

言語聴覚障害に関する遠隔診断システムの構築

山田弘幸、菊安 誠、鈴木 啓、田上美年子、笠井新一郎、
飯干紀代子、白垣 潤、永野真美、倉内紀子

Development of a Remote System for the diagnosis of Speech-Language-Hearing Disorders

Hiroyuki YAMADA, Makoto KARIYASU, Hiraku SUZUKI, Mineko TANOUE, Shin-ichiro KASAI,
Kiyoko IIBOSHI, Jun SHIRAGAKI, Naomi NAGANO, Noriko KURAUCHI

Abstract

We gained an opportunity to be involved in the construction of a remote diagnosis system relating to speech-language-hearing disorders as a part of a research and development project for such as (supplementary) result evolution for FY2000, 'Multi-media model medical care evolution project in Nobeoka City in Miyazaki Prefecture' by Telecommunications Advancement Organization of Japan: TAO. Prior remote systems were mostly relating to electrocardiogram and imaging diagnosis, and were hardly used in the rehabilitation, or speech-language-hearing treatment domain. We therefore constructed a system to realize presentation of test-stimuli and collection of responses of the subjects through the Internet, as a basic research for development of a remote system effective for speech-language-hearing treatment.

This system is a server client system connected to the Internet, and it was possible to carry out in three respects, i.e. phonation and articulation, language comprehension and language representation, and hearing. In the first practical experiment carried out in May, 2002, it was confirmed that presentation of stimuli for the vowel phonation task in respect of phonation and articulation, picture-pointing task and picture-naming task in respect of language comprehension and language representation, and pure tone detection task in respect of hearing, and collection of responses of the subjects were possible. In the second practical experiment expected to be carried out in December 2002, We plan to review the contents of the presentation stimuli in each task and the number of trials, and attempt to improve response method by introducing a touch panel, etc.

Key words : remote diagnostic system, speech-language-hearing disorders

キーワード : 遠隔診断システム, 言語聴覚障害

はじめに

保健・医療における従来の遠隔システムは、画像診断や心電図の判定などに関するものが多い。テレビ電話を在宅リハビリテーション指導に導入した例¹⁾などはあるが、多様なデータとネットワークを活用した例は少なく、国内の言語聴覚療法領域の文献では、テレビ会議システムの摂食・嚥下障害への活用例²⁾などしか検索できなかった。しかし、遠隔システムには、各種資源の地域格差や専門職のマンパワー不足を改善できる可能性を有するので、言語聴覚療法においても実現することは有意義と考える。

そこで、言語聴覚療法領域での遠隔システム活用のための基礎研究として、発声発語課題、言語理解・言語表出課題、聴力検査課題を遠隔条件で実施可能なシステムの構築に取り組んだので報告する。

本研究は、通信放送機構 (Telecommunications Advancement Organization of Japan; TAO) の平成12年度 (補正) 成果展開等研究開発事業である「宮崎県延岡市マルチメディア・モデル医療展開事業」の一環として行われ、「医療ボランティア支援システム」および「リモート音声障害診断システム」の2つのシステム構築が含まれていた。前者は医療ボランティア提供者と依頼者とのマッチングを行うためのシステム、後者が言語聴覚障害に関する遠隔システムであり、「リモート音声障害診断システム」の名称のもと、発声・構音機能、言語理解・言語表出機能、聴覚機能の3側面から、言語聴覚機能全般をカバーする遠隔システムの構築を目的とした。

言語聴覚障害遠隔システムの概要

本システムは、インターネットを介して操作用端末および検査用端末がシステム・サーバに接続された、サーバ・クライアント型であった (図1)。システム・サーバは延岡市役所内に、操作用端末は九州保健福祉大学保健科学部言語聴覚療法学科内に、検査用端末は表1に示す協力施設内および当学科内に設置されていた。図2に、検査用端末およびその使用例の写真を示す。

協力施設は、第1次実証実験 (下記参照) では3施設、第2次実証実験 (下記参照) では5施設であった。

いずれの端末も、オペレーティング・システムはマイクロソフト社「ウィンドウズ」、ウェブ・ブラウザは同社「インターネット・エクスプローラ」を用いた。

本事業においては、システムの稼働状況について、2003年中に実施予定の第3次実証実験まで計画されて

いる。現在は、2002年5月に実施済みの第1次実証実験の結果を踏まえて、2002年12月に実施予定の第2次実証実験へ向けて準備中の段階である。

第1次実証実験

1.実施期間

2002年5月15日から5月31日の間。

2.協力機関

表1 (上段) 参照。

3.課題内容

1)発声発語課題

母音の発声課題が設定されていた。被検者は、端末画面の文字およびレシーバからの音声による指示で、検査用端末のマイクロホンに向けて順次5母音の発声を行った。1回目の試行でデータの取り込みができなかった場合には、2回目の試行が開始されるように設定されていた。

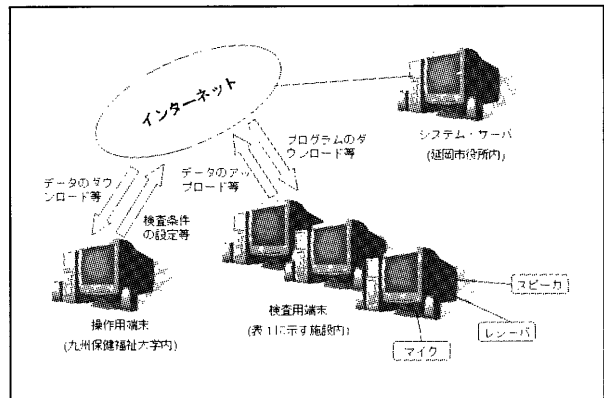


図1 言語聴覚障害遠隔システムの概要

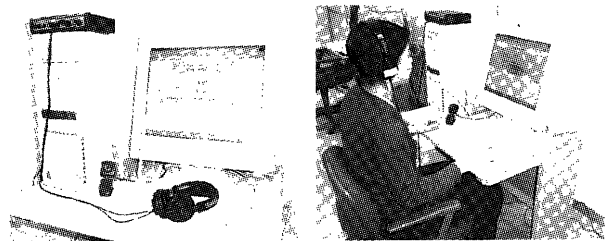


図2 検査用端末 (左) および使用風景 (右)

2)言語理解・言語表出課題

言語理解面の課題として、「ことばの理解1」から「ことばの理解4」の課題が設定されていた (表2参照)。問題文は、端末画面の文字およびレシーバからの音声で提示され、被検者はマウスで選択肢の図形をクリックすることが求められた。

表1 検査用端末設置施設（協力施設）一覧

第1次実証実験（2002年5月実施）	
身体障害者通所授産施設	ひかり工房
延岡市立恒富小学校	ことばの教室
延岡リハビリテーション病院	
第2次実証実験（2002年12月～予定）	
身体障害者通所授産施設	ひかり工房
延岡こども発達支援センター	さくら園
延岡市健康管理センター	
延岡市立恒富小学校	ことばの教室
延岡リハビリテーション病院	

表2 第1次実証実験「ことばの理解」課題文例

課題	文 例
ことばの理解1	[丸・三角・四角]はどれですか
ことばの理解2	[大きい・小さい][丸・四角]はどれですか
ことばの理解3	[赤い・青い][丸・四角]はどれですか
ことばの理解4	[大きい・小さい][赤い・青い][丸・四角]はどれですか

言語表出画面では、「ことばの表出」課題として、呼称すなわち画面に提示される絵（本、犬、時計、鉛筆）の名称をマイクへ向けて答える課題が設定されていた。

3)聴覚検査課題

端末画面の文字およびレシーバからの音声による指示に従い、レシーバから提示される純音を検出する課題が設定されていた。被検者には、検査音を検出した際、端末画面上の反応領域をクリックすることが求められた。

検査音の周波数は500, 1000, 2000, 4000Hzで、この順序で検査が進行した。各周波数とも、最初に50dB nHLの刺激が提示され、検出反応があれば10dB nHLから10dBステップで刺激強度が上昇しながら提示された。一方、50dB nHLへの検出反応がなければ、10dB加算された60dB nHL音が提示されてから、次の周波数

に移行するように設定されていた。

4.結果

1)概要

3つの協力施設から、計32名（年齢範囲20～85歳）分の協力者のデータがシステム・サーバに蓄積された。協力施設毎にみると、延岡リハビリテーション病院では計19名（年齢範囲20～85歳、うち20歳代2名、30-40歳代2名、50歳代3名、60歳代4名、70歳代6名、80歳代2名）、ひかり工房では計8名（年齢範囲23～74歳、うち20-30歳代2名、40歳代2名、50歳代2名、60-70歳代2名）、恒富小学校では計5名（年齢範囲28～51歳、うち20-30歳代2名、40歳代2名、50歳代1名）であった。

3課題の実施所要時間は、全体では平均20分（ $n=31$ ：所要時間記録が1名分欠如のため、範囲15～35分、標準偏差6）であった。

2)発声・構音課題

被検者の音声サンプルの収録が、リモート地点において可能であった。日本語の5母音（「ア」「イ」「ウ」「エ」「オ」）を各々3秒間発声させ、その音声をデジタル化しての記録、保存が可能であった。また、このデータは、リモートでの読み出し、分析が可能であった。この音声は、現時点では、専門の判定者による明瞭度およびピッチの分析が可能であった。

今後の課題は、収録された音声解析の自動化である。音声認識エンジンを用いた母音の明瞭度スコア（5点満点）算定と、音響分析プログラムの追加による発声時間と基本周波数およびそのゆらぎの算出を可能にすることが望ましい。

さらに、診断に必要な音声データの収集および分析方法の見直しが必要である。発声持続と構音の反復運動に関する課題を追加すべきと考える。

3)言語理解・言語表出課題

言語検査の基本手続きである2つの課題（言語理解課題、言語表出課題）が、本システムによってリモート条件において施行可能であることが確認された。

言語表出課題（提示された事物の名称を答える課題）における自動判定については、音声認識システムの性能、応答音声の質や内容などが影響し、認識率は57.5%にとどまっていた。今後、さまざまな応答音声に対して自動判定が可能となるようシステムの改善が必要である。

また、現在、検査用端末からの基礎データ（氏名、生年月日）の入力にはキーボード、課題に対する応答はマウスを用いる仕様となっているが、高齢者、言語聴覚障害児・者への対応を考慮すると、タッチパネルを用いるなどインターフェースの改良と応答環境の整備が望まれる。

さらに、現在は成人を対象とした言語検査を想定しているが、小児への対応も検討すべきと考える。

4)聴覚課題

聴覚検査の基本的手続きである検出課題（呈示された検査音を認知できた場合に、一定の合図をする課題）が、本システムによってリモート条件において施行可能であることが確認された。

したがって、今回の検査音は純音であるが、語音を用いる検査や乳幼児のための検査へも応用が可能であろう。

また、今回は、-10~60dB nHL相当の範囲で被検者の聴覚域値（聴くことができる最も弱い刺激強度）を求めたが、予め設定された基準音が聴こえるか否かというスクリーニング検査パターンの導入も含め、さらに、乳幼児健康診査や健康診断などシステムの活用場面を具体的に特定した上での検討が必要と考える。

システム上の問題点としては、現在の端末内蔵音源と簡易型ヘッドホンの組み合わせでは厳密な音圧規定が困難なので、外部音源と選別検査用レシーバの活用などを試みていかなければならないことがわかった。

第2次実証実験

第1次実証実験においては、発声・構音、言語理解・言語表出、聴覚の3側面について、基本的な刺激呈示、反応採取、結果蓄積が可能であることを確認した。しかし、発声・構音面では、発語の明瞭度判定のための音声認識率が低かった、言語理解・言語表出面では、試行回数が多すぎた、聴覚では、微弱刺激の際周囲騒音の悪影響が大きかった、また、全般的にはタッチパネルの導入が望まれた、といった検討課題が得られた。

さらに、音声・言語・聴覚のすべての側面に共通のこととして、CCDカメラとマイクロホンを用いて被検者の端末操作の様子をモニターし、必要な指示を与えることができるシステムが付加されることが望ましいと考えられた。

これらの問題点を検討の上、3種類の検査課題について、以下のとおり改良を加え、第2次実証実験を行うこととした。

1.実施予定期間

2002年12月から2003年2月の間の予定。

2.協力機関

表1（下段）に示す5施設の予定。

3.システムの概要

1)検査用端末

第1次実証実験と同様であるが、第2次実証実験では、

一部の協力施設においてタッチパネルを導入する予定である。その場合、たとえば言語理解課題では、画面上の選択肢に直接触れるだけで選択反応が可能となる。

また、第1次実証実験時は、聴覚検査刺激の生成に各端末内蔵の音源ボードを用いたが、第2次実証実験では、外付けの音源装置を用いる予定である。それによって、音質の向上と刺激強度のより正確な制御が可能となる。

図3に、本システムのスタート画面、プロフィール入力画面の例を示す。

4.課題内容

1)発声発語課題

第1次実証実験時の母音の発声課題に、「構音動作の反復」「構音の明瞭度」課題を加え、計3種類の課題を準備している。図4に、課題遂行時の画面例を示す。

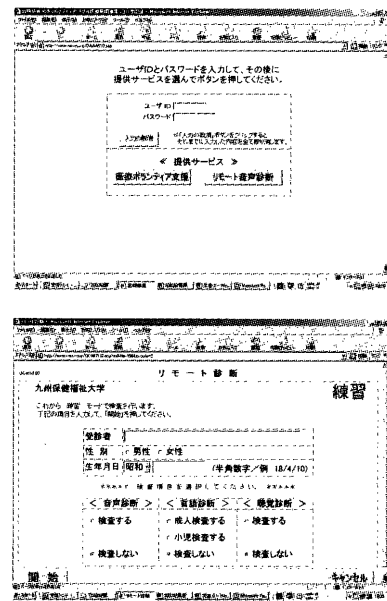


図3 ログイン（上）および被検者名入力（下）画面

母音の発声課題では、被検者は、画面の文字およびレシーバからの音声による指示で、検査用端末のマイクロホンに向けて順次5母音の発声（3秒間程度）を行う。1回目の試行でデータの取り込みができなかった場合、2回目の試行が開始される。

「構音動作の反復」課題では、被検者は「パパパ・・・」「タタタ・・・」「カカカ・・・」の3種類について、5秒間程度なるべく多くの構音動作を行う。

「構音の明瞭度」課題では、被検者は「0（ぜろ）」から「9（きゅう）」までの10個の一桁数字を、画面の指示に応じて読み上げる。

2)言語理解・言語表出課題

言語理解面では、第1次実証実験時と同様（表2参照）

の「ことばの理解1」から「ことばの理解4」までの4種類の課題を準備している。図5aに、2語文レベルの「ことばの理解2」課題遂行時の画面例を示す。

言語表出面では、「ことばの表出1」（単語レベルの表出）、「ことばの表出2」（2語文レベルの表出）として、第1次実証実験時の検査課題に2語文レベルの表出課題を追加している。単語レベルの刺激語は、本、犬、時計、靴下である。2語文レベルの刺激文は、「手を洗う」「本を読む」「椅子に座る」「テレビを見る」である。図5bに、単語レベルの「ことばの表出1」課題遂行時の画面例を示す。

さらに、提示された絵（本、犬、時計、靴下）の名称を文字で表す、単語構成課題が追加されている。「ことばの表出1」と同じ刺激語の絵が、10文字の清音仮名文字とともに提示されるので、被検者にはマウスで該当する文字を順にクリックして単語構成を行うことが求められる。図5cに、単語構成課題遂行時の画面例を示す。

3)聴覚検査課題

第1次実証実験から、刺激の提示スケジュールを大幅に見直した。図6に、課題遂行時の画面例を示す。

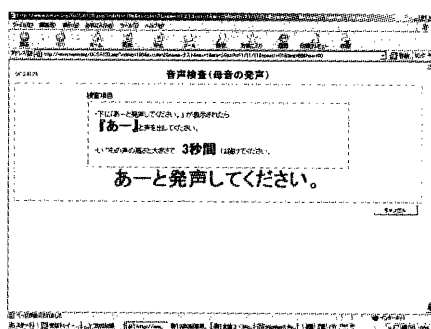


図4 発声発語課題の画面例

検査音周波数は、500, 1000, 2000, 4000Hzで第1次と同様である。まず、50dB nHL音が呈示され、検出反応がなければ2回目が呈示され、もし1回目または2回目で反応があれば、30dB nHL音が2回まで呈示される。50dB nHLに2回とも無反応であれば60dB nHL音へ移行し、2回まで呈示されてから、次の検査周波数に移行する。

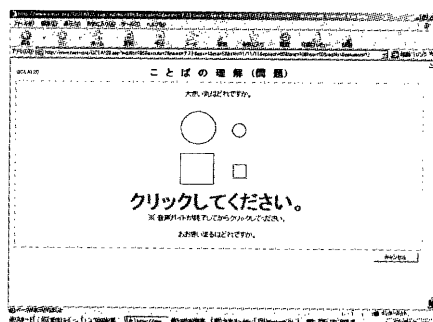


図5 a 言語理解課題の画面例

こうした変更は、所要時間を短縮すること、防音室で

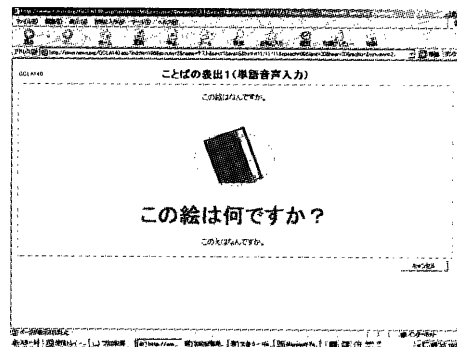


図5 b 言語表出課題の画面例

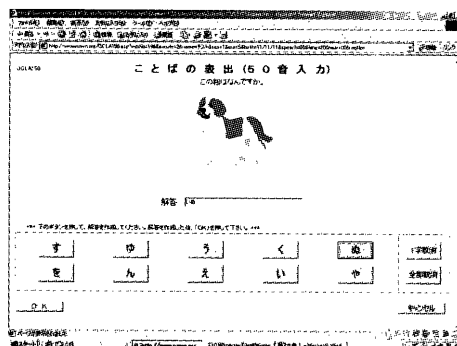


図5 c 単語構成課題の画面例

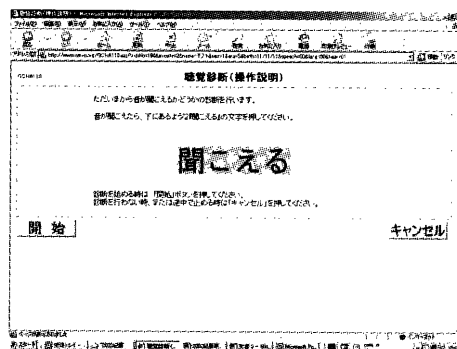


図6 聴覚検査課題の画面例

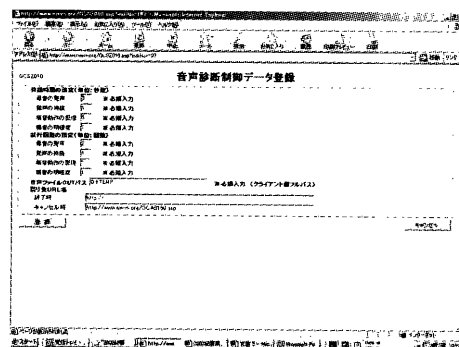


図7 a 発声発語課題 条件設定画面例

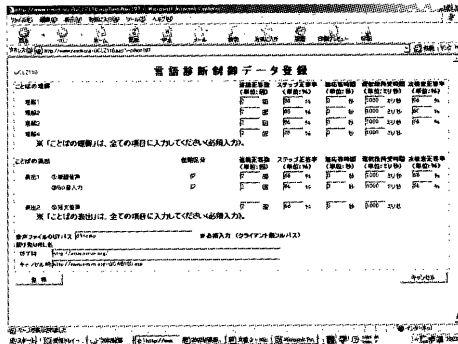


図7 b 言語理解・言語表出課題 条件設定画面例

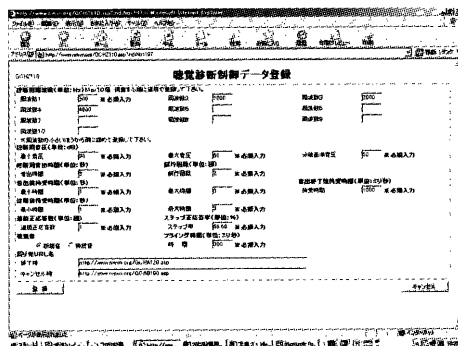


図7 c 聴覚検査課題 条件設定画面例

はない環境での検査を考慮して、背景雑音の影響を受ける弱刺激の提示を省くことを目的に行った。

4)パラメータ設定

各検査の刺激強度や提示時間、次の検査への移行や終了の判断条件は、本学科に設置の操作端末から設定することができる。

発声発語課題 (図7a)、言語理解・言語表出課題 (図7b)、聴覚検査課題 (図7c) のパラメータ設定画面例を示す。

5)結果のダウンロード、メール送信

検査用端末からシステム・サーバにアップロードされたデータを、本学科に設置の操作端末からダウンロードし、結果を分析することができる。図8に、ダウンロード時の画面例を示す。

また、各被験者の結果について、指定のメールアドレス宛に評価結果を送信することができる。図9に、結果通知メール作成画面例を示す。

第2次実証実験以後の予定

2002年12月から2003年1月の間に第2次実証実験を行い、その結果を分析、検討の上、本システムの改善を行う予定である。さらに、発声持続時間の正常値収集など、本システムをより実用的に応用可能な部分について、

積極的に臨床応用を進めたいと考える。

引用文献

- 1 藤田智香子, 岩月宏泰: 在宅療養者にテレビ電話を利用した遠隔リハビリテーションの経験. 日本公衆衛生雑誌, 第49巻, 第10号, 554頁, 2002.
- 2 古川政樹, 古川まどか, 溝尻源太郎: 音声言語・嚥下障害に対する在宅医療および医療施設間連携. 医療情報学 18(3): 269-274, 1998.

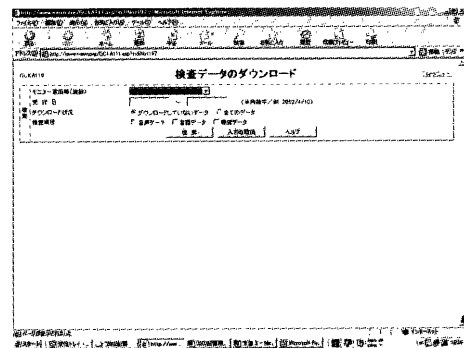


図8 検査結果のダウンロード画面例

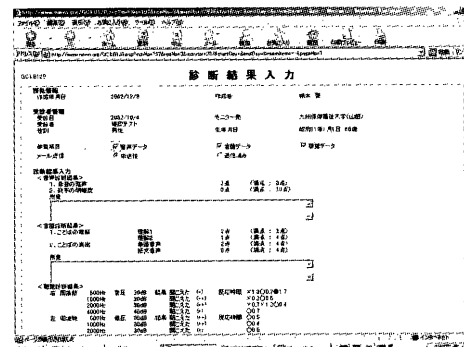


図9 結果通知メール作成画面例

本研究に関連して、第3回日本語聴覚士協会学術集会 (2002年5月, 郡山市) において、本システムの概要について、また、第61回日本公衆衛生学会総会 (2002年10月, さいたま市) において、第1次実証実験の概要について発表した。

謝辞

遠隔システムの稼働実証実験にご協力いただいた、および今後ご協力いただくご施設、ご協力児・者の方々に感謝いたします。