

# 無線式身体動作計測評価システムに関する研究

## Research on wireless measurement and evaluation system for body motion

本田雄一郎 赤澤康史 根本和彦 李 虎奎

HONDA Yuichiro, AKAZAWA Yasushi, NEMOTO Kazuhiko, LEE Hokyoo

陳 隆明 岡野生也 柴田八衣子 溝部二十四 服部芽久美

(兵庫県立総合リハビリセンター中央病院)

CHIN Takaaki, OKANO Ikuya, SHIBATA Yaeko, MIZOBE Futoshi, HATTORI Megumi

(Hyogo Rehabilitation Center)

### キーワード：

身体動作、ワイヤレス、計測、評価

### Keywords:

Body motion, capture, measurement, evaluation, wireless

### Abstract:

Various motion capture techniques are developed in recent years. Each system has proper and improper application according to its measurement principle. In the case of clinical use of the systems, typical users, occupational therapists and physiotherapists, want to apply a measurement system without time-consuming preparation. Otherwise use of the system can hinder their daily work.

The purpose of this research tends to develop a wireless measurement system for body motion and evaluate/visualize the motion in order to find physical improvements for further training.

## 1 はじめに

本研究はリハビリテーション訓練において患者や療法士の身体動作を測定し、訓練による身体動作の変化などを評価できるシステムの開発を目標としている。計測した身体動作や数値化された関節角度の変化などを可視化技術により表現し、時間の経過と共にどのように変化していくかを比較し、リハビリテーション訓練により変化しつつある患者さんの身体動作の変化を示し、訓練に活用していただくことを目指している。従来からの身体動作の計測を行う

装置は利用にあたり準備の時間と手間のかかるものが多かった。そのため、臨床現場にてリハビリテーション訓練の流れを妨げることとなり、利活用にいたりにくい状況にある。

そこで、本研究では現場の日常的な訓練の流れを可能な限り変えることなく手軽に利用できるシステムを実現するため、業務から蓄積された経験や智恵を持つ療法士に意見を聴取しながら開発を進めている。

## 2 現状の技術

市販されている身体動作測定に利用されている測定機器の代表例を下記に示す。近年の動作解析においては、光学反射式モーションキャプチャシステムが主流となっているが、設置環境や費用、利用の手軽さなどの点から、ビデオカメラによる平面映像のデータ分析ソフトを利用した動作分析も行われている。ゲーム用入力装置として利用されているKinectなどは、モーションキャプチャの新技术を安価に利用できるため、その応用研究も進んでいる<sup>1)</sup>。

- 視覚情報
  - ビデオカメラ<sup>2)</sup>
  - 光学反射式モーションキャプチャシステム (VICON<sup>3)</sup>, MAC3Dなど)
  - パターン照射方式測定装置 (Kinect, Xtion<sup>4)</sup> など)
- 形状情報
  - シェイプテープ<sup>5)</sup>
- 物理情報
  - 加速度センサ<sup>6)</sup>
  - ジャイロセンサ

## 2.1 計測情報

上記の測定機器が測る情報を表1に示す。これらの計測情報はそれぞれ異なる物理量であり、各装置には利用用途、設置環境など、多岐にわたる条件にて利点や欠点が存在する。諸条件に合わせてこれらは利用されているが、現状ではリハビリテーション訓練の現場での利用は盛んでない。表2に、各機器の利点と欠点を主観的にまとめた。

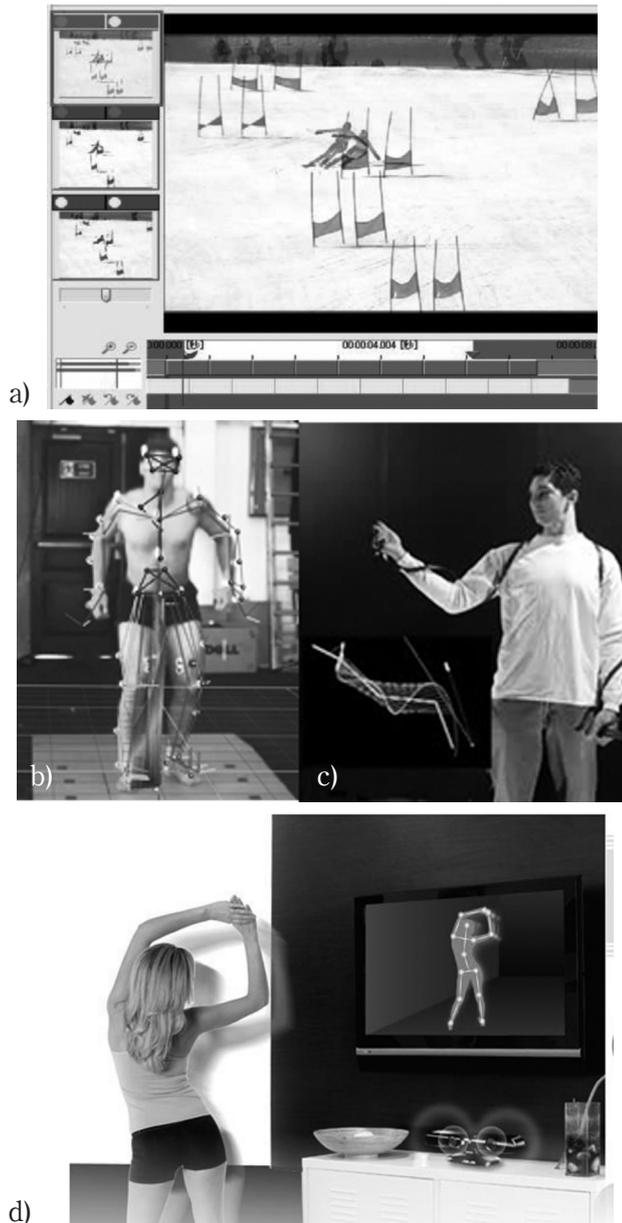


図1 動作計測の例：a) ビデオ映像比較、b) 光学反射式測定装置<sup>3)</sup>、c) シェイプテープ<sup>5)</sup>、d) パターン照射方式測定装置<sup>4)</sup>

Fig.1 Example of measurement instruments: a) comparison of video image, b) optical reflection type, c) Shape Tape, d) optical pattern projection type

表1 動作計測機器による計測情報  
Table 1 Measurement information of the instruments

測定機器	計測情報
ビデオカメラ	平面投影像
光学反射式測定装置	立体的なマーカー位置
パターン照射式測定装置	表面までの距離
シェイプテープ	テープ形状
加速度センサ	加速度
ジャイロセンサ	角速度

表2 各機器の利点と欠点  
Table 2 Advantage and disadvantage of instruments

	利点	欠点
ビデオカメラ	身体動作が時系列で観察可能 比較的安価（数十万円）	関節の角度変化の情報を測定不能。 手作業で評価すると時間がかかる
光学反射式測定装置	光学マーカーを取り付けた部位の動きを立体的に計測可能	光学マーカーの取り付け位置、取り付け方により誤差の発生 計測可能な空間の限定 高価（1000万円以上）
パターン照射方式測定装置	光学マーカー無しで直接撮影可能	多方向からの撮影時に複数の装置を同時に使うことは原理的に難しい
シェイプテープ	テープ状センサを身体に固定し容易に利用可能（取り付け方により関節角度の算出は困難となる。例 上図で肘が曲がっているかテープのたるみか判別困難。）	測定部位が増えると高価格 （全身動作測定：measurand社 Shape WrapIII, 6,667,500円）
加速度センサ	身体に取り付けて計測可能 見えない部分でも測定可能	速い身体動作において、重力成分の加速度と動作による加速度の分離が困難
ジャイロセンサ	身体に取り付けて計測可能 見えない部分でも測定可能	平行移動に関して測定できない。

## 3 コンセプト

表2に示した利点と欠点を考慮し、様々な測定環境において、身体に装着し簡便に身体動作の特徴を測定可能とする動作計測システムのコンセプトを提

示する。想定している用途として、リハビリテーション訓練後に「上手く」身体を動かせるようになるケースと「ぎこちなさ」が残るケースの訓練期間中の動作分析を行うことや、身体動作の流れの中に含まれる「上手さ」を数値化することを目指している。

また、リハビリテーション訓練において、動作の「上手い」人の各部位の動きと自らの動きをリアルタイムに比較しながら、「上手い」身体の動きを模倣できる訓練方法のあり方についての検討や、必要に応じて訓練用補助具の提案を行うことにつなげていくことを考えている。

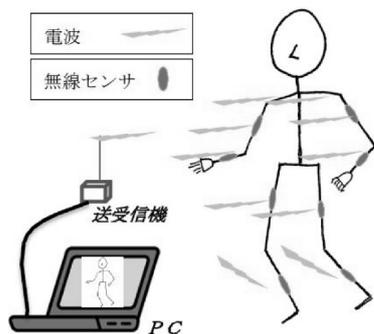


図2 開発中の計測評価システムのコンセプトイメージ  
Fig.2 Concept of developing measurement system

#### 4 機能モデルによるニーズ調査

療法士の意見を聞くために具体的なデモンストラーション用に使える機能モデルを準備し<sup>6)</sup>、測定協力者に食事動作の計測をさせていただいた<sup>7)</sup>(図3, 4)。この機能モデルは、3軸加速度センサと無線送信機の入った無線センサモジュール8台から構成されている。それぞれの加速度センサの重力に対する傾き情報を隣り合うセンサ同士で比較することで2つのセンサ間がなす角度の測定ができる。

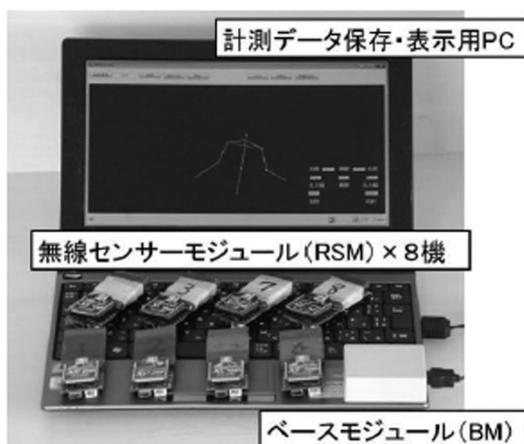


図3 加速度センサを利用した身体動作計測装置<sup>6)</sup>  
Fig.3 Measurement system with acceleration sensors

当初は加速度センサをテープで身体に固定していたが、位置調整の際にテープの貼り直しが必要となり煩雑であった。また、発汗に対する問題もあった。加速度センサの脱着時のテープの貼り直しの手間の軽減というニーズに対応するため、装具材料であるネオプレンを材料にした装着用ベルトを作成した。このベルトを用いることで、センサケース背面に貼り付けた面ファスナーで容易にセンサの脱着が行える(図4)。また、以前は体幹部のセンサの取り付け位置を腹部側としていたが、背部側へ取り付けよう療法士の方にアドバイスを受けた。



図4 ネオプレンベルトによるセンサの固定  
Fig.4 Attachment of sensors with neoprene belt

この測定を通して、工学系研究者と療法士の視点が異なることを感じとれた。今後、現場で利用される機器の開発を進めるうえで両者の視点を合わせることが重要だと考えたので、身体動作の測定に関して考えられる項目を活字化した(図5)。この図をもとにして、どのような項目が療法士にとっては重要となるかを聞き取った。また、このシステムについての相談時に、肩甲骨の動きの可視化や体幹部のねじれが測れないかとの要望が上がった。

本装置の開発を進めるに当たって療法士から得られた重要な項目を順に列挙する：

- 形状：身体の形状に沿って薄く
- 取り扱いやすさ：できるだけ簡単に
- 30分間連続測定可能(バッテリー使用時)

市販されている機能的に似たセンサの形状では、訓練動作において、身体装着時のセンサの張り出しが最も気にかかることを教えられた。

#### 5 システム改善

多チャンネルのセンサモジュールとベースモジュール間の実質的なデータ通信速度を上げられるようPC側のプログラムの改良を行った。この改良により、PC内で行われていた無線データの受信処

理が高速になり、無線モジュールのデータ送信待ち時間や通信失敗時のデータ再送信の回数が減った。そのため、PC側に送られてきたデータを滞りなくPC画面上に表示することが可能となった。この改良は本年度行われた「筋電義手練習支援システムに関する研究」においても役立っている。

現在の加速度センサモジュールは、取り付け方を調整することで関節部の角度の変化を計測している。しかし、この調整が手間であるため、センサを身体に取り付けた後に簡便な校正を行うだけで利用可能となるシステム構築を、安価になってきたパターン照射式測定装置を用いて行うことを計画している。これにより、数パターンの身体のポーズよりセンサの校正が行われ簡便に身体動作の計測が可能となっていく。

## 6 おわりに

リハビリテーション訓練の現場で利用されうることを目指して計測器の開発を進めてきた。訓練に直接携わっている療法士の方とエンジニアの視点には差異があり、また持ち合わせている専門知識の違いから、現場で望まれるツールに対する考えの違いが浮き彫りになってきた。

## 謝辞

貴重な意見を提供していただいた兵庫県立リハビリテーション中央病院の療法士の方々、その意見を引き出す際に、実験に協力していただいた患者様に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) Do-IT Japan : 「OAK (オーク) の開発」、  
URL[<http://doit-japan.org/doat/oak/index.html>].
- 2) 株) ダートフィッシュ・ジャパン : 「DARTFISH」、  
URL[<http://www.dartfish.co.jp/>].
- 3) VICON, VICON MX+, URL[<http://www.vicon.com/>].
- 4) ASUS, Xtion PRO LIVE, URL[[http://http://www.asus.co.jp/Multimedia/Motion\\_Sensor/Xtion\\_PRO\\_LIVE/](http://http://www.asus.co.jp/Multimedia/Motion_Sensor/Xtion_PRO_LIVE/)].
- 5) シェイプテープ, URL[<http://www.solidray.co.jp/product/3dglove/sensor2.html#3Dセンサ1>]
- 6) 大槻 伸吾・他: 「少年野球肘の予防・治療のための投球フォームチェックシステムの開発」, 32, pp.118-127, デサントスポーツ科学, 2011
- 7) 本田雄一郎・他: 「リアルタイム姿勢測定装置を用いた食事動作の快適さ調査」, リハ工学カンファレンス講演論文集, No.27, pp.45-46, 2012

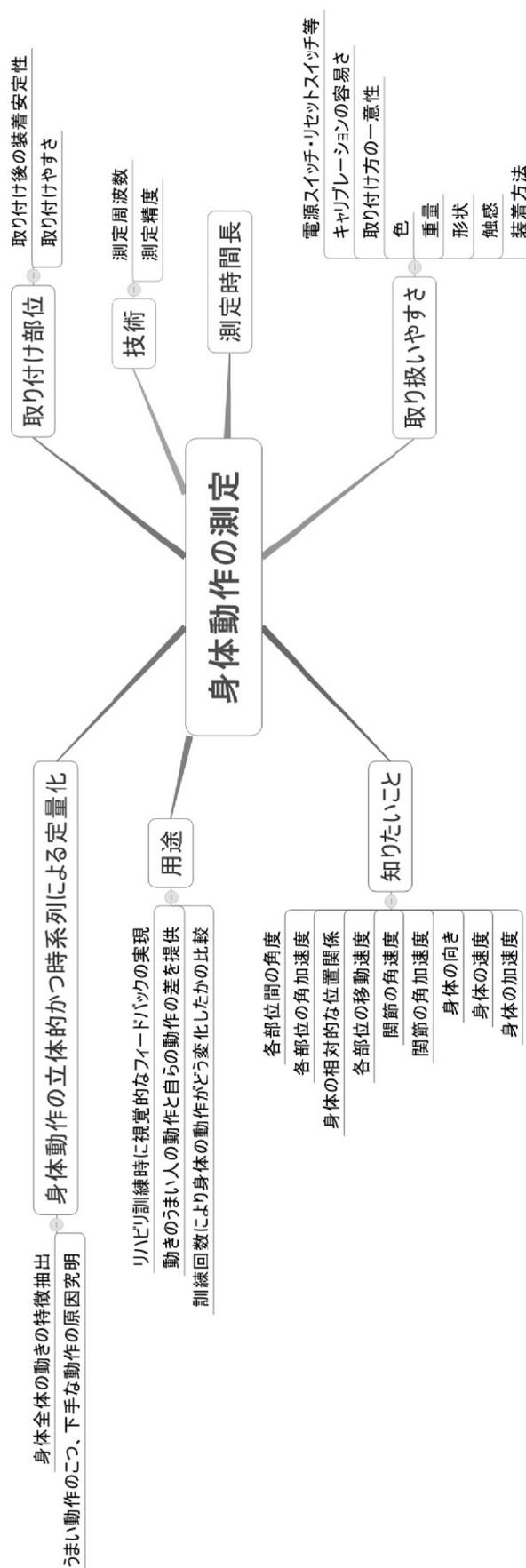


図5 身体動作測定に関する考慮項目  
Fig.5 Considering terms of body motion capture