

機関番号：37115
 研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2008年度～2010年度
 課題番号：20500860
 研究課題名(和文) コンピュータグラフィックスを利用した聴覚障害児用見真似発音練習システムの開発
 研究課題名(英文) Development of a Pronunciation Practice CAI System Based on Lip Reading Techniques for Deaf Children Using Computer Graphics Animated Mouth Movement
 研究代表者 小田 まり子
 (ODA MARIKO)
 久留米工業大学・工学部・講師
 研究者番号：20269046

研究成果の概要(和文)：人間の音声認識における双方特性化や読唇術に着目した聴覚障害児用発音練習システム“Lip Reading あい”を開発している。本システムでは、学習者が発音時にビデオカメラから取り込んだ学習者自身の口唇動画像をパソコン画面上に表示し、モデルとなる口唇動作CGアニメーションと比較しながら発音練習が行える。口唇動作モデルCGアニメーションを用いた見真似発音練習の学習効果を調べるため、幼児8名が本システムを用いて日本語母音と子音(/s/、/m/、/w/)の発音練習を行った。発音練習前後における音声と口唇動作の同定を行う実験の結果、発音練習後、学習者における口唇動作は改善し、発音も向上していることが確認できた。

研究成果の概要(英文)：We have developed the pronunciation practice CAI system called "Lip Reading あい" for deaf children. This system is based on bimodality of human speech and lip reading techniques. It enables a learner to practice pronunciation by looking at a model speaker's mouth movements, and allows him/her to compare them with his/her own mouth movements. A video camera connected to the computer simultaneously shows the mouth movements of the model speaker and those of the learner's own, so that the learner can compare mouth movements. This system also provides a study unit to practice pronunciation by looking at computer graphics animation of mouth movements of the model speaker. In order to evaluate the effectiveness of the CAI system by using CG animation, Japanese vowel and consonant sounds were read by a group of infants. Their mouth movements before and after practicing with the CAI system were videotaped and evaluated. The rate of correctly perceived mouth movements was greater after practicing with the system than that without practicing. The results show that correcting of mouth movements by using CG animation is effective for improvements of pronunciation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：e-learning, CG, 口唇動作, Lip Reading, 聴覚障害児教育

1. 研究開始当初の背景

(1) 音声言語を認識する際、我々は聴覚からの情報だけでなく無意識に視覚からも多くの情報を取り込んで認識している。また、幼児は大人が話す際の顔の表情をじっとみながら、その言葉を自分で真似して繰り返すうちに、無意識に音声言語を習得している。筆者は、音声言語認識メカニズムや幼児の発音習得過程に着目し、学習者の口唇動作をビデオカメラから取り込み、パソコン画面上でモデルスピーカの口唇動作と比較しながら発音練習を行う CAI システム“Lip Reading”を開発した。これまで、“Lip Reading”は英語の発音練習システムとして開発してきたが、日本人にとって音声の聴き比べでは発音の違いを理解することが困難な/l-/r/、/b-/v/、/s-/th/などの発音も、発音時の口唇動作(口の開き方、歯や舌の見え方など)を見ることによって比較的容易に発音の特徴を掴めることを確認した。“Lip Reading”では、自分自身の口唇動作とモデルスピーカのものを画面上で比較できるので、口唇動作の違いから自分自身の発音の誤りに気づき、口唇動作を矯正しながら発音練習ができる。

“Lip Reading”を用いた見真似による発音練習の効果を調べるため、ネイティブスピーカによる学習者の/l-/r/同定実験を実施した結果、口唇動作の矯正により学習者の発音自体も向上することが確認できた。また、ネイティブスピーカでさえも発音を認識する際に音声だけでなく口唇の動きを見て判断していることを確認した。従って、口唇動作の矯正は相手に伝わりやすい発音を身につけるために有効であると言える。

(2) 近年、様々な発音学習 CAI システムが開発されている。モデルスピーカの発音との類似度を調べて学習者の発音を評価する音声認識技術を利用したシステムも開発されているが、これらの音声入力機能を持つシステムでも、学習者の個々の発音の誤りまでは指摘できないため、学習者が誤った発音をし続けるなどの問題がある。また、音声分析プログラムを利用して自分の発音をチェックできるシステムも開発されているが、フォルマントなどの分析結果から自分の発音の良否を判定することは一般の学習者にとって容易でない。特に、聴覚障害児の場合、自分自身の発音もモデルの発音も聴こえにくいという問題がある。従って、発音練習時に、音声に対するフィードバックをしても、その確認自体が難しく、どのように改善すればよいのかを具体的に理解しにくい。

2. 研究の目的

本研究では、これまでに開発した英語の発音練習システムを応用し、聴覚障害児のための見真似発音練習システムを開発することを目的とする。聴覚障害児の場合、音声がきこえにくいと、発音時の口唇動作を見ても、どのタイミングでどの発音をするのがよいかわかりづらく、発音時における口唇形状に着目すればよいのかを理解させにくい。そこで、聴覚障害児によりわかりやすく発音時の口唇動作を提示するために、口唇動作 CG アニメーション(コンピュータグラフィックス(CG)で表現したモデル話者の口唇動作)を開発し、理想的な口唇動作を見ながら見真似発音練習できるようにする。

3. 研究の方法

本研究では、口唇動作 CG アニメーションによる見真似発音練習システムの開発からシステムの学習効果の検証までを、以下の順で研究を進める

(1) 発音時口唇映像の収集

多数の人物の発音時における口唇動作をビデオ撮影する。発音する語は、「豊かなコミュニケーションに向けて」の「一つ一つの口の形を見る練習」に出ている語とする。撮影には現有する防音室で照明装置を用い、ビデオカメラで撮影する。

(2) 発音時口唇動画像の編集

(3) モデル話者を選別するための口唇動作による同定実験の実施

被験者が音声を聴かずに口唇動作を見て話者の発音を同定する実験を実施する。そして、“口唇動作だけで正しく同定された割合(正同定率)”を求め、正同定率の高い話者を口唇動作の特徴が掴みやすいモデル話者として選別する。

(4) 口唇動作CGアニメーションの開発

正同定率が高かったモデル話者の口唇動作を参照し、口唇動作CGアニメーションを開発する。

(5) 聴覚障害児用見真似発音練習システムの試作

口唇動作CGアニメーションを見ながら発音練習できる聴覚障害児用見真似発音練習システムを開発する。

(6) システムの利用と学習効果の検証

発音に問題がある児童に本システムを利用してもらい、システムによる発音練習の学習効果を調べる。

4. 研究成果

(1) 口唇動作による同定実験の実施

学習者モデル口唇動作CGアニメーションを開発するためには、特徴がわかりやすいモデル話者の口唇動作を分析する必要がある。そこで、被験者が音声を聴かずに口唇動作を見て話者の発音を同定する実験を実施する。そして、“口唇動作だけで正しく同定された割合（正同定率）”を求め、正同定率の高い話者を口唇動作の特徴が掴みやすいモデル話者として選別した。

(2) 口唇動作の分析

モデル話者の口唇特徴パラメータとなる4点（左右の口角、上唇、下唇）の移動距離と移動速度、口唇の縦幅、横幅の変化量を求め、これを理想的な口唇動作の特徴量とした（図1参照）。

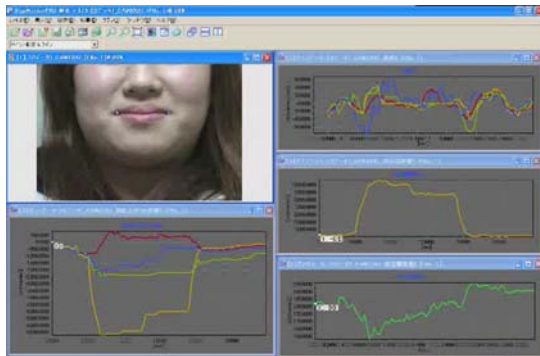


図1. モデル話者の口唇動作解析例

(3) 口唇動作CGアニメーションの開発

モデルとなる口唇動作CGアニメーションの開発には、Mayaを用いた。図2のように学習者の閉唇時の顔に合わせた顔オブジェクトを作成し、口唇部分とCGの口唇部分を重ね合わせて作成した。モデル話者の肌部分にあたる画像をマッピングし、肌の質感も再現している。図2に、口唇動作モデルCGの開発画面例を示す。また、図3に、学習者の写真とモデルCGの例を示す。

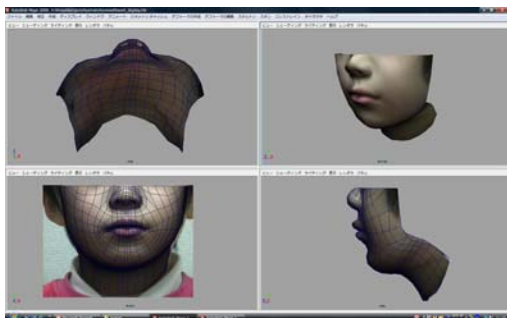


図2：学習者モデルCG（基本形状）の開発



図3 学習者hの画像（左）とhモデルCG例

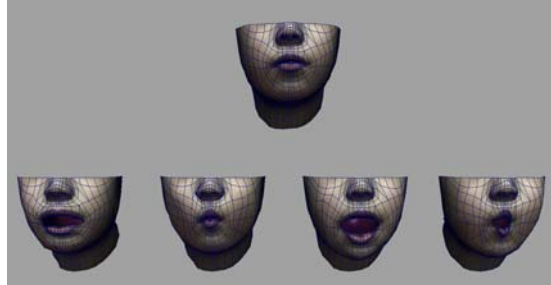


図4：口唇動作アニメーションの開発

口唇動作モデルCGアニメーションは、学習者毎に用意しており、顔は学習者をモデルとしているが、その口唇動作はモデル話者の口唇特徴量に合わせた理想的な口唇動作を実現している。各発音における目標となる口唇形状モデルを作成し、基本形状から目標形状に変化させることによってアニメーションを実現した。

(4) 口唇動作モデルCGアニメーションを用いた発音練習システムの開発

口唇動作CGアニメーションを見ながら発音練習できる聴覚障害児用見真似発音練習システム“Lip Reading あい”を開発した。“Lip Reading あい”はWWW上で実現されており、ウェブブラウザ上で簡単に見真似発音練習を行うことができる。図5に学習者モデル口唇動作CGアニメーションによる見真似発音練習画面を示す。学習者自身の口唇動作（図5左）と学習者モデル口唇動作CGアニメーション（図5右）を比較しながら見真似発音練習が行える。



図5 学習者モデル口唇動作CGアニメーションによる見真似発音練習画面

(5) 評価実験

口唇動作 CG アニメーションを用いた見真似発音練習の学習効果を調べるため、幼児（5歳と6歳）8名が本システムを用いて日本語母音と子音（/s/、/m/、/w/）の発音練習を行った。

発音練習前後における音声と口唇動作の同定を行う実験を実施した。ただし、E1：母音、E2：ア段（/a/-/sa/-/ma/-/ta/-/wa/）、E3：イ段（/i/-/mi/）、E4：ウ段（/u/-/mu/）E5：エ段（/e/-//se/-/me/）E6：オ（/o/-/so/-/mo）に分けて同定した。また、同定する際に、音声のみによる同定と、音声と口唇動作による同定を行った。12人の被験者が、8人の学習者を同定した時の、発音別平均同定率を表1に示す。表1より、全ての発音グループにおいて、練習前より練習後、正同定率が向上していることがわかる。

表1 学習前後における発音別平均同定率

	音声のみ		音声と口唇映像	
	練習前	練習後	練習前	練習後
E1	98.0%	99.0%	94.6%	98%
E2	94.0%	100%	94.0%	100%
E3	96.0%	95.3%	97.6%	100%
E4	93.3%	95.0%	97.6%	100%
E5	89.7%	100%	89.6%	100%
E6	92.3%	93.6%	95.0%	100%
平均	93.8%	97.15%	94.7%	99.7%

また、表2に学習者（L1～L8）毎にみた学習前後における平均同定率を示す。

表2 学習前後における話者別平均同定率

	音声のみ		音声と口唇映像	
	練習前	練習後	練習前	練習後
L1	92.1%	93.3%	86.8%	93.8%
L2	82.7%	94.4%	97.3%	98.8%
L3	88.1%	94.9%	95.1%	98.8%
L4	93.3%	96.7%	96.2%	99.2%
L5	98.1%	96.1%	95.5%	99.2%
L6	94.8%	98.4%	96.6%	99.3%
L7	88.7%	91.2%	89.5%	97.2%
L8	93.0%	95.7%	95.7%	98.3%
平均	91.9%	95.1%	94.1%	98.1%

表2より、学習者モデルのCGアニメーションを見ながら発音練習することにより、全ての学習者における学習後の平均同定率が向上していることがわかる。音声のみによる判定でも正同定率が向上していることから、口唇動作だけでなく発音自体も向上したと言える。

(6) まとめ

学習者毎に口唇動作モデル CG アニメーションを開発し、見真似による発音練習システムにおいて CG を見ながら発音練習することが可能になった。

研究期間中には聴覚障害者による実験協力者を集めることができなかったため、聴覚障害児の利用実験までには至らなかった。しかし、発音に問題がある幼児による学習効果評価実験は実施しており、発音練習後、学習者における口唇動作は改善し、発音自体も向上していることが確認できている。

また、発音を練習する学習者の顔にそっくりなCGモデルをお手本のアニメーションに用いることが、学習意欲の向上や口唇動作の矯正に大きく影響することも分かった。

今後の研究の推進方策として以下を予定している。

① 個々の学習者の顔の特徴に合わせてお手本となる口唇動作のCGアニメーションを職人的に作成するというのは、多数存在する学習者を考慮すると非現実的である。そこで、研究分担者である河野央が、現在、個人対応型の見真似CGアニメーションを自動作成する手法の開発に取り組んでいる。これにより、障害児一人ひとりにカスタマイズしたモデルの作成が期待できる。

②口唇動作CGアニメーションを用いた見真似発音練習システムを久留米養護学校、久留米聾学校でデモンストレーションし、学習者を募る予定である。なお、久留米養護学校教員からは、発音に問題がある知的障害児にも本システムによる発音練習は有効ではないかという意見を頂いているので、実際に障害児に利用してもらい、学習者および教員に意見を聞き、システムを改善していく。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計1件）

小田まり子, 成田 勲, 河野 央,

小田 誠雄, 新井 康平

“学習者に合わせた口唇動作モデルCGアニメーションによる発音練習システムの効果”, 教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp. 145-146, 査読無(2010年)

〔学会発表〕(計 1 件)

小田まり子, 成田 勲, 河野 央,
小田 誠雄, 新井 康平

“学習者に合わせた口唇動作モデル CG アニ
メーションによる発音練習システムの効
果”, 教育システム情報学会全国大会(2010
年 8 月 26 日, 北海道大学)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小田 まり子 (ODA MARIKO)
久留米工業大学・工学部・講師
研究者番号 : 20269046

(2) 研究分担者

河野 央 (KONO HIROSHI)
久留米工業大学・工学部・准教授
研究者番号 : 60437746