

厚生労働科学研究費補助金
長寿科学総合研究事業

自立と介助の両側面からアプローチした
ベッドの開発

平成18年度 総括・分担研究年度終了報告書

主任研究者 井上 剛伸

平成19(2007)年3月

目 次

| | |
|-------------------------------------|----|
| I. 総括研究年度終了報告 | |
| 自立と介助の両側面からアプローチしたベッドの開発…………… | 1 |
| 井上 剛伸 | |
| II. 分担研究年度終了報告 | |
| 1. ベッド周りの介助負担の評価と自立を促進するベッドの開発…………… | 7 |
| 井上 剛伸 | |
| 2. 臥床生活者の自立を促進するベッドの研究…………… | 11 |
| 山崎 信寿 | |
| 3. 臥床者生活者の覚醒度の評価…………… | 25 |
| 守山 利奈 | |
| III. 研究成果の刊行に関する一覧表…………… | 29 |
| IV. 研究成果の刊行物・別刷…………… | 31 |

I. 総括研究年度終了報告

厚生労働科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）
総括研究報告書

自立と介助の両側面からアプローチしたベッドの開発

主任研究者 井上剛伸 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所
福祉機器開発部福祉機器開発室長

研究要旨 臥床者の自立支援を行うことで、活動量を増加させると共に、介助者負担の低減を行う。このため、本年度は、（１）平成 17 年度に製作した快適背上げ姿勢を実現する実験用 7 分割ベッドの基本性能の評価と駆動機構の改良、（２）7 分割ベッドによる体圧集中、尻すべり量の低減効果の検証（３）介助者負担の軽減効果についての検証、（４）低負担飲食姿勢の体格対応条件の検討、（５）7 分割ベッドに適合するマットレス条件の検討、（６）低負担作業用什器の設計を行った。これらの検討から、自立と介助負担の軽減を実現するベッドおよび什器の開発条件として、（a）身体寸法と屈曲特性に適合する 7 分割ベッドとマットレスの屈曲・伸縮条件と（b）背上げ姿勢の視野と作業域に適合する体側面什器条件を示した。（７）また、臨床場面において、各個人への適切な設定を行うための覚醒度モニタリング手法を提案した。

分担研究者

山崎 信寿 慶應義塾大学理工学部教授
守山 利奈 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所 福祉機器開発部 福祉機器開発室研究員

A. 研究目的

医療的必要性や重度の障害のためにベッド上での生活を余儀なくされる臥床者は、ベッド上で背上げ姿勢をとり、飲食等の生活行為を行う。しかし、従来のギャッチベッドによる背上げ姿勢は、褥瘡の原因となる臀部への圧力集中や身体 - マットレス間のせん断力を生じて必ずしも快適ではなく、長時間の姿勢維持も困難であった。これらの問題の多くは、身体の骨格構造や寸法特性、背面形状などに適合する支持条件を実現するベッドと、背上げ姿勢の視野と作業域に適合する什器を開発することで解決できると考えられる。また、これによる臥床者の自立は、

看護介護者を本来の職務に集中させ、結果的に負担の軽減に役立つと考えられる。

このため、本年度は、平成 17 年度に製作した快適背上げ姿勢を実現する実験用 7 分割ベッドの基本性能の評価と改良を行い、その快適性評価と介助者負担の軽減効果について考察を行った。また、平成 16 年度に提案した体側面食器配置を実現する作業用什器の設計を行った。さらに身体幾何モデルを開発し、体格に応じて低負担飲食姿勢を実現するベッド条件と、背上げ動作時に身体 - マットレス間に生じるせん断力を軽減するためのマットレス条件を求めた。

B. 研究方法

1. 7 分割ベッドの改良

平成 17 年度に製作した実験用 7 分割ベッドを様々な条件で動作させた結果、駆動機構と安全システムについて、以下の問題が生じた。

1. 1 寸法調節機構の剛性強化

胸部、腰部、大腿部の寸法調節を行なう際、支持面に垂直な軸まわりのモーメントの強度不足による支持面の振動と、支持面を前後傾させるモーメントの強度が不足していたことによるフレーム同士の干渉が生じた。このため、LMガイドとフレーム構造の剛性強化を行った。

1. 2 安全スイッチの追加

平成17年度の製作では、体幹側8箇所、下肢側7箇所の計15箇所を干渉危険箇所とし、安全スイッチを配置したが、今年度新たに、干渉が生じることがわかったため、安全スイッチの追加を行った。

2. 7分割ベッドによる背折れ姿勢の快適性評価

7分割ベッドによって体幹の滑らかな屈曲を支持する姿勢および、従来の4ボトムギャッチベッドによる背上げ姿勢における体圧分布と尻すべり量を計測した。

被験者は、体格が異なる3名とした。

(1) 実験条件

背折れ姿勢では、各支持面の角度をそれぞれ設定した。支持面寸法は、被験者の好みに調節した。

従来の背上げ姿勢では背上げ角度を背折れ姿勢の胸部支持面絶対角度と同じとし、下肢部の支持面角度も、下肢姿勢が背折れ姿勢とほぼ等しくなるように調節した。

(2) 体圧の計測方法

体圧は2枚のシート型センサ(ニッタ:Huge-Mat)をマットレスとシーツの間に敷いて計測した。また、5 mmHg以上の圧力が加わっているセンサセルを接触部とみなし、肩部から仙骨部までの身体幅矩形内の接触セル数から腰部の接触面積を求めた。

(3) 尻すべり量の計測方法

尻すべり量は、姿勢をとり始めた際と、姿勢を5分間とり続けた後の上後腸骨棘点位置の座標変化量とした。ただし上後腸骨棘点位置は、3次元座標計測装置と体側面から挿入した1 mm厚の剛体板を用いて計測した。

3. 介助負担の軽減効果

介助負担の時間的軽減効果を検証するために、国立身体障害者リハビリテーションセンターの看護師を対象として1日の介助作業の調査を行った。調査は、勤務中の看護師の後ろに検者がついて観察し、介助作業を時系列で記録するワークサンプリング法を採用した。観察は、脳卒中による片マヒの患者が多く入院している病棟(ベッド数は50床)の日勤(8:30~17:00)の勤務帯および脊髄損傷による対マヒおよび四肢マヒ患者が多く入院する病棟(ベッド数は50床)の夜勤(0:30~9:00)で行った。

4. 体格対応支持面寸法の推定

4. 1 体格対応支持面長を推定する身体幾何モデルの開発

支持面寸法は被験者の体格に合わせて自動で推定できることが望ましい。このため、身体幾何モデルを開発し、臥床者の体格に適合する支持面寸法を推定した。

4. 2 推定支持面寸法の快適性評価

低身長的女性被験者1名(身長1450 mm)を、標準身長(1730 mm)で推定した支持面長に設定した7分割ベッドと、被験者身長に設定した7分割ベッドに臥床させ、体圧分布と臥床姿勢の計測を行った。

5. 背上げ動作に適合するマットレス条件の推定

背上げ動作時に身体-マットレス間に生じるせん断力を低減するためには、屈曲時に身体背面に生じる伸縮およびそれに追従するようにベッド支持面の伸縮に沿ってマットレスを伸縮させる必要がある。また、支持部の長さも、臥床者の体格に応じた長さに設定する必要がある。このため、7分割ベッドの屈曲動作に追従するマットレスの寸法・伸縮条件を身体幾何モデルの応用により求めた。

6. ベッド上での飲食用什器の試作

平成16年度に提案した什器配置範囲ではいくつかの問題があった。このため、新たな配置を実現し、

かつ臥床者が自分で位置の調節や収納を行うことができるテーブルの設計を行った。

7. 自立度評価のための体動計測

日中の活動量の評価手法として、体動センサ（A.M.I:マイクロ・ミニRC型アクチグラフ、以後、アクチグラフ）を検討した。アクチグラフには、専用の解析ソフトウェアが付属しており、測定時間内における覚醒時間、睡眠時間、1分間あたりの身体活動数（体動数）等を知ることができる。

日中の活動度を評価するためには、飲食動作などに伴う大きな体動を検出する必要がある。このため、リクライニングシートでの10分間の休息および10分間の読書時の体動を、利き腕と逆腕でそれぞれ計測することで、アクチグラフによる活動度の評価が可能であるかを調べた。

被験者は標準体型（身長1670mm、体重56kg）の1名とした。

8. 覚醒度モニタリング手法

介助者が現場において、プライバシーに干渉せずに臥床者の覚醒度を把握できるよう、眼画像の解析によるモニタリング手法を検討した。覚醒度が低下しやすい安静時の生活行為（読書）を対象とし、昨年度までの成果をもとに、眼球運動と開眼度を求めた。

電子図書を被験者の頭上に設置したモニタに表示し、読書中の顔画像を小型CCDカメラ（SONY:DXL-LS1）で撮影した。また、従来指標との比較のため、前年度と同様の方法で眼電位（EOG）、脳波、眠気表情値の計測および解析を行った。

C. 研究結果と考察

1. 7分割ベッドの改良

各改良についての詳細を示す。

1.1 寸法駆動機構の改良

(1)スライドレールの剛性強化

LMガイドでは、ガイドを2連にすることで、モーメントアームを拡大し、剛性を高めることができ

る。これにより、モーメントの許容値が2.5～6倍程度になる。

(2)スライドレールの取り付け部品の変更

ガイドを2連にしつつ、支持面寸法の調節範囲を保つためには追加したガイドの横幅だけレール長を延長する必要がある。このためレールの固定部品を再設計・製作した。

(3)支持面構造の剛性強化

大腿支持面では、フレーム構造の剛性不足が駆動時の振動の原因となった。このため、支持面の下に補強材を加え、フレームの剛性を高めた。

(4)支持面の軽量化

アクチュエータへの負荷を減らすためにベッド全体について、強度の必要ない部位に穴を開け、軽量化を行った。

1.2 安全システムの改良

1.2.1 下肢フレームとアクチュエータの干渉

アクチュエータの取り付け部品を改良し、アクチュエータの固定位置を10mm上方に移動した。

改良後の大腿角度の範囲は設計仕様を満たした。

1.2.2 アクチュエータ取り付けアームおよび

大腿支持面下部と下肢フレームの干渉

アームと土台フレームの干渉が避けられるように以下の改良を行った。

(1)下肢可動フレームの干渉部の設計変更

アクチュエータ取り付けアームは、下肢可動フレームの通し部品と干渉する。このため、取り付けアームがもっとも通し部品に近づく条件での干渉を回避するように通し部品の形状を変更した。

(2)大腿支持面の絶対角度の検出

大腿支持面下方のアーム部に安全スイッチを設置し、下肢フレームに設置したカムと接触させることで、大腿支持面の危険角度を検出した。これにより、任意の臀大腿移行部の角度について、大腿角度変化による干渉を回避できた。

2. 背折れ姿勢の快適性評価

背折れ姿勢の臀部のピーク圧力は、胸部支持面絶

対角度が45°以上で特に減少した。また、腰部の接触面積も、胸部支持面絶対角度が大きくなると増加した。

背折れ姿勢で発生した尻すべり量は、従来の背上げ姿勢と比較して平均6 mm少なかった。

これらの結果から、背折れ姿勢では、従来の背上げ姿勢よりも小さな負荷で体幹を起こすことができるため、自発的な生活動作や日中の安静のための背上げを低負担化し、自立を促進すると考えられる。

3. 介助負担の軽減効果

片マヒ患者が多い病棟での日勤の結果では、記録に要した時間が最も多く、続いて医療関連行為、会話、歩行の順で時間の長い行為が記録された。ベッド周りの行為では、医療関連行為、移乗、更衣、排泄が時間のかかるものとしてあげられた。

対マヒおよび四肢マヒの多い病棟の深夜勤における結果では、記録に多くの時間を割いているが、排泄や医療関連行為、更衣、移乗といったベッド周りの介助が時間のかかる介助としてあげられた。

今回の調査において抽出した行為の中で、ベッド周りの介助行為は以下のようなものであった。

- ・ 整容・清潔
- ・ 更衣
- ・ 排泄
- ・ 体位変換
- ・ 移乗
- ・ 医療関連（準備を含む）

今回開発したベッドでは、ベッド上での介助負担を軽減できるベッド高およびベッド幅を実現している。したがって、これらの介助については、介助負担の軽減効果が得られると考えられる。その軽減効果を時間的に示すために、これらの介助にかかった時間の、記録時間を除いた勤務時間に対する割合を算出した。日勤の勤務帯においては、44.6%、夜勤の勤務帯においては、57.8%の時間割合で、介助負担の軽減効果があるという結果が得られた。

4. 身体幾何モデルによる体格対応支持面寸法の推定

4.1 体格対応支持面寸法の推定結果

標準身長と被験者身長に合わせて推定した支持面長を示すことができた。なお、支持面角度は、不快を生じやすい頭部を70°まで起こした条件において、体幹を自然に屈曲して快適とされた角度とした。

4.2 推定支持面長の快適性評価

計測結果により、被験者身長の支持面寸法条件では、標準身長の支持面寸法条件と比較してベッドと身体の屈曲位置が適合し、膝部の接触面積が増大したことがわかった。この結果から、開発した幾何モデルにより、被験者の身長に対応した支持面長を推定できることが示された。

4.3 低負担飲食姿勢の体格対応条件

平成16年度には、7分割ベッドのプロトタイプを用いた被験者8名による実験から低負担飲食用のベッド角度を提案した。このベッド角度と、幾何モデルを用いて推定した支持面寸法により、臥床者の体格に合った低負担飲食条件を実現できる。

5. マットレスの伸縮条件

背上げ動作に追従するには、マットレス下面が胸部で80 mm、腰部で210 mm、臀部で130 mm程度伸び、膝部では120 mm程度縮む必要があることがわかった。

6. 作業用什器の設計

6.1 基本設計

テーブル寸法は標準的なお盆を乗せることのできる350×500とした。また、手をついて支えにする可能性も考え、30 kgfの負荷にたえられるように設計を行った。

6.2 多自由度アームの設計

身体前後方向と高さ方向の位置調節を行うスライド機構、および水平面の自由度を得るための2分割アームによる多自由度アームを設計した。また、各

部の固定と解除は、机脇の統合レバー1つで行えるようにする。

6.3 テーブルの収納機構の検討

往診や看護動作の邪魔にならないように、使用しない際には机を外側に倒し、頭部方向に移動して収納できるようにした。

7. アクチグラフによる活動度評価

利き腕にアクチグラフを使用することで、従来の逆腕の計測よりも明確に生活動作を検出できることがわかった。このことから、アクチグラフは日中の活動状況の評価にも応用できると考えられる。

8. 覚醒度モニタリング手法

画像解析により取得できる眼の重心座標の軌跡は、EOGとよく一致し、本手法により、読書時の眼球運動を非接触に計測できることが確かめられた。眼球運動の水平/垂直グラフでは、読書活動の集中度や眠気の出現など、より細かな情報を直感的かつ短時間に把握することができた。

また、上眼瞼挙筋の弛緩を反映する開眼度は、覚醒度の従来指標である脳波および眠気表情値と高い相関を示した。このことから、リラックス状態では、開眼度により、非接触かつ定量的に覚醒度を計測することができる。

眼球運動および開眼度は、元の画像を残さずに数値データ（時系列グラフ）として抽出できることから、本手法により、プライバシーに配慮しつつ、臥床者の状態をモニタリングすることが可能である。したがって、日中の覚醒度が低下している場合には、声かけにより背挙げおよび活動を促すなど、本手法を用いたケアを行うことで、7分割ベッドの効果をより有効に発揮させることができると考えられる。

D. 結論

本報告では、以下に示す検討と結果から、7分割ベッドと作業用什器によって臥床者の自立および介助者負担の軽減が実現されることを示した。

(1) 平成17年度に開発した実験用7分割ベッド

の駆動機構、および安全回路を改良し、安全な支持面駆動を可能にした。

- (2) 7分割ベッドにより、体圧集中と尻すべりの低減が実現された。この結果は、介助頻度を少なくすることから、間接的に介助者負担を軽減できる。
- (3) 介助時間に対する、ベッド周りでの介助時間の割合を算出した結果、約50%の時間割合で、介助負担が軽減することが示された。
- (4) 7分割ベッドによる実験結果と、開発した身体幾何モデルから、ベッド上での低負担飲食姿勢を体格差に応じて実現するベッド条件を求めた。
- (5) 体幹を倒した低負荷な姿勢で飲食を行うことができる体側面の食器配置を実現する作業用什器を設計した。
- (6) 背上げ動作時に身体-マットレス間に生じるせん断力を低減するためのマットレスの伸縮条件を幾何推定により求めた。
- (7) 臨床場面において、各個人への適切な設定を行うため、眼の画像解析を行って、眼球運動および開眼度による覚醒度モニタリング手法を提案した。

今後は、これらの条件をより簡便に実現できるベッドと机およびマットレスの開発を行う予定である。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

佐々木由理、川本貴志、山崎信寿：快適背上げ姿勢探索用ベッドの開発、人間工学、Vol.42、No.6、373-380、2006

2. 学会発表

坂本雄祐、井上剛伸、石渡利奈、堀房子、山崎信寿、川本貴志、鎌田実、小竹元基、介助負担の長時間計測とその評価に関する研究、福祉工学シンポジウム2006講演論文集、126-129、2006

Ⅱ. 分担研究年度終了報告

分担研究報告書

ベッド周り作業の介助負担の軽減効果

主任研究者 井上剛伸 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所
福祉機器開発部福祉機器開発室長

研究要旨 本研究において開発したベッドを使用した場合の介助負担の軽減効果を時間的に把握することを目的として、リハビリテーション病院看護師の勤務時間中の作業をワークサンプリング法により記述した。その結果に基づき、介助時間に対する、ベッド周りでの介助時間の割合を算出した。その結果、約50%の時間割合で、介助負担が軽減することが示された。

A. 研究目的

介助作業を行う専門職では、腰痛の問題が多く指摘されており、介助負担の軽減はベッドの開発においても重要な要求機能となる。昨年度までに、介助現場における介助負担の長時間計測を行い、ベッド周りでの介助動作で腰部の負担が大きくなることを示した。さらに、実験室内での詳細な計測実験から、ベッド周りでの介助動作の負担を軽減するための、ベッドの高さおよびベッドの幅を決定した。

今年度は、実際の1日の介助動作における介助項目を詳細に把握し、開発したベッドを使用した場合の介助負担の軽減効果について時間的な検証を行った。

B. 研究方法

1日の介助動作の内容を詳細に検証するために、国立身体障害者リハビリテーションセンターの

看護師を対象として介助作業の調査を行った。調査は、勤務中の看護師の後ろに検者がついて観察し、介助作業を時系列で記録した。人の行動を観測により調査する方法は、観測対象者を連続的に観測して記録する連続観測法と、ある一定間隔ごとに記録するワークサンプリング法がある。今回行った調査では、観測対象者が多くないことから、精度の高い連続観測法を用いた。

観察は、脳卒中による片マヒの患者が多く入院している病棟（ベッド数は50床）の日勤（8:30～17:00）の勤務帯および脊髄損傷による対マヒおよび四肢マヒ患者が多く入院する病棟（ベッド数は50床）の夜勤（0:30～9:00）で行った。記録する要素を表1に示す。ここで患者に直接接する作業を直接的作業とし、それ以外の作業を間接的作業とした。また、作業の記録には人間工学ガイド¹⁾を参考にした記録用紙を用いた。記録用紙を図1に示す。

表1 記録要素

| | | |
|----|--------|---------------------------------------|
| 動作 | 直接的動作 | 整容・清潔，更衣，排泄，食事，体位交換， 移乗，会話，訓練，医療関連 |
| | その他の動作 | シーツ交換，環境整備・物品管理，歩行，記録 |
| 場所 | | 廊下，病室，ナースステーション |

看護師:
病棟:

記録日: 月 日 から 月 日 から
記録時間: 時 分 から 時 分 から
この用紙:

| ▶ 経過時間(秒) | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|-----------|--|----|----|----|----|----|----|
| 0 | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | |

| 動作 | Sei: 整容・清潔 | Ke: 更衣 | H: 排泄 | Syo: 食事 | T: 体位変換 | I: 移乗 |
|----|--------------|----------------|-----------------|----------|------------------------|---------------------|
| | C: コミュニケーション | Sh: シーツ交換 | Kan: 環境整備, 物品管理 | Wo: 物品搬送 | Ir: 医療補助, 処置(注射・カテーテル) | (Ir: その他全般の医療補助・処置) |
| | W: 歩行 | Wp: 歩行(患者と一緒に) | Kyu: 記録 | Kyu: 休憩 | Wr: 連絡目的の歩行 | O: その他 |
| 場所 | R: 廊下 | B: 病室 | N: ナース室 | N: 処置室 | Ob: 汚物処理室 | |

図1 使用した記録用紙

(倫理面への配慮)

本研究は国立身体障害者リハビリテーションセンター倫理委員会の承認を得て行った。実験における被験者保護、危険回避、インフォームドコンセントの方法等に関しては十分配慮した。尚、

これらの倫理に関する項目は、同委員会の指示に従うものである。

C. 結果および考察

調査結果を度数分布にしたものを図2および

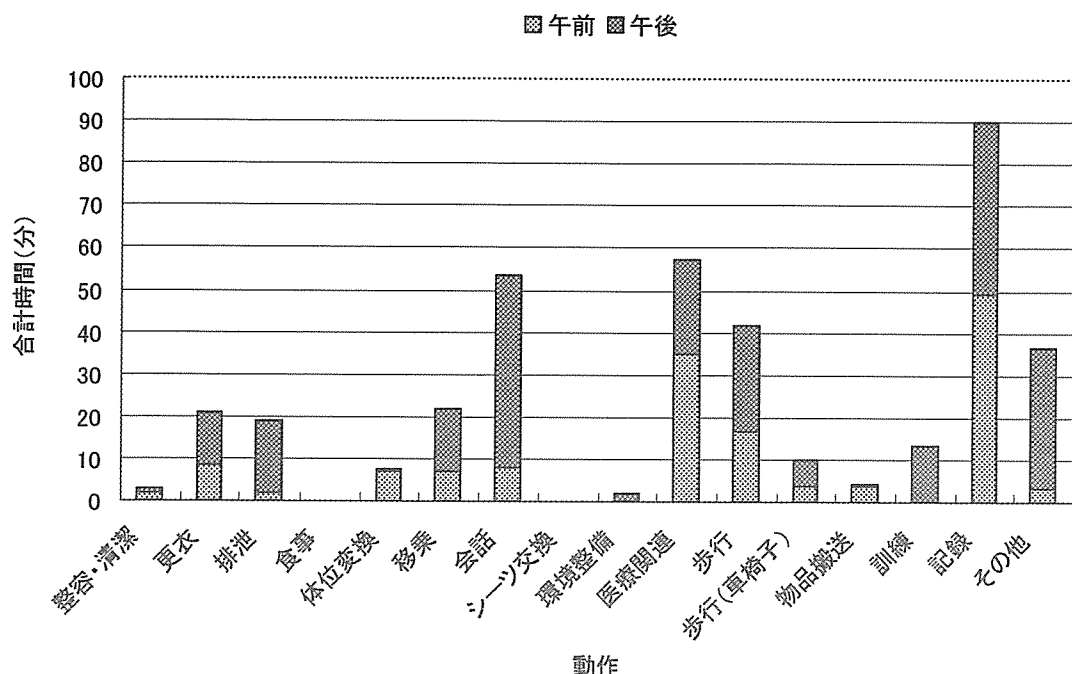


図2 片マヒ病棟 日勤時間帯の結果

図3に示す。

図2は片マヒ患者が多い病棟での日勤の結果であり、記録の時間が最も多く、続いて医療関連行為、会話、歩行の順で時間の長い行為が記録された。ベッド周りの行為では、医療関連行為、移乗、更衣、排泄が時間のかかるものとしてあげられた。

図3は、対マヒおよび四肢マヒの多い病棟の深夜勤における結果である。記録に多くの時間を割いているが、排泄や医療関連行為、更衣、移乗といったベッド周りの介助が時間のかかる介助としてあげられた。

今回の調査において抽出した行為の中で、ベッド周りの介助行為は以下のようなものであった。

看護師の動作(夜勤)

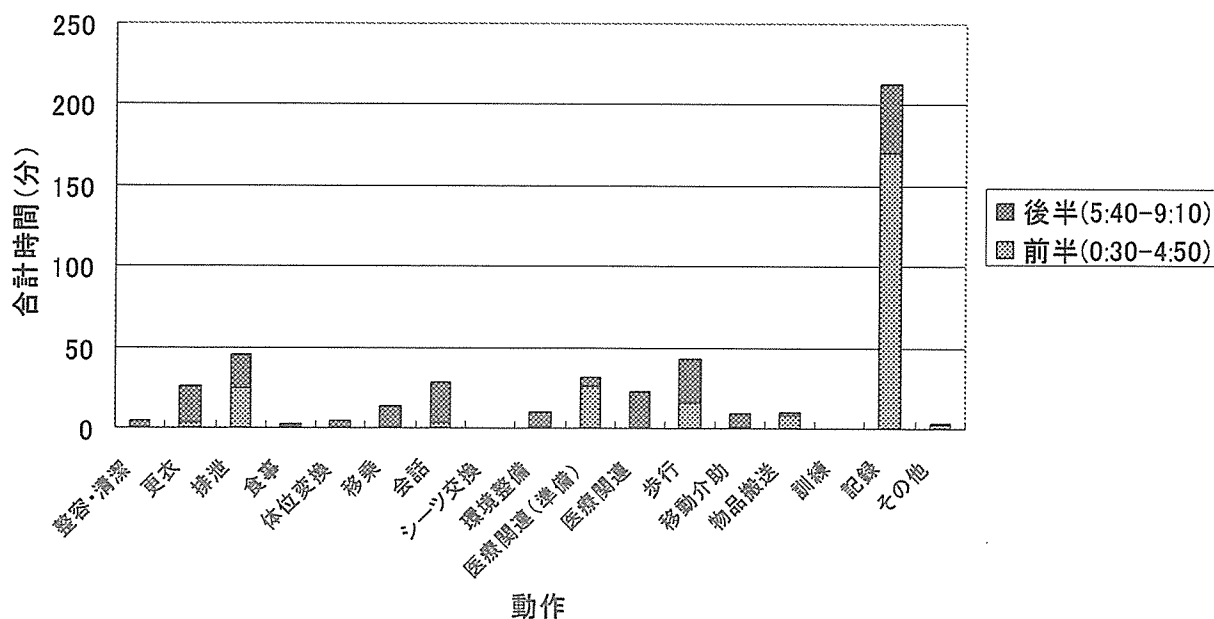


図3 対マヒ・四肢マヒ病棟 夜勤時間帯の結果

- ・ 整容・清潔
- ・ 更衣
- ・ 排泄
- ・ 体位変換
- ・ 移乗
- ・ 医療関連（準備を含む）

今回開発したベッドでは、ベッド上での介助負担を軽減できるベッド高およびベッド幅を実現している。したがって、これらの介助については、介助負担の軽減効果が得られると考えられる。その軽減効果を時間的に示すために、これらの介助にかかった時間の、記録時間を除いた勤務時間に対する割合を算出した。その結果を表示したものが図4である。日勤の勤務帯においては、44.6%、夜勤の勤務帯においては、57.8%の時間割合で、介助負担の軽減効果があるという結果が得られた。

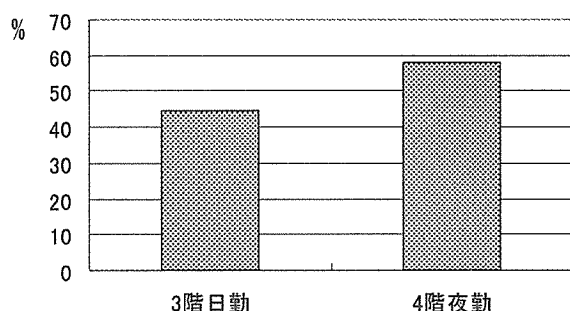


図4 時間割合から見た介助負担軽減効果

D. 結論

本研究において開発したベッドの介助負担の軽減効果を検証するために、リハビリテーション病院看護師の勤務時間中の作業をワークサンプリング法により記述した。その結果に基づき、介助時間に対する、ベッド周りでの介助時間の割合を算出した。その結果、約50%の時間割合で、介助負担が軽減することが示された。

この結果は、介助時間に基づいた軽減効果であり、さらに腰部負担などの指標に基づいた軽減効果の検証が必要である。このようなより詳細な検討は、今後の課題である。

E. 参考文献

- 1) 福田忠彦：人間工学ガイドー感性を科学する方法一、サイエンティスト社

分担研究報告書

臥床者の自立を促進するベッドおよび什器の開発

分担研究者 山崎信寿 慶應義塾大学理工学部機械工学科教授

研究要旨 臥床者の自立支援を行うことで、活動量を増加させると共に、介助者負担の低減を行う。このため、本報告では、(1)平成17年度に製作した快適背上げ姿勢を実現する実験用7分割ベッドの基本性能の評価と駆動機構の改良、(2)7分割ベッドによる体圧集中、尻すべり量の低減効果の検証と介助者負担の軽減効果についての考察、(3)低負担飲食姿勢の体格対応条件の検討、(4)7分割ベッドに適合するマットレス条件の検討、(5)低負担作業用什器の設計を行った。これらの検討から、自立と介助負担の軽減を実現するベッドおよび什器の開発条件として、(a)身体寸法と屈曲特性に適合する7分割ベッドとマットレスの屈曲・伸縮条件と (b)背上げ姿勢の視野と作業域に適合する体側面什器条件を示した。

A. 研究目的

医療的必要性や重度の障害のためにベッド上での生活を余儀なくされる臥床者は、ベッド上で背上げ姿勢をとり、飲食等の生活行為を行う^{1,2)}。現状のオーバーベッドテーブル等では、食器類への手の届きやすさなどから、身体負荷の大きい70°程度まで体幹を起こした姿勢を強いられる場合が多い。しかし、従来のギャッチベッドによる背上げ姿勢は、褥瘡の原因となる臀部への圧力集中や身体-マットレス間のせん断力を生じて³⁾必ずしも快適ではなく、長時間の姿勢維持も困難であった。これらの問題の多くは、身体の骨格構造や寸法特性、背面形状などに適合する支持条件を実現するベッドと、背上げ姿勢の視野と作業域に適合する什器を開発することで解決できると考えられる。また、これによる臥床者の自立は、看護介護者を本来の職務に集中させ、結果的に負担の軽減に役立つと考えられる。

このため、本報告では、平成17年度に製作した快適背上げ姿勢を実現する実験用7分割ベッドの基本性能の評価と改良を行い、その快適性評価と介助者負担の軽減効果について考察を行った。また、平成16年度に提案した体側面食器配置を実現する作業用什器の設計を行った。さらに、身体幾何モデルを開発し、体格に応じて低負担飲食姿勢を実現するベッド条件と、背上げ動作時に

身体-マットレス間に生じるせん断力⁴⁾を軽減するためのマットレス条件を求めた。

B. 研究方法

1. 7分割ベッドの改良

平成17年度に製作した実験用7分割ベッドの概観を図1に、支持面の調節範囲を図2に示す。支持面の駆動は、HIWIN製の直動アクチュエータで行った。本ベッドでは、3次元的に複雑に組み合わせられた各支持面が複雑な相対運動をするために、部品同士の干渉が生じる場合がある。このため、実験用7分割ベッドには、図3のような安全スイッチと安全回路により、衝突直前でアクチ

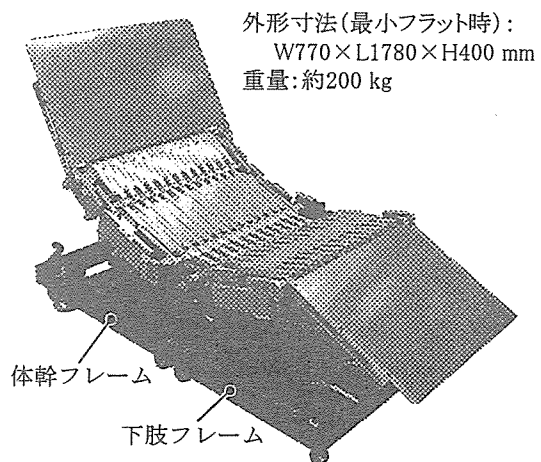
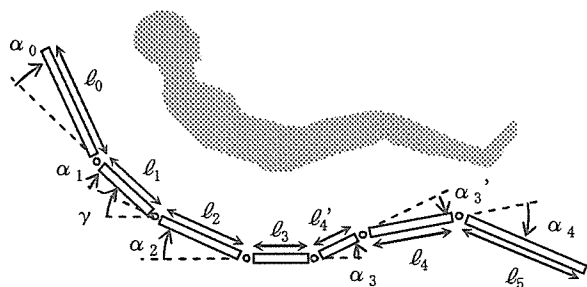


図1 実験用7分割ベッドの概観



| | 角度[°] | 長さ[mm] |
|--------|------------------|---------------|
| 頭部 | α_0 0~35 | l_0 500 |
| 胸部 | α_1 0~35 | l_1 165~250 |
| 腰部 | α_2 0~70 | l_2 265~430 |
| 臀部 | 水平 | l_3 80~140 |
| 臀大腿移行部 | α_3 0~40 | l_4' 90 |
| 大腿部 | α_3' 0~25 | l_4 190~365 |
| 下腿足部 | α_4 0~45 | l_5 520 |

図2 ベッド支持面の調節範囲

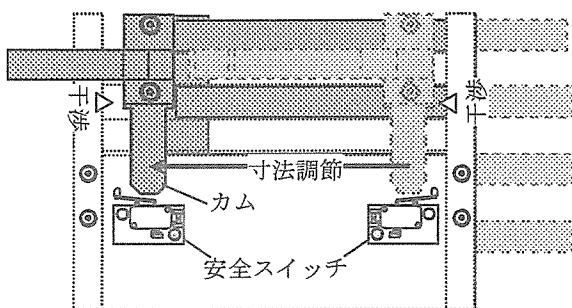


図3 安全スイッチ

ューエータを強制停止する安全システムを搭載した。

しかし、ベッドを様々な条件で動作させた結果、駆動機構と安全システムについて、以下の問題が生じた。

1.1 寸法調節機構の剛性強化

胸部、腰部、大腿部の寸法調節は、図4のようにLMガイドとスライドレール（THK）で連結された入れ子構造のフレーム間距離を、直動アクチュエータで変えることで行うが、その際、支持面に垂直な軸まわりのモーメントA（図4、以後 M_A ）の強度不足による支持面の振動と、支持面を前後傾させるモーメントB（図4、以後 M_B ）の強度が不足していたことによるフレーム同士の干渉が生じた。このため、LMガイドとフレーム構造の剛性強化を行った。

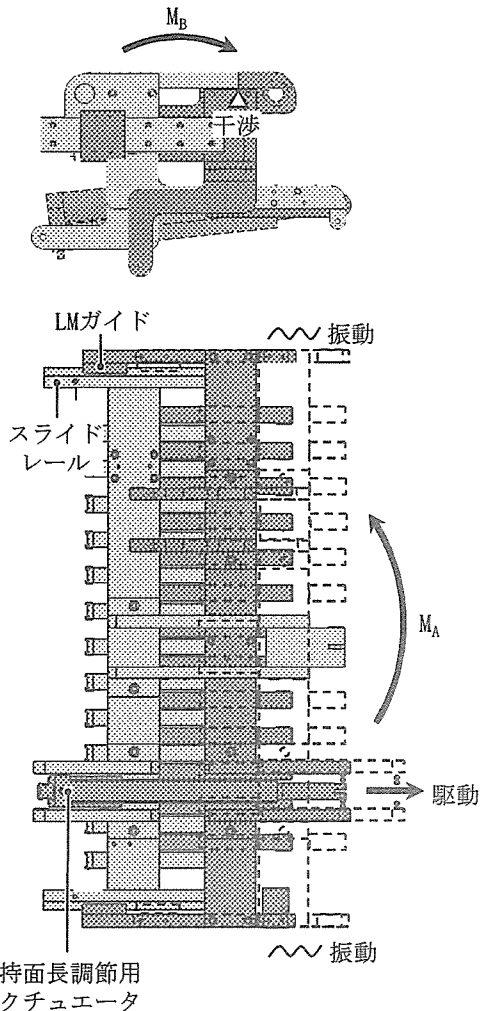
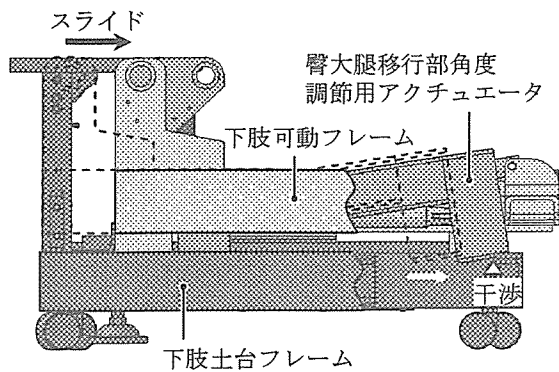


図4 寸法調節機構の強度不足

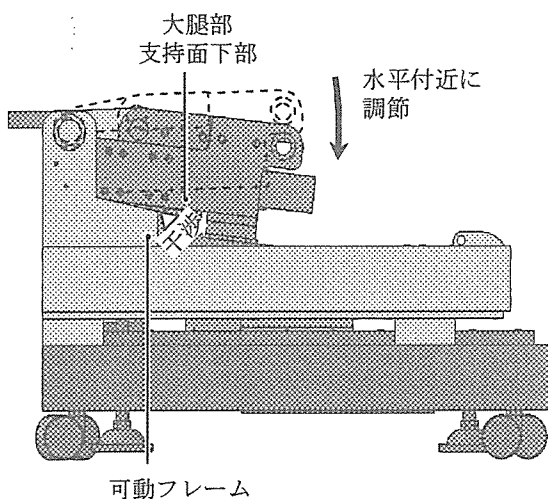
1.2 安全スイッチの追加

平成17年度の製作では、体幹側8箇所、下肢側7箇所の計15箇所を干渉危険箇所とし、安全スイッチを配置したが、今年度新たに、以下の干渉が生じることがわかった。

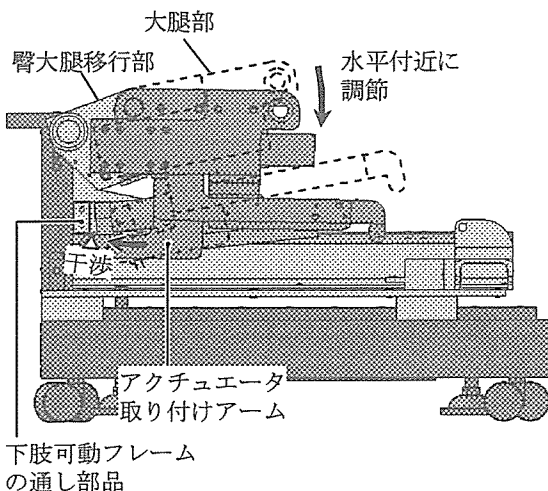
- (1) 臀部支持面長を調節する際に、下肢可動フレームと共にスライドする臀大腿移行部角度調節用アクチュエータが、下肢土台フレームと干渉する（図5a）。
 - (2) 大腿支持面を水平付近に調節する際に、大腿支持面下部（図5b）、または大腿支持面下方のアクチュエータ取り付けアームと下肢可動フレームが干渉する（図5c）。
- このため、安全スイッチの追加を行った。



(a) 下肢土台フレームと臀大腿移行部角度調節用アクチュエータの干渉



(b) 下肢可動フレームと大腿支持面下部の干渉



(c) 下肢可動フレームとアクチュエータ取り付けアームの干渉

図5 干渉箇所

2.7 分割ベッドによる背折れ姿勢の快適性評価

7分割ベッドによって体幹の滑らかな屈曲を支持する姿勢（以後、背折れ姿勢）および、従来の4ボトムギャッチベッド（オカムラ製作所：L856WP-x）による背上げ姿勢における体圧分布と尻すべり量を計測した。

被験者は、表2に示す体格が異なる3名とした。

(1) 実験条件

背折れ姿勢では、各支持面の角度を表1に示す条件に設定した。なお、枕を使用したため、頭部支持面は胸部支持面と同一角度 ($\alpha_0 = 0^\circ$) とした。支持面寸法は、被験者の好みに調節した。

従来の背上げ姿勢では背上げ角度を背折れ姿勢の胸部支持面絶対角度 γ と同じ 30° 、 45° 、 60° とし、下肢部の支持面角度も大腿部を 29° とし、下肢姿勢が背折れ姿勢とほぼ等しくなるように調節した。

(2) 体圧の計測方法

体圧は2枚のシート型センサ（ニッタ：Huge-Mat）をマットレスとシーツの間に敷いて計測した。また、5 mmHg以上の圧力が加わっているセンサセルを接触部とみなし、肩部から仙骨部までの身体幅矩形内の接触セル数から腰部の接触面積を求めた。

(3) 尻すべり量の計測方法

尻すべり量は、姿勢をとり始めた際と、姿勢を5分間とり続けた後の上後腸骨棘点位置の座標変化量とした。ただし、臥床時にマットレスに隠れて計測が困難になる上後腸骨棘点位置は、3次元座標計測装置（小阪製作所：VMC5243L、以後ベクトロン）と体側面から挿入した1 mm厚の剛体板を用いて計測した。

表1 7分割ベッドの調節条件

| 胸部支持面絶対角度 | γ | 30 | 45 | 60 |
|-----------|-------------|----|----|----|
| 胸部角度 | α_1 | 17 | 26 | 35 |
| 腰部角度 | α_2 | 13 | 19 | 25 |
| 臀大腿移行部角度 | α_3 | 36 | 36 | 36 |
| 大腿部角度 | α_3' | 14 | 14 | 14 |
| 下腿足部角度 | α_4 | 34 | 34 | 34 |

※ギリシャ文字は図2と対応

表2 被験者体格

| | 性別 | 身長 (cm) | 体重 (kg) |
|---|----|---------|---------|
| A | 男 | 169 | 55 |
| B | 女 | 150 | 49 |
| C | 男 | 179 | 65 |

3. 体格対応支持面寸法の推定

3.1 体格対応支持面長を推定する身体幾何モデルの開発

B-2 の実験において、支持面寸法は被験者の体格に適合するように実験的に設定したが、被験者の体格に合わせて自動で推定できることが望ましい。このため、身体幾何モデルを開発し、臥床者の体格に適合する支持面寸法を推定した。

開発した身体幾何モデルを図6に示す。節の区分を添え字*i*で表し、身体回転中心からマットレス面までの距離 h_i と身体各節の基準寸法 L_i および個体差 ΔL_i により、マットレス面に対する身体節の傾き ϕ_i を(1)式のように定義すれば、支持面寸法 ℓ_i は、身体寸法と身体屈曲による支持面の伸縮量の和として、(2)式で表される。

$$\phi_i = \sin^{-1} \frac{|h_i - h_{i-1}|}{L_i + \Delta L_i} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \ell_1 &= (L_1 + \Delta L_1) \cos \phi_1 + d_0 + d_1 \\ \ell_2 &= (L_2 + \Delta L_2) \cos \phi_2 + d_1 + X \\ \ell_3 &= Y + d_3 \\ \ell_4 &= (L_4 + \Delta L_4) \cos \phi_4 + d_3 + d_4 \end{aligned} \quad (2)$$

臀部は、腰部、臀部、臀大腿移行部で包み込むように支持されるため、 ℓ_2 と ℓ_3 には骨盤寸法の一部(図6、 X 、 Y)が加わる。

d_i 、 X 、 Y は、図6の支持面角度 α_i と骨盤角度 β 、身体厚 h_i 、マットレス厚さ H により、斜線部の幾何学的関係から、それぞれ(3)~(5)式で求まる。

$$d_i = (H + h_i) \tan \frac{\alpha_i}{2} \quad (3)$$

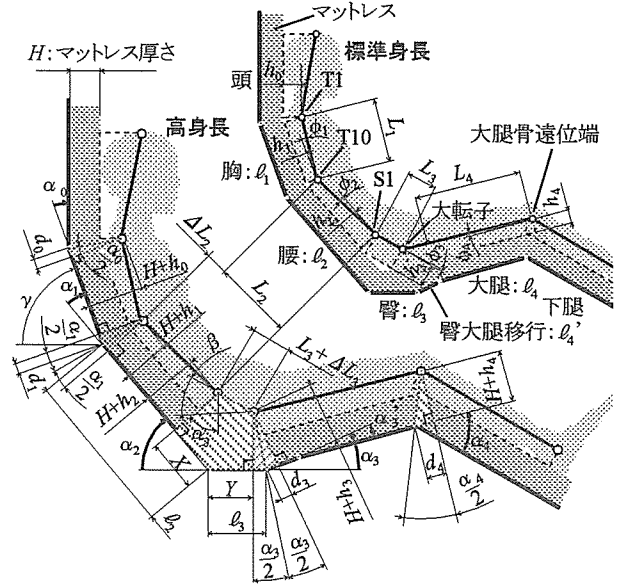


図6 マットレスの伸縮

表3 身体寸法⁵⁾

| 部位 | 定義 | |
|--|--|---------------------|
| | 最大値 (青年男性95%tile) | 最小値 (高齢女性5%tile) |
| 胸: ($L_1 + \Delta L_1$) $\times \cos \phi_1$ | T1-T10距離: (頸椎高(C7)-胸骨下縁高-椎骨相当20 mm) の成人男性50%tileの身長比 \times 身長 ----- 225 169 | |
| 腰: ($L_2 + \Delta L_2$) $\times \cos \phi_2$ | T10-S1距離: (胸骨下縁高-上後腸骨棘高) の成人男性50%tileの身長比 \times 身長 ----- 273 205 | |
| 臀: ($L_3 + \Delta L_3$) $\times \cos \phi_3$ | S1-大転子距離: 上後腸骨棘高-転子高 ----- 102 83 | |
| 大腿: $L_4 + \Delta L_4$ | 坐骨結節-大腿骨遠位端距離: 大腿長-臀大腿移行部寸法(90 mm) ----- 357 238 | |
| h_0 | 被験者35名の身体計測における胸骨柄上縁-T1 矢状径の平均値の1/2 :54 | |
| h_1 | 胸部矢状径の平均値の1/5 :36 | |
| h_2 | 腹部厚径の平均値の1/3 :67 | |
| h_3 | 座位転子高の平均値 :69 | |
| h_4 | 膝厚の1/2 :58 | |

$$X = \frac{1}{\sin \alpha_2} \left\{ (L_3 + \Delta L_3) \sin(\beta - \phi_3) + H + h_3 - (H + h_2) \cos \alpha_2 \right\} \quad (4)$$

$$Y = (L_3 + \Delta L_3) \cos(\beta - \phi_3) + (H + h_3) \sin \alpha_2 - X \cos \alpha_2 \quad (5)$$

(1)～(5)式に含まれる身体寸法を表3に示す。なお、表3において、大腿長以外は立位高さの統計値を用いるために、体節長の傾きを補正した値で定義した。また、 h_i は成人男女の身体厚の平均値とした。

3.2 推定支持面寸法の快適性評価

低身長的女性被験者1名(身長1450 mm)を、標準身長(1730 mm)で推定した支持面長に設定した7分割ベッドと、被験者身長に設定した7分割ベッドに臥床させ、体圧分布と臥床姿勢の計測を行った。体圧分布の計測には、B-2と同様のhugematを、臥床姿勢の計測にはベクトロンを用いた。

4. 背上げ動作に適合するマットレス条件の推定

背上げ動作時に身体-マットレス間に生じるせん断力を低減するためには、図7に示すように、屈曲時に身体背面に生じる伸縮およびそれに追従するようにA-3で推定したベッド支持面の伸縮に沿ってマットレスを伸縮させる必要がある。また、支持部の長さも、臥床者の体格に応じた長さに設定する必要がある。このため、7分割ベッドの屈曲動作に追従するマットレスの寸法・伸縮条件を身体幾何モデルの応用により求めた。

ベッド支持面側のマットレスの伸縮量は、(3)

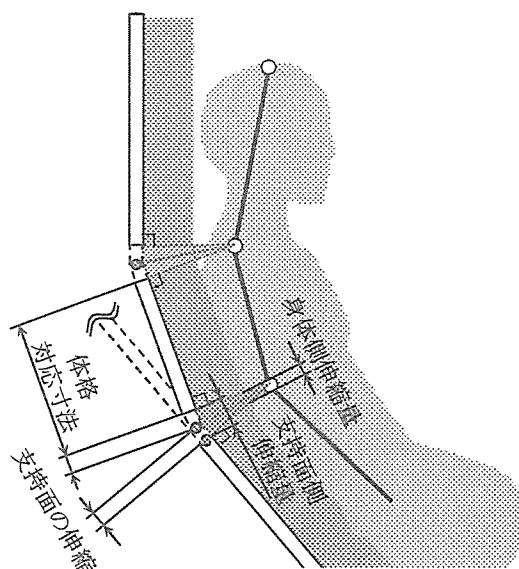
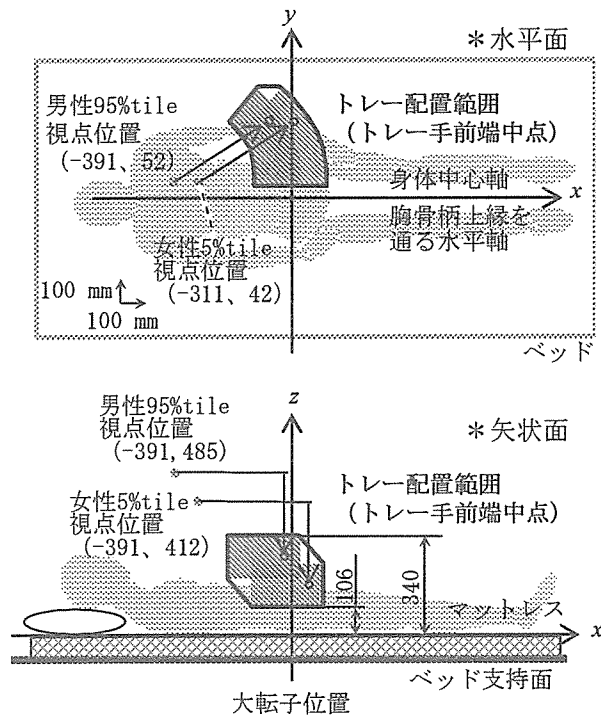


図7 マットレスの伸縮



(a) テーブルの体側面配置



(b) トレーの配置範囲

図8 飲食用什器条件(平成16年度提案)

～(5)式で求まるベッド支持面の長さと同じ。また、(3)～(5)式において $H=0$ として求まる寸法が、身体側のマットレス伸縮量となる。ただし、 l_1 、 l_2 、 l_4 では、 L_i と ΔL_i を含む第1項が、 l_3 では Y の収束値 $(L_3 + \Delta L_3) \cos(-\phi_3)$ が、マットレスの体格対応寸法となる。

5. ベッド上での飲食用什器の試作

平成16年度には、背上げ姿勢の視野と上肢作業域に適合しつつ、体との干渉を避けるように体側部に広がった図8の什器配置範囲を提案した。この範囲に従来のオーバーベッドテーブルを設置しようとする、テーブルの下梁が下肢に干渉

表4 改良部品リスト

| 改良目的 | 部品名 | 部品番号 | 部品点数 | 加工内容 | | |
|---------------|-------------|------------|-------|--------------------------|--------------------------|----------------|
| 剛性強化 | 大腿部補強材スパーサ | G2-06 | 1 | 補強用部品の製作 | | |
| | 大腿部補強材スパーサ | G2-08 | 2 | | | |
| スライドレールの交換対応 | 胸部1両端部 | B1-5 | 2 | スライドレールの延長に合わせて部品を大型に再製作 | | |
| | 胸部1通し(頭側) | B1-6 | 1 | | | |
| | 胸部2両端部 | B2-4 | 2 | | | |
| | 腰部1両端部 | C1-1 | 2 | | | |
| | ガイド取り付けすパーサ | C1-8 | 2 | | スライドレールの変更に合わせて製作 | |
| | 腰部2両端部 | C2-1 | 2 | | スライドレールの延長に合わせて部品を大型に再製作 | |
| | 大腿部2両端部 | G2-01 | 2 | | | |
| 軽量化 | 頭部支持面 | A-1 | 1 | 軽量化用穴あけ | | |
| | 頭部梁(頭側) 2 | A-2 | 1 | A-3に合わせて取り付け穴を変更 | | |
| | 頭部梁(頭側) 1 | A-3 | 1 | 軽量化用穴あけ | | |
| | 頭部角度用A取り付け | A-4 | 2 | | | |
| | 胸部1通し(頭側下) | B1-1 | 1 | | | |
| | 胸部1下板(右) | B1-2 | 1 | | | |
| | 胸部1通し(足側下) | B1-3 | 1 | | | |
| | 胸部1下板(左) | B1-4 | 1 | | | |
| | B寸法B1取り付け | B1-8 | 2 | | | |
| | A角度用B1取り付け | B1-9 | 2 | | | |
| | 胸部2通し(足側) | B2-1 | 1 | | | |
| | B寸法B2用取り付け | B2-2 | 1 | | | |
| | 腰部1下板(右) | C1-2 | 1 | | | |
| | 腰部1通し下(足側) | C1-3 | 1 | | | |
| | B角度用C1取り付け | C1-4 | 2 | | | |
| | 腰部1下板(左) | C1-5 | 1 | | | |
| | C寸法用C1取り付け | C1-6 | 2 | | | |
| | 腰部2通し(足側) | C2-3 | 1 | | | |
| | 大腿部1パイプ下板 | G1-01 | 1 | | | |
| | 大腿部1下板 | G1-02 | 1 | | | |
| | G寸法用G1取り付け板 | G1-06 | 1 | | | |
| | G角度用G1取り付け板 | G1-08 | 1 | | | |
| | 大腿部2下板 | G2-02 | 1 | | | |
| | 大腿部2パイプ下板 | G2-03 | 1 | | | |
| | 大腿部2(中) | G2-04 | 6 | | | |
| | G寸法G2取り付け板 | G2-10 | 1 | | | |
| | H角度用G2取り付け板 | G2-11 | 1 | | | |
| | 干渉除去 | 胸部1通し(頭側下) | E1-7 | | 1 | 干渉を回避する形状に追加加工 |
| | | B1特殊パイプ2 | E1-10 | | 1 | |
| | | B1特殊パイプ1 | E1-11 | | 1 | |
| 胸部2通し(頭側) | | E2-3 | 1 | | | |
| 腰部1通し上(足側) | | C1-7 | 1 | | | |
| 腰部2通し(頭側) | | C2-2 | 1 | | | |
| 臀部2両端梁(左) | | E1-01 | 1 | | | |
| 臀部2両端梁(中) | | E1-02 | 1 | | | |
| 臀部2スイッチキーアーム | | E2-01 | 1 | 追加した安全スイッチの取り付け | | |
| 臀部3スイッチキーキー部 | | E2-02 | 1 | 部品の製作 | | |
| F角度用E2取り付けアーム | | E3 | 2 | アクチュエータの取り付け位置変更 | | |
| F傾斜計取り付け具 | | F-01 | 1 | 干渉を回避して設計変更 | | |
| G寸法スイッチすパーサ | | G1-03 | 1 | | | |
| 臀部2スイッチ取り付け具 | | G1-04 | 1 | | | |
| G寸法スイッチ取り付け具 | | G1-05 | 1 | | | |
| G寸法用G1取り付けアーム | | G1-07 | 1 | G1-04の取り付け穴追加 | | |
| H角度スイッチ取り付け具 | | G2-05 | 1 | 干渉を回避して設計変更 | | |
| Gポテンショ取り付けすパー | | G2-07 | 1 | | | |
| G寸法スイッチキー | | G2-09 | 1 | | | |
| Gポテンショ取り付け具 | | G212 | 1 | | | |
| 下腿スイッチキーアーム部 | H1-01 | 1 | | | | |
| 下腿スイッチキーキー部 | H1-02 | 1 | | | | |

したり、重くて自力では動かすにくいなどの問題があった。また、テーブルを使わない際に臥床者の手が届かない位置まで動かさないと邪魔になる。このため、図8の配置を実現し、かつ臥床者が自分で位置の調節や収納を行うことができるテーブルの設計を行った。

6. 自立度評価のための体動計測

日中の活動量の評価手法として、ビデオ撮影によるプライバシーの侵害や、センサを身体に取り付けることによる動作への干渉が少ない図9の体動センサ (A.M.I: マイクロ・ミニRC型アクチグラフ、以後、アクチグラフ) を検討した。アクチグラフは、加速度センサを腕時計方式で被験者に取り付け、加速度の時系列計測の結果から体動を検出するものである。アクチグラフには、専用の解析ソフトウェア (AW2 (VER. 2.4.20)) が付属しており、測定時間内における覚醒時間、睡眠時間、1分間あたりの身体活動数 (体動数) 等を知ることができる。

アクチグラフは、通常、利き腕と逆の腕つけ、睡眠中の微小な体動を検出するが、日中の活動度を評価するためには、飲食動作などに伴う大きな体動を検出する必要がある。このため、リクライニングシートでの10分間の休息および10分間の読書時の体動を、利き腕と逆腕でそれぞれ計測することで、アクチグラフによる活動度の評価が可能であるかを調べた。

被験者は標準体型 (身長 1670 mm、体重 56 kg) の1名とした。

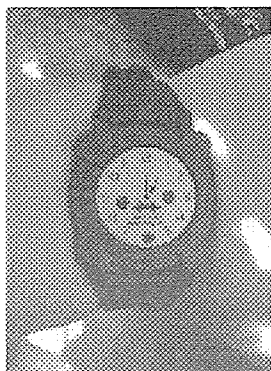


図9 アクチグラフの外観

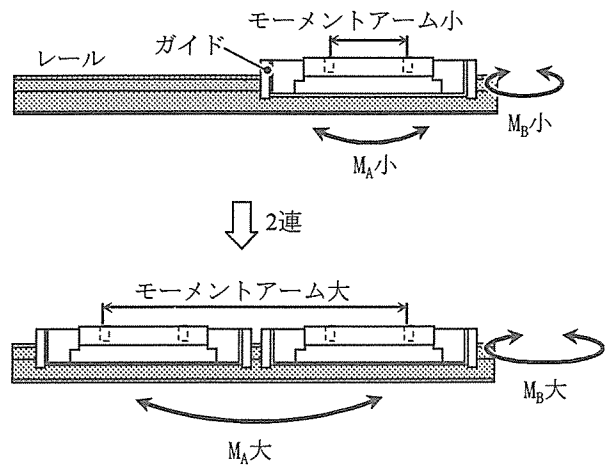


図10 スライドガイドの剛性

表5 スライドレールの変更

| | 変更前 | 型番 | 定格 動荷重 [kN] | 許容モーメント [Nm] | |
|-----|-----|-----------------|-------------------|-----------------|-------|
| | | | | M_A | M_B |
| 胸部 | 変更前 | SRS15WM | 9.12 | 51 | 51 |
| 大腿部 | 変更後 | SRS15WN (2連) | 18.2 | 290 | 290 |
| | 変更前 | SHS20V | 22.3 | 334 | 334 |
| 腰部 | 変更後 | SHS15V (2連) | 28.4 | 898 | 898 |

C. 結果および考察

1. 7分割ベッドの改良

表4に、修正した部品と加工内容を示す。以後、各改良についての詳細を示す。

1.1 寸法駆動機構の改良

(1) スライドレールの剛性強化

LMガイドでは、図10のようにガイドを2連にすることで、モーメントアームを拡大し、 M_A 、 M_B 方向の剛性を高めることができる。このため、各部のスライドレールを表5のように変更した。これにより、 M_A 、 M_B の許容値が2.5~6倍程度になる。

(2) スライドレールの取り付け部品の変更

ガイドを2連にしつつ、支持面寸法の調節範囲を保つためには追加したガイドの横幅だけレール長を延長する必要がある。このためレールの固定部品を再設計・製作した。ここで、胸部と大腿部では、延長したレールを収めるスペースが不足したため、図11abのようにスライドレールをフ