

ICT を活用した障害のある児童生徒等に対する指導の充実
(文部科学省著作教科書のデジタルデータを活用した指導の実践研究) 成果報告書

受託団体名

株式会社デジタルピア

1. 事業の実績

(1) 開発しているアプリケーション等

アプリケーションの名称：

ボイスルーラーWeb版

対象障害：

聴覚障害(弱視を併せ有する聴覚障害者を含む)

知的障害(難聴を併せ有する知的障害者を含む)

肢体不自由・病弱・身体虚弱

発達障害

搭載している支援機能：

①生徒自身による学習を支援するもの(見る、聞く、読む、書く、ノートテイク、コミュニケーション等の支援)

②教員の教材作成を支援するもの(身近な題材(音声・画像・動画)の活用など個に応じた教材のカスタマイズ、問題のパターン提示や難易度調整等の支援)

支援機能の内容：

(障害種：聴覚障害)

令和2年3月に発行された「聴覚障害教育の手引：言語に関する指導の充実を目指して」(文部科学省)によると、「近年、補聴器の進歩や早期からの人工内耳の手術などによって、聴覚活用や発音の力を高めている子供が増えており、特に、通常の学級に在籍する多くの聴覚障害児は、日常的に音声によるコミュニケーションを行っている」ことが示されている。同時に、「仮名文字の習得は、音韻意識の形成と密接に関連」しており、「聴覚障害児の場合、音声の音韻・韻律情報の聞き取りや発声・発語に加え、指文字やキューサインといった視覚的情報も音韻意識形成の有効な手掛かりとなる」ことが述べられている。

聴覚障害特別支援学校においては、聴覚障害者用の文部科学省著作教科書(言語指導)が自立活動等で用いられており、音韻意識や学習言語等の指導が行われている。こうした指導において、前述のとおり、児童生徒等が自らの発声・発語に意識を向けること、声量等の韻律情報を視覚的に意識・省察できることは重要と考える。

特に、声量(声の大きさ)は抽象概念の一つであり、低学年の児童や、他の障害(知的障害・発達障害等)を併せ有する児童生徒等にとっては理解が難しいと聞く。特別支援学校小学部、それ以外の小学校に在籍する聴覚障害児が音読等に取り組みつつ読み書きを習得する場合や、特別支援学校高等部やその他の高等学校に在籍する聴覚障害児が面接等において音声を用いて自己表現の練習をす

る場合などに、聴覚障害の特性を考慮しつつ、抽象概念をわかりやすく指導するためには、前述のとおり、視覚情報を併せて提示することが有効であろう。

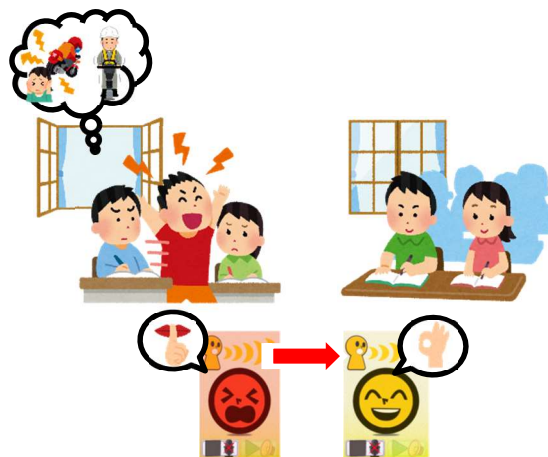


図1 ボイスルーラーを用いた声量指導（模擬）

このように声量を視覚情報として提示する際には、教育現場において騒音計等が用いられるが、数値による表示は児童生徒にとって実感しづらいという。特に発達初期の聴覚障害児にとって、視覚的にわかりやすく表示する支援機器として、愛媛大学教育学部の苅田知則教授が開発した「声のものさし：ボイスルーラー」が有効である。

自分の音声を見える化するだけではなく、教育現場においては、児童生徒の音読など課題に対する指導やフィードバックの材料となることも期待できる。

また、音量判定機能を環境騒音評価機として活用することで、騒音に敏感な児童生徒たちの注意が逸れず、安心して学習を受けることができる教室環境の構築が可能となる。



この「声のものさし：ボイスルーラー」は、iOS版アプリとしても開発され一般公開されている。特に、アプリ版（iボイスルーラー）は、録音機能も搭載されており、児童生徒等が練習の後で振り返る（省察する）際にも声量が視覚的に提示され、かつその声の大きさの度合い（3～5段階表示）が再生音声に紐づいて表示される。この機能は、まさに言語指導・音韻指導において重要な意味を持つ。しかし、OSアップデートに対応できておらず、かつiOS以外の端末では利用できない。

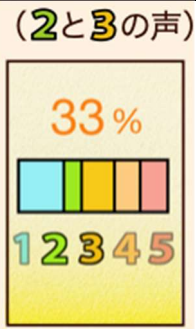


図2 iボイスルーラーを用いた省察時の音量表示画面

そこで、本申請課題においては、聴覚障害児の言語指導・音韻指導に資するアプリとして、マルチOSに対応する「iボイスルーラー」を開発する。具体的には、Webアプリとして開発し、Webブラウザを介して起動する方式を採用する。この方式を導入することにより、主要なOS（iOS、Windows、ChromeOS）だけではなく、多様なOS上で利用可能となり、各端末に対応したプログラミング言語も不要になるため、プログラミング言語の統一化が行え保守性が向上する。その他、不具合修正及び機能追加対応時のスピード向上が見込め、専用の機器が不要になるため、端末への依存もなくなる。また、「声のものさし：ボイスルーラー」では物理的な機器では実現が困難な機能追加が行えることや、外付けマイクの接続が可能となるため、利用者の音声を拾いやすくするなどの優位性がある。

開発したWebアプリを自立活動（言語指導・音韻指導）及び教科の指導（音読）等で用いる場合、聴覚障害者用の文部科学省著作教科書（言語指導）のPDFファイルや、各出版社のデジタル教科書等のデジタルデータと併用することを想定している。具体的には、主要OSの2画面表示（Split View）機能を用いてWebアプリとデジタルデータを同時に表示し、対象となる児童生徒がデジタルデータを見ながら発音・音読を行う。その様子を教員（特別支援学校教員等）が個別に観察・確認した上で、事後にフィードバックを行う。フィードバックでは、再生機能により児童生徒の発音・音読と連動して変化する音量表示用のアイコン（視覚シンボル）を児童生徒と一緒に確認するとともに、音量表示画面において視覚シンボルが示す音量での発音・音読がどの程度の割合で行われたか、分析結果を確認する。

（障害種：肢体不自由・病弱・知的障害・発達障害）

聴覚障害のある児童生徒と同様に、肢体不自由・知的障害・発達障害のある児童生徒へのコミュニケーション指導も、特別支援教育の現場においては重要である。

例えば、不随意運動が見られる脳性まひのある児童生徒等は、声の出し始めに突然吹き出すように大きな声が出る場合がある。また、呼吸器系（喘息等）・循環器系（心疾患等）の疾患がある病弱児は、本人の意図・意識よりも弱い音量でしか発生できない場合があり、通級による指導や自立活動の一部として発声・発話指導を行う際には、その音量の変化（音量が増加する履歴）を見せながら指導を行うことで自己効力感を高めることができる。知的障害や発達障害のある児童生徒の指導においては、声の大きさという抽象概念の理解が難しい（若しくはリアルタイムに自らの声の大きさを自己評価できない）ために、周囲にとっては大きすぎる声で話をしたり、反対に他者には聞こえない小声で話をしたりする事態が観察される。

このような事態に対して、知的障害特別支援学校や肢体不自由特別支援学校等においては、コミュ

ニケーションの指導等が行われている。具体的には、生活単元学習や自立活動、作業学習等において、児童生徒が自らの声量に意識を向け、その大小を自己認識できるようにする取組が挙げられる。こうした指導においても、「声のものさし：ボイスルーラー」や「i ボイスルーラー」は有力な教材となりうる。

特に、3段階で人の表情を示すアイコン（視覚シンボル）によって声の大小を表すモードは、知的障害・発達障害のある児童生徒、小学部・小学校低学年の児童にとって分かりやすい。本申請課題においては、①知的障害がない児童生徒を対象とした数字モード、②知的障害のある児童生徒を対象とした表情モードでの声量表示を実現する。

数字 (1～5)					
表情					
声の 大きさ	小さい声 聞きづらい声	ふつうの声 2～3人で話す声	元気な声 4～6人で話す声	少し大きな声 教室で みんなに話す声	大きな声 広い場所で 大勢に話す声

図3 声量表示モードの例

開発した声量表示アプリを、研究協力校において国語等の教科指導（音読等）や、生活単元学習・自立活動（コミュニケーションの指導）等において試用してもらう。試用を通して抽出された課題・バグ等に基づき、改良を加える。

聴覚障害の項で記載したとおり、教育現場での活用においては、知的障害者用の文部科学省著作教科書や各出版社のデジタル教科書、音声教材などのデジタルデータとの併用を想定している。文部科学省著作教科書の PDF ファイルやデジタル教科書を主要 OS の 2 画面表示機能を用いて、本アプリとデジタルデータを同時に表示しながら、教員が指導を行う。

このような活用を想定した場合、本アプリは、コミュニケーション指導だけではなく、簡易な音声メモとしても利用することが可能であろう。例えば、デジタルデータを見ながら学習を進める中で、児童生徒が考えた内容を本アプリで録音し（授業中を想定すると、児童生徒には「小さい声」の段階で発音するよう指導）、デジタルデータのページ数等と併せて学習ログとしてサーバ上に蓄積できるようにする。授業後に復習等で学び直す際に、蓄積した学習ログから録音データを検索し、再生できるようにすると、学習内容と連動した音声メモとして機能させることができる。

本申請課題の開発終了後は、福祉機器販売を行っている企業と協働し、教育現場で購入・活用しやすい形態・方式での市販化を目指す。具体的には、ユーザ管理・録音管理・指導記録の機能を追加機能としたものを検討している。

開発の進捗率：

100%

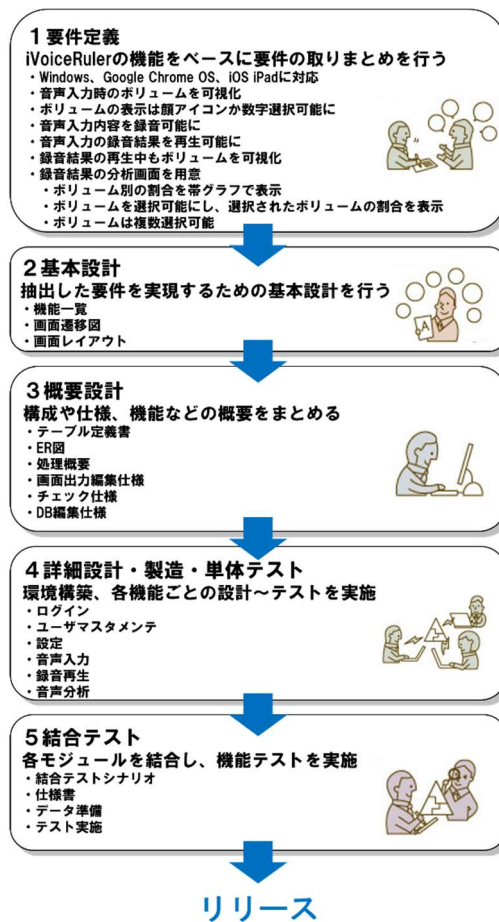
(2) 取組内容

iOS版「iボイスルーラー」をベースにWebアプリケーションの開発を行う。なお、既存アプリで使用している画像やアイコンデザインは可能なものは流用し、デザイン及び操作性については、規格検討委員会等で専門の先生からの助言及び、実践校での実証実験の結果をフィードバックし、使用意欲を低下させないような構成を検討し進めた。

➤ 開発環境

・ サーバOS	: Ubuntu 20.04	・ ブラウザ	
・ データベース	: Maria DB	Windows	: Chrome
・ IDE	: Visual Studio Code	iOS	: Chrome
・ 開発言語	: PHP,Laravel	Chrome OS	: Chrome
・ クライアントPC			
Windows	: 11 21H2		
・ クライアントデバイス	※開発時点(2022年4月)の最新版を採用		
iOS iPad	: 15.4.1		
Chrome OS	: 100.0.4896.79		

1. 開発工程



2. 構築機能

➤ システム構成

本アプリは、クラウドシステムを使用し構築を行う。

クラウドの Web サーバ上にアプリを構築し、ユーザはブラウザでアプリ利用を行う。

➤ ログイン

ユーザ ID 及び、パスワードを使用したログインを実現する。

システムへのログインは、重複を許さない設計とする(後勝ちとする)。

➤ ユーザメンテナンス

管理者、利用者などの権限の設定や、有効期限の管理を行う。

ユーザの追加と削除は管理者のみ可能とする。

➤ 各種設定

人と端末の距離設定や、モードの切替えを行う。

(入力した音声のボリュームを顔アイコンで表示するか数字で表示するか選択が可能。)



図4 端末距離とモード設定イメージ

➤ 音声入力 (本システムメインとなる画面。設定画面へ遷移可能。)

入力された音声のボリュームを可視化する。ボリュームがどの程度か把握できるメーター

(Wi-Fi の電波強度のような表示) と、顔のアイコン、または数字のいずれか 2 種類で表示が可能。音声入力の内容も録音が可能。

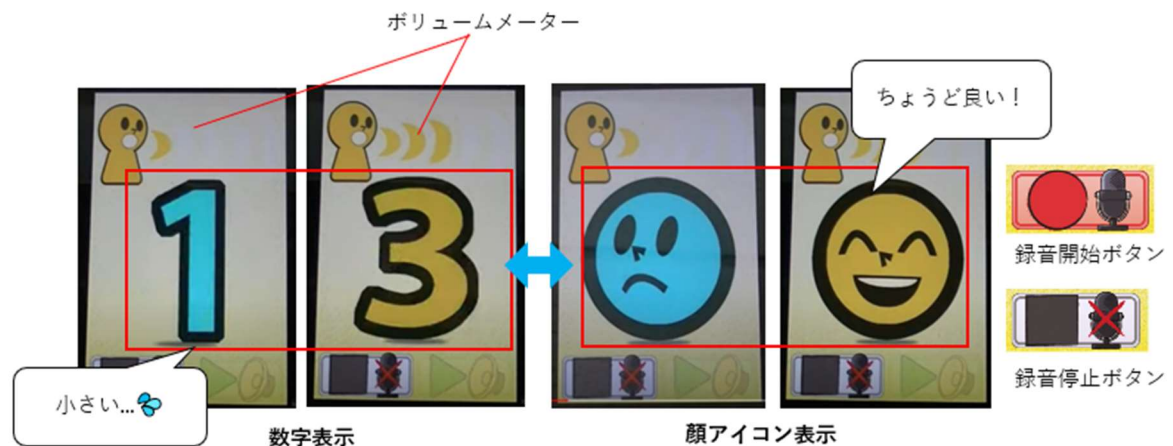


図5 音声ボリュームの可視化

➤ 録音再生（デジタルデータ活用）

前回録音した結果があれば再生が可能。



←録音再生ボタン

再生音声及び、下記の音声分析により、発音に対して利用者及び保護管理者との振り返りを実施することが見込まれる。

➤ 音声分析

録音結果の音声ボリュームを可視化可能。1～5のボリューム別にそれぞれの割合を把握する。1、2、3、4、5をそれぞれタップすると該当のボリュームの割合が加算される。合計割合は画面上部に、ボリューム別の割合は画面中央に帯グラフで表示される。画面下部の1～5がタップ可能になっており、ON/OFFの動作をする。ONの数字のボリュームの割合が画面上部に加算表示される。

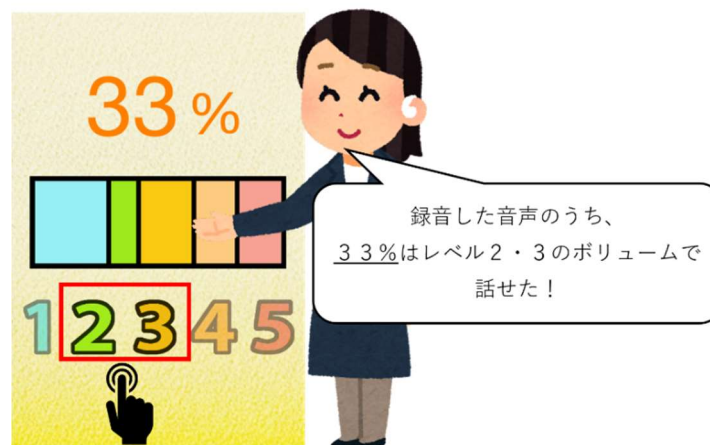


図6 音声分析イメージ

➤ 音声記録データ管理機能（デジタルデータ活用）

管理者が、利用者ごとの録音内容と音声分析内容の管理が可能。

管理者は、録音内容と、音声分析の結果を確認判断し、利用者へのフィードバック内容を記述することにより、指導の向上に役立てる。

この場合、利用者は今回の対象障害範囲にとどまらず、構音障害者にも発音に対してのフィードバックや指導にも有効。

また、文部科学省著作教科書のデジタル組版データ（Adobe InDesign）を使い音読内容の録音を利用することによって、デジタル組版データの内容を確認しながら、利用者への指導・フィードバックを行う事ができる。

また、録音記録に対してテキストを残す（例えば、ファイル名や頁数等）ことにより、確認時の負荷を軽減することができる。

➤ 将来性

録音内容と音声分析内容の管理により様々な活用の可能性が考えられる。

聴覚障害以外の障害のある利用者において、環境音による耳の痛みや、注意の転導などの判断として用いることも考えられる。

精度の関係で技術的検討は必要であるが、録音時に文字起こし機能を実装することにより、録音内容確認の指導の際により多い情報での考察や方針決定が行うことができる。

(3) 事業の成果

➤ システム構成

本アプリは、クラウドシステムを使用し構築を行った。

クラウドの Web サーバ上にアプリを構築し、ユーザはブラウザでアプリ利用を行う。

➤ ログイン（管理者・利用者・ゲスト）

ユーザ ID 及び、パスワードを使用したログインを実現した。

システムへのログインは、重複を許さない設計とした(後勝ちとする)。

ログイン権限は、システムの設定を行う「管理者権限」と、利用が主となる「利用者権限」、無償でシステムを使用することができる「ゲスト権限」の3つを用意した。

管理者と利用者は、ログイン情報にて切り分けを行う。

後述のユーザ及び契約者メンテナンスでメールアドレスを登録しておけば、パスワード紛失時に再発行の手続きを行える機能も実装した。



The screenshot shows a login interface for 'Voice Ruler Staging'. At the top, there is a dark blue header with a small icon and the text 'Voice Ruler Staging'. Below the header, the word 'ログイン' (Login) is displayed in a light grey box. The main form area contains two input fields: 'ユーザID' (User ID) and 'パスワード' (Password). Below these fields is a blue button labeled 'ログイン'. Underneath the button is a link that says 'パスワードを忘れた場合はこちら' (Click here if you forgot your password). At the bottom of the form, there is another blue button labeled 'Guestアカウントでログイン' (Login with Guest account).

図7 ログイン画面

➤ メニュー（管理者・利用者）

システムを利用するための機能選択用のメニューを作成した。

メニューに表示される機能ごとのボタンについては、ログインの権限により表示される機能ごとのボタン表示が変わるようにしている。

また、本システムの利用法を記載した取扱説明書のダウンロードも可能とした。

なお、ゲストログインでは、メニューは表示されない。

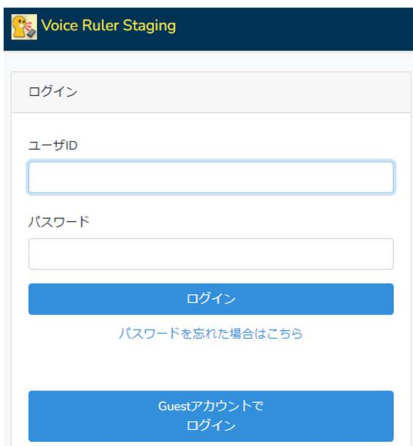


図8 ログイン画面



図9 管理者メニュー画面



図10 利用者メニュー画面

➤ ユーザマスタメンテナンス（管理者機能）

管理者、利用者などの権限の設定や、メールアドレスの管理を行う。

契約者、ユーザ名での検索を行うことも可能とした。

なお、ユーザの追加と削除は管理者のみ可能とする。



図11 ユーザマスタメンテナンス画面

➤ 契約者マスタメンテナンス（管理者機能）

システムの契約者情報を確認、登録及び削除する。

内容は、契約者 ID、契約者名、有効期限（開始及び終了）、担当者名、メールアドレス、契約種別とする。

契約種別、契約者名で検索を行うことも可能とした。



図 12 契約者マスタメンテナンス画面

➤ 設定（管理者機能）

人と端末の距離設定や、表示モードの切替えを行う。

（入力した音声のボリュームを顔アイコンで表示するか、数字または任意画像で表示するか選択が可能。）



図 13 端末距離と表示モード設定画面

➤ 音量表示メンテナンス（管理者・利用者）

音声入力画面で表示する画像を任意登録することが可能。
表示画像と表示音量の指定を行う。

No.	音量	画像ファイル	プレビュー	取り消し
音量1	<input type="text"/>	ここにファイルをドロップしてください または 📎ファイルを選択する		🗑️取消
音量2	<input type="text"/>	ここにファイルをドロップしてください または 📎ファイルを選択する		🗑️取消
音量3	<input type="text"/>	ここにファイルをドロップしてください または 📎ファイルを選択する		🗑️取消
音量4	<input type="text"/>	ここにファイルをドロップしてください または 📎ファイルを選択する		🗑️取消
音量5	<input type="text"/>	ここにファイルをドロップしてください または 📎ファイルを選択する		🗑️取消

図 14 音量表示メンテナンス画面

➤ 音声入力（本システムメインとなる画面）（管理者・利用者・ゲスト）

入力された音声のボリュームを可視化する。ボリュームがどの程度か把握できるメーター（Wi-Fi の電波強度のような表示）と、顔のアイコン、数字または、任意画像（音量表示メンテナンスで設定後選択可能）のいずれか 3 種類で表示が可能。管理者権限、利用者権限の場合は、音声入力の内容の録音が可能。録音した内容を管理者へ提出することが可能。ゲスト権限の場合はボリューム可視化（数字）のみ。

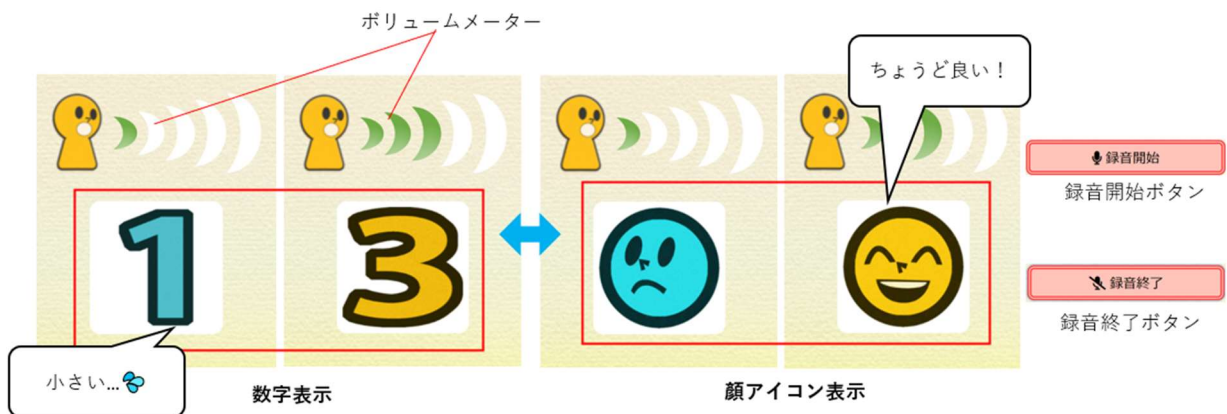


図 15 音声ボリュームの可視化



図 16 ゲストログイン後画面

➤ 録音再生（デジタルデータ活用）（管理者・利用者・ゲスト）

前回録音した結果があれば再生が可能。

再生音声及び、下記の音声分析（録音結果ボタンにより表示）により発音に対して、利用者及び管理者との振り返りを実施することが見込まれる。



➤ 音声分析（管理者・利用者）

録音結果の音声ボリュームを可視化可能。1～5 のボリューム別にそれぞれの割合を把握する。

1、2、3、4、5 をそれぞれタップすると該当のボリュームの割合が加算される。合計割合は画面上部に、ボリューム別の割合は画面中央に帯グラフで表示される。画面下部の1～5がタップ可能になっており、ON/OFF の動作をする。ON の数字のボリュームの割合が画面上部に加算表示される。

また、録音データのダウンロードを行うことや、管理者宛に音声ファイル提出を行う機能も有する。

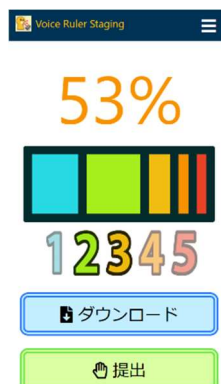


図 17 音声分析イメージ

➤ 録音結果一覧（デジタルデータ活用）（管理者・利用者）

管理者が、利用者ごとの録音内容と音声分析内容の管理が可能。

管理者は、録音内容と、音声分析の結果を確認判断し、利用者へのフィードバック内容を記述することにより、指導の向上に役立てる。

この場合、利用者は、今回の対象障害範囲にとどまらず、構音障害者にも発音に対してのフィードバックや指導にも有効。

また、文部科学省著作教科書のデジタル組版データ（Adobe InDesign）を使い音読内容の録音を利用することによって、デジタル組版データの内容を確認しながら、生徒への指導・フィードバックを行うことができる。

また、将来的には、録音記録に対してテキストを残す（たとえば、ファイル名や頁数等）ことにより、確認時の負荷を軽減させる。

No.	削除	ユーザID	ユーザ名	提出日時	音声再生	録音結果	ステータス
1	<input type="checkbox"/>						OK
2	<input type="checkbox"/>						OK

図 18 録音結果一覧画面

今回目標としていた Web サービスの実装が予定通り完了したため、サービスの有用性について、（聴覚障害者ではない健常者において）統計的な検証を行った。

■方法

対象者：小中学生 9 名（男子 7 名、女子 2 名、平均年齢 10.7 歳）

方法：

1. 実験の実施者は基本的に保護者に依頼した。
2. PC（マイク）と参加者の距離は 60cm であった。
3. 文部科学省著作教科書「国語☆☆☆☆」に掲載されている「オオカミと羊飼い」の文章を 1 ページ読んでもらった。
4. 最初にボイスルーラーを見ずに「PC の傍に立っている保護者に聞こえるように、大きすぎず、小さすぎない声で読んでください」と教示し、読んでもらった。
5. 保護者には、ボイスルーラーを見ずに読んだ場合の児童生徒の声の大きさを、「1：非常に小さいと感じた」～「7：非常に大きいと感じた」で評価してもらった。
6. 次にボイスルーラーを見ながら「画面に『3』の数字が表示される大きさの声で、読んでください」と教示し、読んでもらった。
7. 保護者には、ボイスルーラーを見ながら読んだ場合の児童生徒を、「1：非常に小さいと感じた」～「7：非常に大きいと感じた」で評価してもらった。

- ① 「ボイスルーラーなし」と「ボイスルーラーあり」における、声の大きさ（1～5）の割合を比較した。
- ② 「ボイスルーラーなし」と「ボイスルーラーあり」における、保護者による児童生徒の声の大きさ評価を比較した。

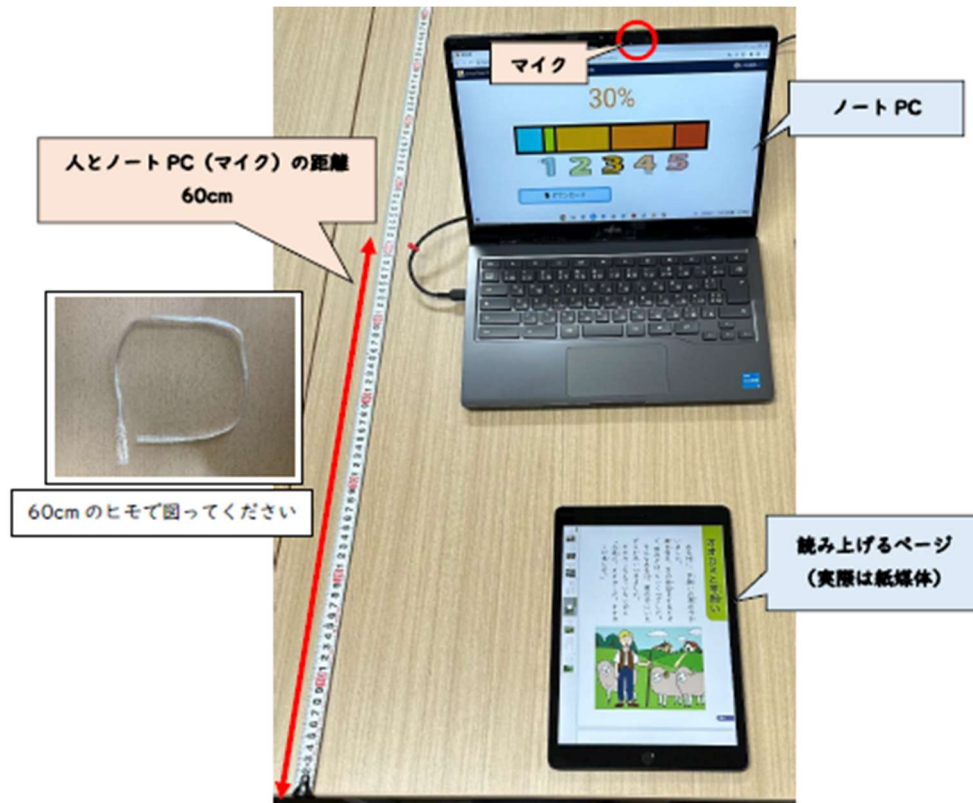


図 19 検証方法

■まとめ①

- ・対象者：小中学生 9 名（男子 7 名、女子 2 名、平均年齢 10.7 歳）

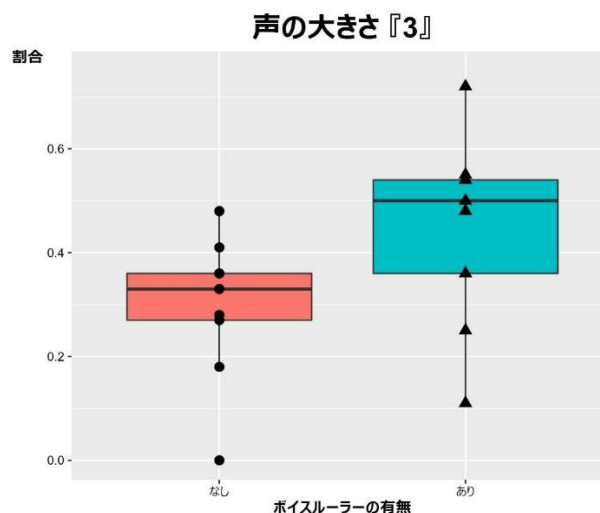


図 20 ボイスルーラーの有無による声の大きさ『3』の出る割合

- ①（聴覚障害者ではない健常者において）統計的検証を行った結果、ボイスルーラーなし（ $M=0.30$, $Mdn=0.33$ ）とボイスルーラーあり（ $M=0.45$, $Mdn=0.50$ ）で有意な差が見られた（ $p < .05$ ）。これにより、ボイスルーラー上で『3』の表示が出る割合は、ボイスルーラー

を見ない場合より、ボイスルーラーを見る場合の方が『3』の表示が出る割合が多くなる
ことが認められた。

- ②（聴覚障害者ではない健常者において）ボイスルーラー上で『3』の表示が出る割合に着目すると、平均的にはボイスルーラーを見ない場合は31%、ボイスルーラーを見る場合は45%の割合で『3』の音量で声を出すことが期待できる。ボイスルーラーを使用することにより、適切な音量である『3』の音量で声を出す利用者が増えることが考えられる。

■まとめ②

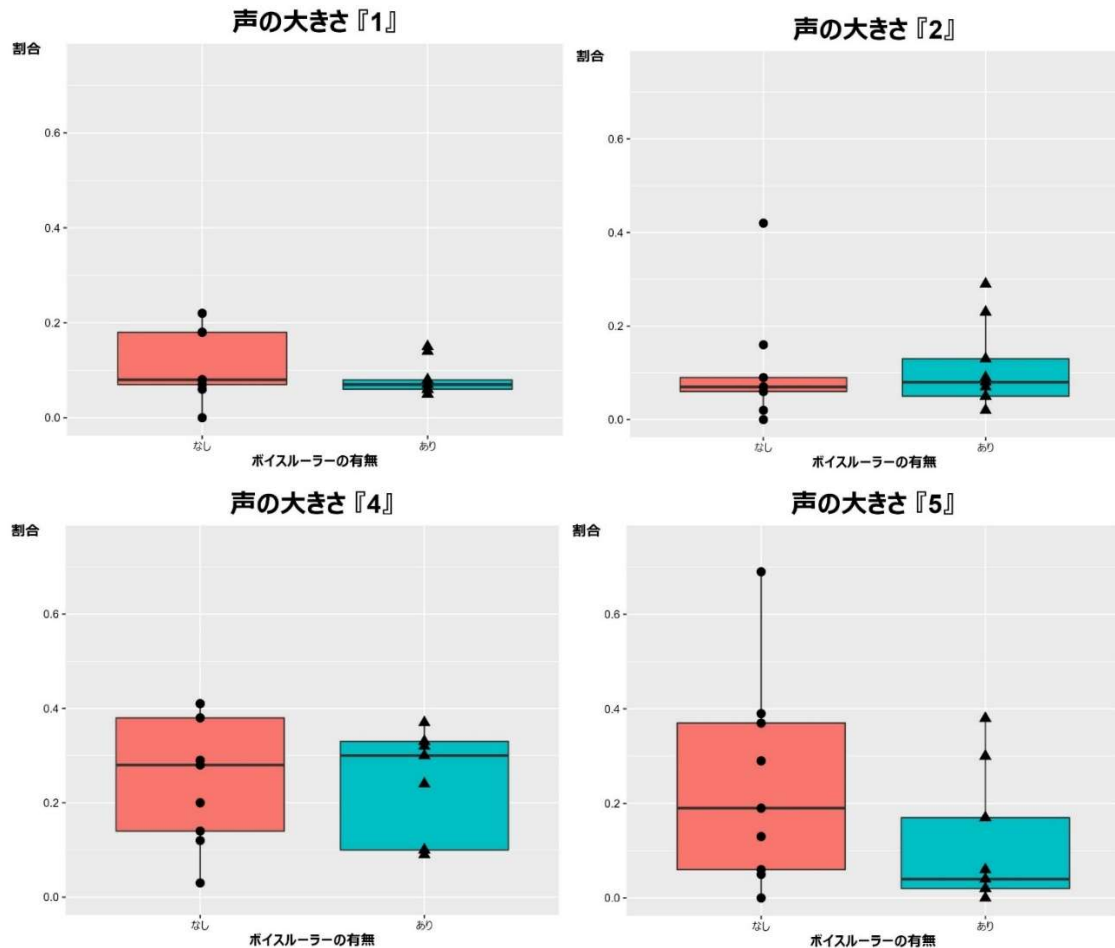


図 21 ボイスルーラーの有無による声の大きさ『1』『2』『4』『5』の出る割合

- ③（聴覚障害者ではない健常者において）統計的検証を行った結果、ボイスルーラー上で『1』『2』『4』『5』の表示が出る割合に着目すると、ボイスルーラーを見ない場合とボイスルーラーを見る場合で、割合が変わるとは言えなかった。本調査では、音量の大きい対象者及び音量の小さい対象者、全ての平均値を元に分析を行った。そのため、音量の大きい対象者の場合はボイスルーラー表示後に音量を小さくし、音量の小さい対象者の場合はボイスルーラー表示後に音量を大きくしたため、『1』『2』『4』『5』の値がそれぞれ平均化され、ボイスルーラー表示前後で差が検出されなかったことが推測される。

■まとめ③

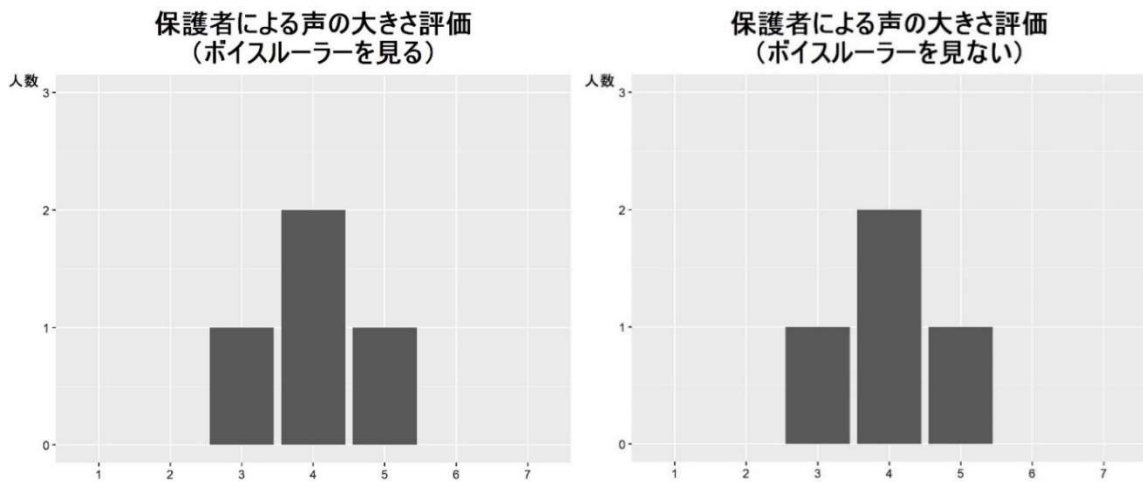


図 22 保護者による声の大きさ評価

- ④本調査においては、保護者による声の大きさ評価では、ボイスルーラーを見る場合と見ない場合で差は見られなかった。適切な音量を前もって保護者に伝えることにより、評価が改善することが考えられる。

今後は、音圧 (dB) 等の相対的な値の音量測定や主観 (対象者) による声の大きさ評価による調査も必要であろう。

また、本調査では通級での個別指導を想定した調査を行ったため、教科指導等の通常授業の場面を想定したフィールド調査等も必要になるだろう。

(4) 今後の課題と方策

今回完成後の実証のデータが健常者のみの検証及び、データ分析の期間が十分に確保できなかったため、令和5年度においては、データ取得に十分な期間と聴覚障害特別支援学校等を対象とした具体的な検証を行っていく。

また、画面の表示や使い勝手については研究協力者からの助言を参考に協議し、有用なものを組み込んでツールとしての完成度を高めていく。

■音量設定・マイクに関する助言

- ・ 状況や場面に応じた音量表示設定ができるとうい。
- ・ 音量設定の際、実際に発声した音量を用いて設定できるようになればよい。
- ・ カスタム音量表示設定時に、あらかじめ初期値が設定されているとうい。

■音声入力機能に関する助言

- ・ 録音・再生ボタンのない単純な画面だけ表示できるようになればよい。
- ・ 利用者画面の場合でも録音ボタンの表示を非表示にはできないのか。
- ・ 使用する場所に応じてのデフォルト設定を即座に適應し、使用できればよい。
- ・ 無音のときは「0」と表示されるようにしてほしい。

- 音量表示のちらつきが気になる。
- 量の平均値が表示されるとよいのではないか。
- 波形と数字で声の大きさを表すとよい。
- 音量の平均値を取得する時間を設定画面で設定できるようにしたらどうか。
- 突発的な大声や、だんだんと声が小さくなる場合、一定値以上・以下の音圧になるとアラートが出るようにするとよい。
- 音量表示にPICシンボルの数字・アイコンを加えると、障害のある児童生徒にも分かりやすいのではないか。

■実証実験に関する助言

- 話者が話しながら音量調節できる面もあれば、あとから確認できる面もあり、目的が複雑。
- 実証実験の際は、何を評価してほしいのか明らかにする。
- 実証実験の際に、場面に応じた使い方の手引書があればよい。

■その他 意見・提案

- 聴覚障害者が発音の練習ができるような機能があればよい。
- 色が見にくい。
- 色がチカチカする。
- 訓練場面を想定する場合、面白い、楽しいと感じる機能があればよい。