

衣服設計への応用を目的とした人体形態の把握と類型化

高 部 啓 子

(実践女子大学生生活科学部)

Analysis and Classification of Human Body Shape Aimed Applying to Clothing Design

Hiroko TAKABU

Faculty of Human Life Sciences, Jissen Women's University, Hino, 191-8510

Keywords: body measurement 身体寸法, growth characteristics 成長様相, silhouette シルエット, obesity children 肥満児, 3-D measurement 3次元計測.

はじめに

日本で洋服が日常的に着られるようになったのは、第2次世界大戦以降であり、既製服が利用されはじめたのは1960年代以降のことである。洋服はそれまでの和服に比べて活動的である一方、デザインが多様で、ひとり一人の体の大きさや形に合わせる必要もあり、家庭でつくるには難しかった。そのことが既製服の利用を促進した一因とも考えられる。お茶の水女子大学名誉教授柳澤澄子博士は早くから着衣基体としての人体形態把握の重要性に着目し、研究を進めていた^{1)~3)}。一方社会では既製服が発達するにつれて科学的根拠に基づいた既製衣料サイズの設定が求められていた。当時の通商産業省工業技術院は国の予算で、1965~1967年の3カ年にわたり、「既製衣料等の寸法基準および呼び寸法統一のための日本人の体格調査」を実施した⁴⁾。この調査に参画したときから、工業生産される既製衣料における合理的な既製衣料サイズと衣料寸法の設定、裁断用ボディの設計や衣服パターンに関する基礎的研究を通して衣服の人体形態への適合を追求してきた。

1. 計測方法の確立

日本で初めて実施される全国規模の体格調査を進めるにあたり、柳澤澄子教授を中心に最初の1年をかけて計測項目、計測基準点と基準線、計測機器、計測方法の検討がなされた。多くの人々の手を経て実施されるこの種の調査では、統一された計測方法の確立が必要不可欠であった。アメリカでは日本に先立つ約30

年前の1937~1940年に既に婦人と子どもの人体計測を実施しており、詳細な報告書⁵⁾⁶⁾が出されていた。これらに加えてイギリスにおける婦人の調査⁷⁾やオランダの調査⁸⁾等海外の調査報告書や、人類学で用いられる人体計測法のマルチン法⁹⁾をもとに、さらに内外の衣服製図法に用いられる計測項目及び衣服業界からの要望項目を収集し検討した。その結果、既製衣料サイズの設定や衣服設計に必要な計測項目、計測基準点と基準線の選択と定義及び計測方法が定められ、調査が実施された。この計測方法は後にJIS L 0111衣料のための身体用語¹⁰⁾の基となり、JIS法として普及していった。また定められた計測方法は、人体に機器を直接あてて測ることを前提としている。その後、科学技術の発達に伴い、シルエット法、モアレ法、非接触三次元計測法と光学的手法が取り入れられ、直接人体に触れずに計測する新しい方法が開発され現在に至っているが、基本的計測法として現在も有効である。

2. 成長期の体型

(1) アロメトリーから見た体型の特徴

人体形態は身体各部位の成長速度が異なるために成長期の各段階で異なったプロポーションを経過しながら成人値に達する。また成長様相は早熟や晩熟など個人差も大きい。そこで天文学的時間である暦年齢によらない成長期の体型区分の基礎資料を得ることを目的に、ある基準量に対する他の部分の相対的大きさの変化を見ることのできるアロメトリー式を適用して検討

を試みた¹¹⁾¹²⁾。生物の2形質の間には $y = bx^a$ というアロメトリー式が成り立つことが経験的に知られており、両辺の対数をとることにより、 x , y が1次式の直線関係として表され、その傾きと変移点が重要な意味を持つ¹³⁾。資料は1966~67年に通産省工業技術院が実施した体格調査資料（以下、工技院資料と称す）の原票から、7~20歳男女各年齢500例を抽出したものである。基準量として身長と腰囲をとりあげ、身長に対する下肢長、袖丈、背丈、背肩幅と、腰囲に対する胸囲、胴囲、頸付根囲、背肩幅、身長のアロメトリーを検討した。その結果、身長に対するアロメトリーでは、身長が、男子では145 cm, 160 cm, 女子では130 cm, 140 cmで変移点を示し、男女それぞれの3相で他の身体部位との関係が異なることがわかった。また第1変移点は、思春期的成長の開始直前の時期にあたる。腰囲に対するアロメトリーでは、腰囲が男子では64 cm, 78 cm, 83 cm, 女子では65 cm, 71 cm, 86 cmで変移点を示し、4相のアロメトリーを示した。衣服のパターン設計ではこれらの変移点を境に他の項目とのバランスを変えるなどの対応をすれば、よりフィット性が高まると考えられる。ただし、身長や腰囲の変移点が普遍的なものかどうかは今後さらに新しい資料での検証が必要である。

(2) 成長期の子どもの体型分類

成長期をどのように区分すれば合理的な衣料サイズ設定が可能であろうか。そのことを明らかにするために成長期にある子どもたちの人体形態の類型化を試みた¹⁴⁾¹⁵⁾。衣服設計においては多数の人体形態情報が必要であり、それらは互いに関連し合っていることから、多数の項目を同時に解析できる多変量解析の手法を用いた。

まず、1966~67年計測の工技院資料原票から7~20歳男女、各年齢約800例、男子合計11,542例、女子合計11,742例を抽出して資料とした。身長、腸棘高、膝関節高、袖丈、足長、背丈、背肩幅、乳頭位胸囲、胴囲、腰囲、頸付根囲、頭囲、上腕部皮脂厚（対数値）、背部皮脂厚（対数値）、体重（立方根）の15項目をとりあげ、性別年齢別に主成分分析を行い項目の要約を試みた。

固有値1以上を示す成分は、男女ともに概して低年齢では2主成分、高年齢では3主成分が抽出された。寄与率は男子では13, 14歳、女子では11, 12歳で最大値を示した。この時期は男女ともに思春期的成長の盛んな時期であり、第1主成分のみで60%近い寄与

率である。第3主成分までを取り上げてバリマックス回転すると、身体の高さ長さを表す主成分、身体の周径を表す主成分、身体の肥瘦度を表す主成分、肩部の大きさを表す主成分の4つの主成分が抽出された。男子及び12歳以下の女子では前者3主成分のみが、13歳以上の女子では2番目と3番目の主成分が一つの主成分として抽出された。第2主成分までを取り上げてバリマックス回転を行うと、男子14歳、女子12歳以下とそれ以上では、主成分の意味が異なった。

以上のことから、この年齢期の子どもを対象とした既製衣料サイズでは、基本身体寸法は2~3項目でよいこと、年齢層によって基本身体寸法を変える必要があることが示唆された。また胴囲が肥瘦度と関係が深いこと、皮下脂肪厚は男子と低年齢女子では独立性が高いのに対し、13歳以上の女子では周径項目と同じグループに含まれることがわかった。

次に、年齢を含めた成長期のグループ分けが必要との解釈から、判別分析により成長期体型の分類を試みた。すなわち先に取り上げた15項目を全年齢一括の主成分分析における第1主成分得点で除して、大きさのファクターを除いたデータとし解析を試みた。変数選択の結果14項目が取り込まれ、男女ともに第1正準判別関数（約92%）と第2正準判別関数（約7.5%）で大多数が判別される結果となった。各判別関数の標準化した係数の解釈から、第1判別関数は児童期のからだつきと青年期のからだつきとを区別する軸、第2判別関数は各個体が思春期的成長の最盛期に位置するか否かを表す軸と解釈した。このことは成長

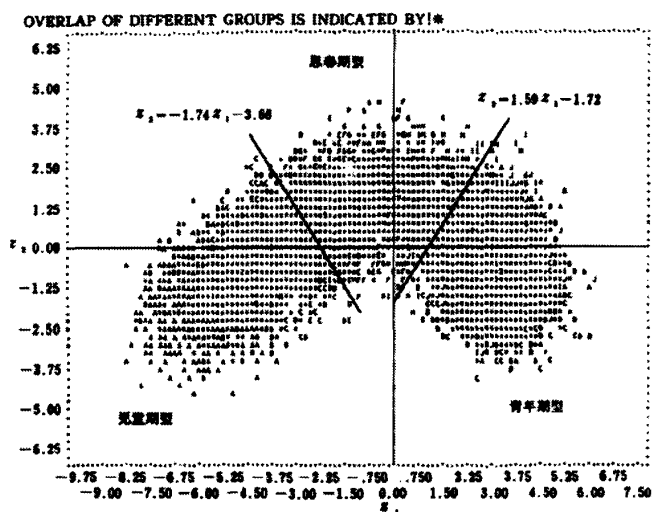


図1. 第1・第2正準判別関数得点の散布図（男子）

衣服設計への応用を目的とした人体形態の把握と類型化

段階が異なることによるからだつきの差異によって体型分類される必要性を示すものである。

そこで2つの判別関数の散布状況と両軸の表す意味から対象集団を児童期型、思春期型、青年期型に分類し、この3グループを分ける z_1 , z_2 を用いた判別関数を算出し基準を作成した。このことは、ある個体が現在どの成長段階にあるかを判定することを可能にする。また児童期型では、相対的に頭部、足部は大きいのに腰部が小さくてずん胴という体型の特徴を持つ。思春期型では相対的に足部が大きく脚が長く背丈が短い、しかも男子では膝が高く胸部が小さい、女子では腰部が小さくてずん胴という体型の特徴を持つ。青年期型では相対的に頭部、足部が小さいのに腰部が大きく胴がくびれているという体型の特徴を持つ。

次いでこの3グループ(3つの着用者区分)ごとにフィット性を要する衣服と要さない衣服別に、性別の基本身体寸法を提案した。日本では近年高身長化が進んでいること¹⁶⁾や思春期的成長の若年化が指摘されている¹⁷⁾¹⁸⁾ことから、これらの結果はさらに近年のデータで検証すること、また成長段階の判定には、15項目と主成分得点が必要なことから、このあたりの簡便化を検討することが今後の課題でもある。

(3) 肥満児体型の特徴

1970年ころ、すでに小中学校における肥満児の増加が社会問題視されていた。学校制服は太った生徒も痩せた生徒も着られなければならない。そこで肥満児を対象とした衣服設計上、考慮せねばならない点を明らかにするために、肥満児の体型の特徴を検討し、衣服寸法の設定を試みた^{19)~21)}。

資料は、1966~67年計測の工技院資料の解析の際、肥満児として除外された7~18歳の男子442例、女子540例である。解析項目としては、身長、背肩幅、胸囲、胴囲、腰囲、頸付根囲、上腕囲、大腿囲、体重、上腕部皮脂肪厚、背部皮脂肪厚の11項目を取り上げた。また肥満児の定義にはさまざまなものが見られたが、本研究では、普通児の性別年齢別身長別標準体重+20%以上の体重を有するもので Rohrer 指数が平均値+2 σ 以上の者、または上腕部皮脂肪厚が平均値+1 σ 以上の者を肥満児とした。

検討の結果、肥満児では普通時に比べ初潮年齢が約7カ月早く早熟傾向を示した。また普通児と比べると、肥満児では体幹部と四肢の周径および体重と皮下脂肪が著しく大であることに対して、背肩幅や頸付根囲が相対的に小さいことが特徴的であった。身長または胸

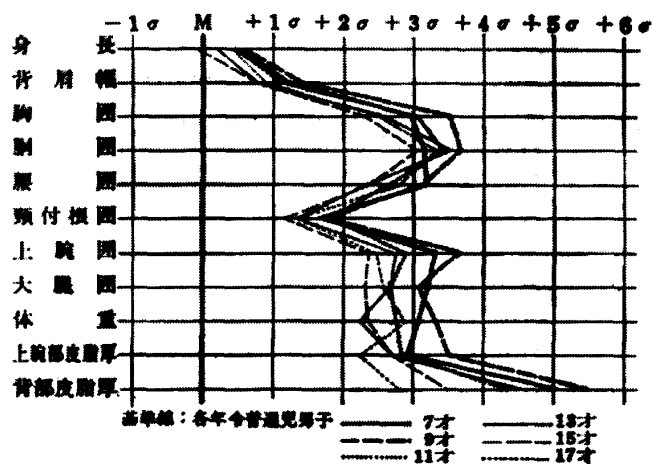


図2. 肥満児男子の体型

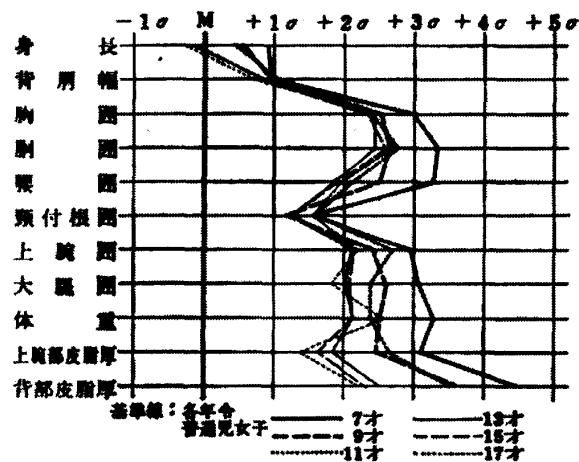


図3. 肥満児女子の体型

囲に対する身体比例の検討によると、身長に対する袖丈、背丈、スラックス丈、足長などの丈方向のバランスでは普通児との差異は小さい。しかし身長に対する胸囲、背肩幅、胸囲に対する上腕囲では肥満児が著しく大である。一方、胸囲に対する頸付根囲、頭囲、背肩幅では肥満児が著しく小さな値を示す。これらのことは既製衣料サイズに対応する身体各部位寸法の設定や衣服型紙設計においては肥満児独自の寸法設定が必要であることを示している。

(4) 日本人の成長特性

1978~81年調査の工技院資料原票から7~20歳の男子8,679例、女子8,889例の身体14部位の横断資料を用いて、成長特性を検討した²²⁾。年間成長量が最大となる時期は、長・高径4項目(身長・上前腸棘高・袖丈・背肩幅)では男子12~13歳、女子10~11歳である。男女ともに足長ではその1年前であり、周径5項目(胸囲・胴囲・腰囲・上腕囲・大腿囲)・体重で

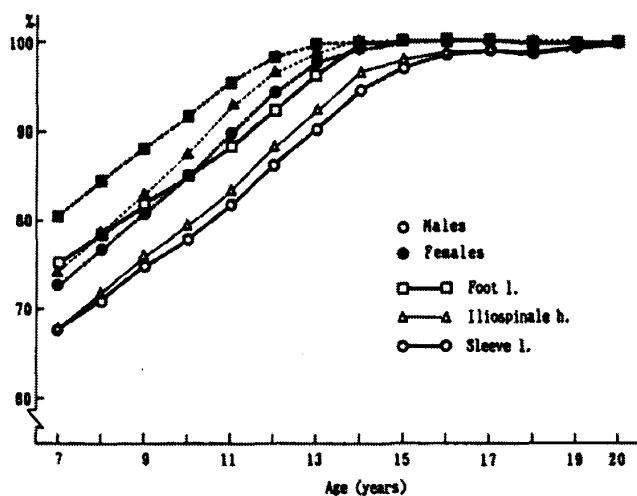


図4. 足長・腸棘高・袖丈の百分率成長曲線

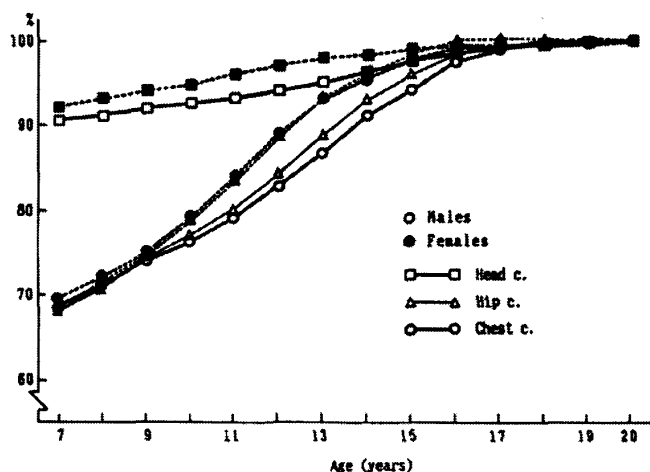


図5. 頭囲・胸囲・腰囲の百分率成長曲線

はその1年後である。

成人値に達するのは、長・高径4項目では、男子16, 17歳頃、女子14, 15歳頃であり、足長ではその約1年前、周径5項目・体重では約1年後、頭囲では約2, 3年後である。その結果、ほぼ成人のからだつきに到達するのは男子19歳、女子18歳である。

これらの時期は、男女ともに1966～67年工技院資料よりも若年化している。そのことは初潮年齢が12歳11カ月から12歳6カ月に5カ月早くなったことから裏付けられた。

成熟過程を20歳平均値に対する各年齢平均値の百分率で見ると、男女ともに長高径項目では、足長が上前腸骨棘高に先行し、上前腸骨棘高が袖丈に先行する。周径項目では頭囲が胸囲と腰囲に先行する。男子では

腰囲が胸囲に先行し、大腿最大囲が上腕最大囲に先行する。すなわち、身体の下方の部位が上方の部位に先行して成長する。頭部が体幹に先行して成長するという成長勾配が認められた。これらの傾向は1966～67年工技院資料においても同様の傾向を示す。

12年を隔てた1966～67年工技院資料との比較によると、この約10年間に、男女ともに長高径項目および胸囲では、各年齢にわたり身体の大径化が進行した。しかし胸囲では減少傾向を示し、腰囲、体重、皮下脂肪厚は、男子では増大傾向、女子では減少または停滞傾向を示す。

(5) 身長成長の時代変化

近年、日本人の身長は年々高くなっている、特に女性でその傾向が強いといわれている。一方、水野²³⁾は、1900年から1970年までの横断的資料を用いて6歳から20歳までの成長量を比較し、男子身長で+0.4 cm、体重で+3.4 kgとわずかな増加であること、女子でも同様の傾向を示すことから14年間の成長量は70年間をとおしてほぼ一定であるとし、横断的資料による限り6歳以降の伸びは、明治の昔も今も変わらないとして「発育量不変の傾向」と呼んだ。青山²⁴⁾は1900年から1995年までの20年ごとのセミ縦断的資料を用いて6歳から20歳までの成長量について検討し、同様に発育量不変の傾向が認められることを確認し、14年間の身長の成長量は男子で約55 cm、女子で約44 cmであるとしている。

そこで文部科学省の学校保健統計調査報告書²⁵⁾から1948年～2004年までの56年間にわたる6歳から17歳男女の全国平均値を用い、10年間隔のセミ縦断的資料を作成した。成長研究にはある時点で年齢の異なるものを同時に測定して性別年齢別に平均値を算出して成長を検討する平均成長の分野（横断的研究 Cross-Sectional Study）と各個人を長い間継続して測定して成長を検討する個性長の分野（縦断的研究 Longitudinal Study）がある。成長量を検討するには個性長に近づけた方がよいので今回は同じ集団の平均値を使うようにした。17歳時が1964年、1974年、1984年、1994年、2004年の5グループのデータを用いて、この40年間に日本人の平均身長は高くなったのか、その傾向は続いているのか、さらに「発育量不変の傾向」は認められるのかを確認することを試みた。また日本の小・中・高等学校では生徒に制服を課しているところが多い。学校制服は一般に2～3年着用することを前提としてゆとりを多く入れてつくられる。

衣服設計への応用を目的とした人体形態の把握と類型化

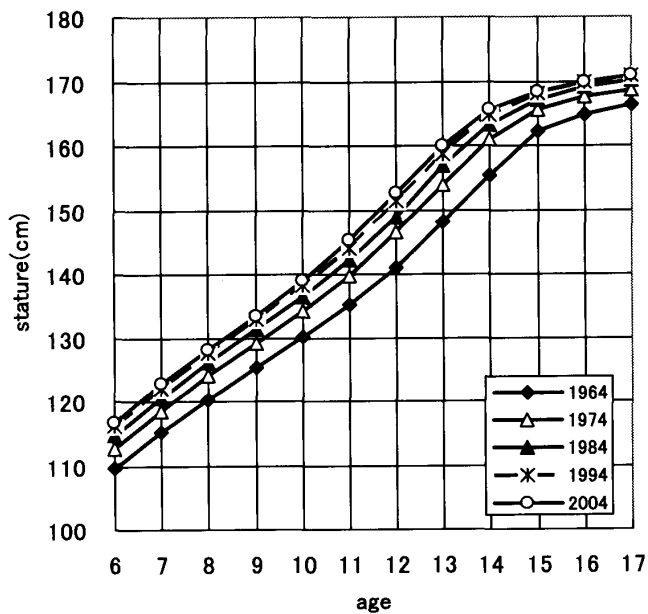


図 6. 身長成長曲線 (男子)

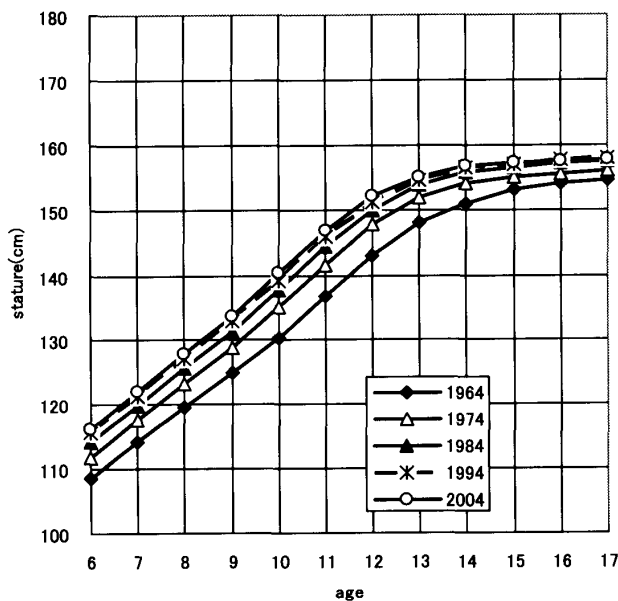


図 7. 身長成長曲線 (女子)

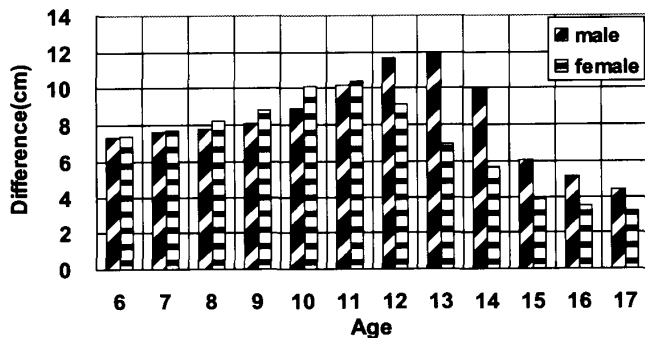


図 8. 身長における 1964 年と 2004 年との差異

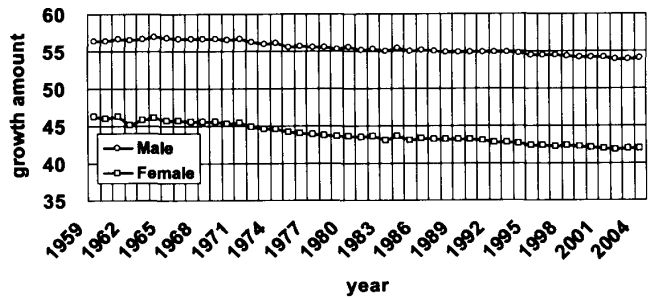


図 9. 6～17 歳までの 11 年間の成長量の時代変化

身長成長量の検討はこのような学校制服の丈方向のゆとり量の基礎資料としても有効であろうと考え検討を進めた²⁶⁾。

10 年ごとの身長平均値の成長曲線によると、成人身長は男女ともに時代とともに高くなっているが、女子で特に顕著ではなかった。高身長化が今後とも続くかは検証できなかった。身長の増大量は思春期で大きく、また現代に近づくにつれて減少してくる。

40 年を隔てた差異 (図 8) は、男子 12, 13 歳、女子 10, 11 歳の思春期で最も大きい。男子の方が大きい。6 歳児と 17 歳児で平均値を比較すると、男女とも 6 歳児で増加量が多い。40 年間の差異を比較すると、6 歳男子で 7.3 cm, 17 歳男子で 4.4 cm であり、女子も同様の傾向を示すことから高身長化は 6 歳以前の増大化の影響が大きいと推察された。

年間成長量曲線の年齢変化 (図を省略) を比較すると、時代を経るにしたがって前傾し、ピークを示す年齢が若年化しており成長の早熟化が進行している。またピーク時の成長量の平均値と標準偏差は、男子で 7.6 cm と 0.2 cm, 女子で 6.8 cm と 0.1 cm であり、1970 年以降ほぼ一定の値を示している。

6 歳から 17 歳までの 11 年間の成長量の時代変化 (図 9) を見ると、45 年間で、男子で 2.4 cm, 女子で

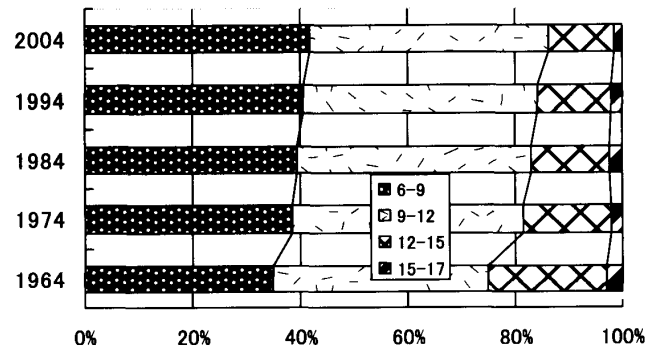


図 10. 各 3 年間の成長量の時代変化 (女子)

4.1 cm 減少した。平均値と標準偏差は男子で 55.4 cm と 0.9 cm, 女子で 43.8 cm と 1.2 cm であった。この値は時代とともに多少減少傾向を示すが、標準偏差が非常に小さいことから、「成長量不変の傾向」は認められるといえるのではないか。

以上のことから日本人の身長成長は若年化しており、高身長化は小学校入学以前の成長量に依存していると考えられる。

次に 3 年齢層ごとの成長量を比較する (図 10) と、男女ともに小学校低学年で増加傾向が、中学校、高等学校で減少傾向が認められる。このことから早熟化が進行していることが明らかである。男子では小学校高学年用、女子では小学校低学年用学校制服では丈方向のゆとりを今までより多めにする必要がある。

3. 成人女性の体型

(1) 成人女性身体寸法の変異

1969~73 年に、30~59 歳までの成人女性 493 名の計測を実施し、若年女性との比較から検討した結果、中・老年女性では長高径項目では劣り、周径項目では優れる傾向にあること、その結果、胸囲に対する体幹部周径項目の比、体幹部周径の横矢指数、比胸囲が増加し、胸囲や腰囲に対する背肩幅、大腿囲の比は減少する。胴囲の増加からずん胴体型になること、体幹部周径の増加が顕著であるが、それは 30 歳代後半から 40 歳代前半にかけての変化が著しいことが明らかとなった。また、型紙設計の重要な基準項目である胸囲と背肩幅で体型区分した場合の年齢の影響について検討した結果、年齢の影響より体型区分の影響の方が大きいことがわかった。そこで胸囲と胸囲/背肩幅で体型区分した場合の体型特徴を明らかにした^{27)~29)}。

また 1971~72 年計測の工業技術院資料原票から抽

出した 25~69 歳男子 4,278 例、女子 4,123 例について身長に対する下肢長、袖丈、背肩幅、胸囲、胴囲、腰囲の変異のアロメトリーを検討したところ、周径 3 項目は身長との相関関係が低いことからアロメトリーの効果が期待できなかった。男女の下肢長、背肩幅、男子の袖丈は単相アロメトリーであった³⁰⁾。この結果はアロメトリー式が急速な身体変化を経るような状況でないと有効にならないことを示唆するものとする。

次に某女子大学における 50 年間の女子大学生の身体寸法の変化を検討した。1944 年 107 名、1980 年 351 名、1994 年 165 名の身体計測値 19 項目について比較検討した結果、1944 年の女子学生は 1994 年値に比べて全体的に小柄で周径が細い。1980 年値を 1978~81 年工技院資料 (全国値) と比較するとやや大柄な傾向を示すが、袖丈、腰囲で 0.5 σ ほど大きい。1980 年値と 1994 年値を比較すると身長が高く、四肢が長く、腰囲が大きくなっていった³¹⁾。このような時代変化は定期的な身体寸法データ収集の必要性を示唆するものである。

(2) 身体シルエット

人体の形や姿勢をとらえる上で、身体シルエットの解析は有効と考えられる。1964 年に女子学生 200 例を対象に撮影した単写真を用いて身体シルエット上の肩部、背面、胸部前面、腰部後面、腹部の角度 5 項目を検討した³²⁾。撮影には一眼レフカメラに 105 mm 望遠レンズをつけ、撮影距離を 9 m とし、平行光線に近い条件で撮影した。

表 1 のように、各項目はいずれも変異係数が大きく、個人差が大きいことがわかった。特に胸部前面と腹部の角度で顕著である (図 11 参照)。また肩傾斜の左右異なる場合が全体の 1/2 であった。身長や胸囲などの身体寸法との相関関係は胸囲と胸部前面の角度間で低

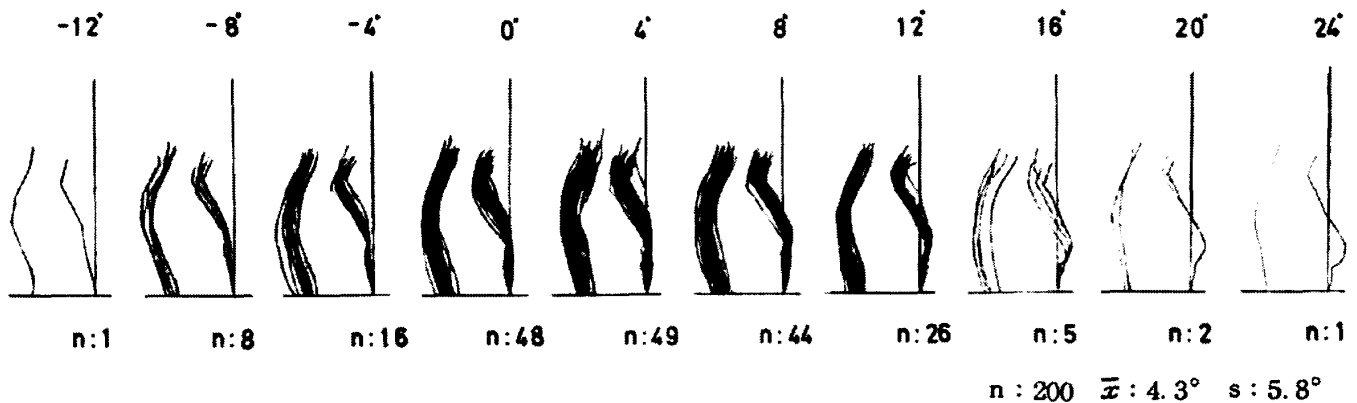


図 11. 胸部前面の角度の個体差

衣服設計への応用を目的とした人体形態の把握と類型化

表 1. 角度項目の基本統計量

項 目	平均値	標準偏差	変異係数
肩部の角度	26.5	4.2	15.9
背面の角度	14.1	4.0	28.4
胸部前面の角度	4.3	5.8	38.2
腰部後面の角度	17.0	4.1	23.9
腹部の角度	13.3	5.6	42.1

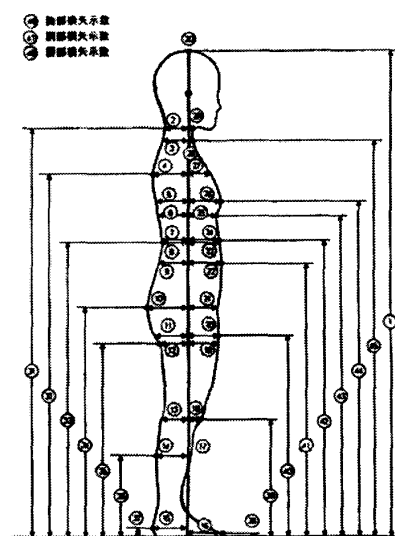


図 12. 研究項目

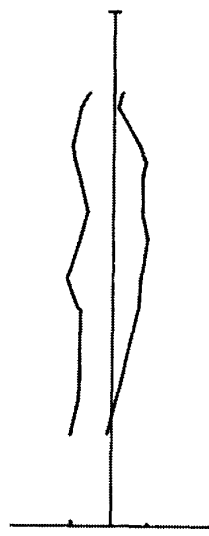


図 13. 平均シルエット

い相関を示す他は無相関に近かった。すなわち、形と寸法は独立の関係に近いと予測される。

そこで、さらに姿勢に関する情報を量産衣服の生産に用いられる立体裁断用ボディや検査用ボディの設計に加えることが重要と考え、姿勢情報を含む測定値の分析を試みた³³⁾。上記と同じ大学女子学生資料を用い、身体右側面の縮尺 1/10 に焼き付けた写真上に計測点を記し、デジタイザで座標値を測定した。側面シルエット上に 16 の基準点を設定し、基準点を通る水平線(レベル)と前後輪郭線との交点を計測点とした。基準線として耳珠点を通る鉛直線を下ろし、各計測点から鉛直線までの水平距離 29 項目及び各レベルの高さ 16 項目の合計 45 項目を測定した。さらに身体計測値の胸部、胴部、腰部の厚みを表す横径と矢状径の比をとった横矢指数を加え 48 項目を取り上げた。

なお、写真引き延ばしの誤差を少なくするために各項目を測定する際、頭頂点レベルの高さに対するそれぞれの比を求め、頭頂点レベルの高さが実測身長値に

等しいとして、その値に各測定値を乗じた値をもって各項目の測定値と定めた。したがって各測定値は原寸大となったことになる。

図 13 は各項目の平均値を図化して得られた平均的シルエットを示している。津山³⁴⁾によれば、一般に成人が日常生活においてとる直立姿勢は、大部分は弛緩型姿勢に近いもので、「体の重心線は側方から見たとき、乳様突起から肩関節の直前を通り、股関節軸上あるいはそのやや後方を通り、膝関節の直前を通過し足底中央に落ちる」と考えられるという。本資料の平均シルエットもこれに近いものと観察された。

またバラツキを表す変異係数は、水平距離項目ではレベルの高さや横矢指数の数倍の値となっており、横シルエットを形成する項目で個体差が大きいことが示された。すなわち、身体側面シルエットはきわめて個性的なものを表す。

次にこれらの多数の項目を要約して姿勢の要因を抽出するために、主成分分析を試みた。サイズ要因を消すために、各計測項目は身長で除した変換値を用いた。固有値 1 以上を示す主成分は第 10 主成分までであり、累積寄与率は 79.8% である。第 1 主成分の寄与率が大きいため、第 3 主成分まで取り上げても 56.8% に過ぎない。バリマックス回転後の因子負荷量から各主

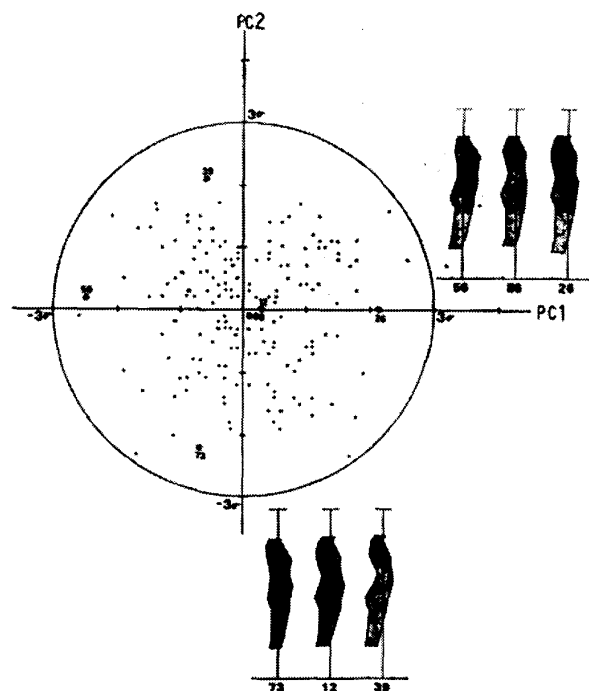


図 15. 第 1・第 2 主成分得点の散布図と代表的シルエット

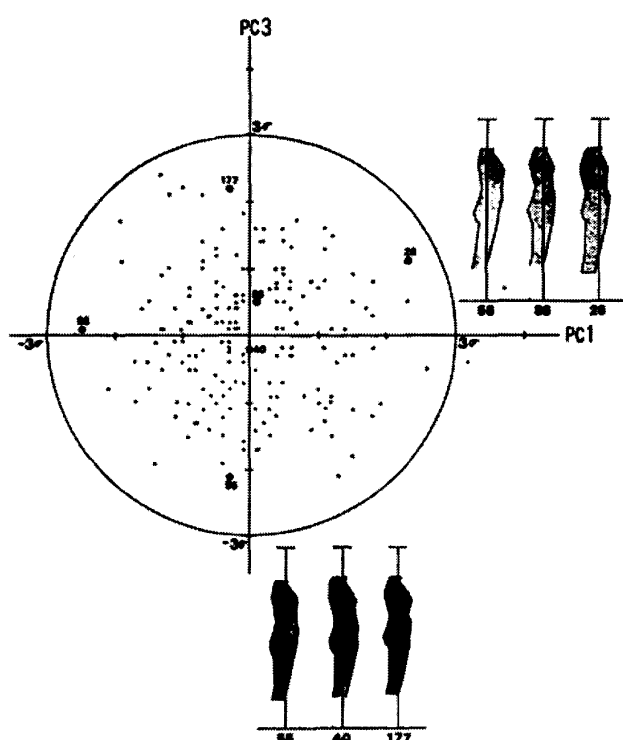


図 16. 第1・第3主成分得点の散布図と代表的シルエット

成分を解釈すると、第1主成分は上半身における脊柱の前傾・後傾が関与する前傾姿勢か後傾姿勢かを分ける成分、第2主成分は腰椎前湾が強い姿勢か否か、すなわち腰部での屈曲の大きな姿勢か直線的な姿勢かを表す成分と解釈できる。第3主成分は相対的に下肢が長いプロポーションか否かを分ける主成分と解釈した。すなわち2つの姿勢を表す主成分が抽出された。体幹部の厚みを表す胸部、胴部、腰部の横矢指数と2つの姿勢に関する主成分との関係は認められなかった。

次に上記結果の再現性を確認することと、応用に際しての簡便性を追求するために、どのくらい項目数を減じられるかを検討した³⁵⁾。資料は1984～85年撮影の若年女性53例の身体右側面の単写真である。撮影条件は前資料と同じである。48項目の主成分分析の結果は、姿勢に関する2つの主成分が抽出され、前記主成分の因子負荷量との相関関係から再現性があると判断できた。また項目の選択条件に従って15項目に減らしたところ、得られた主成分の意味と、個体の主成分得点の検討から有効であることが確認できた。

また同じ条件で1997年に撮影された大学女子学生107名について同様の検討を行ったところ、姿勢に関する2つの主成分が抽出され、さらに再現性が確認された。また1964年資料との比較の結果、身体側面シ

ルエットは33年間に脚が長く、胸や腰の位置が高く、背中の丸味が少なく、胸が豊かなシルエットに変化していた³⁶⁾。

以上のことから姿勢に関する2つの主成分は普遍的と考えられる。

(3) 身体立体形状の把握と分類

裁断用や検査用ボディの設計や適合性よい衣服パターンの開発等において人体の立体形状の把握は必要不可欠である。しかし高価な計測装置や解析手法の難しさ等から未だ十分に解明されているとはいえない。

まず、計測に先立ち、立位にある被験者の動揺が三次元座標値にどの程度影響するかを確認した。動かない物体の三次元計測の精度は周囲長や高さ、直線距離、表面長で多少異なるものの、全体としては非常に精度よく計測できる。しかし被験者3名について体表上の11点について繰り返し3回の計測を行い、身体の動揺を検討した結果、3回の計測値間の差は左右、上下方向では5 mm以下と非常に小さいが、前後方向で20 mm程度の非常に大きな値を示した。また高さの異なる計測点の間には一定の傾向は認められなかった。従って生体の三次元計測では前後方向の動揺を減じる手だてが必要である³⁷⁾。また前面と後面の体表上の各5点について被験者21名3回のくり返し測定の実験結果からもz方向での動揺が大きいことが確認できた³⁸⁾。

まず、若い女性の体幹背面を非接触三次元計測し、背面の形を基本的に規定する脊柱のカーブとして後正中線を、また衣服により深く関連する形状特性として背面シルエットカーブをとらえ、この2種のカーブについて、個人の特徴を、近似的に再構成する方法を提案するとともに、2種類の背面カーブの平均像と相互の関連、個人のシルエットカーブを特徴づける要因を明らかにした³⁹⁾。

次に三次元計測による立体形状類型化を試みるに当たり、彫刻の面取りのような手法で形状把握をして類型化する可能性を探るために、法線ベクトルを用いて検討を試みた。資料はHQLの20～29歳日本人女性98例の三次元画像（ボクセランによる標準データ）である。対象部位は、前正中線、頸付根線、肩縫い目線、腕付根線、脇縫い目線、胴囲線で囲まれる胸部右半身とした。体表上の8点を用いて7個の三角形で近似し、それぞれの面における法線ベクトルを算出した。次いで得られた法線ベクトルを主成分分析し、主成分得点のクラスター分析から右胸部前面のレリーフの形

衣服設計への応用を目的とした人体形態の把握と類型化

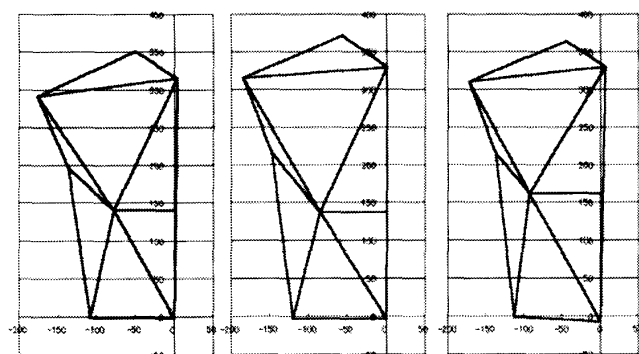


図 17. 第 1 クラスター 第 2 クラスター 第 3 クラスター

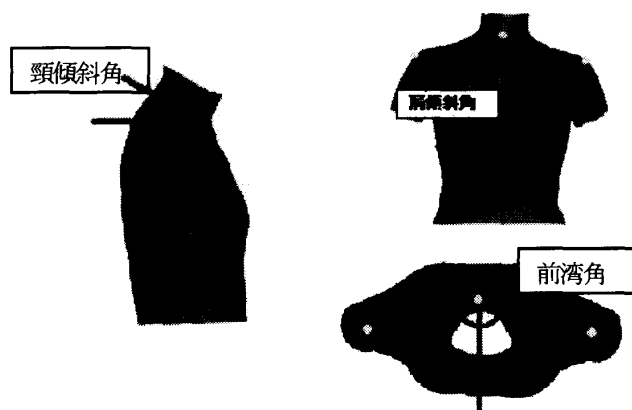


図 18. 角度項目

状分類を試みた。

その結果、第 1 主成分は乳頭点があるか外側にあるかを表す主成分、第 2 主成分は乳房が外側で下方に突出しているか、内側の上方で突出が少ないかを表す主成分、第 3 主成分は乳房が下方で内側か上方で外側かを分ける主成分、第 4、第 5 主成分は肩部から胸部へかけての形状を表す成分と解釈できた。第 1 から第 3 主成分得点を k-means 法によるクラスター分析を行ったところ、3つの類型を取り出すことができ、法線ベクトルによる面の解析の可能性が確認できた⁴⁰⁾。野川⁴¹⁾はこの手法を使ってさらに肩部の類型化を試みた。

上記の法線ベクトルによる類型化はかなり大まかなものなので、裁断用ボディや衣服パターン設計にはもう少しきめ細やかな立体形状の把握と類型化が必要と考え、特徴点からの角度計算や体表長を入れた肩部の分析を試みた。

衣服は肩で着るといわれるように、衣服の着心地の面から、あるいは美的観点から肩部形状に適合させることが重要である。しかし肩部形状をとらえる方法は未だ確立されておらず、データの蓄積も少ない。そこでまず三次元画像の観察と肩部を代表する項目の検討から日本人若年女性の肩部立体形状を検討した。

ポータブルな三次元計測器 (VIVID910, 2 台) を用いて、2004 年 11～12 月に女子大生ボランティア 63 名の三次元撮影を行い、得られた肩部の三次元画像と三次元座標値から算出された 8 項目を用いて検討した。

肩部の三次元画像からは、肩部形状にさまざまな形状があることが改めて確認された。肩傾斜角の個人差に比べて、肩部の前湾の程度には大きな個人差があった。肩傾斜角と右前湾角とは低い相関関係が認められた。頸部の形状については、若い女性では平均的には

横長の楕円形をしており、頸側点は前後長の頸椎点から 46% 程度の位置にあると推測された。しかし今回の解析が投影長のためさらに検討の余地がある。

主成分分析の結果、4つの主成分が抽出された。肩傾斜と右前湾角が大きい小さいかを表す主成分、左右の頸側点が後に位置するか否かを表す主成分、頸の付け根が太いか否かを表す主成分、頸部の横径が大きければ右前湾角は小さく左前湾角は大きくなることを表す主成分である。本結果は、快適な衣服を提供するために既製衣料生産においてもサイズだけでなく肩部形状の個人差に対応することが大切であることを示している。しかし、左右の前湾角のとりえ方は再考の余地がありそうである。上体のねじれや撮影時の立つ位置や被験者の姿勢などにより異なってくることが十分予測される。そこで改めて検討項目を見直すこととした⁴²⁾⁴³⁾。

次いで同じ三次元画像を用いて、3-D Rugle により新たに三次元計測を行った。角度項目については図 18 のように設定した。得られた座標値や断面データから 19 項目を取り上げ、主成分分析及びクラスター分析から肩部及び頸部の立体形状の類型化を試みた。その結果、固有値 1 以上の主成分は 4 個抽出された。バリマックス回転後の因子負荷量から各主成分を解釈すると、第 1 主成分は肩部の大きさと肩部前湾の程度を表す主成分、第 2 主成分は肩部と頸部の傾斜と前胴部の丸みを表す主成分、第 3 主成分は前面の幅と頸部の幅を表す主成分と解釈できた。3 主成分の主成分得点を用いてクラスター分析した結果、4つのグループに分類された。しかし第 4 グループは 2 例に過ぎないので、残る 3 グループを解釈して 3つの類型を抽出した。類型 1 は、肩の幅が広く厚みがあり、背面、前面

の幅も広く、やや前肩傾向であるが標準に近い体型である。類型2は、いかり肩で頸傾斜角が小さく胸のふくらみの大きな反身傾向の体型と考えられる。類型3は肩の幅と厚みが小さく、背幅が相対的に狭く、肩が後方に位置する体型と考えられた^{44)~46)}。

おわりに

衣服設計への応用を目的として人体形態をさまざまな角度から観察し、数量化し、類型化を試みてきたが、未だ完結には至っていない。人体形態は複雑であり、成長、老化、時代など時間とともに変化する。からだつきに対する意識も、ライフスタイル、価値観、流行、時代によって変化する。他者のからだつきに対する評価には厳しいものがある^{47)~50)}。衣服はこの複雑な人体を包み身体的にも精神的にも満足を与えるものでなければならない。

まもなく到来する超高齢社会では、人々はどのような衣服をどのように求めるであろうか。用と美を必要とする衣服設計に少しでも貢献できるよう引き続き研究を進めたい。

最後にこの研究の道にお導きいただきました恩師柳澤澄子先生、松山容子先生に心から御礼申し上げます。またともに研究を進めてきた共同研究者の皆様、被験者としてご協力いただきました皆様に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 柳澤澄子：日本婦人に適する衣服の寸法基準に関する研究 第1報，家政誌，**3** (3)，5-11 (1953)
- 2) 柳澤澄子：日本婦人に適する衣服の寸法基準に関する研究 第2報，家政誌，**5** (1)，12-17 (1954)
- 3) 柳澤澄子：日本婦人に適する衣服の寸法基準に関する研究 第3報，家政誌，**8** (3)，109-115 (1957)
- 4) 日本規格協会：日本人の体格調査報告書—衣料の基準寸法設定のための—，日本規格協会，東京，1-37 (1970)
- 5) U.S. Department of Agriculture, Bureau of Home Economics: Body Measurements of American Boys and Girls for Garment and Pattern Construction (1941)
- 6) U.S. Department of Agriculture, Bureau of Home Economics: Women's Measurements for Garment and Pattern Construction (1941)
- 7) The Joint Clothing Council Ltd.: *Women's Measurements and Sizes*, Her Majesty's Stationary Office, London, (1957)
- 8) Sittig, J. and Freudenthal H.: *De Juiste Maat*, N.V. Magazijn "De Bijenkorf", Amsterdam (1951)
- 9) 藤田恒太郎：『生態観察』，南山堂，東京，199-228 (1960)
- 10) 日本規格協会：衣料のための身体用語 JIS L 0111，東京 (1983)
- 11) 柳澤澄子，芦澤玖美，高部啓子，渡辺小百合：身長と腰囲に対する身体諸測度のアロメトリー (第1報)—身長に対する下肢長，袖丈，背丈，背肩幅のアロメトリー—，家政誌，**30**，266-272 (1979)
- 12) 柳澤澄子，松山容子，高部啓子，滝鼻保子：身長と腰囲に対する身体諸測度のアロメトリー (第2報)—腰囲に対する胸囲，胴囲，頸付根囲，背肩幅，身長のアロメトリー—，家政誌，**30**，357-362 (1979)
- 13) 清水三雄：『教育生物学—成長・年齢・変異—』，教育生物学刊行会，松本 (1968)
- 14) 高部啓子：着衣基体としての人体の形態類型化に関する研究 (第1報)—成長期男女の身体測定値の主成分分析—，応用統計学，**14**，95-111 (1985)
- 15) 高部啓子：着衣基体としての人体の形態類型化に関する研究 (第2報)—判別分析による人体の形態類型化—，応用統計学，**14**，113-130 (1985)
- 16) 日本規格協会：日本人の体格調査報告書 (1984)
- 17) 文部省：学校保健統計調査報告書 (1972)
- 18) 文部省：学校保健統計調査報告書 (1982)
- 19) 鈴木啓子，柴宮良恵，今成 昭：肥満児の体型と衣服寸法 (第1報)—肥満児の体型の特徴について—，家政誌，**20**，528-532 (1969)
- 20) 鈴木啓子，柴宮良恵，今成 昭：肥満児の体型と衣服寸法 (第2報)—肥満児の身体比例—，家政誌，**21**，53-58 (1970)
- 21) 高部啓子，今成 昭，柴宮良恵：肥満児の体型と衣服寸法 (第3報)—肥満児の衣服寸法—，家政誌，**23**，184-189 (1972)
- 22) 高部啓子，松山容子，近藤四郎，柳澤澄子：Growth Characteristics of Contemporary Japanese, *Anthropol. Sci.*, **97**，457-474 (1989)
- 23) 水野忠文，猪飼道夫，江橋慎四郎：『体育教育の原理』，東京大学出版会，東京，59-67 (1973)
- 24) 青山昌二：文部資料の身長及び体重平均値にみる発育量の推移，体育の科学，**47** (2)，136-140 (1997)
- 25) 文部科学省：学校保健統計調査報告書 (1948-2004)
- 26) Takabu, H., Takasaka, H., and Matsumoto, T.: The Recent Trend of Japanese Stature Growth, in 2005 *Seoul International Clothing and Textiles Conference Proceedings*, 515-519 (2005)
- 27) 古松弥生，増田順子，高部啓子：日本婦人の体型に関する被服構成学的研究 (第1報)—中・老年婦人の体型の年代的变化—，家政誌，**25**，468-474 (1974)
- 28) 古松弥生，増田順子，高部啓子：日本婦人の体型に関する被服構成学的研究 (第2報)—体型分類における年齢の影響—，家政誌，**25**，475-480 (1974)
- 29) 古松弥生，増田順子，高部啓子：日本婦人の体型に関する被服構成学的研究 (第3報)—体型分類による体型の特徴—，家政誌，**25**，481-485 (1974)
- 30) 小宮真理子，小倉博子，高部啓子，長谷部ヤエ：成人男女の体型の相対変異—身長を基準としたアロメト

衣服設計への応用を目的とした人体形態の把握と類型化

- リー一, 家政誌, **34**, 577-580 (1983)
- 31) 高部啓子, 布施谷節子: 最近 50 年間に於ける本学女子学生のからだつきの特徴, 大妻女子大学紀要—家政系—, **32**, 211-220 (1996)
- 32) 柳澤澄子, 鈴木啓子, 伊藤令子, 清水 薫: 日本人女子の身体シルエットに関する一考察, 家政誌, **19**, 130-133 (1968)
- 33) 高部啓子, 松山容子, 秋月光子, 九鬼種美, 植竹桃子, 磯田 浩, 柳澤澄子: 写真計測資料による人体姿勢の解析 (第 1 報), 家政誌, **38**, 999-1007 (1987)
- 34) 津山直一: 姿勢研究, **1**, 113 (1981)
- 35) 高部啓子, 植竹種美, 植竹桃子, 松山容子, 磯田 浩, 柳澤澄子: 写真計測資料による人体姿勢の解析 (第 2 報)—人体姿勢を表す主成分の再現性—, 家政誌, **41**, 35-41 (1990)
- 36) 建石裕子: 女子大生の身体シルエットの 33 年を隔てた差異, (社) 日本家政学会関東支部家政学関連卒業論文発表会 (2001)
- 37) 高部啓子, 高橋佐智子, 松本朋子: 人体の三次元計測とその精度について, 実践女子大学生生活科学部紀要, **43**, 131-137 (2006)
- 38) 松山容子, 吉村眞由美, 山崎生美, 高部啓子: 立位体幹三次元計測値の動揺による変化, 家政誌, **46**, 25-32 (1995)
- 39) 松山容子, 山崎生美, 渡邊敬子, 片瀬眞由美, 高部啓子: 日本人若年女子背面形状の 3 次元計測と解析—衣服適合の要因として—, 家政誌, **49**, 69-76 (1998)
- 40) 高部啓子, 野川由美子: 三次元データによる胸部前面の立体形状の把握, 日本人間工学会関東支部年次大会要旨集 (2002)
- 41) 野川由美子: ベクトルによる人体立体形状の解析, 実践女子大学生生活科学研究科平成 14 年度修士論文 (2003)
- 42) Takabu, H., Takahashi, S., and Matsumoto, T.: Analysis of Shoulder Shape, in *ITAA 2005 Annual Meeting Proceedings*, 585-588 (2005)
- 43) 高橋佐智子, 松本朋子, 高部啓子: 三次元計測による肩部及び頸部形状の観察, 日本家政学会第 58 回大会要旨集 (2006)
- 44) 高橋佐智子, 松本朋子, 高部啓子: 肩部立体形状の把握と類型化, 日本家政学会第 59 回大会要旨集 (2007)
- 45) 高橋佐智子: 衣服の形態適合性に関する研究—肩部立体形状の把握と類型化—, 実践女子大学生生活科学研究科平成 18 年度修士論文 (2007)
- 46) 高部啓子: 三次元データによる身体立体形状の数量的類型化, 科学研究費研究成果報告書 (2007)
- 47) 高部啓子, 布施谷節子, 有馬澄子: 女子短大生の他者のからだつきに対する評価, 家政誌, **49**, 1021-1026 (1998)
- 48) 布施谷節子, 高部啓子, 有馬澄子: 女子短大生のからだつきに対する意識とそれを形成する要因, 家政誌, **49**, 1037-1044 (1998)
- 49) 高部啓子, 桐原美保, 布施谷節子: 被服行動の年齢変化, 実践女子大学生生活科学部紀要, **40**, 31-38 (2003)
- 50) 桐原美保, 布施谷節子, 高部啓子: 被服行動の発達と身体発達との関連, 家政誌, **56**, 115-123 (2005)