

重度肢体不自由者用小型赤外線リモコン装置の開発と利用

Development of Small Size Infra-Red Remote Controller

for the Severely Physically Disabled

小山 智史*

Satoshi KOYAMA*

小関 敦†

Atsushi KOSEKI†

佐藤 勇†

Isamu SATOH†

河原 優美子‡

Yumiko Kawahara‡

論文要旨

重度の身体障害者にとって、テレビやビデオ機器を自分で操作することは、QOL 向上の点から重要である。これまでの環境制御装置は、その設置環境やセッティングの容易さに対する配慮が十分ではなかった。筆者らは、セッティングが容易でさまざまな障害に適用できる小型でシンプルな赤外線リモコン装置を開発し、障害の種類や程度や年齢が広範囲にわたる 8 名が継続的に利用した。本論文では、開発した装置の詳細を示すとともに、利用者やセッティングの具体的な状況を示し、その有効性を明らかにした。

キーワード: 重度身体障害者, 赤外線リモコン, 環境制御装置, スキャン入力, スイッチ, タッチセンサ

1 はじめに

筋ジストロフィーや脳性麻痺などの先天性の疾患、あるいは頸髄損傷等により、重篤な障害を抱える重度身体障害者にとって、自分でできることを少しでも増やすことができるならば、それは QOL の向上となる¹⁾²⁾。そのひとつにテレビやビデオ機器の操作がある。テレビやビデオ機器の操作をはじめ、生活空間の中のさまざまな機器を制御するための支援機器は広く環境制御装置と呼ばれ、これまでさまざまな装置が開発され、また市販されている³⁾⁴⁾。

しかしながら、環境制御装置が広く普及しているとはいえない。頸髄損傷者に対する調査⁵⁾⁶⁾によれば、環境制御装置の利用者は 1997 年で 7%、2000 年で 21%にとどまっている*¹⁾。

障害の種類や程度により操作能力が異なるため、利用者である障害者の立場からは個別に最適な支

援機器が提供されることが望まれる。一方、支援機器を開発し提供する側にとっては、利用者毎に個別に最適な設計を行うことは事実上不可能であることから、より広い範囲の利用者に適用できるように機器を設計することが有効である。

このような利用者側と開発者側の事情に加え、日々接する介助者に対する考慮も重要である。それは、介助者が仕組みや操作方法を理解するのが難しかったり、セッティングが難しかったりすると、良好な状態で利用できなかつたり、あるいは全く利用されなかつたりするためである。また、利用者は吸引器、酸素濃縮装置、人工呼吸器、ナースコールセンサなどを利用していることが少なく、追加する装置は極力簡素であることが望まれる。

このように、装置の設置環境やセッティングの容易さに着目すると、従来の環境制御装置は改善の余地が少なくない。図 1(a) は、リモコン装置(環境制御装置)をタッチセンサで利用する場合の典型的なセッティングを示したものである。タッチセンサの電極は、利用者の操作する部位にセットし、タッチセンサ装置を経てリモコン装置とケーブルで接続する。また、リモコン装置は、赤外線 LED がテレビの方向を向き、かつ装置の状態(選択箇所など)を示す表示が視野に入るように位置

*弘前大学教育学部 附属教育実践総合センター
Center for Educational Research and Practices, Faculty of Education, Hirosaki University

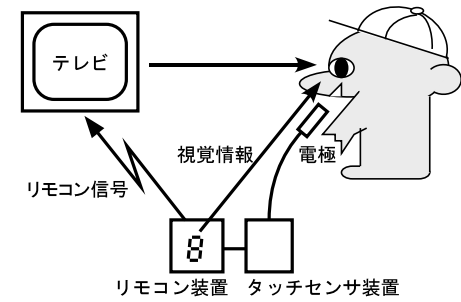
†国立病院機構 青森病院

National Aomori Hospital

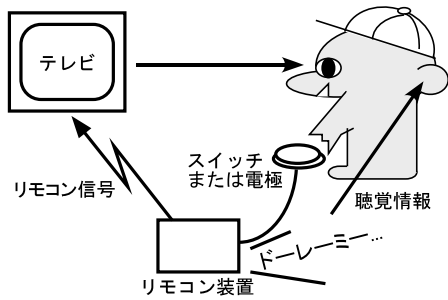
‡身体障害者療護施設 山郷館 (非常勤)

Department of physical therapy, Sangohkan

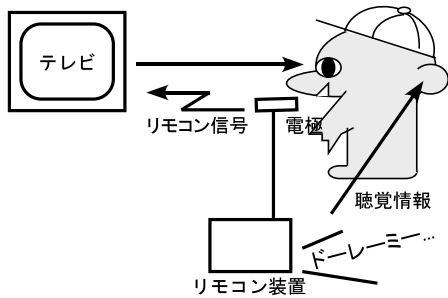
*¹⁾同調査⁵⁾⁶⁾によれば、制御機器の中でテレビは第 3 位(1997 年)および第 1 位(2000 年)、制御項目数は平均 7 となっている。また、環境制御装置への不満のひとつとして「本体が大きすぎる」という指摘がある。



(a) 典型的なリモコン装置のセッティング
(タッチセンサで制御する場合)



(b) センサ分離型リモコン装置のセッティング



(c) センサー型リモコン装置のセッティング

図 1: リモコン装置のセッティング

を決める。装置によっては、表示器が本体から独立しているものもある。

筆者らは、このようなセッティングの制約を軽減し、広範囲の利用者に適用できる小型の赤外線リモコン装置を開発した⁷⁾。本論文では、開発した装置の詳細と適用事例を記し、有効性を明らかにする。

表 1: 開発したリモコン装置の主な仕様

項目	機能・性能
操作方式	1 スイッチによる自動スキャンまたは手動スキャン
スキャン速度 (自動スキャン時)	1 秒
入力	接点入力またはタッチセンサ電極
入力ジャック (センサ分離型)	3.5mm モノラル
制御項目数	最大 8
状態フィードバック	ブザー音によるドレミ... ドの 8 音階
出力	赤外線リモコン信号 (接点出力 1 を追加可)
信号の登録方法	学習式 (登録されている 94 個のリモコン信号の中から最大 8 個を学習登録)
重量 (AC アダプタ除く)	54g(センサ分離型) 97g(タッチセンサー型)
サイズ	本体 58 × 18 × 95(mm) ヘッド 8 × 60(mm) (タッチセンサー型)

2 赤外線リモコン装置

(1) 赤外線リモコン装置の構成

開発した赤外線リモコン装置の構成を図 2 に、また、主な仕様を表 1 に示す。実装の違いから、センサ分離型とタッチセンサー型の 2 種類あり、それぞれ図 1(b)(c) のように用いる。どちらも内部回路とマイコンプログラムは同一である。製作したタッチセンサー型の装置の様子を図 3 に示す。センサ分離型は、本体側面に赤外線 LED があり、本体のジャックにスイッチやタッチセンサ電極を接続する。

図 2 において、入力信号の処理や、記憶したリモコンデータからリモコン信号を生成する処理などは、すべてマイコン (Atmel 社⁸⁾ AT90S2313 後に ATtiny2313 に変更) を用いて行っている。

(2) 操作スイッチ

内部回路の入力端子には押しボタンスイッチやタッチセンサ電極、接点出力を有する各種センサユニットを接続できる。押しボタンスイッチを用いた場合は、スイッチを押すと内部のマイコンの

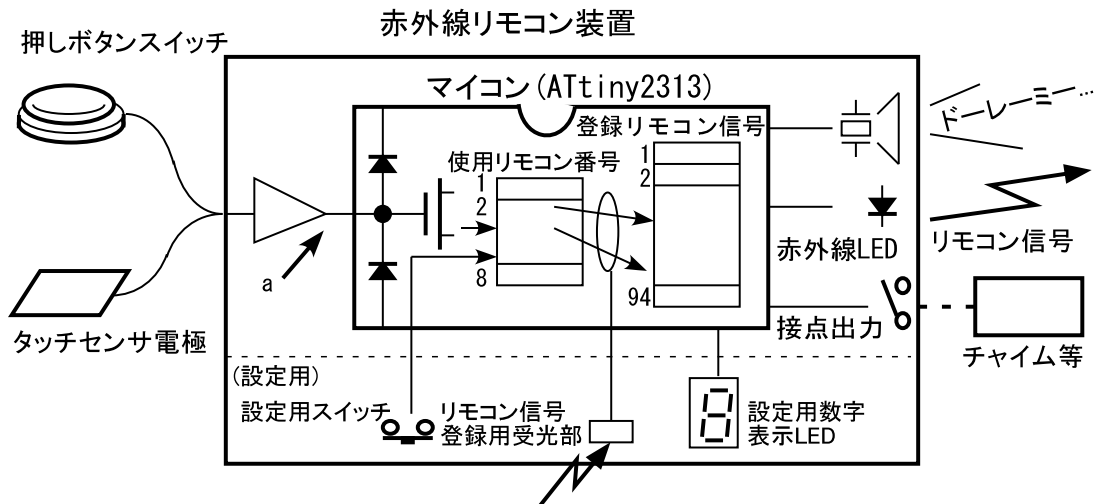


図 2: リモコン装置の構成

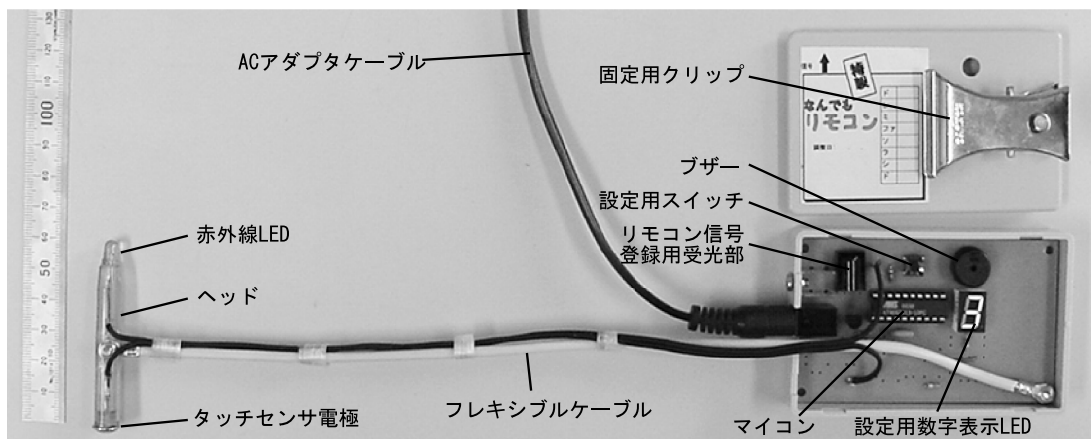


図 3: タッチセンサー体型リモコン装置

入力信号 (図 2 中の a 点) はローレベルとなる (図 4(a))。また、タッチセンサ電極を用いた場合は、電極に触れることにより、商用 AC 電源から人体への静電誘導によるいわば雑音電圧が加わり、ハイレベルとローレベルが交互に変化する (図 4(b))。マイコンのプログラム処理により、これらのいずれの入力信号が加わった場合も「入力操作あり」と判断されるようになっている。

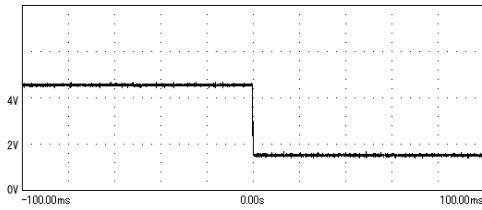
図 5(a) は押しボタンスイッチをマジックテープで親指に固定し、利用している例である。また、同図 (b) はタッチセンサ電極を衣服に固定し利用している例で、電極はシールド線の先端に金属板を接続した簡素なものである (外部からの雑音の影響を防ぐために両面プリント基板を使用し他方

の面を接地)。また、図 3 のタッチセンサー体型装置では、図左の 8mm × 6cm のヘッドの両端に電極と赤外線 LED が付いていて、フレキシブルケーブル (約 22cm) で本体に固定されている。本体のクリップはブックエンドなどに固定するためのものである (使用の様子は図 6(b))。

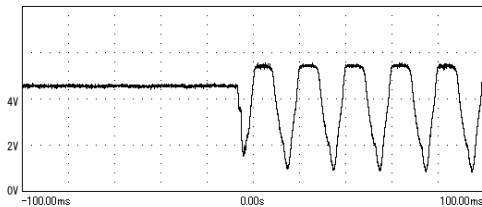
(3) 操作方式

装置内部の設定用スイッチを 3 秒間押し続けることにより、自動スキャンと手動スキャンを切り替えて利用することができる。この設定は電源を切っても保持される。

自動スキャンの場合は、1 度スイッチ操作をする



(a) 押しボタンスイッチを接続した場合



(b) タッチセンサ電極を接続した場合

図 4: 入力信号の波形 (図 2 中の a 点)



(a) 押しボタンスイッチの装着例



(b) タッチセンサ電極の装着例

図 5: 操作スイッチと装着例

と1~8の選択肢に対応して「ド レ ミ ... ド」のようにブザー音の音階が1秒ごとに変化する。選択したい箇所ですwitch操作すれば、番号(音)に対応する赤外線リモコン信号が送られる。

手動スキャンの場合は、スイッチを短く操作する度に1~8の選択肢に対応して「ド レ ミ ... ド」の音階でブザー音が鳴る。選択したい箇所ですwitchを長く(1秒間)操作すると、番号(音)に対応する赤外線リモコン信号が送られる。スキャンの途中に3秒間スイッチ操作しないと、操作はキャンセルされる。

ただし、これまでの利用者の全員が自動スキャンで用いていて、手動スキャンの利用実績はない。

自動スキャンでは、装置の状態を知るために、視覚情報での提示(LEDの発光位置の移動、数字や文字表示)または聴覚情報での提示(ブザー音や合成音声)が必要である。そして、利用者は装置の状態を正しく把握し、所定の時間内にスイッチ操作しなければならない。つまり装置が目的の状態になるまで「注意を払って」待たなくてはならないのである。ここで用いた音階による情報提示は、装置の注視、合成音声の意味解釈、信号音(「ピッ」)の数え上げなどの必要がない。目的の音階を待って操作すればよいため、利用者の心理的負担は少ないものと考えられる。

(4) リモコン信号の設定 (介助者が設定)

マイコンの内部メモリには94のリモコン信号データが登録されている。主なメーカーのテレビとビデオ機器の付属リモコンについて、電源やチャンネルや音量のボタン操作をした時のリモコン信号を事前に解析装置⁹⁾を用いて解析し、これを用いた。

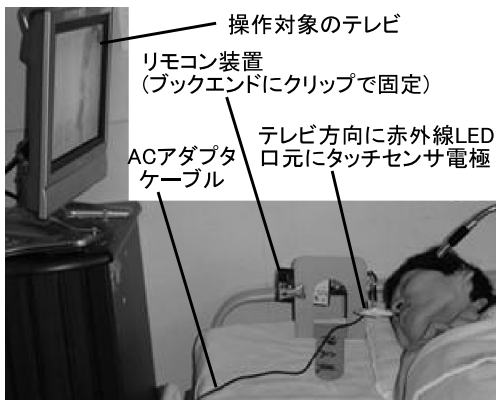
この94の中から、実際に利用者が用いる機器の操作信号を最大8個まで学習登録できるようになっている。図2および図3で、設定用スイッチを操作すると、数字表示LEDの表示が1 2 ...

8と変化する。設定したい番号にして、リモコン信号登録用受光部に向けてテレビやビデオ機器の付属リモコンの登録させたいボタンを押すと、その番号にリモコン信号が割り付けられる。

登録信号数(スキャン数)の設定を行う場合は、装置内部の設定用スイッチを押して、数字表示



(a) センサ分離型リモコン装置 (図 1(b) に対応)



(b) タッチセンサー体型リモコン装置 (図 1(c) に対応)

図 6: リモコン装置のセッティング

LED の表示を 1 2 ... と変化させ、設定したい番号にする。そこで 3 秒間スイッチを押し続けると、登録信号数とその値に設定され、以後、スキャンがその番号に達すると停止する。

これらの設定は電源を切っても保持される。

3 装置のセッティング

図 6 は、実際のリモコン装置のセッティングの様子を示したものである。

図 6(a) はセンサ分離型リモコン装置で、リモコン本体は酸素濃縮装置上に赤外線 LED がテレビを向くように固定している。また、この例では親指にマジックテープで固定した押しボタンスイッチを本体に接続している (図 5(a))。この様子は図 1(b) と対応している。

図 6(b) はタッチセンサー体型リモコン装置で、枕元に置いたブックエンドにクリップで固定している。利用者はテレビの方向を向いていて、口元には両端に電極と赤外線 LED が付いたヘッドがある。電極を口元に、赤外線 LED をテレビの方向に向けてセッティングしている。ヘッドは小型であるため、視界を妨げることはない。この様子は図 1(c) と対応している。

いずれの場合も、選択箇所がブザー音の音階で確認できるので、リモコン装置を視界に入るようにセットする必要はなく、従来の装置 (図 1(a)) に比べてセッティングが容易である。

4 使用例と考察

これまで、本装置を継続的に使用した者は病院、施設、在宅の計 8 名である。使用した装置の内訳は、分離型 6 名 (押しボタンスイッチ 4 名、タッチセンサ電極 2 名)、タッチセンサー体型 2 名である。その利用の状況を表 2 に示した。

利用者は、障害の種類は異なるが、障害の程度はいずれも重く、1 名は軽度の知的障害がある。利用者の年齢も 31 歳から 74 歳までと幅広い。本装置は、このように幅広い利用者に不都合なく適用できることを確認することができた。

いずれの利用者も、テレビやビデオ機器の利用は毎日の生活の一部でもあるので、体調の問題その他特別の事情がある場合を除いて、数年間にわたってほぼ毎日利用している。操作時の視線はテレビ方向であり、操作のミスはほとんどない。会話をしながら操作する場合もある。

センサ分離型のリモコン装置の場合は、装置本体はベッドのヘッドボードやタンスなどに固定され、タッチセンサ電極やスイッチを利用時に装着している。利用者により異なるが、食事、更衣、離床時などの介助のため、1 日に 4~5 回程度スイッチを着脱している。

タッチセンサー体型のリモコン装置の場合は、図 6(b) のように枕元に置いたブックエンドにクリップで装置を固定している。2 名の利用者は、口唇、舌などのわずかな動きで電極に触れ、操作している。ブックエンドを置く位置やフレキシブルケーブルの調整により、利用者の口元に電極を位置決めするが、それは容易であった。また、食

表 2: リモコン装置の使用例

利用者の状況	利用時期	リモコン登録信号 (特に記載がない場合はテレビ)	リモコン装置の利用状況
施設入所 F 氏 (74 歳 女性) 変形性筋ジストニー。四肢麻痺。頸は左を向き、両上肢とも高度屈曲拘縮があるが、右上肢は曲がったままで肩を少し動かすことができる。	2000 年 ~	1:電源 ON/OFF 2:チャンネル 3:チャンネル 4:音量 5:音量	センサ分離型・高感度版のリモコン装置にタッチセンサの電極 (両面プリント基板) を接続。ベッド臥床時に利用。装置本体は頭上のタンスに固定。電極に大型のクリップを熱可塑性樹脂で貼りつけ、右胸の位置に固定。右肩を軸に麻痺した腕を動かす、電極に触れる (図 5(b))。
施設入所 T 氏 (47 歳 女性) ジストニックアテトーゼ型脳性麻痺。四肢痙直性麻痺。両上肢屈曲拘縮があり、話す時に首や上半身の反り返りが強い。	2001 年 ~	1:電源 ON/OFF 2:チャンネル 3:チャンネル 4:音量 5:音量	タッチセンサー一体型・高感度版。ベッド臥床時に利用。リモコン装置をブックエンドに固定し、口先のタッチで操作 (図 6(b))。口にも不随意運動があるため、スキャン間隔を 1.5 秒に延長した。緊張のとれやすい側臥位でテレビを視聴しているが、首の痛みが常時あるため、調子のよい時に使用している。
施設入所 I 氏 (62 歳 女性) 脊髄延髄空洞症、脳水腫。右上下肢重度麻痺、左上肢不完全麻痺。ベッド上で 1 日を過ごす。	2002 年 ~	1:電源 ON/OFF 2:チャンネル 3:チャンネル 4:音量 5:音量	センサ分離型のリモコン装置に押しボタンスイッチを接続。左手指のわずかな対立運動が可能で、スイッチを親指にマジックテープで固定して使用。装置本体は酸素濃縮装置上に固定 (図 6(a))。
施設入所 K 氏 (58 歳 男性) 頸髄損傷。四肢完全麻痺。首を右側に回すことと傾けることのみ可。ベッド上で 1 日を過ごす。	2002 年 ~	1:電源 ON/OFF 2:チャンネル 3:チャンネル 4:音量 5:音量 6:入力切換え 7:CS チャンネル 8:CS チャンネル	センサ分離型のリモコン装置に押しボタンスイッチを接続。仰臥位で、右鎖骨の上部の掛布団に押しボタンスイッチを固定。口を開き、下顎でスイッチを操作する。処置が多く、ベッドの位置が変りやすいため、リモコン装置は専用のスタンドの上に固定。
在宅 Y 氏 (女性 故人) 頸髄腫瘍。四肢麻痺。頭部のみ動く。	2002 年 ~ 2004 年	1:電源 ON/OFF 2:チャンネル 3:チャンネル 4:音量 5:音量	センサ分離型・高出力版のリモコン装置に押しボタンスイッチを接続。本体はベッドのサイドボードに固定。車椅子での使用時は、スイッチを大型クリップで首のマフラーに固定し、顎や首の肯きで操作。ベッド上での使用時は、スイッチを大型クリップで掛け布団に固定し、下顎で操作。隣室に斜め向きに置かれたテレビをリモコン操作する必要があったため、赤外線 LED の出力を増強した。
病院入院 N 氏 (男性 故人) 進行性筋ジストロフィー。	2000 年 ~ 2001 年	1:チャンネル 2:電源 ON/OFF 3:音量 4:音量 5:VTR Play 6:VTR FF 7:G コード 8:タイマー	センサ分離型のリモコン装置にタッチセンサ電極を接続。車椅子で使用。
病院入院 I 氏 (31 歳 男性) 進行性筋ジストロフィー。上肢および下肢機能は全廃。体幹は側彎が著明で仰臥位しかとれず、ベッド上で 1 日を過ごす。	2000 年 ~	1:電源 ON/OFF 2:VTR チャンネル 3:VTR チャンネル 4:音量 5:音量 6:チャイム	タッチセンサー一体型・高感度版を枕元に置いたブックエンドに固定。口唇および舌の動きは良好で、口先のタッチで操作している。リモコン制御の他、リモコン本体内部の接点出力端子に市販のチャイムを接続した。
病院入院 N 氏 (50 歳 女性) 脳性麻痺。四肢麻痺があり首を動かすことと寝返りをうつことができる。また、軽度の知的障害があるがコミュニケーションは良好。	2000 年 ~	1:電源 ON/OFF 2:チャンネル 3:チャンネル	センサ分離型のリモコン装置に押しボタンスイッチを接続。ベッド上で側臥位にて利用。顔の横に置いたスイッチを当初は顎で操作したが、現在は側頭部で操作している。

事,更衣,その他の介助の度に,ブックエンドを少し移動し,また利用時の位置に戻すが,装置が小型であるため,多くの場合は枕元近くの邪魔にならない位置に移動するだけで済んだ。

以上の作業を担当するのは,病院では指導員や看護師,施設では介護職員,在宅ではホームヘルパーとさまざまであり,また,いずれの場合も複数名が交代で行っている。このように多くの介助者が担当したが,セッティングは容易にかつ正確に行うことが可能であった。

なお,本装置の適応の判断や本体の固定場所,スイッチの選択など,最初の導入は,病院では指導員,施設では理学療法士が行った。

リモコン信号の登録や変更などの設定は,介助者も容易に行うことができた。

このようなセッティングの容易さは,介助者にとってのメリットであるばかりでなく,明らかに利用者へのメリットとして還元されていると筆者らは感じている。

一方,以下のような問題もあった。

リモコン信号は,あらかじめ用意した 94 の信号の中から選択登録するが,この中に無いリモコン操作をしたいという場合があった(CS チューナのリモコン操作など)。これらのデータを 94 の中の現在どの利用者も利用していないリモコンデータと入れ替え,結果的にプログラムをどの利用者にも共用できるようにした。しかし,本質的な解決のためには,メモリ容量(現在 2KB)のより大きいマイコンを用いる必要がある。また,未知のリモコン信号をも学習できるようにするためには更に検討が必要である。

3名については,エアマットや電動ベッドを使っているなど使用環境の問題からタッチセンサの感度が不足し,増幅回路を増設した(表中「高感度版」の記載)。

1名については,舌の不随意運動があり,操作を確実に行えるようにスキャン時間を 1.5 秒に遅くした。

1名については,隣室に斜め向きに置かれたテレビをリモコン操作する必要があり,赤外線 LED の出力を増強した(表中「高出力版」の記載)。

当初,同一装置がなるべく広い範囲の利用者に利用できるような設計を目標とした。異なる障害に適用できた点と,異なるセンサを接続できた点では,およそこの目標を達成できたと考えている

が,上記のように使用機器や使用環境や障害の程度の差異を十分吸収することはできなかった。

5 まとめ

重度の身体障害者がベッドサイドで用いるリモコン装置においては,制御対象は多くなく,セッティングの容易さが求められる場合がある。このような状況を考慮し,小型の赤外線リモコン装置を開発した。

開発した装置は介助者にとってセッティングが容易であり,その有効性を確認することができた。著者らは,従来の装置は介助者の視点からの考慮が十分ではなかったと感じており,他の装置に関しても同様の視点での検討をすることが重要であると考えている。また,装置に押しボタンスイッチとタッチセンサ電極のいずれをも接続できるようにした点については,開発・製作および保守の観点から有効な方法であると思われた。

その一方で,使用機器や使用環境や障害の程度の差異を十分吸収することはできなかった。調整や設定の範囲内でどの利用者にも対応できるように装置を改良することは今後の課題である。

なお,本論文のリモコン装置の詳細は下記に公開している。

<http://siva.cc.hirosaki-u.ac.jp/usr/koyama/nandemo/>

(謝辞) 永沢英司氏(故人)には,本論文にかかるリモコン装置の必要性を強く表明していただくとともに,第 1 号機の利用者として多くの指摘をしていただきました。また,下山庸子氏には,タッチセンサー体型装置やそのセッティングに関してさまざまな提案をしていただきました。心から感謝の気持ちを記します。

参考文献

- 1) 大竹進: 筋ジストロフィーのリハビリテーション, 医歯薬出版, 2002.
- 2) e-AT 利用促進協会: 福祉情報技術 II, ローカス, 2003.
- 3) 畠山卓朗: コール・操作スイッチ・環境制御装置, OT ジャーナル, Vol.36, No.6, 687-693,

2002.

- 4) こころリソースブック「第 19 章 環境制御」, こころ Web, <http://www.kokoroweb.org/main.html>
- 5) 横田恒一, 数藤康雄: 環境制御装置に関するアンケート調査, 第 12 回リハ工学カンファレンス講演論文集, pp.463-466, 1997.
- 6) 山岸秀之 他: 頸髄損傷による四肢まひ者の生活と環境制御装置の課題, 第 15 回リハ工学カンファレンス講演論文集, pp.605-608, 2000.
- 7) 小山智史: ワンチップマイコンで作る福祉機器「なんでもリモコン」, 第 79 回教育・福祉とエレクトロニクス懇話会資料, 2001.
- 8) AVR マイコン, <http://www.atmel.com/atmel/products/AVR/>
- 9) 伏見泰治: 赤外線リモコンコード解析器, <http://www.interline.or.jp/~tomcat/picrcn21.htm>