

音声学に基づく，ICT を活用した小学校 外国語活動での発音評価システムについて

— 音声分析ソフト Praat を活用した評価と指導 —

研究者：兵庫県／姫路市立八幡小学校 主幹教諭 岡本 真砂夫

《研究助言者：長 勝彦》

概要

小学校においてICT機器を活用して発音指導を行い、音声分析ソフト Praat を活用して児童の発音を評価した。[æ]音は日本人にとって発音が難しいが使われる頻度が高く、学習する価値が高いと考え、[æ]に焦点を絞った。発音指導の授業では、PraatのVowel エディタ機能やタブレット型パソコン等を活用した。またフォルマント値を入力することで調音点が表示されるエクセル教材を作成した。パソコン教室では児童にPraatとエクセル教材を操作させ、調音点を意識しながら練習をさせた。授業実践後、児童158名の音声からフォルマント値を算出し、発音を評価した。児童の音声を分析するための設定値を発見することができ、全員の音声を客観的に把握することができた。また、調音位置図を児童に渡すことにより、発音を上達させるための形成的評価を行うことができた。Praatは学校で活用できる可能性が高いソフトウェアであることが確認された。

1 はじめに

1.1 研究目的

本研究の目的は、音声学・音韻論、特に音響音声学の知見を小学校における英語教育に活かし、児童の英語を発音する技能を高め、授業後の実態を客観的に評価することにある。また、数値によ

る客観的な評価を通して、教師が児童の発音を適切に把握すると共に、児童の英語音声獲得に向けた意欲を高めることにある。そのために、児童の調音位置を把握できるシステムを開発し、授業実践を通じて検証することとした。

小学校外国語活動の学習指導要領には、「外国語の音声や基本的な表現に慣れ親しませる」ことが明記されており、音声指導は外国語を学ぶ上で重要である。特に小学校段階においては「話す」「聞く」ことに重点が置かれており、英語の音に慣れ、日本語にない音を聞き分けられたり、発音できたりすることは、児童の意欲を高め、外国語への自信を持たせることに繋がる。また、中学校の学習指導要領には、「話す」の項目に「正しく発音すること」や「言語材料」に「現代の標準的な発音」が明記されている。高等学校学習指導要領には、「総合英語」「英語理解」「英語表現」の、それぞれの内容の最初の項目に「発音」が取り上げられている等、発音を始めとする音声指導の重要性が強調されている。しかし、中学校、高等学校では過密なカリキュラムのため、音声指導の時間が取りにくいとの声を聞く。また、中学校、高等学校段階になると一斉授業において声を出し、発音練習をすることに抵抗がある生徒も増えてくるが、小学校段階においてはその抵抗が少ない。従って、発達段階という点からも小学校において音声指導に取り組む意義は大きい。

発音指導、特に母音はいわば口腔内の舌運動の指導であり、見えない箇所を指導するので、ともすれば主観的で曖昧な指導になりがちである。

大人向けの発音を練習するための書籍には、より具体的に練習するための手法として口腔内の様子を図で示し、その上で日本語の音を基準に舌の位置を動かす練習方法等が記述されている(竹内, 2012)。しかし、小学校における音声指導は感覚に訴えることに頼りがちである。そこで、ICT機器並びに音響音声学の知見を取り入れることにより、より理解しやすく、上達を実感できる発音指導ができるのではと考え、母音指導に焦点を絞り、本研究に取り組むことにした。

また、外国語活動の教科化を踏まえ、評価の在り方が模索されている。音響音声学の知見を取り入れることにより、一斉授業では難しい個別評価が行えると考えた。個別評価を行うことにより、児童一人一人にフィードバックを返すことができ、教師も児童の実態を正確に把握することができる。具体的には、フリーの音声分析ソフトPraatを用いることにより、口腔内の調音位置を把握し、音声と比較することで評価の在り方を検討することにした。

今回母音指導を行うにあたり、京都産業大学川越いつえ教授から、「小学校外国語活動では、[æ]の指導が大切ではないか」との助言を受けた。[æ]は日本語の[あ]と[え]の間に位置し、日本語にはない母音のため、日本人英語学習者にとって正確な発音が難しいという理由からである。また、Hi, friends!には[æ]の音が含まれている単語が50個ある上、salmon等児童の生活に身近な単語も多く、接する頻度の高い母音である。更に助動詞canの強形や、外国語活動でよく使われる表現であるthank youにも含まれている(巻末資料1)。そこで、発音指導教材と評価の題材として[æ]の音を取り上げることとした。

1.2 Praatについて

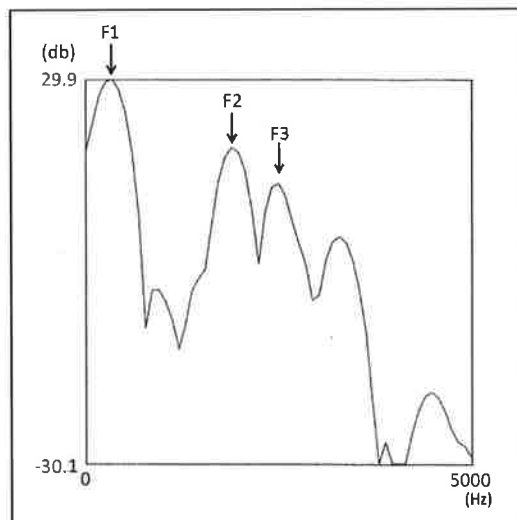
Praatは、アムステルダム大学のPaul Boersma氏とDavid Weenink氏によって開発されたオープンソースのソフトウェアであり、音声をピッチ、インテンシティ、スペクトログラム、フォルマント、波形等、様々な観点から詳細に分析をすることができる(Boersma, Paul & Weenink, 2017)。また、Praat Scriptと呼ばれるスクリプトを組むことで、作業を自動化させることができる等、多機能なソフトウェアである。Praatは以下のURLから無料

でダウンロードすることができる。

<http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>

本研究では母音指導に活かすため、フォルマント分析に焦点を絞ることとした。フォルマントとは、ある瞬間の音声を分析した際、特に強く現れている周波数を指す。人間の声は低い周波数から高い周波数まで、様々な周波数から構成されている。声には聞こえ度(sonority)があり、聞こえ度が高い音声は共鳴性が高いため、フォルマントが現れる。最も聞こえ度が高いのは母音である。

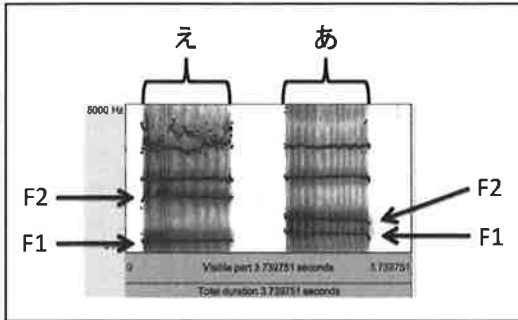
図1は、[え]の音をPraatで分析し、スペクトルを表示したものである。横軸が周波数、縦軸が音の強さである。周波数によって音の強さの高い山がある。この山がフォルマントである。声帯から発声される元々の周波数はF0と呼ばれ、低い山から順に第1フォルマント(以下:F1)、第2フォルマント(以下:F2)、第3フォルマント(以下:F3)・・・と呼ばれる。フォルマントの中でもとくに第1と第2が母音の音色の違いに深く関与していることが知られている。



■ 図1: フォルマントについて

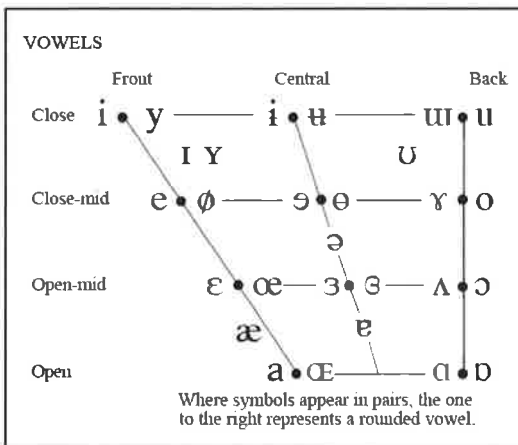
Praatで音声を分析する際、横軸に時間、縦軸に周波数、強さを濃淡で表したスペクトログラムが表示される(図2)。波形とスペクトログラムが同時に表示される画面は、サウンドエディターと呼ばれる。サウンドエディターのFormantタグからShow formantsをクリックしてフォルマントを表示させると、赤い線でF1, F2, F3等が表示される。フォルマントを表す赤い線は、点の集まりである。

フォルマントを簡単に算出するためには、算出したい地点をクリックし、キーボードのF1を押すとフォルマントのF1が、F2を押すとF2が表示される。F1の数値から、口腔内の上下の調音位置が推察され、F2から前後の調音位置が推察される。



■図2: スペクトログラム

母音の調音位置は、調音の際に舌が一番緊張する地点で表される。IPAでは、世界中の言語の母音を記述するための基本母音を図3のように示している (International Phonetic Association, 2015)。前後の位置関係は、前舌、中舌、後舌に分かれ、[i]は前舌、[u]は後舌になる。上下関係では、高母音、中母音、低母音に分かれ、日本語の母音では[あ]は低母音、[え][お]は中母音、[い][う]は高母音になる。



■図3: 母音 IPA Chart

<http://www.internationalphoneticassociation.org/content/ipa-chart>, available under a Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Unported License. Copyright © 2015 International Phonetic Association.

Praatを学校で活用する利点として、実行ファイルのみで動作するので、インストールの必要がない点が挙げられる。そのため、ソフトウェアの

新規インストールが難しい公立学校でも利用しやすいといえる^{注1}。一方、利用しにくい点として、全て英語で記述されているため、慣れるまでやや使いにくい点が挙げられる。特に児童に使用させる際、日本語の表記がないのは妨げになる可能性がある。

注.....

(1) Praatの利用に関しては市教育委員会に確認し、校長の許可の下で利用した。

1.3 先行研究について

Praatを英語教育に活用することについて、フォルマントの数値を定量化することにより、主観ではなく、客観的に分析した上で指導することができるとの提言がある (川原, 2015)。例えば、英語の [l] と [r] は、聞き取るだけでは違いが理解しにくく、発声指導が難しい音である。これは、F1, F2にあまり差がないためだが、F3には明確な違いがある。F3を計測する等、発音指導に数値を導入すると、練習する上での基準ができる。本研究では [æ] 音の F1, F2を算出し、さらに視覚に訴える教材を作成した上で児童に提示することにした。

Praatは世界中で広く活用されているソフトウェアであり、国外では中国で、英語学習者の発音指導に Praatを活用した事例がある (Qing Xu, 2011)。中国人英語学習者の発声を、フォルマント、インテンシティ、ピッチの観点からネイティブ英語話者と比較している。今回の授業実践ではフォルマントに焦点を絞り、児童の発声を分析することにした。

Praatを活用した英語教育の先行研究としては、大学の学部生に対し、Praatを用いてピッチアクセントや母音長の違いの弁別実験を体感させ、音声学や調音音声学の基礎知識を養う実践がある (小屋, 2013)。この授業実践では5, 6人の少人数クラスに対し、言語学の基礎知識の講義を行った上で Praat Scriptを用いた弁別実験に取り組みさせている。学生自身に Praat を操作させ、音声に着目させる手法は小学校でも活用できると考えた。また、指向性の高いマイクを録音に使う等と、精度を高めるための手法を取り入れることにした。また、小屋は、LMS (学習管理システム) である Moodle と Praat を連携させ、学生の発話を英語

ネイティブ母語話者との発話と比較し、評価するシステムを構築している。大学学部生が自らの発話を録音し、フィードバックを受けることにより、英語発音の練習に取り組むことができるシステムである。学生が自らの音声を録音し、Praatからのフィードバックを受ける構造は、小学校でも応用できると考え、パソコン教室での授業実践に取り組むこととした。

Praatを活用した授業での先行研究は全て大学での実践であり、小、中、高等学校でのPraatを活用した先行研究は見つからなかった。しかし、Praatは非常に高機能の上、フリーのソフトであり、小学校で活用する意義は高いと考えられる。

1.4 リサーチクエスト

本研究を行う上で、次のようなりサーチクエストを設定した。

児童の英語音声の評価にPraatを用いることで、教師が個々の児童の音声について客観的な実態を把握することができる。そして児童が、自身にとって納得しやすいフィードバックを得ることで、発音への意識を伸ばすことができる。

主観的で曖昧な指導になりがちな音声指導に、音響音声学の知見を取り入れることにより、児童の技能を高められる形成的評価が行えるか検証することとした。

2 研究方法(method)

2.1 被験者

授業実践は兵庫県姫路市立八幡小学校5年生5クラス167名で行った。5年生は外国語活動1年目であり、筆者が5クラスで授業を行っている。本研究では、文部科学省より配布されているHi, friends!の[æ]音が含まれている単語を元に自作ICT教材を作成し、授業実践を行った。

2.2 ICT環境について

普通教室には、前方左側に50インチのプラズ

マディスプレイ、ノート型パソコンが設置されている。また、インターネットに常時接続できる回線が用意されている。教室前方右側には77インチスマートボードと短焦点型プロジェクターが設置されており、画面を触ることでクリックと同じ操作ができる。分配器により、パソコンからの映像はPDPとプロジェクターに同時表示される。パソコンにはリモコン型のマウスが装着されており、遠方から操作することができる。また、小学校にはタブレット型パソコンが22台配置されており、3人1組で1台の端末を利用できる。OSはWindows 8.1であり、無線LANを通して、タブレットに教材を配信したり、児童が作成したデータを回収したりすることができる。

パソコン教室には、児童用にノート型パソコンが40台あり、1人1台ずつパソコンを利用することができる。OSはWindows 8.1であり、それぞれのパソコンにはヘッドホン、単一指向性のマイクを接続している。教師用パソコンから児童用パソコンを操作することができ、Praatの実行ファイルやエクセル用のデータ等を一斉送信し、児童に使用させることができる。

2.3 普通教室での授業実践

教室における一斉授業には、[æ]の音に慣れさせるため、ICT機器を活用した以下のような活動を取り入れた。

2.3.1 フラッシュカード教材

まずは、パワーポイントを活用してフラッシュカード教材を作成した。Hi, friends! デジタルコンテンツからイラストを取り込み、パワーポイント(Microsoft社)を利用して絵を提示させる教材を作成した。カタカナとして児童の日常に使われているため身近で、発音しやすい絵を選んだ。単語は、ant, apple, bat, cat, map, mat, Japan, panda, pants, hatを選択した。これらの絵を提示しながら教師の発声を反復練習させた。

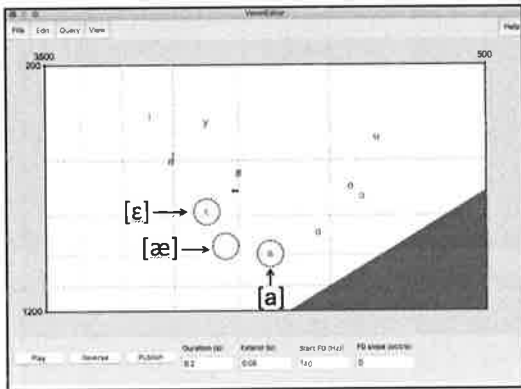
2.3.2 カルタ教材

続いて、カルタ教材を作成した。フラッシュカード教材に用いた10枚の絵をラミネートし、カルタにした。児童は2人1組になり、教師の音声を聞き

ながらカードを取る活動に取り組んだ。活動を通じ、それぞれの音に慣れさせた。

2.3.3 PraatのVowel エディタ機能

PraatのVowel エディタ機能を使い、母音発声時の口腔内の様子を簡単に説明した。Vowel エディタ機能を用いると、母音を人工的に作成することができる(図4)。例えば、[a]の音を再現させる際、図の中の[a]をクリックする。クリックした時間だけ[a]の音声が再現される。これにより、母音の調音位置を理解させた。Vowel エディタ機能を使うには、Praat objectsから「New」→「Sound」→「Create Sound from Vowel Editor」を選択する。すると、Vowel Editorが起動される。[æ]の音は、[a]と[e]の間に当たる(図3参照)。「『あ』と『え』の間の音を出してごらん」と指示すると、児童は困惑していたが、Vowel エディタ機能で[あ]から[え]に連続した音を聞かせ、その後発声させたところ、明確なイメージを持てたようだった。[æ]の音を意識させたまま apple, ant, mapの音を練習させた。



■図4: PraatのVowel エディタ機能

2.3.4 タブレット型パソコンの活用

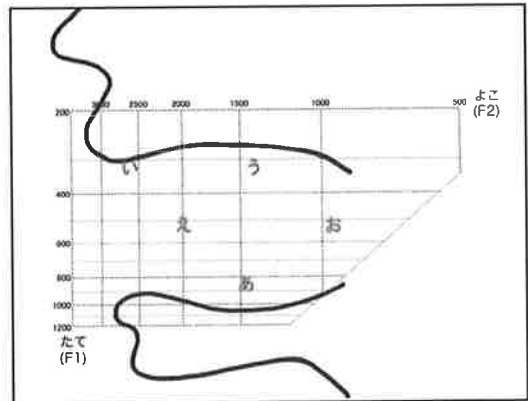
タブレット型パソコン用に作成した、音に慣れさせるための教材に取り組ませた。この教材は、FLASH(Macromedia社)で作成し、クリックするとHi, friends!デジタル教材から取り込んだイラストが拡大表示され、音声流れるようにした。この教材に活用した単語は、それぞれ単元が異なっているため、Hi, friends!デジタルコンテンツから絵と音声呼び出すことが難しかった。そこで必要な絵と音声のみ活用できる教材とし

て作成した。児童が3人1組でタブレット型パソコンを活用し、絵をクリックして何度も音声を聞くことで[æ]音に慣れさせた。

続いて、タブレット型パソコンのビデオカメラ機能を活用した。タブレット型パソコンにはWindows 8.1がインストールされており、ビデオカメラ機能を簡単に活用することができる。10枚のカルタから1枚選び、その単語を発声する様子を動画で撮影させた。児童は自分たちの発声を聞きながら、口形を確認することができ、何度も練習に取り組むことができた。

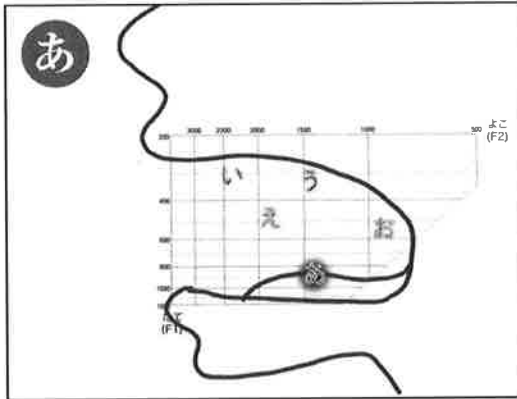
2.3.5 調音位置を示す教材

児童に母音の調音点を理解させるため、口腔内の図を提示し、母音発声時の舌の位置を意識させた(図5)。数字が書かれた対数表は、PraatのVowel エディタ機能の表を参考に自作し、頭部を横から見た図に加筆した。[あ][い][う][え][お]の表記は、服部(2012)のデータを参照し、東京方言の女性の調音位置を加筆し、児童に母音の調音位置を意識させることにした。



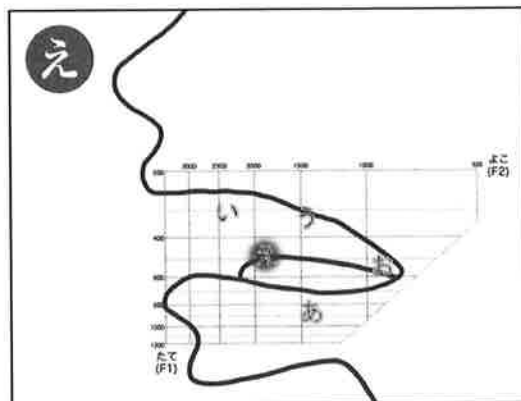
■図5: 日本語母音の調音位置

図6から図8は、母音発声時の口腔内の様子を表した図である。[あ][い][う][え][お]の調音位置はそのままに、口腔内の変化を図で表した。図6は、日本語母語話者が日本語の母音[あ]を発声する時の口腔内を表したものである。[あ]発声時の上下方向では、下顎が下がり、舌の位置が低くなる。また、前後方向では、中程に位置する。[あ]は中舌の低母音である。図にすると、児童にも分かりやすかったようだ。



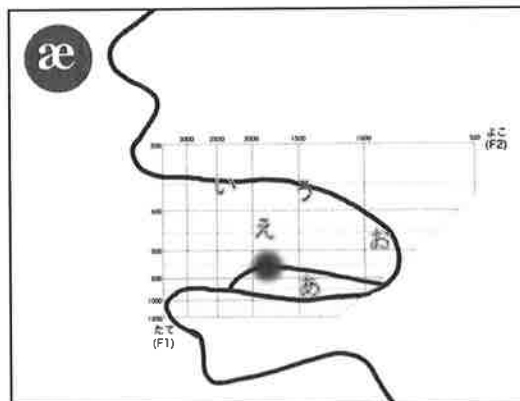
■図6: [あ]の調音位置

[え]発声時には、上下方向では中程に位置し、前後方向では前方向に位置する(図7)。これは前後舌の中母音である。



■図7: [え]の調音位置

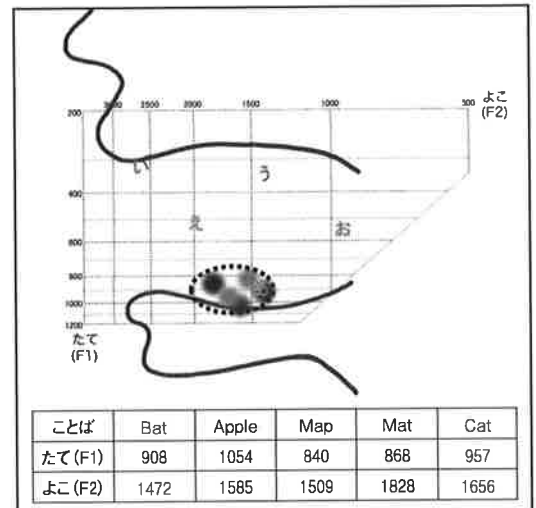
このような図を用いて日本語の母音、[あ][い][う][え][お]を発声させ、舌の位置を意識させた。特に、[あ]発声時に下顎が下がること、また、[お]発声時の円唇についても意識させた。



■図8: [æ]の調音位置

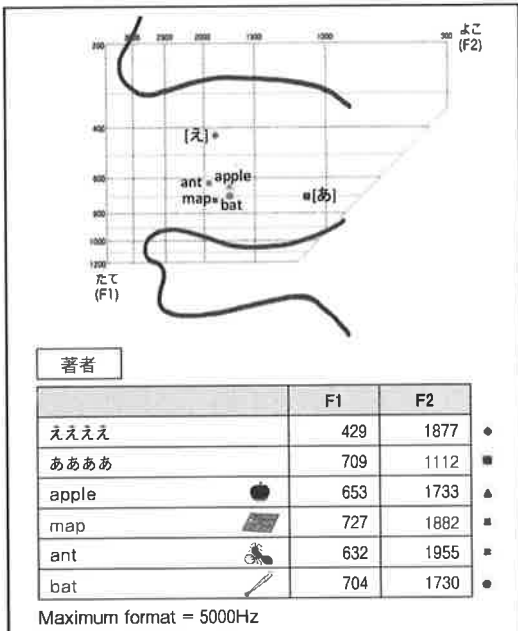
図8は、英語母語話者が[æ]音を発声する際の口腔内の様子を表している。[æ]音の調音位置は服部(2012)のデータを参照し、GA(General American)の調音位置を記述した。本研究で焦点を絞っている[æ]音は、[あ]と[え]のほぼ中間に調音位置があることが分かる。

続いて、Hi, friends!の[æ]を分析した結果を、音声と同時に提示した(図9)。Hi, friends!での[æ]音調音位置が、おおそ日本語の[あ]と[え]の間に入っていることを示し、この調音点を意識しながら発音練習に取り組むことを児童に伝えた。[æ]の音を意識させるため、この活動より後、児童に提示する資料にはHi, friends!の調音点がおおそ入る範囲を点線で囲み、表示させることとした。



■図9: Hi, friends!の[æ]音調音位置

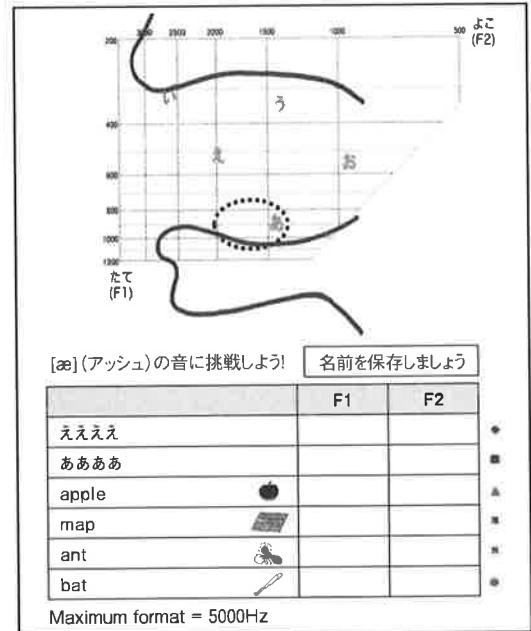
筆者自身の音声を録音、フォルマント値を測定、プロットした(図10)。図3からも分かるように、[æ]の音は[あ]音と[え]音の間に位置することが望ましい。筆者の場合、[æ]は[あ]の発声よりも前方向に位置しており、[え]より後、下方向に位置している。筆者はアメリカからの帰国子女であり、英検1級を取得している等、バイリンガルJNS(Japanese Native Speaker)であると考えている。そこでフォルマント評価を行うにあたり、自分の声を手本の一つとすることにした。なお筆者のフォルマントを分析するにあたり、Boersma(2003)より、筆者の最大フォルマント値(Maximum Formants)は5000Hzに設定した。



■ 図10: 筆者の[æ]音調音位置

2.3.6 児童の調音位置を調べ、提示する

児童がPraatに慣れるため、一斉授業の中で希望する児童の発声を録音し、口腔内の様子を分析してみせた。「声の分析をします。挑戦したい人はいますか」と児童に問いかけ、挙手をした児童を指名し、教室用のパソコンに接続したマイクにて音声を録音した。録音した音声は「ええええ(「え」の長い音)」「アップル」、apple, ant, map, batの[æ]である。語頭に[æ]音がある単語として、破裂音が続く apple、鼻音が続く ant、語中に[æ]音がある単語として、語尾に聞こえ度の低い[t] [p]が続く map, batを選択した。音には聞こえ度があり、最も聞こえ度が高いのは母音で、閉鎖音の[t] [p]は最も聞こえ度が低くなる。また、appleはdark [l]といわれる、聞こえ度の低い子音[l]が語尾にある。それぞれのフォルマントの安定した部分のF1, F2を抽出した。F1, F2を入力すれば調音位置が表示される教材をExcelで作成し、入力した(図11)。児童が挑戦した[æ]音が、[え]と[あ]の間に位置しているかがその場で分かるので、挑戦した児童だけでなく、見ている児童も練習の成果を確認することができた。



■ 図11: 調音位置が表示される教材

2.4 パソコン教室での授業実践

Praatによる音声分析を全員に体験させる為、パソコン教室にて1人1台パソコンを用いてフォルマント値を測定させることにした。実践校のパソコン教室には、児童用にノート型パソコンが40台あり、各パソコンにはヘッドホンと卓上型マイクロホンが設置されている。Praatとエクセルソフトの使い方を理解させるため、手順を解説した教材をA3両面にプリントアウトし、ラミネートした上で用意した(巻末資料2)。

30人以上の児童を教師1人で指導するのは難しいと考え、姫路市のICT支援員派遣制度を利用し、2名の支援員に補助を依頼し、計3名で指導を行った。

2.4.1 Praatの使用手順

児童に行わせる手順は以下の通りである。

- ① Praatを起動し、日本語の「ええええ」を録音する。
- ② 「ええええ」のF1, F2を表示させる。フォルマントの安定している部分を出力させ、予め配布しているプリントに記入させる。
- ③ Excelファイルに切り替え、F1, F2のフォルマント値を入力させる。

④すると、口腔内の絵がかかれた分布図にF1, F2の値がプロットされる。児童はこの図から、自分の[え]の調音位置を把握することができる。

次に、カタカナ発音の「アップル」を同じ手順で録音し、分析させた。「アップル」の場合、[あ]を特定し、[あ]のフォルマント値を出力させる手順が加わる。日本語[え][あ]を分布図にプロットした後、英語の apple, map, ant, batの[æ]のF1, F2を出力させ、Excelにプロットさせる。こうすることで、自分の[æ]が[え]と[あ]と比較して、どの位置で調音されているか確認することができる。

2.4.2 実際の授業について

実際の授業では、以下の手順で授業を進めた。

- ①[æ]音のフラッシュカードで音を再確認する。
- ②口腔内の図を提示し、日本語の母音[あ][い][う][え][お]の位置と[æ]の位置を確認し、実際に発声させる。
- ③「光ファン」を提示する。これは小型扇風機の羽にLEDが並んでいて、回転に合わせてLEDが点灯することで、残像により文字が見えるものである。児童からは「不思議」との声が上がった。母音が認識できる仕組みは「光ファン」に似ており、人間の声は低い周波数から高い周波数までさまざまな波の組み合わせでできていて、特定の周波数が強く聞こえることで母音が認識できることを説明した。Praatでスペクトログラム上にフォルマントを表示させ、赤い線が光ファンのLEDに相当することを説明した。なお、実際には短い間隔でフォルマントを示す赤い点が並んでおり、線ではないが、拡大表示しなければ赤い線に見える。
- ④声を録音し、F1, F2を出力し、エクセルに入力する方法を実際に行って見せた。また、この方法をA3両面にカラー印刷した教材を用意したので、この教材を見ながら進められることを説明した。

上記の一斉指導の後、児童はそれぞれのパソコンに向かって作業を開始した。5年生5クラスで授業を行ったが、どのクラスでも授業開始時は教師の援助を求める声が多く聞かれた。しかし20分ほど経過すると児童も作業に慣れ、また互いに操作方法を尋ね合うのでスムーズに操作

できるようになった。一通り録音した後、[え]と[あ]の間の音を狙って試行錯誤する様子が見られた。

児童からは、[æ]の音を客観的に分析できたため分かりやすかったとの感想が多かった一方、「自分の声を聞くこと自体が新鮮な体験だった」との意見もあった。以前、授業の中でタブレット型パソコンを活用し、[æ]の発声をビデオカメラ機能で撮影し、自分の発声を聞く取り組みを行っていた(2.3.4参照)が、静かな環境でヘッドホンを装着し、自分の声を集中して聞くこと自体が学びとなったようだった。

2.4.3 児童の感想

以下はパソコン教室での授業を終えた児童の感想である。

今までふつうに使っていた「え」の言葉を録音して、「へー自分ここに舌がきているんだ」と思いました。他にも、アップルやエント、バットを録音して、もっと舌を上にした方がいいなとか、これでは舌が上に行き過ぎているな、といろいろな学べました。これから外国語でもっとむずかしい英語を習うと思うけど、その時も舌に注意して、しっかり発音よく英語が言えるようにしたいです(男児)。

この勉強があると聞いた時、僕は1回もやらないから無理だなと思っていたけど、やってみるとけっこうできて、特に、2回目のアリの発音を言ったら、アとウの真ん中ぐらいで、ちょっと喜びました。パソコンを使うのは、使った時は全然慣れなかったけど、慣れると案外簡単でした。一番楽しかったのは、言葉を言って記録に残した時の、どんな結果が来るんだろうという時です。次もこんな機会があったら嬉しいです(男児)。

2.5 発音の評価

授業実践を通じて児童に[æ]音を練習させた後、児童の[æ]音を評価するため、個別に発話を録音し、フォルマント値を測定した。児童はパソコン教室でそれぞれのフォルマント値を測定したものの、初めての操作だったので[æ]音の安定している部分、もしくは、おおよその平均部分で測定できていない可能性もある。そこで正確

を期するため、静かな環境で再度録音し、教師の手でフォルマント値を算出することにした。

リニアPCMに対応した外部マイク^{注2}をパソコンに接続し、児童一人ずつ音声を録音した。パソコンに内蔵されているマイクだと音質が低いいためか、フォルマント値が安定しないことが多い。そこで正確さを期するため、性能の高いマイクを利用することとした。

パソコン教室では録音した「アップル」は、「あああ」(長い「あ」)に変更した。パソコン教室で録音させる際、日本語の「アップル」と英語のappleの違いを体感させるため、「アップル」を発話させたが、日本語の母音「あ」は[æ]音と比較することが目的なので、より正確に「あ」音のフォルマント値が算出できるように変更した。欠席児童を除く、5クラス158名の音声を録音し、フォルマント値を算出した。録音方法の説明、フラッシュカードを用いての簡単な復習と合わせ、1クラス(31~32名)あたり約45分で録音することができた。

算出に当たっては、ヘルシンキ大学のサイトで配布されているF1, F2, F3算出スクリプトを利用した(Lennes, 2003)。手作業で158名のフォルマント値を算出するには手間がかかりすぎる上、どの地点のフォルマント値を算出したのか記録に残しにくい。しかし、Lennesのスクリプトを利用することにより、処理を自動化させることができ、条件を変えて再計算をすることも可能になる。このスクリプトを利用するには、まず音声ファイルにテキストグリッドファイルを追加し、算出したいフォルマントの範囲に印をつける(アノテートする)。すると、指定されたフォルダ内の音声ファイル、テキストグリッドファイルが一気に処理され、「formantresults.txt」というファイルにフォルマント値が出力される。テキストグリッ

ドのデータが残るので、再度フォルマント値を算出したり、条件を変えてフォルマント値を算出したりすることが可能になる。ショートカットを活用すると、児童一人あたり30秒~1分程度でテキストグリッドを作成することができた。

出力されたテキストファイルと児童名簿をコピーすれば、児童一人ずつの名前、フォルマント値、調音点が表示されるエクセルファイルを作成した。このファイルをプリントアウトすれば、児童に自分たちの調音点の結果を配布することができる。

Lennesスクリプトの優れている点は、フォルマント最大値(Maximum formant)も指定できる点である。通常、成人男性の最大フォルマント値は通常5000Hz、成人女性は5500Hzである(Boersma, 2003)。そこで、筆者とENS(English Native Speaker: アメリカ人男性)の音声は5000Hz、児童の音声は5500Hzで分析することにした。

注

(2) ZOOM社のH1を利用した。リニアPCMに対応したレコーダーだが、パソコンに接続することで、高性能なマイクとして利用することができる。サンプリング周波数は44,100Hzで行った。

3 研究結果(Results)

3.1 結論

児童が発声した4つの単語 apple, map, ant, batの[æ]音から算出したフォルマント値をプロ

■表1: 評定の結果

	apple	map	ant	bat
A	11人	17人	44人	9人
B	30人	10人	16人	10人
C	117人	131人	98人	139人
平均点	1.33	1.28	1.66	1.18

ットした図と児童の音声を確認し、それぞれの単語の調音位置、音声を3段階で評定した。評定は次の通りである。

- A [æ]音を習得できた。
 B [æ]音には至っていないが、[あ]音とも[え]音とも異なり、習得しつつある。
 C [あ]音、[え]音とはほぼ同じである。

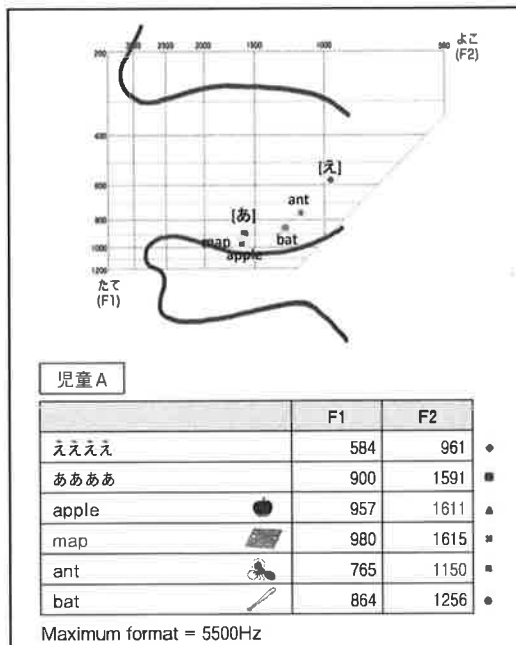
4つの単語の評定は表1の通りとなった。また、Aを3点、Bを2点、Cを1点としたときの平均点を算出した。この結果から、antが最も[æ]音を出しやすく、batが最も難しかったようだ。全員の音声を確認したところ、子音の発声や強弱リズムは明らかに上達していたが、日本語にはない母音を習得するのが難しい児童が多かった。児童が自分たちの調音位置を認識し、[æ]音が変化するかは今後の課題である。

3.2 議論 (Discussion)

以下に事例を取り上げて、問題点を論じる。

3.2.1 声が高い児童

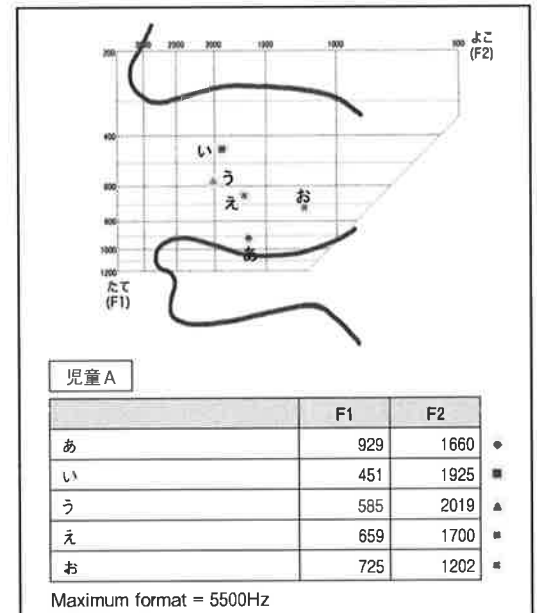
発声を評定していく中で、想定と大きく異なる地点に調音点がある児童がいた。児童Aの[え]音は、本来[あ]音より前方向に位置すると想定



■ 図12: 児童A Maximum formant = 5500Hz

されるが、このプロット図では[あ]音より後方に位置されており、ここは[お]音に近い位置と考えられる。また、bat、antは[あ]音より後方に位置されており、[お]に近い音だと考えられるプロット図である(図12)。音声を確認したところ、ant以外は[あ]音であり、[お]音に近いとは思えなかった。

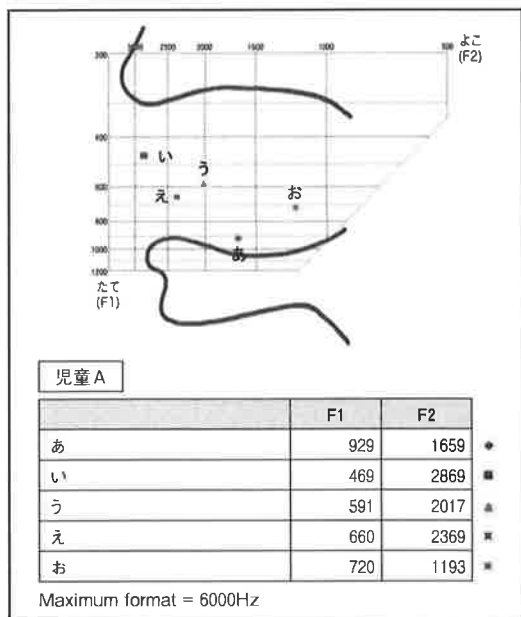
そこで、このような調音点になった児童6名から母音[あ][い][う][え][お]を録音し、フォルマント値をプロットした。児童Aに関しては、図13のようになった。[い][え]は前舌母音であり、[う]は後舌母音である。本来後舌母音である[う]が前舌母音より更に前方向に位置されているのは不自然である。



■ 図13: 児童A 日本語母音 Maximum formant = 5500Hz

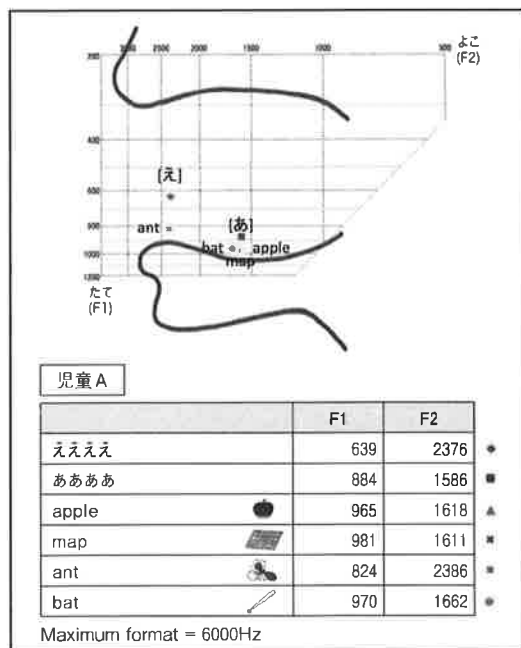
不自然な位置にプロットされている児童6名は、他の児童よりも声が高いのではと想定し、Maximum formantの設定を上げることとした。Boersma(2003)によると、成人男性は5000Hz、成人女性は5500Hz、そして幼児は8000Hzに設定ことが推奨されている。しかし、小学生児童のMaximum formantの推奨設定値については記述がなく、また、Boersmaの他にも記述が見つからなかった。そこで、Lennesのスク립トを実行する際、Maximum formantを6000Hzに設定し、

算出された値をプロットしてみた。すると図14のように、[い][え]が[う]より前方向に位置されるようになった。



■図14: 児童A 日本語母音 Maximum format = 6000Hz

Maximum formatを6000Hzに設定した状態で、再度[æ]音音声のフォルマント値を算出したところ、図15のようになった。音声確認した通り、

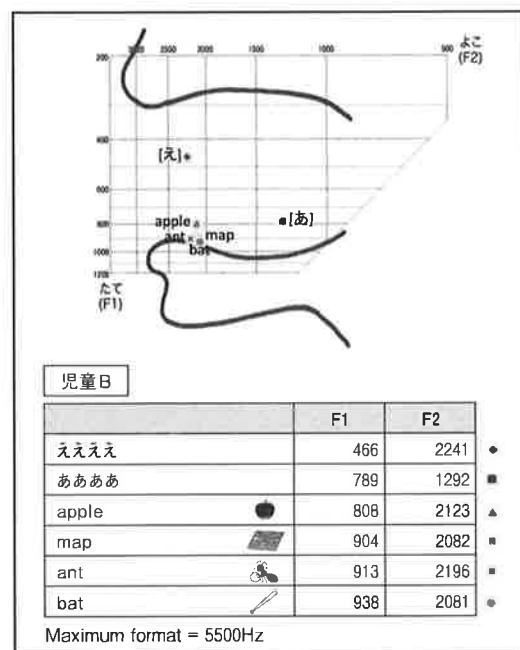


■図15: 児童A Maximum format = 6000Hz

antは[æ]音に近く、apple map batは[あ]音に近いという結果になった。この結果から、Maximum formatを設定する際、声の高い児童は数値を6000Hzに設定の方がよいことが判明した。

3.2.2 全てがA評価の児童

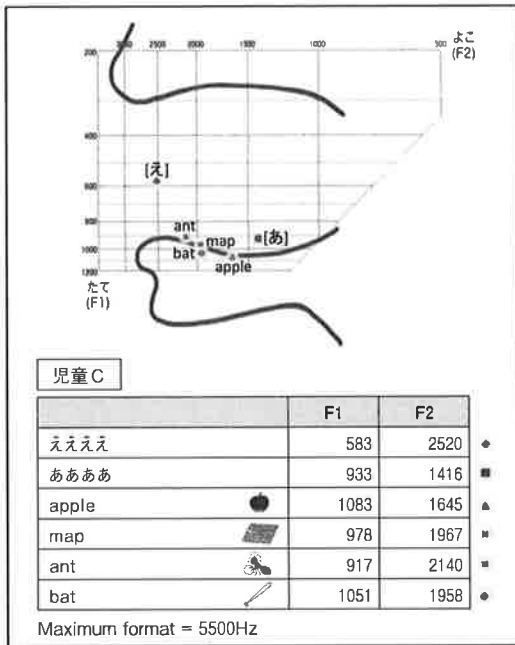
図16は、4つの単語全てがA評価児童のプロット図である。[æ]音は[あ]音より前方向に位置しており、[え]音より後、下方向に位置している。この形は、筆者のプロット図(図10)とほぼ同じ形である。児童Aの音声を確認したところ、[あ]音と[え]音の間である、きれいな[æ]音が発声されていた。児童Bのプロット図より、望ましい調音位置が確認された。



■図16: 児童B

3.2.3 apple以外はA評定の児童

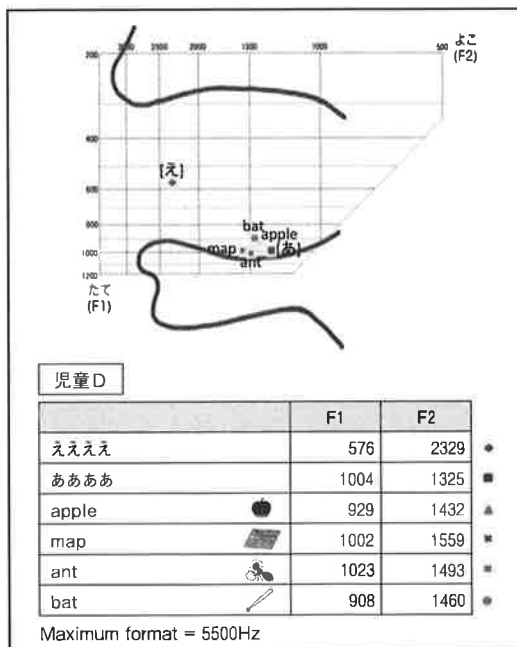
図17は、map, ant, batは[æ]音でA評定だが、appleは[あ]音に近く、C評定のプロット図である。児童Cのように、appleの[æ]音が発声できていない児童は、破裂音の[p]を準備しようとするため[æ]音を発声する余裕がなく、[あ]音になってしまう傾向があると考えられる。



■図17: 児童C

3.2.4 全てC評定の児童

図18は、4つの英単語全てがC評定のプロット図である。4つの英単語全てが[あ]音とほぼ重なり、まだ[æ]音が習得できていないことが表れている。音声を確認したところ、全ての[æ]音が[あ]音であった。児童Dは、[æ]音は習得

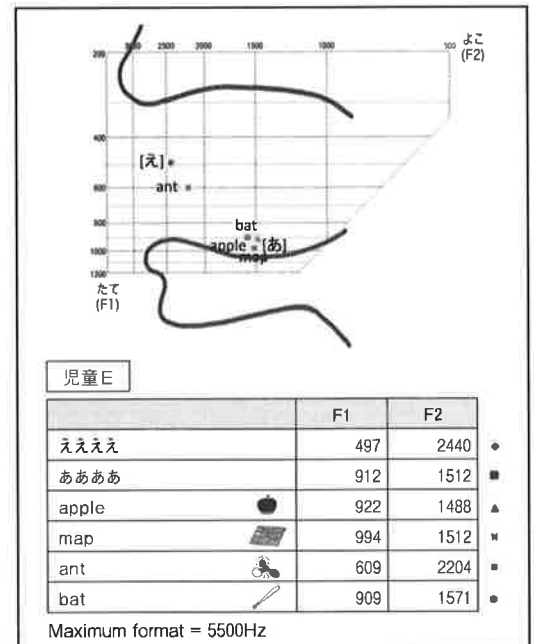


■図18: 児童D

できていなかったが、語末の[p] [t] や appleの dark [l], ピッチの変化等は上手に発声できていた。新しい母音の獲得は難易度の高い作業であり、まだ[æ]音を習得できていない児童も、練習を通じて子音やピッチ等は上達すると推定できる。

3.2.5 antがB評定の児童

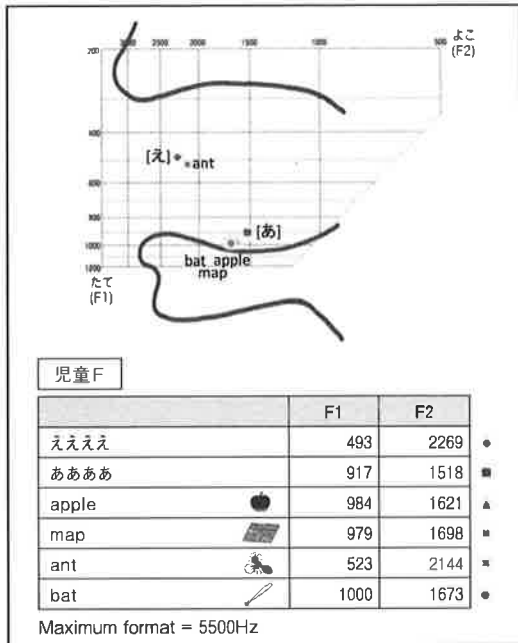
図19は、antのみB評定で、apple, map, batはC評価のプロット図である。図から、antが[あ]と[え]の間に位置しているが、やや[え]に近すぎることが読み取れる。音声を確認したところ、やはり[え]に近いことが確認された。児童Eの場合、antの母音がもう少し[あ]に近いと[æ]音になることが分かる。プロット図を提示しながら「antの母音は、もう少し舌を低い位置で言ってごらん」と指示をすることで、形成的な評価に繋げることができる。



■図19: 児童E

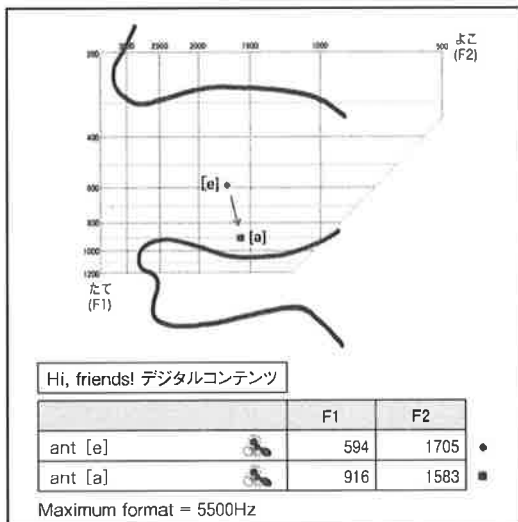
3.2.6 antが「アント」になっている児童

児童Fは、全てC評定である(図20)。児童Fの場合、antが[え]とほぼ重なり、いわば「アント」になっている。



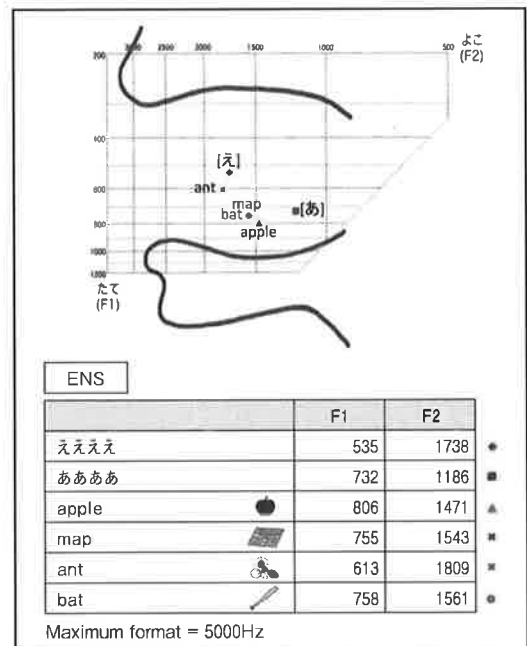
■図20: 児童F

antの音声を評定したところ、A評定が44人、B評定が16人、C評定が98人だった。C評定の内、[あ]に近い児童が31人、[え]に近い児童が67人だった。音が[え]に近い児童があまりに多いことから、Hi, friends! デジタルコンテンツの音声を再度分析したところ、[e]の直後に[a]と発声しており、いわば二重母音になっていた(図21)。



■図21: Hi, friends! デジタルコンテンツの ant

また、ENS (アメリカ合衆国アリゾナ州出身、男性)も[え]に近い音で発声していた(図22)。なお、このENSは実践校に來校しているALTである。日本語を練習中であり、日本語の[あ][え]を意識して発声しているが、日本人の[あ][え]とやや異なっている可能性もある。川越いつえ教授によると、イギリスでは移民の児童が[æ]音の練習をする際、[e][a]と連続する練習をするという。[æ]音は「長い」音のため、このような練習方法もあるという。[あ]と発声した児童31人を除く、127人がカタカナ発音の[アント]ではなく、自分の耳で聞こえた通りに発声しようと挑戦したと解釈できる。



■図22: ENS (male)の ant

3.3 総合考察(Discussion)

本研究のリサーチクエストの結論だが、児童の英語音声の評価にPraatを用いることで、児童の音声を客観的、正確に把握でき、児童の実態把握に貢献することができたといえる。本研究を通じて作成したエクセルファイルを利用し、児童自身が調音点のプロット図を確認することによって、客観的に自分たちの調音点を認識し、発音に対する意識を高めさせることができた。ただ、今回の研究ではフィードバック後の結果を測定

することが時間の関係でできなかった。2名の児童のみ個別に測定する機会があったので再度測定したところ、明らかに[æ]音に改善が見られた。しかし、これは2名のみの結果なので、フィードバック後の変化を測定していくのは今後の課題であるといえる。

Praatはフリーのソフトウェアである上、インストール作業の必要がなく、セキュリティポリシーの厳しい公立校の環境でも利用しやすい。またインストール作業の必要がないということは、パソコン教室で利用する際、児童機に一齐送信でき、操作させやすいという利点もあった。

当初明らかに調音点が実際と異なる箇所にプロットされる現象が見られたが、Maximum formantの設定を変更することで調音点を調整することができた。小学生児童に適切なMaximum formantの数値についてはまだ研究が少ないので、今後も実践を続け、試行錯誤していくことで年齢に応じたMaximum formantを設定することができると考える。

当初Praatは、全て英語で記述されているソフトウェアなので小学生児童に操作させるのは難しいと思われたが、パソコン教室で操作させると20分ほどでほとんどの児童は操作方法を習得できていた。児童にとっては英語のソフトウェアでも、ゲーム感覚で覚えられたようである。「Praatの使い方」の説明教材を用いたことに併せ、互いに教え合うことで操作を覚えていき、使いこなしていった。

以上の理由より、小学校においても英語の教科化が行われることを見据え、児童の発達段階からみても、小学校で音声分析ソフトPraatを用いて評価を行うことには意義があるといえる。

4 今後の課題

[æ]音に焦点を当てた授業を行った上で、発音指導を帯活動として継続し、パソコン教室で児童にPraatを操作させる学習も行ったが、[æ]音の平均点は低い数値に留まった。日本語にはない母音を習得するのは難しく、評価を受けた児童が自分たちの調音位置を意識し、[æ]音を変化させられるかは今後の課題である。

[æ]音以外の取り組みとして、今後は語単位のみでなく、文単位での発音指導を行っていくことが挙げられる。助動詞 can や thank you 等、文単位で頻出する語にもæ音は含まれており、継続した指導が求められる。また、Praatを活用した題材として、弱母音(schwa)の指導が挙げられる。Praatを用いることにより、弱母音ではインテンシティが弱くなっていることを視覚的に表示することができる。川越(2007)によると、アクセントのない母音はほぼ全て弱母音であり、この音を習得すると応用範囲が広いと考えられる。また、中学校の学習指導要領には「強勢、イントネーション、区切りなど基本的な英語の音声の特徴」を正しく聞いたり、正しく発音することが明記されている。Praatを用いてインテンシティやピッチを表示させることができるので、今後文レベルで活用することを考えていきたい。

今回Praatを用いた方法はまだまだ煩雑である。パソコン教室で行った授業では、児童がF1、F2を手書きで教材プリントに書き写し、Praatに入力した。フォルマントの仕組みを理解するきっかけや、自分自身の声を何度も聞く機会になった利点はあるものの、より簡単に調音位置が理解できるようにになれば、もっと手軽に挑戦させることができる。小屋(2013)のように、Praat Scriptを用いて、自動的にプログラムが実行できる仕組みが望ましい。

5 おわりに

「パソコンで英語の発音を読み取ることができのがすごいと思いました。(女兒)」という感想から、発音を定量化し、発音練習できるよさを実感できたと考える。

なお、本研究では[æ]音に焦点を絞ったが、音の高低(pitch)や強弱(intensity)、語末(coda)子音の発声([p] [t] dark [l])も上達していることが確認された。児童は無意識にはあるが、母音指導を通じて、母音のみならず、それ以外の要素を向上させることができた。母音指導をきっかけとして、児童に音に関する意識を高められたと実感している。

謝辞

本研究を行う機会を与えてくださった公益財団法人 日本英語検定協会の皆様、選考委員の先生方、とりわけ授業実践について具体的な助言を頂いた長勝彦先生に深く感謝申し上げます。兵庫教育大学有働眞理子教授、京都産業大学川越いつえ教授には、音声学・音韻論の専門的な視点

から、小学生段階で身につけさせたい音声技能について貴重なご指導を頂きました。また、小・中・高の教員が音声指導について研究を行う英語音声教育実践研究会における討議から、小学校における音声教育の重要性が明らかになりました。ご指導を頂いた皆様に、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- Boersma, Paul. (2003). Praat manual <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/manual/> (2017年3月26日閲覧)
- Boersma, Paul & Weenink, David (2017). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.0.28, <http://www.praat.org/> (2017年3月23日閲覧)
- 服部義弘 (2012). 『音声学』. 東京:朝倉書店.
- INTERNATIONAL PHONETIC ALPHABET. (2015). <https://www.internationalphoneticassociation.org/content/ipa-chart> (2016年9月19日閲覧)
- 川越いつえ (2007). 『英語の音声科学』. 東京:大修館書店.
- 川原繁人 (2015). 『音とことばのふしぎな世界: メイド声から英語の達人まで』. 東京:岩波書店.

- 小屋多恵子 (2013). 音響音声解析ソフト Praat を用いた授業実践. 『法政大学小金井論集』, 10, 17-31.
- Mietta, Lennes (2003). Collect formant data from files http://www.helsinki.fi/~lennes/praat-scripts/public/collect_formant_data_from_files.praat (2017年3月26日閲覧)
- Qiu, D (2011). Praat-assisted English Pronunciation Teaching, *2011 International Conference on Electrical and Control Engineering*, 6693-6696.
- 竹内真生子 (2012). 『日本人のための英語発音完全教本』. 東京:アスク出版.

資料1: “Hi, friends! 1” “Hi, friends! 2”で扱われている [æ] 音を含む単語一覧

1	afternoon (AE) ^{注3}	18	crab	35	magazine
2	ambulance	19	crafts (AE)	36	map
3	angry	20	dance (AE)	37	mat
4	animal	21	dragonfly	38	math
5	ant	22	France (AE)	39	panda
6	apple	23	glass (AE)	40	pants
7	bag	24	grandfather	41	piano
8	banana (AE)	25	grandmother	42	pineapple
9	bat ^{注4}	26	Halloween	43	protractor
10	bat ^{注5}	27	hamburger	44	rectangle
11	bath (AE)	28	handkerchief	45	sad
12	black	29	happy	46	sandwich
13	camera	30	hat	47	trapezoid
14	cap	31	January	48	trash can
15	castanets	32	Japan	49	triangle
16	castle (AE)	33	Japanese	50	Vancouver
17	cat	34	laugh (AE)		

注

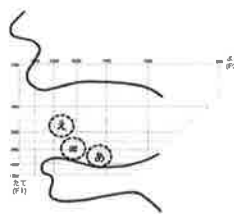
(3) (AE)は、アメリカ英語のみ [æ] 音で発音することを示す。

(4) 野球のバット

(5) こうもり

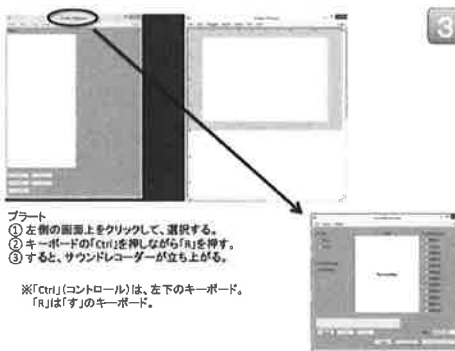
資料2: 児童にPraatを操作させるための使用方法説明資料

ae(アッシュ)の音に挑戦しよう! 1



「ae(アッシュ)」は、「apple」や「ant」の「e」の音です。
日本語の「あ」と「え」の中間くらいの音です。
パソコンで自分の声を分析して、「ae」の音を調べてみましょう。


3



プラート
① 左側の画面をクリックして、選択する。
② キーボードの「Ctrl」を押しながら「R」を押す。
③ すると、サウンドレコーダーが立ち上がる。

※「Ctrl」(コントロール)は、左下のキーボード。
「R」は「ず」のキーボード。

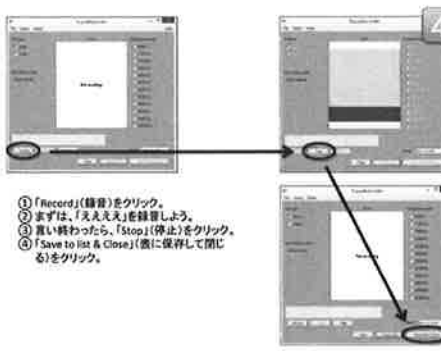
2



①「ファイル」
②「名前を付けて保存」
③「ファイル名」をクリック
④「半角/全角」のキーを押す(キーボード左上)
⑤自分の名前を入力する
⑥「保存」

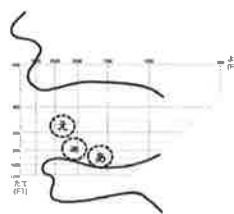
⑦「名前」に自分の名前が自動入力される。

4



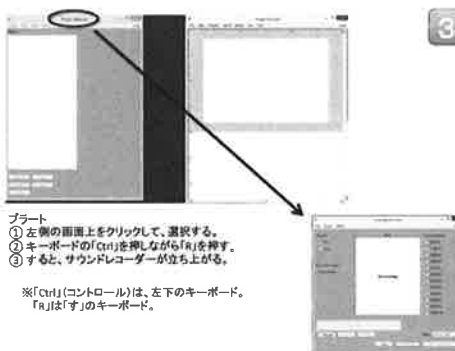
①「Record」(録音)をクリック。
②まずは、「ええええ」を録音しよう。
③言い終わったら、「Stop」(停止)をクリック。
④「Save to list & Close」(裏に保存して閉じる)をクリック。

ae(アッシュ)の音に挑戦しよう! 1



「ae(アッシュ)」は、「apple」や「ant」の「e」の音です。
日本語の「あ」と「え」の中間くらいの音です。
パソコンで自分の声を分析して、「ae」の音を調べてみましょう。


3



プラート
① 左側の画面をクリックして、選択する。
② キーボードの「Ctrl」を押しながら「R」を押す。
③ すると、サウンドレコーダーが立ち上がる。

※「Ctrl」(コントロール)は、左下のキーボード。
「R」は「ず」のキーボード。

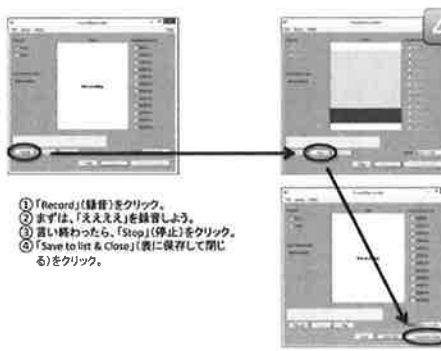
2



①「ファイル」
②「名前を付けて保存」
③「ファイル名」をクリック
④「半角/全角」のキーを押す(キーボード左上)
⑤自分の名前を入力する
⑥「保存」


⑦「名前」に自分の名前が自動入力される。

4




①「Record」(録音)をクリック。
②まずは、「ええええ」を録音しよう。
③言い終わったら、「Stop」(停止)をクリック。
④「Save to list & Close」(裏に保存して閉じる)をクリック。

次に「アップル」(日本語)を録音しよう。

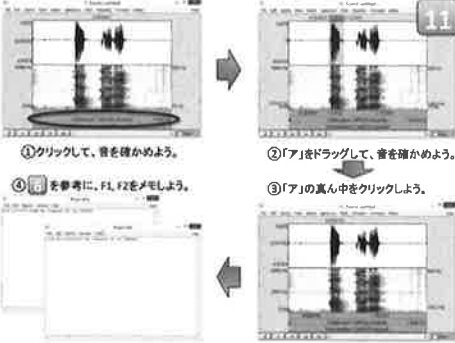


④「Record」(録音)をクリック、「アップル」(日本語)を録音しよう。


プラウト
 ① 左側の画面上をクリックして、選択する。
 ② キーボードの「Ctrl」を押しながら「R」を押す。
 ③ すると、サウンドレコーダーが立ち上がる。



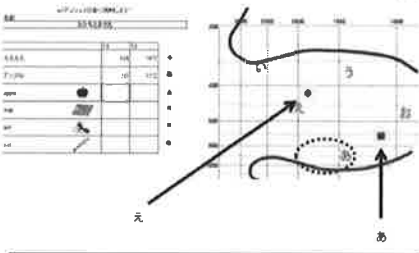
① 思い終わったら、「Stop」(停止)をクリック。
 ② 「Save to list & Close」(表に保存して閉じる)をクリック。




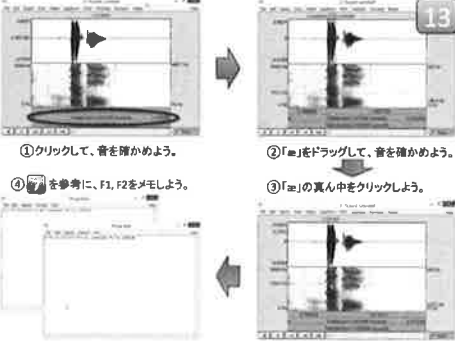
① クリックして、音を確かめよう。
 ② 「ア」をドラッグして、音を確かめよう。
 ③ 「ア」の真ん中をクリックしよう。

④  を参考に、F1, F2をメモしよう。


これで、あなたの「エ」と「ア」の舌の位置が分かりました。次はいよいよ英語の音に挑戦です。



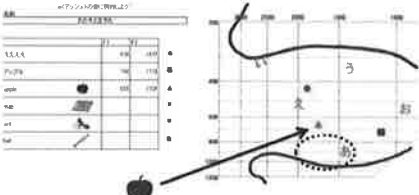
次に「apple」  を録音しよう。 9 10 を見てね。



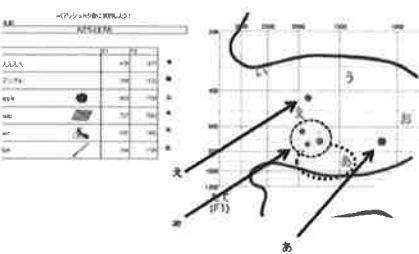
① クリックして、音を確かめよう。
 ② 「ae」をドラッグして、音を確かめよう。
 ③ 「ae」の真ん中をクリックしよう。

④  を参考に、F1, F2をメモしよう。


これで「apple」の舌の位置が分かりました。



他の単語にも挑戦しましょう。「ae」が「あ」より前、「え」より後で下になっていれば、正しい発音です。できましたか？



早く終わって2回目、3回目に挑戦したい人は、下のタブをクリックしましょう。



終わるときは、「ファイル」→「上書き保存」をクリックしましょう。「Ctrl」を押しながら、「S」を押してもいいです。

また、「ファイル」→「印刷」を選んで印刷しましょう。