

介護動作のバイオメカニクス的研究

—エネルギーを中心に—

愛知県立大学 湯 海 鵬

Kinematic Analysis of Nursing Movemnet

by

Tang Hai Peng

AICHI Prefecture University

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the nursing motion from the viewpoint of biomechanic during the bed raising and wheelchair riding of patients helped by nurses. The mechanical works for the whole body of two nurses, one was a trained nurse and the other was the student nurse, were calculated. The changes of the works were compared between the two nurses. The performances of the two nurses were videotaped with three video cameras operating at 30 Hz. Three-dimensional coordinates for determining the mechanical work were computed by using Direct Linear Transformation Method from video data. The trained nurse raised the patient more closely to her body than the student nurse, the trained nurse's motion of the CG on the direction of vertical were smaller, so the less work has be done on the direction, and the energy costed to care a patient may be smaller. But in raising a patient on the bed and moving a patient from the bed to wheelchair, the mechanical work of the trained nurse had greater changes than the student nurse. In this movements, to avoid lower back pain, the trained nurse extended mainly her legs to left patient instead of using the extension of her hip. This kind of

movement may be cost some energy more but will be safety to the hip of helper.

要 旨

本研究は、介護動作をバイオメカニクス的手法を用いて定量的な解析を試みた。上半身起こしと車椅子への移乗という介護動作が、三次元的に撮影され、映像データに基づいて介護者のエネルギーが算出された。そのエネルギーを中心にして、理学療法士 (PT) と社会福祉学専攻学生の介護動作との比較検討を行い、PTの介護動作の特徴を明らかにした。ベッド起こし動作について、PTは、足をベッドに乗せて、低い姿勢から自分の体重を利用して被介護者を起こしている。その動作は、腰の屈曲・伸展が小さく、エネルギーの消費も小さかった。身体負荷の大きい車椅子への移乗動作については、PTは、できるだけ腰への負担を軽減し、主に大腿の筋群を用いて被介護者を抱き上げ、腰掛けさせるという動作になっている。このような動作は、エネルギーの消費が多くなる可能性があるが、腰の保護には有効だと考えられる。

緒 言

日本は現在、「高齢化社会」から「高齢社会」へと突入し、65歳以上の「高齢者世帯」は561.4万世帯、全世帯数に対する割合は、過去最高の12.6%、高齢者のいる世帯も1482.2万世帯(33.3%)と世帯数、割合ともにこれまで最高となっている(厚生省, 1999)。このような状況から見て、寝たきりや痴呆を患ったりする年寄りの増加が推測され、日常生活を自力で行えない高齢者を、社会や家庭がどのように介護して行くべきかが、今最も重要な課題の一つとなっている。

いわゆる介護活動の90%が個々の家庭で行わ

れている。特に注目すべき点は、介護者の年齢で、65歳以上が40.5%に達し、高齢世帯の高齢者が高齢者を介護するという、「老老介護」が進んでいる。したがって、人間の生体機能を踏まえた合理的な介護技術の開発は、老人ホームや介護教育の現場に携わる人々ばかりでなく、一般の家庭で介護する人こそが待ち望んでいると言える。

実際の介護現場におけるおむつ交換や入浴、あるいはベッド上での体位変換・身体移動、車椅子への移乗動作などは、介護者にかかる身体的負担度が高く、その結果として、介護者からの肉体疲労、腰痛、怪我の訴えが非常に多い。身体負担の少ない質の高い介護システムと介護技術の確立、そしてその実践が、この高齢者急増期において、緊急に迫られているのである。

介護動作に関する研究は、介護する者と受ける者の両者で行う協同作業と三次元的動作構成に制限され、定量的な実験計測が少なかった。石崎ら(1998)は、ベッドの高さと看護婦の負担について、床反力計と加速度センサ式体幹傾斜角測定装置を用いて、椎間板内圧を推定し、高いベッドの場合、低いベッドに比較して椎間板内圧が小さいという結果が得られている。井上ら(1998)は、筋電位の検出によって、移動に伴う生体負担と介護による負担の減少を調べ、それにもとづいた介護機器を提案した。藤本ら(1998)は、介護動作での起立動作における下肢関節逆動力学解析を行い、関節パワーを算出した。その結果、介護動作がない場合と比較して、負荷が大幅に軽減していることが確認された。しかし、上述した研究は、実際の介護動作そのものに対する解析や評価が行われていない。

体位変換と移動の介護は、看護領域における日常的な仕事である。特に、ベッド起こしと車椅子への移乗（あるいは車椅子からベッドへの移動）という介護動作は、寝たきりの患者に対して頻繁に行われている。そこで、本研究は、上半身起こしと車椅子への移乗という基本的な介護動作を撮影し、映像から算出した介護者のエネルギーを中心に、介護経験者と社会福祉学専攻学生の介護動作とを比較検討するとともに、介護動作の定量的な評価を行った。

1. 実験方法

被験者は、病院において長年介護の仕事に従事している理学療法士（以下PT）と社会福祉学専攻学生（以下学生）である。PTと学生の身長は、それぞれ1.55mと1.61m、体重は47kg、と53kgであった。研究対象とした動作は、介護現場でよく見られるベッド上で被介護者の上半身を起こす動作と、起こした被介護者をベッドから車椅子へ移乗させる動作とした。PTと学生の介護対象は同一被介護者で、その被介護者は、全身麻痺である場合を想定したものである。介護動作中における介護者と被介護者の動作を3台のビデオカメラによって、前方、斜め側方、側方の3方向から撮影した（図1）。

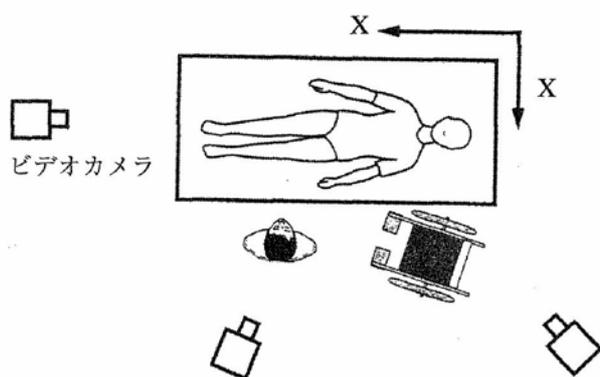


図1 カメラと位置と座標系

撮影されたビデオ画像（毎秒30フィールド）からフィールドごとに介護者と被介護者の身体上に

ある23個の分析点の座標をそれぞれ読み取った。分析点の三次元座標はWalton（1979）が報告したDLT法を用いて算出された。この方法により推定したコントロールポイントの位置と実測値の3方向での平均誤差は0.01m以下であった。各分析点についてはWinterら（1974）の考案したButterworth low-pass digital filterによりそれぞれ平滑した。被験者らの身体重心位置の算出に、湯ら（1995）が報告した身体部分係数を適用した。

2. 結果と考察

介護者の作業には、通常わずかに手を添えるような動作から、介護対象を抱えるような非常に大きな力を必要とする動作がある。介護活動の重要な要素の一つは、介護者の身体的負担を軽減することにある。従って、介護活動中の消費エネルギーは、介護動作を評価する指標となりうるし、介護動作中における身体エネルギーの算出によって、介護技術を定量的に評価することが出来ると考えられる。本研究は、介護者の機械的エネルギーを次の式で算出した。

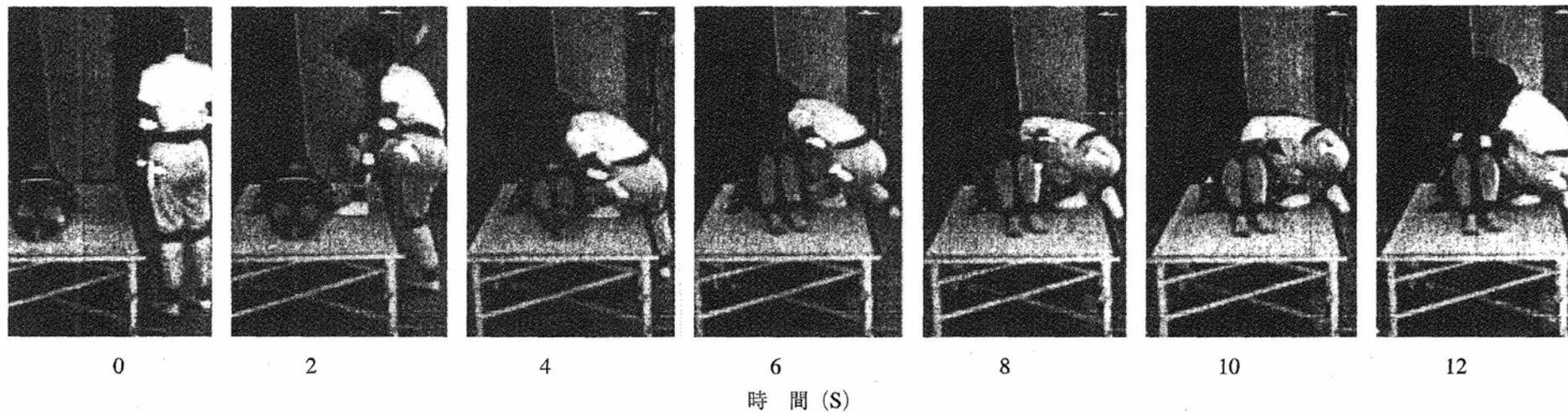
$$\sum_{i=1}^n (M_i g H_i + 1/2 M_i V_i^2 + 1/2 I_i \omega_i^2)$$

ただし、身体を14個の剛体（頭部、胴体、上腕、前腕、手、大腿、下腿および足）がおのこの関節の一点を介して接続された剛体系と仮定した。また、 $i=1\sim 14$ 、 g は重力加速度、 M_i 、 H_i 、 V_i 、 I_i および ω_i は、それぞれ各部分の質量、重心点の基準点からの高さ、重心点の線速度、重心点まわりの主慣性モーメントおよび角速度である。

2. 1 ベッド起こし

図2はPTと学生のベッド起こし動作の連続写真である。起こし動作は、ベッドに足乗せ（0～2秒頃）、被介護者の膝曲げ（4～8秒頃）およ

PT (理学療法士)



学 生

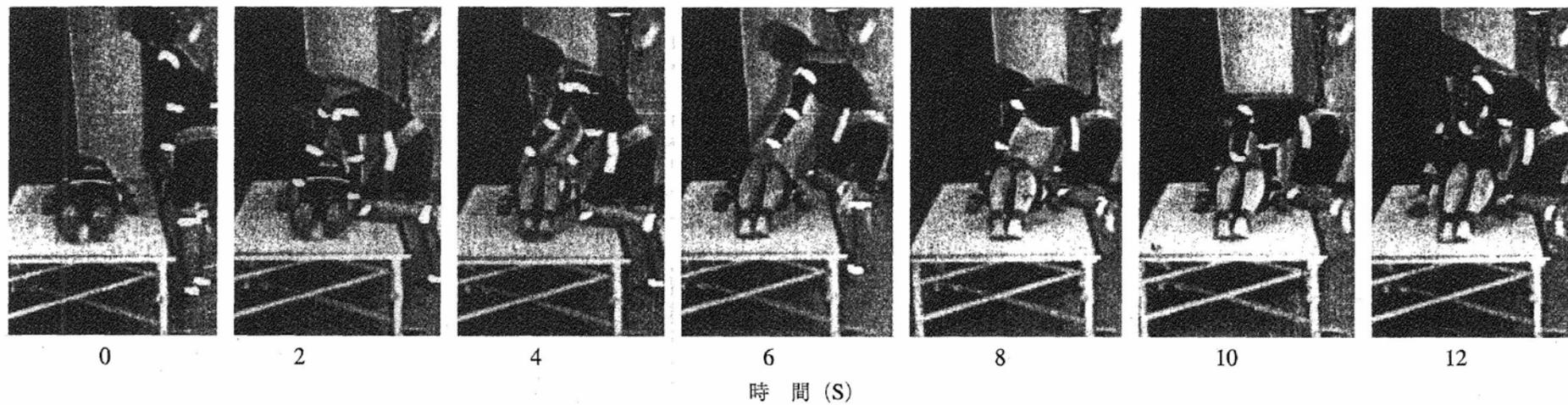


図2 理学療法士 (PT) と学生のベッド起こしの連続動作

び上体起こし（10～12秒頃）の三つの局面に分けられる。主要動作の起こし動作に要した時間は約2秒である。PTは左足をベッド上に膝を立て、自分の体重を利用して、被介護者を起こしている様子が観察される。それに対して、学生は、左足の膝をベッドに乗せ、腰の伸展動作によって被介護者を起こしているようである。この足動作の違いによって、起こしの動作姿勢が高くなり、被介護者との距離も大きくなったものと思われる。

図3はPTの全身の運動エネルギー（回転エネルギーと並進エネルギー）、図4はPTの位置エネルギーと機械的エネルギーを示している。図3から、並進エネルギーは回転エネルギーより大きく、また、その変動も大きいことが分かる。このことは、介護動作中において、身体各部分の並進運動が回転運動より大きいことを示唆している。また、図3と図4からは、位置エネルギーが運動エネルギーより約10倍大きく、総エネルギーに対する機械的エネルギーは、大部分位置エネルギーの成分で構成されているものと考えられる。すなわち、介護動作における作業は、身体各部分のそれぞれの関節まわりの運動より、主に身体全体の上下移動によるものと考えられる。

図5はベッド起こしにおけるPTと学生の機械的エネルギーを示している。図5からは、PTの値は、前半に大きな減少（約2秒～）が見られ、その後、大きな変化は見られない。一方、学生の値に2回急速な増加（約3秒～と11秒～）が見られた。

PTの値の前半での減少は、身体姿勢が被介護者への接近（約2秒～）によるもので、その後は、上体が大きく上がることなく被介護者の上体を起こす動作となっている。最終の起こし動作にも上体の大きな上がりはなく、その結果、エネルギーの増加が少なかったものと思われる。それに対して、学生は被介護者の膝を曲げた後、自

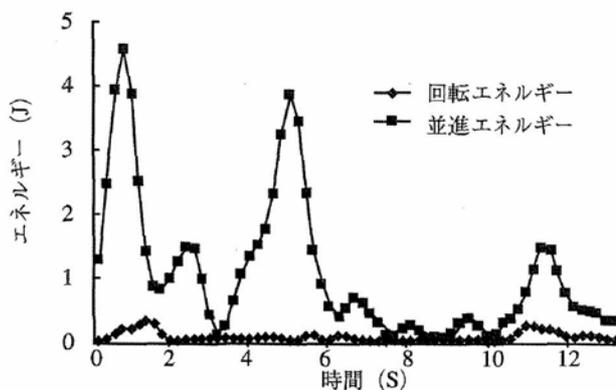


図3 ベッド起こしにかかるPTの回転と並進エネルギー

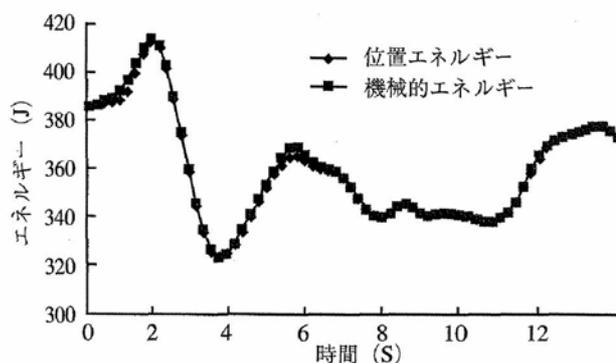


図4 ベッド起こしにかかるPTの位置と機械的エネルギー

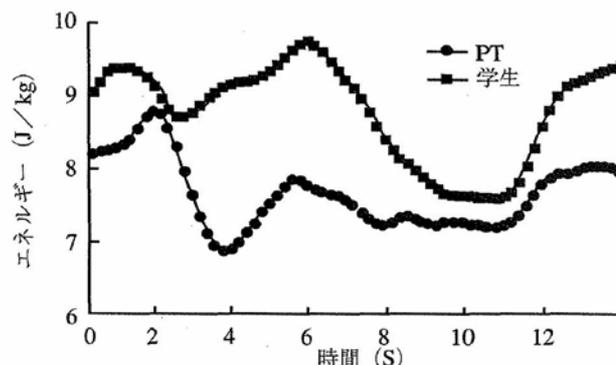
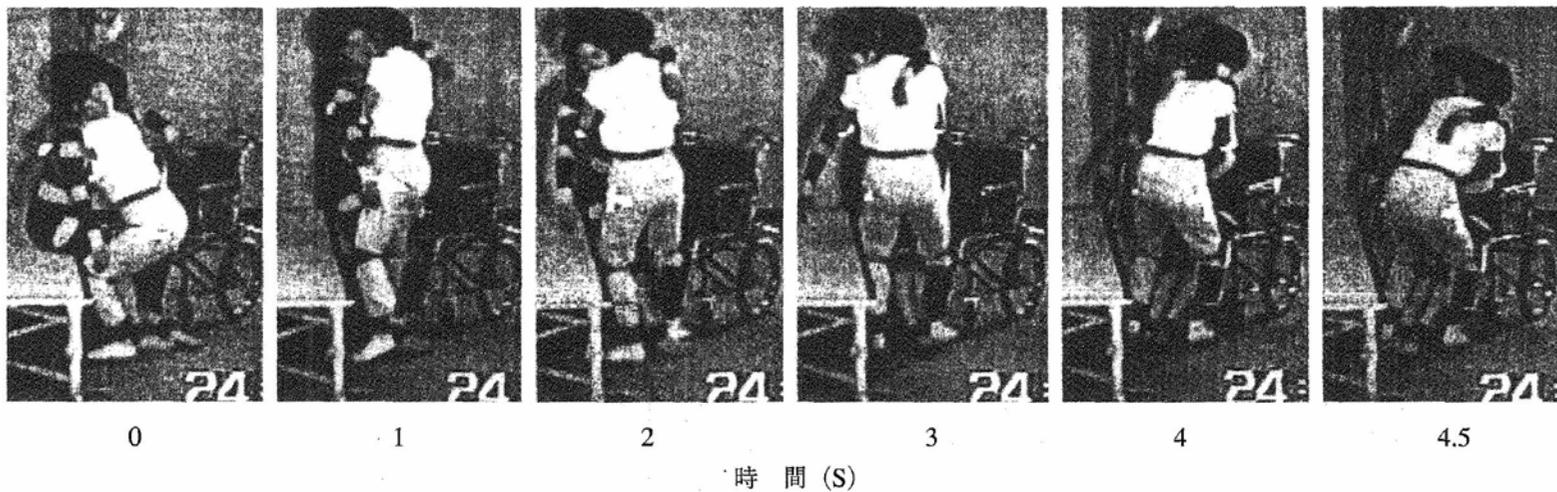


図5 ベッド起こしにかかるPTと学生の機械的エネルギー

分の上体を一度起こし（約4秒～）、再度腰を曲げ（10秒頃）、その後腰の伸展を用いて、被介護者の上体を起こしている。その2回の腰の屈曲と伸展動作が、エネルギーの大きな増減を引き起こしているものと考えられる。

以上のことから、被介護者の上体起こし動作を考察すれば、PTは自分自身の体重の有効利用による介護動作となっているが、一方、学生

PT (理学療法士)



学 生

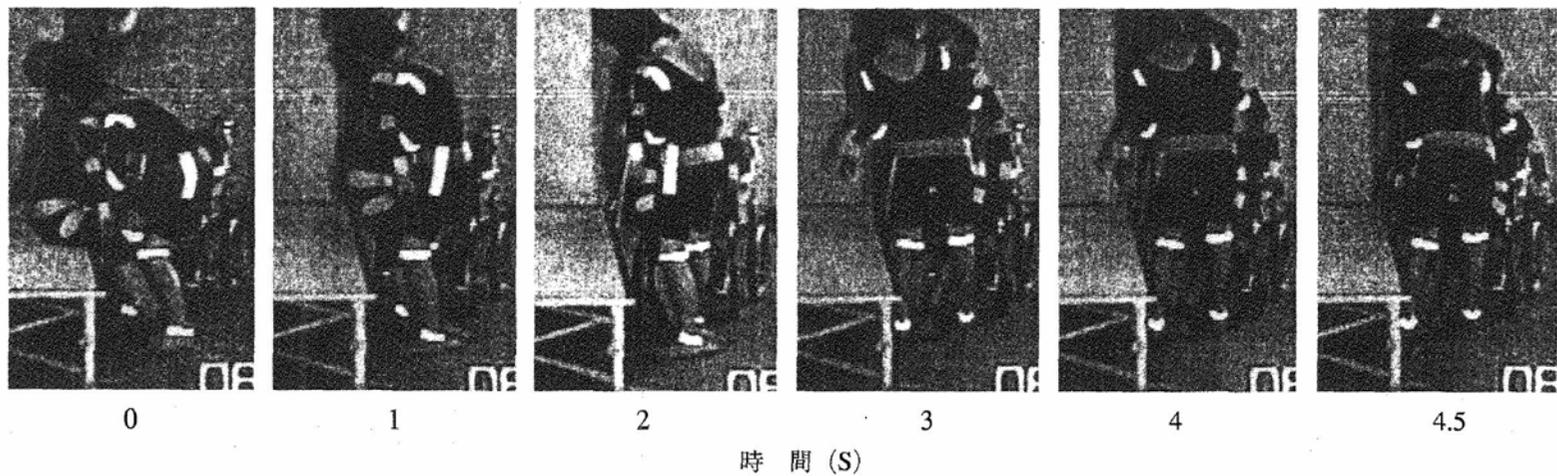


図6 理学療法士 (PT) と学生の車椅子への移乗の連続動作

は主に腰の屈曲と伸展を用いた動作であることが分かった。その結果として、学生の動作は、PTより多くのエネルギーを消費する可能性が考えられ、その大きな腰の屈曲・伸展動作は、腰に大きな負担をかけることが推測された。

2. 2 車椅子への移乗

図6は、車椅子への移乗におけるPTと学生の連続写真を示している。移乗動作は、被介護者を抱き上げ（約0秒～）、運び（約2秒～）さらに椅子へ腰掛けさせる（約4秒～）など三つの局面に分けられる。連続映像を観察すれば、学生は、主に腰の屈曲と伸展動作によって、被介護者を抱き上げ、そして腰掛けさせている。一方、PTは、主に膝の屈曲・伸展動作によって、移乗作業を行っている。

図7は、車椅子への移乗におけるPTと学生の機械的エネルギーを示している。PTの値には、抱き上げ（約0秒～）に伴う急速な増加と腰掛けさせる動作（約3秒～）に伴う急速な減少が見られた。一方、学生の値には、抱き上げに伴う緩やかな増加が見られたが、PTのような腰掛けさせに伴う大きな減少が見られなかった。その結果から、PTの移乗動作中には、学生より大きなエネルギーの変動があり、それによって、作業中におけるエネルギーの消費も大きいと推測される。PTのこの大きなエネルギーの変動は、膝の大きな屈曲と伸展による全身の大きな上下移動で生じたものと考えられる。

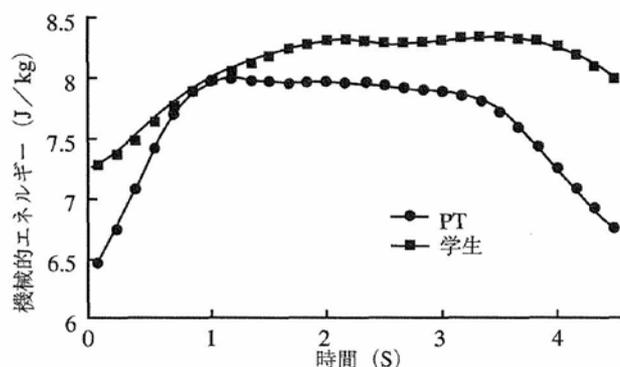


図7 車椅子への移乗におけるPTと学生の機械的エネルギー

車椅子への移乗は、被介護者の体を抱き上げて移動し、車椅子へ腰掛けさせる作業であることから、介護者の腰、腕に大きな負担がかかる。当然なことだが被介護者の身長、体重の大きい場合は、特にその負担が増大する。介護の現場では、移乗・移動動作で腰痛や怪我を引き起こすケースが非常に多いことはよく聞くことである。PTの動作解析の結果から、PTは、膝の屈伸を主動作とした下半身の筋群を利用したものであり、その動きはエネルギーの面から見れば、消費は大きく、非効率的であるが、腰の怪我の予防という面からは有効な動きといえよう。

3. まとめ

本研究は、上半身起こしと車椅子への移乗という介護動作を三次元的に撮影し、映像データに基づいて介護者のエネルギーを算出した。そのエネルギーを中心にして、理学療法士 (PT) と社会福祉学専攻学生の介護動作との比較検討を行い、PTの介護動作の特徴を明らかにした。ベッド起こし動作について、PTは、足をベッドに乗せて、低い姿勢から自分の体重を利用して被介護者を起こしている。その動作は、腰の屈曲・伸展が小さく、エネルギーの消費も小さかった。身体負荷の大きい車椅子への移乗動作については、PTは、できるだけ腰への負担を軽減し、主に大腿の筋群を用いて被介護者を抱き上げ、腰掛けさせるという動作になっている。このような動作は、エネルギーの消費が多くなる可能性があるが、腰の保護には有効だと考えられる。

謝 辞

本研究を進めるあたり、ご指導を頂いた愛知県立大学豊島進太郎教授に感謝申し上げます。また、東海学園大学星川保教授、名古屋女子商科短期大学岡本敦助教授から、貴重なご教示をいただきました。記して深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 大吉三千代, 春日美香子, 平松則子; 写真で見
る基礎看護技術, 照林社, 10-19 (1998)
- 2) 大津広子, 中井加代子, 石垣美美代ほか; 体位
変換の授業研究, 看護教育, 37, 302-309
(1996)
- 3) 藤本浩志, 木塚朝博, 横地義照ほか; 熟練者に
よる介助下における起立着動作の下肢関節逆動
力学解析, バイオメカニズム学術講演会, 講演予
稿集, 91-94 (1998)
- 4) 平田雅子; ベッドサイドを科学する, 学研, 2-58
(1997)
- 5) 石崎庄治, 小川敏一, 塚越貴弘ほか; ベッド高さ
と看護者の腰部の負担について, バイオメカニ
ズム学術講演会, 講演予稿集, 105-108 (1998)
- 6) 井上真帆, 山下久仁子, 岡田 明ほか; 高齢者
の住宅における移乗動作に関する基礎研究,
日本人間工学会関西支部大会, 講演論文集,
123-124 (1997)
- 7) 村本淳子; ボディメカニクス, 月刊ナーシング,
15, 67-73 (1995)
- 8) 村本淳子; ボディメカニクスの視点からみた体位
変換の技術, 月刊ナーシング, 16, 67-73
(1996)
- 9) 厚生省; 1998年国民生活基礎調査, 中日新聞,
朝刊一面, 1999.7.17
- 10) 齊藤 宏, 松村 秩, 矢谷令子; 姿勢と動作—
ALDにおける扱い手順, メディカルフレンド社,
85-151 (1985)
- 11) 佐藤和良; ボディメカニクス, 月刊ナーシング,
16, 58-65 (1996)
- 12) 佐藤和良; 看護学生のための物理学, 医学書院,
3-28 (1997)
- 13) 渋谷侃二; 運動力学, 大修館書店, 131 (1981)
- 14) 湯 海鵬, 熊本水頼, 陸 愛雲; 中国アスリート
の身体部分係数の算出, 及び日本人アスリートと
の比較, 体育学研究, 38, 487-499 (1995)
- 15) Walton, J. S.; Close-range cine-photogrammetry;
Another approach to motion analysis, Science in
Biomechanics Cinematography, Terauds, J.
(ed.), Academic Publishers, Del Mar, California,
69-97 (1979)
- 16) Winter, D. A., Sidwall, H. G. and Hobson, D. A.;
Measurement and reduction of noise in kinematics
of locomotion, *J. of Biomechanics*, 7, 157-159
(1974)
- 17) 吉田勝訓; 移動介助の技術, 看護とリハビリテー
ション, (からだの科学 臨時増刊), 109-116
(1992)