

動作に伴う人体曲面の変化について

共立女子短期大学 綾 田 雅 子
(共同研究者) 同 小 野 幸 子

The Change of the Body Surface Caused by a Motion of a Certain Part of the Human Body

by

Masako Ayada, Sachiko Ono
Kyoritsu Women's Juuio College

ABSTRACT

A motion of a certain part of the human body may be thought to cause deformation of surface of other part of the body as well as the part where the motion is being made.

In this paper, the influence of actions of the upper limb, the lower limb and the trunk on deformation of the body surface was studied. The influence was analyzed as a change of curvature of the surface of six measure-points and the change was measured by methods of slit projecting and three-dimensional VTR analyzing. The results obtained are as follows.

1) The change of curvature of the surface of each measure-point caused by the motion of the upper limb was found greater along the diagonal direction of Regio infraclavicularis, the vertical direction of Regio scapularis, the vertical direction of Regio mammalis and the direction all around at Regio epigastrica.

2) Curvature of the surface of Regio umbilicalis was caused to change great by the motion of the low limb.

3) Curvature of the surface of Regio epigastrica and Regio umbilicalis was caused to change greatly by the motion of trunk.

要 旨

人体のある特定の部位の動作は、その動作部分のみならず、他の部分の人体表面にも変形を促すと考えられる。

本論文は、動作部位を上肢、下肢および胴部に限定し、その各部の種々の動作が人体表面に及ぼす影響を調べたもので、その影響を、鎖骨下部、乳房部、上胃部、臍部、肩甲部および殿部の各6点に関して、平行光線投射装置および画像座標解析装置を用いて、人体表面の曲率の変化として求め、以下の結果を得た。

- 1) 上肢の動作に伴う曲面の変化では、鎖骨下部の斜方向、肩甲部の垂直方向、乳房部の垂直方向、上胃部の全方向が大きかった。
- 2) 下肢の動作では臍部の曲率が大きく変化した。
- 3) 胴部の動作では上胃部および臍部にいちじるしい曲率の変化が現われた。

緒 言

被服の設計にはその形態的特性として、着衣基体である人体の形態が最も大きな要素となる。人体計測に関しては多くの研究報告がなされているが、そのほとんどが静的な測定に集中し、測定項目も長さ¹⁾、面積^{2,3)}、角度^{4,5)}が多く、動的な人体曲面の把握は十分とは言えない。著者らは被服構成学の立場から、被服材料の曲面形成に関する一連の研究⁶⁻⁹⁾を行って来たが、被服の曲面を設定するに当たり、人体そのものの曲面特性の把握が必要となった。

そこで、まず静止時の人体各部の曲率を求め幾何学的分析を行い曲面形状の要素から体表区分を行った¹⁰⁾。本研究は、更に人体に対する被服の形態的適合性を高めるための基礎資料を得ることを目的とし、動作に伴う人体の曲率の変化を求め検討したものである。なお、動作時の人体を連続的

かつ3次的に捉えるため、平行光線投射法¹¹⁾とビデオ動作解析装置を組み合わせる実験に用い、併せてこの方法の適合性も検討した。

実験方法

1. 被 験 者

被験者は健康な19歳の女子1名で、その主な身体的特徴は、身長 155.2cm、体重 48.0kg、乳頭位胸囲 78.3cm、最小腹囲 61.8cm、殿囲 86.3cm、肩峰幅 33.4cm である。

2. 測 定 点

人体を曲面として捉えるための測定部位は体表上に数多くあるが、今回の実験においてはその内の球面あるいは楕円回転面に近い凸部の曲面の曲率測定に限定した。測定点を図1に示す。これは動作による変形が予測され、かつ被服の設計に際して大きな要因になると考えられる6箇所である。鎖骨下部 (Fa)、乳房部 (Fb)、上胃部 (Fc)、臍部 (Fd)、肩甲部 (Ba)、殿部 (Bb) の各位置で垂直、水平、45°斜方向の3方向について曲率半径を求めた。ただし、(Ba)に限っては水平と垂直方向の変化がいちじるしいので45°方向は省略した。

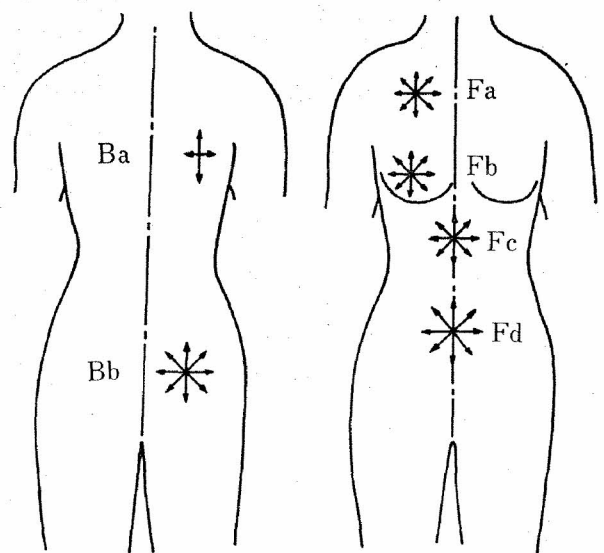


図1 測定部位

3. 動作の設定

測定のための動作は上肢，下肢，胸部動作に分類し，全て上肢下垂自然立位の姿勢を基本とし，下記に述べる7種の連続動作を設定した。

1) 上肢前挙

上肢を後挙 30° から下垂および垂直上挙まで前方に挙げて回転させる連続動作

2) 上肢側挙

同様に上肢を側方に挙げて回転して行く連続動作

3) 下肢前曲前挙

一方の下肢をひざから曲げて行き，片方の下肢のみで立って大腿部が腹部に接触するまでの動作

4) 下肢前・側・後回転

一方の下肢を伸ばしたままで前 45° ，側挙 45° ，後挙 30° まで円錐に近い形に回転させる動作

5) 胸部前後屈

胸部前後の極限までの屈曲動作

6) 胸部側屈

胸部および上肢を極限まで側屈する動作

7) 胸部ねじり

胸部および上肢を極限までねじる動作

4. 測定装置

図2は本実験に用いた測定装置である。方向を示した測定板の上に被験者を立たせ，各動作をビデオカメラにより撮影する。この時カメラと被験者を結ぶ線に対し 45° の角度をなす方向からプロジェクターにより平行縦スリットを被験者に投射する。

画像では図3の写真の様に体表上にスリットが写し出される。図4に示す画像解析装置は画面中の任意の位置に原点を設定し，必要な点の水平座標 x ，垂直座標 y を求めることができる。

これに加えスリットの縞次数 z' を読み取り， z' を奥行き z に変換することによって，空間座

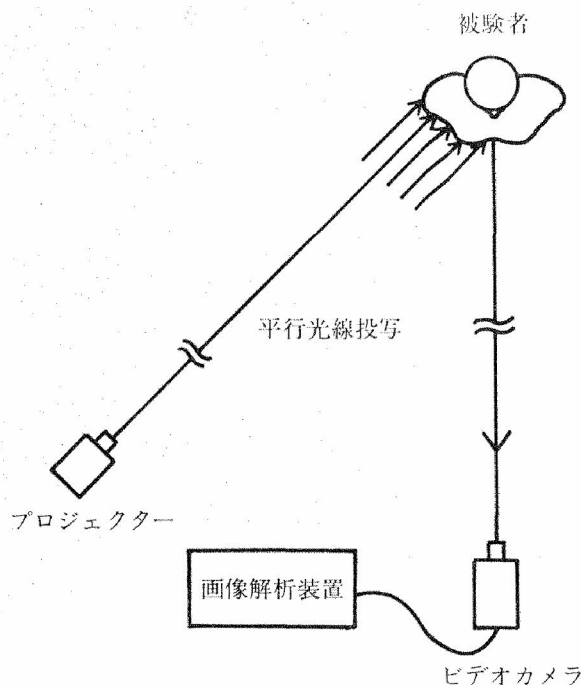


図2 測定装置

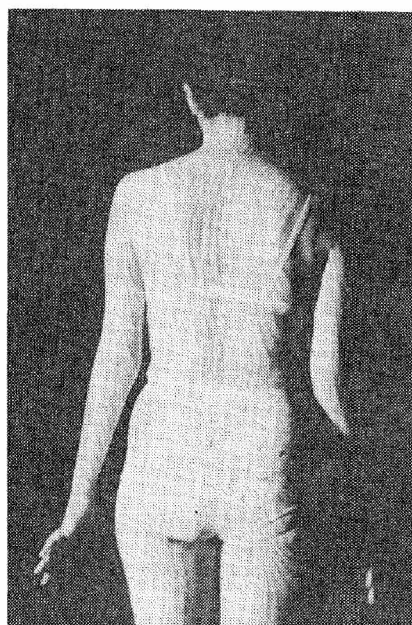


図3 画像の一例

標 x ， y ， z を求めることができる。なお，あらかじめ長さのわかっている標準スケールを撮影しておき実長を算出する。また体表上の測定部位には各方向に3点（中心の点は共通）つつ印をつけておき，この3点を通る円の曲率半径として体表面の断面の曲率半径を近似的に求めた。

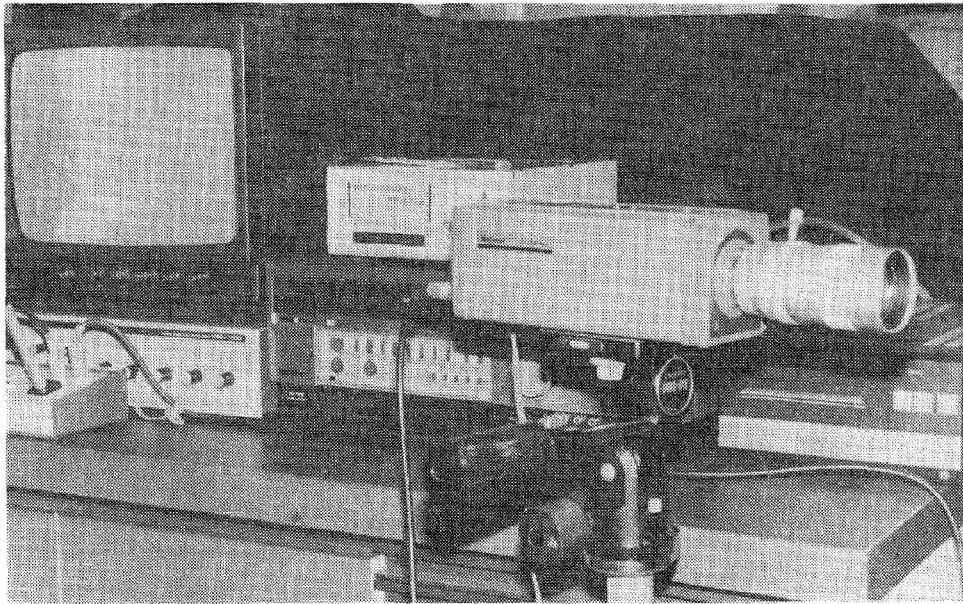


図4 ビデオ動作解析装置

結果と考察

各測定部位における曲率半径を求め 図5～図10の極座標に示した。測定点の中心を原点としグラフのたて軸は垂直方向、横軸は水平方向、45°方向の軸は45°方向の曲面の断面を曲率半径で表わしたものであり、したがってこの図で原点から外にプロットされたもの程曲率半径が大きく、すなわち曲率の小さい直線に近い断面であることを意味している。各一連の動作のうち、開始時と終了時およびその途中数段階の値をグラフに示し、動作の進行に伴う曲面の変化を検討した。図6と図9は曲率が小さいので他のグラフの2倍の大きさを表わしている。

1. Fa における曲面の変化

図5に示す Fa は右の鎖骨の下部、かつ乳房部の上部に当たる位置で、皮下には大胸筋があるため上肢の動作により曲面の形状は大きく変化する。上肢下垂の状態では各方向の平均 14.58cmの曲率半径を持つ斜方向に長い楕円面である。上肢を後方に限界まで挙げると皮膚が引っ張られ、曲面は全体的に曲率が減少する。また上肢を前方

に挙げて行くと大胸筋の変形に伴い肩先方向 135—315°の曲率が小さくなり、垂直上挙では、曲率半径が 58.3cm となり、これに直交する 45—225°方向の曲率半径は下垂状態よりも小さくなる。すなわち、上肢前挙動作では、球面に近い曲面から長細い楕円面に変化することがわかった。

また上肢側挙動作の結果を見ると、前挙動作によく似た傾向を示すが、前挙動作の曲率半径が、上挙の途中でいったん垂直方向に大きくなってから上挙で小さくなるのに対し、側挙では、垂直方向はストレートに大きくなっている。また上肢を体の前で交叉した場合は、筋肉の収縮で隆起するため各方向の平均が 4.5cm の小さな曲率半径となる。

2. Fb における曲面の変化

図6は Fb すなわち右の乳頭点付近の曲率半径の変化を示したグラフである。この部位は全体に曲率半径が小さく、最高で上肢垂直上挙状態の斜方向 135—315°の 12.2cm である。上肢前挙動作では垂直方向への変化が大きく水平方向の曲率はほとんど変化しない。これは乳房基底部の筋肉の変形よりも、上肢上挙に伴う皮膚の変位によ

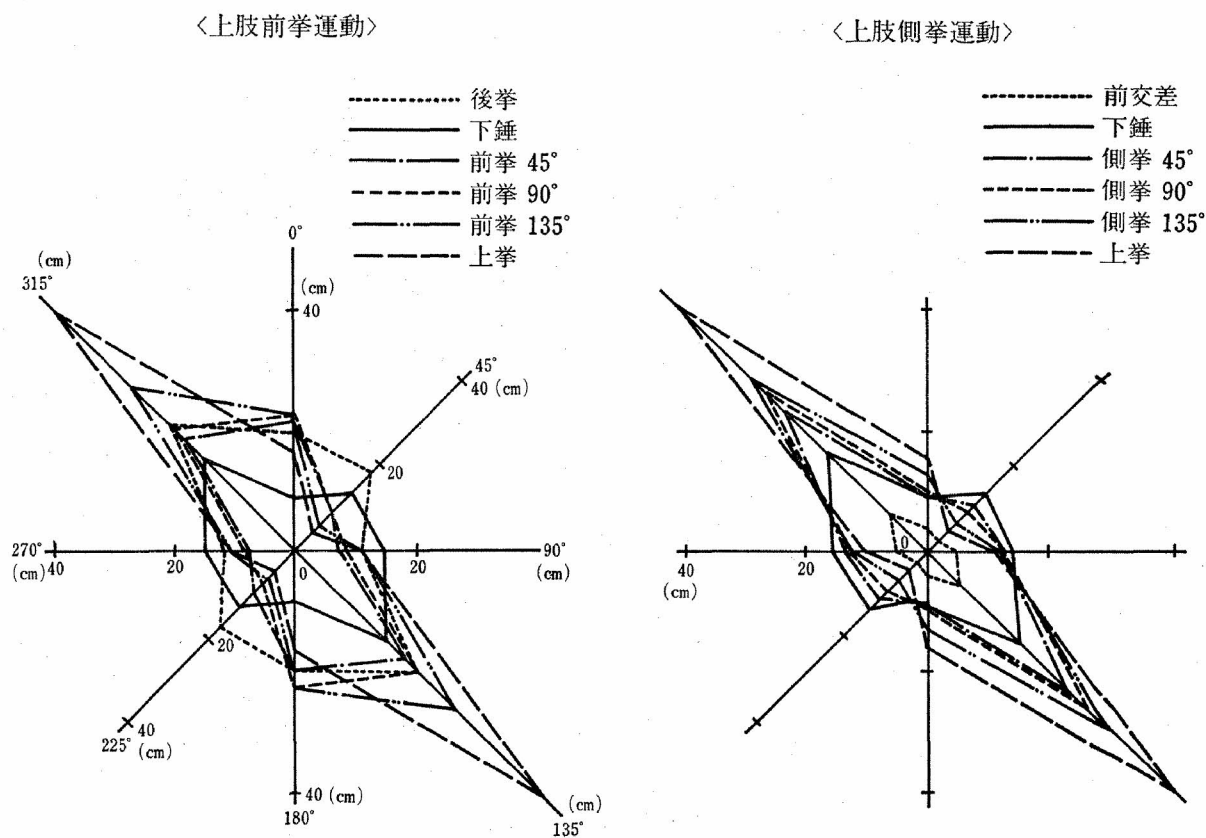


図5 Faにおける曲面の変化

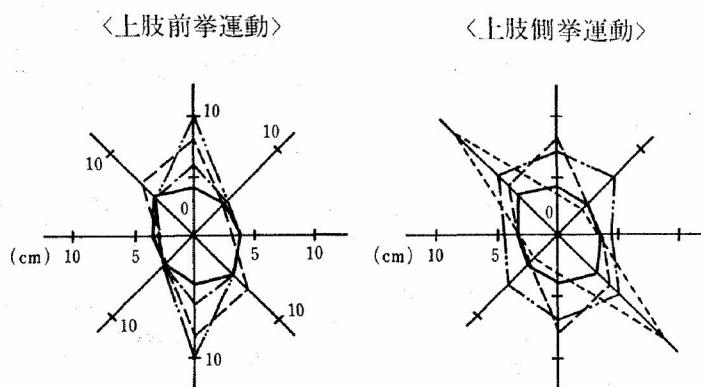


図6 Fbにおける曲面の変化

り、乳房の軟部組織が釣り上げられて変形した結果が現われたものと思われる。

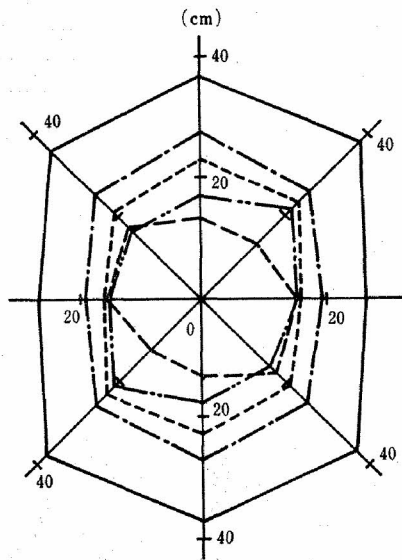
これに対し、上肢側挙動作では、上肢を側方に挙げるに従い、胸部が開かれた形になり皮膚は伸長し、このため、乳房部が押さえられ、いくらか扁平になる。そして上肢垂直上挙の状態で上方への皮膚の引っ張りが強くなり、乳頭付近の曲率半

径は斜方向に大きくなる。

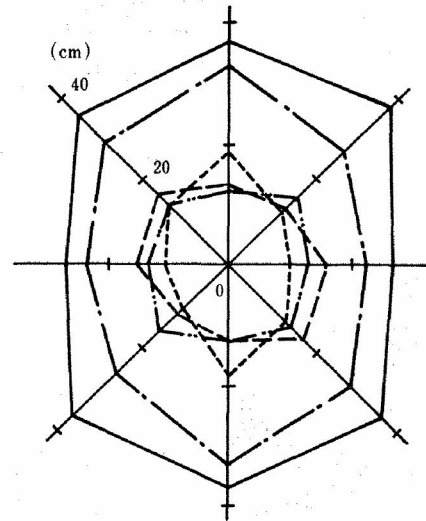
3. Fc における曲面の変化

Fc は乳房部とウエストラインの間に位置した体表部分で内部には胃が存在するなだらかな隆起部分である。図7で示すように上肢下垂自然立位の状態では各方向の平均 34.2cm の大きな曲率半径を持つ球面に近い曲面となっている。上肢前

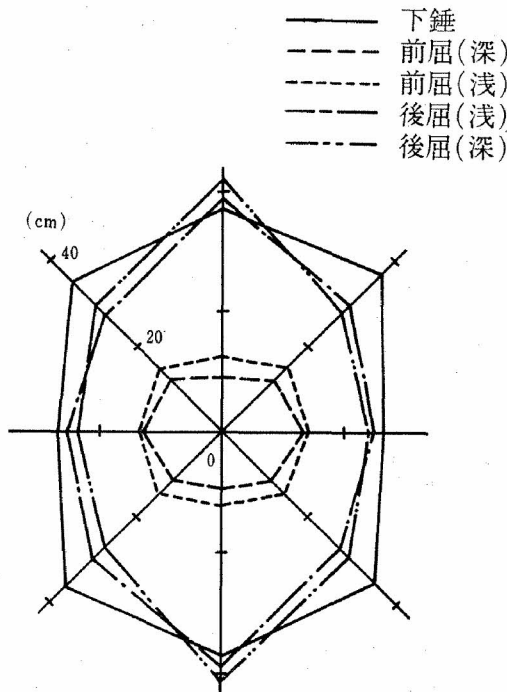
〈上肢前挙運動〉



〈上肢側挙運動〉



〈胸部前後屈運動〉



〈胸部ねじり運動〉

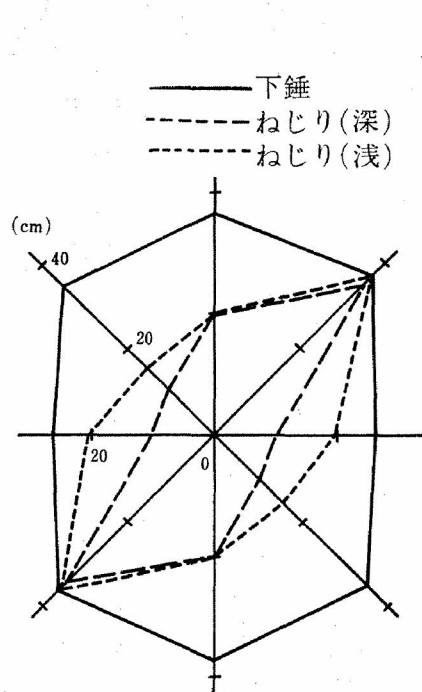


図7 Fcにおける曲面の変化

挙・側挙動作共に上肢を挙げて行くにしたがい全体的に曲率半径は小さくなって行き、上肢垂直上挙では各方向の平均が 14.6cm となる。その曲率変化の減少の仕方は前挙では下垂から 45° 上挙の間で急激に減少しているのに対し、側挙では 45° から 90° の間に大きな開きがあり、90° 以上

の上挙ではほとんど変化がない。これは上肢上挙動作によってかかる腹直筋への負担が、前挙動作と側挙動作で差異があるためと思われる。

次に胸部前後屈動作の場合は、手を腰に当て後方にできる限り反り返り極限から元にもどし、上肢下垂自然立位の姿勢から、上肢を下げ胸部を前

屈させる一連の動作である。後屈では比較的曲率半径の変化は小さいが、垂直方向に増加、水平方向には減少し、縦長の楕円面となる。前屈動作では上下から圧迫され皮下組織が隆起する為曲率半径は全体的に小さくなる。

胸部ねじり動作は胸部と上肢を右方向へできるだけねじった場合の動作で皮膚はねじった方向に

斜に伸びるが、曲率半径はむしろ小さくなることがわかった。

4. Fd における曲面の変化

Fd は臍点付近の前突部で測定の結果を図8に示す。この4つのグラフから動作の違いによって曲面の変化の仕方に大きな差異があることがわかる。

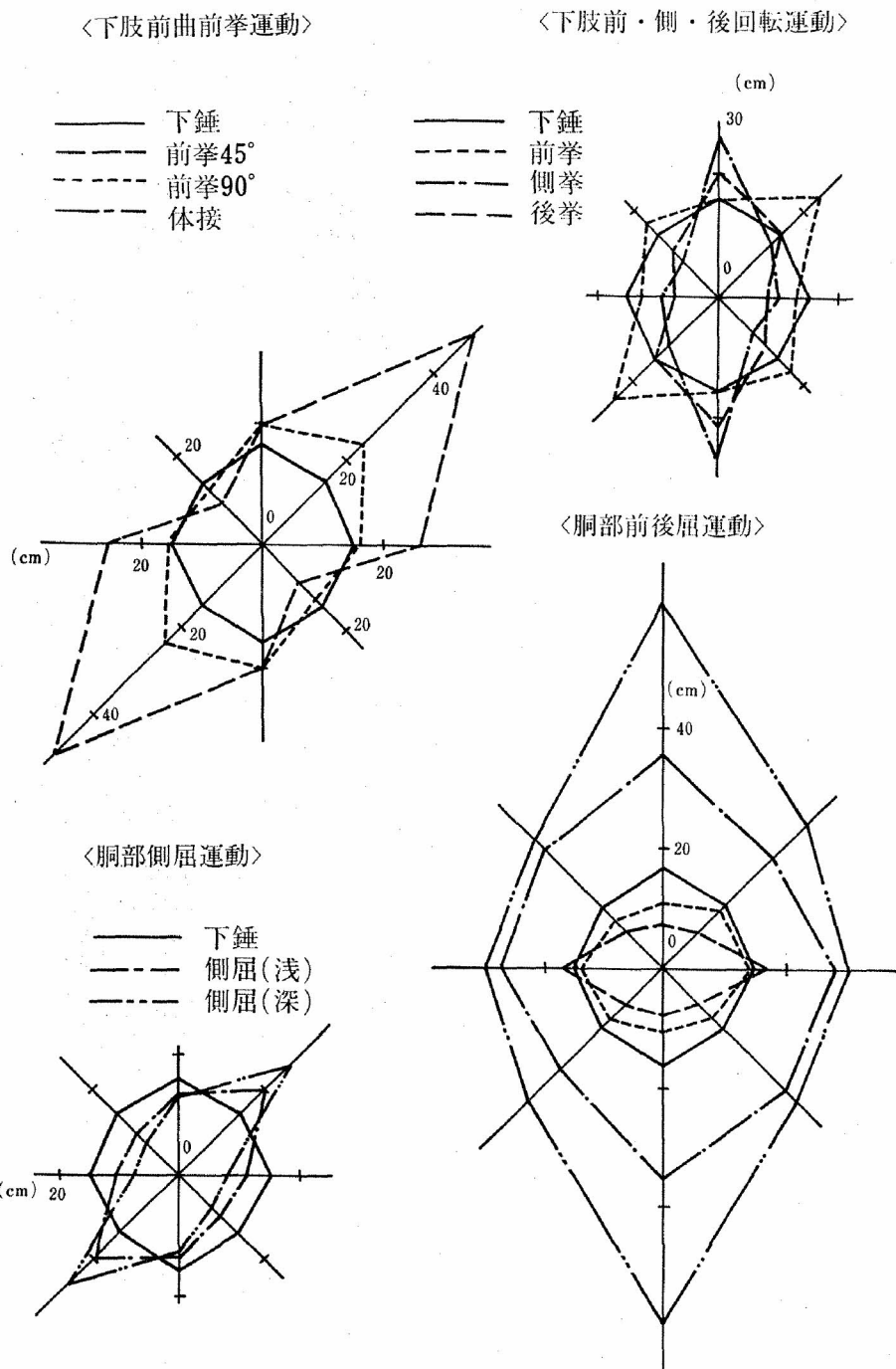


図8 Fd における曲面の変化

まず右の下肢を膝関節で曲げて上挙する動作の場合、下肢を45°まで挙げるとFd部分の曲面は挙げた下肢の方への曲率半径は大きくなり、これに直交する方向の曲率半径が小さくなり長細い楕円面となる。これは皮下脂肪の移動と、体のバランスを保つために、胴部が後方に反って斜方向に皮膚が伸びたためと考えられる。しかし、さらに90°まで下肢を挙げると皮下脂肪は圧迫されて隆起し、再び曲率半径は小さくなる。

次に下肢を伸ばしたままで前から横、後方へと回転させる動作であるが前挙では、前曲の時と同様、斜方向に長い楕円面であるのに対し、横、後方向に下肢が挙げている場合は、上肢下垂直立姿勢の時よりも縦長の楕円面となる。

胴部側屈動作は、左手を腰に当て、右手を挙げ

て胴部をできるだけ深く側屈させる動作であるが、側屈が深くなればなる程45—225°方向の曲率半径は大きくなり、これに直交する方向では、逆に小さくなることがわかった。

胴部前後屈動作は最も変化が大きく、後屈の最大曲率半径は、垂直方向の60.1cmである。水平方向にも30.4cmまで増加し、この曲面は後屈動作により扁平になることがわかる。前屈ではその反対に皮下組織が隆起し、垂直方向の曲率は小さくなる。このようにFdの皮下組織は広く厚い脂肪層でできているため動作の影響を受け易く、その変化の仕方は多様である。

5. Baにおける曲面の変化

Baは背部の肩甲骨による最突出点付近の曲面で図9にその曲率半径の変化を示した。この部分

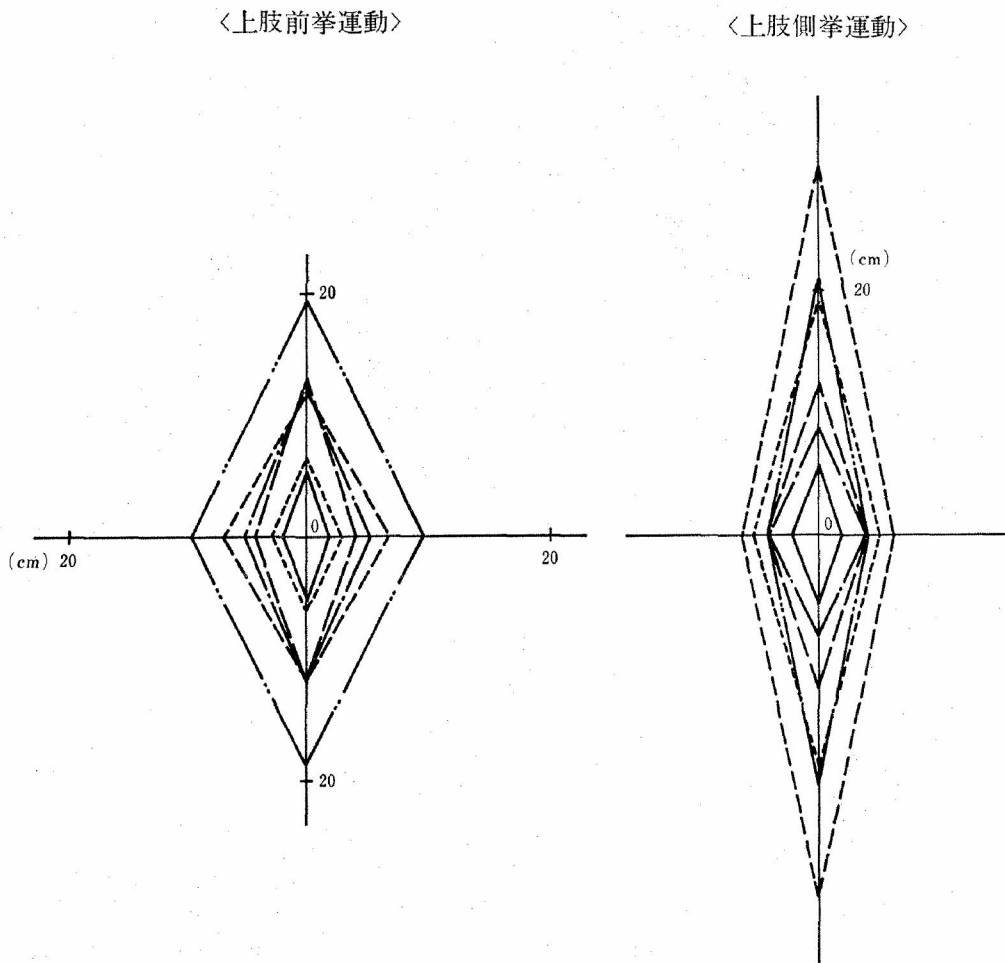


図9 Baにおける曲面の変化

〈下肢前曲運動〉 〈下肢前・側・後挙運動〉 〈胸部前後屈運動〉

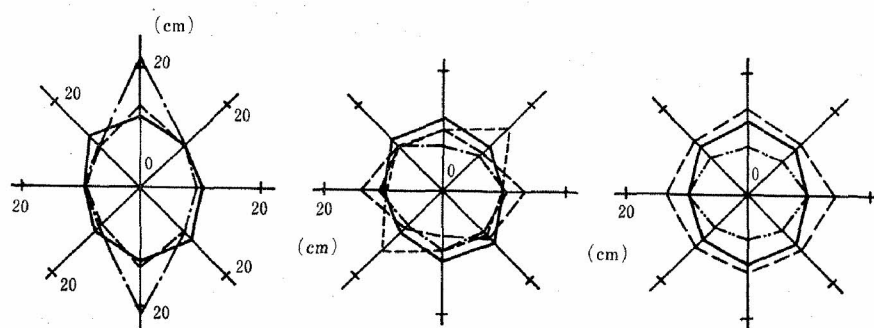


図10 Bb における曲面の変化

は他の5箇所と違い楕円形と言うよりも縦に伸びる峰状の曲面である。上肢下垂状態では垂直方向5.3cm, 水平方向1.8cmの小さな曲率半径を持つが, 前挙動作により, 肩甲骨の突起が平らになり, 前挙135°で最も平らな垂直方向19cm, 水平方向9.7cmの曲面となる。また上肢側挙動作に対しては, 水平方向の変化は比較的小さいが, 垂直方向への変化が大きく, 側挙90°で最高の30.6cmとなる。

6. Bb における曲面の変化

図10に示すBbは殿部の右最後突点付近の曲面である。この部位の曲面は他の部位に比べ, 球面に近いという特徴がある。上肢下垂立位での各方向の曲率半径の平均は11.2cmでわずかに縦方向に長い楕円面である。右の下肢前曲動作, 下肢前側後挙動作での曲面の変化は比較的小さいが下肢を大腿部が腹部に接触するまで上挙げた場合は, 皮膚が引っ張られ垂直方向の曲率半径は大きくなる。また右下肢を伸ばして前挙げた場合には斜方向45—225°, 後挙では水平方向に曲率半径は大きくなる。

胸部前後屈動作の前屈では, 全体的に皮膚が伸び平らな曲面となり, 後屈では皮下脂肪が上下から押された形で水平方向に長い楕円面となる。

結 論

人体胸部の代表的な凸部曲面について, その動作に伴う変化を検討した。各部の曲率半径は皮下組織の違いにより特徴的な変化が見られた。上肢の動作では鎖骨下部の斜方向の変化, 肩甲部では垂直方向の変化, 乳房部の垂直方向, 上胃部の全方向への変化が大きかった。下肢の動作では臍点付近の曲率への影響が大きく, 胸部の各動作では, 乳房下部および臍点付近の曲面が大きく変化した。殿部の曲面は球面に近く, いずれの動作も比較的影響が小さいことがわかった。

今回実験に用いた平行光線投射およびビデオ動作解析装置は, 軟質である人体の動作を連続的に非接触で捉え, 3次元的に解析する方法として有効であると思われる。曲率の求め方としては, 3点を通る円の曲率半径として近似的に求めているため3点の取り方は重要な要素となる。今回は曲面の頂点付近の曲率を求めたが, 目的により曲面の測定範囲を広げたり, 断面の方向を増やす等利用の方法は考える余地があると思われる。また今回は全体的に捉え, 代表的な部位のみの曲面変化について測定を行ったが, 今後は動作に伴う各部の曲率と変位の関係を追求し, 曲面の展開方法を検討することにより, 目的に応じた被服の設計方

法を研究して行きたいと考えている。

終わりにビデオ動作解析装置の使用にあたり、
ご便宜を図って下さいました日本事務光機株式会
社に深謝致します。

文 献

- 1) 齊藤秀子, 田村照子, 渡辺ミチ; 家政誌, **32**: 53 (1981)
- 2) 田村照子, 林珣, 渡辺ミチ; 家政誌, **30**: 631 (1979)
- 3) 田村照子, 齊藤秀子, 渡辺ミチ; 家政誌, **31**: 500 (1980)

- 4) 間壁治子; 家政誌, **32**: 303 (1981)
- 5) 間壁治子; 家政誌, **32**: 310 (1981)
- 6) 綾田雅子, 小野幸子; 共立女子短大紀要, **27**: 59 (1984)
- 7) 綾田雅子, 松縄正登, 山口正隆; 織消誌, **25**: 364 (1984)
- 8) 小野幸子, 綾田雅子; 共立女子短大紀要, **28**: 37 (1985)
- 9) 松縄正登, 三田村紀恵, 綾田雅子; 織消誌, **26**: 344 (1985)
- 10) 綾田雅子, 小野幸子, 三田村紀恵; 人間工学, **20**: Supplement, 184 (1984)
- 11) 山口正隆; 体形およびシルエット計測法, 被服基礎研究会 (1980)