

聴覚障害者支援のための発話可視化モーダルの開発支援

鳥羽 祐輔[†] 松本 真佑[†] 佐伯 幸郎[†] 中村 匡秀[†] 内野 智仁^{††}
横山 知弘^{††} 武林 靖浩^{††}

[†] 神戸大学大学院システム情報学研究科 〒 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

^{††} 筑波大学附属聴覚特別支援学校 〒 272-8560 千葉県市川市国府台 2-2-1

E-mail: †toba@ws.cs.kobe-u.ac.jp

あらまし 我々の先行研究では、聴覚障害者に対する健聴者の発話内容の理解支援のためのマルチモーダル発話可視化アプリケーションを提案した。本アプリケーションによって発話者の音声や口型、その他発話理解に役立つ様々な情報を可視化したもの（可視化モード）を組み合わせることで発話を多面的に可視化し、発話理解を支援することができる。ただし、この先行研究では具体的にどのように可視化モードの開発を支援するかについては検討されていなかった。そこで本稿ではマルチモーダル発話可視化アプリケーションにおける、可視化モードの開発支援に取り組む。具体的には、可視化モード開発の容易化を目的として制御の反転を取り入れる。またモード間・クライアント間でのデータ共有の仕組みの実現や、開発された可視化モードの公開・共有のためのシステムを検討する。

キーワード マルチモーダル発話可視化、聴覚障害者、開発支援、制御の反転、Pub/Sub メッセージングモデル

Supporting Development of Speech Visualization Mode for Deaf and Hard of Hearing People Support

Yusuke TOBA[†], Shinsuke MATSUMOTO[†], Sachio SAIKI[†], Masahide NAKAMURA[†],
Tomohito UCHINO^{††}, Tomohiro YOKOYAMA^{††}, and Yasuhiro TAKEBAYASHI^{††}

[†] Kobe University, Rokkodai 1-1, Nada, Kobe, Hyogo, 657-8501 Japan

^{††} Special Needs Education School for the Deaf, University of Tsukuba,
2-2-1 Konodai, Ichikawa, Chiba, 272-8560 Japan

E-mail: †toba@ws.cs.kobe-u.ac.jp

Abstract We have proposed a multi-modal visualization application in order to support deaf and hard of hearing people in understanding conversation with hearing people. This application supports understanding conversation by presenting visualization modes which visualize various information, such as text from voice recognition, a shape of the speaker's mouth or other valuable information in delivering the content of the speech. However, the previous work did not discuss how we support development of visualization modes. In this paper, we tackle to support development of visualization modes on the multi-modal visualization application. We apply the idea of inversion of control to this application in order to simplify the development. In addition, we realize data communication across visualization modes and across clients, and discuss the system to publish and share visualization modes.

Key words Multi-modal speech visualization, deaf and hard of hearing people, development support, inversion of control, publish/subscribe pattern

1. はじめに

聴覚に何らかの障害を持つ聴覚障害者に対し、手話や字幕などの代替手段を用いて情報を提供することを情報保障と呼ぶ。大学などの教育現場では、情報保障の一環として、一般学生が

講義の内容を書き出し伝えるノートテイク（要約筆記）のボランティアを設けていることも多い。また、平成 25 年には障害者雇用促進法が改正されており、障害者の雇用や就労などの社会進出は年々着実に進展しつつある。そのため、情報保障は教

育現場や自治体のみならず，社会全体で取り組むべき重要な事項となっている [1] [2] [3] [4] ．

社会進出という点では，会議をはじめとする複数の健聴者の中における議論への参加が必須であるが，現在の情報保障手段は十分であるとはいえない．まず，筆談は識字率が 100%近い日本においては極めて有効な手段ではあるが，その性質上複数人との対面というシチュエーションには適さない．手話は健聴者の習得率が低く，また自由に使いこなせるようになるには学習コストが高い．聴覚障害者のための手話通訳者を雇用する，あるいは専用のシステムを導入するケースも存在するが，金銭のコストが発生する．さらに，これらの方法は所属コミュニティに対して自分のための負担を与えてしまっている，という聴覚障害者の心理的な負担に繋がるという問題もある．

我々は先行研究 [5] において，聴覚障害者のコミュニケーション支援を目的とした，マルチモーダル発話可視化アプリケーションを提案した．ここでのマルチモーダル発話可視化とは，健聴者の発する音声や口型，その他発話理解に役立つ様々な情報を可視化したもの（可視化モード）を組み合わせ発話を多面的に可視化する方法を指す．具体的な可視化モードとしては，音声認識エンジンによる発話内容のテキスト化モードや，発話理解を妨げるような用語の解説モードが挙げられる．これらの可視化モードを，聴覚障害者自身が選択し組み合わせることで，様々な聴覚障害のレベルやニーズに合わせた情報保障を実現できると考える．さらに，提案アプリケーションは HTML5 や WebSocket をはじめとするオープンな Web 技術の組み合わせのみで構築されており，システム導入に対する金銭的，時間的，労力的なコストが低いという特徴を持つ．これにより，前述の聴覚障害者が感じる心理的な負担を低減させることも可能である．

先行研究では，マルチモーダルな発話可視化というコンセプト，及びアプリケーションの全体アーキテクチャの提案にとどまっており，具体的にどのように可視化モードの開発を支援するかについては検討されていない．個々の可視化モードの開発を容易化し，第三者開発者による可視化モードの開発を促進する仕組みを用意できれば，より柔軟で選択肢に富んだ聴覚障害者のコミュニケーション支援が可能となる．

本稿では，マルチモーダル発話可視化アプリケーションにおける，可視化モードの開発支援に取り組む．具体的には，まず個々の可視化モードの振る舞いを抽象化し，制御の反転というソフトウェア・アーキテクチャを取り入れることで，可視化モード開発の容易化を狙う．さらに，既存の可視化モードを利用してより高度なモードの開発を実現するために，Pub/Sub メッセージングモデルに基づいた可視化モード間での同期的なデータ共有の仕組みを検討する．加え，WebSocket を用いたクライアント端末間でのリアルタイムな通信手段を取り入れる．これらのモード間・クライアント間でのデータ共有の仕組みにより，高機能で柔軟な可視化モードの実現が可能となる．開発された可視化モードの公開・共有の手段として，ユーザ参加型の Web ベースの可視化モード共有システムについて検討する．

2. 先行研究「マルチモーダル発話可視化アプリケーション」

2.1 マルチモーダル発話可視化

本研究では複数の情報の提示・可視化モードを組み合わせた複合的な発話情報の提示手段を，マルチモーダル発話可視化と呼ぶ．会議のような複数人かつ対面の場面において，音による情報を取得・理解することが難しいということは深刻な問題である．特にその状況下に置かれているのが聴覚障害者である場合は，視覚情報を処理する能力が高い傾向にあると指摘されており [6]，視覚による感覚代行が有効である．その考えから着想を得たものがマルチモーダル発話可視化であり，先行研究において重要なアイデアである．可視化モードの一例として，マイクデバイスと音声認識エンジンを利用して，発話内容をテキスト化して可視化する STT (Speech to Text) モードが挙げられる．他にも，カメラデバイスと顔認識エンジンを利用し，話者の口元を拡大化して表示する口話法補助モードも可視化モードの一つである．これらの可視化モードを，聴覚障害者自身が選択し組み合わせ相互補完的に利用することで，様々な聴覚障害のレベルやニーズに合わせた情報保障を実現できると考える．

2.2 要件及び機能

本節ではマルチモーダル発話可視化アプリケーションの要件 R1~R4 とそれに対応する機能を説明する．以下の要求は，筑波大学附属聴覚特別支援学校に所属する著者らの経験から導出されたものである．

R1 低導入コスト：健聴者と聴覚障害者の両者に対する導入コストをいかに押さえられるかが重要である．大学や企業など様々な状況での普及を目指す場合，高価なデバイスやソフトウェアの利用は避けるべきである．本アプリケーションは Web アプリケーションとして実装されることで様々な端末で利用可能である．

R2 発話内容理解に役立つ情報の提示：発話内容を理解する際は，様々な観点から情報を取得することができる必要がある．マルチモーダル発話可視化を用いることで健聴者の発話内容を理解する手助けとなるような情報を取得し，ユーザに提示する．

R3 発話に関する情報の振り返り：実際の会議などのシチュエーションでは複数人が同時に発話することもあり，リアルタイムに口型から発話内容を読み取る口話法では対応しきれない．したがって，必要に応じて過去の発話に関する情報を参照できる機能は発話内容の理解に貢献できると考えられる．本アプリケーションではシステム内のサーバに発話情報を蓄積することで過去の発話内容を振り返ることができる．

R4 聴覚障害者自身による情報の取捨選択：要件 R2 では様々な情報提示機能が必要であると定めたが，同時に数多くの情報が提示されることで情報過多となり，理解の妨げになってしまうケースも存在する．本アプリケーションでは多様な可視化モードの中から，どの情報を使用するかをユーザ自身が取捨選択することができる．

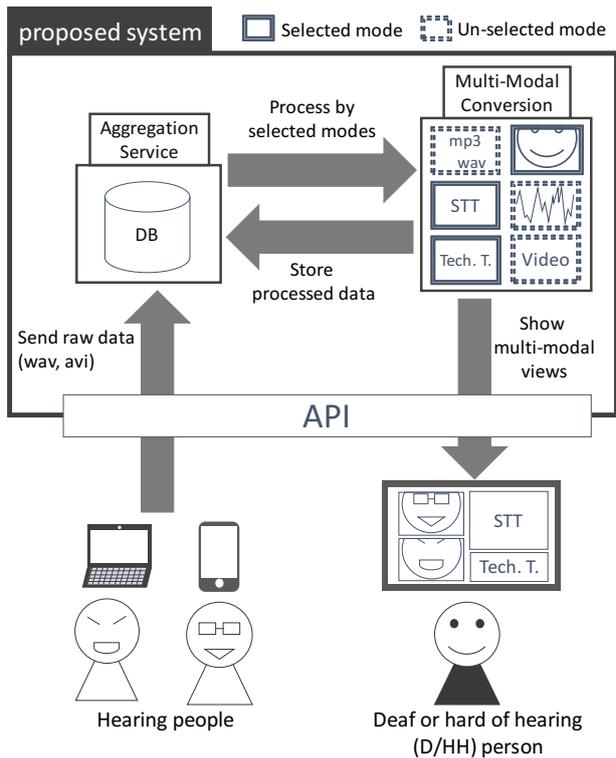


図 1: 提案アプリケーションのアーキテクチャ

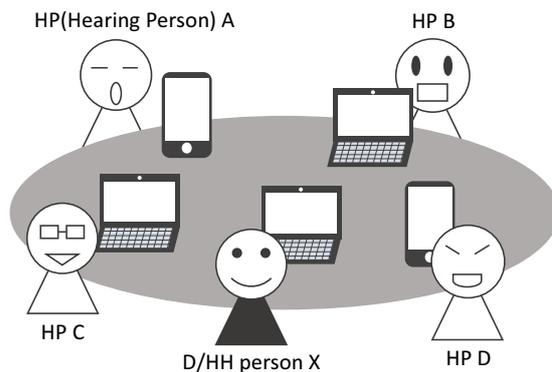


図 2: 提案アプリケーションの利用シーン例

2.3 アーキテクチャ

提案アプリケーションのアーキテクチャを図 1 に示す。会議における利用状況の前提として、参加者がそれぞれのスマートフォンやノート PC などの端末を用意し、端末上の Web ブラウザを通して提案アプリケーションを使用する。端末に組み込まれたマイクとカメラを通じて、健聴者の音声・画像データがサーバ内に蓄積される。それらのデータは、ユーザ（図中の D/HH person）が選択した各種の可視化モードにより処理され、そのユーザが見ているデバイス上に表示される。例えば STT (Speech to Text) モードを使用すると音声認識結果の文字を表示し、Technical Term モードを使用すると発言に含まれる専門用語や固有名詞などの意味情報を表示することができる。また各可視化モードによって変換されたデータはサーバ内に蓄積され、振り返りの際に参照することができる。

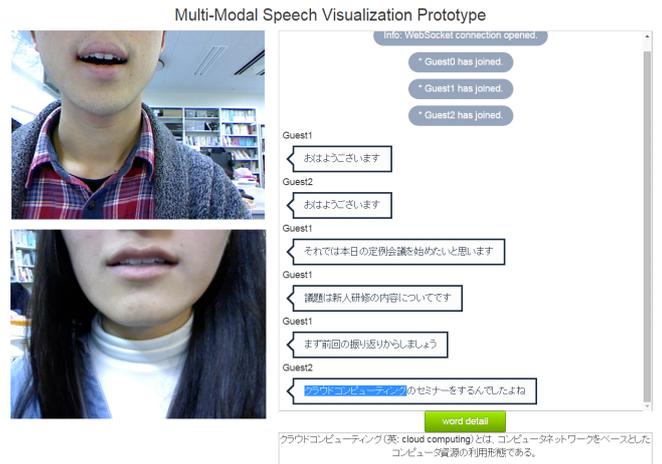


図 3: プロトタイプ画面表示例

2.4 利用シーン

想定される会議での利用シーンを図 2 に示す。ここでは 1 人の聴覚障害者 (X) と 4 人の健聴者 (A, B, C, D) が参加している。参加者は各自のスマートフォンや PC 上のブラウザから本アプリケーションを利用している。

X が口型から発話内容を推測する口話法という技術を習得しているとする。しかしながらこの状況において、X が両隣に位置している C や D の口型を対面から見ることは困難である。本アプリケーションを利用することで正面から見た口型映像を取得することができ、口話法を使用することができる。また口型を見逃した際には、音声認識結果のテキストを読むなど他の可視化モードを利用することによって、発話の理解を補完することができる。

2.5 プロトタイプ

先行研究では本アプリケーションのプロトタイプを実装した。プロトタイプの画面表示例を図 3 に示す。本プロトタイプは以下の 3 つの可視化モードを備えている。

- 発話内容テキスト化モード：健聴者の発話内容を音声認識処理を通すことで文字情報として可視化する。無償で利用可能な音声認識エンジンとして、Google の Web Speech API を使用している。
- 用語解説モード：専門用語・固有名詞など口話法での読み取りが困難な単語を文字情報から抽出し、その意味情報を表示できる。無償で利用可能な用語検索ツールとして、フリー百科事典である Wikipedia からの用語検索が可能な MediaWiki API を使用している。
- 発話者の口型表示モード：口話法の補助として、端末のカメラから取得した発話者の口元の映像を表示する。

3. 可視化モードの開発支援に向けて

先行研究ではマルチモーダルな発話可視化アプリケーションの全体アーキテクチャの提案にとどまっており、具体的にどのよう可視化モードの開発を支援するかについては検討されていない。より柔軟で選択肢に富んだ聴覚障害者のコミュニケーション支援を実現するためには、可視化モードの開発支援が必

須である．本章ではこの開発支援の具体的な要件とその対応策について説明する．

3.1 可視化モードの振る舞いの定義と開発の容易化

現状の可視化モードは可視化の実現方法が定められておらず，処理の内容やその実装方法の選択が開発者に委ねられている．このような状況で選択肢に富んだ多様な可視化モードを開発することは極めて困難である．したがって可視化モードの振る舞いを定義することでその開発を容易化し，第三者開発者による可視化モード開発を促進することが必要である．

そこで制御の反転による処理の共通化を行う．制御の反転とは，プログラム全体の処理の流れをフレームワーク側が管理し，開発者が個々の処理の振る舞いのみを定義するソフトウェア・アーキテクチャのことである．本アプリケーションの場合，我々の開発したフレームワークが主体となって第三者が開発した可視化モードを制御する．可視化モードに共通する属性と処理は，あらかじめ抽象的な可視化モードクラスとして定義される．開発者はアプリケーション上で可視化モードのメソッドがどのように呼ばれるかを考える必要がなく，抽象メソッドの処理内容のみを記述すればよい．これにより開発の容易化が期待できる．

3.2 クライアント間リアルタイム通信の実現

コミュニケーション支援を目的とするアプリケーションにおいて，リアルタイム通信の実現は重要な要素である．特に本アプリケーションが使用される環境は，会話という極めて流動的な状況であり，会話全体の理解支援をするためにはクライアント間のリアルタイムな連携が強く求められる．また複数の可視化モードがそれぞれ独特の実装方法でクライアント間通信を実現した場合，システム全体の複雑化は避けられない．

したがってクライアント間におけるデータのリアルタイムな通信方法を統一化することは有効な開発支援である．本アプリケーションでは WebSocket を用いてクライアント間のリアルタイム通信を実現する．

3.3 可視化モード間データ共有の実現

可視化モードを組み合わせるとより高機能で柔軟な可視化モードを実現するために，複数の可視化モード間におけるデータ共有の仕組みが必要である．また同じデータの取得を複数の可視化モードで行うような非効率な実装が避けることができる．

そこで本アプリケーションでは Pub/Sub メッセージングモデルを採用する．Pub/Sub メッセージングモデルではメッセージの送信者 (publisher : 出版側) は特定の受信者 (subscriber : 購読側) を想定せずにメッセージを送ることができる．フレームワークは送信者からのデータの送信を受け，どの可視化モードにそのデータを送信するかを一元管理できる．購読側は興味のある送信者の指定のみで，その送信者がデータを送信した際にフレームワークからデータを受信することができる．したがって開発者が可視化モードを開発する際は，どのデータを共有データとして提供・取得するかを決めるのみでよい．

3.4 可視化モードの登録・共有利用支援

ユーザが多様な可視化モードを利用するためには，開発者が

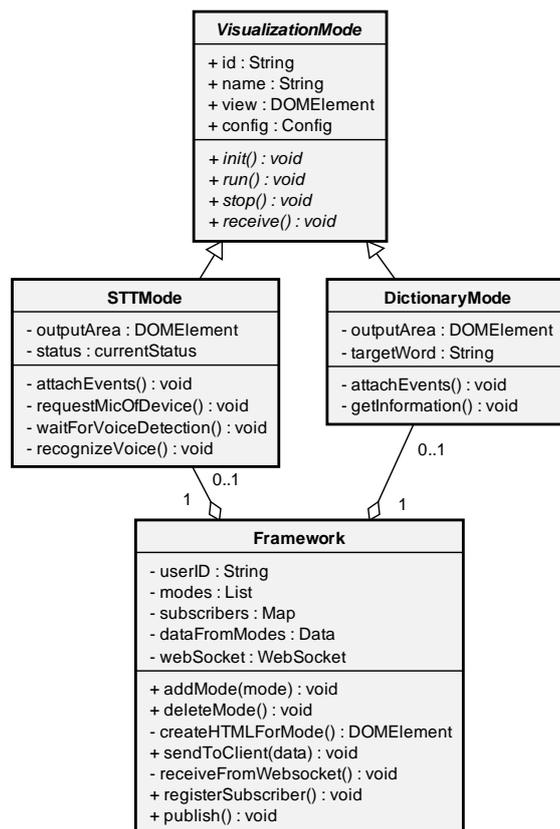


図 4: フレームワークと可視化モードの抽象・継承クラス

開発した可視化モードを公開し，ユーザが共有できる仕組みが必要である．また聴覚障害者に対して，より選択肢に富んだ可視化モードを長期的に提供するためには，いかに可視化モードの開発者を取り込み，開発のモチベーションを維持させられるかが重要である．

そこで，開発された可視化モードの公開・共有の手段として，ユーザ参加型の Web ベースの可視化モード共有システムについて検討する．開発者は可視化モードをそのシステムに登録するだけで，ユーザが利用可能な状態にすることができる．また Web サービスとして実現することで開発者とユーザの双方向から情報を発信できる場となり，開発者のモチベーション維持の工夫が盛り込みやすい．

4. 開発支援策の実施

4.1 共通処理

図 4 にフレームワークと可視化モードの抽象クラス及びその継承クラス例のクラス図を示す．それぞれのクライアントが 1 つのフレームワークと 0 個以上の可視化モードを持つ．

フレームワークは属性としてクライアントの ID ,使用している可視化モードのオブジェクト配列,可視化モード間の Pub/Sub の関係,可視化モードが生成したデータ,WebSocket のオブジェクトを持つ．また可視化モードの追加・削除, Pub/Sub の関係の登録, Pub/Sub を用いたデータ通信管理, WebSocket 通信の受信・送信の処理をメソッドとして持っている．

可視化モードの抽象クラスは属性として可視化モードの ID ,

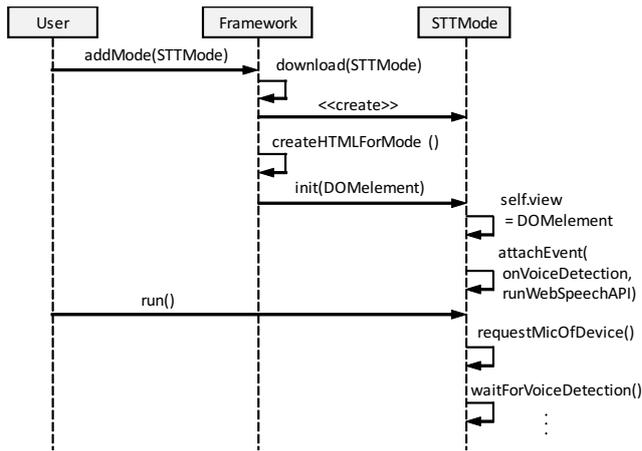


図 5: STT モード追加のシーケンス図

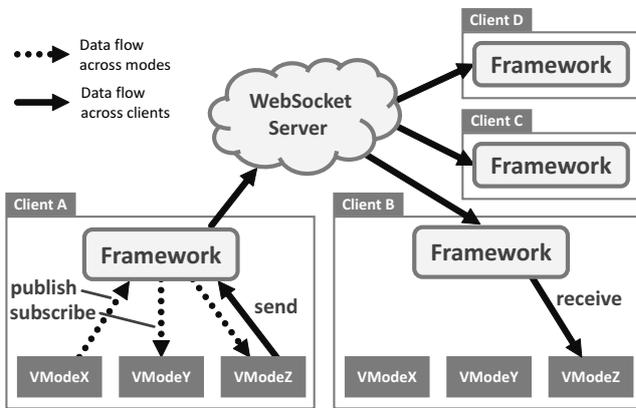


図 6: データ通信概略図

名前,自身のDOM element,設定情報を持つ。またメソッドとして初期処理,主機能実行処理,主機能停止処理,WebSocket経由でのデータ受信処理を持つ。継承クラスは抽象クラスの属性及びメソッド以外に独自の属性及びメソッドを持つ。

フレームワークと可視化モードの振る舞いの具体例として STT モード追加時のシーケンス図を図 5 に示す。ユーザがボタンを押すなどの操作によってモード追加を実行した場合,フレームワークの addMode() が実行される。フレームワークは STT モードのソースコードをサーバ上からダウンロードし,インスタンス化する。また STT モードに割り当てる表示領域と共通ボタンの DOM element を生成し,それらのボタンと STT モードのメソッドを関連付ける。例えば run ボタンが押された場合,STT モードの主機能実行処理である run() が実行されるように関連付ける。そしてフレームワークはその DOM element を引数に STT モードの init() を実行する。実行された init() で STT モードは初期処理を行う。この例では渡された DOM element を自身の属性に格納する処理の他に,音声を検知した際に WebSpeechAPI による音声認識を実行するというイベントリスナーの生成を行っている。その後ユーザが run ボタンを押すと,STT モードは run() の処理として音声認識を実行するためにマイク利用をリクエストし,音声入力を待機する状態になるなどの処理を行う。

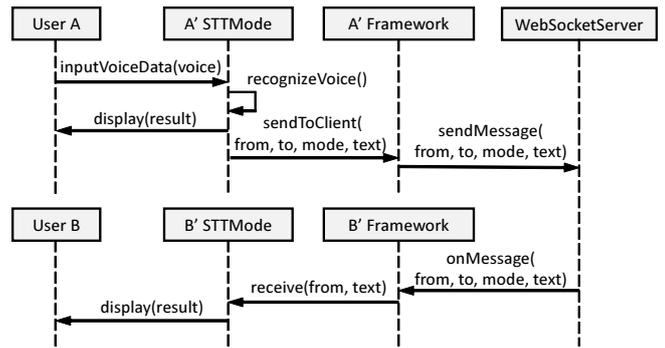


図 7: WebSocket 通信シーケンス図

表 1: WebSocket の通信データ

属性名	入っている情報	情報例
from	送信元のクライアント ID	ClientA
to	宛先のクライアント ID	all
mode	通信する可視化モードの ID	VModeZ"
body	通信データ	こんにちは

4.2 WebSocket を用いたクライアント間通信

WebSocket 通信の例を図 6 の実線の矢印で示す。フレームワークと WebSocket サーバが通信するデータは JSON である。通信データの各項目の意味を表 1 に示す。宛先クライアントの指定は "all" と記述することで,全てのクライアントを宛先として指定することができる。例えば図 6 では {from: "ClientA", to: "all", mode: "VModeZ", body: "こんにちは"} のようなデータが通信されている。この通信データは,クライアント A が持つ VModeZ から会議に参加している全てのクライアントに対して,「こんにちは」というメッセージが送信されることを期待する。

WebSocket を用いたクライアント間通信例のシーケンス図を図 7 に示す。ユーザ A (以下 A) の音声入力の認識結果がユーザ B (以下 B) に対して表示されるまでのシーケンスを表している。まず STT モードは A の発話に応じて音声認識を実行する。そして音声認識結果を A に表示させると同時に,フレームワークに対して認識結果のテキストを B 宛に WebSocket 通信するように要求する。このとき STT モードは表 1 の情報を持つ JSON を引数にフレームワークの sendMessage() を実行する。フレームワークは受け取ったデータを WebSocket サーバに送信する。WebSocket サーバは受信したデータで指定された宛先である B のフレームワークにそのデータを送信する。B のフレームワークは受信したデータの送信主クライアント ID とテキストデータを引数に STTMode の receive() を実行することで,A から音声認識結果のテキストが届いたことを知らせる。B の STT モードは受信したテキストをユーザ B に対して表示する。以上で A から B への WebSocket 通信が実現される。

4.3 Pub/Sub を用いた可視化モード間データ共有

Pub/Sub メッセージングモデルでの可視化モード間のデータ共有プロセスを説明する。データ共有の通信例を図 6 の破線の矢印に示す。また,そのシーケンスを図 8 に示す。図中の VModeX, Y, Z はそれぞれ 1 つの

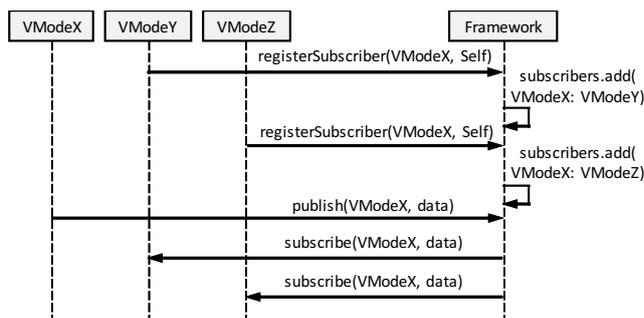


図 8: Pub/Sub メッセージングモデルシーケンス図

Visualization Mode (可視化モード) を意味する。まず最初にデータ共有の準備として、VModeY と VModeZ が VModeX を購読することを登録する。具体的には VModeY と VModeZ がそれぞれ `registerSubscriber(VModeX, VModeY)`、`registerSubscriber(VModeX, VModeZ)` を実行し、フレームワークが持つ `subscribers` の配列の要素として `{VModeX: [VModeY, VModeZ]}` が生成される。次に VModeX が自身のモード名と生成したデータを引数に、フレームワークの `publish` メソッドを実行する。フレームワークは `publish` メソッドの処理として属性 `subscribers` からデータ送信者 (この例では VModeX) を購読している可視化モード (この例では VModeY と VModeZ) を探し出し、受け取ったデータを引数に VModeY と VModeZ の `subscribe` メソッドをそれぞれ実行する。最後に VModeY と VModeZ が `subscribe` メソッドの中でデータの受信処理を行う。

4.4 可視化モード共有 Web サービスの検討

開発者は開発した可視化モードを JavaScript, CSS のソースコードの形式で、可視化モード共有 Web サービス上にアップロードすることができる。ソースコードはデータベースに蓄積される。またサービス上でユーザは可視化モードを検索し、自身のアプリケーションに容易にインポートすることができる。具体的にはユーザがインポートした可視化モードの情報はデータベースに蓄積され、アプリケーションを使用する際にフレームワークがデータベースを参照し、ユーザがインポートした可視化モードを表示する。

また Web サービスを通して可視化モードへのコメントや評価、さらには機能改善要求やバグ報告を行うことで、開発者のモチベーション維持とコミュニティ全体の活性化が期待できる。

5. 展 望

可視化モードをプラグインのように利用することができるため、既製品の技術を可視化モードの 1 つとして導入することも可能となる。例えば販売されている精度の高い音声認識エンジンを利用することが考えられる。先行研究の予備実験 [5] では現在無償で利用可能な音声認識エンジンの認識精度に課題があることが確認されている。製品の技術を用いた可視化モードの利用は有償となる可能性があるが、部分的に有償な可視化モードが利用可能であることはユーザにとって有効な選択肢である。

また本アプリケーションは発話者に対して、発話行為に対す

るフィードバックを行うことも可能である。データの共有が可能になったことでそれぞれの可視化モードの出力や使われ方の情報を収集・分析し、会議において聞き手がどのような状況にあるかを発話者に知らせることが可能である。例えば会議において用語解説モードが高頻度で使われていることを知ることであれば、発話者は専門用語の説明をするといった行動の選択が可能である。これは聴覚に障害のある社員だけでなく会議全体の理解度を高めることにも繋がり有用である。

プラグインとして可視化モードを追加できるという性質は、他分野の研究が進んだ際にその成果が反映しやすいという側面も持っている。例えば意味抽出、手話生成の技術 [7] が成熟した際は手話モードの実現も可能である。手話には要約という性質もあるため、その手話内容をデータベースに蓄積することで聴覚障害者にとっては負担なく視覚的な会議内容の振り返りが可能である。

6. おわりに

本稿ではマルチモーダル発話可視化アプリケーションにおける、可視化モードの開発支援についての要件とその実現方法を提案した。現在プロトタイプとして一部の機能のみが実装されている提案システムであるが、被験者実験などを行うため、提案している全ての機能を実装したシステムの作成が今後の課題として挙げられる。

謝辞 この研究の一部は、科学技術研究費 (基盤研究 C 24500079, 基盤研究 B 26280115, 基盤研究 C 24500258, 若手研究 B 26730155) を受けて行われている。

文 献

- [1] M. Marschark, G. Leigh, P. Sapere, D. Burnham, C. Convertino, M. Stinson, H. Knoors, M.P. Vervloed, and W. Noble, "Benefits of sign language interpreting and text alternatives for deaf students' classroom learning," J. Deaf Studies and Deaf Education, vol.11, no.4, pp.421-437, 2006.
- [2] A.M. Piper and J.D. Hollan, "Supporting medical conversations between deaf and hearing individuals with tabletop displays," Conf. Computer Supported Cooperative Work, pp.147-156, 2008.
- [3] R. Punch, P.A. Creed, and M.B. Hyde, "Career barriers perceived by hard-of-hearing adolescents: Implications for practice from a mixed-methods study," J. Deaf Studies and Deaf Education, vol.11, no.2, pp.224-237, 2006.
- [4] R. Punch, M. Hyde, and D. Power, "Career and workplace experiences of australian university graduates who are deaf or hard of hearing," J. Deaf Studies and Deaf Education, vol.12, no.4, pp.504-517, 2007.
- [5] 鳥羽祐輔, 堀内大祥, 松本真祐, 佐伯幸郎, 中村匡秀, 内野智仁, 横山知弘, 武林靖浩, "聴覚障害者支援のためのマルチモーダル発話可視化に関する研究," 電子情報通信学会技術報告, 第 114 巻, pp.191-196, March 2015.
- [6] 深間内文彦, 西岡知之, 松田哲也, 松島英介, 生田目美紀, "聴覚障害における視覚情報処理特性 アイマーク・レコーダーによる眼球運動の解析," vol.14, pp.177-181, 2007.
- [7] 伸行比留間, 俊宏清水, 修一梅田, 直人加藤, 太郎宮崎, 誠喜井上, 浩之金子, 祐二長嶋, "CG による手話アニメーションの自動生成システム," 画像電子学会誌, vol.41, no.4, pp.406-410, 2012. <http://ci.nii.ac.jp/naid/130004870594/>