

200400268 A

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16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17(2005)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. ベッドまわりの介助負担の軽減策の検討……………5	
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	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表……………44	
IV. 研究成果の刊行物・別刷……………45	

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 医療的問題や重度の身体障害により、ベッド上での生活を余儀なくされる者が多く存在する。このような対象者に対して、ベッド上での自立とベッド周りの介助の両面からアプローチしたベッドの開発を行う。今年度は、ベッド上での覚醒度の向上策、ベッド上での自立活動要件、ベッド周りでの介助における腰部負担の検討を行った。その結果を基に、ベッドの開発要件を決定した。

分担研究者

山崎 信寿 慶應義塾大学理工学部教授

A. 研究目的

高齢者・障害者においては、介助や生活環境が整ったとしても、医療的問題や重度の身体障害などにより、離床の難しい対象者が多く存在する。このようにベッド上での生活を余儀なくされる高齢者・障害者では、本来の自発的生活欲求を実現することも重要であり、ベッドの機能・性能はその生活に大きな影響を与えることとなる。さらに、高齢者・障害者の福祉機器開発においては、本人の自発性や自立の促進と、その中で介助者の役割および介助負担の軽減も重要な視点となる。ところが、ベッドは従来、寝るという安楽性や離床に向けての配慮、もしくは褥瘡予防や全介助を想定した介助負担の軽減という観点から開発が行われてきており、ベッド上での生活の自立を十分考慮し、その上での介助負担の軽減を行うという、逆転の発想からの開発は行われていない。

このため、本研究では臥床生活者の最大限の自立を促進し、介助者の役割を最小限に設定した上で、なおかつ介助者負担を軽減することを目指した新しいベッドの開発を行うことを目的としている。この目的を達成するために以下の目標を設定した。

- ① 臥床状態における活動促進の基本として覚醒度を高める方策を検討する

- ② ベッド上での生活を想定し、臥床状態で自立的活動を行うための開発要件を検討する。
- ③ ベッド周りの介助姿勢を計測して腰痛との関係を調べ、負担の軽減方策を検討する
- ④ ベッド上での自立と介助負担の軽減を実現するベッドを試作する
- ⑤ 試作したベッドの評価をし、その効果を検証する

今年度は、主に①～④を行った。

B. 研究方法

①覚醒度の向上策

臥位で覚醒度が低下する原因は、循環動態の変化や筋の弛緩と考えられている。これには姿勢が大きく影響するが、患者に許容される体位は疾患や症状によって異なる。そこで、姿勢の制約条件を以下二つの場合（背上げの可否）に大別し、それぞれに対する覚醒度の向上策を検討した。前者に対しては背部を屈曲させる背折れ姿勢、後者に対しては不安定な枕（バランスピロー）を提案し、それぞれ効果の検証を行った。

実験は、ベッド上で仰臥位をとった被験者に対し、電子図書による読書を課し、その際の各種生体情報を計測した。計測した指標は、体圧分布、血圧、脈拍、皮膚血流量、脳波であり、その他CCDカメラにより顔画像を計測した。取得した顔画像から、眼球の動きを計測し、改行部の眼球運動を検出することにより、改行率というあらたな指標を算出した。

計測終了後、各部の圧迫感・ずれ感、飲み込みやすさ、呼吸の苦しさ、読書のしやすさ、快適性の総合評価について7段階、23項目による官能検査も実施した。

②ベッド上の自立活動要件

ベッド上で行う生活行為の調査結果をもとに、本研究では、飲食・什器を用いた書字・テレビ視聴などのモニタ作業を代表的な生活行為とし、それぞれの行為に適した作業姿勢と什器の設計条件を求めることとした。設計要件を基本姿勢の決定と什器配置の決定に分けて考え、それぞれを決定するための実験を行った。

基本姿勢の決定では、飲食、書字、モニタ作業のそれぞれの行為を行い、以下の基準を満たす最小の背上げ角度を決定した。

飲食に関する基準を以下に示す。

- 左肘をベッド面で支持したままでも、左手でトレー上の碗をつかむことができる。
- 頸部をベッド（枕）で支持したまま、トレー上の食器配置と碗の中身を確認することができる。
- 右手でコップをつかんで口元に運び、必要に応じて首を自立させて、無理なく水を飲むことができる。

書字動作に関する基準を以下に示す。

- 右ひじをベッド面についた状態で、鉛筆を持って机に置いた手元を見ることができる。
- メモ帳を想定した120mm幅（横書き）に字を書くことができる。

モニタ作業については、画面を読むことができることを基準とした。

また、支持面の長さや角度を決定するために、胸郭から下腿までの身体モデルを構築し、身体姿勢とベッドの形状を検討した。

什器配置の決定では、上記で求めた基本姿勢における飲食用トレー、書字最適点（書字が最も行いやすい点）、モニタの好みの配置位置を調査し、その姿勢と什器配置を、3次元計測装置ベクトロン（小

板製作所：VCT-400）によって計測した。被験者はすべて右利きとした。

③ベッド周り介助の腰部負担軽減

ベッド周りの介助で負荷が大きいとされる移乗介助と、おむつ交換を対象とし、腰部負担を計測する実験を行った。移乗介助は負荷の大きい作業であるが、負荷のかかる時間は短時間である。一方、おむつ交換は低負荷ではあるが、持続した負荷がかかる。計測は、体幹の前屈、側屈、回旋角度を計測できる3軸角度計を使用し、それぞれの作業中の各角度を計測した。

移乗介助の実験においては、一人介助4種類および二人介助3種類の方法を計測した。また、おむつ交換の実験においては、ベッド高（40cm,60cm）、作業スペース（床頭台・椅子有り、無し）、介助人数（1人,2人）の各条件の組み合わせを条件として、計測を行った。

④ベッドの開発要件の検討

多様な体格と療養姿勢に対応できる実験用ベッドを開発するために、ベッド支持面分割数と調節箇所、調節範囲の検討、基本構造と駆動方法の検討を行った。

支持面分割数と調節箇所の検討では、実験により被験者の主観評価から、快適な条件を決定した。調節範囲については、日本人の体格統計データより求めた。

基本設計においては、各寸法および角度・寸法調節用アクチュエータの推力・ストロークを検討した。また、各調節量を検討するための各種センサも設置した。

C. 研究結果

① 覚醒度の向上策

改行率を指標とした背折れと30°半座位姿勢の比較から、全被験者において、半座位より背折れの方が有意に覚醒度が上がる結果が得られた。体圧分布の結果では、全被験者において背折れベッドの方が接触面積が増加し、最大圧力が低下する傾向が見ら

れた。また官能検査からは、背折れベッドの方が、胸部・腰部・臀部の圧迫感・ずれ感は低下し、読書のしやすさは向上した。

安定した枕と比較したバランスピローの効果に関する結果では、改行率に危険率1%で有意な差が認められた。また、首の疲労感については有意な差が認められなかった。

② ベッド上自立活動促進のためのベッド開発要件

背上げ角度に関する実験結果から飲食については平均 51.2° (SD: 2.4°)、書字については平均 32.5° (SD: 3.4°)という結果が得られた。この結果とモデルを用いた検討結果より、以下の基本姿勢を決定した。

飲食時：胸部角度 51° 、腰部角度 23°

書字時：胸部角度 33° 、腰部角度 14°

モニタ作業時：胸部角度 30° 、腰部角度 13°

臀部角度は 36° 、大腿部角度は 22° 、下腿部角度は 26° でどの行為に関しても同じ値とした。

什器配置実験の結果から、食事動作における身体周りのトレーの配置は、被験者の好む頭部と上肢姿勢に依存し、身体特徴によらない（姿勢と比較して影響が少ない）ことがわかった。このため、左右外眼角点の中点を基準とし、体の正面から左側に全ての被験者の姿勢の好みを満たす範囲を見だし、提案配置範囲とした。また、書字動作については、右肩峰点を基準とし、体の右側の水平面内の扇形の範囲に、モニタ作業については、外眼角点を中心として、矢状面内の扇形の範囲を提案配置範囲とした。

③ ベッド周り介助の腰部負担軽減

おむつ交換では、二人介助動作の方が、一人介助よりも短時間で作業できる結果が得られたが、ベッド高や作業スペースによる作業時間の変化は認められなかった。姿勢角度データでは、ベッド高が高いことで前屈角度が減少し、作業スペースが狭いことで側屈角度および回旋角度が大きくなるという結果が得られた。

移乗介助においては、以下の結果が得られた。一人介助では、かつぎ上げ型の負担が最も大きい。一

方、トランスファーボード使用時には、高身長者は膝立で、低身長者は立位で動作を行うと、背屈姿勢や深い前屈姿勢を避けることができ、腰部負担は最も負担の大きいかつぎ上げ型より3割軽減できる。二人介助では、前方に低身長者、後方に高身長者が位置することで、背屈や深い前傾を避けることができる。これにより、腰部負担はかつぎ上げ型に比べて3割軽減する。さらに動作前に前方介助者が患者の足をベッドに置くことで介助者は患者により近づくことができ、かつぎ上げ型より4割軽減する。

④ ベッドの開発要件の検討

実験の結果を基に、ベッド支持面の分割数は7と決定した。また、調節箇所は胸部・腰部・臀部・大腿部の支持面の寸法調節、および、臀部以外の支持面角度とした。調節量については、日本人の身体寸法より以下の範囲を決定した。

支持面長

頭部：500mm、胸部：165～230mm、腰部：240～430mm

臀部：80～140mm、大腿近位部：90mm、

大腿遠位部：190～365mm、下腿足部：520mm

角度調節範囲

頭部－胸部： 30° 、胸部－腰部： 30° 、

腰部－臀部： 70° 、臀部－大腿近位部： 40°

大腿近位部－大腿遠位部： 25° 、

大腿遠位部－下腿足部： 90°

支持面の基本構造は縦すのこ構造とした。角度および寸法調節には、リニアガイドおよびリニアアクチュエータを使用した。

寸法調節を行う4つの支持面の調節量とベッドに対するマットレスのずれを計測するために、ポテンシオメータを設置することとした。また、角度調節を行う6つの支持面の絶対角度と、マットレス形状を検出するため、それぞれ6個および16個の傾斜計を設置した。

D. 考察

① 覚醒度の向上策

実験結果によると、胸部角度 30° 程度では、背折れ姿勢で身体負担が小さい傾向が見られるものの、

半座位姿勢との有意差を示すほどではないことがわかった。ただし、主観的な評価では、背折れ姿勢の方が快適という結果が得られた。一方、覚醒度については、背折れ姿勢で優位に覚醒度が上がることが示された。したがって、30°という低い背上げ角においては、定量的には両姿勢の身体負担は同程度であり、定性的には背折れ姿勢で負担が軽減する傾向にある。また、本姿勢では半座位と比較して有意に覚醒度が向上する。

バランスピローについては、覚醒度および疲労感の結果から、覚醒度を向上させる良好な方策であることが示唆された。

②ベッド上の自立活動要件

決定した基本姿勢および什器配置を構築し、筋電および体圧分布を計測する評価実験を行った。その結果、提案姿勢によって作業の筋負担を増やすことなく体圧集中を軽減することができることが確認できた。よって、提案した背折れ姿勢と什器配置が適切であることがわかった。

さらに、今回得られた最適配置を実現するための、什器の概念設計を行い、ポールにモニタと机を配置高さに合わせて取り付け、多自由度アームによって必要に応じて設置・位置調節を行うことができる什器を提案した。

③ベッド周り介助の腰部負担軽減

計測結果より、介助動作では、基本的に二人介助体制を組むと低負荷持続作業、高負荷瞬時作業ともに、最も負担が大きい一人介助時よりも4割以上軽減できる。やむなく一人で介助を行う時には、ベッドを高くし、作業スペースを広げ、簡単な補助具を有効活用することで、負荷は3割程度軽減できることがわかった。

④ベッドの開発要件の検討

ベッドの開発要件をまとめると以下ようになる。支持面高は、アクチュエータが支持面に追従して動くため、一般的なギャッチベッドで最大の400 mm程度とする。また、ベッドの幅は、支持面と構造部を

含めて800 mm以上になるのに対し、エレベータの扉は約850 mmであるため、運搬性を考慮し、体幹と下肢のユニットを臀部支持面で分割する。

E. 結論

ベッド上での自立とベッド周りの介助の両面からアプローチしたベッドの開発を目的として、今年度は、ベッド上での覚醒度の向上策、ベッド上での自立活動要件、ベッド周りでの介助における腰部負担の検討を行った。その結果を基に、ベッドの開発要件を決定し、試作準備を行った。

今後は、試作ベッドの完成および評価・改良を進める予定である。

F. 研究発表

1. 学会発表

①守山利奈, 山崎信寿, 顔画像からの開眼度を指標とした覚醒度の簡易計測, 日本人間工学会関東支部第34回大会, 127-128, (2004)

②INOUE, T., Development of orphan technologies., 4th Japan America Frontiers of Engineering (2004).

分担研究報告書

ベッドまわりの介助負担の軽減策の検討

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 腰痛発生が多い介助者の負担を軽減するため、ベッド周りの介助作業における体幹の姿勢計測を行った。不良姿勢を維持する低負荷持続作業例としてオムツ交換動作、大きな負荷が瞬時にかかる高負荷瞬時作業として車椅子-ベッド間の移乗介助動作を取り上げ、作業条件を変えて作業時の前屈、側屈、回旋角度波形を比較した。その結果、両介助作業ともに、二人介助では一人介助よりも4割以上負担が軽減できることがわかった。また、一人介助でも、ベッドを高くし、作業スペースを広げ、簡単な補助具を有効活用することで3割程度軽減できることがわかった。

A. 研究目的

ベッド周りの介助は福祉現場の多くの場面で行われるため、その介助負担の軽減方策を明らかにすることは、腰痛などの労働災害の防止に有用である。このため本研究では、介助者に多い腰痛の介助作業要因を明らかにし、介助負担軽減の方策を提案することを目的として、3軸角度計を用いた体幹部の姿勢計測を行った。

また、その結果から、作業と作業環境に着目し、負担を軽減できるベッド高さや周辺什器の設置可能範囲を提案した。

B. 研究方法

腰部負担の定量化

腰部負担の定量化指標として、介助作業中の体幹の前屈、側屈、回旋角度（図1）を計測した。

1. 計測器

計測には、介助者の作業に干渉しないための以下の条件を満たす体幹部3軸角度計（図2）を試作して用いた。

- 1) 介助者の動作を拘束しない。
- 2) 計測器の着脱が容易である。
- 3) 介助者の体格に関わらず、計測が可能である。
- 4) 介助現場で計測できる。

本計測器は4つのポテンシオメータを上から順に側屈、回旋、屈曲の順に軸を相互に直交させて配置

し、角度変化の大きい屈曲用は二つのポテンシオメータを胸部と腰部に配置して胸郭と骨盤の相対角度を測るものである。姿勢変化による体表面上の長さ変化によってポテンシオメータに無理な力がかからないように、左右と上下にスライド機構を設けて変位を逃がした。さらに、骨盤部には前後方向と左右方向の絶対角度を測る傾斜計をつけ、この傾斜計とポテンシオメータ出力から、重力方向をz軸、骨盤

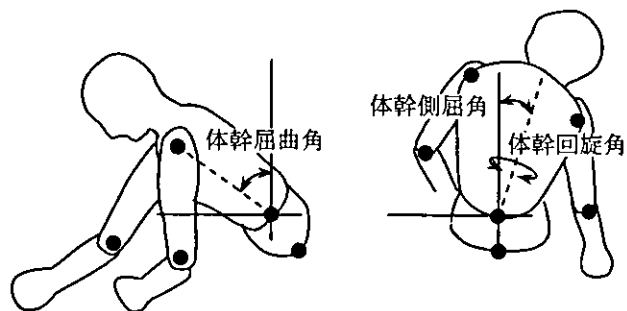


図1 体幹姿勢角度

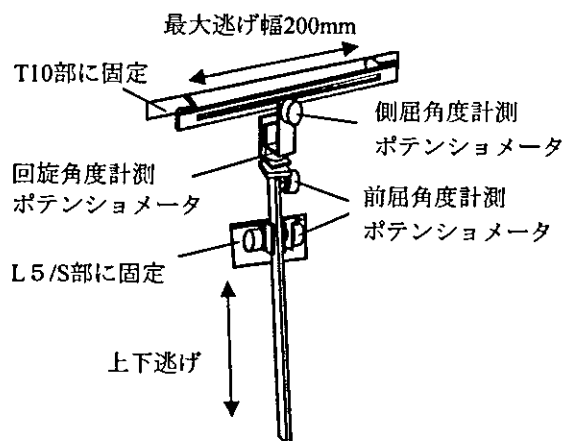


図2 体幹部3軸角度計

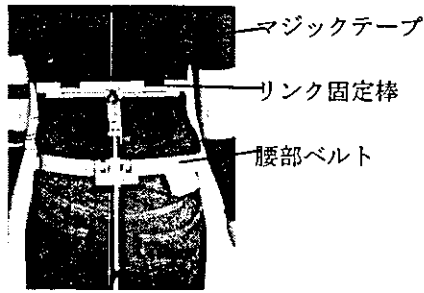


図3 体幹部3軸角度計の装着

の前方向をx軸とする絶対座標系に対する体幹部のオイラー角を算出した。直立時を0°とし、前屈、右側屈、体軸まわりの右向きの回旋を正とする。

これらのセンサ類は、図3に示すように弾性ベルトとマジックテープで身体に固定した。

2. 計測処理システム

角度計はAD変換機 (TEAC:PS-2032GP) に接続し、GP-IBインターフェースを介して出力電圧値をパソコンに取り込んだ。取り込みにはAD変換機付属ソフトウェアAD-Chart (TEAC) を用い、データをREAD TAFFでテキスト形式に変換した後、ローパスフィルタにより遮断周波数2Hzで平滑処理を行った。

3. 計測条件

3.1 低負荷持続作業(オムツ交換)

低負荷であるが比較的時間のかかる作業の代表として、オムツを交換する動作を計測した。計測は一般的な病床療養環境を模擬した図4に示す環境で行い、作業条件は表1のように、作業スペース、ベッド高さ、介助人数を变化させた。このとき、姿勢角度と共に作業の様子をデジタルビデオカメラで撮影し、最後に主観的な腰部負担を調べるため、官能検査を実施した。なお、全8動作のうち、最も負担が大きいと考えられる動作1を相対負担の比較基準とした。

計測対象は、表2に示す5名の介助者 (男性) である。介助者には順序効果をなくすため、1から8の動作をランダムに、適宜休憩を挟みながら行わせた。なお、被介助者は一般成人男性1名 (身長166cm、体重69kg) とし、脱力状態を指示した。

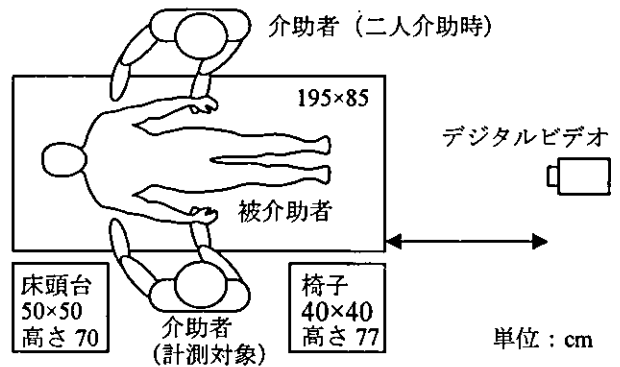


図4 オムツ交換動作計測環境

表1 オムツ交換動作計測条件

動作番号	ベッド高	床頭台・椅子	介助人数
動作1	40cm	あり	1人
動作2	40cm	あり	2人
動作3	40cm	なし	1人
動作4	40cm	なし	2人
動作5	60cm	なし	1人
動作6	60cm	なし	2人
動作7	60cm	あり	1人
動作8	60cm	あり	2人

表2 オムツ交換者体格

	体重 (kg)	身長 (cm)
被験者A	72	170
被験者B	63	173
被験者C	53	167
被験者D	64	166
被験者E	64	169

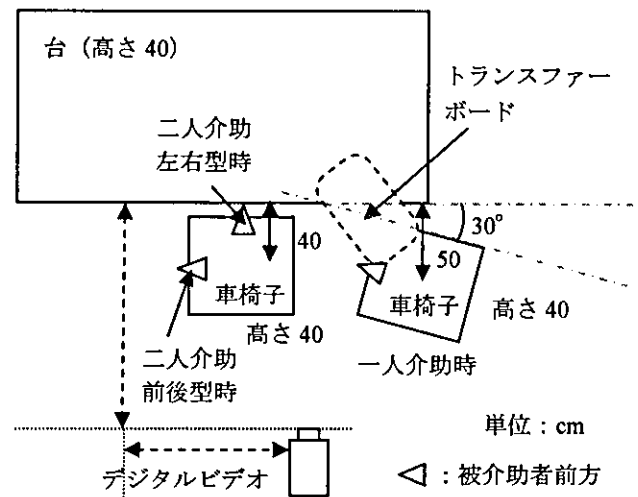
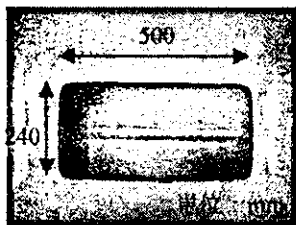


図5 移乗介助動作計測環境

3.2 高負荷瞬時作業(移乗介助)

瞬時に大きな負荷がかかる作業として、車椅子-ベッド間の移乗介助動作を計測した。計測は図5に示す環境で行い、図6に示すトランスファーボードを使用した。



(1) 概観図



(2) 使用の様子

図6 トランスファーボード

表3 移乗介助動作計測条件

動作番号	動作内容
一人	動作1 かつぎ上げ型
	動作2 対面型
	動作3 トランスファーボード(膝立)
	動作4 トランスファーボード(立位)
二人	動作5 左右型
	動作6 通常前後型(前方介助者)
	動作7 前後型2段階(前方介助者)
	動作8 通常前後型(後方介助者)
	動作9 前後型2段階(後方介助者)

表4 移乗介助者

	職業	性別	体重(kg)	身長(cm)
被験者A	大学院生	男	65	178
被験者B	大学院生	男	83	179
被験者C	大学院生	男	63	165
被験者D	大学院生	男	53	166
被験者E	理学療法士	男	76	176
被験者F	理学療法士	女	49	155
被験者G	看護師	女	56	166
被験者H	看護師	女	47	153

作業条件は、表3に示す9通りである。一人介助では理学療法士が主に行っているかつぎ上げ型、対面型、トランスファーボード使用時の対面型の3種類を計測し、トランスファーボードについては立位で行う場合と立ち膝で行う2種類の方法について計測した。二人介助では看護師が主に行っている動作として左右型、前後型について計測した。また二人介助の前後型は、アームレストがはずせる車椅子の場合、まず被介助者の脚部をベッドに乗せてから身体を持ち上げる2段階方式も行われるため、本方法についても計測を行った。

計測対象は表4に示す初心者4名(身長、体重の異なる一般男子学生)、一人介助に熟練した被験者2名(理学療法士)、二人介助に熟練した被験者2名(看護師)とした。また被介助者はオムツ交換動作と同じ一般男子学生一名(166cm、69kg)で行った。動作は、適宜休憩を挟んで表3の順に行い、1つの

動作につき3回計測を行った。最後に主観的な腰部負担を調べるため、官能検査を実施した。なお、理学療法士では一人介助の計測のみ、看護師では二人介助の計測のみを行った。

C. 研究結果と考察

1. 低負荷持続作業

1.1 作業時間

動作1~8までの作業時間の平均値を図7に示す。二人介助動作(動作2、4、6、8)はいずれも一人介助より短く、平均136秒であった。一方、一人介助の作業時間は平均203秒であり、 $p < 0.001$ で有意差を認めた。なお、ベッド高さや作業スペースの広さによって作業時間が改善することはなかった。

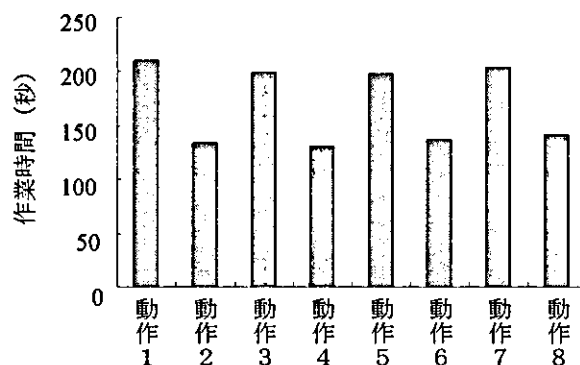


図7 オムツ交換動作 作業時間

1.2 姿勢角度データ

オムツ交換時の角度計測例を図8、9に示す。図8より、前屈角度波形には、大きく4つの山が存在することがわかる。一時的に 0° に近づく(つまり体幹が起きている)部分は、ズボンを脱がせた後にオムツを脱がすまでの間など、動作の間の遷移状態を表している。ベッド高40cm時の平均前屈角度は 73° 、60cm時では 57° となり、ベッドを高くすることで前屈角度は約 16° 程度小さくなった。したがって、経験的に言われているベッドを高くすることでの負担軽減効果が確認できた。

図9に作業スペースが狭い時と広い時における側屈角度と回旋角度の結果例を示す。本動作では前屈運動と側屈・回旋運動の複合動作が多く生じており、作業スペースが狭い時(障害物あり)には特に側屈・回旋角度が大きくなっていることがわかる。

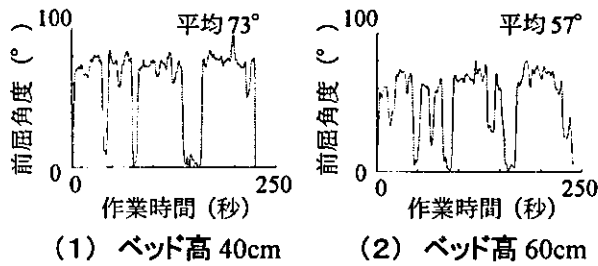


図8 ベッド高さによる前屈角度波形の比較

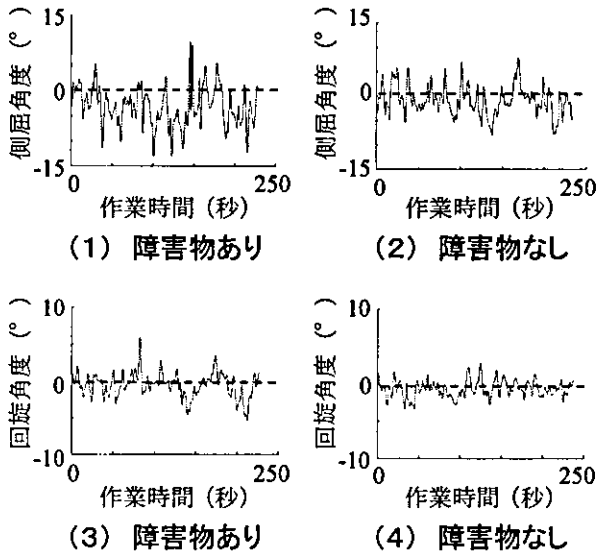


図9 障害の有無による回旋・側屈角度波形の比較

2. 高負荷瞬時作業

移乗介助時の角度計測例を図10に示す。図10(1)のかつき上げ型では、80° 近くの大きな前屈状態から被介助者を持ち上げ、40° 付近まで体幹部を起こしてから被介助者を下ろす時には再度大きい前屈角度になっていること、患者をベッドに下ろす時に側屈運動を伴っていることがわかる。また図10(2)、

(3)の対面型とトランスファーボード立位時の体幹角度のグラフでは、ともに同程度の前屈角度変化が見られるが、トランスファーボード立位時は横に滑らせるために10° 程度の側屈を伴っていた。一方、膝立ちでトランスファーボードを使用した図10(4)では、前屈角度は非常に小さいが、動作後半で大きな回旋運動行っている。これは膝を床につけた状態で移乗介助を行うため、体全体を回転して患者を移動させるピボットターンができないためである。図10(5)の二人介助の左右型では継続して深い前傾姿勢を維持し、しかも大きな側屈、回旋運動を伴っていた。図10(6)の前後型の後介助者では動作後

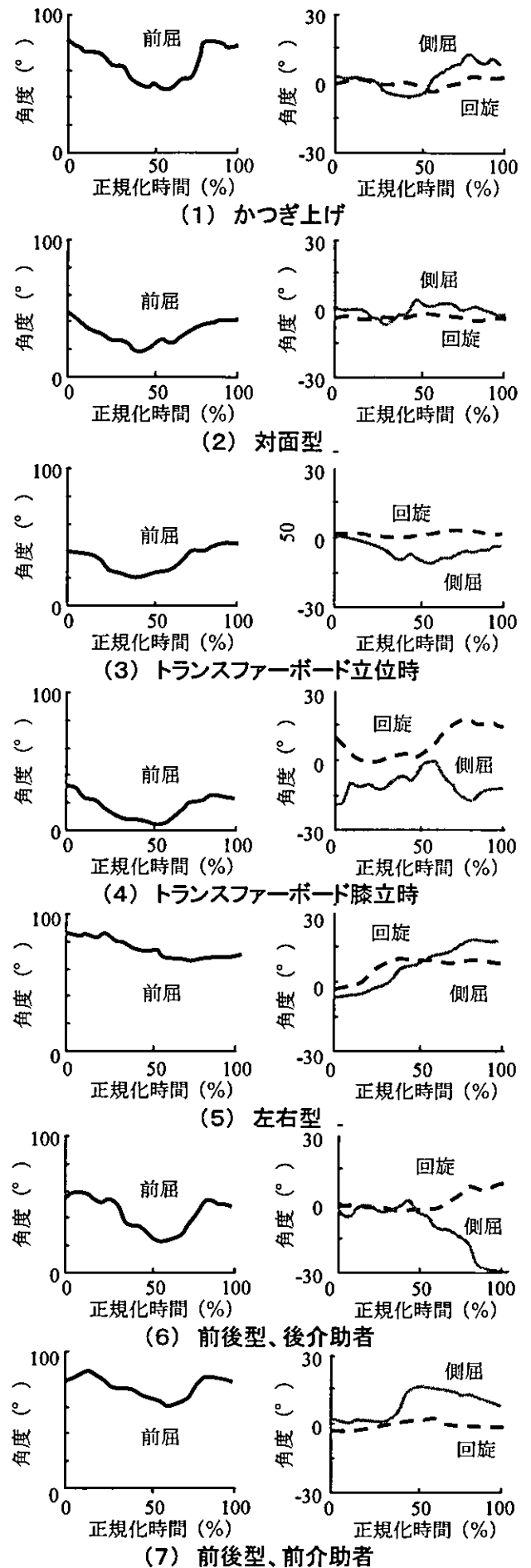


図10 移乗介助動作 角度データ例

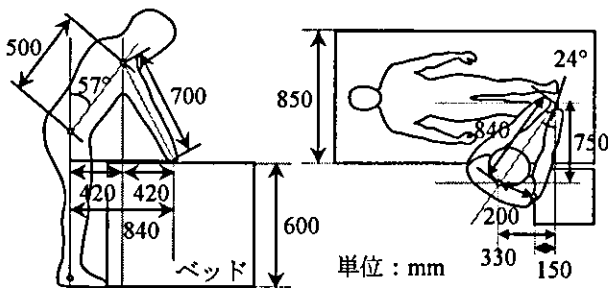
半において大きな側屈運動を生じており、図 10 (7) の前介助者では深い前傾姿勢と大きい側屈運動を生じていた。

D. 考察

1. 低負荷持続作業

おむつ交換動作ではベッド高さや作業スペースの改善により負担は3割軽減した。一方、二人介助時は作業時間が短い効果で、腰部筋負担は4割軽減し、ベッド高さも改善することで負担は6割も軽減できることがわかった。低負荷持続作業の負担を軽減するためには、環境改善を行う前に介助人数を増やして効率のよい介助を行い、作業時間を短くする工夫が必要である。しかし、やむなく一人で介助を行う時は、作業しやすい環境にベッド回りを改善することが必要である。

以上より、作業スペースの改善方法を定量的に検討すると、図 11 (1) に示すようにベッド高さを 60cm に改善したときは、図 11 (2) に示すように平均前屈角度は 57° になる。介助者の股関節-肩関節長は 500mm、上肢長は 700mm であったため、前屈角度 57° の時の股関節から手先までの長さを考慮した作業域は最大で 840mm となる。



(1) 最大作業域(H60) (2) 障害物の配置決定

図 11 低負荷持続作業の環境改善

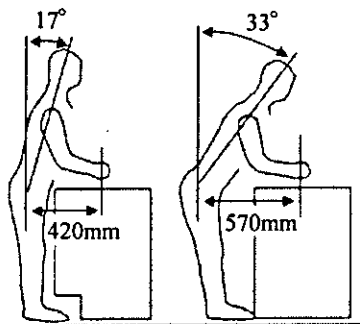


図 12 作業スペース改善の一例¹⁾

また、介助者の体幹部が側屈・回旋しないでも患者のオムツを脱がせることができるためには、図 11 (2) に示すように介助者に対して患者の足先までの距離を検討する必要がある。介助者と患者の間の平行距離を 750mm とすると、側屈・回旋しないで介助できる作業スペースは 840mm であるので、障害物が存在しても患者に対して斜めから介助することが可能である。この時、介助者の股関節中心点と患者の足先までの距離は図 11 (2) に示すように、330mm となる。また、骨盤幅を 400mm とすると、股関節中心点から右大転子点までの距離は 200mm となる。さらに介助者と患者のなす角度 α は $\alpha = \cos^{-1}(750/840) \times 180/\pi = 24^\circ$ となるため、ベッドと平行な方向における骨盤幅は $200\text{mm} \times \cos(24/180 \times \pi) = 180\text{mm}$ 程度となる。よって、介助者の足先から障害物が置ける限界距離は $330\text{mm} - 180\text{mm} = 150\text{mm}$ と決定される。

また、介助者と患者の距離 750mm は介助者の立ち位置と患者の位置によって決定されるので、介助者の身長には大きく依存しないことになる。すなわち作業域である 840mm もほぼ一定となる。よって、ベッド高さや介助者の身長によらず、患者の足位置から障害物の端までの距離 150mm はほぼ一定として考えてよい。さらに小さい前屈角度で介助をするために、図 12 のようにベッドの下に足を入れるスペースを作る¹⁾ ことも有効である。また一人介助時は二人介助時よりも環境改善の効果が高かったことから、電動ベッド等の補助機器は二人介助体制が確立していない施設等に導入されるとより有効に活用できる。

2. 高負荷瞬時作業

一般に重量物を持つ時は、その重量が 25kg を超えた時においてやや深い前傾姿勢をとると圧縮力は NIOSH 基準の 3400N を超えるといわれている²⁾。患者を移乗する介助では、すべての動作で介助者にかかる荷重は 25kg を超えている。そのため、介助者は自分の体格に適合した動作を行い、できるだけ前傾姿勢をなくす必要がある。すなわちトランスファーボードを使用する時は、高身長者は膝立で、低身長者は立位で動作を行ったり、二人介助の前後型を行う時は患者の後方に高身長者、前方に低身長者が位

置するなどといった工夫が必要である。一方、低身長介助者の前後型後方介助時や、膝立トランスファーボード使用時には体幹が起きすぎるため、逆に体をねじる動作を行ってしまう。よって、移乗を行うときは動作中に体幹が背屈しない程度に、適度な姿勢を取り、体全体を回転させるピボットターンを行うことが重要である。

以上より、移乗介助動作では、二人介助の前後型で後方に高身長者が、前方に低身長者が位置して、2段階方式を行うことが身体力学的に最も適切な動作方法である。このように身体のメカニズムに基づいた簡単な工夫を行うことで腰部にかかる負担を最大で4割軽減できる。したがって、動作を行う時には患者との体格差などを考慮し、状況に応じて、身体力学的に合理的で負荷の小さい適切な動作を行うことが必要である。

E. 結論

腰痛発生の多い介助者の負担を軽減するため、体幹の姿勢計測を行った。低負荷持続作業の代表例であるオムツ交換動作、および高負荷瞬時作業の代表例である車椅子-ベッド間の移乗介助動作を検討した結果、以下のことがわかった。

低負荷持続作業(オムツ交換動作)

一人介助 図13(1)に示すように、ベッドを40cmから60cmに高くし、介助者の側方の作業スペースを広くすると腰部負担は3割軽減し、患者の足先から15cmまでの距離には障害物を置いて体幹の側屈・回旋を伴わないで介助が可能になる。

二人介助 一人介助よりも作業時間が4割短く、腰部負担も4割軽減する(図13(2))。ベッド高さを40cmから60cmに高くすると、腰部負担は高さ40cm時の一人介助の6割に軽減できる。

高負荷瞬時作業(移乗介助動作)

一人介助 一人介助では、図14(1)に示すかつぎ上げ型の負担が最も大きい。一方、図14(2)に示すトランスファーボード使用時には、高身長者は膝立で、低身長者は立位で動作を行うと、背屈姿勢や深

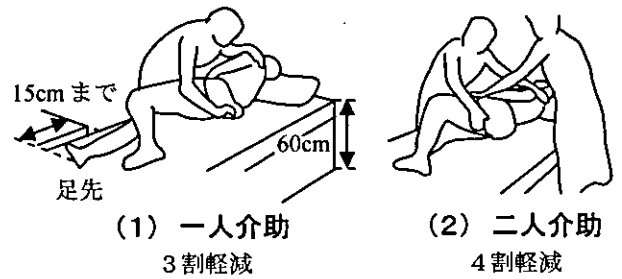


図13 低負荷持続作業の検討結果

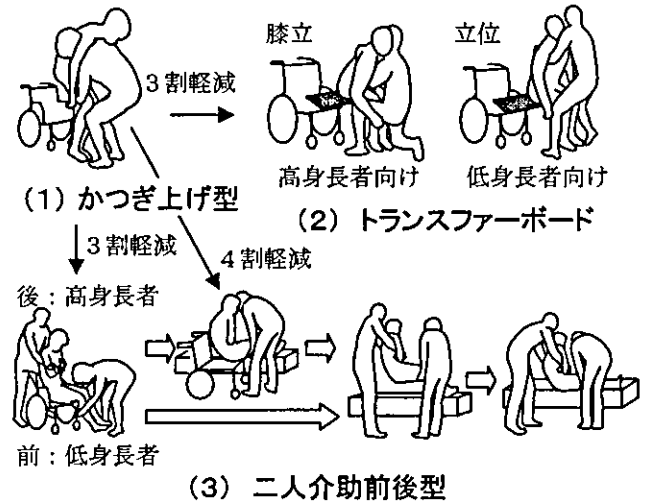


図14 高負荷瞬時作業の検討結果

い前屈姿勢を避けることができ、腰部負担は最も負担の大きいかつぎ上げ型より3割軽減できる。

二人介助 図14(3)に示すように、前方に低身長者、後方に高身長者が位置することで、背屈や深い前傾を避けることができる。これにより、腰部負担はかつぎ上げ型に比べて3割軽減する。さらに動作前に前方介助者が患者の足をベッドに置くことで介助者は患者により近づくことができ、かつぎ上げ型より4割軽減する。

以上より、介助動作では、基本的に二人介助体制を組むと低負荷持続作業、高負荷瞬時作業ともに、最も負担が大きい一人介助時よりも4割以上軽減できる。やむなく一人で介助を行う時には、ベッドを高くし、作業スペースを広げ、簡単な補助具を有効活用することで、負荷は3割程度軽減できる。

参考文献

- 1) 瀬尾明彦：なくそう腰痛第7回-さまざまな作業改善のポイント-, 働く人の安全と健康, Vol. 1, No. 7, pp50-51 (2000)
- 2) 瀬尾明彦：なくそう腰痛第5回-荷物取り扱い作業での問題点と対策-, 働く人の安全と健康, Vol. 1, No. 5, pp50-51 (2000)

分担研究報告書

臥床生活者の自立を促進するベッドの研究

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 本研究の目的は、医療的問題や重度障害のためにベッド上での生活を余儀なくされる高齢者・障害者（以後、臥床生活者）を対象として、最大限の自立を実現するベッドの開発を行うことである。この目的を達成するため、以下の目標を設定した。（１）臥床状態における活動促進の基本として覚醒度を高める方策を検討する。（２）ベッド上での生活を想定し、臥床状態で自立的活動を行うための開発要件を検討する。（３）ベッド上での自立を実現するベッドを設計・試作する。（４）試作したベッドを評価し、その効果を検証する。本年度は（１）、（２）、および（３）の一部について行い、それぞれⅠ、Ⅱ、Ⅲ章に分けて報告する。

Ⅰ. 覚醒度の向上策

研究要旨 自立の基本となる臥床状態での覚醒度を向上させるために、医療上の制約から臥位に制限される場合と背上げが可能な場合のそれぞれについて、覚醒度と身体負担の計測実験により向上策を検討した。その結果、背上げが可能な場合には、首と腰を曲げて心臓の位置を低く保ったまま頭部を起こす「背折れ姿勢」により、身体負担を抑えつつ覚醒度を向上できることがわかった。また、背上げを行えない場合には、首の抗重力筋を刺激する不安定枕「バランスピロー」により、不快感なく覚醒度を向上できることがわかった。覚醒度の評価は、読書時の眼球運動に着目した「改行率」により行った。ただし、改行率はタスク内容の影響を受けるため、次年度はより分解能の高い覚醒指標を検討する予定である。

A. 研究目的

ベッド上での生活の自立度を高めるには、日中の覚醒度を保つことが基本となる。これは本来ベッドが有する“寝る”という機能とは相反する機能を要求することとなる。このため、本研究では療養機能に干渉せずにベッド上での覚醒度を向上させる具体的方策を提案することを目的とする。また、この目的のために、患者に負担をかけずに覚醒度を評価することができる非干渉・簡便な手法を開発する。

B. 研究方法

1. 覚醒度向上方針

臥位で覚醒度が低下する原因は、循環動態の変化や筋の弛緩と考えられている^{1) 2)}。これには姿勢が大きく影響するが、患者に許容される体位は疾患や症状によって異なる。そこで、姿勢の制約条件を以

下二つの場合（背上げの可否）に大別し、それぞれに対する覚醒度の向上策を検討した。

1.1 背上げが可能な場合

先行研究³⁾では、背上げ角度が大きいほど、覚醒度の向上効果が大きい。しかしながら、背上げ角度を大きくすると心負担が増加し、仙骨部や臀部への体圧集中なども起こる。このため、本研究では身体にできるだけ負担をかけずに覚醒度を向上させる姿勢として、図1（2）に示す「背折れ姿勢」を検討した。本姿勢は、上半身を真っ直ぐに保ったまま起こす通常の半座位姿勢（図1（1））に比べ、腰部



(1) 半座位姿勢 (2) 背折れ姿勢

図1 背折れ姿勢

や首部を軽く屈曲させることで、マットレスとの接触面積を増し、かつ心臓の位置を低く保ったまま胸郭や頭部を起こすことができる。

1.2 背上げが不可の場合

背上げが行えない場合は、循環動態に変化をもたらすことは困難である。そこで、筋刺激に着目し、図2に示すような不安定な枕(バランスピロー、W300×D150×H45 mm)を用いて首の抗重力筋に刺激を与えることを検討した。

本枕の底部は球状になっており、頭部の支持のための適度な筋緊張状態により、立位状態を擬似的に再現することを意図したものである。

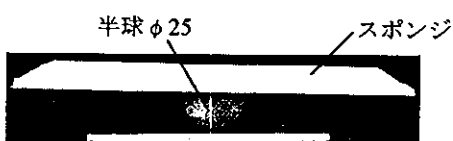


図2 バランスピロー

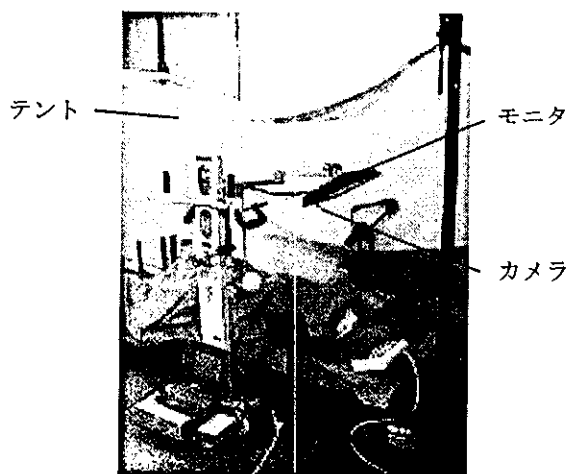


図3 実験風景

横書き、14pt

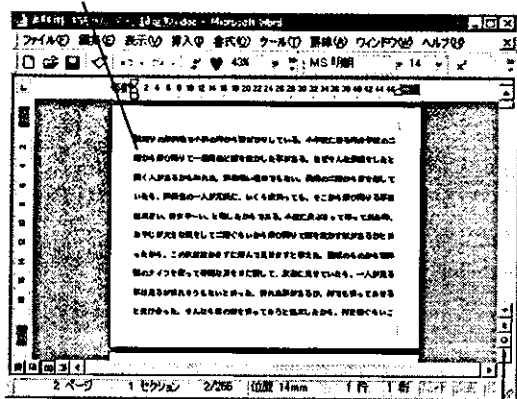


図4 タスク表示画面

ページ送り

2.実験条件

前述の向上策の効果を検証することを目的とし、以下の条件で実験を行った。

2.1 実験前当日の注意

被験者の体調をそろえるため、実験に先立って以下の諸注意を与え、守るように指示した。また、実験開始の際に同意書、および体調などに関する簡単なアンケートの記入を依頼した。

- 1) 喫煙、およびカフェイン(コーヒー、紅茶など)、アルコール類の摂取は控えること。
- 2) 十分な睡眠(6~8時間)を取り、夜更かし、朝寝は避けること。
- 3) 食事は3食かかさず適切な時間に適量摂り、当日は実験開始の1時間前までに済ませること。

2.2 実験環境

室内環境は、室温 25℃、照度 500 lx で一定とし、蛍光灯の光が目には直接入るのを防ぐため、天井に白い布製のテントをかけた(図3)。

2.3 タスク

患者の実際の生活を想定し、多く行われている読書とした。読書内容としては、覚醒度に影響を及ぼさないよう、読みやすく刺激が強すぎないものとして、夏目漱石の坊ちゃんを用いた。また、ページめくりのしやすさを考慮し、モニター上で電子書籍を提示する方法をとった。電子ファイルのソースには、青空文庫(インターネット上で著作権が切れた作品の電子ファイルを無料公開しているサイト:<http://www.aozora.gr.jp/>)のテキストを使用した。

電子ファイルは、図4に示すように、15インチのモニター上にMicrosoft Office Wordを用いて横書き14ptで表示した。また、被験者がマウスでクリックするたびに、1ページずつページ送りが出来るように設定した。

モニターは図3のようにリフターとモニターアームを利用し、被験者の好みに応じて頭上の読書に適した位置(約600mm上方)に設置した。

3. 背折れ姿勢の評価実験

提案した背折れ姿勢で従来の半座位姿勢と同等以上の覚醒効果が得られるか、および半座位姿勢に比べて身体負担が軽減されるか否かの検討を行った。具体的には、後述の改行率による覚醒度、体圧分布、血圧・脈拍数、皮膚血流量の計測と官能検査を行い、両姿勢を比較した。

3.1 姿勢保持条件

背折れ姿勢の保持のため、市販のギャッチベッドに小分割支持面を追加し、図5のように支持面を7つに分割した実験用ベッドを製作した。各支持面の寸法は身体特徴量に合わせて表1のように決定した。また、支持面の角度は胸部 β を飲み込みやすさと呼吸のしやすさから 30° とし、その他の角度は4名の男女被験者(身長155~180 cm、体重52~62 kg)により予備実験を行って、無理のない屈曲角度を探索した。その結果、腰部 γ はばらつきが少なかったため、平均の 16.6° とした。他は頭部 α $45.9\sim 63.7^\circ$ 、大腿部 δ は $21.0\sim 28.6^\circ$ 、下腿足部 ζ は $15.9\sim 21.4^\circ$ と被験者ごとに大きく異なったため、被験者の好みに合わせて設定することとした。なお、支持面の初期角度は7名の女性被験者(身長151~158 cm、体重45~56 kg)による予備実験により、頭部 α 60° 、臀大腿移行部 δ 20° 、下腿足部 ζ 30° とした(以下、初期角度)。

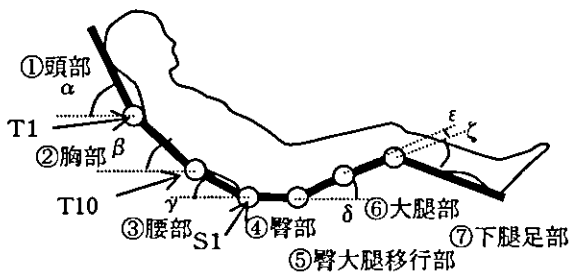


図5 7分割ベッドと支持面角度の定義

表1 身体寸法と支持面の対応

	対応する身体寸法
①頭部	頭頂点-T1間距離
②胸部	T1-T10間距離
③腰部	T10-S1間距離
④臀部	S1-大転子間距離
⑤大腿近位	大転子-座骨結節
⑥大腿遠位	座骨結節-大腿骨遠位端外側上顆
⑦下腿足部	下腿長

比較する半座位は、背折れ姿勢の胸部支持面と等しい 30° の背上げ角度とした。

3.2 実験手順

被験者は健常男子学生3名(身長170~176 cm、体重48~60 kg)である。身体寸法測定後、ベッドの支持面長を調節し、つづいて初期角度に設定した。このベッドに被験者を寝かせて不快な箇所がないように角度を微調整し、半座位姿勢、背折れ姿勢の順に休憩を挟んで計測を行った。各姿勢を5分間安静に保った後、11分間読書させ、その時の覚醒度と皮膚血流量を計測した。また、計測後に体圧分布、血圧・脈拍数の計測と官能検査を行った。

3.3 計測および解析方法

以下に計測、解析方法の詳細を示す。

(1) 覚醒度

モニタの下部に小型のCCDカメラ(SONY:DXL-LS1)を取り付け、顔画像を撮影した。画像はDVDレコーダー(Pioneer:DVR-55)にVRモードで記録した。

この画像をもとに、後述の方法によって読書時の眼球運動の解析結果から改行率を定義し、覚醒度の評価を行った。改行率は読書量の変化を定量化した値で、覚醒度が低下するにつれ、0に近づき、高くなるにつれて1に近づく。

(2) 体圧分布

体圧分布の測定には、シート型圧力センサ(ニッタ:タクティルセンサNewscanシステムBIG-MAT ver.4.02)を2枚使用し、マットレスとシーツの間に挟んで背部から臀部の圧力を測定した。

(3) 血圧・脈拍数

デジタル血圧計(オムロン:HEM-50)を用いて左上腕動脈血圧を測定した。

血圧測定位置の高低差を補正するため、第3肋骨間隙(大動脈口)の高さを h_0 [mm]、血圧計測位置の高さを h_1 [mm]とし、次式で修正した値を用いることとした。血圧への換算係数は計測値 P [mmHg]の血液の比重を1.05として高低差1 mmあたりの変化から定めた。

$$\text{修正血圧} = P + (h_1 - h_0) \times 0.0771 \quad \dots (1)$$

(4)皮膚血流量

レーザードップラー式皮膚血流計(サイバーファーム: CDF-1000)を用いて、左中指尖の皮膚血流量を計測した。

50Hzで取得した11分間の前後30秒を除く10分間のデータについて、10Hzで再サンプリングを行った。つづいて、間引きした全データの平均値と標準偏差を求め、1区間を10秒として、平均値±標準偏差×3の範囲外のデータを含む区間をアーチファクト混入と判定し、解析対象から除外した。

(5)官能検査

計測終了時に、各部の圧迫感・ずれ感、飲み込みやすさ、呼吸の苦しさ、読書のしやすさ、快適性の総合評価についての分析型16項目、嗜好型7項目を7段階で回答させた。また、覚醒度についても聞き取りを行った。

官能得点は、被験者によるばらつきや偏りをなくするため、分析型・嗜好型それぞれ次式によって標準化し、平均値で示した。

$$\text{分析型Z得点} = \frac{\text{官能値} - \text{官能値の平均}}{\text{官能値の標準偏差}} \quad \dots (2)$$

$$\text{嗜好型Z得点} = \frac{\text{官能値}}{\text{官能値の標準偏差}} \quad \dots (3)$$

4. バランスピローの評価実験

健常男子学生5名にベッド上で仰臥位姿勢をとらせ、図6の二つの枕条件(安定状態:A、不安定状態:B)で10分ずつ読書をした際の、顔画像・脳波を記録した。脳波は、基準電極導出法の両側耳朶法により、国際10/20法に従ってPzから導出した。データ



図6 枕の条件

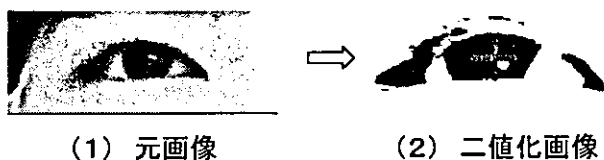


図7 画像処理

は、時定数0.3s、高周波域遮断30Hz、サンプリング周波数100Hzで記録した。計測には臨床用脳波計(日本光電製Neurofax EEG-5414)、およびAD変換器(TEAC製PS-2032GP)を用いた。また計測後、首の疲労感について官能検査を行った。実験は、ABBA、BAABの順で被験者ごとに2日にわたって同時間帯に行った。覚醒度の解析では、2節と同じ方法を用いて改行率を求めた。

5. 覚醒度の評価指標

従来、覚醒度の評価を目的とした実験室実験では、脳波や眼電位など電極を用いる方法が多くとられる。しかし、今回は非干渉性や簡便さから、評価に非接触計測で取得できる画像情報を用いることにした。

画像による指標の代表例は瞬目であるが、瞬目は発生の仕方や傾向に個人差・個体内差があるため、覚醒低下状態の有無を判断する眠気検知等に用いることができて、今回のように眠気の量を測る目的には不向きである。一方、定量的な測度として用いられている指標には、顔のビデオ画像を主観的に評価する眠気表情値⁴⁾がある。眠気表情値は脳波など他の生理・心理指標とも対応する有効な指標であるが、熟練した評価者が必要となり、評価者への負担が大きいことが問題となる。

そこで本研究では、前節の実験より読書時の眼球の動きに着目した。具体的には、画像解析の結果より読書速度と覚醒度の関係を調べ、新たな覚醒指標の抽出を試みた。以下に、指標とした改行率の取得方法を示す。

5.1 眼球運動の画像解析

顔画像の目周辺領域外をトリミングしてノイズ除去等の前処理を施し、フレームごとにデジタル画像に変換した。この画像ファイルをC言語で記述したプログラムに取り込み、眼球を中心とした解析領域(60×180画素)について2値化し、黒画素の重心計算を行った(図7)。解析領域は、始めに中心の初期座標を入力し、その後は前のフレームで求めた重心を原点として移動、追跡させた。

5.2 改行率

読書時の眼球運動は、図8のように鋸歯状の波形として記録され、改行および改頁時の情報はそれぞれ水平、垂直波形の急速な変位として現れる。この水平眼球運動波形に対し、ローパスフィルタにより平滑微分を行って速度波形を求め、経験的に設定した閾値以上のピーク点を改行点として取得した。続いて5秒1区間で改行点をカウントし、これを加算することで5秒ごとに1分間の改行数を求めた。さらに、被験者間で正規化するため、この改行数を読書が安定する計測開始から1分経過後の改行数で除して、改行率を求めた。

5.3 従来指標との比較

改行率の妥当性を調べるため、従来指標として用いられている脳波、および眠気表情値との比較を行った。以下にそれぞれの解析方法を示す。

(1) 脳波

$\theta \sim \alpha$ 波帯域の総パワー値を指標とした。汎用時系列解析ソフト (GMS 製 MemCalc ver2.0) を用い、1区間を5秒として脳波のスペクトル解析を行った。区間ごとに $\theta \sim \alpha$ 波帯域 (4~13Hz) の総パワー値 (覚醒度低下時に増大) を算出し、1分間の平均値を求めた。

(2) 眠気表情値

ビデオ画像を観察し、5秒間ごとの顔表情について、5段階の評定基準 (1: 全く眠くなさそう、2: やや眠そう、3: 眠そう、4: かなり眠そう、5: 非常に眠そう) により、眠気評定を行った (図9)。

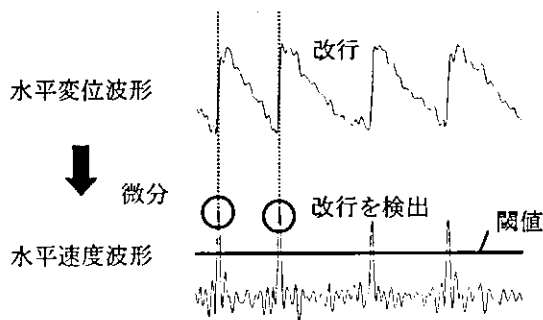


図8 改行の検出



図9 眠気表情値と顔表情

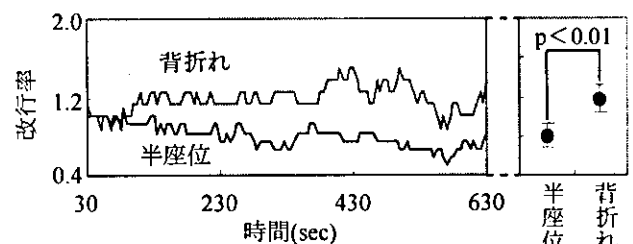
非常に眠そう) により、眠気評定を行った (図9)。この評定値をもとに、1分間を処理単位として5秒ステップで移動平均し、区間ごとの眠気表情値を求めた。

C. 結果および考察

1. 背折れ姿勢の効果

(1) 覚醒効果

改行率の時系列変化と10分間の平均および標準偏差を図10に示す。t検定を行った結果、全被験者で30° 半座位より有意に覚醒度が上がることがわかった。また、主観的な覚醒度も向上しており、背折れ姿勢によって覚醒度の向上効果が期待できることが示唆された。



(1) 改行率の時系列変化 (2) 改行率

図10 覚醒度評価結果

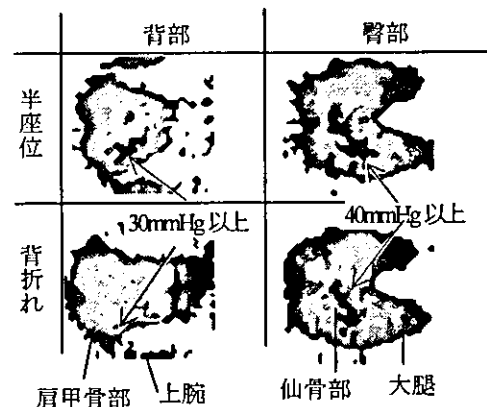


図11 背部・臀部の体圧分布

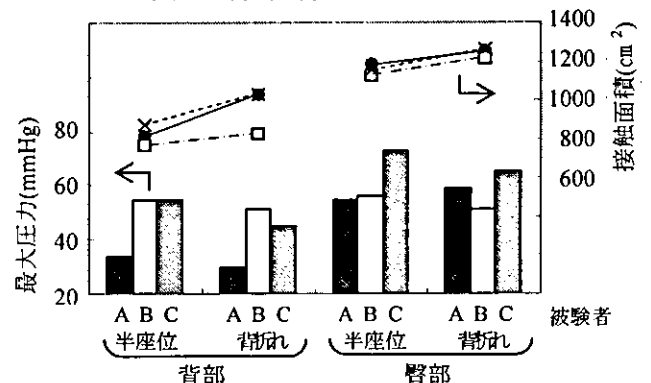


図12 姿勢による体圧分布の変化

(2)体圧分散効果

臀部と背部の体圧分布の計測例を図11に、各被験者の姿勢による最大圧力と接触面積の変化を図12に示す。姿勢間に有意差は見られなかったものの、全被験者において実験ベッドの方が接触面積が増加し、最大圧力が低下する傾向が見られた。

なお、頭部支持面とほぼ等しい50°の背上げを行った半座位の場合は、臀部圧力が高くなり、快適性が著しく低下した。

(3)血圧・脈拍数

姿勢間で有意差は認められなかったが、背折れ姿勢において、全被験者で血圧が0～6mmHg高く、脈拍数が0～5BPM少ない傾向が見られた。この要因としては、覚醒度の影響が考えられる。

(4)皮膚血流量

面積値(0.02秒間隔の血流量の総和)を比較したが、被験者によって姿勢による大小関係が異なり、姿勢間に有意差は認められなかった。

(5)官能検査結果

図13、図14に示したように、胸部・腰部・臀部の圧迫感は低下して快適であり、ずれ感も小さくなっていることがわかった。しかし、頭部の圧迫感が増加して不快になっているため、枕などにより頭部の支持方法を工夫する必要があることがわかった。

また、図15より呼吸・飲み込みやすさについては変化せず、読書のしやすさは向上した。総合評価も30°半座位より高い評価が得られた。

(6)総合評価

(1)～(5)をまとめると、胸部角度30°程度では、背折れ姿勢で身体負担が小さい傾向が見られるものの、半座位姿勢との有意差を示すほどではないことがわかった。ただし、主観的な評価では、背折れ姿勢の方が快適という結果が得られた。一方、覚醒度については、背折れ姿勢で優位に覚醒度が上がることが示された。したがって、30°という低い背上げ角においては、定量的には両姿勢の身体負担は同程度であり、定性的には背折れ姿勢で負担が軽減する傾向にある。また、本姿勢では半座位と比較して有意に覚醒度が向上する。

今回、身体負担には有意差がみられなかったが、比較した30°の背上げ角度はもともと半座位の中でも安楽とされる角度であるため、負担は許容範囲と考えられる。なお背上げ角50°における計測結果から、身体負担が増す大きい背上げ角度では、背折れ姿勢の負担低減効果がより高まることが期待できる。

2. バランスピローの効果

覚醒度については、図16に示すように、バランスピローの不安定設定時の方が安定設定時に比べて改行率の値が大きく、t検定により危険率1%で有意差が認められた。また、不安定な形状から予想される首の疲労感については、10分という今回の計測時間内では、図16の官能検査結果に示すように、通常枕(安定設定時)との有意差は見られなかった。

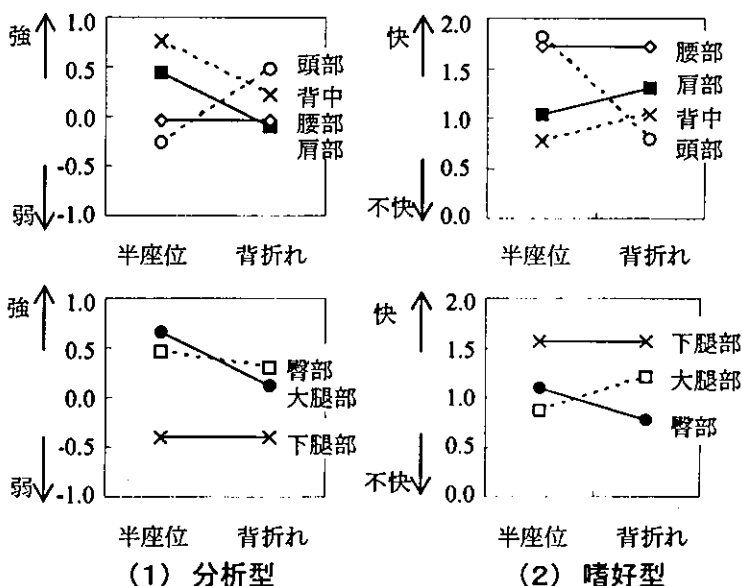


図13 圧迫感の官能得点

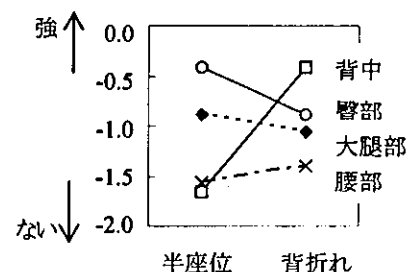


図14 ずれ感の官能得点

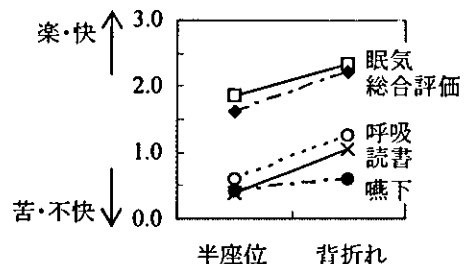


図15 その他の項目と総合評価

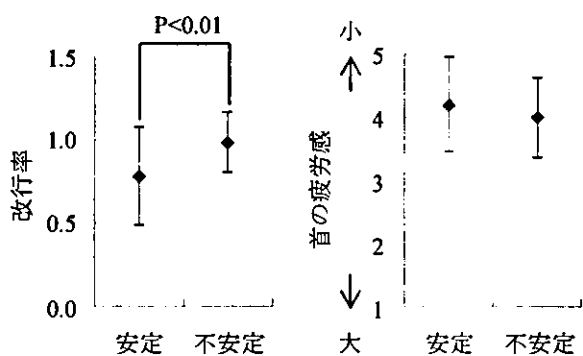


図 16 バランスピローの効果

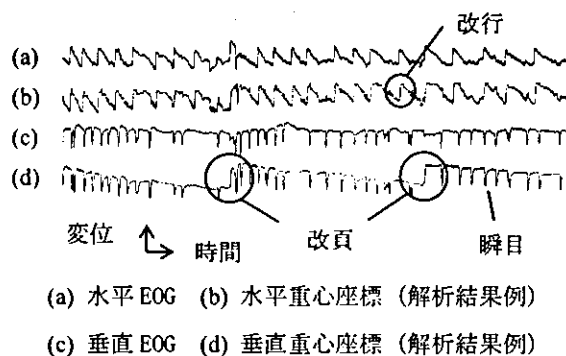


図 17 眼球運動波形

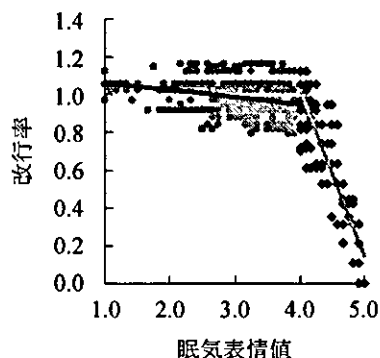


図 18 改行率と眠気表情値の関係

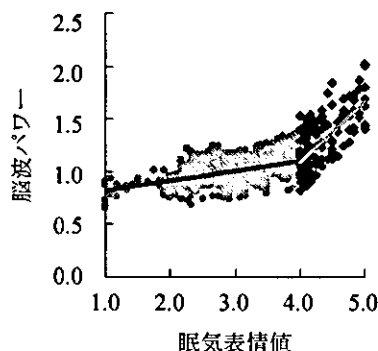


図 19 脳波と眠気表情値の関係

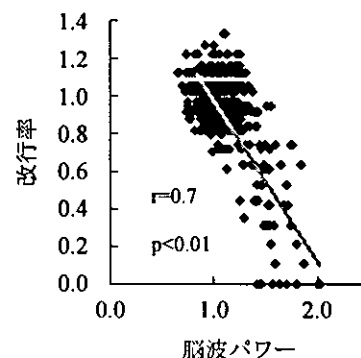


図 20 改行率と脳波パワーの相関

以上より、バランスピローの不安定設定は、不安定感を許容できる範囲で覚醒度を維持できる効果があることがわかった。

3. 覚醒度の評価指標

3.1 画像による眼球運動の取得

重心座標の軌跡は図 17(b) (d) に示すような波形となり、EOG の計測結果との比較から、本手法により眼球運動の取得が可能なが確認された。

3.2 従来指標との比較

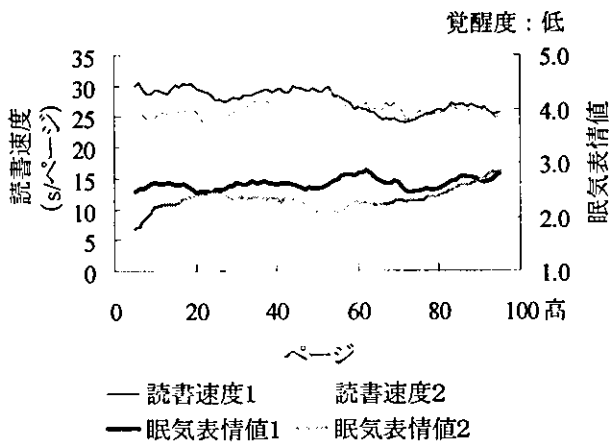
図 18 に示すように、改行率は読書の継続が可能な眠気表情値 4 付近までは緩やかに低下し、4 以上で急速に低下した。一方、脳波パワーについても眠気表情値 4 以上でパワー値の増大が見られ (図 19)、図 20 に示すように改行率との間に相関係数-0.7 の高い相関 ($p<0.01$) を得た。なお、相関は、眠気表情値 4 以下のデータと 4 以上のデータに分けて線形近似を行い、近似直線周りの標準偏差を調べて 2σ 以上のはずれ値を除いた図 18, 19 に示すデータを用いて求めた。以上より、改行率により、覚醒度低下を客観的に検出できることがわかった。

3.3 改行率の問題点

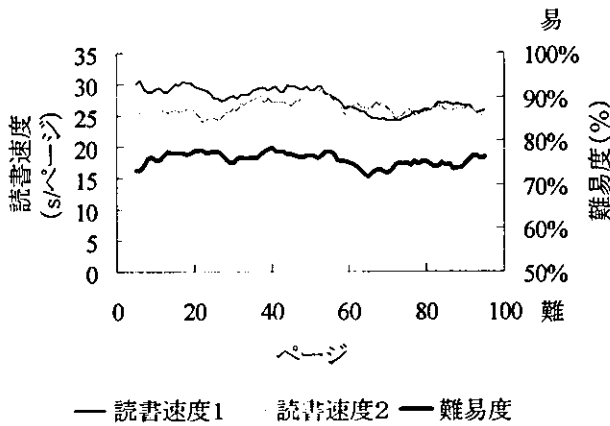
読書速度に影響を与えるのは、主に覚醒度、タスク内容の 2 つと考えられる。図 18 のように覚醒度が極度に低下した眠気表情値 4~5 では、圧倒的に前者の影響が大きく、タスク内容は問題とはならないが、眠気表情値 1~4 では、覚醒度の変化に対して、読書速度 (改行率) のばらつきが大きい。そこで、タスクの影響を調べるため、被験者一名に同一タスクを 2 回読ませ、ページごとの読書速度を比較した。

タスクの内容は、インターネット上で公開されている語彙・漢字チェッカー (<http://language.tiu.ac.jp/tools.html>) を用い、ページごとに①難易度 (日本語能力試験の 3、4 級の単語が文章全体に占める割合⁵⁾)、②漢字含有率、③漢字+カタカナ+アルファベットの含有率を求めた。読書速度の変動は複数の要因が絡み合っているため、短期的に見たのでは、変動の主要因がつかみづらい。そこで、①~③の 10 ページ単位の移動平均について、読書速度とトレンドを比較した。

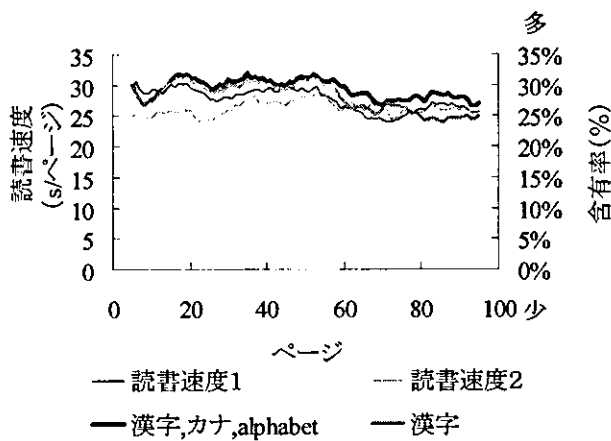
その結果、図 21 (3) に示すように③と読書速度が良く似た変動を示すことがわかった (1 回目: $r=0.76$, $p<0.01$ 、2 回目: $r=0.46$, $p<0.01$)。これ



(1) 眠気表情値



(2) 難易度



(3) 含有率

図 21 読書速度の変動要因



図 22 ファイバーカメラ

は読解に時間がかかるためと考えられる。一方、眠気表情値と読書速度の間には弱い相関（1回目： $r=-0.21$ 、 $p<0.05$ 、2回目： $r=-0.25$ 、 $p<0.05$ ）しか見られなかった。つまり、覚醒時の読書速度の変動は、眠気よりもタスクの内容に依存すると考えられる。なお、読書速度を③で規格化し眠気表情値との相関を調べたが、両者には関係が見られなかった。これは眠気により読書速度が遅くなる場合と、読み飛ばしなどで早くなる場合があるためと考えられる。

以上より、覚醒度が低下した時の読書速度は十分に覚醒度を反映するが、やや眠い状態ではタスクの影響が大きく、読み方もばらつくことがわかった。

そこで、タスクに影響されない新たな指標として覚醒度の低下による顔の下垂に着目し、開眼度を求めた。ただし、開眼度は顔の動きが大きい場合に影響を受ける。このため、次年度は図 22 に示すファイバーカメラを用いて顔の向きによらず安定して顔画像を取得し、開眼度を用いて評価を行う予定である。

D. 結論

自立の基本となる臥床状態での覚醒度向上策を検討した。背上げが可能な場合には、心臓の位置を低く保ったまま頭部を起こす背折れ姿勢により、身体負担を抑えつつ覚醒度を向上できる。また、臥位姿勢では、首の抗重力筋を刺激するバランスピローにより、不快感なく覚醒度を向上できる。覚醒度は、読書速度を非接触に測る改行率で評価できる。しかし本指標はタスクの影響を受けるため、次年度はより分解能の高い覚醒指標を検討する。

E. 参考文献

- 1) Caldwell J.A. et al. : The effects of body posture on resting electroencephalographic activity in sleep-deprived subjects, *Clinical Neurophysiology*, 111, pp.464-470 (2000)
- 2) Johns M.W. : A sleep physiologist's view of the drowsy driver, *Transportation Research Part F* 3, pp.241-249 (2000)
- 3) Nicholson A.N., et al. : Influence of back angle on the quality of sleep in seats, *Ergonomics*, 30(7), pp.1033-1041 (1987)
- 4) 北島洋樹他：自動車運転時の眠気予測手法についての研究（第1報 眠気表情の評定法と眠気変動の予測に有効な指標について）、*日本機械学会論文集（C編）*、63(613)、pp.93-100 (1997)
- 5) 川村よし子他：インターネットを活用した読解教材バンクの構築、*世界の日本語教育*、6、pp.241-255 (2001)