

# Kinect センサを用いたリハビリテーションにおける 代償運動の抑制に関する検討

浅水 仁\* , 榎本 圭佑\*\*

## A Note on control of Compensatory Movements Using Kinect Sensor

Satoshi ASAMIZU\* Keisuke ENOMOTO\*\*

**Abstract** — A system for controlling compensatory movements in rehabilitation is presented in this paper. In order to suppress rehabilitant's compensatory movements, the proposed system detects rehabilitant's compensatory movements using Kinect sensor. This system observes the position of joints in rehabilitation and suggests appropriate motion when the compensatory movement is carried out. Experimental results show the detection of hands-up motions and their compensatory movements.

**Key words** : Rehabilitation, Compensatory movement, Kinect sensor

### 1. はじめに

脳梗塞や脳卒中などの疾病によってリハビリテーションを受ける人達が多くいる。リハビリテーションの目的は、専門職員による機能訓練を通し、麻痺した筋肉を日常生活に必要な筋力に戻し、正しい動作を学習させることである。多くの場合、疾病直後は施設で専門職員の指導の基に機能訓練した後、自宅で専門職員に与えられた課題を基に機能訓練をする。機能訓練は麻痺した筋肉そのものを動かすため、正しい姿勢で行われなければならない。しかし、自宅での機能訓練は、多くの場合専門知識の乏しいが行うため、正しい姿勢での機能訓練が行われない問題がある。そのため麻痺した筋肉そのものではなく、周辺の筋肉が代償的に動作をしてしまい、麻痺した筋肉は回復しない。さらに、機能訓練をする人は誤動作を学習してしまう[1]。

本研究ではこの代償運動を抑制するため、専門知識のない人でも正しい姿勢で機能訓練を行えるよう、Kinectセンサ[2]を用いて姿勢を管理する手法について検討する。

本研究はリハビリにおける代償運動を抑制することを目的とする。リハビリをする人が正しい姿勢で機能訓練を行なうために骨格情報を管理する必要がある。そこで、特別な計測装置を装着せずに人間の骨格検出が容易で安価であるKinectセンサを使用することを提案する。

本研究ではKinectセンサを用いた代償運動抑制アプリケーション開発とアプリケーションが実用可能かどうか検討する。

### 2. Kinectセンサを用いたリハビリテーション用アプリケーションの実用化 ～関節可動域測定～

現在では Kinect センサを用いた人動作における関節可動範囲のリアルタイム測定を行っているものが報告されている[3]。実測値と Kinect センサの値の差が 10%以内であればリハビリの現場で利用可能とされている。この論文[3]の測定結果を表 1 に示す。この測定結果より、上肢の運動に関しては Kinect センサを使用してリハビリにおける測定を行えることが確認できる。

\* 釧路高専電子工学科

\*\* 東京農工大学 工学部

表 1. 関節可動域の測定結果

関節			基本軸	測定[deg]			
				検者	Kinect	差[%]	
上肢	肩関節	屈曲	肩峰を通る床への垂直線	160	146	9	
		伸展		45	41	9	
		外転		150	152	2	
		内転		0	12	-	
			外旋	肘を通る前額面への垂直線	60	59	2
			内旋		60	55	8
		肘関節	屈曲	上腕骨	150	154	3
			伸展		0	6	-
下肢	股関節	外旋	膝蓋骨より下した垂直線	45	15	67	
		内旋		35	42	19	
	膝関節	屈曲	大腿骨	120	66	45	
		伸展		0	9	-	

### 3. 代償運動検出手法の検討

#### 3.1 測定点の検討

代償運動の検出方法について説明する。図1は、左片側麻痺保持者の両肩関節屈曲(前方挙上)運動(以下バンザイ)の代償運動である。本研究ではバンザイに限定してアプリケーションを開発し、代償運動抑制につながるかを検討する。

健常者のバンザイを図2に示す。バンザイは、主に三角筋を用いて腕を拳上する。しかしながら、左片側麻痺保持者は左肩関節の拳上がうまくできないため、左肩関節の外転とともに前腕部の回内運動を行っている。さらに重心が右後部に偏っているため頭部と体軸が傾いている。左片側麻痺保持者は、手を上部へ挙げることに意識が集中してしまい、上記のような代償運動の要素となる動作を組み合わせることで左肩関節の拳上運動を果たそうとしている。

これらから、代償運動の検出には「両肩関節の傾き」の他に「体軸」、「肘の位置」を検出する必要がある。

#### 3.2 代償運動の評価方法

代償運動の評価方法を説明する。代償運動の検出には、3.1の予備実験からバンザイ時には計測すべき

点を表2のように、両肩、右肘、左肘、体軸(前後)、体軸(左右)と頭の6点定める。

判定に用いるしきい値は、明らかに代償運動を行っている角度であっても、検出し被験者に知らせることができれば代償運動を抑制できるというリハビリテーション専門職員の助言を参考に設定した。図3に各代償運動の計測方法の概略図を示す。

### 4. アプリケーション開発

#### 4.1 開発環境

提案手法のアプリケーションの開発環境について説明する。

開発環境としてKinect for Windows SDK V1.5を用いてMicrosoft Visual C# 2010 Expressを使用し、Kinect for Windows Developer Toolkit v1.5.2[4]を基に本研究のアプリケーションを開発した。

#### 4.2 アプリケーションの概要

Kinectセンサを用いた代償運動の抑制システムの概要を説明する。

RGBカメラで撮影された被験者の動き(映像)を画面上に表示しつつ、検出された各関節の3次元座標から両肩関節と体軸の傾きを算出し、肘の位置と各傾きがしきい値を超えた場合は被験者に画面上の文章で警告する。図4に本研究のシステム図を示す。



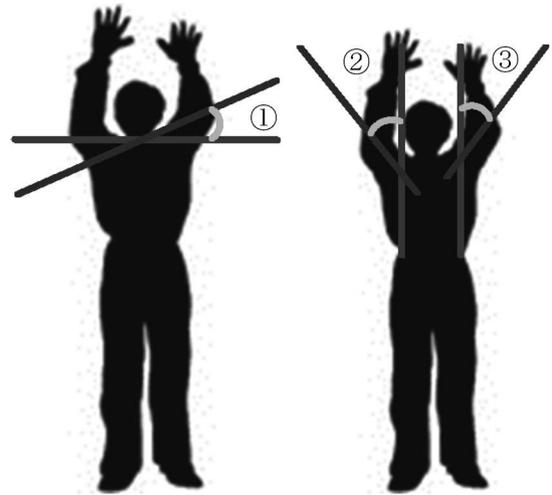
図1.左片側麻痺保持者のバンザイにおける代償運動



図2.健常者によるバンザイ

表2.代償運動の判定しきい値

計測箇所	しきい値[deg]
①両肩	±4
②右肘	56
③左肘	-56
④体軸 (前後)	±1
⑤体軸 (左右)	±3
⑥頭	±3



(a)

(b)



(c)

(d)



図3. (a)両肩の計測角, (b)両肘の計測角, (c)体軸(前後)の計測角, (d)体軸(左右)と頭の計測角

#### 4.3 アプリケーションのアルゴリズム

アプリケーションのアルゴリズムを以下に記す.

- (1) 両肩関節を拳上した際, 両手が計測範囲外にならないよう, Kinectセンサから一定距離離れる警告をする. (図5)
- (2) (1)の状態でもKinectセンサと両肩関節が平行になるよう警告をする. (図6)
- (3) 以下, (2)の状態でも処理を行う. (2)の状態が維持されなくなった場合, (1)または(2)の処理へ遷移する. 両手のY座標が体の中心(図7)以上で

バンザイ開始のフラグを立てる。

- (4) 「右肘関節」「左肘関節」「両肩関節」「頭」「体軸(左右)」「体軸(前後)」の各6点がそれぞれ表2.のしきい値以上で1秒保持されるとエラーカウントを1ずつ増やす。
- (5) 両手のY座標が体の中心(図7.)以下でバンザイ終了する。
- (6) エラーカウントが1個以下ならば「とても良い」、エラーカウントが2個以下ならば「良い」、エラーカウントが3個以上ならば「悪い」と表示して、(3)へ遷移する。

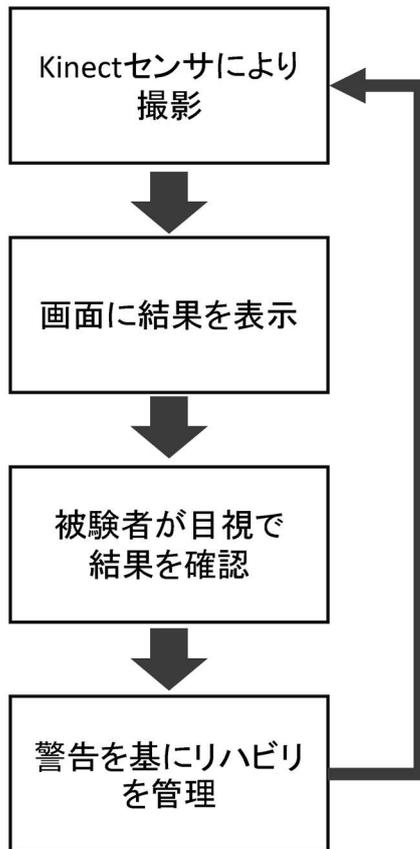


図4. Kinectセンサーを用いた代償運動の抑制システム図

### 5. 実験

実験の内容とその結果について説明する。

参考動画を基に擬似的なバンザイの代償運動を行い、作成したアプリケーションが代償運動を検出するか実験を行った。

実験結果として、擬似的な代償運動を検出することができた。このことから、本研究の代償運動抑制アプリケーションはバンザイにおいて代償運動を



図5.Kinectセンサーとの距離警告



図6.Kinectセンサーとの平行警告



図7.基準線と各計測点の警告表示

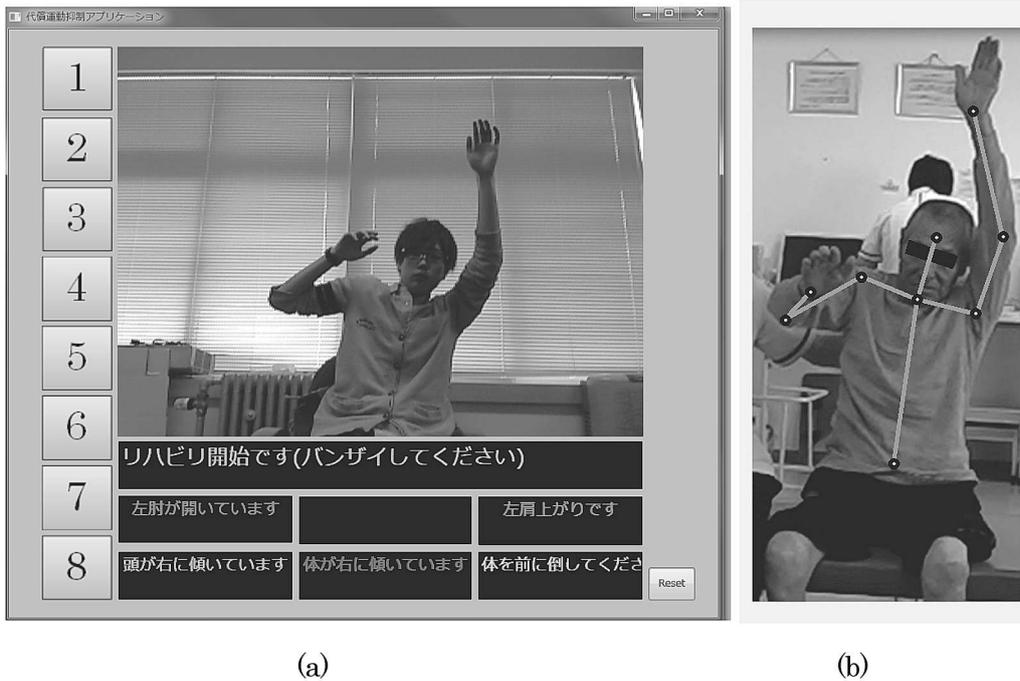


図 8.(a)アプリケーション実行例, (b)バンザイの代償運動の例

検出し、専門知識のない被験者に姿勢維持管理を促すことが可能だと言える。よって、代償運動の抑制に繋がると考えられる。

図8.に実験の様子を示す。図8.(b)は、比較のために図1.の一部を反転した被験者の画像ある。この図から分かるように提案手法を用いて左片側麻痺保持者のバンザイにおける代償運動を検出し、画面に結果を示すことにより代償運動の抑制効果を持つ可能性を確認した。

## 6. むすび

本研究はリハビリにおける代償運動を抑制することを目的とし、Kinectセンサを用いた代償運動抑制アプリケーション開発と検討を行った。

また、作成したアプリケーションが実用可能かどうか検討するため、バンザイにおける代償運動の擬似運動を行い、代償運動が検出可能か実験を行った。実験結果より、提案手法は、警告を基に異常姿勢であることを容易に確認できるため、姿勢維持管理や機能訓練を支援でき、代償運動の抑制につながることを確認した。

今後の課題として、実際にリハビリの現場で実用可能かどうか実験するとともに、被験者向けに扱いやすいものに改良することが挙げられる。また、代償運動の判定は、しきい値で線型的に検出しているため判定がしきい値の付近で安定しないため、検出

方法を改良する必要がある。さらに、Kinectセンサは赤外線を用いて計測しているため日光等がよく差し込む環境下では正しい計測が行えないため使用環境が制限されてしまう問題がある。

## 7. 謝辞

本研究の代償運動の評価方法にて、助言をいただいた釧路孝仁会記念病院の榎本 雅一氏に感謝の意を表する。

## 8. 参考文献

- [1] P.M.デービス, 富田昌夫, 額谷一夫, “ステップス・トゥ・フォロー 改訂第2版”, シュプリンガー・ジャパン株式会社, p.111-112, 2009
- [2] Kinect Sensor, <http://www.kinect.com/>
- [3] 狐崎 直文, 安達 栄治郎, 増田 卓, 水澤 純一 “KINECTのリハビリテーション用アプリケーションの実用化”, 電子情報通信学会技術研究報告. IE, 画像工学 112(291), 41-46, 2012
- [4] 中村薫, 田中和希, 宮城英人, “KINECT for Windows SDK プログラミングC#編”, 日経印刷株式会社, 2012