

平成 22 年 4 月 23 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19700473

研究課題名 (和文) 車椅子上的高齢者動作改善支援のための CG による生体情報の可視化

研究課題名 (英文) A Study on the CG Animation for the Improvement of Safety and Comfort of Motion of Wheelchair-bound Persons

研究代表者

崔 智英 (CHOI JIYOUNG)

長崎総合科学大学 情報学部 准教授

研究者番号：30437769

研究成果の概要 (和文)：本研究は、車椅子使用者の安全な入浴動作習得を支援するために、車椅子使用者が、入浴動作の細かなメカニズムまでも容易に理解することができるような、視認性に配慮した映像情報を提示したものである。まず、異なる Bathtub、Bath board、Transfer board 入浴動作を取り入れ、上半身の身体関節動きの解析を行った。その結果から身体角度の差が表れた位相期において、三次元コンピュータグラフィックスによる三つの入浴動作の視覚化を行った。視覚化は被験者の平均値に基づき、骨格の動きの特徴を三次元アニメーション化した。さらに、身体重心や関節の動きを軌跡で表したり、筋肉の力変化を色相の変化と関連づけたりするといった表示方法を採用し、視認性の向上に努めた。また、理解しやすく親しみやすい映像にするために、浴室を写実的に表現するなどの工夫を行った。

研究成果の概要 (英文)：The purpose of this study is to visualize the information of transfer movements using CG for the support of transfer movements of wheelchair users. First, by analogizing three types of transfer movements of a wheelchair user in a bathtub from the repetitious movement groups, we performed a three-dimensional movement analysis. Second, based on the results of the three-dimensional movement analysis through CG, we made an animation that depicts the range of body mobility and the change of joint angles in color. As a result of this study, we propose visual image information that makes the movement information easy to understand.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,300,000	0	2,300,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	270,000	3,470,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：CG、Bathtub、モーションキャプチャー

## 1. 研究開始当初の背景

高齢者や四肢に障がいがある車椅子使用者が行う日常生活動作のなかには、車椅子からその他のもの、たとえば、浴槽や便器、ベッドなどへの移乗動作がある。そして、当然だが、それらのものから車椅子への移乗動作がある。車椅子使用者が移乗動作を無理なく実施することが可能であれば、日常生活においての行動範囲が拡大する。一般的に車椅子使用者が移乗動作を習得する場合、理学療法士、作業療法士、看護師などが直接手を取って動作の指導・訓練を行っている。

しかし、理学療法士、作業療法士、看護師などの移乗動作を指導する立場の人や車椅子使用者は、移乗動作に対する情報の理解度が各々異なっているため、コミュニケーションにおける情報伝達が問題（ネック）となる。そのため、車椅子使用者が移乗動作の習得において、身体の全体的な動作や細かな動きを把握することが難しく、危険な姿勢を作り出す可能性が高い。また、車椅子使用者は移乗動作に対して転落や転倒の恐怖感をもっているため、動きが硬直してしまい関節の可動範囲が縮小してしまうことが多い。

したがって、移乗動作を指導する立場の人間と車椅子使用者は、移乗動作における身体運動の理解や予測ができ、安全に移乗動作を取得することができるような、身体の動きに対するコミュニケーション（共通理解）が成立することが重要となる。

近年、三次元コンピュータグラフィックス（以下：3DCG）やモーションキャプチャシステム（以下：三次元動作解析装置）を用いて、自然な人間の動作アニメーションの取得が容易になった。人間の動作アニメーションは、映画やゲームなどのエンターテインメントの分野や医療、スポーツ分野など幅広い分野で利用されている。また、ロボットの制御技術や人間工学を考えた製品設計など産業分野などにも利用されている。

そこで、筆者は、3DCG や三次元動作解析装置を用いて、移乗動作を指導する立場の人や車椅子使用者の間に行う入浴動作に対するコミュニケーション可能な理解しやすい映像制作を目指すこととした。

## 2. 研究の目的

本研究では、車椅子使用者が行う移乗動作のなかでもとくに、車椅子から浴槽に乗り移る入浴動作の事例に研究を行った。研究の目的は、まず、車椅子使用者が入浴動作において、どのような姿勢や身体動作で入浴動作を行うかという（身体関節可動範囲）メカニズムを明らかにすることである。つぎに、3DCG による仮想身体を用いて入浴動作について

視覚的に理解しやすい映像情報を制作することである。

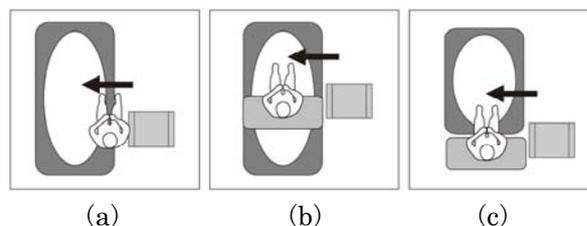
## 3. 研究の方法

## ①入浴動作の選択

車椅子から浴槽へ乗り移る入浴動作の 패턴の抽出は、理学療法士と作業療法士による聞き取り調査から、高齢者が日常生活動作の中で一般的に行われている基本的な三つの入浴動作を選択した（図 1）。選択した動作は、下肢の運動機能が低下した高齢者が上半身の力で両方足を動かしながら乗り移る次の三つの入浴動作である。

一つ目の動作は、移乗道具を使用せずに車椅子から浴槽に移乗する動作（以下：Bathtub 動作）である。二つ目の動作は、浴槽の上にバスボードを置いてその上を移乗する動作（以下：Bath board 動作）である。そして、三つ目の動作は、浴槽の外に移乗台を置いてその移乗台を使って移乗する動作（以下：Transfer board 動作）である。

本実験において入浴動作に関するデータ収集は、本来、高齢者が行うべきであるが、安全性を考慮し若年者を被験者として行った。そのために、Bathtub 動作、Bath board 動作、Transfer board 動作は、できるだけ高齢者の動作を忠実に再現できるように、理学療法士と作業療法士による指導の下で、被験者に動作の確認・指示を行った。



(a) Bathtub 動作

(b) Bath board 動作

(c) Transfer board 動作

図 1 入浴動作の条件

## ②位相期の分類

車椅子から浴槽に乗り移る一連の入浴動作の内容（動き）を理解しやすくするために、一連の動作を、四肢の動きなどに着目し入浴動作の特徴によって、（入浴動作の一連の流れを 5 つの手順に分けて 5 つの位相期に分類した）5 つの位相期に分類した（図 2）。5 つの位相期は以下のように分類される。なお、この位相分類は、Bathtub 動作、Bath board 動作、Transfer board 動作を解析する際、す

べて実施した。

- ・位相 1：移乗を行いやすくするために、主に両腕を使って臀部を車椅子の座面の前まで持っていく動作。（「以下：座面移動」とした。）
- ・位相 2：左手で左足を浴槽に入れる動作。（「以下：左足入浴」とした。）
- ・位相 3：主に両腕を使って臀部を車椅子から浴槽まで移動させる動作。（「以下：臀部移動」とした。）
- ・位相 4：右手で右足を浴槽に入れる動作。（「以下：右足入浴」とした。）
- ・位相 5：安定する浴槽上の位置まで両腕で臀部を移動させる動作。（「以下：浴槽内移動」とした。）



図 2 入浴動作の位相期の分類

### ③被験者の属性

被験者は、入浴動作についての本実験の安全性を考慮して、身体に障害や疾病をもたず体型が類似している若年者を被験者とした。被験者は、大学生男子 8 名（身長  $171.6 \pm 3.5\text{cm}$ 、体重  $60.9 \pm 2.5\text{kg}$ 、年齢  $22.4 \pm 1.1$  歳）であった。

被験者は、車椅子操作や高齢者が行う移乗動作の経験がほとんどないため、実験前に高齢者特有の移乗動作についての説明と動作確認を実施した。各被験者には実験の目的および方法を十分に説明した後に、実験への参加同意を得た。

### ④実験環境の条件

本実験で使用した車椅子 (Fusion/MA-1 株オーエックスエンジニアリング) は、被験者の平均身長に合わせ 45cm の座面の高さに調整した。浴槽 (ペンチバス (FRP) 1620/1616 株ノーリツ) は、深さ 52.5cm の洋式浴槽を用い、浴槽縁の高さを浴槽への出入りを行い易くするために車椅子座面の高さに合わせて 45cm に設定した。

### ⑤三次元身体動作の測定

身体関節可動範囲の分析および三次元仮想人体による入浴動作の記録は、三次元動作解析装置 (Motion Analysis 社製 MAC3D EVaRT、サンプリング周波数 200Hz) の赤外線高速カメラ 10 台を用いた。直径 25mm

の光学式反射マーカを全身の 32 点 (頭頂点、左右両側の耳珠点、左右両側の肩峰点、左右両側の橈骨点、左右両側の尺骨茎突点、左右両側の橈骨茎突点、左右両側の第 3 指指節点、左右両側の上前腸骨棘点、第 12 胸椎点、第 5 腰椎点、左右両側の大腿骨外側上顆突出点、左右両側の踵骨隆起点、左右両側の腓骨外果、左右両側の第 3 趾指節点、左右両側の指先点) に貼付した。また同時に、デジタルビデオ (Panasonic 社製、AG-DVC30) を用いて、動画の撮影を行った。

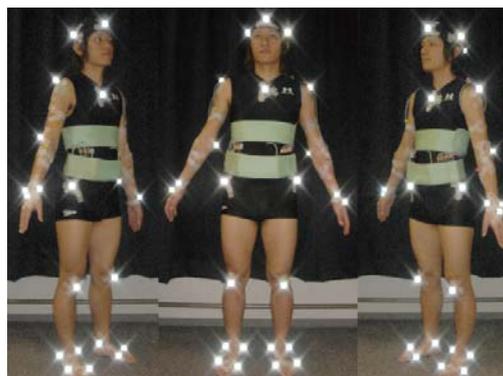


図 3 三次元動作解析装置による入浴動作データの取得

## 4. 研究成果

### ①上半身の関節角度の分析

被験者の生体情報データの平均値に基づき、Bathtub 動作、Bath board 動作、Transfer board 動作の身体関節可動範囲や位相期ごとに動作の特徴を比較し分析を行った。

とくに、車椅子から浴槽への移乗動作は、両方手で足を持ち上げて足を浴槽に入れる動作を含んでいるため、上半身の関節角度の変化も分析を行った。

左右両側の肩峰点と橈骨点と尺骨茎突点、橈骨茎突点に貼付したマーカから肘関節角度を、左右両側の肩峰点と上前腸骨棘点に貼付したマーカから体軸回旋角度を求めた。また、体幹前屈角度は、第 12 胸椎点と第 5 腰椎点に貼付したマーカとでなす軸が、鉛直軸に対して傾いた角度で求めた。

全被験者における一連の肘関節角度、体軸回旋角度、体幹前屈角度の変化の平均値を図 4 に示した。

このうち、動作条件間で有意差が認められたのは、位相 3「臀部移動」中の右肘角度、位相 4「右足入浴」中の左肘角度、位相 4「右足入浴」中の体軸回旋角度および位相 3「臀部移乗」中の体幹前屈角度のみであった。

まず、位相 3「臀部移動」における右肘角度の平均値を比較したところ、Bathtub 動作

が Bath board 動作と Transfer board 動作に対して有意に高い値を示し ( $p<0.05$ )、右肘角度の伸展が大きいことを示した。

位相 4「右足入浴」における左肘角度では、Transfer board 動作が Bath board 動作に対して有意に高い値を示した ( $p<0.05$ )。Transfer board 動作が Bathtub 動作と Bath board 動作より伸展し、Bath board 動作が Transfer board 動作と Bathtub 動作より屈曲した。

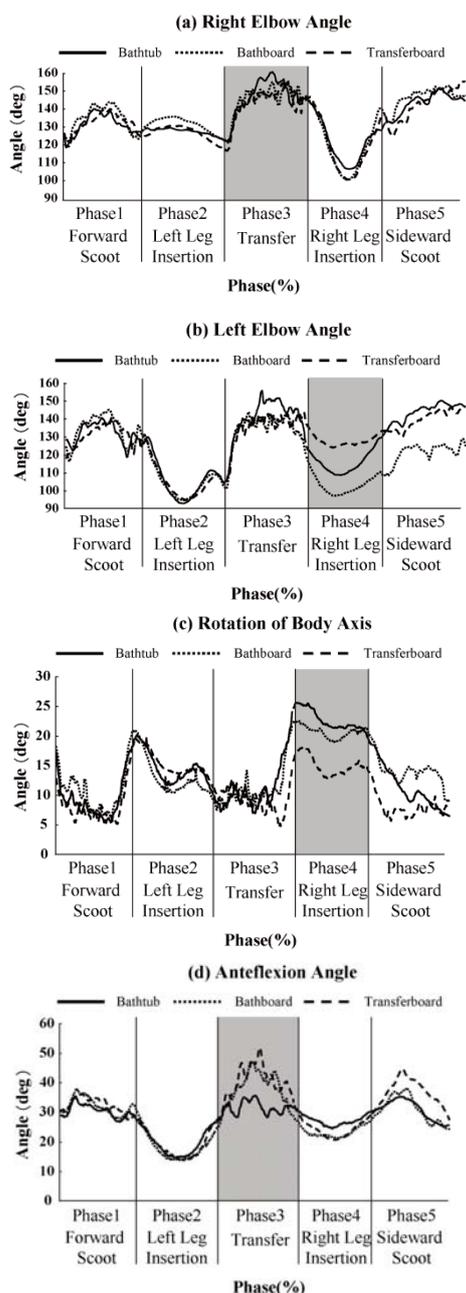


図 4 上半身角度平均値の経時変化(n=8)

また、位相 4「右足入浴」では、体軸回旋角度において Bathtub 動作が Transfer board 動作に対して有意に高値を示し

( $p<0.05$ )、Bath board 動作が Transfer board 動作に対して有意に高値を示した ( $p<0.05$ )。Bathtub 動作は、Bath board 動作と Transfer board 動作に対してより左側に体をひねることが示されている。

位相 3「臀部移動」における体幹前屈角度では、Transfer board 動作 ( $p<0.01$ ) と Bath board 動作 ( $p<0.05$ ) が Bathtub 動作に対して有意に高値を示した。Bath board 動作と Transfer board 動作は、Bathtub 動作に比べて体幹が前屈していることが示されている。

## ②3DCG による入浴動作の視覚化

3DCG を用いて、上記の実験から採取した生体情報データの平均値に基づき、入浴動作の視覚化を行った。入浴動作の認知に有効な表現手法として、まず、骨格モデル、人間形状モデルおよび仮想浴室を作成した。そして、身体各関節の動きが車椅子から浴槽の方向へ、どのように体が動いたのかという入浴動作の情報を表現した。

そして、Bathtub 動作、Bath board 動作、Transfer board 動作の骨格モデルのアニメーションを三次元空間に配置し、それぞれの動作を比較することで動作別の差異や特徴を把握できるようにした。

この結果、Bathtub 動作では、まず、臀部を車椅子座面から浴槽縁まで移すにあたって、車椅子座面を右手でつかみ、左手は浴槽縁をつかむと、臀部を移動させる場所が充分に取れないのが分かった。そのため、浴槽縁上の左手の前部分に臀部を移動させざるを得なく、他の動作より体幹が最も伸び、身体重心が後ろになり、身体のバランスを保持するのが視覚的に判断できた。さらに、浴槽縁に臀部をしっかりと座らせた後、右手で右足をサポートして入浴入れる際に、左手で浴槽縁につかまり体を支えるが、浴槽縁のスペースが少なく、体軸を左方向に大きくひねり状態の非常に不安定であることが確認された。

Bath board 動作では、右手で右足をサポートし、右足を浴槽に入れる際、左手はバスボードの手すりをつかむことで、左肘角度が他の動作より最も屈曲するのが視覚的に判断できた。

Transfer board では、車椅子から Transfer board に臀部を移す際、臀部を引き上げ、少しずつ左方へずらしながら奥まで深く臀部を移動させ、Bathtub 動作や Bath board 動作より最も体幹が前かがみになり安定した姿勢が得られた。また、右足を浴槽に入れる際にも左側への体軸のひねりも少なく、被験者からも Transfer board が一番行い易い動作であることの主観的評価を被験者から得た。

車椅子使用者の安全な入浴動作取得を支

援するために、異なる三つの入浴動作を取りあげ入浴動作がどのような姿勢や動きをもっているのか、身体運動変化の分析を行った。そのデータをもとに入浴動作の身体運動をわかりやすく伝達するための映像情報を提案した。映像により、入浴動作が肉眼ではわかりづらかった身体運動可動範囲の特徴や異なる条件の入浴動作の比較が可能となった。また、どの角度からでも身体動作の観察が可能となり細かな関節動きに対して容易に理解することを試みた。しかし、今後、車椅子使用者や入浴動作を指導する立場の人に実際に見てもらい、入浴動作情報の取得による有効性についての検討が必要である。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Jiyoung CHOI, Ytaka Tochihara, Etsuo GENDA, A Study on the Making of CG Animation for the Improvement of Safety and Comfort of Transfer Movements in Wheelchair-bound Persons, *International Association of Societies of Design Research*, 2007, DVD disc.

[学会発表] (計 2 件)

- ① Jiyoung CHOI, Seiji Saito, Sonomi Umezaki, Ytaka Tochihara, Etsuo GENDA, 「車椅子使用者の入浴動作における安全性確保のためのデジタルコンテンツ化」 日本人間工学会、No.28、2007年、15～16頁。  
② 崔智英、源田悦夫 「アプサラダンスの特徴的な身体動作のメカニズムの分析」、芸術工学会、No.48、2008年、56～57頁。

[図書] (計 0 件)

該当する事項はありません。

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

該当する事項はありません。

名称：——  
発明者：——  
権利者：——  
種類：——  
番号：——  
出願年月日：——  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

該当する事項はありません。

名称：——  
発明者：——  
権利者：——  
種類：——  
番号：——  
取得年月日：——  
国内外の別：——

[その他]  
ホームページ等

該当する事項はありません。

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

崔 智英 (CHOI JIYOUNG)  
長崎総合科学大学 情報学部 准教授  
研究者番号：30437769

(2) 研究分担者 ( )

研究者番号：

該当する事項はありません。

(3) 連携研究者 ( )

研究者番号：

該当する事項はありません。