Vol.2017-AAC-5 No.12
2017/12/9

聴覚障がい者のための サ行発音練習用フィードバックアプリの開発と効果の検証 ～サ行の子音を視覚化する～

木村淳子[†1]　　川村新[†2]
JUNKO　KIMURA　　ARATA　KAWAMURA

概要：聴覚障がい児の発音学習において、歯茎・硬口蓋摩擦音（サ行・チツ音）は聴覚的に捉えにくく、発音が難しい音とされる。フォルマントの主成分が高音域に属し、補聴器では耳からとらえにくいことも原因であると考えられる。歯茎・硬口蓋摩擦音を PC で検知し、視覚で示すアプリを作成し、聴覚障がい児の発音・発語学習で使用したので、その実践について報告する。

キーワード：聴覚障がい児童,発音・発語学習, 歯茎・硬口蓋摩擦音,自己フィードバック

1. はじめに

聴覚障がいがあると､周囲の音声が聴きにくくなるため、発音のためのモデルを得にくくなる。また、自分の発している声も聴きにくくなるため、自分が発している声のフィードバックが得られにくくなる。このため、発音が不明瞭になりやすい。

聴覚障がい児に対する発音指導は、古くから行われてきた。聴こえにくさを補うため、聴覚活用に加え、触覚や味覚、振動覚などさまざまな感覚を利用しながらの指導が行われてきた。

聴覚障がい者が困難とされる発音に､無声歯茎摩擦音(サスセソ)､無声硬口蓋摩擦音（シ）がある。無声歯茎摩擦音・無声硬口蓋摩擦音（サ行）は構音操作が難しく、健聴児でも構音操作が難しいこと、特に/s/のフォルマントの主成分が、聴覚障がい児が耳からとらえにくい高周波数に分布すること等が原因であると思われる。また、会話の中で摩擦音は目立つ音であり、サ行が発音できないと、発話の明瞭度が低下することも原因であると考えられる。自分の発音について意識することができる小学部以上になると､「私はサ行の発音が苦手」と言う聴覚障がい児童が少なからず出てくるのは、会話の中でサ行の不明瞭さが目立つため、保護者や教師など周囲の大人から指摘される回数が多いためと考える。

サ行はサスセソ音の子音である/s/と、シの子音である/ɕ/があり、両方を指導する必要がある。/s/の指導法として、ストローを用いる方法が、/ɕ/の指導法として、細かく切った紙片を厚紙の上にのせ、息を出して飛ばす方法などがある（岡辰夫,1990)。サ行音の定着をはかるために、古くよりs-indicator（図 1）が用いられてきた。これは、摩擦音を検出し、その強さに応じてバーが右に動く機械である。聴覚特別支援学校（聾学校)、通級指導教室（きこえとことばの教室）などで広く用いられ、現在も用いている学校が少なくない。しかし、高額であることから、学校など限られた機関に数台しか配置できないこと、更に製造の打ち切りにより新たに購入ができないこと、海外製のため故障の対応が難しいことなどの問題があり、使用頻度が減少している現状がある。



図 1　s-indicator

2. サ行音練習アプリ開発の経緯

近年、高性能の PC が小型化し、マイクも標準装備されているものが増えてきている。/s//ɕ/検出のためのアプリを PC で作成できれば､①特殊で高価な機器を用いる必要がないこと　②PC が故障した場合でも、他の PC にインストールすることで対応できること　③家庭学習などのより広い場でもちいることができること　等、多くの利点があると考え、サ行音練習アプリの開発を行うこととした。

3. 本研究の目的

サ行音練習アプリを開発し、実際の発音・発語学習で用いてその効果を検証する。

4. アプリ開発について

三輪（2007）を参考に、ゼロクロス分析を応用してアプリの開発を行った。アプリ開発は川村が行い、木村が実際

†1 慶應義塾大学政策・メディア研究科
Doctoral Graduate School of Media and Governance,Keio University
†2 大阪大学大学院基礎工学研究科システム創成専攻・准教授
Graduate School of Engineering Science, Osaka University

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

の指導で検証を行った。実際に使用しながら、レベル調整や画面などの変更を行った。

開発したアプリは、サ行の練習に主に使うことから、「アプリ」（sanon）と命名した。

4.1 画面の構成について

聴覚障がいのある幼児・児童・生徒が発音のために使用することを考慮して、画面の作成には以下の点を工夫した。

① 刺激が強すぎない画面にすること

視覚な刺激が強すぎると、子どもの興味が画面に移ってしまい、発音学習が成立しにくくなる。これを避けるために、画面の構成をできる限りシンプルにし、必要最小限の表示をするように心がけた。

② 全画面で表示・使用できること

パソコンに部分表示されると、特に例年齢の児童の場合は、画面に表示されるアイコンなどで気が散ってしまうことが多いことから、全画面での表示を基本とした。

③ 背景を水色、バーを青にすること

聴覚障がい児の発音・発語学習では、聴こえにくさを視覚で補うため、色の使用に気をつかってきた。古くより、無声子音は青、有声音は赤、鼻音は黄色で示している（図２）。

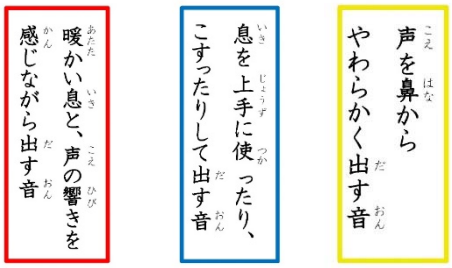


図 2　発音の色の約束

サ行の子音（/s//ɕ/）は無声子音であるため、青を基調とした画面を作成し、無声子音（息の音）であることを自然に理解できるように心がけた。

図３は、画面の構成である。

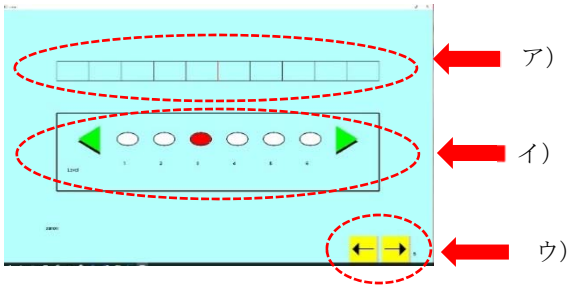


図 3　初期画面

初期画面について：

ア）　摩擦音を検出して、強さによって青くなる部分。摩擦音が強い程、右までバーが動き、青の濃さも増す。

イ）　レベル調整。右に行くほど難易度が増す。

ウ）　入力パワーの設定。設定した以上の大きさの音が入ってきたときに、摩擦音を検出する。10 段階の設定になっている。「話していないときに、バーが動かない一番い値」を目安に設定する。

摩擦音にアプリが反応した様子を図４に示す。

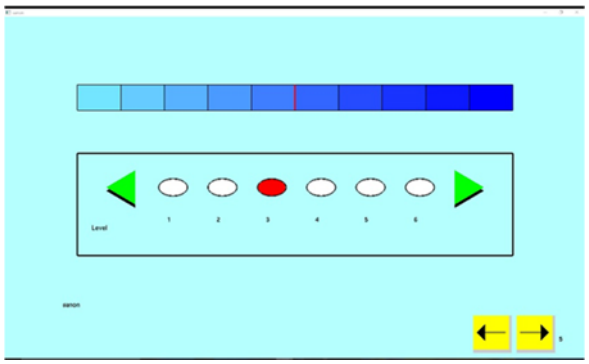


図 4/s//ɕ/反応時

5. アプリ使用の実際

5.1 使用の様子

聴覚障がい児童約 70 名（小学１年生～６年生）の発音学習の時間に使用した。タブレットとしても使用できるノート PC にインストールして使用した。発音学習中は、常にアプリを立ち上げ、児童の近くに置くようにした。使用中は、キーボードを裏面に回して児童の手に触れないようにした。使用の様子を図 5 に示す。

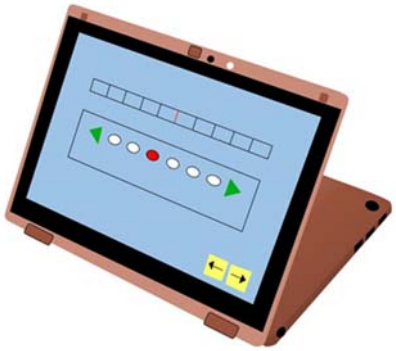


図 5　ノート PC での使用

5.2 児童の反応

設置した当初は、数人の児童が大きな声を出して反応を確かめていたが、アプリが s//ɕ/にしか反応しないため、すぐに学習に集中することができるようになった。その後はほぼ全員の児童が、アプリの画面を理解し、適切に扱うことができていた。PC 本体に手を出そうとする児童はほとんどいなかった。

5.3 偶発学習をねらいとした使用

発音学習時に、常にアプリをオンにするようにした。これによって、偶発的に発音できたサ行を視覚でとらえて、強化することができるようになった。児童によっては、一度バーが動かせるようになると、何度も「シ」や「ス」を言ってみて、楽しんでいる様子が観察された。児童の発音

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

の実態に応じて､担当者も｢どうやったらバーが動くの？｣などと問いかけたり、発音記号を示して「これは/s/だよ」「これは/ɕ/だよ」と知らせたりするようにした。

6. 指導の実際（サ行）

サ行の意図的な学習としては、①子音の練習　②子音と母音の結合　③語句・文レベルでの練習　④詩や文での練習　（⑤音読、会話での練習）の順に行った。

6.1 発音要領の学習（子音）

6.1.1 /ɕ//s/の発音要領を習得している児童の場合

すでに/ɕ//s/の発音要領を習得している児童の場合には、アプリで随時確認をしながら学習活動を展開した。担当者と児童が交互に/s/あるいは/ɕ/の子音部の発音をして、アプリのバーが動くことを確認してから、歯列模型とスポンジ製の舌（自作）を用いて、アプリが動くときの舌位置や、舌に息が当たる場所（/s/は舌先、/ɕ/は/s/に比べてやや奥）、息の温度（/ɕ/は/ç/と比較して冷たい）、息の出る角度（/ɕ/は/s/よりも下向きに息が出る）について確認した。



図 7　歯列模型と舌

6.1.2 /ɕ//s/の発音要領を未修得の児童の場合

/s/は従来から用いられてきたストローを使用する指導法を中心に行った。10～15 センチ程度に切ったストローを舌先と上歯で挟ませ、ストローから息を出す練習を行った。最初は、コップに水を入れ、水の表面近くにストローの先を入れて水を泡立たせる練習を行った。次に、手のひらをストローの先で息が出ることを確認し、徐々にストローの長さがを短くしていった。この段階になると、ストローを抜きながら息を出すと、アプリが反応することが児童自身でも確認できた。最後には、ストローを静かに抜いて同じように息を出せるように練習した。

/ɕ/は、舌先を下歯につけるくらいまで出し、舌全体を広げた状態で、冷たい息を出させたり、小皿に綿とピンポン球を載せて、小皿の縁を下唇の下に当てて、強く息を出す練習を行ったりした。この練習の過程の中で、アプリが反応することが多く、その音を強化していった。

6.2 後続母音の結合

子音が安定した段階で、母音との結合をはかった。発音棒（青と赤で塗り分けた棒）で子音から母音にわたるタイミングを指で示し、/s://u:/ /s://a:/など、子音から母音につなげて「サ」「ス」「セ」「ソ」あるいは「シ」の単音を言える様に練習した。後続母音のときには､「アプリが反応しないこと」も大切であることを確認するようにした。

6.3 無意味音節での練習

母音を先行させたり（｢アサ、イシ、ウス…｣など)、ハ行と組み合わせたり（｢ハサ、ヒシ、フス…｣など）して、無意味音の連続の中で確実に言うことができるように練習した。随時、アプリを用いて、サ行の発音のときに基準（中央の赤い線）を越えていることを確認した。



図 6　発音棒と発音記号を使用した学習

6.4 語句・文レベルでの練習

サ行が含まれていることばを表した絵（さかな、ポストなど）を見て、絵に合うことばを言い、そのことばを使って文を作る練習を行った。このとき､｢アプリのバーが何回動いたか」を、担当者が言ったときと児童が言ったときに互いに確認しあい、サ行を意識しながら発音する練習を行うようにした。

6.5 詩やうたでの練習

サ行のまとめの練習として、サ行の発音がたくさん含まれている詩を練習し、暗唱してからビデオに撮り、自分で見返す機会をとるようにした。このとき、児童によってはアプリを TV の前に持ってきて、自分のサ行が明瞭に出ているか、確認することもあった。

6.6 母音無声化の学習

シ、スは、後続する音が無声子音であるときに、母音が無声化することがある。聴覚障がい児にとっては、母音無声化したサ行は耳からとらえにくい。｢～しました」を「～しまった」と発音する聴覚障がい児が少なくないのは、このためである。母音無声化の指導については、聴覚で聴きわけが可能な児童に対しては母音無声化したサ行が入ったことば（｢ポスト」など）を言い、母音無声化させないで言った場合との違いを考えさせた。｢（母音無声化の場合は）サ行を小さな声で言っている」と言う児童が少なくなかった。このときには、アプリを見ながら発音し､｢声は出ていないけれど、サ行の息は出ている」ことを確認するようにした。

7. 聴覚活用との関連

舌位置の確認、息の温度や息が出る角度についてこまめに確認しつつ、アプリで自己フィードバックしながら練習することで、サ行の発音の正誤の判断を聴覚活用で行なうことができるようになった児童が少なからずいた。具体的には、練習の初期には、比較的サ行を明瞭に発音することができていても、正誤のフィードバックは難しかった児童（５年生）が、練習が進んでいくと自分で言い直すことができるようになったケースがあった。また、担当者の正誤も聴きわけ、文や会話でも「今のサ行の息は少し弱かった

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

と思う」など自分から指摘するなど、文・会話レベルでの般化も見られた。

8. チツ音、ザ行での活用

アプリはサ行だけでなく、チツ音（無声破擦音）、ザ行（有声摩擦音あるいは有声破擦音）にも含まれる。これらの音の学習にも、アプリを以下のように活用した。

8.1 チツ音の学習

タ行は、前舌で息を破裂させ、後続母音をつなげるタテト音と、前舌で息を破裂させ、息を摩擦させてから後続母音をつなげるチツ音に分かれる。チツ音の学習については、以下のように行った。

8.1.1 タテト音との違いを意識させる

タテト音の学習時にプリント（図 7）を示し、「タテト」しかないこと（チツがないこと）を確認し、その理由を児童に考えさせた。その後、チツ音がすでに言える児童に対しては「タチツテト」と続けて言わせ、チ、ツでアプリが反応することを確かめさせた。まだチツ音が発音できない児童の場合には、担当が言ってみせて「タテト」と「チツ」が違う発音要領であることを意識させるようにした。

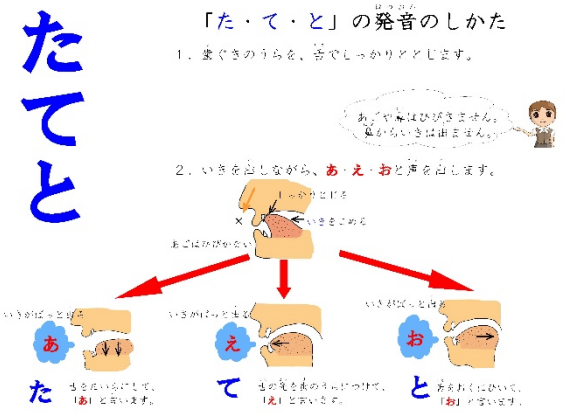


図 7　タテト音発音要領のプリント

8.1.2 チツ音の指導

チツ音が発音できる児童に対しては、サ行と同様に、アプリを自己フィードバックの手段として用いながら学習を進めた。特に人工内耳装用児では、「ツ」が「チュ」になりやすい傾向があった。この場合には、ツの前にウを先行させて、「ウーツー」と鏡を見ながら言わせて、口形が動かないように、「ツ」のときには舌先に息が当たることを確認するようにした。

8.2 ザ行音の学習

聴覚障がい児にとって、ザ行音は難発音であり、明瞭度が低くなりやすい（木村,2015 など）。アプリのレベルを下げて、歯茎摩擦音・硬口蓋摩擦音が少なくても反応するように調整し、片手を口の前・片手を胸やのどに当てて息と声が同時に出ることを確認しながらザズゼゾの子音（/z/）、ジの子音（/ʑ/）を練習した。発音の要領がつかめると自分で何度も練習する様子が見られた。聴覚障がいが重度で、ザ行がサ行になる児童（高学年）は、この練習で「ザ行の言い方が分かった」と喜び、保護者にもザ行の言い方を説明する様子が見られた。

ザ行の有声摩擦の発音要領（息と声を同時に出す）ことを視覚でも示すために、図 8 のような発音棒を使用した。



図 8　発音棒（有声摩擦音の練習に使用）

9. 歯茎摩擦音・硬口蓋摩擦音以外の活用

児童によっては、「ヒ」を「シ」に言い誤っていることがある。この場合には、「ヒ」の舌位置（舌先は歯から小指一本分くらい下げる）や「ヒ」の温度感覚（「シ」よりも温かい）ことを確認した後、定着のために「アプリが青く光らないように」発音する練習をするようにした。この練習は、連続音での練習（「ハサラ、ヒシリ…」と続けて言う練習）、語句・文レベルでの練習でも行い、般化をはかった。

10. 学習上の効果

10.1 自己フィードバック

アプリを用いることにより、摩擦音の学習において、聴覚の状況に関わらず、児童は担当に頼らず正誤のフィードバックをすることができるようになった。摩擦音がうまく産生できないときにも、産生できていないことが視覚ではっきりと示されるため、自分でいろいろと工夫して発音しようとする姿が見られた。担当は、その様子を見守りながら、児童一人一人の発音の状態に合った助言（舌位置、息の当たり方）をするようにした。

10.2 モチベーションの維持

アプリを用いることで、児童がうまく発音できなかったとき、児童と担当者が「ともに発音できなかったことを残念がることができる」ようになった。児童は、うまく発音できなかったときに担当者から「違う」と言われることに心理的な嫌悪感を抱きやすい。特に、どの音が正しく、どの音が間違っているかが、自分ではまだ分からない段階のときに、他者から「違う」と言われても、どうして良いか分からず、発音学習を嫌いにさせる要因をつくることにもなりかねない。アプリが反応しないことで、発音の要領がまだつかめていない児童でも、「うまく言えていない」ことに気づくことができた。そして、担当はその気持ちに共感し、児童と担当で協力し合いながら、アプリが反応するように工夫しながら発音した。「発音は、これ（アプリ）があるから楽しい」と言った児童（小学部低学年）もいた。

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

11. 学習上の配慮

11.1「発見」のツールとして用いること

アプリを用いるにあたって、訓練的にならないように配慮した。具体的には、摩擦音が発音できないときにも担当者は見守り、児童が自分で言い直すことを待つようにした。そして、児童が言い直したことを評価するとともに、「何故言い直したのか」を確認するようにした。最初のうちは、アプリが動かなかったことを理由にあげていることが多かったが、徐々に「息が舌の先に当たらなかったから」「ちゃんとサが聴こえなかったから」など、聴覚や触感覚など、アプリに頼らないでも自己フィードバックができるようになっていることがうかがえた。

11.2 伝統的な手法と組み合わせて用いること

アプリはあくまで自己フィードバックの一つの手段として位置づけ、学習にあたっては、伝統的な教材や、手に息が当たる感覚、聴覚活用も活用して、複合的に学習活動を展開するように心がけた。

11.3 児童と担当が共感しながら学習活動を進めること

アプリが反応しないときには、「なぜ反応しないのか」を児童と担当者が同じ目線に立って考えるように心がけた。それにより、上手に言えるようになるまで（アプリが反応するまで）何度も工夫して言おうとする姿が見られるようになった。

12. 今後の課題

12.1 /ɕ/と/s/の区別

現在のアプリでは、/ɕ/及び/s/の区別ができない。近年、重度の聴覚障がい児の補聴の方法として、人工内耳が急速に普及している。人工内耳装用児は、/s/が/ɕ/に置換する傾向が顕著に観察される（木村,2016）。現在、/ɕ/が/s/に置換してしまう場合には、スシ旗（図 9）を口の前に立てて、旗が揺れる位置を確認したり（/s/の方が/ɕ/よりも上側が揺れる）、手の平で息が当たる場所を確認したりしていく。また、こういった経験を通して、聴覚のフィードバックで正誤を確認させたり、舌のどこに息が当たったかを確認させたりする力を高め、語句・文レベルでも自己フィードバックできるように心がけているが、十分とは言えない。



図 9　スシ旗

12.2 有声音の検出

聴覚障がい児において、ザ行は最難発音であることが多い（木村,2016 など）。聴力レベルが重度の補聴器装用児であっても、サ行の発音要領を獲得している場合は、子音の息をアプリで、有声音を胸やのどのひびきで感じることで、発音要領を理解することは可能である。しかし、聴覚障がい児がある場合、子音の息と声を同時に出すことが難しい。アプリの機能に有声音の機能も追加することで、ザ行音のフィードバックに有効なアプリが作成できる可能性がある。

12.3 PC や環境に応じたレベル設定

PC によってマイクの性能が微妙に異なるため、レベル幅の設定をより柔軟に変更できるようにすることが必要である。

13. アプリの可能性

13.1 聴覚障がい児以外への応用

アプリは、今までのところ、聴覚障がい児の発音学習での実践にとどまっているが、「チ」「ツ」の摩擦が脱落し、「ティ」「トゥ」に近くきこえる構音障害児の初回指導において、「ずっと青くしておくことができるかな」とアプリを示しながら担当が模範を示したところ、自分で工夫しながら発音し、/tɕ//ts/（「チ」「ツ」の子音部分。息だけで発音する）が産生できるようになった事例があった。構音障害があると、聴覚に障がいがなくても、正しい音と誤り音の区別が難しい場合がある。特に、自分の発音している音の正誤の区別は難しい。本アプリを自己フィードバックの手段として使っていく効果は高いと考えられる。

13.2 複数のアプリの切り替え

聴覚障がい児は、視覚への依存が高い分、わずかな視覚情報に注意を引っ張られてしまう子どもが少なくない。画面の情報を精選したアプリを複数作成し、切り替えながら使っていくことで、発音・発語学習の効果をより高められると考える。

引用文献

岡辰夫.たのしいはつおんきょうしつ 1,発音・発語指導マニュアル 1 清直音.コレール社.129-150.

木村淳子.小学部における 100 音節発話明瞭度の傾向.筑波大学附属聴覚特別支援学校紀要.第 38 巻（通巻第 43 巻）.2016,20-27

三輪昭生,福田章一郎,吉田浩治,川畑洋昭.ゼロクロス分析を応用した聴覚障がい児用の摩擦音/s/指導システムの開発,IT ヘルスケア第 2 巻 1 号,2007,62-65

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan