

41. バイオリモートを操る有効な生体信号の調査と利用時の問題点抽出ならびに受容度の評価

- 本田 雄一郎（現所属 兵庫県立リハビリテーション中央病院・ロボットリハビリテーションセンター）
- 陳 隆明（現所属 兵庫県立リハビリテーション中央病院・ロボットリハビリテーションセンター）
- 辻 敏夫（現所属 広島大学工学研究院）
- 大塚 彰（現所属 県立広島大学保健福祉学部）
- 島 圭介（旧所属 広島大学大学院医歯薬保険学研究院 現所属 横浜国立大学大学院工学研究院）

【 研究目的 】

本研究の目的は、体位変換後も、そのまま環境制御が行える生体信号（筋電信号、音声信号、関節角度変化）を用いれば、環境制御装置を利用者が有効に活用可能になるか、また、信号計測用センサの取り付け作業に付随して起こる問題点の抽出ならびに解決案を準備し、生体信号で操作可能な環境制御方法の受容度を調査したい。

【 現状の技術 】

環境制御装置とは、生活環境に設置された諸家電機器や照明器具などを統合的に操作するための装置である。従来型の操作環境制御装置では、ボタン操作や呼気スイッチなどを用い、操作対象家電が書かれたパネル上の家電機器を選択・操作している。この方法では、操作対象および操作内容が少ない場合には対応可能であるが、操作対象や操作内容が増えてくると様々な課題が現れてくる。コンピュータをベースとし、操作対象機器名と操作内容が文字列でディスプレイ上に階層構造表示される環境制御装置「みてら」が商品化され、多チャンネルの操作も可能となっている。



図 1. リメイク版バイオリモートの評価空間. a) 入り口部：電動扉，ステレオ，b) 窓部：電動カーテン・窓・シャッター，c) ベッド周辺部：TV，HDDレコーダー，照明器具

本研究のテーマにある「バイオリモート」は、広島大学にて開発されたヴァーチャル空間と実世界を結びつけたビジュアル環境制御装置である。このシステムの臨床応用を目指し改良するため、(独)産業総合技術研究所により開発されたロボット・ファームウェア基盤である OpenRTM-aist をベースにリメイクを行った。これにより生体信号を取得するセンサの種類の変更や追加・削除をソフトウェアコンポーネントの繋ぎ換えにより柔軟かつ動的に行えるようになった。(リメイク版)バイオリモートの評価を行うための評価空間の設置が本研究助成期間途中から開始されることとなり、ハードウェアおよびソフトウェアの研究開発のためのプラットフォームが順次整いつつある(図1)。

リメイク版バイオリモート(図2)は、広島大学で開発された家電機器を操作する際の手軽な操作手法は継承し、ヴァーチャル空間中に表示される家電と自宅内部にある家電を視覚的に同じような配置となるよう、部屋の写真上に操作メニューを合成できるようにした。これにより生体信号で家電を選択し、メニュー操作で制御可能となる。

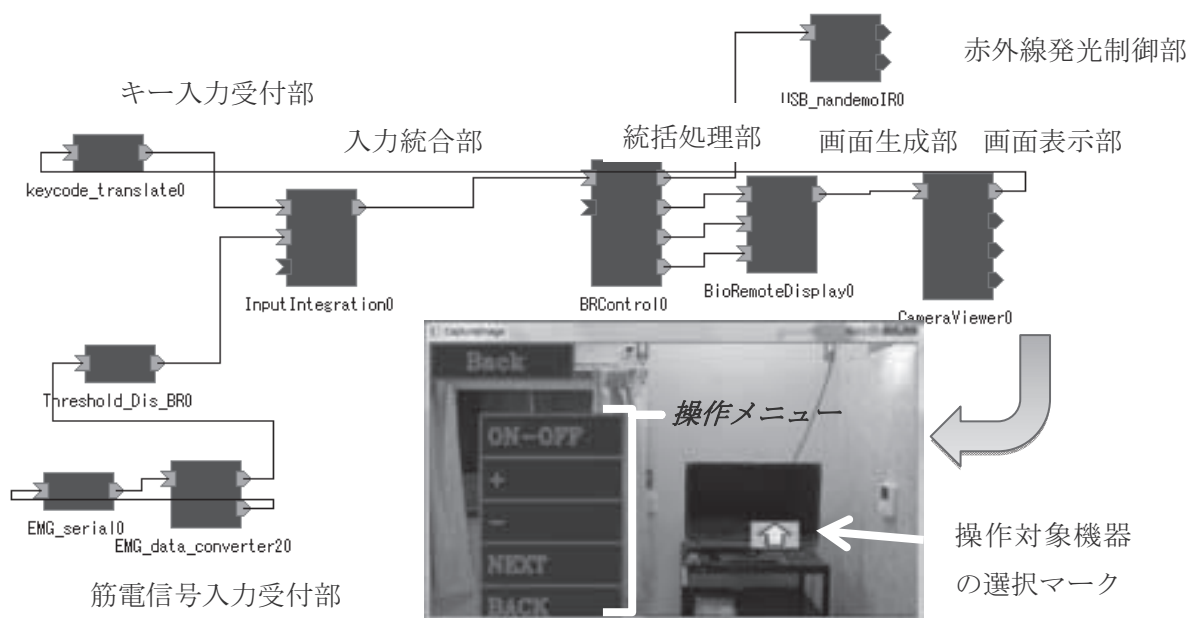



図 2. リメイク版バイオリモートのプログラムと操作画像。

【 実施内容 】

対象者と評価対象とした入力機器

候補者の訓練過程との兼ね合いで協力して頂ける方が限定されるが、今回は、脊髄損傷患者1名(頭部を意図的に動かすことが可能)、片腕切断患者1名(右上腕部切断)に協力していただいた。バイオリモートの利用には、最低2種類(「次の候補選択」と「決定」)の信号を作り出せる必要がある。もっとも簡単な入力デバイスであるボタン系スイッチを利用する場合、ボタンのクリックと長押しクリック操作でも2種類の信号を作り出せるが今回は従来からあるボタン系スイッチデバイスは評価対象に含めず、新たな入力技術デバイスを主として、2種類以上の入力信号が得られるものを評価対象としている(表1)。

表1 本研究で準備した生体信号を計測する入力機器

1. 筋電センサ	2. マイク	3. タブレット状入力機器
		
長所： 身体に装着した状態で使用	音声が届くれば計測可能	画面上のポインタを見ながら操作が可能
短所： センサの装着場所の特定が容易でない	マイクの指向性、雑音除去性能などで周囲音が雑音として計測される	操作する身体部とタブレットの相対位置の固定が必要
4. Kinect センサ + OAK	5. 小型ジョイスティック	6. Leap Motion
		
長所： ビデオカメラとは異なり、暗い状態でも計測可能	手元の動きのみで操作可能	どこにも触れることなく操作可能
短所： 体位変換に若干影響される	身体の動きで操作可能な身体部位に固定する必要あり	センサとの距離を適切に維持する必要あり

【 実験結果 】

マイクで音声信号を拾い上げ音声認識により操作することが声を出して話せる被験者にとっては、最も使いやすいと予想していた。静かな環境では操作したい家電を直接選択でき快適であることが開発過程を通して理解できていたが、周囲の話し声や環境音がマイクに入ると音声認識が上手く機能しない短所が今回の実験では顕著に現れた。環境によりマイクの種類や感度、固定位置・向きを調整する必要があり、周囲環境の変化（例 近所で工事が始まった等）に影響を受けるため、音声入力だけでなく、別の入力方式も同時に利用できるよう考慮する必要がある。

タブレット状入力機器は療法士の視点から最も期待された入力機器であった。従来はマウススティックと呼ばれる柄のついたマウスピースを口に咥え、柄を動かしてキーボードやトラックボールを用いた入力ができるケースもあり、その類似性から軽いタッチ操作で入力可能なデバイスが楽ではないかと提案された。

Kinect センサと Oak ソフトウェアの組み合わせは、Kinect により撮影されたカラー映像または深度映像に対して、任意の領域に仮想的なスイッチを配置できるシステムである。

この新技術を応用したデバイスはますます洗練され発展すると予想される。しかし、実験協力者から、ベッド回りには **Kinect** を置ける場所の余裕が見当たらないとの指摘があった。協力者が行える身体動作を配慮した **Kinect** の設置方法を検討する必要がある。ビデオカメラに対する **Kinect** センサの優位性は、暗闇の中であっても深度映像を撮影し随時エアスイッチを操作できることである。ビデオカメラで撮影した映像では環境光の変化により映像にも色変化が現れるため、暗闇の中では映像はほぼ真っ黒となりエアスイッチの利用はできない。

Leap Motion は近年開発された技術で、指先など突起形状の物体の動きを計測できるセンサである。このセンサ上の空間で指や棒を動かすとコンピュータのポインティングデバイスとして利用できるため、マウススティックの動きや指先に力が入れない方の手の動きを入力信号として取り扱うために準備した。機能そのものは優れているが、利用にあたって、指先やマウススティックを空間中で狙い通りに動かす必要があるが、そのためには慣れが必要であることが判明した。センサ上の計測空間内に指先やマウススティック先端がうまく入るよう持ち上げておく必要も同時にあり、簡単に楽にすぐに利用できるようにするためには課題が残されている。

次に実験に協力いただいた2例について、センサへの入力結果を記す。

1) 脊髄損傷患者のケース

マウススティックを用いてこの入力装置が使えるかの実験に協力していただいた。マウススティックの使用が初めての方であったが、マウススティックそのものは操作可能であった。しかし、タブレット状入力機器の上でマウススティック先端を滑らせることは可能であるが、タブレット側が入力を受け付けるのに必要

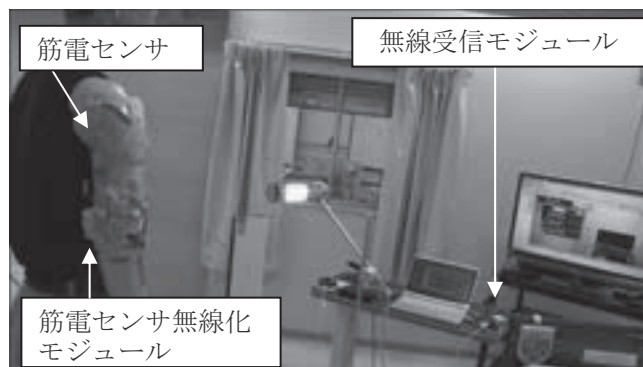


図 3. 筋電信号で環境制御している様子

とされる押圧を生じさせることができず、コンピュータ画面上のポインタは動かなかった。顔とタブレットの位置関係を体位変換時に調整する必要があるものの入力圧の感度調整が可能となれば有望なデバイスとなることが見込まれる。ソフトウェアによる仮想スイッチとして利用できる **Kinect** センサ + **OAK** の組み合わせは、協力者が頭部を動かせる状態にあるため簡単な設定にて有効に機能した。

2) 片側上腕切断患者のケース

残存肢上腕部に電動義手を利用するために取り付けている筋電センサからの信号を利用して環境制御を行っていただいた。義手ソケットの最適な位置に筋電センサが取り付けられているため、その装着位置は常に適切になる。通常であれば、健側の手でリモコン操作が

可能であるため、日常生活においてリモコン操作に困難をきたすことはない。普段から利用している筋電義手の操作方法と同じ感覚で、家電を直接操作ができるデバイスがあれば生活で何がかわるかを聞き取るために協力いただいた。筋電信号による家電操作はすこぶる良好であり、利用開始後すぐに家電機器を自在に操作されていた。健側の手が塞がっているときには便利な機能となるが、そのような機会が常にあるわけではないため絶対的な必要性はないとの事であった。しかし、家電機器ではなく、電動式の万力のような、物体をリモコンで操作し片手で固定できる道具が操作できるのであれば、今すぐにでも欲しいと伝えられた。

脊髄損傷患者のケース

筋電センサ	マイク	タブレット	Kinect + OAK	ジョイスティック	Leap Motion
—	×周囲雑音大	△	○	—	×

◎：思い通りの操作が可能，○：操作可能，△：条件付きで操作可能，×：操作不可能，—：評価不能又

片側上腕切断患者のケース

筋電センサ	マイク	タブレット	Kinect + OAK	ジョイスティック	Leap Motion
◎	/	/	/	/	/

◎：思い通りの操作が可能，/：健側の手は健常者と同等に操作可能なため評価を行わず

【 考察と今後の課題 】

信号計測用センサの取り付け作業に付随して起こる問題点の抽出ならびに解決案に関しては、脊髄損傷患者の方1名において、音声計測するマイク、タブレットの押圧、Leap Motion に関して、実験環境や健常者では見つけられなかった問題点を抽出できたが、有効となる解決案を試しきれていない。生体信号で操作可能な環境制御方法の受容度に関しては、片腕上腕切断者の方の操作から、バイオリモートの制御方法に関してはすぐに使えるだけの容易さがあることが判明した。入力機器の操作には個人差があるため、疾患が同じでもAさんは利用可能で、Bさんは利用出来ないことは十分考えられる。今後も評価を随時継続し成功事例を集めると共に、補助具などの利用も考慮し成功事例を増やしていく。

【 経費使用明細 】

生体センサ類・インターフェース部品費(マイク・Kinect・Oak・Leap Motion・筋電センサ無線化パーツ他)	151,899 円
旅費(2×バイオリモートセットアップのための移動費)	36,180 円
固定用テープや簡易的な装具など、センサ取付け用材料品費	31,686 円
センサ・インターフェース修理・予備部品費(入力機器代替機他)	72,749 円
謝金(実験協力費3時間_移動費込み)	9,000 円
合計	301,514 円