

言語聴覚障害に関する遠隔診断システムの構築 (第2報)

山田 弘幸 苅安 誠 鈴木 啓 田上美年子 笠井新一郎
飯千紀代子 今給黎禎子 安川 千代 柴田 貞雄 倉内 紀子

Construction of a remote diagnosis system for speech-language-hearing disorders (II)

Hiroyuki YAMADA, Makoto YARIYASU, Hiraku SUZUKI, Mineko TANOUE, Shin-ichiro KASAI, Kiyoko IIBOSHI, Teiko IMAKIIRE, Chiyo YASUKAWA, Sadao SHIBATA, 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 our second practical experiment in February 2003, the content of stimulus signal to present for each task and the number of trials were reconsidered and the way of responding with a touch panel was improved, resulting that the mean test time, which was 20 min for the first practical experiment was shortened to 13 min. It was found that this test is applicable even to a subject younger than 10 years old. However, the recognition rate was low in the voice recognition program of a phonation-articulation task, resulting that the frequency to make a retrial became high. Whereas for a hearing task, the rate of detection was low, especially for weak stimuli because of the influence of surrounding noises in addition to the inadequate test procedures.

In December 2003, the third practical experiment is scheduled as the last experiment of our research project, in which we have a plan to improve the test procedures on a large scale as possible. Furthermore, we will investigate the practical applicability of this system through collecting information about each normal value of various measurement items.

キーワード： 遠隔診断システム, 言語聴覚障害

Key words : remote diagnosis system, speech-language-hearing disorder

はじめに

すでに第1報（本紀要第4号）にて報告したとおり、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く、リハビリテーション領域では在宅対象者へのテレビ電話・テレビ会議システムの活用例^{1), 2)} が散見される程度で、特に言語聴覚療法領域での応用例はほとんど見られない。³⁾

しかし、遠隔システムは、各種社会資源の地域格差や専門職のマンパワー不足を改善、補償できる可能性を有するので、言語聴覚療法領域においてもその実現は有意義と考える。

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、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、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、報告済みの第1次実証実験の結果に加えて、今回、第2次実証実験の結果も含めて報告する。

言語聴覚障害遠隔検査システムの概要

本システムは、「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診断の実施を目的としており、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る（図1）。

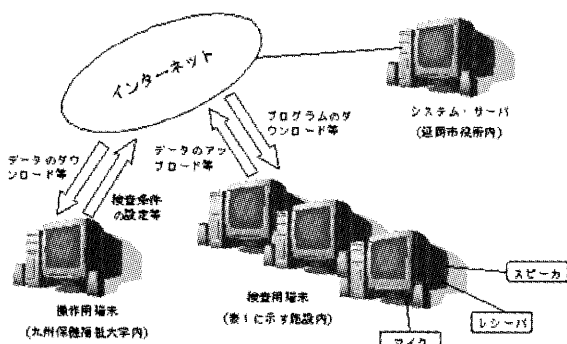


図1 言語聴覚障害遠隔検査システムの概要

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る。図2に、検査用端末の一例を示す。

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」である。

第1次実証実験の概要

1. 実施期間

2002年5月。

2. 協力施設および被験者

表1に示す3施設の利用者および職員から、計32名（年齢範囲20~85歳）。協力施設別では、延岡リハビリテーション病院計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。

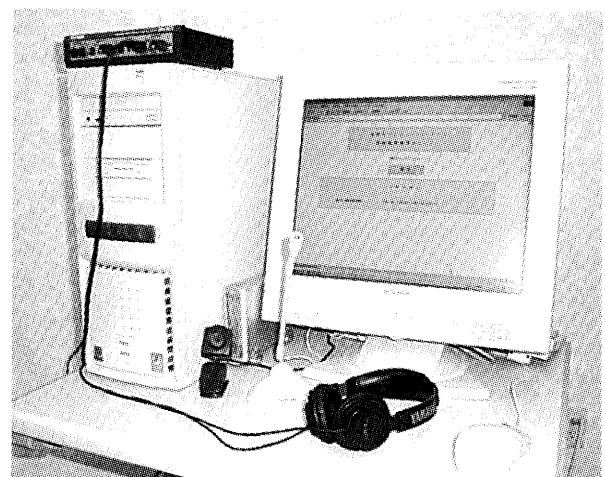


図2 検査用端末の一例

表1 第1次実証実験協力施設

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

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

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）。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。

言語表出面は、「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-10dBnHL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、50dBnHLへの検出反応がなければ、10dB加算された60dBnHL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. 結果および考察

1) 所要時間

3課題の総実施所要時間は平均20分（n=31、所要時間記録が1名分欠如のため）、範囲15分～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た記録、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および分析が可能で、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、発声持続と構音の反復運動に関する課題の追加が必要と考えた。

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と考えた。

4) 聴覚課題

聴覚検査の基本的な手続きである検出課題（提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。

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と考えた。

また、3側面の検査全般に関わることとして、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、課題に対する応答にはマウスを用いる仕様となっているが、高齢者や言語聴覚障害児・者にとっての使いやすさを考慮すると、タッチパネルの採用などインターフェースの改良が必要と考えた。

第2次実証実験の概要

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、基本的な刺激提示、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、発語の明瞭度判定プログラムによる音声認識率が低かったため再試行となる頻度が高かった。言語理解・言語表出面では、試行回数が多かったため被検者の負担が大きかった。聴覚面では、微弱刺激の提示の際、周囲騒音のため聴き逃しが多かった。また、全般的にはマウスによる操作が煩雑だったため、タッチパネルの導入が望ましいと考えた。

これらの問題点を検討の上、3側面の検査課題について、以下のとおり改良を加えて第2次実証実験を行った。

1. 実施期間

2003年1月から2月の間。

2. 協力施設および被験児・者

表3に示す5施設の職員や利用児・者計74名(男性38名, 女性36名)で, 年齢範囲は2歳8か月から85歳7か月(10歳未満18名, 10歳代から40歳代36名, 50歳代から80歳代20名)であった。

3. システムの概要

1) 検査用端末

基本的に第1次実証実験と同様であったが, 2つの協力施設(延岡こども発達支援センターさくら園, 延岡リハビリテーション病院)においてタッチパネルを導入した。図3に実施場面の一例を示す。

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(YAMAHA UW-500)を用いた。

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」課題を追加した。

母音の発声課題では, 第1次実証実験同様, 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)が求められた。1回目の試行でデータの取り込みができなかった場合, 2回目の試行が開始される手続きであった。

表3 第2次実証実験協力施設

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



図3 タッチパネル使用例

「構音動作の反復」課題では, 被検者は「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ことが求められた。

「構音の明瞭度」課題では, 「0(ゼロ)」から「9(きゅう)」までの10個の桁数字を, 画面の指示に応じて読み上げることが求められた。

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)の「ことばの理解1」から「ことばの理解4」までの4種類の課題が設定されていた。

言語表出面では, 「ことばの表出1」(単語レベルの表出)に加えて, 「ことばの表出2」(2語文レベルの表出)が追加されていた。単語レベルの刺激語は, 本, 犬, 時計, 靴下で, 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」であった。

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た。「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, 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た。

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。

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

こうした変更は, 所要時間を短縮すること, 防音室で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. 結果および考察

1) 所要時間

3側面の検査の総所要時間は, 約6分から28分の範囲, 平均13分(n=68), 標準偏差3.9で, 10分未満は1名のみで20分以上は7名であった。

2) 発声・構音課題

母音発声課題を第1試行目で通過したのは「あ」(14名, 19%)から「う」(26名, 35%)の範囲で, 全体(74名×5母音)370データに対しては29%と低い通過率であった(図4)。今後, 入力レベルの設定変更, ヘッドセット式の試行などマイクロフォンの仕様見直し, さ

らに、再試行数を抑制するため、音声の自動分析を行わないことも検討を要すると考える。

2) 言語理解・言語表出面

表4のとおり、理解1から理解4へと課題の難度が高まっているにもかかわらず、理解1での無反応率が59%と高率であった。これは、被験者の反応ミスなど、手続き上の不備が反映されたものと考ええる。

同様に、表出課題での誤答率が一般的に高率なもの、音声認識プログラムの不備によるものと考ええる。

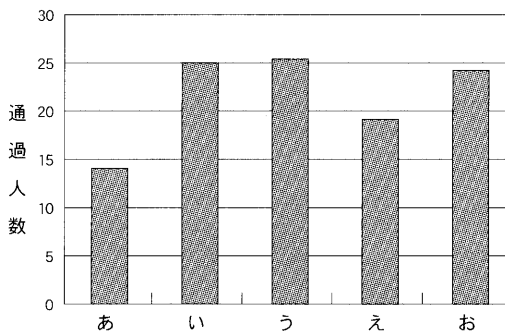


図4 母音発声課題における第1試行での通過人数

表4 言語理解課題の正当・誤答・無反応数

課題	正答数(%)	誤答数(%)	無反応数(%)	計(%)
理解1 (名詞)	122 (63.1)	12 (6.2)	59 (30.6)	193 (100.0)
理解2 (大小+名詞)	108 (83.7)	5 (3.9)	16 (12.4)	129 (100.0)
理解3 (色+名詞)	99 (93.4)	3 (2.8)	4 (3.8)	106 (100.0)
理解4 (大小+色+名詞)	142 (85.0)	3 (1.8)	22 (13.2)	167 (100.0)
計(%)	471 (79.2)	23 (3.9)	101 (16.9)	595 (100.0)

表5 言語表出課題における正当・誤答・無反応数

課題	正答数(%)	誤答数(%)	無反応数(%)	計(%)
表出1 (単語音声入力)	99 (31.7)	186 (59.6)	27 (8.7)	312 (100.0)
表出2 (短文音声入力)	58 (18.6)	240 (77.2)	13 (4.2)	311 (100.0)
表出3 (単語文字入力)	130 (67.7)	25 (13.0)	37 (19.3)	192 (100.0)
計(%)	287 (35.2)	451 (56.3)	77 (9.5)	815 (100.0)

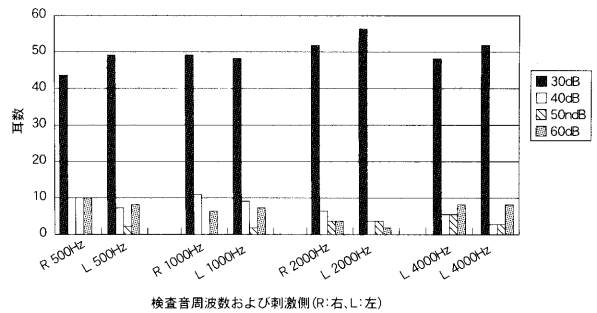


図5 聴力検査課題での検査音の正検出耳数

今回、マウスとの直接的な比較はできなかったが、タッチパネルの有効性は高かったため、今後の一層の拡充を検討したい。

聴覚面では、40dB以上での反応が15~33%とかなり高率で認められた(図5)。出力レベルの校正や周囲騒音の排除の困難さを考慮すると、リモート条件での聴覚の感度検査の実現は困難が大きいと考え、今後は弁別能検査の導入を検討すべきと考える。

第3次実証実験について

上述の第2次実証実験結果を踏まえて、可能な範囲で検査手続きやシステムプログラムを修正し、2003年12月から2004年1月の間に本研究最終となる第3次実証実験を実施する予定である。

さらに、第3次実証実験終了後には、発声持続時間の正常値収集など、本システムのより実用的な応用の可能性についても積極的に検討を進めたいと考える。

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.
- 3 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.
- 3 山田弘幸, 荻安 誠, 鈴木 啓, 他: 言語聴覚障害に関する遠隔診断システムの構築. 九州保健福祉大学研究紀要 4: 209-214頁, 2003.

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。