

モーション・パラメーター応用技術開発

本田雄一郎 中村 豪

1 はじめに

福祉のまちづくり研究所の研究体制がミッション制へと移行し1年が過ぎた。本報告では、ロボットミッションの研究テーマの紹介と初年度の進捗状況を紹介する。ただし、特許などの権利化に向けて調整を進めている案件に関しては、権利化を妨げない程度の記載に留める。

ロボットミッションの研究テーマは、「モーション・パラメーター応用技術開発」で、ニーズに基づく機器開発に力を入れている。現在は、手足があるロボットではなく、ロボットの中で利用されている計測技術を応用し、リハビリ訓練や自立生活において利活用できる機器を開発している。

研究開発内容は、身体や四肢の動き、あるいは筋電信号、音声信号、脳波といった生体信号を活用し、臨床ニーズに応えられるアプリケーションとしてまとめることである。具体的な目標となる成果物を考え、サブテーマとして開発を進めている。手足など身体の動作を計測して活用する研究(関節トルク推定システム、歩行パラメータ計測システム、上肢訓練機器)と音声や脳波、筋電信号などの生体信号を計測して活用する研究(視覚型環境制御装置)がある(表1)。

表1 ロボットミッションの研究サブテーマ

	サブテーマ	ニーズ
1	関節トルク推定システム	自然な動きの中での身体動作の評価
2	歩行パラメータ計測システム	リハビリ訓練現場での簡便な歩行パラメータの計測
3	上肢訓練機器	ゲーム性を付加して効果的に楽しいリハビリ訓練の実現
4	視覚型環境制御装置	症状の進行変化に信号入力方法がシームレスに対応

これらの研究開発を進めるにあたり、研究開発のスピードと効率を上げるため、国立研究開発法人産業技術総合研究所が開発・配布しているロボット技術ミドルウェア (OpenRTM-aist) を利用している。このミドルウェアを利用することで、ひとつのアプリケーションソフトウェアを作り上げる際に必要となる機能を用途に応じて分割してモジュール (RTC) として開発できるメリットがあり、目的とするアプリケーションに必要な機能を備える複数のRTCを組み合わせる構成できる。そのため、研究サブテーマを実現する機能を満たすRTC群をニーズに応じて独自に開発する必要がある(図1)。開発したRTCは他のサブテーマでも再利用できるため、積み上げ式の開発が行える。

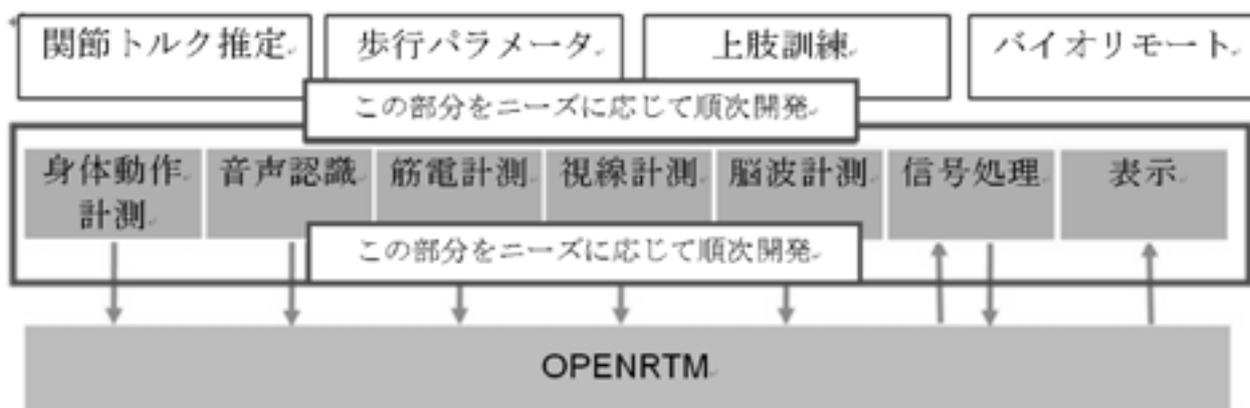


図1 ロボットミッションの研究テーマ

2 関節トルク推定システム

このシステムは、高齢者などに対し運動器機能の評価を実施し、介護予防運動などと連携することで地方自治体の介護費用の軽減やリハビリ訓練による動作の改善を視覚化し訓練者にフィードバックすることによる訓練効果の向上を目指している。

このシステムは大まかには、図1に記載のある身体動作計測用RTCと信号処理用RTCそして表示用RTCの3つを組み合わせることで構成できる。特許を得るために準備を進めているシステムであるため詳細を述べることは出来ない。

本報告ではシステム開発のために行った予備実験を紹介する。この予備実験では、身体動作の評価を容易にするため、単調なタスクではあるが運動状態の負荷を変更しやすい肘の屈伸運動にて実施した。屈伸運動のスピードを一定にするためにメトロノームを利用し、音に合わせて同じテンポで肘の屈伸を行うようにした。屈伸運動に際して、1) 負荷をかけない状態と2) 重りをつけて負荷をかけた状態で、その動作を高速カメラにて記録した。高速カメラを用いて撮影すると、速い動きでもブレの少ない映像を得ることができ、手先、肘、肩の位置を検出する際にブレの少ない映像フレームを利用すると動画分析ソフトでの処理が行いやすくなる。

図2に予備実験で計測した被験者2名の手先、肘、肩の軌跡を図2に示す。被験者1および2の軌跡をそれぞれ図2の上段および下段に表示した。図2 a,g) は負荷なく肘の屈伸運動を行った場合で、図2 b,h) は負荷をかけた場合である。負荷がない場合は肘を中心に円弧を描くように動いていることがわかる。しかし、負荷がかかると、肘や肩の部分にも力が入り動いてしまっている(図2 d,f,j,l)。被験者1は図2 c,d) に見られるように、肘の位置はほぼ変わっていないが、被験者2は図2 i,j) のごとく肘が無意識のうちに動いてしまっている。この身体のブレを伴う動きの結果として図2 h) に見られるように手先の起動が円弧から楕円軌跡へと変形している。両被験者とも負荷の有無にかかわらず、肩の動きは大きくないことがわかった。(図2 e,f,k,l)

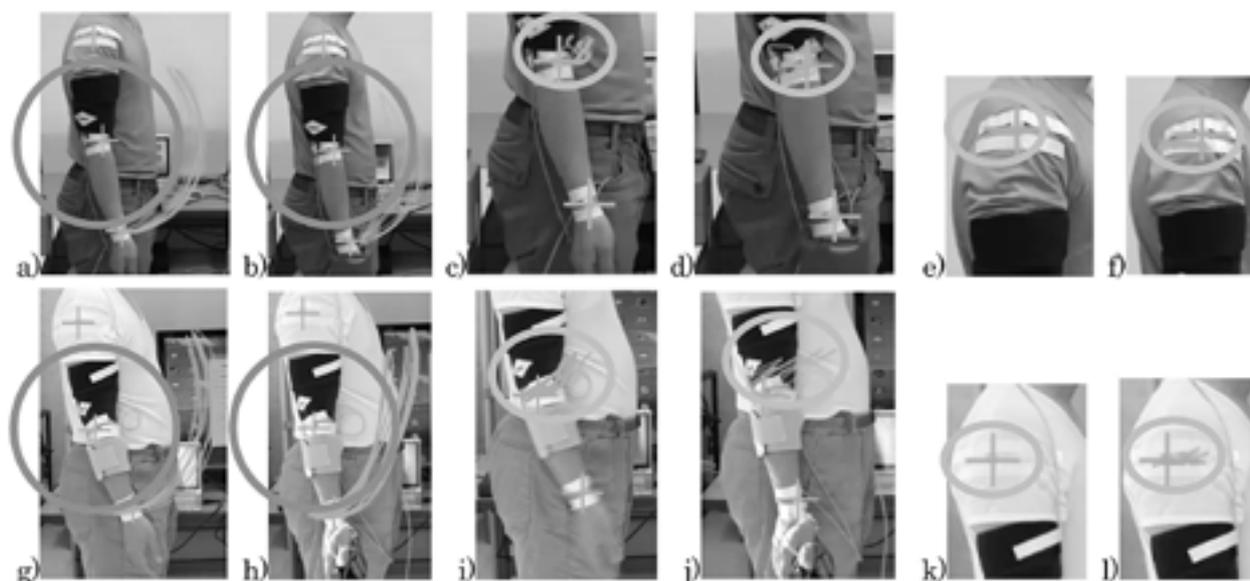


図2 肘の屈伸運動の分析. a,g) 手先の軌跡 (重りなし), b,h) 手先の軌跡 (重りあり), c,i) 肘の軌跡 (重りなし), d,j) 肘の軌跡 (重りあり) e,k) 肩の軌跡 (重りなし), f,l) 肩の軌跡 (重りあり)

上記の動作分析では、映像を解析することにより各部の軌跡を取り出し、その後の関節トルクの推定を行うこととなる。しかし、映像の解析に手間がかかるため、同様のことをより簡便に行えるシステムを開発している。

次年度には、上記のような身体動作の計測結果から関節部のトルクを算出する手法を開発し、てばやく簡便に計測できるシステムの構築を進め、数例の仮測定が始められるようにする。本件については、協力企業と共に権利化について進めている最中で、商品化を目指して開発を行っている。

3 歩行パラメータ計測システム

歩行パラメータ計測は、理学療法におけるリハビリ訓練において、その訓練効果を確認するために行われてきた。現在は、人手による計測が行われており、カウンタとストップウォッチ、そして床面に貼り付けたシールにて、どれだけの距離をどれだけの時間に何歩で歩いたかを計っている。これらのパラメータを元に、歩行速度（距離÷時間）、歩幅（距離÷歩数）、テンポ（時間÷歩数）などを算出している。

この方法では、被験者の歩行パラメータを計測するためにその場に療法士が拘束されることになる。本システムを用いることで、複数の人が歩いている環境でこれらのパラメータを自動的に計測できるようにし、人手により行っている手間を軽減したい。

本システムの第1試作は深度センサRTCと信号処理用RTCそして表示用RTCの3つを組み合わせて構成した。このシステムの元は、当研究所において平成24年度から平成25年度にかけて、簡易に準備が出来、身体動作計測が出来る無線式身体動作計測評価システムの開発成果である。

本装置構成を用いて人が歩く様子を計測・解析した結果、動作速度の速い足首の動きにセンサが追従できていないことがわかった。しかし、膝の動きは捉えることが可能であった。膝下の長さがわかれば膝の動きから足先の動きを推定することも出来る。

上記システムの検証実験を行うことで気づいた別案でウェブカメラ、レーザーレンジファインダーなどを利用した歩幅計測方法も検討している。利用するセンサを使い分けることで使用シーンに応じて使い勝手が変わってくるのが想定される。例えば、歩幅をひとりの患者さんだけ計ればよいのか、その同じ時間帯に訓練するほかの患者さんも同時に計るのかだけでも、センサの価格と計測者の時間費用とを考え合わせると装置構成は変わってくる。

今後、計測手法の強み、弱みと装置の設置方法と使い勝手などを理学療法士の方たちと話し合い、どの手法の開発を先に進めるかについて検討していく。

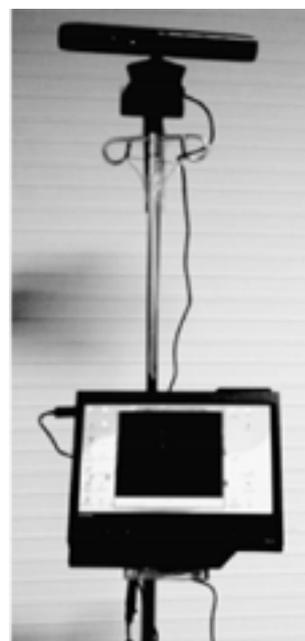


図3 深度計測センサシステム

4 上肢訓練機器

本テーマにて考えている上肢訓練機器は、上肢におけるリハビリ訓練にゲーム性を付加することで、楽しみややる気を引き出して効果的に訓練してもらえらることを狙いとしている。訓練者の社会復帰までの訓練期間が短縮できれば医療費の抑制につながる。また上肢機能の回復度合いがより向上すれば、上肢動作を伴う生活の中の不便さを軽減できると考えている。

初年度の進捗は、先行研究に関する情報入手ができたことである。

この機器も大まかには図1に記載のある身体動作計測用RTCと信号処理用RTCそして表示用RTCの3つを組み合わせることで構成できるが、重要となるのはゲーム性を持たせた画面表示からリハビリ訓練で求められる上肢の動きをいかに引き出せるかの点である。隣接する兵庫県立リハビリテーション中央病院の作業療法士と連携し、訓練現場に導入できる機器の大きさや表示内容を決めていきたい。

チャレンジ事業で行っている「ロボットリハビリテーションにおける評価手法の開発」と同様の機器構成を想定している。次年度は訓練装置の機能モデルを作成し、現場で使いやすい形状にまとめ、セラピストの方たちより訓練現場で利用したいコンテンツ例を提案してもらい実装する予定である。

5 視覚型環境制御装置

本テーマは、重度身体障害者に自主的な生活活動を促せることを目標としている。そのための道具として、身の回りの家電操作などを自らの意思で行える装置を開発している。この視覚型環境制御装置は広島大学大学院工学研究科 辻敏夫教授が進めてきたBioRemoteが基になっている。(図4) 当研究所では大学で研究開発され実証された技術を、機能単位に分け、病状の進行に応じて利用するセンサを追加したり変更できるように拡張性を高める目的でロボットミドルウェアOpenRTM-aistを用いたモジュール化を行った。これにより、他のテーマで開発されたモジュールも利用できるようになり、開発効率が上がる。

研究テーマが始まった当初は、「簡便な設定により導入時の敷居を下げられるシステムとして導入促進」および「症状に応じた様々な入力方法が可能である特徴の利点」の検証を目的としていた。しかし、多様な

入力方法が利用できる環境制御装置であるため、利用している患者さんたちの症状の進行に対応でき、入力スイッチのシームレスな移行に対応できる可能性があることを伝えてもらえた。従来の環境制御装置は入力用センサと制御装置が組み合わされて構成されており、利用者が使い方に慣れても身体状況によっては、入力センサと共に全く別の使い方をする装置へと移行する手間があった。再度学びなおすことを拒否して環境制御装置を利用しなくなるケースもあると聞いている。しかし、本システムでは、1台の核となる部分を使い続けられるため、症状の進行とともに利用可能な入力方法のみを変更し、それまでと同じ操作手順で利用できる。このことにより、利用者は症状の進行前に予め次候補の入力センサ部を追加し、現行の入力センサとともに並行に利用できるため、入力センサの扱い方やコツを予め練習しておける利点がある。

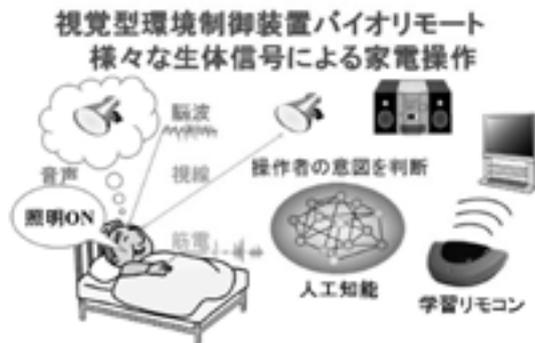


図4 視覚型環境制御装置の概念図



図5 筋電信号でシャッターの操作をしている様子

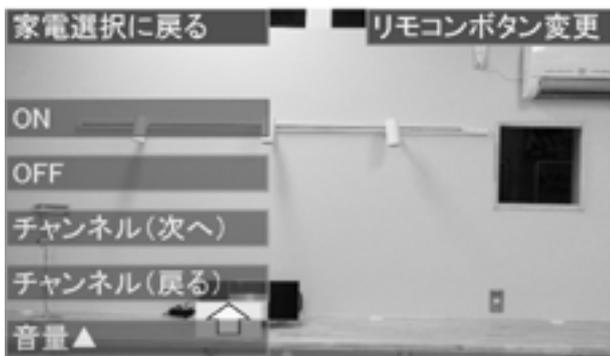


図6 視覚型環境制御装置の操作画面例



図7 開発したタッチ入力装置

図5は右腕に装着した筋電センサからの信号を利用して、シャッターを上げる瞬間の写真である。図6に示すように本装置は実際の部屋の写真を取り込み、操作したい装置を選び決定すると、選択した装置に応じた機能の選択画面が表示される。そこから操作したい機能の選択と決定を繰り返し行うことでさまざまな家電を2入力で操作できる。図7には指に力が入らない方のために、触ると反応するスイッチを搭載した入力装置の作成例を示す。現在、ノートタイプのパソコンを使うシステムからよりコンパクトなハードウェア構成へと移行準備を進めている。

次年度は、試用試験を実施し、取扱い部分でエンジニアでは気づきにくい改善点を見出し、改善していく予定である。

6 おわりに

様々なサブテーマで進めている開発成果を訓練現場で利活用される機器とするには、常に訓練に携わっている病院スタッフと連携し、モノや機能を実現するだけでなく、現場でいかに機器を利用するかについて説明されたマニュアルや具体的な操作方法の説明資料を充実させる必要がある。次年度の開発ではこの点にも配慮して開発を進めたい。