

〔論文〕

簡易式音声録音再生装置を用いた 四肢麻痺者の行動意欲改善に関する研究

松田 鶴夫*

Development of a simple gadget for voice recording and playback, and research to contribute to the improvement of quadriplegic patients' behavior and motivation

Tsuruo MATSUDA

Abstract: Quadriplegic patients' difficulty speaking to communicate their needs and intentions to their caregivers is an important issue. Communication problems affect quadriplegic patients' independence as well as their overall quality of life. In this report, we developed a simple gadget for recording and playback hardware. We report our findings on the improvements of QOL (Quality of Life) of the patients using this gadget.

概要 四肢麻痺患者や発話困難者等の意思伝達は、介護者との意思伝達や自立支援に重要な課題である。本報告ではPC等に依存せず、操作が簡便かつ安価な簡易式録音再生装置ハードウェアを作成した。本装置を用いて患者のQOL向上に関する検討を行ったので報告する。

1 はじめに

四肢麻痺者や要介護者の生活支援には、介護者の積極的、多様な支援が必要不可欠であることは言うまでもない。その中でも被介護者との意思の疎通は高いウェイトを持つことは広く知られている。さらに重複障害のある養護学校等の児童等については、肢体そのものの運動機能不自由さの他に、知的障害や各種経験の不足による意思伝達力あるいはコミュニケーション力における課題も多い。このような現状の中で、被介護者や児童らの「自ら取り組む意欲と態度の引き出し」は、重要な論点である。

このようなコミュニケーションの成立自身をサポートする機材として、介護者が現場で簡便に必要な音声記録し、被介護者が可能な操作法で再生することを目的とする音声録音再生装置がいくつか販売されている。しかしながら流通する市販製品では録音再生数が2語前後と少ないか、あるいは3語以上の話数を確保するものが高価である等の問題がある。また、健常者が使用するレコーダー等の装置は被介護者が操作することはほとんど不可能であり、また、操作可能にするような後付けのハードウェアの改造が難しい。

本報告では上述する問題点を克服し、安価で操作が被介護者にも可能な方式とし、かつ、安価にて提供可能な装置の試作を行った。また、これを用いて久留米擁護学校の教員ならびに児童を用いた実証試験を行ったので報告する。

2 試作回路のシステム構成について

今回試作したシステムのブロックダイアグラムをFig. 1に示す。システムはAPR9600メインボード、LM386音声アンプ、電源回路の3つで構成されている。

音声の録音再生には原則的にボタンを使用しているが、養護学校の児童対象実験では画一的なボタンを使用することはできない。これは児童毎に操作できるボタンの形状や動作パターンが異なっていることに起因している。

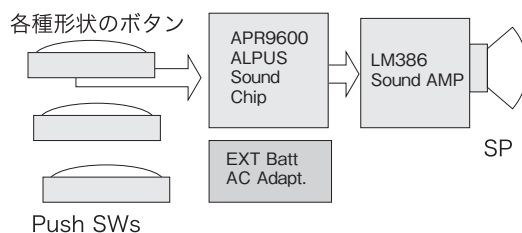


Fig. 1 試作回路の構成

Table 1 抵抗値とサンプリング周波数

抵抗値 (ohm)	サンプリング周波数 (Hz)	入力帯域 (Hz)	記録時間 (SEC)
84K	4.2K	2.1K	60
38K	6.4K	3.2K	40
24K	8.0K	4.0K	32

*情報ネットワーク工学科
平成24年10月15日受理

そこで本試作では養護学校等で既に使用実績のある（児童毎に使用可能な専用品相当）各種ボタン動作にハードウェア的に対応するため、必要に応じて変換回路を追加するとともに、 $\phi 2.5\text{mm}$ プラグジャック方式による脱着可能なものとした。

また、本装置にデフォルトとして簡易なプッシュスイッチ（押している間だけ ON を維持する）を装備し、被介護者の操作等にも資する事とした。

また、録音再生可能な話数は 8 音声とし、音声品質は明瞭に確認できる程度のものとした（低コストを実現するため、オーバークオリティは避ける）。音量については比較的騒がしい指導教室内でも聞き取れるくらいの大きさを確保することとした。また、回路の製作は久留米工業大学在学学生が可能なように、回路基板を新たに作成することとした。これにより人件費や配線時の人為的エラーを削減することを可能とした。さらに運用上の利便性を考慮し、実装ケースを片手で持ち歩ける程度のサイズにする事と、バッテリー駆動あるいは AC 電源による駆動ができる事を目標仕様とした。

以上のような要求仕様をもとに各種開発を行った。

2. 1 メインボード設計パラメタと回路について

前述する 2 の要求仕様を満たすために、メイン IC には APR9600 (APLUS 社製) を採用した。本チップは外部 IC 等を追加する事無く、40 から 60 秒（サンプリング速度依存）の音声の録音並びに再生機能を持つ IC である。本チップにはテープモード（従来のテープレコーダ式仕様）と、あらかじめ記録しておいた音声を任意に発音させるランダムアクセスモードを備えている。今回の製作ではランダムアクセスモードを使用する事とした。

また、Table 1 に示すように、抵抗値を変更することにより、APR9600 は様々なサンプリング周波数に依存した帯域や記録時間の設定を行う事ができる。そこで、記録時間を最も長く確保できる 4.2KHz のサンプリング周波数で音声の録音再生を検討した結果、音質の低下が顕著に現れることを予備実験で確認した。しかしながら、最高音質である 8KHz と 6.4KHz を比較した結果、顕著な相違を確認する事はできなかった。これは使用したスピーカー等の品質にも依存するパラメタと考えられる。そこで今回はサンプリング周波数を 8KHz として使用する事を選択し、設定値を 38K Ω （実際には 39K Ω ）として回路の設計と評価を行った。この結果、8 種類の個別音声に対して 1 音声あたり約 5 秒の録音再生

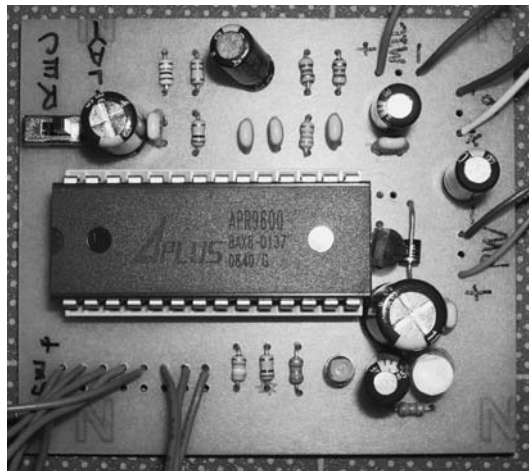


Fig. 2 メインボード実装図

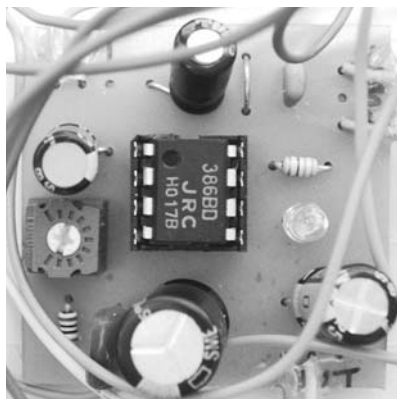


Fig. 3 音量増幅用アンプ実装図

時間を確保した。この時間長は想定される語彙を記録するには必要十分であることは確認済みである。

上記パラメタをもとに各種基板設計を行った。基板作成には CAD ソフトとして流通しているフリーソフト Eagle (CadSoft Online 社製, Ver. 4.16) を使用した。ここで作成した回路データを作成したデータを excellon ならびに gerber データに変換し、基板作成機材に係る CAM データを用意した。

各データはサーキット CAM (日本 LPKF 社製) を通して、加工用データに変換する。変換したデータは手作業により細かい修正を施し、切削専用のデータに仕上げていく。作成したデータをミリングマシン (基板切削加工用器材, Protomat C30, 日本 LPKF 社製) に渡し実際の銅板を基板として加工しする。このときの基板加工用ソフトには BoardMaster (日本 LPKF 社製) を使用した。

以上のような過程を経て、基板用片面銅板に切削加工を施し、必要なパーツを実装して動作試験まで完了した結果の一例（APR9600メインボード）をFig. 2に示す。本基板に各種パーツを搭載し、ハンダ付けを施す事により本学学生においても誤り無く量産化が容易となる。

2. 2 アンプ部について

APR9600は内部に小型の電力アンプを搭載しているため、小音量であれば 8Ω のスピーカー駆動は容易い。しかしながら今回は人で混雑した状況（養護学校という環境ノイズが大きいと想定される状態）で使用するため、ある程度大きな音量を要する。今回はFig. 3に示すような電力増幅で一般に用いられるLM386を使用して音量増幅用アンプを構成した。また、音量調整用のボリュームも追加している。この基板も2. 1と同様に本研究室にて作成した。

2. 3 ケースについて

今回の装置は片手で持ちあるけるサイズであることが要求される。TAKACHI（HP-170G 85mm×170mm×35mm）のケースを使用し、より丈夫で取り扱いの容易なものとした。

本装置内に006P乾電池を内蔵あるいは外部からの電源アダプタにより電力を供給できる構成とした。

今回の試作では、本装置試作以前までの仕様であるケース内にスピーカーを内蔵することは避け（Fig. 6中に示すタッパーに内蔵した装置）、外部スピーカー端子を接続し、使用者の好みの位置に好みのスピーカーを取り付けられるようにした。最終的な形態をFig. 4ならびにFig. 5に示す。

3 養護学校による評価

3. 1 評価に関する考え方と指針について

本装置の有効性を確認するための印象を含んだ評価実験を行った。本装置を児童等の歩行訓練時に使用するにあたり一定の目標を設定した。

今回の評価では、本装置を意思伝達ツールとしてとらえながら各種活動（訓練）指導に併用する。すなわち児童への自立活動や身体的活動の指導を、単に訓練としての歩行練習でなく、友だちや先生とかわりたいたいという気持ちを持たせることに重点をおいて指導を実施する事とした。

これにより、より良く友だちや指導教師と関わりをもつ手段として本装置を利用し、周囲とコミュニケーションを取る手段としての気持ちを育て、主体的に歩行練習を行う指導に本装置が資するか否かの

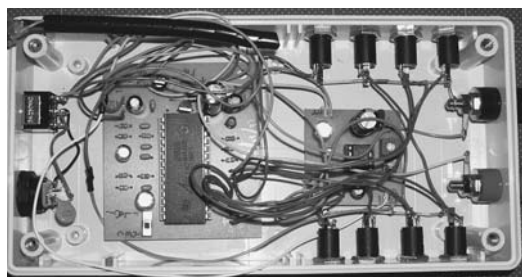


Fig. 4 ケース収納時の本機



Fig. 5 本機外観

点について実験的評価に取り組むこととした。尚、訓練のタスクは以下のように設定した。

- ・歩行訓練に行くことを意思表示させる。
- ・今から学習を開始するという意識をつけるため、自分でもしくは教師と一緒にスイッチを押す。
- ・本装置を活用し、周りの人に知らせる。
- ・表情や身振り手振り、声を出してコミュニケーションを楽しむ。
- ・歩行訓練から戻ってきたら、これで学習を終了するという意識をつけさせるため、自分でもしくは教師と一緒にスイッチを押す。

尚、これらの活動を実践するための留意点として以下に示すようなポイントを設定した。

- ・児童の体調や意欲、時間、行事等を確認してから行うようにする。
- ・できるだけ児童の意欲を大切にして、支援が行きすぎないように気をつける。

また、今回の被験者としては、小学校4年生の児童2名を選択した。対象児童の障害状況を以下に示す。

K児：知的障害（ダウン症）、點頭てんかん
状況：友だちや人がいると近寄ってきて抱っこされようとする。言語による意思伝達はないが、表情や動作による意思表示が見られる。喃語を発する。

T児：知的障害、両感音性難聴、肢体不自由（両上下肢機能障害）
状況：言語はないが、気持ちのわかるような喃語を発する。挨拶がわりに手で相手を叩いたり、足で蹴ったりする。声かけするとよく対応する。手を叩いてリズムをとるなど簡単な動作を真似することができる。

3. 2 学習の経過と観察

始めは、なぜスイッチを押しているのか状況がわからず目的をもって押すことができていないように感じた。

そこで、指導教師と一緒にスイッチを押して、声かけを行った。スイッチを押すことで本装置による自分の存在をアピールでき、スイッチを見ながら押すことができるようになった。押した後、本装置からの発声に反応して驚いた様子や笑顔が見られた（Fig. 6、Fig. 7）。

3. 3 学習の評価

以上の結果を以下の各項目に分けて訓練教師からの聞き取りという形で文書化し評価した。

評価項目1：自分の存在を自主的にアピールし、周りの人に気づいてもらえたか？

結果1：教師から声をかけ、教師が代弁する受け身から、自分でなかなか声を出すことが難しい児童が、スイッチを押して音声を出すことにより能動的に周りに存在をアピールできた。

評価項目2：いろいろな人とコミュニケーションする楽しさを味わうことができたか？

結果2：自分のペースで、自分でスイッチを押して音声を出してアピールし、笑顔や喃語を発して喜んで楽しんでいる様子が見られた。



Fig. 6 訓練中の様子

手元のスイッチを押すと「今からお勉強を始めます。」と聞こえてくる。



Fig. 7 訓練中の様子

帰ってきてスイッチを押すと、「これでお勉強を終わります。」と聞こえてくる。

以上の結果から、以下のような結論とした。

結論1：自ら音声で周囲の人にアピールできるようになった。

結論2：本装置を使ってアピールしたので、児童の存在を意識してくれる人、場面が増えた。

3. 4 試用中に明らかにできた課題

本装置の運用において以下のような久留米養護学校側からの課題を確認した。

課題1：自力でスイッチを押す動作が難しいときがある。より意欲をもたせ自分で押すことができるような支援を考えていきたい。

課題2：将来的には児童の声を録音したもので本装置を使ったり、自ら発声ができたりするよう進めていきたい。

4 結論と今後の課題

今回の試作により、本装置が肢体不自由者や知的障害を持つ児童らに対して、意思伝達のツールとして活用できる可能性を見いだした。

また1セットあたり部品単価で約1万円程度で製作可能であることから、安価に提供できる可能性もある。しかしながら実際の商品化等を想定する際は、人件費、輸送費、開発費等の各種コストが上乘せされることから低価格化への壁を払拭できているとは言い難い。更なるコストダウンの方法を検討する必要がある。

また3.4節課題1にあるように、被験者の障害重篤度によっては自力でスイッチを押す動作が難しい事例も確認された。

そこでこのような事例に対応するために、本研究室ではボタンの形状や形等について検討を加える事もさることながら、生体信号を活用したスイッチについて活用する事を現在考察中である。

これは、被験者が随意的に動かす事ができ、かつ、動作の再現性が高い部分から生じる筋電図(EMG)を導出し、これをスイッチの役目として活用しようとするものである。

本研究室では、マイクロコントローラ(PIC, Microchip Technology)を使用した機器制御やAD変換に実績があり、既に下半身麻痺者リハ支援装置(Wills)等も研究開発中である。この研究開発の中で筋電図等の生体信号をシステム制御に用いるための手法や技法についても検討中であり、この過程で製作した各種要素技術が本件にも流用可能である事がわかっている。これらのノウハウをもとに新たな生体機能スイッチに相当する物を追加開発する事も一つの目標となった。

現在本研究室ではFig. 8に示すような、ヒト筋電図を導出ならびにAD変換処理を行い、サーボモータを駆動する装置(把持訓練用装置、起き上がりこぼし)を開発している。これは楽しい把持訓練支援を目的とするものであり、ここでのノウハウが本研究の今後の一つの可能性を示すものであると考える。すなわち、Fig. 9に示すようなヒトからの筋電図応答をボタン応答に置換することによる意思伝達装置の開発に関する可能性である。

今後はこれらの装置を併用しつつ、被験者の総数の増加を計りながらデータを取得し、可能な限り統計的な検討を加味した上で有効性を確認して行く必要がある。

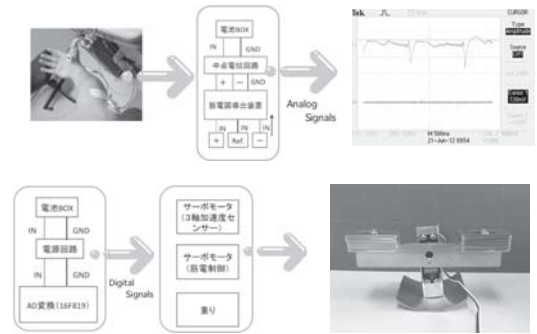


Fig. 8 把持運動訓練装具

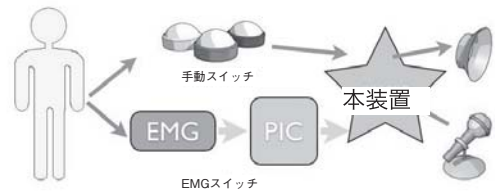


Fig. 9 筋電スイッチ構想図

5 謝辞

本装置を検討開発するにあたり、試作段階からご協力いただいた平成22年度久留米工業大学修士課程卒業生の青木秀之君、同学部卒業生、堤裕太君、平成23年度同上学部卒業生、武藤龍之介君、ほか関係者各位に感謝いたします。

また、実際の現場にて試用並びに評価レポートを頂いた久留米養護学校池田氏他関係者ご一同様に感謝いたします。

尚、本研究の一部は平成23年度科学研究費助成事業(学術研究助成基金助成金)基盤研究(C)、研究課題名:軽量かつインテリジェントなりハ支援装具の研究開発(課題番号 23500665)等によった。

6 参考資料

- 1) APR9600 data sheets 等
- 2) LM386データシート
- 3) トランジスタ技術等、各種技術資料