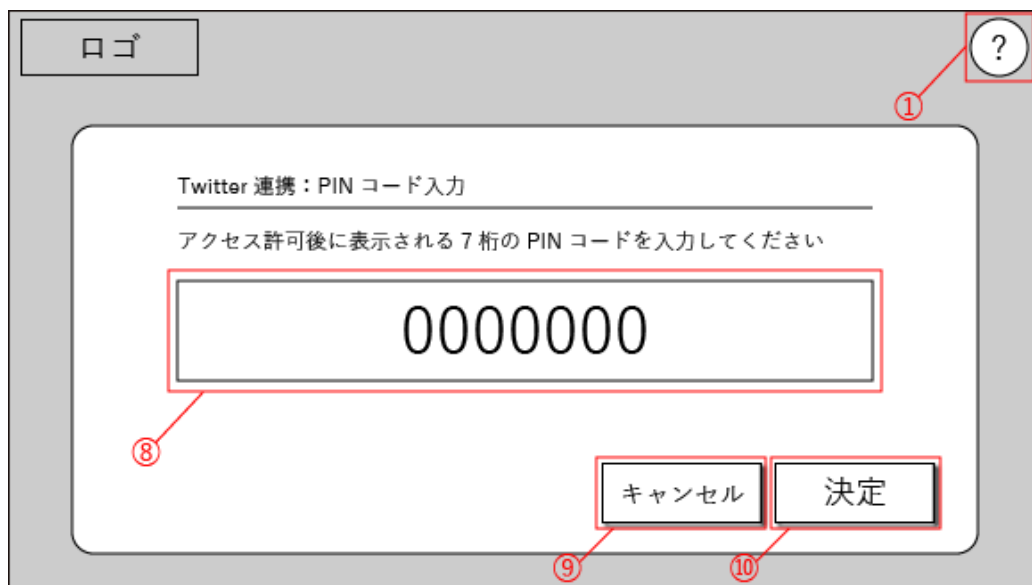


図 17 発表者用クライアント 認証画面（PIN コード入力ビュー）レイアウト

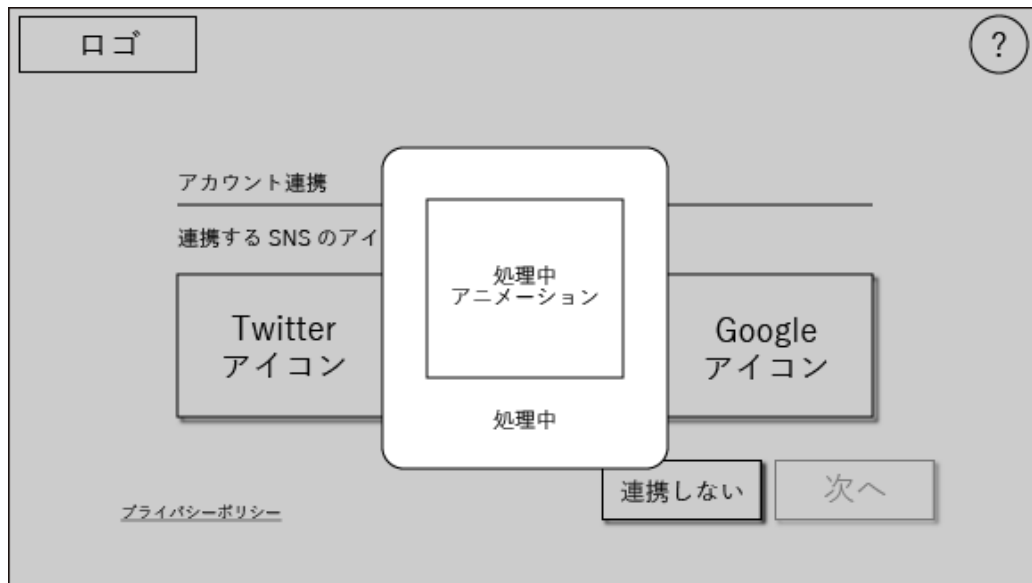


図 18 発表者用クライアント 認証画面（認証待機ビュー）レイアウト

表 5 認証画面のインタラクティブな部品

番号	名称	機能/備考
1	ヘルプボタン	操作に関するヘルプを呼び出すためのボタン
2	Twitter 認証/情報	未認証時は Twitter 認証を開始するためのボタン、認証後は Twitter 認証情報表示と、押すことで認証を解除するためのボタン
3	GitHub 認証/情報	未認証時は GitHub 認証を開始するためのボタン、認証後は GitHub 認証情報表示と、押すことで認証を解除するためのボタン
4	Google 認証/情報	未認証時は Twitter 認証を開始するためのボタン、認証後は Twitter 認証情報表示と、押すことで認証を解除するためのボタン
5	プライバシーポリシー	アカウント情報の取り扱い方針について定めたページへのリンク
6	認証しないボタン	認証をせずに参加者属性を自由入力するためのボタン
7	認証完了ボタン	認証後に準備画面へ遷移するためのボタン
8	PIN コード入力フォーム	OAuth 認証処理中の PIN コード入力フォーム
9	入力キャンセルボタン	認証処理を中断するためのボタン
10	入力決定ボタン	PIN コード入力後に認証処理を続行するためのボタン

4.3.2.2. 準備画面

準備画面は、発表者が発表タイトルやスライド資料 URL 等の発表情報を入力し、発表開始まで時間調整を行う画面である。表 6 に入力する発表情報を示す。このうちスライド資料の URL は、任意入力のほか、認証画面で Google 認証が済んでいれば Google Drive にアップロード済みのスライド資料一覧から選択と自動入力補完ができる。

表 6 準備画面の入力項目

入力項目	概要	
発表タイトル	プレゼンテーションのタイトルとして使う任意の文字列	必須
発表概要（告知文）	プレゼンテーションの概要を説明する文章。Twitter 告知機能で告知文としても利用される	
発表者名	発表者の名前情報として使う任意の文字列（アカウント未認証時のみ）	必須
スライド資料 URL	スライド資料の URL（https スキームのみ）。Google Drive スライド一覧からの選択・自動入力補完に対応する	必須
Web カメラ入力	発表者のコンピューターに接続された Web カメラから、配信に利用するもののデバイス ID。一覧が自動で生成されドロップダウン UI で選ぶ	

4.3.2.3. 配信画面

配信画面は、発表者がプレゼンテーションを行う画面である。図 19 に配信画面のレイアウトを示す。また表 7 で配信画面のインタラクティブ部品の一覧を示す。



図 19 発表者用クライアント 配信画面レイアウト

表 7 配信画面のインタラクティブな部品

番号	名称	機能/備考
1	発表終了ボタン	発表を終了し、サーバーにログの生成を要求するボタン
2	全てのコメントタブ	聴衆からの全てのコメントタブを開くためのボタン
3	質問コメントタブ	聴衆からの質問コメントタブを開くためのボタン
4	ヘルプボタン	配信画面の操作説明を表示するためのボタン
5	デスクトップボタン	デスクトップ操作モードに切り替えるためのボタン
6	ポインタボタン	レーザーポインタ操作モードに切り替えるためのボタン
7	アンケートボタン	アンケートモードに切り替えるためのボタン

4.3.2.4. 配信後画面

発表後画面は、発表者が配信の結果を確認し、記録を表示・保存するための画面である。

4.4. 聴衆用クライアントアプリケーションの設計

本節では、本システムのうち聴衆用クライアントアプリケーションの設計について述べる。

4.4.1. 聴衆用クライアントアプリケーションの振る舞い

本項では、本研究で実装する聴衆用クライアントアプリケーションの機能及び動作の概要を述べる。まず、表 8 で本アプリケーションの機能の一覧を示す。

表 8 聴衆用クライアントアプリケーションの機能

No.	大機能	小機能	機能概要
A1	認証	聴衆情報取得	聴衆のアカウント情報を取得する
A2		Twitter 認証要求	サーバーから Twitter アカウントの認証用 URL を取得し、遷移する
A3		Twitter 認証	リダイレクトを解析して得たアクセストークンをサーバーに送り、Twitter アカウント情報を取得する
A4		認証エラー	Twitter 認証や情報取得に失敗したときにエラーを通知する
A5		発表者情報保存	発表者のセッション情報、Twitter アカウント情報を保存する
A6	入退室	入室	発表 URL に紐づいた配信への接続をサーバーに要求する
A7		入室エラー	配信に接続できないときにエラーを通知する
A8		退室	視聴画面を閉じたときにサーバーへ離脱を通知する
A9	視聴	発表情報取得	発表情報を取得する
A10		スライド資料表示	発表に紐づいたスライドデータを表示する
A11		スライド同期	発表者のページ更新通知をサーバーから受け取り同期する
A12		スライド別窓表示	スライドを別窓で、聴衆が任意に操作可能な状態で開く
A13	コメント	コメント表示	サーバーからコメント通知を受け取り同期・表示する
A14		コメント入力/投稿	入力されたコメントを表示中のスライドページまたはその特定座標(矩形)と紐づけてサーバーに送る
A15		スタンプ選択/投稿	選択されたスタンプを表示中のスライドページまたはその特定座標(矩形)と紐づけてサーバーに送る
A16		マイク録音/投稿	聴衆端末のマイク音声を録音し、表示中のスライドページ

			またはその特定座標(矩形)と紐づけてサーバーに送る
A17		スライド領域選択	スライドの特定座標(矩形)を選択する
A18	ポインタ	ポインタ同期	サーバーからポインタ通知を受け取り同期・表示する
A19	アンケート	アンケート表示	サーバーからアンケート通知を受け取り表示する
A20		アンケート受付	サーバーから切通知を受け取るまで、回答を受け付ける
A21		アンケート送信	アンケートの回答をサーバーに送信する
A22		アンケート結果表示	アンケート結果をグラフにして表示する
A23	映像	Web カメラ表示	サーバーから発表者の Web カメラ映像を受信し表示する
A24		デスクトップ表示	サーバーから発表者のデスクトップ映像を受信し表示する

聴衆用アプリケーションは、技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの構成要素のうち聴衆の SNS 投稿を処理しサーバーに送信する機能と、発表者の発表情報と他の参加者の SNS 投稿をサーバーから受け取り表示する機能を持つアプリケーションである。

発表者から伝えられたプレゼンテーション URL を WEB ブラウザーで開くと、この聴衆側アプリケーションで即座にプレゼンテーションに参加できる。聴衆用アプリケーションの画面にはスライド資料と発表者のビデオ映像、そして参加者の SNS 投稿が表示され、マウスやキーボード、タッチインターフェースで SNS 投稿やアンケートへの回答が可能である。

4.4.2. 聴衆用クライアントアプリケーションの画面遷移

図 20 で、本システムの聴衆用クライアントの画面遷移を示す。本システムの聴衆用クライアントは、視聴画面のみによって構成される。

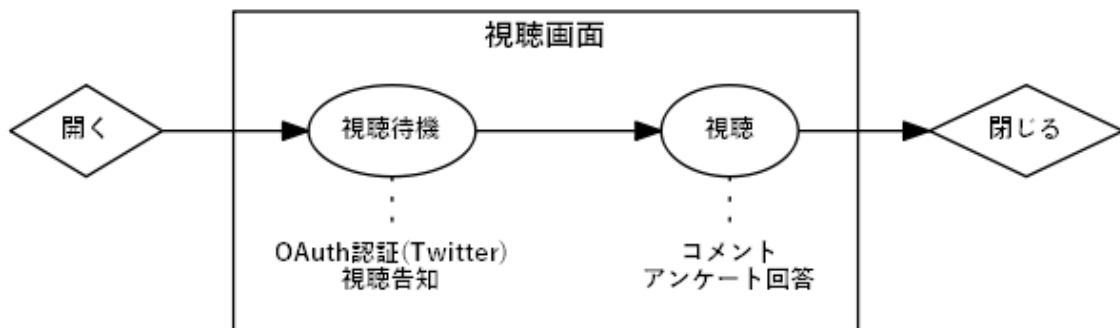


図 20 聴衆用クライアントアプリケーションの画面遷移

4.4.2.1. 視聴画面

視聴画面は、聴衆がプレゼンテーションに参加し、発表を視聴したり議論したりする画面である。画面レイアウトは発表者用クライアントの発表画面レイアウト（図 19）とほぼ同一の内容で、コメント入力欄がある点だけ異なる。

4.5. サーバーアプリケーションの設計

本節では、本システムのうちサーバーアプリケーションの設計について述べる。

4.5.1. サーバーアプリケーションの振る舞い

本項では、本研究で実装するプレゼンテーション記録システムのサーバーアプリケーションの動作概要を述べる。まず、表 9 で本アプリケーションの機能の一覧を示す。

表 9 サーバーアプリケーションの機能一覧

No.	大機能	小機能	機能概要
S1	発表者認証	GitHub 認証開始	発表者用クライアントに GitHub 認証用 URL を渡す
S2		GitHub 認証	発表者用クライアントから GitHub PIN コードを受け取り、生成したアクセストークンで GitHub アカウント情報を取得し返す
S3		Google 認証開始	発表者用クライアントに Google 認証用 URL を渡す
S4		Google 認証	発表者用クライアントから Google PIN コードを受け取り、生成したアクセストークンで Google アカウント情報を取得し返す
S5		Twitter 認証開始	発表者用クライアントに Twitter 認証用 URL を渡す
S6		Twitter 認証	発表者用クライアントから Twitter PIN コードを受け取り、生成したアクセストークンで Twitter アカウント情報を取得し返す
S7	聴衆認証	Twitter 認証開始	聴衆用クライアントに Twitter 認証用 URL を渡す
S8		Twitter 認証	聴衆用クライアントからアクセストークンを受け取り、Twitter アカウント情報を取得し返す
S9	発表告知	Twitter 共有	各クライアントからの要求に応じて、発表タイトル及び URL を Twitter アカウントに投稿する

S10	発表管理	発表生成	発表者用クライアントから発表情報を受け取り、一意の発表 URL を生成して返す
S11		発表接続	発表 URL に応じて、発表者用クライアントと聴衆用クライアントを接続する
S12		発表終了	発表者用クライアントからの終了通知を受け取り、関連する接続の切断と発表 URL の無効化を行う
S13	発表配信	基本情報同期	接続した聴衆用クライアントに発表情報を送信する
S14		スライド同期	発表者用クライアントからのページ送り信号を関連する全聴衆用クライアントにブロードキャストする
S15		ポインタ同期	発表者用クライアントからのポインタ信号を関連する全聴衆用クライアントにブロードキャストする
S16		映像配信	発表者用クライアントからのリアルタイム配信映像を、関連する全聴衆用クライアントにブロードキャストする
S17		映像切り替え同期	発表者用クライアントからの映像切り替え信号を関連する全聴衆用クライアントにブロードキャストする
S18	アンケート	アンケート開始	発表者用クライアントからのアンケート要求とその内容を関連する全聴衆用クライアントにブロードキャストする
S19		アンケート終了	アンケートの締め切り通知を関連する全聴衆用クライアントにブロードキャストする
S20		アンケート回収	聴衆用クライアントからのアンケート回答を受け取り、集計する
S21		アンケート集計	締め切り時点での集計結果を関連する全てのクライアントにブロードキャストする
S22	コメント	コメント同期	聴衆用クライアントからコメントを受け取り、関連する発表者用クライアントと他の聴衆用クライアントにブロードキャストする
S23		コメント投稿	Twitter 認証された聴衆用クライアントからコメントを受け取り、聴衆の Twitter タイムラインにコメントを投稿する
S24		音声コメント	聴衆用クライアントから録音を受け取り、関連する発表者用クライアントと他の聴衆用クライアントにブロードキャストする
S25	発表記録	コメント記録	同期した全てのコメントデータを記録する
S26		映像記録	配信した全ての映像データを記録する
S27		スライド記録	スライド資料の URL 及び操作情報を記録する

S28		ログ作成	記録されたコメントデータとスライドデータを元にプレゼンテーション記録フォーマットでログを作成し、発表者用クライアントに送信する
S29		Gist 投稿	発表者用クライアントからの要求に応じて、ログからレポートを作成して発表者の Gist に投稿する
S30		ログ URL 通知	発表者用クライアントにログ及び映像データをダウンロードできる URL を通知する

サーバーアプリケーションは、本システムにおいてクライアント間の情報の受け渡しとその記録を担う。Meetup における全てのプレゼンテーション構成要素を発表者用・聴衆用クライアントから受け取り、サーバー内に記録したうえで参加者全員に同じ情報をブロードキャストして伝える。

4.6. プレゼンテーション記録フォーマットの設計

本節では、本システムが記録するプレゼンテーションデータの設計について述べる。技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの記録データはオンラインコミュニティでの利用が想定されるため、WEB と親和性の高い JSON をコンテナフォーマットとして採用する。

各属性の詳細な構造を表 10 に示す。記録データには、プレゼンテーションのタイトルや時刻などの基本情報に加え、発表者情報、聴衆のリスト、スライド資料と各ページの URL、スライド資料以外の添付資料の URL、そして時系列順に整理された発表中のイベントのリストが含まれる。

表 10 プレゼンテーション記録フォーマット(JSON)の属性詳細

属性名	型	親要素	必須	説明/備考
title	string	-	Y	発表者が指定した発表タイトル
description	string	-	N	発表者が指定した発表の説明文
time_begin	integer	-	Y	プレゼンテーションの開始時刻(ミリ秒単位の UNIX 時刻)
time_end	integer	-	Y	プレゼンテーションの終了時刻(ミリ秒単位の UNIX 時刻)
presenter	object	-	Y	発表者情報を格納するオブジェクト
name	string	presenter	Y	発表者の氏名またはニックネーム
twitter	string	presenter	N	発表者の Twitter スクリーンネーム
google	string	presenter	N	発表者の Google ID

github	string	presenter	N	発表者の GitHub ID
audience	array<object>	-	Y	聴衆情報を格納する配列。index は聴衆の ID と同義
name	string	audience	N	聴衆の氏名またはニックネーム
twitter	string	audience	N	聴衆の Twitter スクリーンネーム
slide	array<string>	-	Y	スライド資料とそのページごとの URL を格納する配列。index はページ番号と同義。ページごとに固有の URL が割り振られていないスライド資料の場合は要素が重複する場合がある
attachment	array<object>	-	N	スライド資料以外の添付資料を格納する配列。index は添付資料の ID と同義
type	string	attachment	Y	添付資料の MIME Type
url	string	attachment	Y	添付資料の参照先 URL
name	string	attachment	N	添付資料の名称
activity	array<object>	-	Y	プレゼンテーション内のイベントを時系列順に格納する配列。index は要素の ID と同義
time	integer	activity	Y	イベントの発生時刻（ミリ秒単位の UNIX 時刻）
type	string	activity	Y	イベントの種類。begin, end, comment 等がある
slide_index	integer	activity	N	イベントと紐づいたページ(slide 配列の index)
comment	object	activity	N	コメントの詳細情報を格納するオブジェクト
type	string	comment	Y	コメントの種別を表す文字列
text	String	comment	Y	聴衆のコメント
area	object	comment	N	ページの特定制座標・領域を示す場合に用いる
x	integer	area	Y	スライド資料の横幅を 1.0 としたときの X 座標
y	integer	area	Y	スライド資料の縦幅を 1.0 としたときの Y 座標
width	integer	area	N	スライド資料の横幅を 1.0 としたときの領域幅
height	integer	area	N	スライド資料の縦幅を 1.0 としたときの領域高さ
audience_id	integer	activity	N	イベントに紐づいた聴衆の ID。0 以上
attachment_id	integer	activity	N	イベントに紐づいた添付資料の ID。0 以上
activity_id	integer	activity		イベントに紐づいた他のイベントの ID。0 以上
question	object	-	N	アンケート情報
type	string	question	Y	アンケートの形式。single または multiple
text	string	question	Y	アンケートの質問文
option	array<object>	question	Y	アンケートの選択肢を格納する配列。2 要素以上
text	string	option	Y	アンケート選択肢の文章

number	integer	option	Y	アンケート選択肢の選択数。0 以上
--------	---------	--------	---	-------------------

4.6.1. プレゼンテーションの開催概要

プレゼンテーションタイトルと説明文、ならびに開始・終了時刻は図 21 で示すように記録する。タイトルや説明文に字数制限はない。説明文(description)のみ null 値が許容される。開始・終了時刻はそれぞれミリ秒単位の UNIX タイムスタンプを格納する。

```
"title": "プレゼンテーションのタイトル",  
"description": "このプレゼンテーションはサンプルです。",  
"time_begin": 14518146780000,  
"time_end": 14518163010000,
```

図 21 プレゼンテーション記録フォーマット：開催概要の記録例

4.6.2. プレゼンテーションの発表者属性

プレゼンテーションの発表者属性は図 22 で示すように記録する。presenter は null にすることはできず、また name プロパティが必須となる。Twitter、google、github 等の SNS アカウント情報は任意で、また ipaddr 等本システムで定義していないプロパティを持たせることも可能である。

```
"presenter": {  
  "name": "山田太郎",  
  "twitter": "@example_yamada",  
  "google": null,  
  "github": "exampleyamada",  
  "ipaddr": "192.168.1.12"  
}
```

図 22 プレゼンテーション記録フォーマット：発表者属性の記録例

4.6.3. プレゼンテーションの聴衆属性

プレゼンテーションの聴衆の一覧とそれぞれの属性は図 23 で示すように記録する。audience は聴衆の人数だけオブジェクトを収めた配列で、null 値は許されない。配列に含まれる各オブジェクトは name プロパティが必須で、twitter プロパティは任意、また定義されていないプロパティを含むことは容認される。

```
"audience": [{
  "name": "竹田花子",
  "tiwtter": "@example_hanako "
}, {
  "name": "たまちゃん",
  "tiwtter": "@example_azarashi"
}, {
  "name": "たまちゃん",
  "tiwtter": null,
  "ipaddr": "192.168.1.11"
}]
```

図 23 プレゼンテーション記録フォーマット：聴衆属性の記録例

4.6.4. プレゼンテーションのスライド資料

プレゼンテーションのスライド資料は図 24 で示すように記録する。slide は文字列の配列で、必ず 1 つ以上の要素を持たなければならない。スライド資料自体ではなく、スライドの保存先 URL を記録する。スライドの URL はページごとに記録し、それらはページ順に配列で保持する。

```
"slide": [
  "http://example.com/slide.html",
  "http://example.com/slide.html#2",
  "http://example.com/slide.html#3",
  "http://example.com/slide.html#4"
  "http://example.com/slide.html#5"
]
```

図 24 プレゼンテーション記録フォーマット：スライド資料の記録例

4.6.5. プレゼンテーションのその他の添付資料

プレゼンテーションのその他の添付資料は図 25 で示すように記録する。attachment はオブジェクトの配列で、添付資料がない場合は null ではなく空配列を指定する。各オブジェクトが一つの添付資料に対応し、MIME-Type と保存先 URL が必須である。スライド資料と同様に、ファイル自体ではなく保存先の URL を記録する。発表者映像も添付資料としてここに保存する。

```
"attachment": [{
  "type": "video/webm",
  "url": "http://example.com/recerd.webm",
  "name": "録画映像"
}, {
  "type": "video/webm",
  "url": "http://example.com/recerd2.webm",
  "name": "録画映像 2"
}]
```

図 25 プレゼンテーション記録フォーマット：添付資料の記録例

4.6.6. プレゼンテーションのイベントリスト

プレゼンテーションのイベントとは、プレゼンテーション内での参加者の行動である。プレゼンテーションのイベントは `time` プロパティと `type` プロパティを持つオブジェクトとして記録される。`time` プロパティはイベント発生時のミリ秒単位の UNIX タイムスタンプで、`type` プロパティはイベントの種別を表す文字列が格納される。以下に代表的なイベントの記録例を示す。

4.6.6.1. イベント記録の開始と終了

`begin` と `end` イベントは、それぞれイベント記録の開始時刻と終了時刻を UNIX タイムスタンプで記録したものである。拡張情報はない。`time_begin` や `time_end` がプレゼンテーション全体の開始・終了時刻なのに対し、このイベントは記録の開始・終了時刻である。図 26 に記録例を示す。

```
"event": [{
  "time": 14518148620000,
  "type": "begin"
}, {
  "time": 14518149293898,
  "type": "end"
}]
```

図 26 プレゼンテーション記録フォーマット：記録イベントの記録例

4.6.6.2. 録画の開始と終了

`begin_stream` と `end_stream` イベントは、それぞれ映像配信の開始時刻と終了時刻を

UNIX タイムスタンプで記録したものである。関連する録画映像を指定する `attachment_id` プロパティを持つ。図 27 に記録例を示す。

```
"activity": [{
  "time": 14518148620000,
  "type": "begin_stream",
  "attachment_id": 0
}, {
  "time": 14518149293898,
  "type": "end_stream",
  "attachment_id": 0
}]
```

図 27 プレゼンテーション記録フォーマット：録画イベントの記録例

4.6.6.3. 参加者の入退室

`join` と `leave` イベントは、それぞれ聴衆の入室時刻と途中退室時刻を記録したものである。関連する参加者属性を指定する `audience_id` プロパティを持つ。その定義から、`join` イベントの数は必ず `audience` 配列の要素数と一致する。`leave` イベントは発表終了前に視聴を終了した聴衆がいた場合のみ記録される。図 28 に記録例を示す。

```
"activity": [{
  "time": 14518148620000,
  "type": "join",
  "audience_id": 0
}, {
  "time": 14518148634000,
  "type": "join",
  "audience_id": 1
}, {
  "time": 14518149293898,
  "type": "leave",
  "audience_id": 0
}]
```

図 28 プレゼンテーション記録フォーマット：入退室イベントの記録例

4.6.6.4. スライドのページ送り

`update_slide` イベントは、放送者のページ送り操作を記録したものである。関連するページ URL を指定する `slide_index` プロパティを持つ。図 29 に記録例を示す。

```
"activity": [{
  "time": 14518148620000,
  "type": "update_slide",
  "slide_index": 1
}]
```

図 29 プレゼンテーション記録フォーマット：ページ送りイベントの記録例

4.6.6.5. コメントとスタンプ

Comment イベントは、聴衆のコメントやスタンプ投稿を記録したものである。関連する聴衆属性を指定する `audience_id`、関連するページ URL を指定する `slide_index`、そしてコメントの内容を保持するオブジェクト `comment` プロパティを持つ。comment オブジェクトは文章 `text` と種別 `type` プロパティを持つ。図 30 に記録例を示す。

```
"activity": [{
  "time": 14518148620000,
  "type": "comment",
  "comment": {
    "text": "こんにちは",
    "type": "normal"
  },
  "slide_index": 1,
  "audience_id": 6
}, {
  "time": 14518149504930,
  "type": "comment",
  "comment": {
    "text": "これは食べられますか?",
    "type": "question"
  },
  "slide_index": 3,
  "audience_id": 4
}, {
  "time": 14518149509544,
  "type": "comment",
  "comment": {
    "text": "888888888888",
    "type": "stamp_clap"
  },
  "slide_index": 5,
  "audience_id": 6
}]
```

図 30 プレゼンテーション記録フォーマット：コメントの記録例

4.7. 本章のまとめ

本章では、プレゼンテーション記録システムの設計について述べた。

本システムは発表者用クライアント、聴衆用クライアント、ならびにサーバーによって構成される。各アプリケーションは協調して動作し、JSON フォーマットのログを生成する。

次章では、本システムの具体的な実装について示す。

第5章 技術系 Meetup におけるプレゼンテーション記録システムの実装

本章では、前章で設計したプレゼンテーション記録システムの実装について述べる。

5.1. 本研究で対象とする実装

本研究では、技術系 Meetup におけるコミュニケーションモデルのうち「Type A」「Type E」「Type F」の記録に関わる設計を実装し、評価する。

5.2. 実装環境

本研究で実装した Meetup におけるプレゼンテーション記録システムの実装環境を表 11 に示す。設計段階ではサーバーは 1 台であったが、メディアサーバーによる映像配信の処理が重くなり HTTP サーバーや WebSocket サーバーの動作が不安定になることが多々あったため、これらを物理的に分割し 2 台構成とした。

表 11 本研究のプレゼンテーション記録システムの実装環境

名称	詳細
WEB(HTTP/WebSocket)サーバーOS	Ubuntu 14.04.3 LTS
HTTP サーバー	Apache 2.4.7
WebSocket サーバー	Node.js 5.2.0 + ws 0.8.1
サーバーアプリケーション使用言語	Haxe (Node.js)
メディアサーバーOS	Ubuntu 14.04.3 LTS
メディアサーバー	Kurento Media Server 6.2.0
ネイティブアプリケーションエンジン	Electron 0.35.3
クライアントアプリケーション使用言語	Haxe (JavaScript), HTML, CSS

5.3. 実装の前提となる技術

5.3.1. WebSocket (RFC5455)

WebSocket [7]は、WEB アプリケーションのための TCP 上に構築された双方向通信プロトコルである。IETF によって RFC5455 として策定・標準化されている。従来のクライアント・サーバー間のリアルタイム通信に用いられていた XMLHttpRequest の欠点を解決する技術として開発されたため、より軽量かつ多機能で、ロングポーリング等を行わずともサーバー側からのプッシュ配信を実現できる。専用のスキームとして ws および wss が割り当てられている。なお、WebSocket API [8]は W3C によって策定されている。本システムでは、アプリケーション間のリアルタイム通信と、WebRTC のシグナリングのために WebSocket を用いる。

5.3.2. WebRTC

WebRTC [9]は、W3C が提唱する Web ブラウザー用のリアルタイムコミュニケーション API で、特別なプラグインなしでサーバーレスのピアツーピアの映像伝送を可能とする（ただし最初の接続時は伝送経路を決めるために WebSocket 等を用いてシグナリングを行う必要がある）。映像や音声のリアルタイム伝送のためのメディアチャンネルと、欠落のないバイナリデータ伝送のためのデータチャンネルの 2 種類の通信方式がある。メディアチャンネルは DTLS の助けを借りた SRTP over UDP プロトコルを用いて映像や音声を暗号化したうえでリアルタイム伝送する。データチャンネルは SCTP over DTLS over UDP プロトコルを用いてバイナリデータを暗号化したうえで伝送する。本システムでは、発表者映像のリアルタイム配信と記録のために WebRTC を用いる。

5.3.3. Kurento Media Server

Kurento Media Server [10]は WebRTC を用いたグループコミュニケーションのためのメディアサーバーである。Kurento Technologies によりオープンソースで開発されている。Kurento を用いることで、ピアツーピア特有のフルメッシュで複雑な構造を回避し、サーバーに繋ぐだけで全てのクライアントと通信ができるようになる。本システムでは発表者用クライアントと無数の聴衆用クライアントを効率的につなぐための WebRTC SFU (Selective Forwarding Unit)として用いる。

5.3.4. Electron (旧称 Atom Shell)

Electron [11]は、GitHub 社が開発するデスクトップアプリのためのクロスプラットフォーム実行環境である。Chromium ブラウザーを内蔵し、Node.js/HTML で記述したアプリケーションを Windows、Mac OS X、Linux 上で動かせる。本システムでは発表者用クライアントにおいて WEB アプリケーションのクロスドメイン制約を回避するために用いる。

5.4. 実装の概要

本節では、本研究で実装したプレゼンテーション記録システムの実装の概要を述べる。各要件を満たすための実装手法を以下に示す。

- 実装1. 聴衆用クライアントは WEB アプリケーションとする
- 実装2. 使用できるスライド資料は Google スライド等の WEB スライドとし、各クライアントはインラインフレームで読み込む
- 実装3. 参加者のコメント投稿等のイベント発生時に発生元のクライアントで表示中のスライドページ情報を添えて記録する
- 実装4. プレゼンテーションログのフォーマットは JSON とする
- 実装5. 発表者映像を WebRTC で聴衆全員にブロードキャストしながら録画する。また聴衆がコメントを投稿する際に質問、好印象、拍手、笑い、分からない、その他一般の 6 種類からコメント属性を指定し、そこからコミュニケーションモデルを導きだし記録する
- 実装6. プレゼンテーション中の全てのイベントをサーバーに送信し、サーバーが受け取った時点のタイムスタンプを添えて記録する
- 実装7. プレゼンテーションの参加時に参加者名を入力させ、プレゼンテーションログの参加者の属性情報 audience に記録する

実装モデルを図 31 に示す。本システムの実装は、発表者が使用するネイティブクライアントと、聴衆が使用する WEB クライアント、それらから発信される情報を受け取り記録・他の参加者に仲介する WEB サーバー・Kurento メディアサーバー、ならびに各アプリケーションが協調して動作するための通信プロトコルに大別される。プレゼンテーションの記録データは、映像 (WebM) が Kurento メディアサーバーに、それ以外 (JSON) が WEB サーバーに保存される。

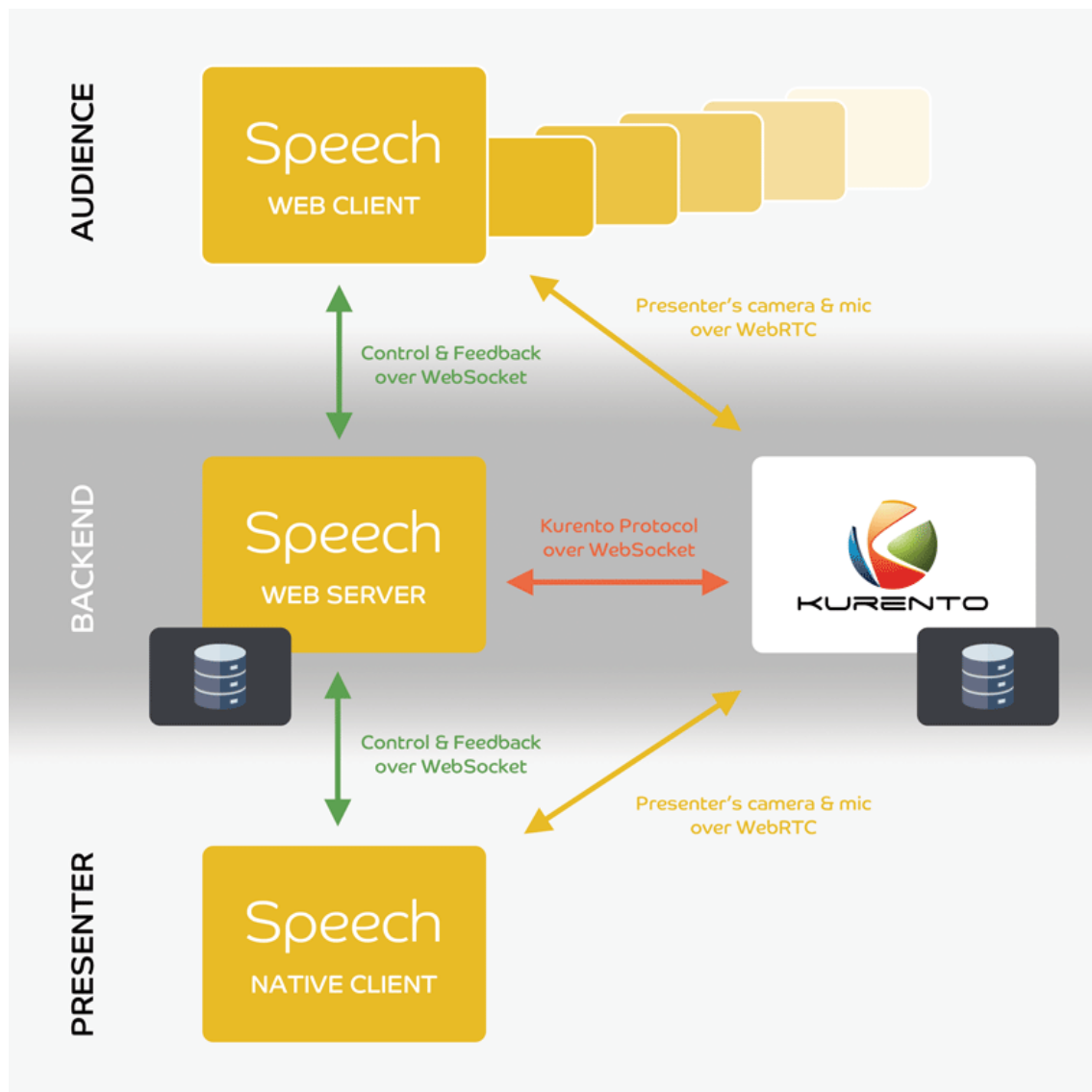


図 31 技術系 Meetup におけるプレゼンテーション記録システムの実装モデル

5.4.1. 発表者用ネイティブクライアントの実装

図 32 は、実装した発表者用クライアントを Windows 10 で起動した際の配信画面のスクリーンショットである。



図 32 実装した発表者用クライアント（配信画面）のスクリーンショット

発表者用クライアントアプリケーションは、要件 1 から WEB アプリケーションとしたかったが、インラインフレーム等のクロスドメイン制限で読み込んだスライドのページ送り等状態をシステムで検知することが困難であるため、Electron を用いてネイティブクライアントとして実装した。Electron は、WEB アプリケーションをデスクトップアプリケーションとしてパッケージングできるアプリケーションフレームワークである。Electron には iframe のクロスドメイン制限を無効とした webview という独自のタグがあり、今回はこれを用いて WEB 上にあるスライド資料の表示と操作を実現した。このネイティブクライアントは別途構築したインストーラーで Windows、Mac OSX にインストールできる。

表 4 に挙げた機能のうち、P13、P14、P17、P18、P19、P22、P25、P27、P30、P31、P32、P33、P34、P35、P36 の機能を実装した。発表者の属性情報の取得は、後述する研究室での実証実験のため、SNS アカウントの代わりに研究室内の ID 名でログインできるよう実装を変更した。

5.4.2. 聴衆用 WEB クライアントの実装

図 33 は、実装した聴衆用クライアントを WEB ブラウザー（Google Chrome M48）で起動した際の視聴画面のスクリーンショットである。

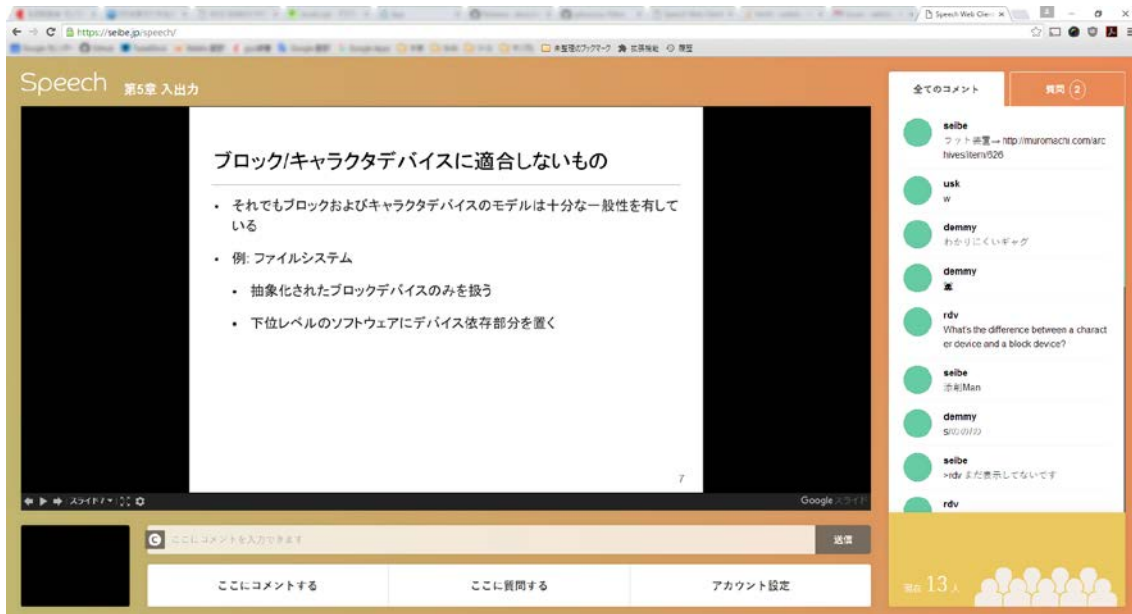


図 33 聴衆用クライアント（視聴画面）のスクリーンショット

聴衆用クライアントアプリケーションは、要件 1 より WEB アプリケーションとした。HTML や CSS のコードは発表者用クライアントとできる限り共通化することで、見た目の差異を小さくし、また実装コストも減らした。利用可能なブラウザは、Google Chrome M48 以降、ならびに Mozilla Firefox 43 以降である。

表 8 に挙げた機能のうち、A1、A6、A7、A8、A9、A10、A11、A13、A14、A15、A23 の機能を実装した。聴衆の属性情報の取得は、後述する研究室での実証実験のため、SNS アカウントの代わりに研究室内の ID 名でログインできるよう実装を変更した。

5.4.3. サーバーの実装

サーバーアプリケーションは、WEB/WebSocket サーバーと、メディアサーバーに分けられる。両者ともに Ubuntu OS 上で動作するよう実装したが、処理負荷の都合から前者と後者は別のサーバーコンピュータ上で稼働させた。WEB サーバーは Apache を、WebSocket サーバーは Node.js/ws を、メディアサーバーは Kurento を用いて構築した。

メディアサーバーは、全てのクライアントと接続し、発表者用ネイティブクライアントから配信された映像を記録しながら各聴衆用 WEB クライアントに中継する役割を担う。WebRTC は本来 P2P 通信なので発表者と聴衆を直接接続すればメディアサーバーは不要であるが、映像を記録したり、発表者用ネイティブクライアントにかかる負荷を減らしたりする必要があったために、今回 WebRTC SFU [12]として Kurento を導入した。

表 9 に挙げた機能のうち、S10、S11、S12、S13、S14、S16、S22、S23、S25、S26、S27、S28 の機能を実装した。

5.4.4. JSON over WebSocket による RPC の実装

各アプリケーションが協調して動作するための RPC (遠隔手続き呼び出し) を実装した。表 12 に遠隔手続きの一覧を示す。この RPC は WebSocket 上で JSON フォーマットを用いてやり取りされる。

表 12 本システムで実装した RPC

呼び出し名	方向	備考
ICE_CANDIDATE	Server <--> Client	WebRTC 経路情報の交換
COMMENT	Server <--> Client	コメントの投稿
UPDATE_SLIDE	Server <--> Client	スライドページの更新
ON_ACCEPT_STREAM	Server -> Client	メディアサーバーへの接続完了
ON_UPDATE_AUDIENCE	Server -> Client	参加人数の更新
ON_ERROR	Server -> Client	プレゼンテーションの異常終了
ON_FINISH	Server -> Client	プレゼンテーションの正常終了
WILL_STOP_STREAM	Server -> Client	映像配信の終了予告
ON_STOP_STREAM	Server -> Client	映像配信の終了
ON_ACCEPT_PRESENTER	Server -> Client(Native)	発表者の接続承認
ON_CREATE_LOG	Server -> Client(Native)	ログの生成完了
ON_ACCEPT_AUDIENCE	Server -> Client(WEB)	聴衆の接続承認
CAN_CONNECT_STREAM	Server -> Client(WEB)	映像配信の存在
JOIN_PRESENTER	Client(Native) -> Server	発表者の接続要求
LEAVE_PRESENTER	Client(Native) -> Server	発表者の切断要求
START_STREAM	Client(Native) -> Server	映像配信の開始要求
STOP_STREAM	Client(Native) -> Server	映像配信の終了要求
REQUEST_LOG	Client(Native) -> Server	ログの生成要求
JOIN_VIEWER	Client(WEB) -> Server	聴衆の接続要求
LEAVE_VIEWER	Client(WEB) -> Server	聴衆の切断要求
CONNECT_STREAM	Client(WEB) -> Server	映像配信への接続要求
DISCONNECT_STREAM	Client(WEB) -> Server	映像配信からの切断要求

5.5. 本章のまとめ

本章では、本システムの実装範囲とその内容について述べた。

次章では、本研究の評価について述べる。

第6章 評価

本章では、本研究の評価について述べる。本研究で実装したプレゼンテーション記録システムの有効性を検証するため、実証実験および既存システムとの比較を行う。以下に、本研究での評価項目を示す。

評価1. 実証実験を用いたプレゼンテーションイベントの分類

評価2. 記録可能なプレゼンテーション構成要素の既存システムとの比較

コミュニケーションモデルの仮説に基づけば、全てのイベントを捉えることでプレゼンテーションとそこでのコミュニケーションが記録できる。本システムがプレゼンテーションにおけるイベントを適切に記録できているか確かめるため、プレゼンテーションイベントの記録率を評価する。また、本システムが記録可能なプレゼンテーション構成要素を確かめるため、既存システムとの比較を行う。

6.1. 実証実験の環境

村井純研究室 Arch グループの有志で行っている「モダンオペレーティングシステム輪講会」において、本システムを用いたプレゼンテーション記録の実証実験を行った。村井純研究室 Arch グループは、通常 GitHub や Slack 等の SNS を用いて進捗を管理し、週に 1 度のオフラインミーティング並びに輪講会においてより密な情報共有を行っているという意味において、プログラマーコミュニティと技術系 Meetup と同様の構図であることから、今回の実証実験の舞台に相応しいと判断した。

発表の構図を図 34 に示す。2016 年 1 月 14 日(木)に行われたモダンオペレーティングシステム輪講会は、村井純研究室学部生部屋を会場に、1 人の発表者が書籍「モダンオペレーティング 第 2 版」の一部内容を、スライド資料を用いて紹介・解説した。発表者はあらかじめスライド資料を Google スライドで共有し、本システムの発表者用クライアントを用いて発表した。また発表者のコンピューターは外部ディスプレイに接続し、発表画面をメイン会場全体から見えるようにした。聴衆は、各自のコンピューターから本システムの聴衆用クライアントを用いて発表に参加した。聴衆のうち 1 人は、遠隔環境を再現するために別室に隔離した。

評価 2 でプレゼンテーション中に発生するイベントの記録率を算出するために、メイン会場にカメラ（アクションカム）を設置し、録画した。図 35 は、録画映像の一部である（参加者のプライバシー保護のために一部モザイク加工を行った）。画像右端に外部ディスプレ

イと発表者が、その他に聴衆が複数いるのが確認できるよう設置した。

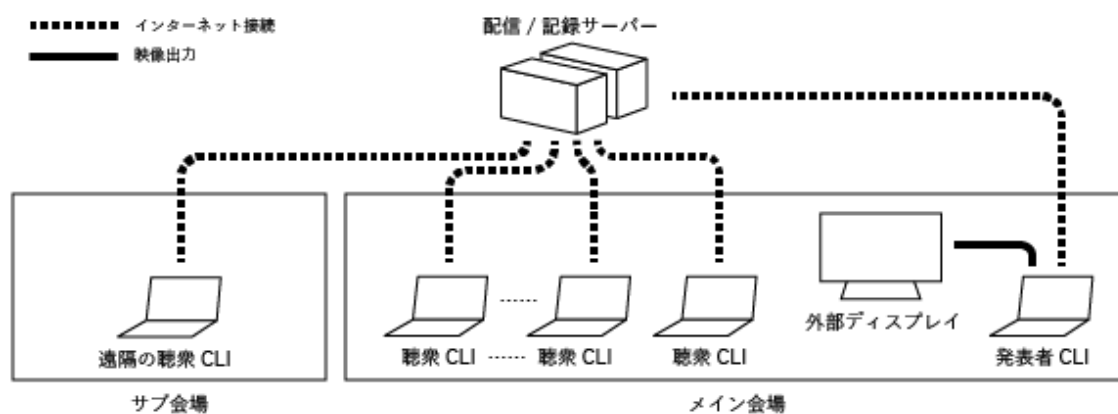


図 35 実証実験中の会場風景（メイン会場）

6.2. 実証実験の結果

2.3 節で、技術系 Meetup におけるプレゼンテーションでの議論等コミュニケーションは 7 つのモデルに分類できると仮定した。

表 13 で、プレゼンテーションログに記録されたイベントを示す。表 14 で、録画映像を解析して数えたプレゼンテーション内でのイベントを示す。

表 13 実証実験において本システムが記録したメタ情報とイベント

記録対象	詳細	数
発表タイトル	タイトル	1
発表開始	発表開始時刻	1
発表終了	発表終了時刻	1
発表者属性	名前、IP アドレス	1
聴衆属性	名前、IP アドレス、入室順序	22
発表スライド	ページ数、ページ順序、ページごとの URL	44
発表者映像	MIME タイプ、保存先 URL	1
入退室	時刻、聴衆番号	29
コメント	時刻、コメント種別、テキスト、ページ番号、 聴衆番号	59
ページ送り	時刻、ページ番号	84

表 14 実証実験において発生したイベント

大分類	小分類	回数
発表	発表者がスライドを使って説明する	-
	発表者がスライドの一部分を指さしながら説明する	1
	ページを送る	84
質問	発表者が質問する	5
	聴衆が発表を遮って質問する	12
意見	聴衆が発表を遮って意見する	8
補足	聴衆が発表を遮って補足する	8
チャット	聴衆がチャットで質問する	3
	聴衆がチャットで意見する	1
	聴衆がチャットで補足する	5
	聴衆がチャットで笑う	2
	聴衆がチャットで拍手する	9
	聴衆がチャットで質問内容を尋ねる	1
	聴衆がチャットでスライドの誤字を指摘する	2
	聴衆がチャットに URL を貼る	3
	口頭での発言を文字起こしする	5
	その他	28

その他	聴衆全体が笑う	6
	聴衆が発表を遮って発言する	1

実証実験の録画映像を分析した結果、プレゼンテーション中のコミュニケーションは全てこれらに分類できることを確認した。このことから、本論文のコミュニケーションモデル仮説は正しいと判断する。

6.3. 評価1：実証実験を用いたプレゼンテーションイベントの分類

本項では、コミュニケーションモデル Type A、Type E、Type F ごとにプレゼンテーションの記録結果について考察する。表 15 に、実証実験におけるイベントの発生回数と記録回数、記録できた割合を示す。

表 15 実証実験におけるイベントの発生回数と記録回数

モデル	イベント内容	発生した回数/時間	記録できた回数/時間	記録できた割合
Type A	発表者の発話や身振り	61 分 12 秒	61 分 12 秒（映像）	100%
	ページを送る	84 回	84 回	100%
	ページの一部を指さす	1 回	0 回	0%
	デスクトップ操作	1 回	0 回	0%
Type B	アンケート	0 回	0 回	-
Type C	発表者から聴衆への質問	5 回	0 回	0%
Type D	聴衆による割り込み	29 回	0 回	0%
Type E	チャットによる質問	3 回	3 回	100%
Type F	笑い（笑いスタンプ含む）	8 回	2 回	25%
	拍手（拍手スタンプ含む）	2 回	2 回	100%
Type G	聴衆が他の聴衆に質問	1 回	0 回	0%
	その他のコメント	46 回	46 回	100%

※灰色の塗りつぶしは、実装・評価対象外のコミュニケーションモデル

6.3.1. Type A：発表

発表者による発話や表情、身振りは、発表者映像に鮮明に収められていた。遠隔で参加していた聴衆からも「発表者の声が終始はっきり聞こえていた」との感想を得た。またスライド操作も全て発表者用クライアントで検知、記録することに成功した。しかし発表者がスライド資料の一部を指し示す行為や、発表の一部としてデスクトップを操作する行為は記録できなかった。これは実証実験当日に設計の P26、P28 が実装されていなかったためであるが、もし実装されていれば問題なく記録できていたと考えられる。これらの結果から、コミュニケーションモデル Type A の記録に本システムが有効であると判断する。

6.3.2. Type E：質疑応答

聴衆がクライアントから投稿した質問は全て発表者用クライアントに送信され、発表者がそれを任意のタイミングで確認・返答することができた。質問はひとつも欠落せず、質問者の属性情報とともに記録された。これらの結果から、コミュニケーションモデル Type E の記録に本システムが有効であると判断する。

6.3.3. Type F：ムード

聴衆による拍手コマンドの入力は全て配信・記録された。しかし聴衆の笑いのうち 75% は、笑いコマンドが入力されず欠落した。発表者映像には聴衆の笑い声が記録されていたが、音量が小さく、またスライドのページ番号と紐づかない。記録できた 25% は、全て遠隔の聴衆が入力したものであった。これらの結果から、コミュニケーションモデル Type F の記録に本システムは有効であるが、笑い声に関しては別のアプローチが必要であると判断する。プレゼンテーション中の笑いは瞬間的・発作的なものであるため、それをテキストコマンドとして入力させることは困難であったと考える。

6.4. 評価 2：記録可能なプレゼンテーション構成要素の比較

表 16 に、本システムと既存のプレゼンテーション記録システムの記録可能なプレゼンテーション構成要素の比較を示す。

表 16 既存システムとの記録可能なプレゼンテーション構成要素の比較

記録対象	本システム	PowerPoint	YouTube	SlideShare	ニコナシ
発表者属性	○	○	○	○	○
参加者属性・コメント	○	×	○	○	○
発表者の発話	○	○	○	×	○
発表者の身振り	○	×	○	×	×
ページをめくる	○	○	○	×	○
ページの一部を指さす	△	×	○	×	×
デスクトップ操作	△	×	○	×	×
チャットによる質問	○	×	×	×	×
笑い	○	×	×	×	×
拍手	○	×	×	×	×
いいね	○	×	×	×	×
はてな	○	×	×	×	×

△ … 設計上は可能であるが未実装

本システムは、既存のプレゼンテーション記録システムと比較して記録可能な構成要素が多い。この結果から、プレゼンテーションの記録に本システムが有効であると判断する。

6.5. 本章のまとめ

本章では、実証実験により、本研究で実装したプレゼンテーション記録システムの評価を行った。実証実験の結果を用いて、コミュニケーションモデルの仮定が正しいこと、実装範囲においてプレゼンテーションが配信・記録できていること、既存のシステムに比べて記録できるプレゼンテーション構成要素が多いことを示した。

次章では本論文をまとめ、今後の課題について述べる。

第7章 結論

本章では、結論として本研究の成果を明らかにするとともに、今後の課題について述べる。

7.1. 本研究のまとめ

本研究では、技術系 Meetup におけるプレゼンテーションが開催される中、その記録が作業負担の大きさから十分に行われず、Meetup で共有された情報がプログラマーコミュニティに十分に還元されないことを問題とした。その問題解決のために、プレゼンテーションにおけるコミュニケーションが7つのモデルに分類できると仮定し、技術系 Meetup におけるプレゼンテーション記録システムを設計、実装した。本システムの評価は、輪講会における実証実験と、既存システムとの比較を用いて評価した。結果、本研究のコミュニケーションモデルの仮説が正しいこと、本研究で構築したプレゼンテーション記録システムでプレゼンテーションが実装部分において正確に記録されること、および記録できるプレゼンテーションの構成要素が既存システムよりも多いことを確認し、本研究のアプローチが有効であることが確認された。

7.2. 今後の課題

実証実験の結果から、本研究のアプローチは技術系 Meetup におけるプレゼンテーションの記録に有効であることが明らかになった。しかし実証実験で構築した環境には幾つかの問題が見受けられた。以下に今後の課題を挙げる。

- 全てのコミュニケーションモデルに対して本システムが有効であるかが確かめられていない
- スライド資料が外部参照であるため、単体では完全な記録とならない
- コミュニティに顔出ししたくない発表者を考慮できていない

謝辞

本論文の作成にあたり、ご指導いただきました慶應義塾大学 環境情報学部教授 村井純博士、同学部教授 中村修博士、同学部准教授 Rodney D. Van Meter III 博士、政策・メディア研究科特任准教授 鈴木茂哉博士、SFC 研究所 上席所員(訪問) 齊藤賢爾博士に感謝します。

また研究について常にご指導頂きました政策・メディア研究科特任助教 空閑洋平さん、政策・メディア研究科博士課程 松谷健史さんに感謝します。両者には学部1年の春からずっとお世話になり、浅学菲才だった私は実に様々なことを学びました。

共に研究室ライフを楽しんだ Arch 研究グループの皆さんに感謝します。とくに同輩の出水厚輝氏は、4年間の研究生活を語る上で決して欠かせない存在です。

また、徳田・村井・楠本・中村・高汐・バンミーター・植原・三次・中澤・武田合同研究プロジェクト、脇田玲研究室、池田靖史研究室、松川昌平研究室、笥康明研究室の皆様感謝します。

最後に、私の研究を支えてくれた母と妹に感謝し、謝辞といたします。

参考文献

- [1] Build Insider, “なぜ勉強会・カンファレンスに参加するのか？ 良かった勉強会・残念だった勉強会 - Build Insider,” 21 12 2015. [オンライン]. Available: <http://www.buildinsider.net/hub/survey/201511-engineerreal>. [アクセス日: 5 1 2016].
- [2] Twitter, Inc., “ツイートが消えてしまった場合 | Twitter ヘルプセンター,” 28 9 2015. [オンライン]. Available: <https://support.twitter.com/articles/277716>. [アクセス日: 5 1 2016].
- [3] Ecma International, “Standard ECMA-376,” 9 12 2015. [オンライン]. Available: <http://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-376.htm>. [アクセス日: 19 1 2016].
- [4] ISO/IEC, “ISO/IEC 14496-14:2003(en), Information technology — Coding of audio-visual objects — Part 14: MP4 file format,” 15 11 2003. [オンライン]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:38538:en>. [アクセス日: 19 1 2016].
- [5] “Web-based slideshow - Wikipedia, the free encyclopedia,” 25 7 2015. [オンライン]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Web-based_slideshow. [アクセス日: 5 1 2016].
- [6] WHATWG, “HTML Standard,” 18 1 2016. [オンライン]. Available: <https://html.spec.whatwg.org/>. [アクセス日: 19 1 2016].
- [7] Internet Engineering Task Force, “RFC 6455 - The WebSocket Protocol,” 9 12 2015. [オンライン]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc6455>. [アクセス日: 17 1 2016].
- [8] W3C, “The WebSocket API,” 24 10 2015. [オンライン]. Available: <https://www.w3.org/TR/websockets/>. [アクセス日: 17 1 2016].
- [9] Google Chrome team, “WebRTC Home | WebRTC,” 14 1 2016. [オンライン]. Available: <https://webrtc.org/>. [アクセス日: 17 1 2016].
- [10] Technologies, Kurento, “Kurento,” 6 10 2015. [オンライン]. Available: <http://www.kurento.org/>. [アクセス日: 17 1 2016].
- [11] GitHub, Inc., “Electron,” 16 1 2016. [オンライン]. Available: <http://electron.atom.io/>. [アクセス日: 17 1 2016].
- [12] 岩瀬義昌, “WebRTC におけるサーバーソリューションの決め手とは？—WebRTC Conference Japan 基調講演 | HTML5Experts.jp,” 9 2 2015. [オンライン]. Available: <https://html5experts.jp/iwase/12585/>. [アクセス日: 17 1 2016].
- [13] “Meetup とは,” 19 12 2015. [オンライン]. Available:

<http://help.meetup.com/customer/ja/portal/articles/637187-meetup%E3%81%A8%E3%81%AF>.

- [14] 高木義和, “情報文化 VIII. インターネットコミュニティの特性,” 28 5 2015. [オンライン]. Available: <http://www.nuis.ac.jp/~takagi/IB/2015/ic08.pdf>. [アクセス日: 20 12 2015].
- [15] T. NGO, “OFFICE OPEN XML OVERVIEW,” 23 10 2006. [オンライン]. Available: http://www.ecma-international.org/news/TC45_current_work/OpenXML%20White%20Paper.pdf. [アクセス日: 21 12 2015].
- [16] 総務省, “デジタルアーカイブの構築・連携のためのガイドライン,” 26 3 2012. [オンライン]. Available: http://www.soumu.go.jp/main_content/000153595.pdf. [アクセス日: 20 12 2015].
- [17] 市川裕康, “『ソーシャル&リアルがポイント。今求められる新しい出会い、学び、コミュニティの形～「ミートアップ」とは』 | ソーシャルビジネス最前線 | 現代ビジネス [講談社],” 2 5 2011. [オンライン]. Available: <http://gendai.ismedia.jp/articles/-/3422>. [アクセス日: 21 12 2015].
- [18] 一. 三井, 誠. 内田, 晋. 白山, “SNS における情報伝播に対するコミュニティの影響,” 横断型基幹科学技術研究団体連合, 2005.
- [19] H. Rheingold, *The Virtual Community: Homesteading on the Electronic Frontier*, Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2000.
- [20] 山田光利, “第 19 回 イベントで生まれる「知」を記録に残し共有する、その意義と手法について,” 10 1 2015. [オンライン]. Available: <http://www.2nd-lab.org/#!/studygroup-019/c2a8>. [アクセス日: 18 1 2016].
- [21] Adobe Solutions Network, “PDF Open Parameters,” 11 7 2005. [オンライン]. Available: <http://partners.adobe.com/public/developer/en/acrobat/PDFOpenParameters.pdf>. [アクセス日: 19 1 2016].
- [22] 工藤紀篤, “インターネットを用いたリアルタイム遠隔授業におけるインタラクションの実現,” 2004.