

学習段階に合わせて調整できる聴覚障がい児のための発音練習支援ソフトウェアの開発

Development of Software for Assisting Pronunciation Exercise by Hearing-Impaired Children with Adjustment Function according to their Learning Stage

芝山 聡美¹⁾
Satomi SHIBAYAMA

勝瀬 郁代²⁾
Ikuyo KATSUSE

Abstract : We propose software for assisting pronunciation exercise. The target user is a child who has an auditory disorder or dysarthria. A child with such a handicap masters pronunciation by practicing it repeatedly, after receiving instruction. The purpose of our research is to make software that can assist repeated practice of pronunciation. The software is a game that performs a drill on pronunciation. The game operates with a voice being inputted through a microphone. On a screen, the erratum of pronunciation is visually fed back to the child, who cannot judge the result of pronunciation by him or herself. The main feature of this software is the ability to adjust according to children's capability and learning stage. To adjust as well as possible, the software has two functions. As the first function, the target word of a pronunciation drill can be registered freely. As the second function, the child-specific pronunciation mistakes can be registered for every word and thus are detectable at the time of the pronunciation in a game.

キーワード : 発話、音声認識、訓練システム、発音練習、聴覚障がい

Keywords : Utterance, Speech recognition, Training system, Practice in pronunciation, Hearing impairment

1. はじめに

難聴や、構音障がい、吃音(どもり)、言語の遅れなどのために発音に難がみられる児童が小学校に入学した場合、保護者の希望に応じて校内に難聴学級や特別支援学級が併設される。学級の設置が難しい場合には、行政により設置されている「ことばの教室」などと呼ばれる発音指導を行う通級指導教室へ通うことになる。そして、学校生活と平行しながら発音指導者の下で週に1、2回の発音訓練を行っている。発音の動作を意識的に習得しなければならない以上、こうした児童には反復した発音練習が求められる。長期間に渡り訓練を重ねることで、健常者と渡り合えるだけの発音能力を得ようとする。

第1章では、児童に対し発音指導を行っている現場での発音訓練の取り組み、現場に導入されている発音支援ソフトウェア、そのソフトウェアに対して感じた課題、どういった手法でその課題を解決しようとするのかについて述べる。

1.1 特別支援学級や通級指導教室での発音訓練

特別支援学級や通級指導教室において、児童は正しい発声・発語を促す訓練を受ける。発音習得のための訓練は、

一般的に一对一の個別訓練である。聴覚などに障がいのある児童は、言語概念の獲得、発声・発語における発達の個人差が著しい。児童一人一人の障がいの状態や発達の程度を把握し、児童ごとに課題を設定する必要がある¹⁾。

発音指導において、児童は口の形や、舌の動き、息の出し方に繰り返し取り組み、発音を習得する。顎の開閉・舌の運動・頬の運動から始まり、単音の発音練習、音の表現の練習、単語や話し言葉の練習を行う。訓練の際には発声した音がどのようなものであったかを知るために、風船を使用し振動を伝えたり、おもちゃを使って息の量を知らせたりして、発音のフィードバックを与える。発音の指導を受けた後も、完全に習得するために児童は繰り返し発音の練習に取り組まなければならない。反復練習を行う中で児童にやる気を持たせるために、動物の絵が描かれた単語カードを用いたり、言葉遊びのゲームを行ったりする²⁾。

1.2 従来のソフトウェア

聴覚障がい教育を必要とする児童向けの、発音の指導を行ったり、発音練習を補助したりするソフトウェアが開発されている。難聴学級や特別支援学級、通級指導教室にそのようなソフトウェアが設置されているケースも多い¹⁾。

1) 近畿大学大学院産業技術研究科経営工学専攻博士前期課程

2) 近畿大学産業理工学部情報学科 講師 katsuse@fuk.kindai.ac.jp

パナソニック(松下電器)によって開発された「発声発語訓練システム」は、呼気流や鼻、声帯に対するセンサーを用いて、児童の発音と教材モデルを比較し、発音のメカニズムを視覚的に表示するもの³⁾である。「Speech Viewer III」は、声の大きさ、ピッチ、有声/無声音、発音の開始、発音のタイミングなど入力音声の状態を示すもの⁴⁾である。これらは、指導者とともに利用する教材であり、発音の指導中に児童の発音の状態を分かりやすく表示し、発音指導の補助を行うソフトウェアである。

「あいちゃんので」というソフトウェアも商品化されている。これは、マイクユニットを通して有声音や通鼻音、摩擦音、呼気のレベルをLEDで表示したり、ユニットの振動で表現したりする。息、声、母音、韻律などの学習プロセスに従って児童が自主的に発音訓練を行うシステム⁵⁾⁶⁾である。

聴覚障がい児の発音練習システムの先行研究には、カメラから取り込んだ児童の発音時の口唇動作(口の開き方や歯や舌の見え方)をパソコン画面上に表示し、モデルの口唇動作と比較できるもの⁷⁾や、入力された音声のパワーが閾値以上ならば画面上のイラストを動作させる「声の大きさやリズムの訓練」、ピッチ周波数の変動を元に有声音、無声音、無音を判別してイラストを変化させる「声の高さの訓練」、第1ホルマント周波数F1と第2ホルマント周波数F2をグラフ画像で表示し、各母音における標準的なF1-F2分布と児童の発音した母音のずれを確認させる「5母音の訓練」、といった入力音声の可視化に特化したもの⁸⁾などがある。

1.3 従来のソフトウェアとの違い

私たちは、従来のソフトウェアのように発音指導の補助や、児童一人で発音訓練を行うソフトウェアではなく、発音指導を行った後に行う反復練習を手助けするソフトウェアを作りたいと考えた。

従来のソフトウェアは、口の形や、舌の動き、息の出し方といった音の出し方を学習するためのソフトウェアであった。私たちの開発では、単音の出し方は既に習得されているものとする。単音の発音を習得した児童に対して、指導者が単語や話し言葉の発音訓練を行った後に、単語や話し言葉の発音を習得するための反復練習を行う中で利用できるソフトウェアを作成したいと考えた。子供自身が自発的に楽しんで、繰り返し取り組み、遊びながら発音の練習を繰り返すことのできる発音練習のゲームを開発する。

児童の障がいの度合いや、発達の段階によって、発音練習を行いたい単語は変化していく。そのため、指導者が個々の児童に合わせて出題のチューニングを行うことのできる発音練習ソフトウェアを作成する必要があると考えた。本研究においては、児童の学習段階に合わせて発音対象の

単語を指導者が自由に登録・選択できるソフトウェアの開発を目指した。さらに、発音の達成に沿ってプログラム内で出題単語の切り替えを行う。児童の能力や発達、指導の方針に合わせて、指導者による難易度設定が可能になる。

本報告では、開発した発音練習支援ソフトウェアとその評価実験の取り組みについて述べる。第2章でソフトウェアの試作版について述べ、第3章で発音指導者による試作版ソフトウェアの評価実験について述べる。第4章で評価実験に基づいて行った追加開発について述べ、第5章に児童によるソフトウェアの評価実験について述べる。

2. 試作版ソフトウェア

2.1 試作版ソフトウェアの構成

本研究ではまず手始めに、定められた単語リストから単語を出題し、塗り絵ゲームを通して発音の正誤が表示される試作版のソフトウェアを開発した。ソフトウェアは発音の指導者が操作し、「出題単語の選択」を行う環境設定システムと、児童が操作する発音練習のゲームプログラムによって構成される。発音練習のゲームはパソコン上で動作するJavaアプリケーションの形式で開発した⁹⁾。開発言語にJavaを選択したのは、発音練習のゲームを動作環境に依存せず利用できるようにしたかったからである。ソフトウェアは、JavaVMが搭載可能であればどのオペレーティングシステムでも動作させることが可能である。

ゲームを通して単語が出題され、発音の都度、正誤判定を行う。出題する単語は指導者によって選出でき、発音の正答率に応じて使用する単語セットが切り替わる。図1に試作版ソフトウェアの構成図を示す。

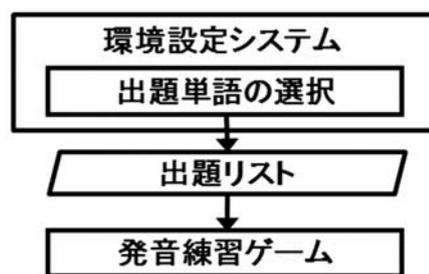


図1 試作版ソフトウェアの構成図

2.2 発音の正誤判定

ソフトウェアにおける発音の正誤判定を行うために、オープンソースである「Sphinx-4音声認識パッケージ」¹⁰⁾¹¹⁾を利用して音声認識を行った。

音声認識を用いる発音練習のソフトウェアは、聴覚障がい児向けの製品ではないが、英語の発音訓練が目的である「発音美人¹²⁾」や「English Central¹³⁾」、「Amivoice CALL

Lite¹⁴⁾」など多数存在する。これらのソフトウェアは、ネイティブの発音と使用者の発音の比較を行うために音声認識を用いている。あらかじめ出題単語が決まっており、出題単語の模範音声を聴きながら発音を行い、模範音声と発音の違いを分析して画面に表示する。利用者は発音練習を繰り返しながら、よりサンプルの音声に近い発音ができるように、自主的に発音を矯正する。先行研究には、事前に練習者の日本語5母音を録音し、出題に合わせて練習者が発音した英語の音声と録音した日本語の各母音までの距離(違い)と、練習目的の音と録音した日本語の各母音までの距離の比較を行い、現状やアドバイスを生成するもの¹⁵⁾や、日本人英語モデルに日本人日本語モデルを組み込み、母音挿入誤りや母音の脱落誤りを分析するもの¹⁶⁾などがある。

英語の発音練習を行うソフトウェアでは、出題単語とどれくらい近い発音ができているか、音節単位で正解に近い箇所や遠い箇所を示していた。本ソフトウェアにおいては音節を組み合わせたひとかたまりの単語を対象に認識を行い、入力音声から出題単語が認識されるか判定し、発音の正誤のみを表示する。

音声認識エンジンはJulius¹⁷⁾など、Sphinx-4の他にも存在するが、本研究では音声の認識処理にSphinx-4を採用した。それは、Sphinx-4がJavaで用いる音声認識システムを構築するのに適していたからである。Sphinx-4はJavaで作成されたJavaベースの音声認識エンジンである。本章2.1節で述べたように、Javaアプリケーションのソフトウェアを作成したかったため、Sphinx-4を用いた。

Sphinx-4は辞書ファイルと文法ファイルを持っている。辞書ファイルには単語名とその音素表記が羅列されている。辞書ファイルに登録してある単語を文法ファイルの中に記述することで、発音の対象を選択し、音響モデルを生成することができる。

本研究では、Sphinx-4を用いて一連の音声認識処理を行うJavaのクラスを作成した。出題単語を設定した文法ファイルごとに、構成するファイルをまとめたJarファイルを作成した。ゲームの中で音声の入力・判断要求があった際には、生成したJarファイル内のクラスを実行し、音声認識の結果を得る仕組みになっている。発音された入力音声との距離を比べて、発音の正誤判定を行う。

試作版において、発音の正誤判定を行うシステムの流れを図2に示す。環境設定システムで「出題単語の選択」を行い、文法ファイルを更新する。更新にあわせて音声認識を行うJarファイルを生成する。単語の出題時にはJarファイルを用いて音声の正誤判定を行う。

2.3 出題単語の選択

指導者はソフトウェアに登録した単語の中から発音対象

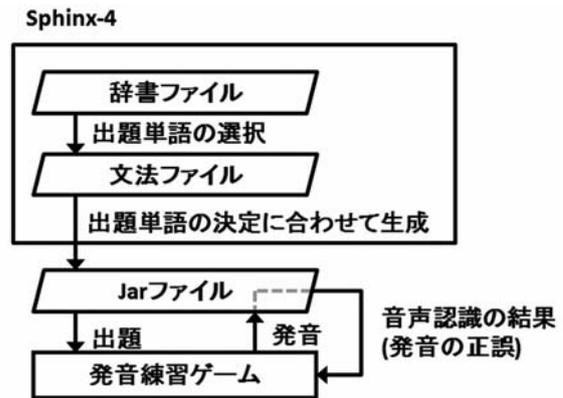


図2 試作版のシステム構成

の単語を選択し設定する。1セットは5つの単語からなり、3セット設定できる。単語の選択時には単語毎に正解して欲しい数(要求正答数)を定める。ゲーム内で正解する度に発音の正答数を記録していき、指導者により与えられた要求正答数を満たせば、練習対象が次の単語セットに切り替わる。このように、発音の習得に合わせて練習対象を変えていくことにより、個人練習中においても、学習の幅を広げることが可能である。図3に単語セットの切り替えの流れを示す。

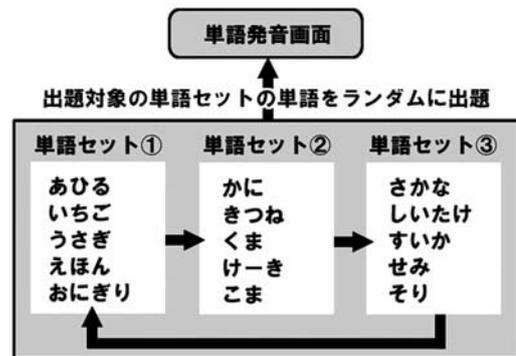


図3 単語セットの切り替え

2.4 発音練習ゲーム

試作版ソフトウェアでは、塗り絵ゲームを作成した。塗り絵ゲームは塗り絵画面と音声認識画面で成り立つ。ゲームの動作画面を図4に示す。塗り絵画面において、塗り絵で使用する色を変更するためにパレットの色部分をクリックすると、音声認識画面へと移行し、単語が出題される。正しく読むことができれば塗り絵で使用する色を変更できる。「よむ」ボタンをクリックする度に音声の認識を行う。発音を間違った場合は、何度でも繰り返し再入力を受け付ける。



図4 塗り絵ゲームの動作画面

2.5 発音の正誤判定表示

聴覚に障がいを持っている場合、児童は自分の発音した音を正しく認識することが難しい。このような自分の発音の正誤を判定できない児童に対して、本ソフトウェアでは、視覚による認識結果のフィードバックを行う。発音の正誤を、ゲーム上の画面に画像で表示する。ゲーム内における認識結果の表示画面を図5に示す。正しく発音できた場合(出題単語が認識結果として出た場合は「○」が表示され、上手く発音できなかった場合や無音で判定時間が過ぎた場合は「?」が表示される。

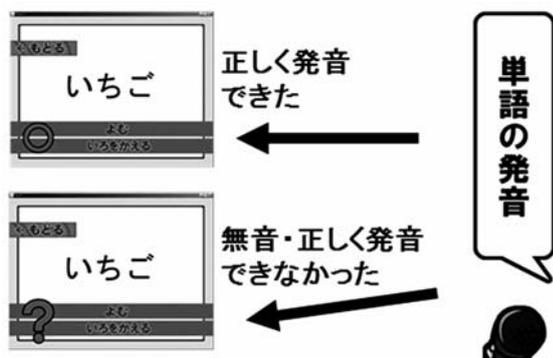


図5 正誤判定の表示

3. 発音指導者による評価実験

3.1 評価実験の概要

本研究が目指すソフトウェアが有用であるかどうかを確認するため、試作版のソフトウェアを発音の指導者のもとへ持ち込み評価を受けた。

難聴がみられる児童に対して発音指導を行っている聾学校、特別支援学級(ことばの教室)、聴覚医学を専門とする教授が担当されている大学院の研究室の三か所にソフトウェアを持ち込み、評価実験を行った。

ソフトウェアの操作マニュアルを配布し、ソフトウェアの解説・操作の説明を行った後、実際にソフトウェアの動作を体験して貰った。操作の体験後に、アンケート用紙を

配布し、ソフトウェアに対する評価を受けた。ソフトウェアの有用性や使用感について、6項目5段階評価のアンケートを実施し、発音指導の指導教師4名、教授1名、在学の学生2名の計7名の評価を受けた。

3.2 評価結果

表1に質問項目と平均点を記載する。

表1: ソフトウェアの評価

質問項目	平均点/満点
指導者にとってソフトウェアは使いやすいか	4.45/ 5.0
児童にとってソフトウェアは使いやすいと思うか	4.0/ 5.0
発音のフィードバック(正誤)は分かりやすいか	4.05/ 5.0
児童の発音学習に役立つと思うか	4.65/ 5.0
指導者として繰り返し使いたいと思うか	4.75/ 5.0
児童が楽しんで繰り返し使う事ができると思うか	4.65/ 5.0

評価と共に、口頭での討論、アンケート用紙での自由記述を用いてソフトウェアに対する意見を伺った。ソフトウェアへの要望では、「児童が満足感、達成感を味わう事ができるような遊びの要素が多く欲しい。」「どこまで正しく発音できたら正解にするか等、児童の発達段階に合わせた許容範囲の設定ができると良い。」「児童向けの操作マニュアルや、ゲーム上でのチュートリアルがあると良い。」といったコメントを受けた。

3.3 評価のまとめ

評価実験を通して、開発を行っているソフトウェアが発音指導の現場において有用であり、望まれている事を確認できた。加えて、発音指導と連動した、児童によるソフトウェアの長期の利用を想定した上での意見、要望を聞くことで、ソフトウェアの改善点、望まれている機能を明らかにする事ができた。

4. ソフトウェアの追加開発

4.1 追加開発の概要

評価実験後に、指導者から受けた意見・要望を元にして以下の追加開発に取り組んだ。

- ①発音する単語を自由に追加する事の出来る単語登録インターフェースを開発する
- ②児童の発達段階、発音指導のレベルに合わせて、発音の誤りやすい部分が異なる。児童ごと、単語ごとに発音誤りの登録を行い、発音練習のゲームの中で登録された発音誤りを検出する仕組みを作成する
- ③発音の練習を行う上での遊びの要素がぬりえゲームのみ

であったが、子供が楽しめるようなゲームを増やす

- ④児童(小学生低学年程度)が対象の操作マニュアルを作成する
- ⑤音声認識率の向上のため、音響モデルの調整に取り組む

ソフトウェアの構成図を図6に示す。ソフトウェアは発音の指導者が操作し、「出題単語の追加」、「発音誤りの登録」、「出題単語の選択」を行う環境設定システムと、児童が操作する発音練習のゲームプログラムによって構成される。

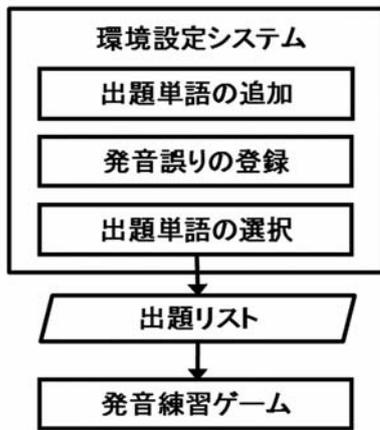


図6 ソフトウェアの構成図

4.2 新規単語追加登録

発音練習ゲームで出題する単語は、辞書ファイルに登録されている単語から選択する。発音の指導内容に沿った、自由な出題を可能にするため、単語を新規に追加登録できるインターフェースの開発に取り組んだ。

単語登録インターフェースでは、入力フォームを通してキーボードから単語の入力をひらがなで受け付ける。入力された単語の音節の表記を自動で作成し、発音対象にした単語を辞書ファイルに「単語名とその音節表記」という形式で追加登録する。単語の追加動作を行い、辞書ファイルへの追加を行った後に、Sphinx-4に再ビルドをかける。出題単語の設定の流れを図7に示す。

4.3 発音誤りの登録

児童によって発音の誤り傾向は異なる。そのため、単語ごとに予想される発音の誤りを登録できるようにした。対象となる単語を選択し、入力フォームを通して誤りそうな発音を登録する。例えば、「さかな」という単語に対して「あかな」「たかな」といった発音誤りを設定できる。本章4.2節の単語登録インターフェースと同様に、誤り単語を辞

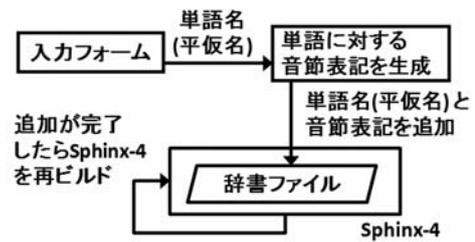


図7 出題単語の設定

書ファイルに追加し、音声認識処理を行うファイルを生成する。1つの単語に対して発音誤りはいくつでも登録することができる。

4.4 発音の正誤判定表示の改良

本ソフトウェアでは、視覚による認識結果のフィードバックを行っている。第2章2.5節で述べたように、試作版ソフトウェアでは、単語を正しく発音できれば「○」を、上手く発音できなかった場合や無音で判定時間が過ぎた場合には「?」を表示していた。追加開発を行い、本章4.3節で行った「発音誤りの登録」によって登録を行った発音誤りを検出するようにした。入力された音声から登録されている発音誤りが検出されれば「△」を表示する。改良を行った後の発音の正誤判定の表示画面を図8に示す。

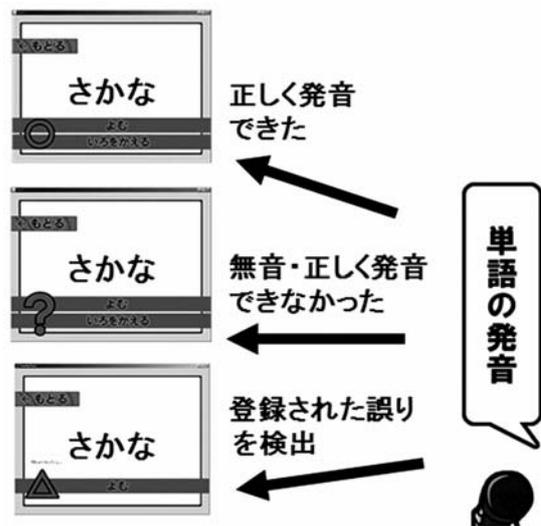


図8 正誤判定の表示

ゲーム中の発音結果から、事前に登録された発音誤りが検出された場合、画面上にその検出した発音誤りが何であったのかを表示する。検出時の表示画面を図9に示す。

4.5 発音練習ゲームの追加

発音練習のソフトウェアにおいて、反復練習に伴う遊び

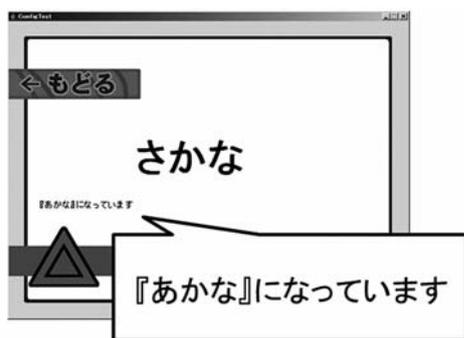


図9 発音誤りの表示

の要素が充実することが重要である。追加開発では、塗り絵ゲームに加えて動物捕獲ゲームという新たなゲームを作成した。動物捕獲ゲームでは動物を捕まえようとする単語が出題され、正しく読むことができれば動物を捕まえていくことができる。発音を失敗するごとに動物が穴から顔を出し、5回失敗すると動物が穴から逃げていく。制限回数内に何匹動物を捕まえたかを最後に表示する。ゲームの動作画面を図10に示す。



図10 動物捕獲ゲームの動作画面

塗り絵ゲームと同様に発音の正誤を画面上に表示する。認識結果の表示を図11に示す。

さらに、ゲーム終了時に、完成した塗り絵画像や、動物の捕獲数を表示した画像をフォルダ内に保存するようにした。発音練習に取り組んだ記録を保存していくことで、達成感を与えること、上達の度合いを感じさせることが狙いである。保存画像の例を図12に示す。

4.6 操作マニュアルの作成

試作版ソフトウェアでは、指導者を対象にした操作マニュアルしか作成していなかったが、児童によるソフトウェアの試用を行うために、児童用の操作マニュアルを作成した。2種類の発音練習ゲームの遊び方を、低学年の児童でも分かりやすいように表記した。

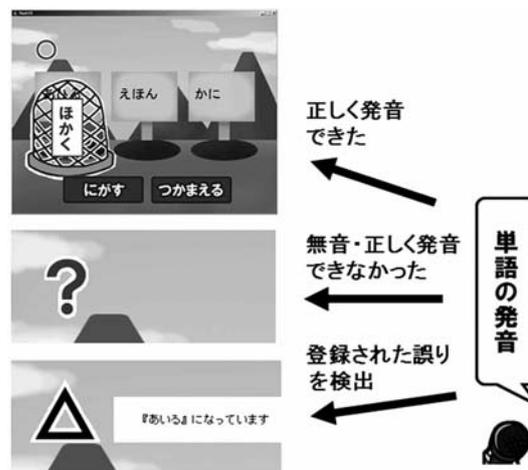


図11 認識結果の表示



図12 ゲーム結果の保存画像

あらかじめ作成していた指導者用の操作マニュアルには、追加開発を行い作成した単語の登録機能と誤りの登録機能、新しく作成した発音練習ゲームの遊ばせ方を追記した。

4.7 音響モデルの調整

試作版のソフトウェアを用いて、出題単語を正しく音声認識できるか確認していた所、著しく認識率の低い単語が幾つか見受けられた。

本ソフトウェアにおける音声認識の対象は児童の発音である。そこで、子供が単語を読み上げた音声を収録したデータベースである、子供の日本語音声コーパス¹⁸⁾を使用し、音響モデルを適応化した。

音響モデルの適応化を行うことによって、著しく認識率の低かった幾つかの単語の認識を改善できた。

5. 児童による評価実験

第4章において述べた追加開発を行った後、児童による評価実験に臨んだ。現在、福岡県内の発音指導教室1ヶ所と特別支援学級(ことばの教室)1ヶ所の2ヶ所において、小学1年生～小学6年生の男女計8名を対象に行っている。

環境設定システムと発音練習ゲームをインストールした

パソコンを貸し出し、発音指導と並行してソフトウェアを試用して貰っている。指導者・保護者用の操作マニュアルと、児童用の操作マニュアルの2種類を配布した。ソフトウェアの試用開始前と試用後に児童の発音を録音し比較するとともに、試用期間中の発音の正誤数の推移をソフトウェアの内に記録することで、実際にソフトウェアの利用が発音指導に対して効果があるかを調べることが目的である。

ソフトウェアの試用は、本年度(平成23年度)の夏に開始した。秋頃と冬頃の2回に、ログデータの収集と発音の収録を予定している。

6. まとめ

本研究では、発音の反復練習を補助することのできるソフトウェアの開発を行った。単語の選出や、発音誤りの調整により、個々の児童に合わせた難易度の調整が可能である。

現在、児童によるソフトウェアの試用を行っている最中であるが、評価実験に協力頂いている指導者から「児童に操作させてみた所、非常に興味を持ってくれた」「ゲームが面白いから、もっと遊びたいからという理由で自発的にやりたいと言っている」「他の児童にも使わせてみたい」といったコメントを頂いた。遊びという要素で発音練習を繰り返す意欲を引き出すことができたことを知り、発音の反復練習を行う中での1つの利用価値のあるツールを開発できたのではないかと感じた。

今後、児童に対する評価実験の成果や実験を行う中で生まれた要望に合わせて適宜開発を行い、より児童にとって有意義なソフトウェアにしていきたいと思う。

謝辞

指導者による評価実験は、平成21年度飯塚市チャレンジプロジェクトに採択され、補助金を受け実施しました。児童による評価実験は、平成23年度飯塚市チャレンジプロジェクトに採択され、補助金を受け実施しております。プロジェクト担当職員の方々、評価に参加して下さった諸先生方、ソフトウェアを試用していただいた児童の方並びにそのご家族、ご協力頂いた方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国立特別支援教育総合研究所, “特別支援教育の基礎・基本”, ジアース教育新社, 2009
- 2) 柳生 浩, “絵を見て教える、やさしい発音・発語指導(上)(中)(下)”, 湘南出版社, 2003
- 3) 野々村 英一, “聴覚障害等で言葉の不自由な人のための「発声発語訓練システム」”, 工業技術 Vol.31, No.11, pp. 42-46, 1990
- 4) “Speech Viewer III (Windows版)”, http://www-06.ibm.com/jp/accessibility/solution_offerings/speechv3.html
- 5) 中村 敬和, “聴覚障害児用 発音練習支援システム「あいちゃんの手」”, 情報処理学会研究報告 Vol.99, (No.14), pp. 57-58, 1999
- 6) “SEA STAR”, <http://www.sea-star.com/>
- 7) 小田 まり子; 一ノ瀬 峻; 小田 誠雄, “見真似による発音練習システムのための口唇動作CGアニメーション”, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.107, No.555, pp- 97-102, 2007
- 8) 倉谷 和彦; 梅崎 太造, “GUIを用いた聴覚障害児用発声訓練システムの開発”, 中部大学工学部紀要 Vol. 32, pp. 33-40, 1996
- 9) 長久 勝, “Javaゲームプログラミングアルゴリズムとフレームワーク”, ソフトバンククリエイティブ株式会社, 2004
- 10) Paul Lamere, Philip Kwok, William Walker, Evandro Gouva, Rita Singh, Bhiksha Raj and Peter Wolf : “Design of the CMU Sphinx-4 Decoder”, in Proc. of Eurospeech 2003, 2003
- 11) “Sphinx-4 A speech recognizer written entirely in the Javatm programming language”, <http://cmusphinx.sourceforge.net/sphinx4/>
- 12) “発音訓練シリーズ 発音美人”, <http://www.smocca.co.jp/SMOCCA/hatuon/>
- 13) “English Central”, <http://www.englishcentral.com/>
- 14) “Amivoice CALL Lite”, <http://www.advanced-media.co.jp/products/amivoicellite.html>
- 15) 三原 誠; 深林 太計志; 久志目 栄一, “英語母音発音練習支援システムとその発音評価方法”, 電子情報通信学会論文誌 D-I, Vol. J83-D-1, No.7, pp. 808-812, 2000
- 16) 大崎 功一; 峯松 信明; 広瀬 啓吉, “日本人英語発声に観測される発音上の癖を考慮した音声認識”, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.102, No.749 pp. 7-12, 2003
- 17) 李 晃伸, “大語彙連続音声認識エンジン Julius ver.4”, 情報処理学会研究報告Vol. 2007, No.129, pp. 307-312, 2007
- 18) “子供の声データベース CIAIR-VCV”, <http://db.ciair.coe.nagoya-u.ac.jp/dbciair/dbciair2/kodomo.htm>