

令和元年8月30日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00229

研究課題名(和文) 言語聴覚士の会話技術の分析に基づく失語症者の単語思い出し支援手法

研究課題名(英文) Developing word retrieval assistance systems for people with aphasia based on conversation analysis in speech and language therapy

研究代表者

黒岩 眞吾 (KUROIWA, SHINGO)

千葉大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：20333510

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：従来、慢性期では大きな改善が期待できないと言われていた失語症の言語訓練において、対話ロボットでの継続的かつ高頻度の呼称訓練により呼称の改善が見られることを示した。

言語聴覚士(ST)が失語症を持つ人から単語を引き出す会話から、その戦略を抽出しタブレット端末上のアプリとして実装しその効果を示した。特に、動画を用いたナースコール説明アプリ、置き場所をタブレット上で再現した思い出し支援及び訓練アプリ、Yes/No質問による単語思い出し支援アプリなどに有用性が認められた。また、回答に誤りを含むことを想定した上で、質問回数最小で回答に至る質問選択アルゴリズムを提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究のフィールドテストにより、失語症を持つ人に対してICT機器による高頻度の言語訓練に有効性が認められたことから、絵カードを用いた呼称訓練アプリ「ActVoice Smart」(Androidタブレット・iPad向け)を技術移転先企業を通じ無償公開することができた。さらに、「ActVoice for Pepper」(対話ロボット)や「ハナセル」(言語訓練タブレット：絵カードを用いた呼称訓練に加え、思い出し支援の技術を活かしたヒント提示による語想起訓練を含む)を千葉大学知財活用ベンチャーを通じて社会実装するに至った。

研究成果の概要(英文)：We have developed a naming practice application for a communication robot, Pepper, which enables highly frequent and continuous training for people with aphasia. Field trials more than one year at a hospital and at a patient's home show the communication robot therapy was effective to recover their naming ability even in the chronic phase.

We analyzed the conversations in speech and language therapy, and systematized the word retrieval strategy by STs. Based on the strategies, we have developed some word retrieval assistance systems and conducted field trials. A video-based app that explains how to use the nurse call, "Virtual Home" app that supports to recall the object name by the place cue, and word retrieval assistance app by yes/no questions were effective to recall the words for people with aphasia. We proposed a query generation algorithm that finds the wanted object in the candidate list with the least number of questions under the condition that includes wrong answers.

研究分野：音声言語情報処理

キーワード：失語症 呼称訓練 慢性期 コミュニケーションロボット タブレット ACC 語想起支援 音声認識

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本において失語症を持つ人は推定 20 万人～50 万人とされているが（日本では失語症を持つ人の総数を把握されるための調査は行われていないが、米国 100 万人以上（人口の 0.4%）、英国 25 万人以上（同 0.5%）からの推定値）、それに対し言語聴覚士（ST）は約 1 万人程度（有職者）で、病院で受けられる言語訓練の期間は 3 か月程度で終了とされることが多い。しかし、失語症リハビリテーションの研究からは、失語症の回復は年単位であり、少なくとも発症後 3 年間の言語リハビリテーションの確保が望ましく、また、近年では慢性期になってから言語リハビリテーションを始めた場合も密度の高い訓練によって改善が得られるとの指摘もある。（NPO 法人全国失語症友の会連合会『失語症の人の生活のしづらさに関する調査』平成 25 年 3 月より）この問題に対し我々は、平成 21 年より失語症を持つ人が自宅等で一人でも言語訓練を行える環境を目指し研究開発を進めている。

2. 研究の目的

(1) 失語症を持つ人が自宅等で一人でも言語訓練を行えるシステムの研究開発が本研究の第 1 の目的である。具体的には、音声認識を利用し、対話型の絵カードを用いた呼称訓練アプリをロボットやタブレット上で実現する。さらに、構築したシステムを用いて慢性期の失語症を持つ人を対象に長期的な臨床評価を行い、対話ロボットやタブレットが高齢の失語症を持つ人に受け入れられることや、対話ロボットでの継続的かつ高頻度の言語訓練により慢性期においても言語機能を回復できることを示す。

(2) 失語症を持つ人が日常生活の中で ST によるコミュニケーション支援と同等な支援を受けられる環境を実現することが第 2 の目的である。具体的には、ST が失語症を持つ人から言葉や意図を引き出す対話を分析すると共に、音声言語処理技術を用い、それらの対話をコンピュータプログラムとして実現する。さらに、失語症を持つ人の単語の思い出しを支援するタブレットアプリを開発し臨床実験を行う。

(3) 話者認識技術により、話し相手の名前を提示するシステムの実現を目指して、実用的な視点からの実環境下での話者認識技術の評価が第 3 の目的である。具体的には、日常の会話環境の音声データを収集し現状技術の問題点を探る。

3. 研究の方法

研究目的のうち本研究期間においては、(1)は社会実装までを、(2)はアルゴリズムの基礎的研究からプロトタイプシステムによる評価実験までを、(3)は基礎的検討までを目標として以下に示す項目を実施した。

(1) 対話型ロボット（ソフトバンク社 Pepper）に、対話型の絵カードを用いた呼称訓練アプリを実装するとともに、データ収集のためのサーバシステムを開発する。開発したシステムのうち対話型ロボットを君津中央病院及び同病院に通院する失語症を持つ人の自宅に設置し言語訓練を行ってもらうとともに、言語聴覚士が定期的に呼称検査を実施する。同時に、フィールドテストを通じて得られたノウハウを活かして、ロボットで実現した機能をタブレット端末に再移植し多くの失語症を持つ人に利用していただく。

(2) 熟練の ST が言語リハビリテーションで行う PACE (Promoting Aphasics' Communicative Effectiveness) 訓練を動画収録し ST が失語症を持つ人から情報を聞き出す時の方法・戦略を分析・分類する。さらに抽出した各種手法をタブレット向けの思い出し支援アプリとして実現すべく研究開発を行う。その後、作成したアプリを失語症を持つ人に使用してもらい各種手法の有効性や改善すべき点を明らかとする。また統合アプリとして失語症を持つ人がコミュニケーションノート内の個人の情報（年齢、職業、家族構成、好きな食べ物等）を単独で入力可能とするアプリを開発し、目的別に失語症を持つ人にとって効果・効率・満足度の高い入力手段の検討を行う。

(3) 会議や複数人によるゲーム中の音声を収集し、話者識別実験を行い失語症を持つ人向けの話者名提示システムとして利用できるかの評価を行う。研究開始当時デファクトスタンダードとして用いられていた Alize や Kaldi の i-vector をベースとする手法に加え、本研究室で研究開発を行なっている、GMM から DNN までの各種手法の適用を試み、性能評価に加え改善すべき点を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 失語症の訓練の一つに、言語聴覚士（ST）の提示した絵カードに描かれている物の名前を失語症を持つ人が呼称する訓練がある。この訓練での ST の役割を会話ロボットで実現したものが ActVoice for Pepper (AVP) である。図 1 に AVP の写真を示す。ST は紙の絵カードを提示するが、AVP では胸部のタブレット画面に絵カードを提示し失語症を持つ人に発声を促すことで訓練を進行する。以下に対話ロボット(P)と失語症を持つ人(U)の対話例を示す。

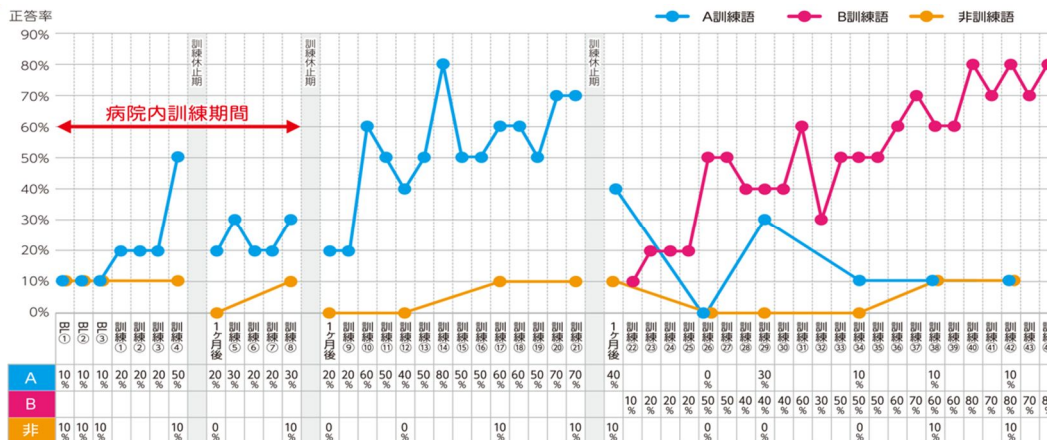


図2. 呼称評価結果の推移 (左上: 協力者1、右上: 協力者2、左下: 協力者3、右下: 協力者4
 図3. 自宅でのフィールドテストの結果 (協力者4)

以上の結果から、各協力者が同じ絵カードで繰り返し呼称を行なっていることがわかる。言語訓練の伝統的訓練法である刺激・促進法では、訓練意欲の高い材料を用いて、人の言語システムを刺激することにより残存機能の促進に繋がると言われている。今回、各協力者は、同じ絵カードで繰り返し呼称を行っている。つまり、絵カードを用いた呼称の自主訓練において、音声認識による評価が得られるという訓練意欲を高める環境に促され、言語システムに繰り返し刺激を行ったことが、呼称の改善に繋がっているのではないかと考えられる。この点は自主訓練だけでなく人と行う訓練との違いでもある。STや家族と訓練を行う場合は、長時間同じカードで繰り返し呼称訓練を行うことはほとんどなく、ここにロボットを用いた訓練の特徴が見て取れる。訓練相手が人の場合は、なかなか呼称できないことを相手にすまないと感じたり、訓練に付き合わせることを申し訳ないと感じていると思われる。また、呼称ができた語も確認のため納得いくまでやってみようという気持ちもあるようであった。ロボットによる訓練は、失語症を持つ人が気負わず、また、気を使わずに自由に練習ができる点に有利さがある。

【自宅での結果】

病院での訓練で呼称に改善の見られなかった協力者4の自宅にAVPを設置しフィールドテストを実施した。図3に延べ56週間(病院及び途中4週×3の休止期を含む)の呼称評価結果の推移を示す。図中訓練以降が自宅でのフィールドテスト結果である。自宅での訓練開始から休止期前(訓練⑳)までは病院での訓練で用いた10単語を用いた(A訓練語)。病院では週に1回の訓練を行っていたが、自宅では週に約5日、1日平均20分の訓練を行っていた(訓練時間及び回数に対する指示は行っておらず訓練は自主的に行なわれている)。その結果、自宅での訓練6週目(訓練㉑)には10単語中8単語の呼称が可能となっていた。その後、若干上下はあるが、5~8単語の呼称が可能となっている。自宅での13週の訓練(訓練㉒)を終えた時点で持続性を見るために4週間の休止期をおいたところ、呼称できる単語数は4語となり持続性は確認できなかった。また、非訓練語に対する呼称の改善は見られなかった。

休止期以降は異なる10単語(B訓練語)で訓練を行った。その結果、19週目(訓練㉓)で8単語の呼称が可能となり。その後も訓練継続中は8~9単語の呼称が可能となっていた。一方で訓練を終了した訓練語Aに対しては、非訓練語と同様に0~2語の呼称に留まった。

以上の結果をまとめると、同協力者においては1日20分程度の訓練を行っている間は、訓練語に対する呼称が維持できるようになっている一方で、訓練をしていない語や、過去に訓練をしたものの現在は訓練を行っていない語に関しては呼称が維持できていない。これは、慢性期になっても刺激が入っている語に対しては呼称能力を改善できることを意味しており、メンテナンスが必要な言語症状には長期的な訓練の継続が重要であり、ロボットにはその環境を提供できる可能性がある。家族からは協力者4が訓練語を実生活で利用したとの報告もあり、筆者らは、語彙数に上限があるとしても、現在訓練している語が日常で使えるようになるのであれば、それだけでも失語症を持つ人のQOLの向上につながると考えている。因果関係の有無はわからないがPepperはマイクが頭部に設置されておりCPUファン等の影響で小さな声では音声認識しにくいと、ユーザは比較的大きな声で発声する必要がある。訓練の様子を記録したビデオからは協力者4がPepperに対し大きな声で明確に話そうとする様子が映されていた。

本実験の結果から、重度の失語症を持つ人でも日々訓練している単語であれば呼称が可能になることがわかった。一方で4週間の休止による持続性は得られなかったが、より短いサイクルで生活に必要な語を継続的かつ順番に訓練できる手法及び環境を提供できればより多くの語の呼称の維持も可能になると期待している。

以上の実験結果を受け、本手法の普及を図るためPepperに搭載した機能をタブレット端末に移植するとともに(製品名:ハナセル)、STが訓練状況を遠隔で把握するためクラウドシステム(製品名:リハログ)を作成した。

(2) 君津中央病院にて失語症を持つ人のみに絵カードを提示し、本人が呼称できなかった場合にそれを題材に ST が提示された絵カードが何であるかを聞き出すという形式で言語訓練を行ってもらい、その様子をビデオ収録し分析を行うと共に、ST に聞き取り調査を行った。その結果、従来からの知見である「はい・いいえ」で答えられる質問や排他的な絞り込み質問に加えて、確認を頻繁に実施していることが明らかとなった。また、否定の応答に対して、否定疑問文で確認を行い肯定的な回答を促していること、回答の信頼性を高めるために言い換えを行っていること、また絞り込みの正しさを確認する質問（「おいしい？」等）等が観察された。これらを考慮し、情報量最大基準に加え、システムに対する利用者の信頼度をパラメータとして取り入れた質問生成アルゴリズムとした。実験では同アルゴリズムを失語症を持つ人と対話する人向けの支援ツールとして実装し評価を行った。その結果、非 ST に対して有用なツールとなることが明らかとなった。また、思い出し支援技術を会話ロボットに実装し予備的な実験を行った。その結果、多くの失語症を持つ人がロボットとの対話を楽しんでいることが確認され、実用化の見通しが得られた。

上記に加え、場所情報を用いた訓練及び思い出し支援アプリ、ナースコール訓練アプリ、コミュニケーションノート作成支援アプリを開発し ICT の活用が失語症の言語リハビリテーションに有効性が高いことを示した。

また、学術的な側面からは、誤った回答を想定した上で、質問数が最小となる条件が期待情報量最大基準とは一致しないことを明らかにし、質問戦略の新たなアルゴリズムを考案した。また、Wikipedia から思い出し支援に必要な質問を自動獲得する手法の検討を行い、小規模ながら県名を対象とした質問の自動生成手法を構築した。

(3) パブリックスペースでの会議（周囲で他の会話がなされている）やゲーム中の盛り上がりを含む音声を、マイクロフォンまでの距離が 1m～3m の状況で 1 チャンネル収録した音声に対し話者インデキシング実験（発声区間と話者を判定。話者クロズド）を行った結果、いずれの手法を用いても 5 割～7 割程度の精度しか得られなかった（同時に収録した近接マイクロフォンによる読み上げ発声に対しては 95～99% の精度）。このことから、失語症を持つ人の胸ポケット等にマイクを設置し、日常の場面で会話相手を提示することは、現状の技術では困難であることが明らかとなった。この問題の解決に向けて、相手の口元に焦点を絞る機構を持ったマイクロフォンや雑音除去技術、感情豊かな音声に対する話者認識における頑健性の向上などが必要である。これらに向けて本研究期間内では複数マイクの利用や話者内音声変動に頑健な話者認識手法の検討を行なったが、実用レベルを達成するためには更なる研究が必要である。

< 引用文献 > 下記 5 の雑誌論文 より図及び文章を引用した。

5 . 主な発表論文等 (研究代表者は下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

黒岩眞吾, 堀内靖雄, 古川大輔, 村西幸代, 石畑恭平, 森本暁彦, “ コミュニケーションロボットを用いた失語症者向け絵カード呼称訓練システム, ” 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J102-A, 2019, 128-132 (査読有)

Satoru Tsuge, Shingo Kuroiwa, “ Bone- and Air-Conduction Speech Combination method for Speaker Recognition, ” International Journal of Biometrics, Vol.11, No.1, 2019, 35-49 (査読有)

DOI: 10.1504/IJBM.2019.096565

黒岩眞吾, 村西幸代, 古川大輔, “ ICT を用いた言語訓練と支援, ” 総合リハビリテーション, 46 巻, 2018, 525-532

<https://webview.isho.jp/journal/detail/abs/10.11477/mf.1552201332>

Satoru Tsuge, Shingo Kuroiwa, “ Speaker Recognition in Orthogonal Complement of Time Session Variability Subspace, ” Smart Innovation, Systems and Technologies, vol. 96, 2018, 103-109 (査読有)

DOI: 10.1007/978-3-319-92231-7_11

古川大輔, 村西幸代, 石畑恭平, 森本暁彦, 黒岩眞吾, “ 急性期患者への簡易 AAC(代替拡大コミュニケーション機器)導入訓練, ” 全国国保地域医療学会特集号, Vol.57, 2018, 471-474

黒岩眞吾, “ ICT を活用した失語症者支援: タブレットとロボットを用いたコミュニケーション支援・訓練システム, ” コミュニケーション障害学, Vol.34, No.1, 2017, 22-28

[学会発表] (計 25 件)

村西幸代, 古川大輔, 石畑恭平, 森本暁彦, 黒岩眞吾, “ 当院外来での ICT 機器による遠隔言語訓練の試み, ” 第 44 回日本コミュニケーション障害学会学術講演会, June 2018.

Yusuke Nakahara, Yasuo Horiuchi, Shingo Kuroiwa, "Questioning Strategy for Helping People with Aphasia to Retrieve Words," Forum on Information Technology 2018, A-014, Sep. 2018.

黒岩眞吾, 堀内靖雄, 村西幸代, 古川大輔, 石畑恭平, 森本暁彦, "会話ロボットを用いた失語症者向け絵カード呼称訓練システム," HCG シンポジウム 2017, HCG2017-A-8-5, Dec. 2017.

村西幸代, 古川大輔, 石畑恭平, 森本暁彦, 黒岩眞吾, "ICT 機器による言語訓練の可能性を考える ICT ロボットによる言語訓練の試み," 第 43 回日本コミュニケーション障害学会 学術講演会, July 2017.

村西幸代, 古川大輔, 金子孝輝, 松下みのり, 黒岩眞吾, "失語症者向けナースコールアプリによるトイレ自立に向けた訓練の試み," 第 18 回日本言語聴覚学会, June 2017.

黒岩眞吾, "情報通信技術を利用した失語症者向け言語訓練及びコミュニケーション支援技術," 放送文化基金・研究報告会 2017, 招待講演, Mar. 2017.

Shingo Kuroiwa, Yasuo Horiuchi, Sachiyo Muranishi, Daisuke Furukawa, Kyohei Ishihata, Akihiko Morimoto, Hiroji Suzuki, "Naming practice app on tablets and communication robots for people with aphasia," 5th Joint Meeting ASA/ASJ, 5pSCb26, Dec. 2016.

松下みのり, 金子孝輝, 黒岩眞吾, 堀内靖雄, 村西幸代, 古川大輔, "タブレットを用いた喚語訓練及び支援システム," HCG シンポジウム 2016, HCG2016-A-4-4, Dec. 2016.

黒岩眞吾, 堀内靖雄, 村西幸代, 古川大輔, 鈴木弘二, 石畑恭平, 森本暁彦, "絵カード呼称訓練アプリ ActVoiceSmart の音声認識性能の評価," 第 17 回日本言語聴覚学会, June 2016.

黒岩眞吾, "ICT を活用した失語症者支援," 第 42 回コミュニケーション障害学会, 招待講演, May 2016.

松下みのり, 黒岩眞吾, 堀内靖雄, 中原悠佑, 古川大輔, 村西幸代, "失語症者向け喚語支援アプリの開発," 第 42 回コミュニケーション障害学会, p.95, May 2016.

〔産業財産権〕

取得状況(計 1 件)

名称: 思い出し支援用プログラム、思い出し支援方法、及び思い出し支援装置

発明者: 黒岩眞吾

権利者: 千葉大学

種類: 特許

番号: 特許第 6386703 号

取得年: 2018 年

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

ActVoice Smart (Android 端末向けの絵カードを用いた呼称訓練アプリ):

<https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.escor.actvoicessmart&hl=ja>

ハナセル(失語症を持つ方向けの言語リハビリタブレット端末):

<http://www.intrrom.jp/item1.html>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 堀内 靖雄

ローマ字氏名: HORIUCHI, Yasuo

所属研究機関名: 千葉大学

部局名: 大学院工学研究院

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 3 0 2 7 2 3 4 7

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 村西 幸代

ローマ字氏名: MURANISHI, Sachiyo

研究協力者氏名: 古川 大輔

ローマ字氏名: FURUKAWA, Daisuke

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。