

II. ベッド上の自立活動要件

研究要旨 臥床生活者の自立支援を行うことで、活動量を増加させると共に、介助負担の低減を行う。このため、日常生活行為を低負担に行える半座位作業姿勢と、その姿勢での上肢動作域および視野に対応するベッド用什器を提案した。被験者8名について、飲食・書字・モニタ作業を想定した低負担作業姿勢を探索した結果、頭部と胸部を挙上した背折れ姿勢が適していることがわかった。さらに、この姿勢で楽に作業を行える什器配置領域を探索し、食事用トレーは体の正面から左側の、書字用操作系は体の右側の水平面内の扇形の範囲が、モニタは体の正面でモニタに常に目に向けて配置する矢状面内の扇形の範囲が、それぞれ適していることがわかった。

A. 研究目的

病院内の設備の問題点を調べた樋之津ら¹⁾の調査では、入院患者の半数以上がベッドやテーブルに不満があると答えている。この一因として、現状のギャッチベッドでは、半座位をとると臀部への圧力集中などの身体負担が大きくなることや、オーバーベッドテーブルなどの周辺什器が、半座位姿勢に対応していないことが挙げられる。

このため本研究では、身体負担の小さい半座位作業姿勢と、その姿勢での什器の適切な配置範囲を探索し、ベッド用什器の設計条件を提案した。

B. 研究方法

1. 生活行為の選定

先行研究による臥床生活者の生活調査から、対象とする日常生活行為を決定した。大河原ら²⁾は、病状や術後経過の異なる6例の患者についてタイムスタディ調査を行った。この結果によれば、「飲食する」などの生理的欲求に基づく動作は、患者が臥位から半座位へ起き上がるきっかけとなり、日常生活行為拡大につながる。また、全ての患者で生活行為の中心となる臥床・起居動作のなかで、「テレビを見る」、「新聞等を読む」、「手帳に書き込む」などの情報に関する動作が、手術後2日以内の患者を除き、60%以上を占めている。このため本研究では、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探索した。

2. 基本姿勢の決定

通常の背上げ姿勢は、図1(1)のように背を起こすことが多いが、この方法では臀部に圧力が集中し、長時間では不快になる。一方、覚醒度を向上する姿勢としてI章に述べた図1(2)の背折れ姿勢は、頭部の挙上によって視線を下げ背折れによって体圧を分散することができるため、作業姿勢としても適している。このため、前節の各生活行為で快適な背折れ姿勢を探索し、什器設計の基本姿勢とした。

2.1 背上げ角度の決定実験

市販のギャッチベッド(オカムラ:L856WCP-x)と、図2(1)～(3)に示す実験装置を使用した。

図2(1)に示す実験用作業台は、市販のオフィス用サイドテーブル(オカムラ:CR20DZ)を改造し、ベッド面から300mmの高さ調節を可能にした。また、傾斜をつけての書字やスイッチ・タッチパネル操作を行う場合を想定して、丁番とスペーサーにより0～90°までの角度調節を可能とした。

飲食時にはトレーの手前に50mm以上のスペースが必要になるというデータ³⁾から机面の奥行きを400mm、幅を市販されている小型のベッドサイドテーブルにあわせて600mmとした。

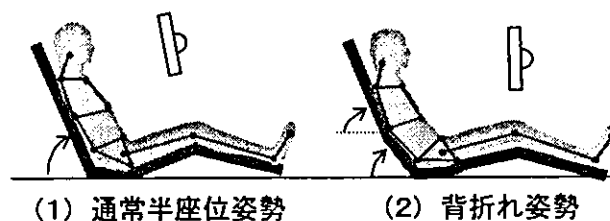
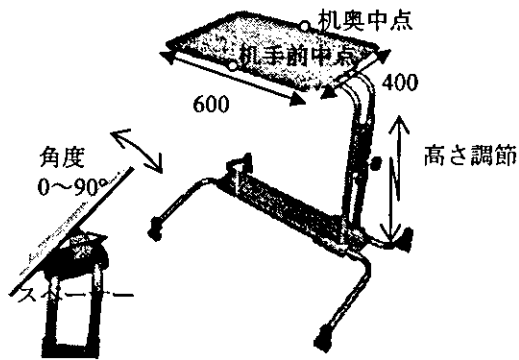
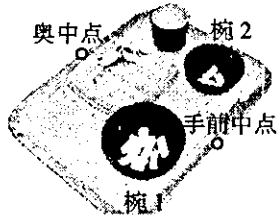


図1 通常半座位と背折れ姿勢



(1) 実験用作業台



(2) 飲食用トレイ



(3) 書字用方眼紙

図2 実験装置

身体負担を減らすために、背上げ角度は行為が可能な最小角であることが望ましい。このため、各行為に以下の条件を設定し、これを満たす最小の背上げ角度を、健常成人被験者6名（男性5名、女性1名、身長164~180cm、体重50~106kg）について探索した。

(1) 飲食の背上げ角度

片腕が点滴で拘束される場合を想定し、左上肢の動作を小さくして筋負担を軽減するために、以下の条件を設定した。

- 左肘をベッド面で支持したままでも、左手でトレイ上の腕1・腕2（図2（2）参照）をつかむことができる。
- 頸部をベッド（枕）で支持したまま、トレイ上の食器配置と腕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。

実験には、図2（2）に示す455mm×350mmのトレイと食器を用いた。ただし、コップの水以外は、実際の飲食物は使用せず、発泡スチロール片（φ10×50mm）を飲食物として代用した。

(2) 書字の背上げ角度

ペンあるいはタッチパネルを用いた書字や、テレビ視聴などのコントロール系の操作を、書字と総称する。実験は、ペンを用いた書字動作について設定した以下の条件の下で行った。

- 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。

実験は、図2（3）のように、実験用作業台に実際に書字を行うための方眼紙を固定して行った。

(3) モニタ作業の背上げ角度

一般のテレビ番組では視聴の定量化が困難なため、電子書籍を読書させることとした。また、モニタ作業は、姿勢の制約が少ないため、背上げ角度は、褥瘡予防角度とされている30°⁴⁾とした。

2.2 支持面の長さや角度の決定方法

背上げ姿勢では、各支持面の角度に応じて、支持面長を図3⁵⁾のように身体屈曲中心とベッド面の屈曲中心が合う長さに調節する必要がある。また、初期設定として身体寸法に合わせて各支持面の長さを調節する必要がある。

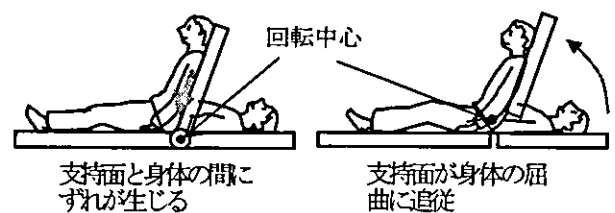
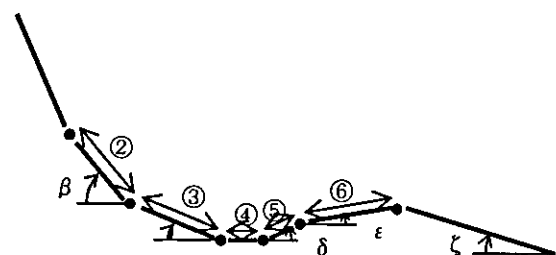


図3 身体と支持面の屈曲中心



- | | |
|-----------------|----------------|
| β : 胸部支持面角度 | ② : 胸部支持面長 |
| γ : 腰部支持面角度 | ③ : 腰部支持面長 |
| δ : 臀大腿移行部支持面角度 | ④ : 臀部支持面長 |
| ε : 大腿部支持面角度 | ⑤ : 臀大腿移行部支持面長 |
| ζ : 下腿足部支持面角度 | ⑥ : 大腿部支持面長 |

図4 ベッドの調節項目

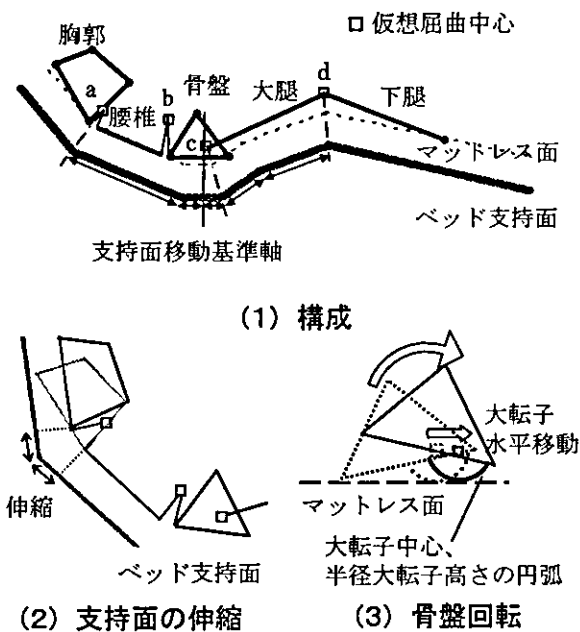


図5 モデル

表1 身体屈曲中心

身体部位	仮想屈曲中心
a. 胸部	第10胸椎部の身体表面から45mm
b. 腰部	仙骨部の身体表面から93mm
c. 股関節	大転子
d. 膝関節	大腿骨遠位端外側上顆

表2 モデルの寸法

身体部位	身長との割合
胸部(第1胸椎-第10胸椎)	0.122
腰部(第10胸椎-仙骨)	0.132
骨盤(仙骨-座骨)	0.110
大腿(大転子-大腿骨遠位端)	0.236
下腿(大腿骨遠位端-腓骨外果)	0.234

表3 支持面角度の推定式

身体部位	角度推定式
胸部	背上げ角度
腰部	背上げ角度 $\times 0.441$
臀大腿移行部	$36^\circ (= \text{大腿部} + 14^\circ, \text{const})$
大腿部	$22^\circ (= \text{const})$
下腿足部	$26^\circ (= \text{const})$

本研究では、体格の異なる成人男性6名(身長164~179cm、体重50~75kg)の身体計測結果から図5に示すモデルを構築し、図4に示す支持面の長さや角度を推定することとした。

図5のように、モデルは、胸部・腰椎・骨盤・大腿・下腿からなる身体モデルと、ベッド支持面、および身体に接しベッド支持面から常にマットレス厚さの距離にあるマットレス面からなる。頭部は、被験者の好みの枕で挙上するものとし、モデルには含まなかった。

身体各部は、表1に示す身体仮想屈曲中心で屈曲

する。また、図5(1)のように、身体各部とベッド支持面が追従して屈曲し、それに伴って伸縮する支持面の長さを推定した。

支持面の屈曲位置は、腰部を除き、I章B 3.1節と同様の身体特徴点に対応して設定した。腰部の支持面屈曲位置は、仙骨部から大きく背上げをすると、腰部が無理に折れ曲がって不快になった予備実験の結果から、第10胸椎と回転した骨盤(仙骨部)が腰部支持面で支持されるように、臀部支持面長と腰部支持面長を設定して定めることとした。

骨盤は、大転子の高さを保ってマットレス面上で転がるように観察されたため、図5(3)のように、中心を大転子、半径を大転子高さとする円弧で近似した臀部皮膚面に沿って、マットレス面上をずれなく転がるものとした。この方法では、骨盤は回転に伴って下肢方向に移動する。このため、仰臥位での大転子位置(骨盤回転 0° の大転子位置)を通る垂直軸を支持面の移動基準軸と定め、骨盤の回転と腰部・股関節の屈曲に対応して臀部支持面が体幹側と下肢側双方に伸縮するものとした。

モデル各部の寸法(身体の仮想屈曲中心間距離)は、表2に示す身長比で与えた。

各支持面の角度は、成人被験者1名による予備実験の結果を基に、表3のように設定した。

以上のモデルにより、被験者の身長と背上げ角度に応じた快適な背折れ姿勢、および各支持面の長さ・角度の推定が可能になる。

3. 什器配置の探索方法

体格の異なる右利きの成人8名(男性7名、女性1名、身長164~180cm、体重50~106kg)について、本章2節で求めた基本姿勢における飲食用トレイ、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探索した。書字最適点は、最も手を作業台に置きやすく、手元を見やすい位置となるため、操作系の配置位置としても有効になると考えられる。

モニタ作業の配置探索は、モニタに電子書籍(夏目漱石「坊ちゃん」、横書き14pt)を表示して行った。図6に示す実験用モニタ台は、リフタに15イン

子のモニタを多自由度アーム（モダンソリット：LA-55-3）を介して取り付けただもので、ベッド面から900mmの範囲の位置調節が可能である。

姿勢と仕器配置は、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。身体の計測点を図7に、計測風景を図8に示す。食器類やモニタの計測点は図2および図6に白丸で示す点とした。

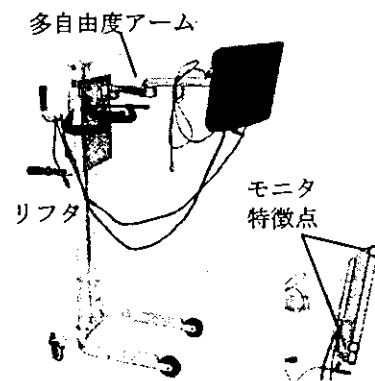


図6 実験用モニタ台

4. 評価方法

対象行為の中で最も困難な飲食を例にとり、姿勢と配置の快適性を、筋電計測と体圧計測、および官能検査によって評価した。

4.1 筋電計測

筋電計測は、成人男性被験者1名（身長170 cm、体重75 kg）について、日本光電製の筋電計（MEB-5508）と表面電極を用いて行った。以下に示す飲食動作と水飲み動作を行わせ、計測時間はそれぞれ15秒、10秒とし、サンプリング周波数1000Hzで計測した。計測部位は、上記の動作に関係すると考えられる頸部（僧帽筋上部）、左右肩部（僧帽筋下部）、左右の上腕部（上腕二頭筋）とした。

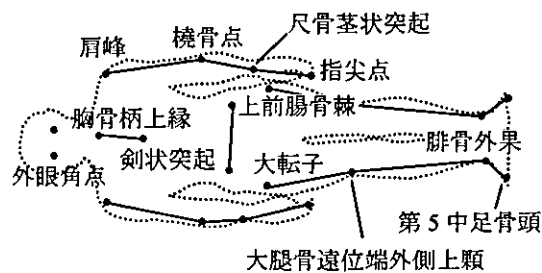


図7 姿勢計測点

(1) 飲食動作

脱力して正面を向いた姿勢（以後、初期姿勢）から、頭部の姿勢変化によって腕の位置と中身を確認し、左手で腕を、右手で箸をつかんで口元に運ぶ。その後、食器を元の位置に置き、初期姿勢に戻る。

(2) 水飲み動作

初期姿勢から、頭部の姿勢変化によってトレー上のコップの位置を確認し、右手でコップをつかんで口元に運ぶ。首を自立させて実際に水を飲んだ後、コップを元の位置に戻して初期姿勢に戻る。



図8 仕器配置探索の実験風景

4.2 体圧計測

体圧計測シート（ニッタ：HUGE-MAT）2枚をマットレス上に敷き、身体接触面の体圧分布を計測した。また、定量的な体圧の比較を行うために、流体式部分体圧計測器セロ（ケーブ：CR-270）を用いて、肩甲骨部・仙骨部・坐骨部、およびHUGE-MATによる観察で圧力が集中した箇所の体圧を計測した。

表4 背上げ角度の探索結果[°]

被験者	A	B	C	D	E	F	平均	分散
飲食	55.3	49.6	50.1	50.1	49.3	53.1	51.2	2.4
書字	39.0	30.1	30.5	33.8	30.4	31.4	32.5	3.4

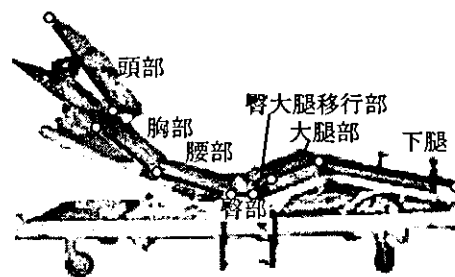
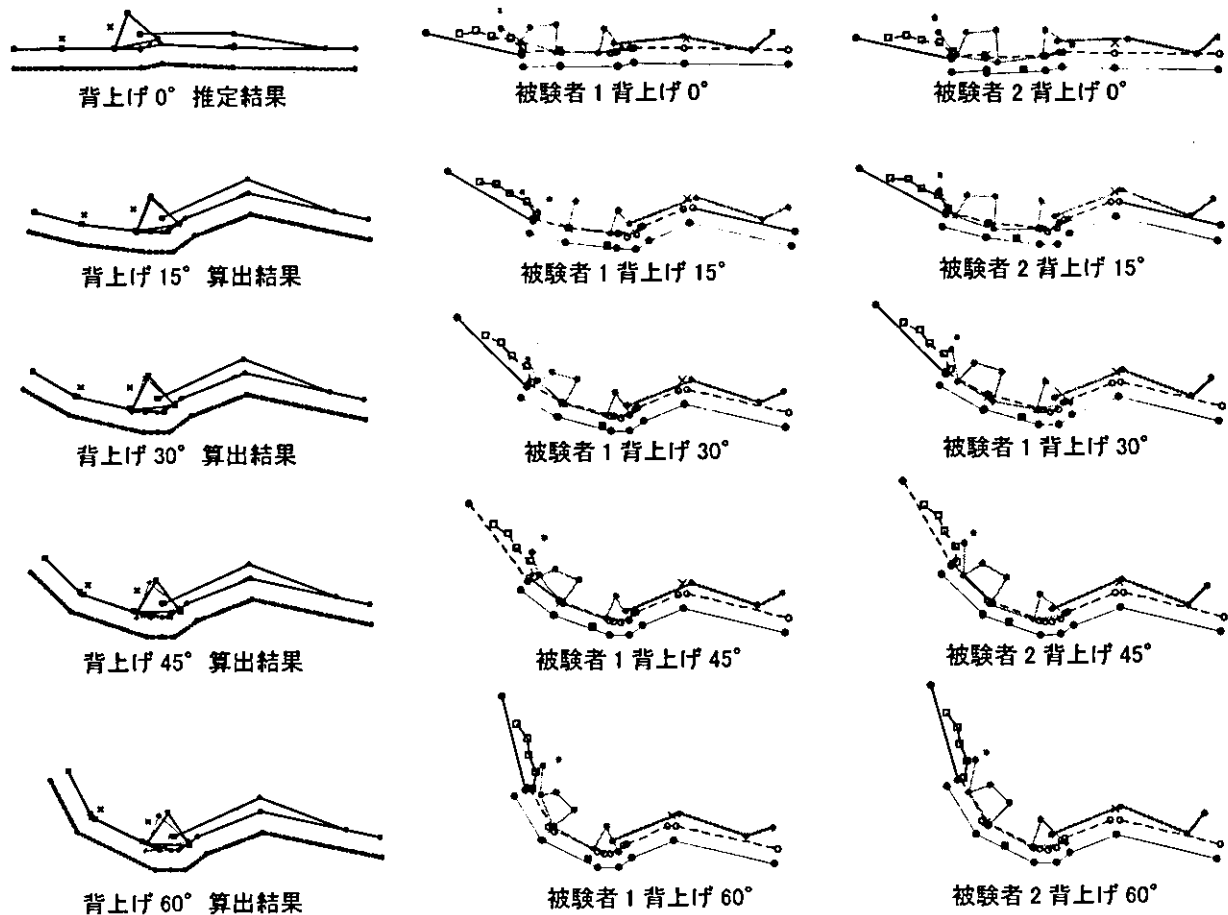


図9 実験ベッド



x 第10胸椎、大腿骨遠位端の推定位置 図10 姿勢計測結果

C. 結果および考察

1. 基本姿勢

1.1 背上げ角度

各被験者における探索結果を表4に示す。この平均値から基本姿勢の背上げ角度を決定した。

1.2 支持面の長さや角度(モデルの評価)

体格の異なる被験者2名(身長169~174cm)を、各被験者の身長および背上げ角度0~60°の15°間隔で支持面長と角度を推定した図9に示す実験ベッドに寝かせて姿勢計測を行った。その結果、図10に示すように、姿勢がモデルによる推定結果とよく一致し、各支持面が身体にフィットすることがわかった。

1.3 基本姿勢の決定

探索した背上げ角度とモデルにより、図11(1)~(3)をそれぞれ飲食・書字・モニタ作業の提案姿勢とした。

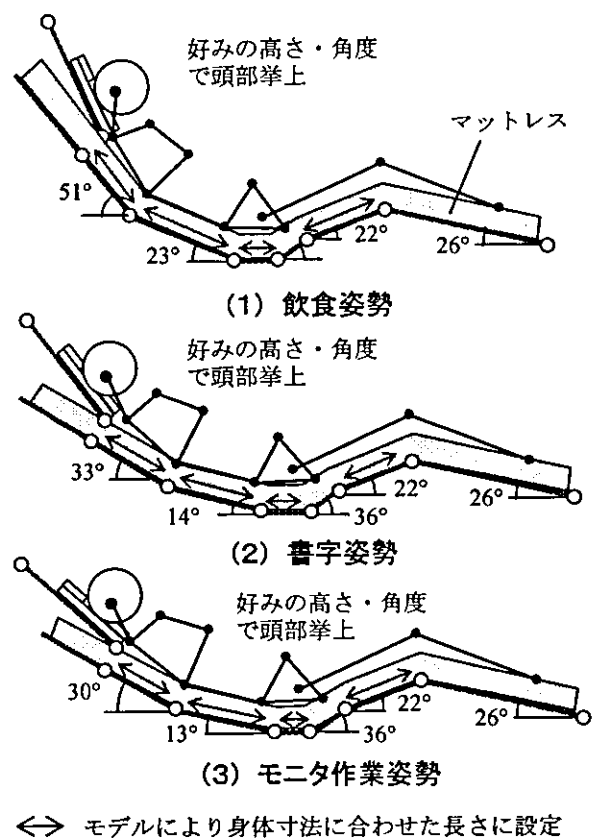


図11 基本姿勢

2. 什器配置

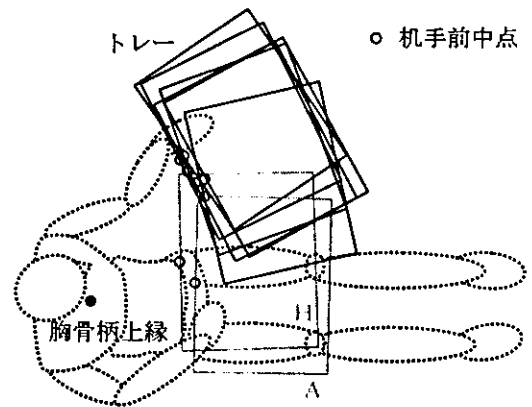
各被験者の姿勢と什器配置結果を図 15～17 に示す。以後の考察は、胸骨柄上縁を基準として、各被験者の配置を重ねた結果について行う。

2.1 飲食配置

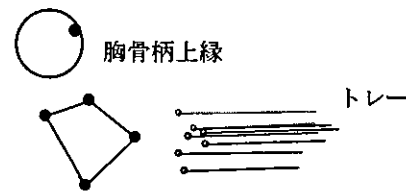
(1) 配置結果

トレーの配置分布を示した図 12 より、トレーは、体の正面から左側にかけて扇状に配置されたことがわかる。

左側の配置が好まれたのは、図 13 に示すように、体の側部にトレーを配置することによって、下肢とトレーの干渉を避け、前腕部の動作の中心となる左肘の近く、かつ手首の角度が小さくなる低い位置にトレーを配置できるためと考えられる。また頭部を枕で支持したまま回旋することで視線を下げることもできるため、その先にトレーがあると見やすくなる。しかし、図 14 に示すように、体側部の配置は左手が腕に届きやすい一方で、右手はコップに届きづらくなる。このため実験では、被験者に両上肢の作業性が総合的に快適となる位置にトレーを配置させた。



(1) 水平面



(2) 矢状面

図 12 トレー配置結果

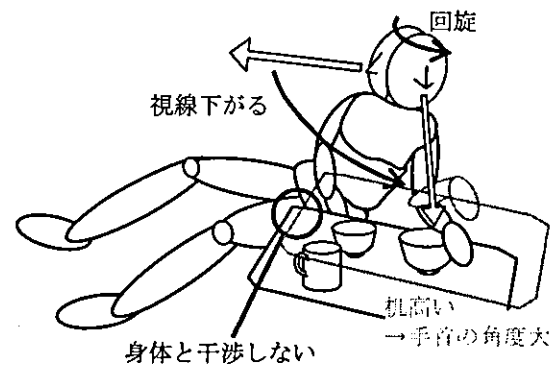


図 13 体側部の配置のメリット

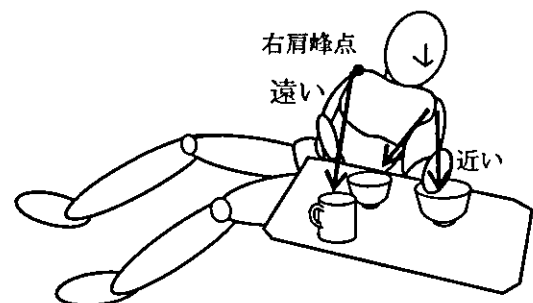


図 14 体側部の配置のデメリット

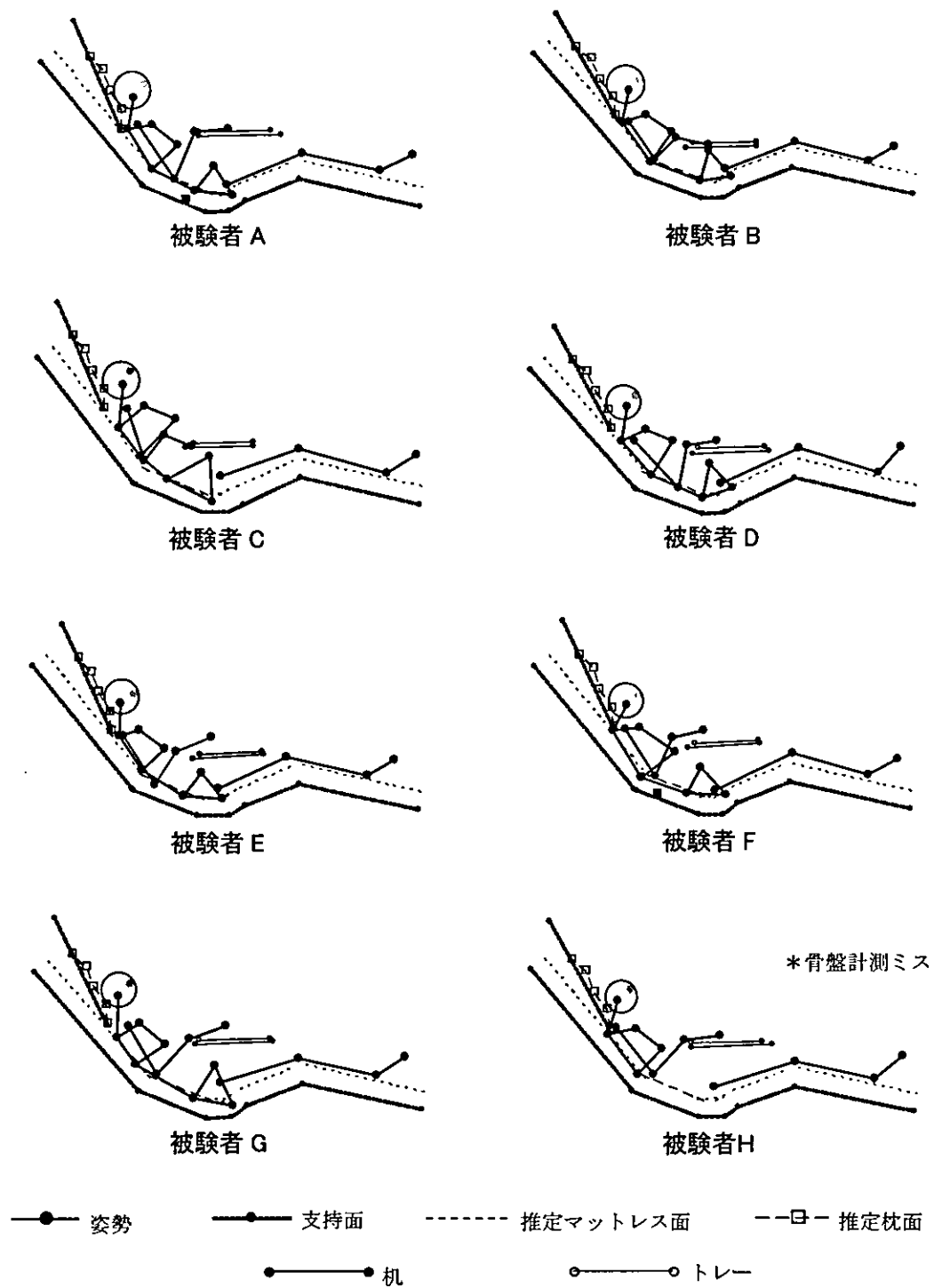


図 15 飲食姿勢計測結果

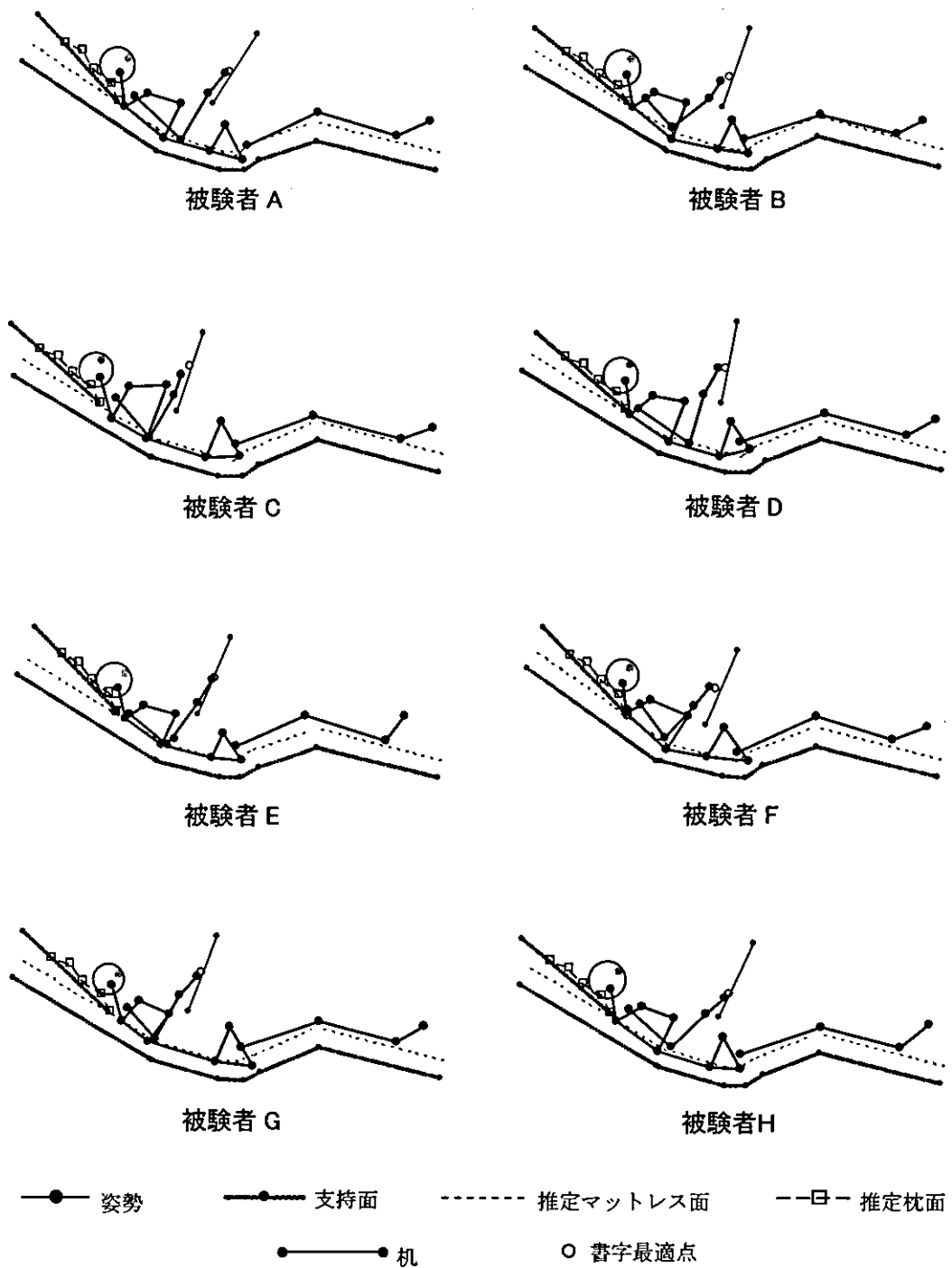


図 16 書字姿勢計測結果

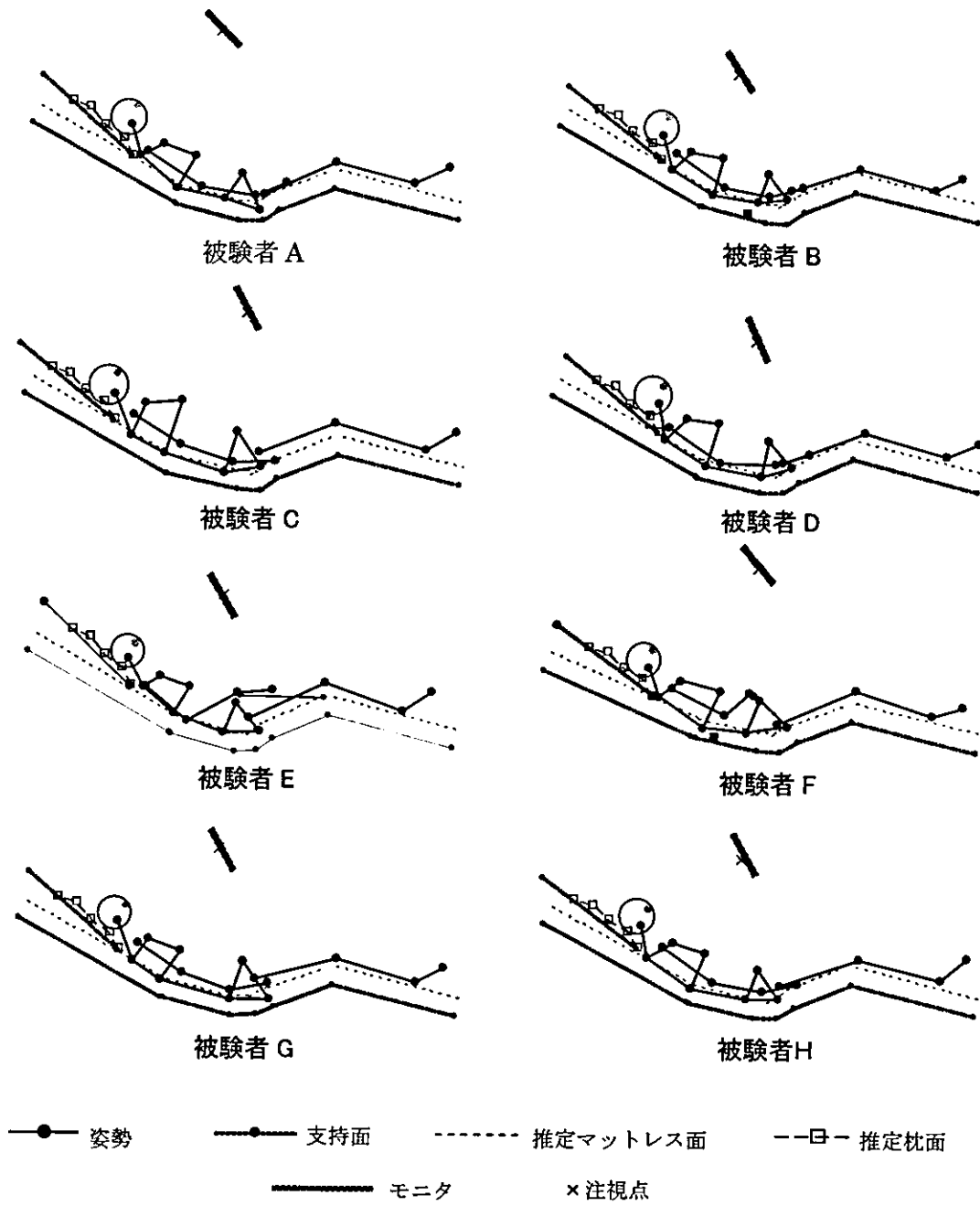


図 17 読書姿勢計測結果

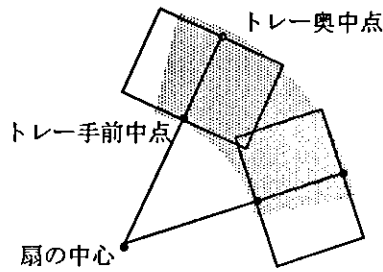


図 18 扇形の中心

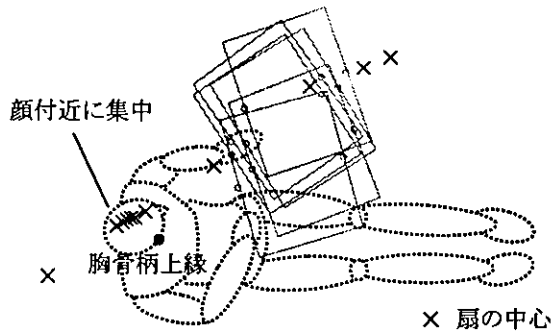


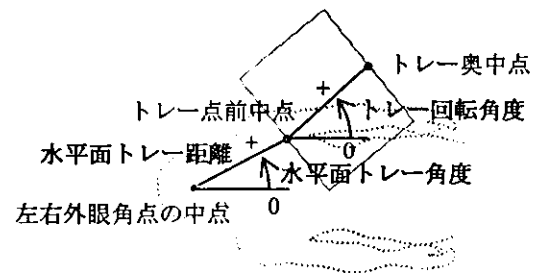
図 19 トレーの配置中心

(2)配置の一般化

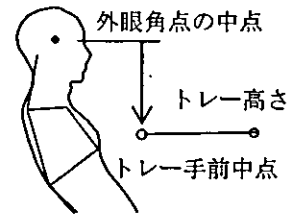
扇形の配置領域の中心点を求めることで、トレーの配置の基準点を求めた。図 18 に示すように、各被験者が配置したトレーの手前中点と奥中点を結ぶ直線の交点を求め図 19 に示した。これより、中心が顔付近に集中していることがわかる。これは、トレーを見やすい位置に配置した結果と考えられる。このことから、トレーの配置中心は、各被験者の左右外眼角点の中心の平均位置とした。

(3)配置の傾向

前述の配置中心点を基準として、図 20 のようにトレーの配置を水平面と矢状面で定義した。図 21 の水平面トレー距離と上肢長および視力の関係より、トレーの配置距離は身体特徴によらずに 2 群に分布したことがわかる。水平面トレー距離が小さい 2 名は、トレーを体正面に配置した被験者 A と被験者 H である (図 12 の灰色線参照)。矢状面と 3 次元での上肢角度を図 22 のように計測点間の挟み角でそれぞれ定義すると、図 23 (1) よりトレーが体の近くに配置された被験者 A と H は、肘の屈曲が大きい傾向があった。これはトレーを体正面に配置する場合、下肢との干渉を避け、高い視線にあわせてトレーが高く配置されるために、図 24 のように肘を曲げて手元を高くしないと腕をつかめないためだと考えられる。

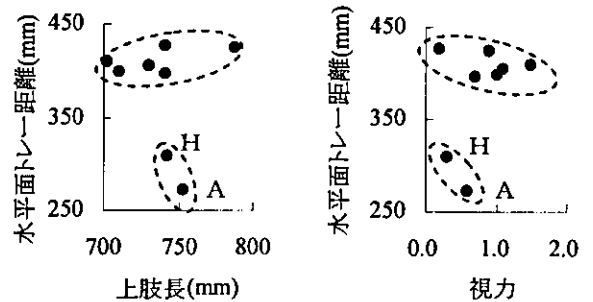


(1) 水平面



(2) 矢状面

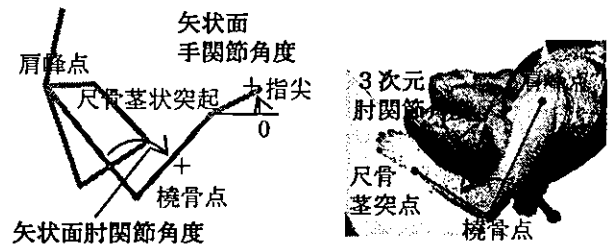
図 20 トレー配置の定義



(1) 上肢長

(2) 視力

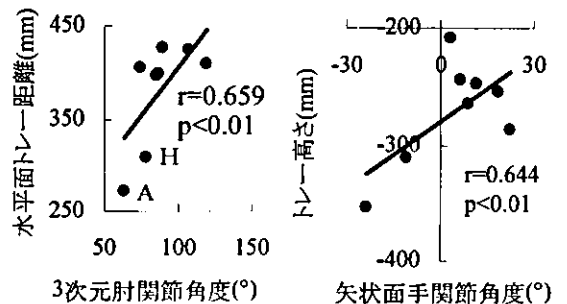
図 21 水平面トレー距離と身体特徴



(1) 矢状面

(2) 3次元

図 22 上肢姿勢の定義



(1) 水平面トレー距離

(2) トレー高さ

図 23 上肢姿勢とトレー配置

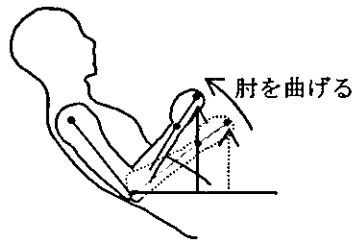


図 24 手元の高さと肘関節角度

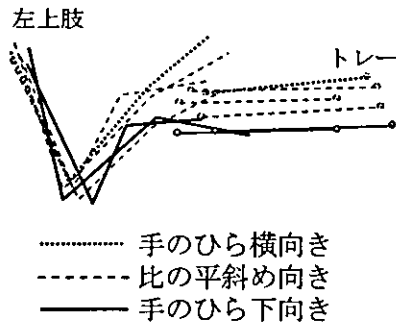
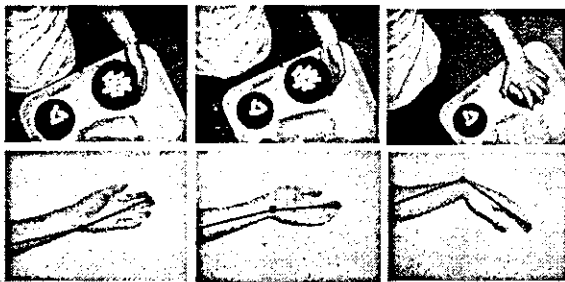


図 25 トレー高さとう肢姿勢



(1) 横向き (2) 斜め向き (3) 下向き

図 26 腕をつかむ際の手の平の向き

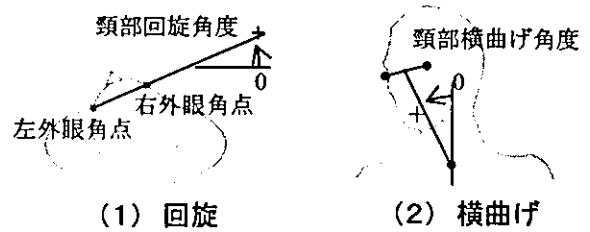
また、図 23 (2) の矢状面手関節角度とトレー高さの関係より、矢状面手関節角度が大きいとトレーが高く配置される傾向があった。これは、図 25 と 26 に示すように、各被験者の腕のつかみ方に個人差があり、矢状面手関節角度が小さくなる手の平下向きでは、腕をつかむ位置が低くなり、逆に、矢状面手関節角度が大きくなる手の平横向きでは、腕をつかむ位置が高くなるためである。

さらに、図 27 のように、頭部の姿勢変化を回旋と横曲げの 2 方向で定義した。

図 28 の水平面トレー角度と頭部回旋、横曲げの関係より、トレーの配置と首の姿勢変化には高い相関があることがわかった。

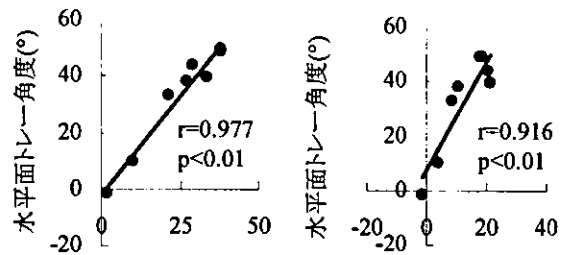
(4) 配置範囲

前節までの結果より、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



(1) 回旋 (2) 横曲げ

図 27 頭部姿勢の定義



(1) 回旋 (2) 横曲げ

図 28 水平面トレー角度と頭部の姿勢変化

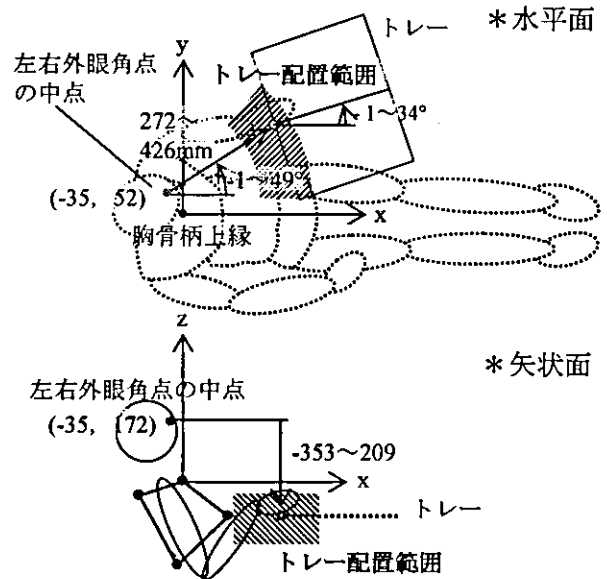


図 29 トレー配置範囲

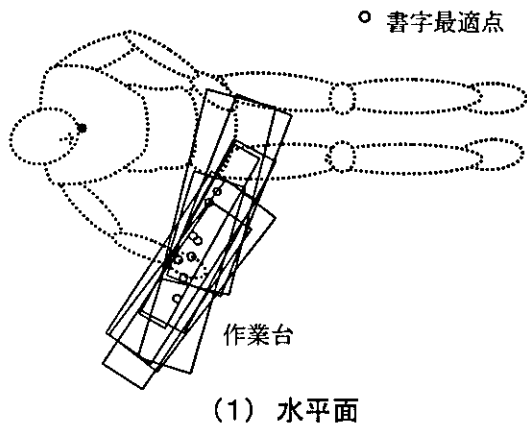
かった。このため、左右外眼角点の midpoint を基準とし、全ての被験者の姿勢の好みを満たす図 29 の斜線部の範囲を提案配置範囲とした。

2.2 書字・操作配置

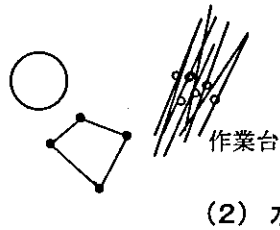
(1) 配置結果

各被験者が好んだ身体周りの作業台と書字最適点の配置の分布を図 30 に示す。

図 30 より、作業台は体右側に扇状に配置されたことがわかる。体の側方の配置が好まれたのは、飲食と同様に、首の動きによって視線を下げ、手元を見やすくしたためだと考えられる。



(1) 水平面



(2) 水平面

図 30 作業台と書字最適点の配置結果

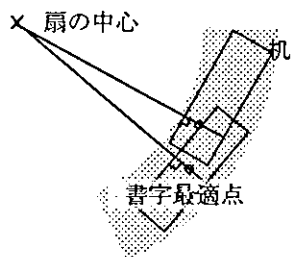


図 31 扇の中心

(2)配置の一般化

飲食と同様、図 31 のように、配置された扇形の中心を求めた結果を図 32 に示す。

これより、配置中心は、飲食よりもばらつきがみられるものの、右肩峰点付近に集中する傾向があった。この結果から、書字最適点の分布は、各被験者の右肩峰点の平均位置を基準として整理した。

(3)配置の傾向

前節で配置中心と定めた右肩峰点の平均位置を基準とし、図 33 のように書字最適点の配置を定義した。

水平面書字距離と上肢長、および視力との関係を図 34 に示す。これより、飲食と同様、書字配置は身体特徴によらないことがわかった。

書字高さ(1)と矢状面肘関節角度(2)の関係を図 35 (1)に、水平面距離と3次元肘関節角度(2)の関係を図 35 (2)に示す。図 35 (1)より、分布が2群に別れ、肘が屈曲していると書字最適点が高くなること(1)がわかる。

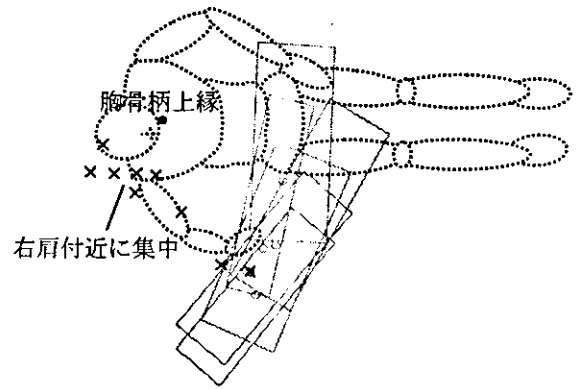
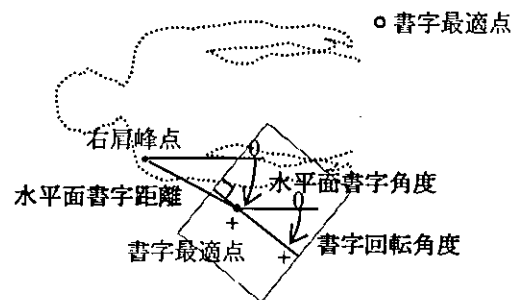
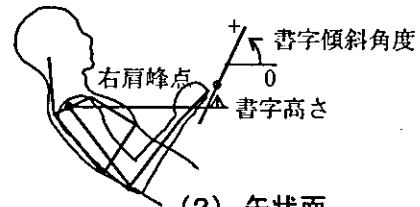


図 32 配置中心



(1) 水平面



(2) 矢状面

図 33 書字配置の定義

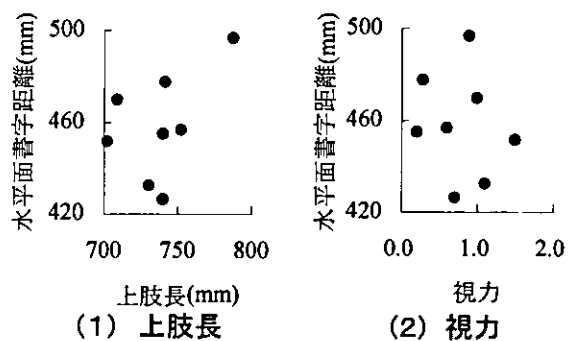


図 34 水平面書字距離と身体特徴

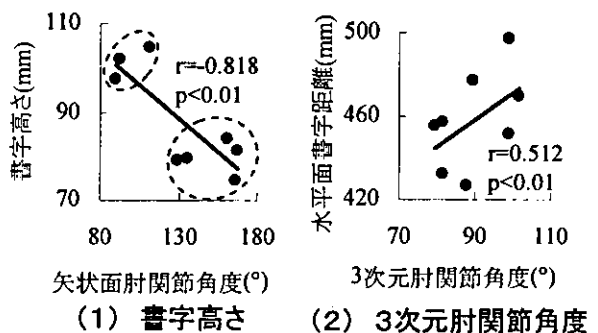


図 35 書字配置と上肢姿勢

また、図 35 (2) より肘の屈曲が大きいほど書字最適点が体に近くなる傾向が見られた。これらの傾向は飲食と類似している。ただし、書字では、ペンの持ち方や字の書き方に飲食ほどの個人差が生じず、図 36 に示すように、矢状面手関節角度にばらつきが生じない。このため、図 24 に示した肘関節角度と配置の相関が強くなっていると考えられる。

水平面書字角度と頭部回旋、横曲げとの関係（頭部姿勢の定義は図 27 参照）を示した図 37 より、飲食よりも相関が低い初期姿勢からの首の姿勢変化の大きさが配置に依存する傾向が見られた。これらのデータより、飲食と同様、書字最適点の配置が頭部・上肢の姿勢の好みに依存することがわかった。

(4)配置範囲

前節までの結果より、右肩峰点を基準とし、全ての被験者の姿勢の好みを満たす図 38 の斜線部の範囲を提案配置範囲とした。

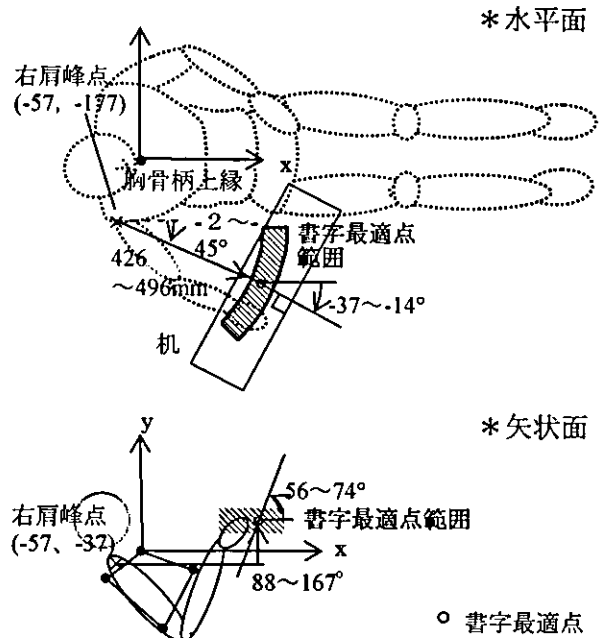


図 38 書字配置範囲

2.3 読書

(1)配置結果

上肢動作を伴わないモニタ作業では、目を中心とする矢状面でのモニタ配置を調べた。その結果、各被験者のモニタ配置は図 39 のように分布した。ただし、図 39 の注視点は、図 6 で示したモニタの計測点の中点である。

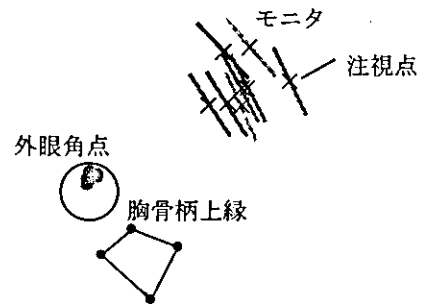


図 39 モニタ配置結果

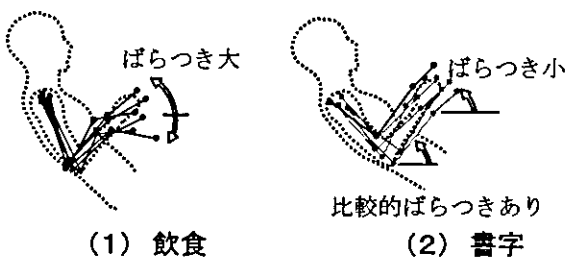


図 36 上肢姿勢の比較

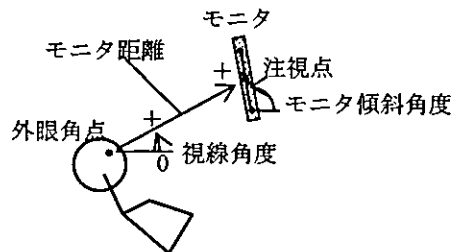


図 40 モニタ配置の定義

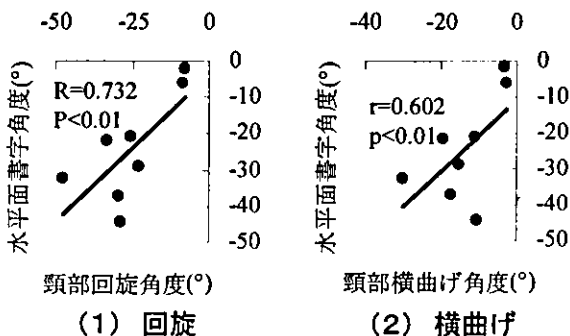


図 37 水平面書字角度と頭部姿勢

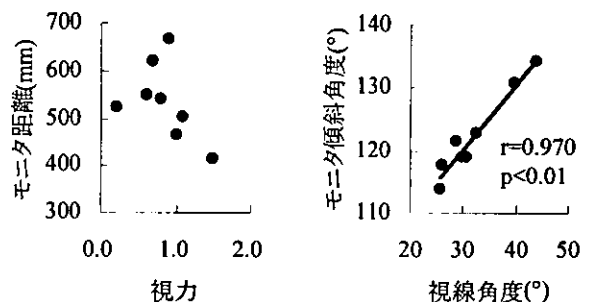


図 41 モニタ距離

図 42 モニタの向き

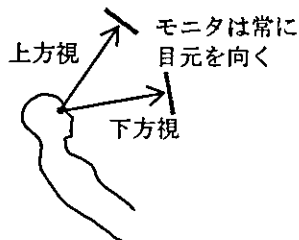


図 43 モニタ配置のばらつき要因

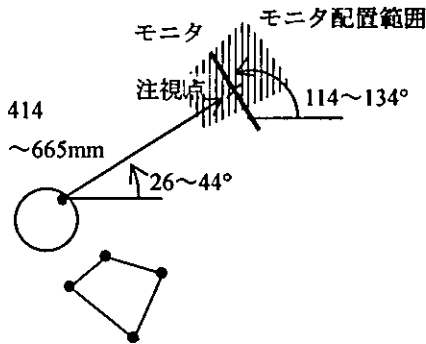


図 44 モニタ配置範囲

(2)配置の傾向

図 40 のように、モニタの配置を定義した。図 41 に示すモニタ距離と視力の関係に相関はみられず、身体特徴とモニタ配置との相関を見出すことはできなかった。しかし、図 42 に示すモニタ傾斜角度と視線角度の関係に高い相関がみられた。これは、モニタが常に顔に向けて配置されたことを意味している。この結果と、頭部姿勢にばらつきが少ないことより、配置のばらつきは、図 43 のように、上方視と下方視の好みによっていると考えられる。

(3)配置範囲

外眼角点を中心として、被験者全ての配置範囲を満たす図 44 の範囲をモニタの必要配置範囲とした。

3. 提案姿勢と配置の評価

3.1 筋電の比較

図 45 のように、通常半座位で市販のオーバーベッドテーブル (オカムラ : L855APZ) を用い場合と、提案姿勢で提案配置に配置した実験用作業台を用いた場合の筋電計測を行った。

(1)飲食動作

取得した筋電波形を図 46 に示す。ただし、図 46 は、生データを移動平均によって整流し、フィルタリングを行った結果である。

図 46 より、僧帽筋上部と僧帽筋下部の筋電には約



(1) 従来 (2) 提案

図 45 実験風景

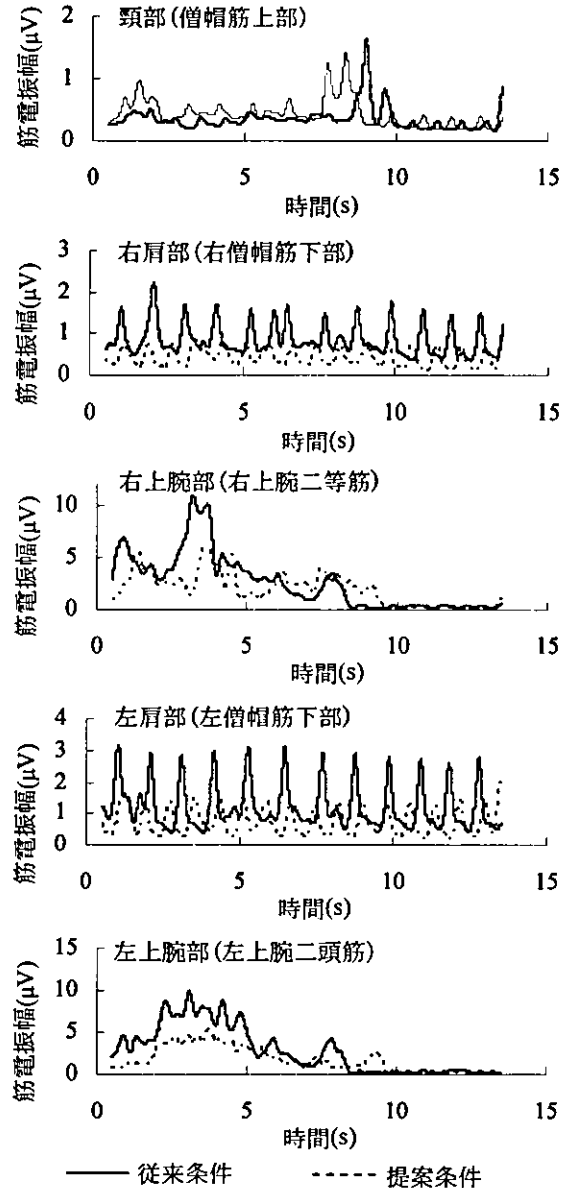


図 46 飲食動作の筋電波形

1秒のピークが続き、心電によるノイズが乗っていることがわかる。これらは、フィルタリングの処理を行っても除去できなかった。特に、心臓の背部に位置する僧帽筋下部にはその影響が大きく、上肢作業に伴う筋電の比較を行うことができなかった。

図 47 (1) ~ (3) に比較的心電の影響が小さか

った頸部と、右上腕部・左上腕部の筋電の平均振幅、最大振幅、積分値を示す。図 47 より、提案条件によって上腕部の筋負担が左右とも軽減されたことがわかる。図 47 (2) で提案条件の最大振幅が大きくなる結果がみられるが、これは図 46 の僧帽筋上部筋電の 10 秒付近の跳ね上がりによるものである。この跳ね上がりは、飲食動作を終えて頭部を枕に寄りかける、または回旋して正面を向く際に、電極がベッド面に接触した結果であり、筋負担によるものではないと考えられる。図 47 と図 46 の波形の定性的な比較から、頸部の筋負担は、従来条件と提案条件でほぼ等しいか、提案条件の方が小さいと考えられる。

(2)水飲み動作

図 48 に、水飲み動作の筋電計測結果を示す。水飲み動作は、右上肢で行ったため、頸部と右上肢の結果のみを示した。図 48 より、飲食動作と同じく僧帽筋上部と僧帽筋下部に心電のノイズが大きく乗ってしまったことがわかる。右僧帽筋下部には特にノイズの影響が大きく、振幅の比較は行えなかった。しかし、提案条件の筋電には、ほぼ心電しか見られないのに対し、従来条件の筋電には心電以外の成分が表れている。これは、提案条件の筋負担が小さいことを定性的に示すものと考えられる。

図 49 に筋電振幅の平均振幅、最大振幅、積分値を

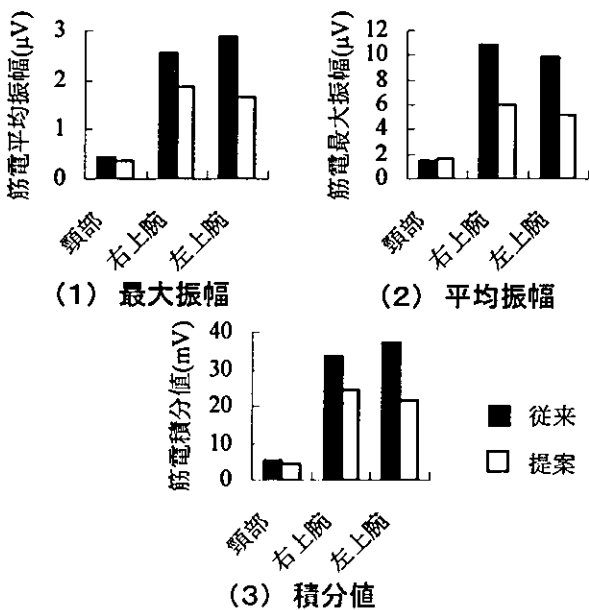


図 47 飲食動作の筋電振幅比較

示す。図 49 より、水飲み動作の筋負担は、従来条件

と提案条件でほぼ等しいことがわかった。しかし、最大振幅は、提案条件でやや大きかった。また、図 48 の右上腕二頭筋の筋電波形を比較すると、上腕部の負担は提案条件の方が大きい傾向がある。これは図 50 (1)、(2) に示すように、提案条件では、コップの配置が低くなり、肘関節周りのモーメントが大きくなるためと考えられる。しかし、図 48 の右上腕二頭筋の筋電波形から、従来条件では、コップ

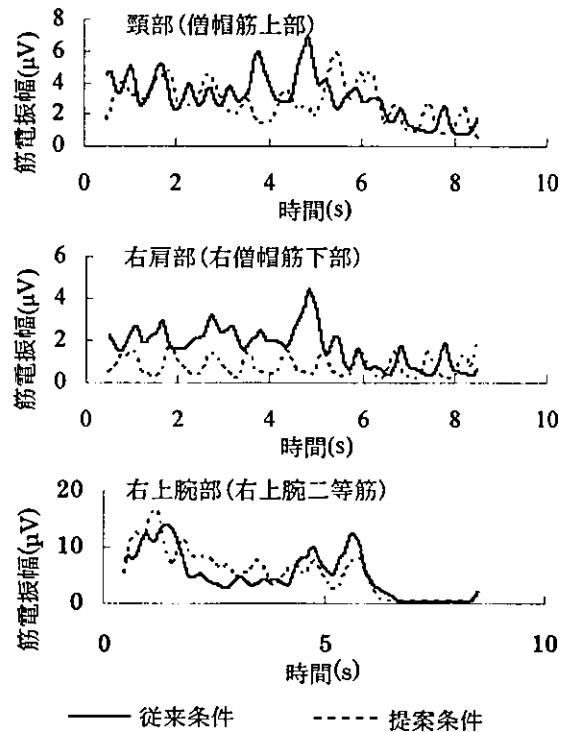


図 48 水飲み動作筋電波形

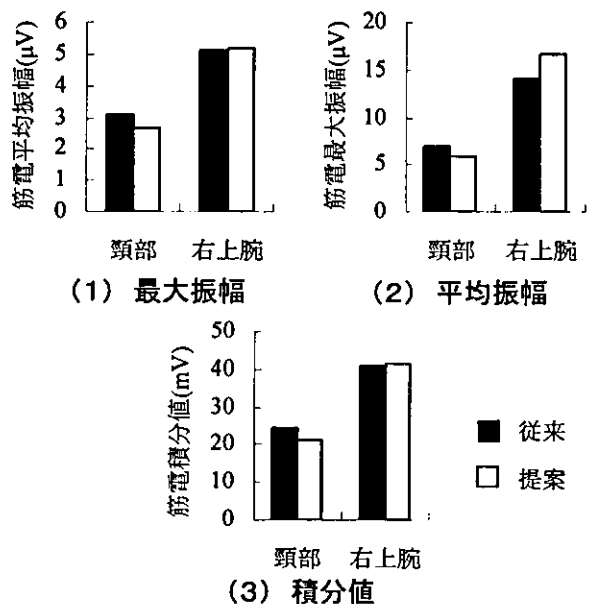
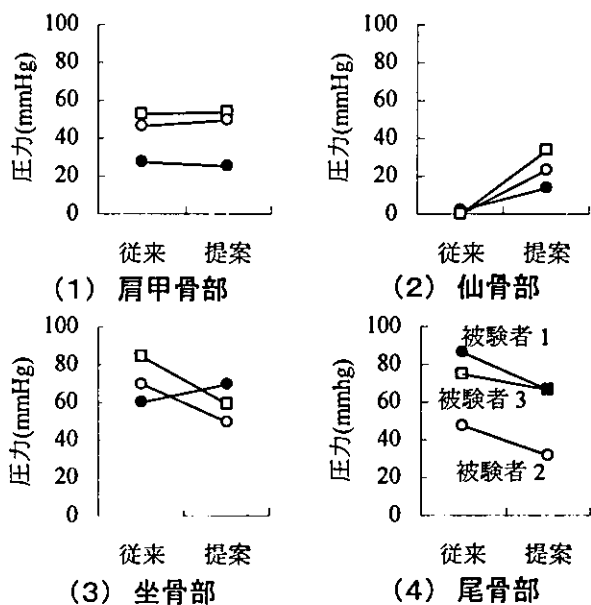
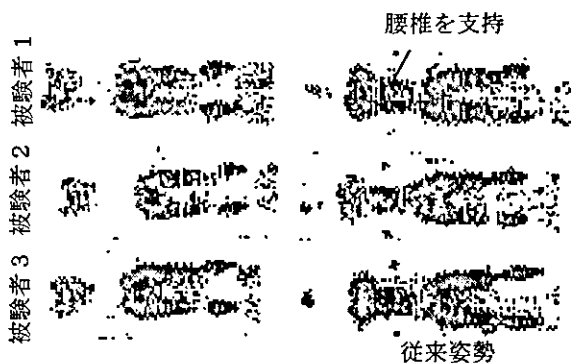
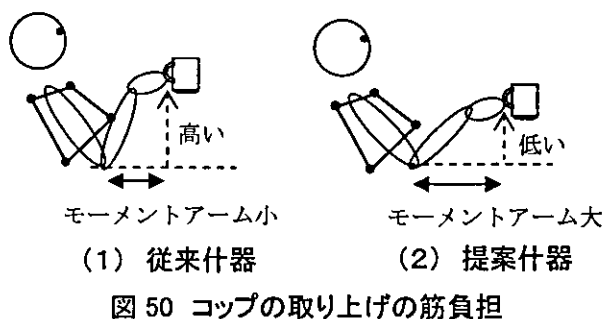


図 49 水飲み動作の筋電振幅比較

をつかむ際 (2 秒付近) と置く際 (5 秒付近) に急

激に筋負担が大きくなるのに対して、提案条件では、コップをつかんだ後の筋負担はほぼ一定に保たれることがわかる。これは、提案条件でのコップを口に運んでトレーに戻す動作が、自然な流れで行なわれることを示している。以上より、提案条件はコップを取る際の最大の筋負担を臥床生活者の許容範囲に収めることで、有効な作業条件になる可能性がある。



3.2 体圧の比較

体圧分布の計測結果と、圧力集中部の体圧計測結果を、それぞれ図 51、52 に示す。

図 51 より、提案条件では、接触面積が増え、従来条件で全く支持されていない腰椎部が支持されていることがわかる。

図 52 より、肩甲骨部の体圧は、従来条件と提案条件ではほぼ等しいことがわかる。仙骨部の体圧が全ての被験者で増えているが、これは、従来姿勢で完全に浮いている腰椎部を支持した結果であり、体圧分布の結果とも一致して、姿勢の快適性が増したことを示している。図 52 (3) で被験者 a の、坐骨部の体圧が増えている。しかし、図 52 (4) より、被験者 1 は、従来条件で特に尾骨部に圧力が集中していることがわかり、提案姿勢によってこれを広範囲に分散できたことがわかる。

以上の結果は、提案姿勢によって、臀部の圧力集中を軽減し、腰椎部で体幹を支持することで、身体負担を軽減できたことを示している。

3.3 提案姿勢の有効性

以上により、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わかった。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る。

4. 什器の開発要件

4.1 ベッド周りの什器配置

前節により、探索した身体周りの什器配置の有効性が示された。これを什器設計に応用するために、身長差に対応してベッドまわりに配置を変換する方法を検討した。

身体周りの什器配置は身体寸法によらないため、身体寸法の違いに伴ってベッドに対する配置基準点の位置を求めればよい。これを、モデルで推定し、女性 5%tile から男性 95%tile までの体格に対応させた什器配置範囲は図 53 のようになる。

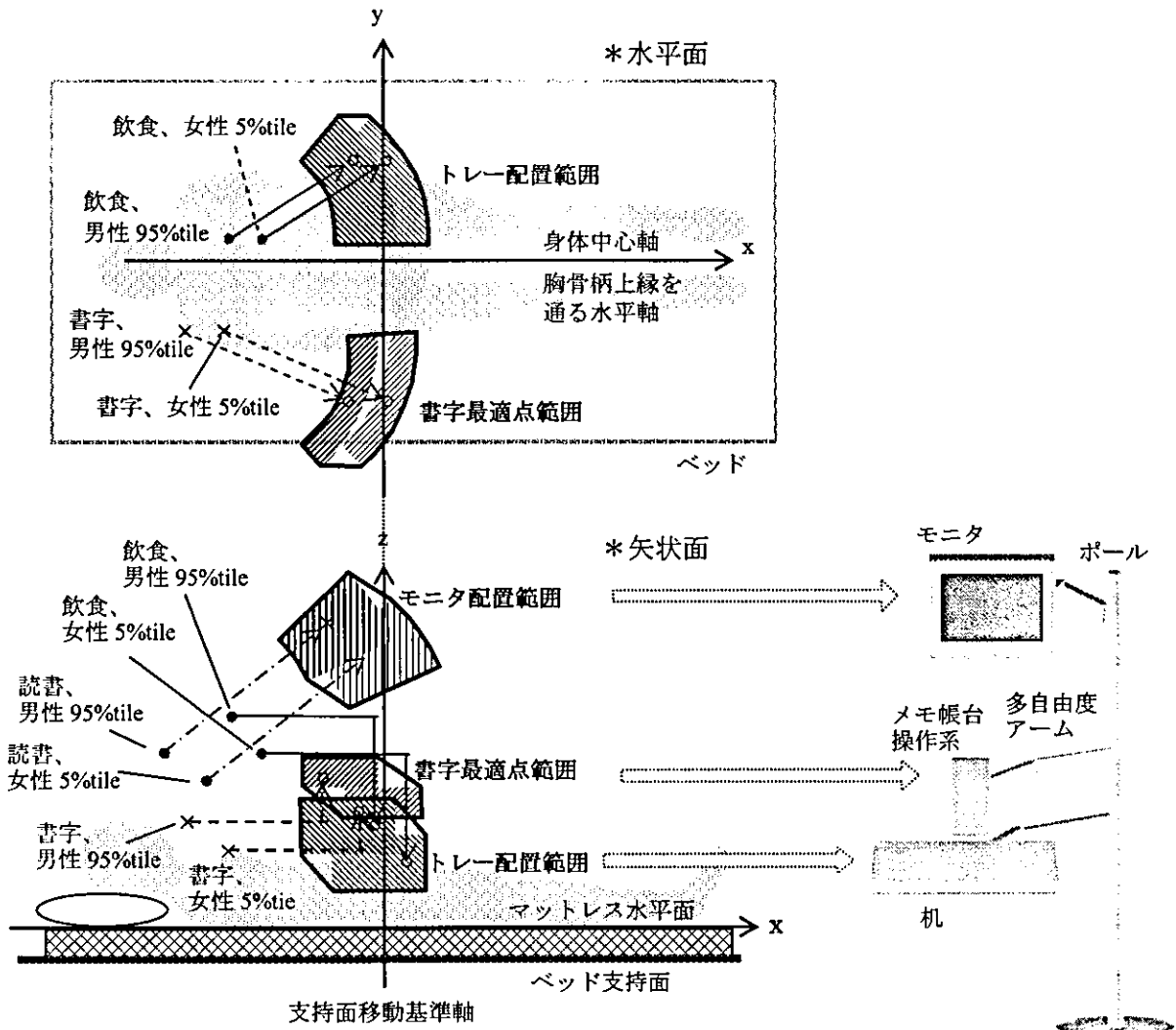


図 53 ベッド周りの什器配置と什器イメージ

4.2 什器の設計イメージ

図 53 より、什器配置の高さは対象行為ごとに分布することが分かった。ベッド用什器は、スペースの占有の回避と使用時の設置の利便性から、一体型でモニターと机の位置を容易に好みに調節できるものが望ましいと考えられる。このため、図 53 に示すように、ポールにモニター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が有効になると考えられる。

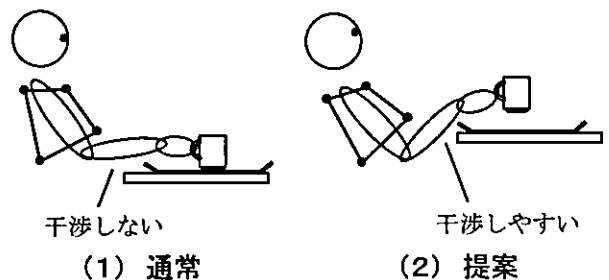


図 54 前腕部と机の干渉

4.3 作業台の寸法値

作業台は、使用状況にあわせて適切な寸法に設計する必要がある。提案姿勢のように、体幹を大きく倒して飲食を行う場合、図 54 のように、通常座位と

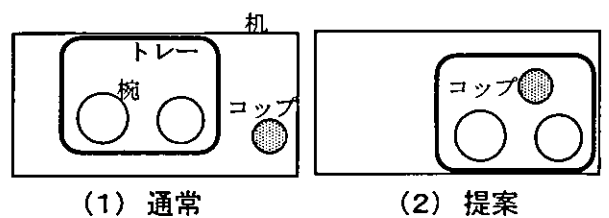


図 55 机上のトレー配置

比較して肘の位置が低いために前腕部と机が干渉し

やすくなる。このため、トレーの手前にスペースを設けず机手前に合わせてトレーを机に置くことが全ての被験者について好まれた。トレーを机手前に置く場合、実験用作業台の奥行き 400mm では、50mm が無駄なスペースとなる。しかし、体幹や大腿との干渉は生じなかったため、机の汎用性から奥行き 400mm は妥当と考えられる。

幅については、通常飲食の場合、図 55 (1) のようにトレーの外にコップ等が置かれる場合が想定されるのに対し、提案姿勢での飲食では、体との干渉を避けるため、トレーの側方にスペースを設けないことが有効となる。このため、今年度は最適な幅を設定することができなかった。来年度は作業の汎用性と周辺機器や介助との干渉条件から最適値を探索する予定である。

4.4 介助支援の応用

提案した什器配置では、机がベッド上から大きく突出するため、医療や介助に干渉する可能性がある。このことから、介助時に邪魔にならず、かつ半座位の上肢到達域に収まり臥床生活者が自力で設置できる収納用の可動域を検討する必要がある。逆に、介助時の物品置き用の可動域を検討することで、ベッド周りに必要な什器の数を減らし、介助や起位動作に有効なスペースを確保できる可能性もある。

D. 結論

飲食、書字およびコントロール形の操作、モニタ作業を低負担で行うことのできる作業姿勢と什器配置をそれぞれ提案した。

E. 参考文献

- 1) 樋之津淳子ら:入院患者が感じている病棟内の設備・構造上の問題点、看護人間工学研究誌、1、pp. 22-32 (1998)
- 2) 大河原千鶴子ら:看護の人間工学、医歯薬出版株式会社、pp. 26-32、東京、第1版 (2002)
- 3) 川口孝泰:ベッド周りの環境学、医学書院、pp. 110-115、東京、第1版 (2003)
- 4) Agency for Health Care Policy and Research: Clinical

Practice Guideline (3), Pressure Ulcers in Adults, Prediction and prevention, AHCPR Publication, (1992)

- 5) 小川鏡一ら:介護動作のエビデンス、東京電機大学出版局、pp. 49-52、東京、第1版 (2003)

III. 実験用ベッドの開発要件の検討

研究要旨 体に負担をかけず、作業性と覚醒度を向上できる最適な身体支持条件や、姿勢変化に対応する支持面寸法と角度の協調調整条件を探索するための実験用ベッドを開発する。本年度は、分割された各支持面の寸法・角度調節範囲の決定とその可変機構の検討、および計測・駆動用部品の選定を行った。

A. 研究目的

多様な体格と療養姿勢に対応できる実験用ベッド（以下、実験ベッド）を開発する。実験ベッドは頭部、胸部、腰部、臀部、臀大腿移行部、大腿部、下腿足部に対応した7つの支持面を持ち、各支持面の寸法・角度を独立に調節できるようにする。本報告では、そのための基本設計条件と機構および構造案を示す。

B. 研究方法

1. 支持面分割数と調節箇所の検討

支持面の分割数と寸法・角度の調節箇所を決定するため、4ボトムギャッチベッド（オカムラ製作所：L856WCP-x）に10 mm厚の板で支持面を追加し、その数と寸法・角度を好みの状態に調節した。調節機構は寸法が小さいほど製作が困難になるため、下限寸法として低身長被験者を中心に実験を行った。

最小限の分割数を探索するために1名の被験者（155 cm）について胸部を 30° とした。快適な支持面分割数とそれぞれの角度を求め、そのベッド条件で、身長に近い被験者6名（151～158 cm、平均 155.5 cm）を寝かせ、不快な箇所の聞き取りを行った。これにより、体節長や好みによる差を満足させるための調節箇所を決定した。

2. 統計データによる調節範囲の決定

ベッドの長手方向寸法は、身体各部の寸法 L [mm]と、身体の間節中心で支持面を屈曲させるための屈曲角度 θ [rad]に依存する伸縮量により決まる。また、後者は図1に示すようにマットレスの厚さ H [mm]にも依存する。

身体の平均体節長を L [mm]、 L の個人差を ΔL [mm]、間節中心からマットレス面までの距離を h [mm]、マットレス厚さを H [mm]、支持面の相対角度を θ [rad]とすれば、寸法調節量 d [mm]は次式で定まる。

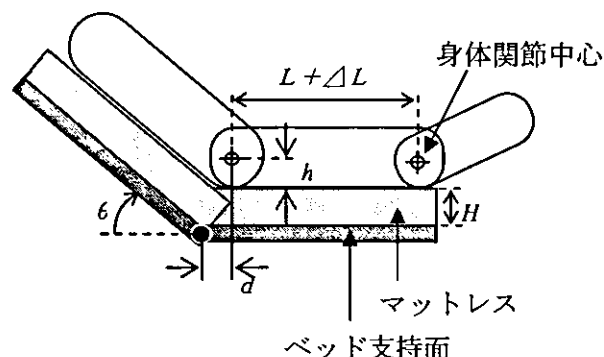


図1 寸法調節量の変化

L は日本人の体格統計データから定まる。本設計では、高齢女性5%tileから成人男性95%tileまでの体節長 L に $d = d' + \Delta L \dots (1)$ 節長 L に対応できるようにした。

角度調節範囲は、従来の半座位姿勢との比較を行うことを想定し、市販のギャッチベッドの角度条件とII章で導出された背折れ姿勢の快適支持面角度条件より決定した。

3. 基本構造と駆動方法の検討

前節で決定した寸法と角度の調節範囲内で、各支持面を独立に調節するためのフレーム構造と駆動方法および部品の選定を行った。

3.1 基本設計条件

一般にベッドの幅は、寝返りなどを考慮して最低700 mm以上、900 mm程度が適当とされるが²⁾、実験ベッドでは日中の作業姿勢の探索を目的としているため、身体の幅が十分収まる750 mm幅とした。

また、支持面については統計データから決定した調節範囲を満たし、寸法・角度の調節によるすき間が生じない機構を検討した。

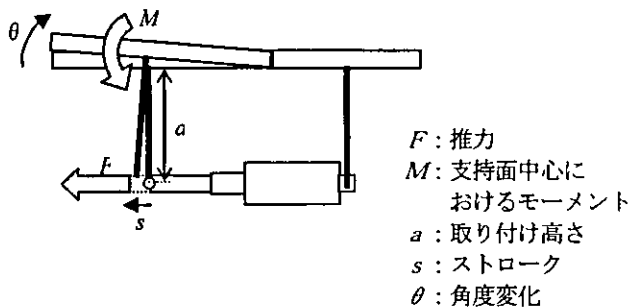


図2 必要推力の計算

3.2 推力とストロークの計算方法

リニアアクチュエータを用いて角度・寸法調節を行うこととし、必要な推力とストロークを推定した。

角度調節では、図2に示すように、身体とベッド重量によるモーメント $M[\text{N}\cdot\text{m}]$ に対し、支持面から $a[\text{mm}]$ 離れた点で保持力 $F[\text{N}]$ を発揮するアクチュエータを使用した場合、角度 $\theta[\text{rad}]$ 変化させるには、ストローク s は $a\theta[\text{mm}]$ 以上あることが必要である(式(2))。アクチュエータの取り付けによって支持面が床から高くなるのを防ぐため、 a が $100\sim 200\text{ mm}$ になるように F と s を設定した。

$$F = \frac{M}{a}, \quad s \geq a\theta \quad \dots (2)$$

また、寸法調節用のアクチュエータについては、ベッド構造重量 $M[\text{kg}]$ と身体重量 $m[\text{kg}]$ および摩擦による力 $F'[\text{N}]$ を考慮し、次式より抵抗力を推定した。なお、摩擦係数 $\mu=1$ として計算を行った。

$$F' = \mu(M + m)g \quad \dots (3)$$

3.3 計測システムの検討

寸法と角度の調節量を検出するため、寸法調節を行う支持面にはポテンシオメータを、角度調節を行う支持面には傾斜計を取り付ける。また、マットレスについても、ずれを計測するためのポテンシオメータを2ヶ所、形状検出のための傾斜計を16ヶ所に設置する。

以上のセンサ系を動作させるのに十分な電源とデータロガーを検討した。

C. 結果

1. 調節箇所の決定

被験者の一部が訴えた、肩や腰の圧迫感は胸部と腰

部の支持面の分割位置を変えることで解消された。また、膝の屈曲位置を合わせるには、大腿部の調節が不可欠である。大腿部は体格差が大きいことは明らかである。さらに臀部についても、II章で述べたように、背上げ・脚上げ角度によって骨盤の回転や皮膚の伸びが生じるため、支持面長を調節する必要がある。

したがって、胸部・腰部・臀部・大腿部の支持面については寸法調節を行うこととした。

角度については、臀部を傾けると低くなった方へすべり、不快を訴えたため、臀部の支持面は水平に固定する。その他の支持面角度は、個人の好みによって異なるため、それぞれを独立に調節できるようにした。

また、全被験者で大腿近位部の支持が足りないという意見が得られたため、膝裏に長さ 220 mm 、厚さ 9 mm の板を挿入した結果、支持感が増して好まれた。この板の端点位置は、ほぼ座骨結節付近であり、体格の異なる被験者でも座骨結節付近に端点がかかることを好んだ。そこで本ベッドでは、臀部から大腿部の支持面を座骨結節で臀大腿移行部と大腿部の2つに分割することとした。なお、大腿骨頭と座骨結節との距離は性差・体格差が小さいため、臀大腿移行部の支持面は 90 mm で一定とした。

2. 調節量の決定

体節の区分と節長 L および関節中心高さ h の定義を図3・4に示す。なお、関節中心高さは各部位における日本人の平均体厚りを基に算出した。

支持面角度と寸法の定義を図5に示す。なお、調節量を決定するため、角度は相対角度で定義した。

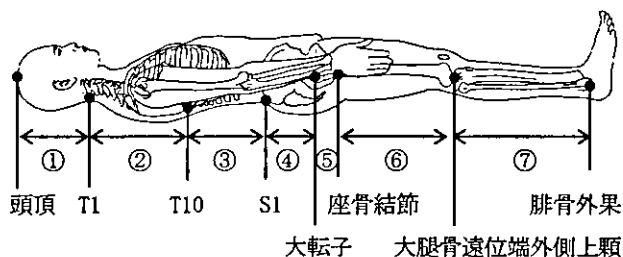


図3 体節の区分と定義

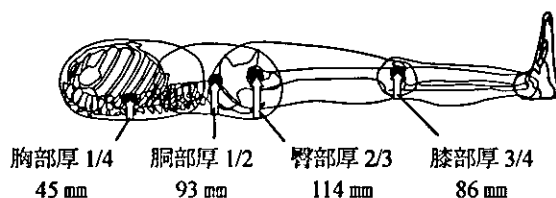


図4 関節中心位置