

ピンチカリパーによる皮下脂肪厚測定値と  
軟線X-線写真による計測値の比較

所属学科目： 体力学

著 者： 吉儀 宏

論文指導教員： 栗本 閔夫

合格年月日 昭和48年3月5日

論文審査委員

石 河 利 寛

加 賀 秀 夫

山 本 幹 夫

目 次

	頁
第1章 緒 言	1
第2章 文献考証	3
第3章 目 的	15
第4章 実験方法	
第1節 被験者	17
第2節 ピンチカリパーによる皮脂厚測定	
(1) 測定器具	21
(2) 測定部位	22
第3節 軟線X-線フィルムによる皮脂厚計測	
(1) 使用機種	23
(2) 撮影部位	23
(3) 撮影方法	23
(4) 皮脂厚計測方法	24
第5章 結果と考察	
第1節 二種の異なるピンチカリパーによる皮脂厚測定値の比較	27
第2節 軟線X-線フィルムによる皮脂	

厚計測値の信頼性

(1) 同一フィルムによる計測値の信頼性 ----- 31

(2) 同一部位に於ける異なるフィルムからの計測値の信頼性 ----- 33

第3節 ピンチカリパーによる皮脂厚測定値と軟線X線フィルムによる計測値の比較

(1) ピンチカリパーによる測定値 ----- 34

(2) 軟線X線フィルムによる計測値 ----- 37

(3) ピンチカリパーによる測定値とX線フィルムからの計測値の平均値の比較 ----- 39

(4) ピンチカリパーによる測定値とX線フィルムからの計測値の相関 ----- 43

第6章 結論 ----- 48

第7章 要 約	51
謝 辭	54
文 獻	55
英文抄錄	59

## 第1章 緒言

人体のパフォーマンスに關与する研究分野に於いて最も古くから取扱われて来たものの一つは身体計測であらう。<sup>34)</sup> 体力や運動能力の諸変量が身長、体重をはじめとする体格要素と高い相関を示している事は否み得ない。<sup>32) 36)</sup> 又、いろいろな運動種目の選手の体格特性も研究されて来ている。<sup>46) 50) 51)</sup> しかし人体は均質な組成によつて構成されているものではないから、その外形的寸法が意味するところには、おのずから限度がある。

人体の内的組成に觀察される個人差がパフォーマンスと關連して注目され、身体組成の問題が取り上げられて来た。<sup>8)</sup> この身体組成の変量の中で、最も簡素な手法によつて測定可能なものは皮下脂肪厚であり、これの測定はごく普遍的に行なわれて来ている。皮下脂肪厚の測定値と体力や運動能力のパフォーマンスとの關連を検討した研究も数多く行なわれて来た。<sup>1) 30) 40) 42) 48) 49)</sup> 又、成長期の肥満や老化現象として

の肥満の様な健康管理上の問題<sup>25) 29)</sup>として皮下脂肪厚の測定も行なわれている。

しかしながら、この様に極めて重要な意味を持ち、しかも広範囲に用いられている皮下脂肪厚測定値にはかなり根本的な問題が未解決のまま残されている。

本研究は、皮下脂肪厚測定の手法とその精度を検討しようとする一つの試みである。

## 第2章 文献考証

Brožek<sup>8)</sup>は1963年に身長、体重及び $\mu$ 体格指数を越えて“Fourth Dimension”, 更に機能的な概念の“Dynamic Anthropometry”としての身体組成について194編の文献を引用した<sup>1)</sup>総説をものし、人体計測自体が“goal”ではなくて、何らかのgoalを達成するための“tool”でなければならぬと結論した。

身体組成については、体比重を測定して全体脂肪量と“lean body mass”の割合を検討した<sup>13) 14) 16)</sup>ものや、<sup>13) 14) 16)</sup>稀釈法によって全体水分量を測定して<sup>3) 4) 17) 27)</sup>体脂肪量を算出したもの、あるいは<sup>38)</sup>体比重と皮脂厚とが高い相関を有する事から<sup>23) 38) 45) 48) 49)</sup>身体数部位の皮脂厚を測定し、重回帰によって体比重を推測した<sup>23) 38) 45) 48) 49)</sup>ものなど種々の方法による研究がなされて来た。

このうち皮脂厚測定値から全体脂肪量及び体比重を推測する試みに関連して、皮脂厚測定の方法及び皮脂厚の年令的、性的特性を検討した研究は数多い。ここでは特にこの分野

の文献を中心に考証を試みる。

Thompson<sup>(12)</sup>らによれば、現在、皮脂厚測定の方法として広く用いられているピンチカリパー法の最も古い利用者は1890年のRickenである。その後、カリパーに種々の改良が加えられ、近年はMNL-Caliper, Harpenden Caliper, Minnesota Caliperなどが普及している。日本に於いても榮研式皮下脂肪計及びMinnesota Caliperと同型のKEYS SKINFOLD CALIPERが製作されているが、その原理はいずれも同一である。

Edwards<sup>(15)</sup>らはSKINFOLD CALIPERのデザインと正確さを調べる目的で、接点面積の異なったFranzen typeのカリパーの圧力を色々に変化させて皮脂厚を測定する種々の実験を行なった。この結果、カリパーの圧力に関しては被験者の苦情がなければ測定値の再現性が最も高い $15 \text{ gram/mm}^2$ が望ましいが、標準圧力として $10 \text{ gram/mm}^2$ の圧力を提案した。又、カリパーによる測定値を $0.1 \text{ mm}$ の単位まで読もう



とあるならば、二層の皮膚の厚さを修正し、カリパーの読みをロガリズムに置き換える必要があると述べた。

Pascale<sup>38)</sup>らは88人の若い兵士の体比重と皮脂厚との相関を検討する研究に於いて、接点面積の異なる ( $25\text{mm}^2$  と  $40\text{mm}^2$ , 圧力はいずれも  $10\text{gram/mm}^2$ ) 二種のピンチカリパーによって、身体10部位の皮脂厚測定を行ない、体比重との相関を比較したところ、1部位を除いて接点面積の小さなカリパーによる測定値の方が高い相関を示した事を報告し、又、腋窩中央胸部、乳頭近接胸部、上腕背部の皮脂厚値の組み合わせによって体比重が最も高く予測される ( $R=.85$ ) 事を報告した。

Lee と Ng<sup>33)</sup> は1才から74才迄の中国人の屍体71体を対象として、9部位に於ける皮脂厚をピンチカリパーによって測定した後、その部位を切開し、皮膚と皮下脂肪の厚さを直接測定して両者を合計した値とピンチカリパーによる測定値を比較した結果、.61～.92の相

関を算出した。彼らはこの値をもとに、ピンチカリパー測定値を実際の皮脂厚値に修正する回帰直線を求めた。又、皮膚のみの厚さに関して、11才迄の子供では男女差はないが、11才以上では男子の皮膚が厚い事を報告している。

6) Brožek と Kinzey は 20才から 69才の男子 107名を被験者として上腕指部、下腿背部、肩甲骨下角部及び腹側部の皮脂厚を、一定圧力が 5, 10, 20 gram/mm<sup>2</sup> の三種類のピンチカリパーを使用して測定した結果から、異なった圧力を持つカリパーの示す値の割合が部位によって違う事を認め、部位によって皮脂厚の“Compressibility”が異なる事を推論した。又、年齢の増加に伴って皮膚の Compressibility が減少する事が年齢に伴う皮脂厚の増大を過大に評価する傾向にあると述べ、更にこの様な要素をより明確に観察するために、ピンチカリパーによって圧縮された皮脂厚のデータは圧縮されていない状態での測定値と比較され

なければならぬと結論した。後に Brožek<sup>カ</sup>は圧縮されていない皮脂厚の測定方法として X-線写真撮影法を提案している。

X-線フィルムに現われた影像から皮脂厚を計測する手法を最初に用いたのは、<sup>註1)</sup>森によれば、1929年の Nylin<sup>2)</sup>で、胸部 X-線フィルムから腋窩下部の皮膚プラス皮下組織の厚さを測定したとされているが、Garn<sup>23)</sup>は X-線法の最初の紹介者は 1940年の H.C. Stuart<sup>2)</sup>だとしている。

その後、Baker<sup>2)</sup>は、上腕部と大腿部の X-線フィルムから皮膚プラス皮下脂肪の厚さを計測し、ピンチカリパーによる同部位の皮脂厚測定値と比較したところ、両測定値の間に、.952の極めて高い相関を算出した。

Garn<sup>22)</sup>と Gorman<sup>22)</sup>は 21才から 22才の男子 65名を対象として、腋窩中央線上の下胸部に於ける皮脂厚をピンチカリパーと X-線フィルムによって測定し両測定値を比較した結果、皮脂厚分布に正方向の高い歪度を認めしたが、両測定値の間に .88 の相関を算出した。又、二

註1) 森博愛：Skinfold 測定法および軟部組織 X-線法による体内脂肪量の評価、井本醫科器械 K.K. 作成パンフレット、福岡市東区学前町 (1956)

層に換算したX-線フィルム計測値の平均値に  
 対するピンチカリパー測定平均値の割合は約  
 70%であり、彼らが使用した300gramの圧力（  
 接点面積 $30\text{mm}^2$ ）を有するカリパーによって  
 組織が約30%圧縮された結果によるものであ  
 ると述べた。

この圧縮率よりも更に大きな圧縮率43%が  
 Hammond<sup>26)</sup>によって報告されている。

BrožekとMori<sup>5)</sup>は52才から62才の男子の上腕  
 背部に於ける皮脂厚のピンチカリパー（圧力  
 $10\text{gram}/\text{mm}^2$ ）による測定値はX-線フィルムによ  
 って計測された値の平均84%（圧縮率16%）  
 であったと報告している。

Clarke<sup>9)</sup>らは30名の大学生男子を被験者とし  
 てX-線フィルムの影像から計測された種々の  
 値と、同部位の形態計測手法による値を比較  
 する試みの中で、上腕三頭筋部の皮脂厚をX-  
 線フィルムから計測し、ピンチカリパーによ  
 って測定された同部位の皮脂厚との比較を行  
 ったところ.79の相関を算出した。この比

較に用いられたピンチカリパー測定値の、同一テストによる再テストの信頼性は.98であった。又、被験者の脱力時と緊張時に撮影したX線フィルムからの皮脂厚計測値の信頼性は、同一フィルムでは.99と.96、異なったフィルムでは.95と.92であった。

ピンチカリパーやX線フィルムによる皮脂厚測定の方法に対して、近年、超音波を利用した皮下組織の測定が試みられている。

Sloane<sup>(44)</sup>は18才から26才の白人男子を対象にして、体比重を推測する研究に於いて、ピンチカリパーによって測定された身体7部位の皮脂厚と体比重との相関を算出し、同時に測定された超音波による同部位の皮脂厚と体比重の相関とを比較したが、ピンチカリパー測定値の方が体比重と高い相関を示した。

又、圧縮されたピンチカリパーによる測定値は、超音波で測られた単層の皮脂厚値を二倍した値よりも小さいが、その割合は部位によ

って、あるいは被験者によってかなり異なる事を報告した。

勝木<sup>28)</sup>らは超音波による身体組成測定装置を使用して、右前腕最大屈部に於ける皮脂厚を測定し、同部位のピンチカリパーによる測定値及び軟線X線フィルムから計測された値と比較した。この結果、超音波による値はX線フィルムの値に対し、その差が1mm以下のレベルにある事を観察した。又、ピンチカリパーによる測定について、皮下脂肪層の発達した被験者では皮膚をつまみあげる事がかなり困難であり、もしカリパーによる測定方法が器差や検者による差が大きく測定値に主観の入るのを避けられないとすれば、超音波法による測定値の客観性と正確性は貴重であると述べた。しかし、この装置による測定法のいくつかの問題点も同時に指摘している。

この様な方法によって測定された皮脂厚の、身体に於ける分布状態や皮下脂肪蓄積量の性

差及び年齢差について研究された論文は多い。

Garn<sup>20)</sup> は20才から69才の白人男子87名の身体9部位に於ける皮脂厚をX線フィルムにより計測し、各部位の測定値の間に.33~.79の相互相関を算出した。平均値の比較では腸骨稜上部の値が最も大きく、下腿前部の値が最も小さい値を示した。又、体重の差によって各部位に於ける脂肪蓄積量の割合が異なる事を観察した。又、彼は児童期に於ける骨年齢と皮下脂肪の厚さに有意な正の相関を報告している。<sup>24)</sup> 更に、相対的に皮下脂肪の蓄積パターンに於ける個人差について他の研究<sup>21)</sup>で議論し、蓄積パターンは、ある永久的な、栄養ストレスの変化に対抗する個人的な特性であり、半先天的に決定されるものであると述べた。

Piscopo<sup>39)</sup> は三つの人種から成る被験者の身体4部位に於ける皮脂厚測定値間の相互相関を見た結果、.60~.95の高い相関を報告したが、人種による脂肪蓄積量の有意な差を認められた。

Shephard<sup>41)</sup>らは、体比重と皮脂厚の関連を見る研究の中で、種々の年齢層から成る被験者518名の身体8部位に於ける皮脂厚を測定した結果、子供と若い成人の測定値分布に有意な正の歪度と高い尖度を観察した。又、体比重を最も高い精度で予測する皮脂厚値は、上腕三頭筋部、肩甲骨下角部、腹側部の合計値である事を報告した。

Fry<sup>42)</sup>らは、6才から18才の香港に住む中国人男子3975名、女子3903名の身体4部位に於ける皮脂厚を測定し、年齢別及び性別に検討したが、同一年令に於ける女子の皮脂厚は男子に比較して有意に大きい事を観察し、この傾向は年齢が進むにつれて強くなる事を報告した。又、被験者を“socio-economic group”に分けて比較した場合、“high”グループは“middle”, “low”グループよりも厚い皮脂厚を示す事も観察した。

Škerlj<sup>43)</sup>らは、84名の女性被験者を18~30才、31~45才、46~67才の三年令層グループに分



け、皮脂厚測定を行なった結果、年齢層によつて皮下脂肪蓄積量の体内分布状態が異なる事を認めた。又、高年齢グループの被験者に、体肢の皮脂厚に比較した体幹の皮脂厚が厚い者が多い事から、体型に於ける年齢的变化について議論した。

伊達<sup>10)</sup>は、小学校児童男子 1002 名、女子 931 名を対象に皮脂厚測定を行なった。この結果、測定した三部位全てに於いて、女子の平均値が男子に比較して有意に大きく、この傾向は年齢が進むにつれて強くなると報告した。又、測定値の分布は正方向の歪度を示し、正規分布をなしていない事及び最大値と最小値の差は著しく、年齢の増加に伴つてその差は広がつていく傾向を観察した。更に彼は別の報告<sup>11)</sup>で、三部位の皮脂厚測定値間の相関を、男子に於いて .828 ~ .894, 女子に於いては .657 ~ .885 と、極めて高い値を算出した。

こうした特性及び傾向を持つ皮脂厚の測定

値を他の形態計測値と比較した研究も多い。

Dempsey<sup>12)</sup>はX線フィルムから計測した下腿部の皮脂厚と、同じフィルムから計測された骨及び筋肉組織の幅との相関が高い事から、これらの関係は多分に比例的であり、皮脂厚と身体の大きさ、特に横軸の発達度との相関はかなり大きいと述べた。

又、前出の Discopo<sup>39)</sup>は10才から12才男子、647名の皮脂厚と身長の間には低い相関しか認めなかったが、体重との間には.51~.88のかなり高い相関を報告している。

ニツ森<sup>4)</sup>らは、大学生男子の胸部皮脂厚と体重の間に.57、胸囲との間に.49のそれぞれ有意な相関を算出した。

岡部<sup>37)</sup>らは、皮脂厚と長育との相関は認め難いが、幅育との相関は高い事を中学生男女の測定結果から報告し、類似の結果を、小学生に於いては今野<sup>31)</sup>と岡部<sup>31)</sup>が、中学生から高校生に於いては三宅<sup>35)</sup>が、又、高校生と大学生に於いては田中<sup>47)</sup>が、それぞれ報告している。

### 第3章 目的

前章で考証された如く、皮脂厚測定には種々の方法が試みられ、異なった測定方法による測定値の比較も行なわれているが、皮脂厚測定値の分散範囲は他の形態計測値のそれと比較して極端に大きく、異なった方法による測定値の間には高い一致性が算出され、いずれの測定方法にも高い信頼性及び妥当性がある様に解釈される危険性がある。又、極度に正方向に歪んだ分布のために全体を通じた無作意抽出サンプルによる検討にも問題がある。更に、薄い皮脂厚と厚い皮脂厚を指先でつまみとり、ピンチカリパーを当てがう場合の条件が同一であるかにも疑問がある。

この理由により本研究は、男女別に同一年齢層に於ける、あらかじめ皮下脂肪蓄積量の異なる事がわかっている被験者を別個の対象群として、軟線X線フィルムによる皮脂厚計測と、ピンチカリパーによる測定を同時に実施し、これらの結果より以下に挙げる各事項

についての検討を試みる。

1. 二種の異なったピンチカリパーによる  
皮脂厚測定値の比較
2. 軟線X線フィルムによる皮脂厚計測値  
の信頼性
3. ピンチカリパーによる皮脂厚測定値と  
軟線X線フィルムによる計測値の比較

## 第4章 実験方法

### 第1節 被験者

#### 皮下脂肪厚別対象群の編成

a) 男子：予備実験として、一般大学生と形態的に有意差のない順天堂大学医学進学課程1,2年に在学中の男子学生104名に対して、

1) 左上腕三頭筋部 — 肩峰と肘頭を結ぶ線の二分点。 2) 左肩甲骨下角部 — 肩甲骨下角の約2cm下部。 3) 左腹側部 — 腋窩中央を通る垂線と臍を通る水平線が交わる部分。の3部位の皮脂厚を KEYS SKINFOLD CALIPER を使用して測定し、3部位の皮脂厚合計値に於ける第1四分位点と第3四分位点を区切りとし、3被験者群を編成する事とした。

予備実験による3部位皮脂厚合計値の分布状態及び第1四分位点 ( $Q_1$ ) と第3四分位点 ( $Q_3$ ) の位置は Fig. 2. に示される。

この結果、本研究の被験者として、皮下脂肪の蓄積量が確かに少ないグループ（以下 A グループと呼ぶ）には、左上腕三頭筋部、肩甲

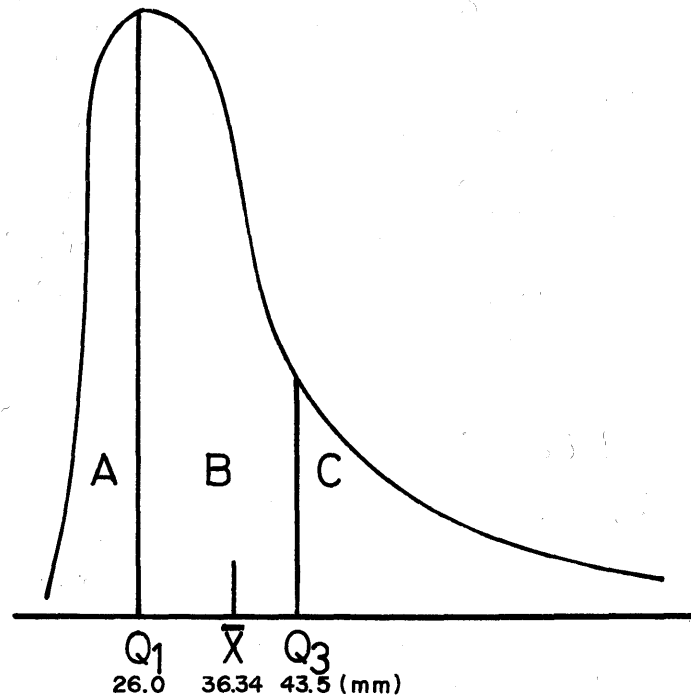


Fig. 1. Distribution of skinfold measurements (sum of three sites) showing the quartiles to be used in classification of the three experimental groups. (Males: data obtained in the preliminary investigation)

骨下角部，腹側部の皮脂厚合計値が、第1四分位点の26.0mm未満の者を当てる事とし、蓄積量の平均的なグループ（以下Bグループ）には第1四分位点から第3四分位点の間、つまり26.0mm以上43.5mm未満の者、蓄積量の確かに多いグループ（以下Cグループ）

には、合計値が  $43.5\text{mm}$  以上の者をそれぞれ当てる事とした。

実際の被験者には、順天堂大学体育学部及び医学進学課程学生の中から、A, B, Cの各グループに該当する者を無作為に選出した。最終的な被験者数は、Aグループ 33名, Bグループ 33名, Cグループ 30名で、彼らの年齢は18才～22才, メディアン21.2才であった。

Ⓒ) 女子: 男子の場合と同様に、予備実験として和洋女子大学1, 2年生に在学中の学生51名に対して 1) 前腕最大屈部 2) 上腕三頭筋部 3) 上腕=頭筋部 4) 腓腹筋部<sup>註1)</sup>の4部位の皮脂厚測定を実施し、4部位の測定値を合計した値の分布をもとに、男子と同様の手法を用いて3被験者群を編成する事とした。

Fig. 2. に女子の被験者群編成の根拠となった4部位皮脂厚合計値の分布及び第1四分位点と第3四分位点の位置を示す。

この結果、女子に於けるAグループは、4

註1) 測定管理上の問題により、測定部位は男子と異なる。  
又、部位の詳細については p. 22-p. 23 「ピンチカリパーによる測定部位」参照

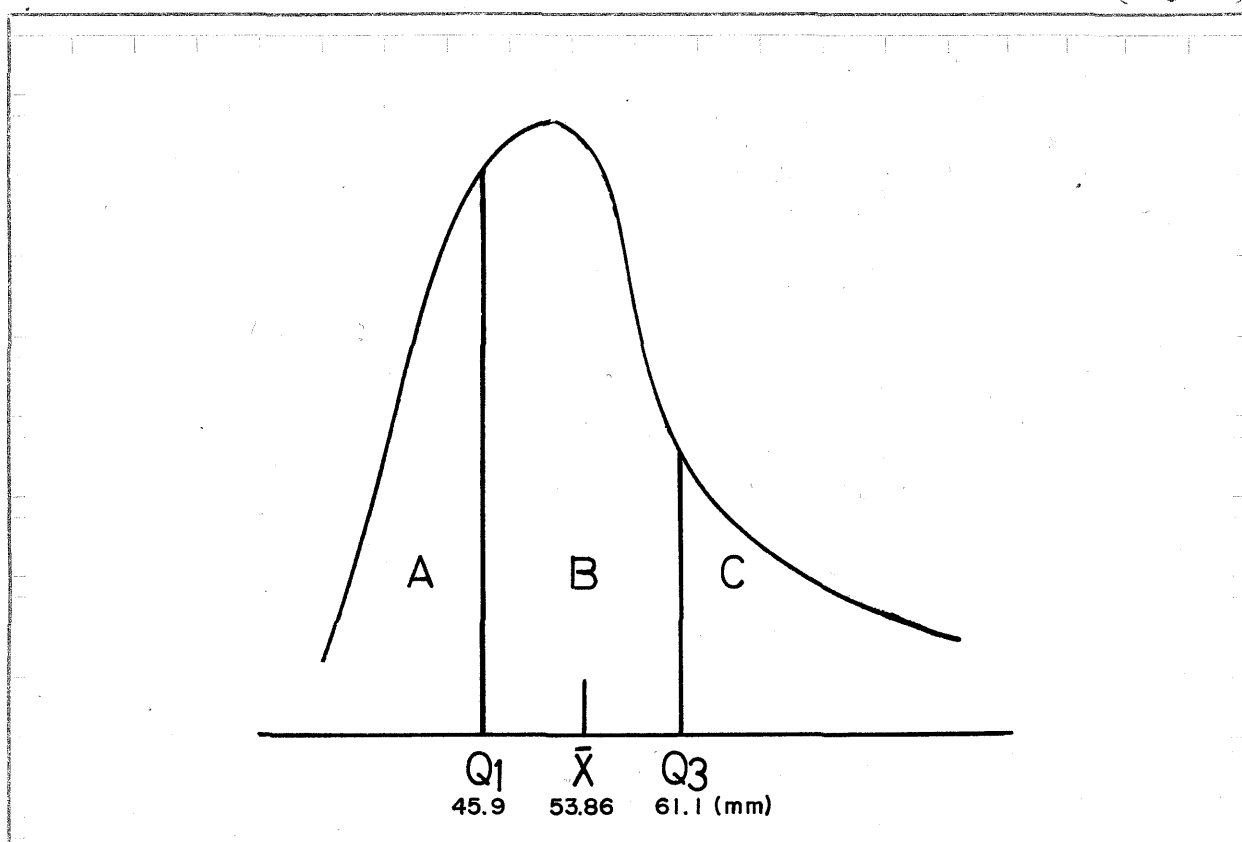


Fig. 2. Distribution of skinfold measurements (sum of four sites) showing the quartiles to be used in classification of the three experimental groups. ( Females: data obtained in the preliminary investigation )

部位合計値が 45.9mm 未満の被験者，Bグループは 45.9mm 以上 61.7mm 未満の被験者，Cグループは 61.7mm 以上の被験者でそれぞれ群を構成する事とし、実際の被験者には、和洋女子大学，千葉商科大学，習志野高等看護学校に在学中の女子学生の中から，A，B，



この各グループに該当する者を当てる事とした。

最終的な被験者数は、Aグループ 25名、Bグループ 31名、Cグループ 26名で、彼女達の年齢は 18才から 22才、メディアン 19.6才であった。

## 第2節 ピンチカリパーによる皮脂厚測定

### (1) 測定器具

異なったタイプのピンチカリパーによる皮脂厚測定値を比較する目的のために、本研究では次の二種類のピンチカリパーを使用した。

- 1) 井本医科器械製 KEYS SKINFOLD CALIPER  
(接点面積  $25\text{mm}^2$ , 圧力  $10\text{gram}/\text{mm}^2$ )
- 2) 明興社製 栄研式皮下脂肪計  
(接点面積  $20\text{mm}^2$ , 圧力  $10\text{gram}/\text{mm}^2$ )

この二種類の器具は Fig. 3. に示される。

計測に際しては、両器種とも  $\frac{1}{4}\text{mm}$  を読み取りの最小単位とし、測定方法の詳細は、順天堂大学形態計測実施要領<sup>註1)</sup>に記された方法に

註1) 順天堂大学、体格・体カ・運動能力累加測定のために用意されたパンフレット：順天堂大学体育学部体育測定研究室編

準じた。

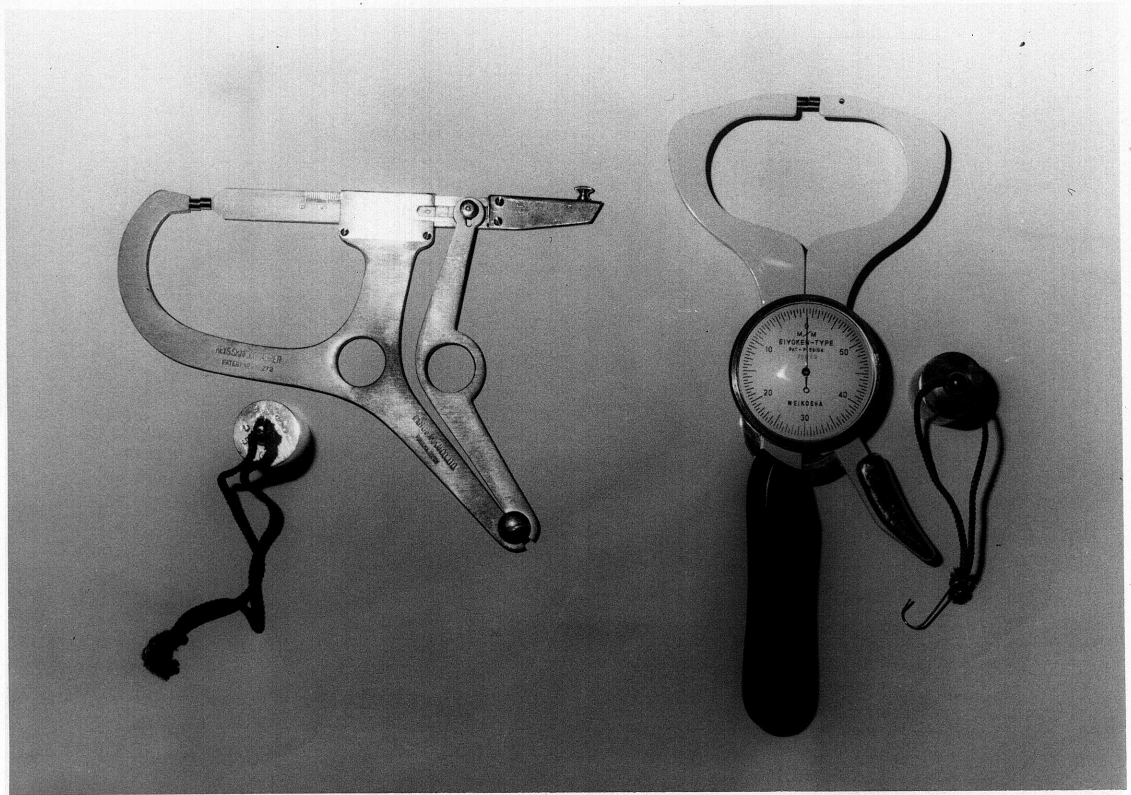


Fig. 3. Two pinch-calipers of different design experimented in the present study.

Left : KEYS SKINFOLD CALIPER, calibration weight 250g.

Right: EIYOKEN-TYPE SKINFOLD CALIPER, calibration weight 200g.

## (2) 測定部位

ピンチカリパーにより次の部位の皮脂厚測定を実施した。測定はいずれも身体左側に於いて行なわれた。

1) 前腕部 — 最大围部外側

- 2) 上腕三頭筋部 — 肩峰と肘頭を結ぶ線の中央背部
- 3) 上腕二頭筋部 — 肩峰と肘頭を結ぶ線の中央前部
- 4) 腓腹筋部 — 下腿最大囲部背部

### 第3節 軟線X-線フィルムによる皮脂厚計測

#### (1) 使用機種

皮脂厚計測のためのX-線写真撮影には、ソフテックス社製 SOFTEX TYPE K-2 (入力、AC100V, 最高電圧 60 KVP) を使用し、フィルムは FUJI X-RAY FILM KX ホット切版を使用した。

#### (2) 撮影部位

完封防護箱を用いて、軟線X-線により次の部位を撮影した。

- 1) 左前腕部
- 2) 左上腕部
- 3) 左下腿部

#### (3) 撮影方法

X-線撮影に当っては、直径 20 mm, 厚さ 2.5

mmの正円アルミニウム板を、ピンチカリーパーによる皮脂厚測定部位の直上5mmの皮層面に両面接着カラーで固定し、アルミニウム板の平面がフィルム面に対して垂直となる様に被験者の上、下肢を位置させ、50 KVP, 10mAの出力で上肢の場合は1.5秒、下肢の場合は2.0秒間照射して撮影した。尚、軟線X線フィルムによる皮脂厚計測値の信頼性を検討するために、男子被験者の前腕部は前後二回にわたって撮影した。

被験者及び実験者の安全保護のため、撮影部位以外の身体部位にX線が当たらない様、鉛製密封防護箱を使用し、更に、上、下肢の差し入れ口には含鉛布を二重にかぶせて撮影するなどの配慮が払われた。この軟線X線写真撮影の状況はFig. 4.に示される。

#### (4) 皮脂厚計測方法

現像処理の終了したフィルム面からの皮脂厚計測は、アルミニウム板下端直下5mmの位置の皮脂厚を影像ホリノギスを使用して $\frac{1}{20}$ mmまで

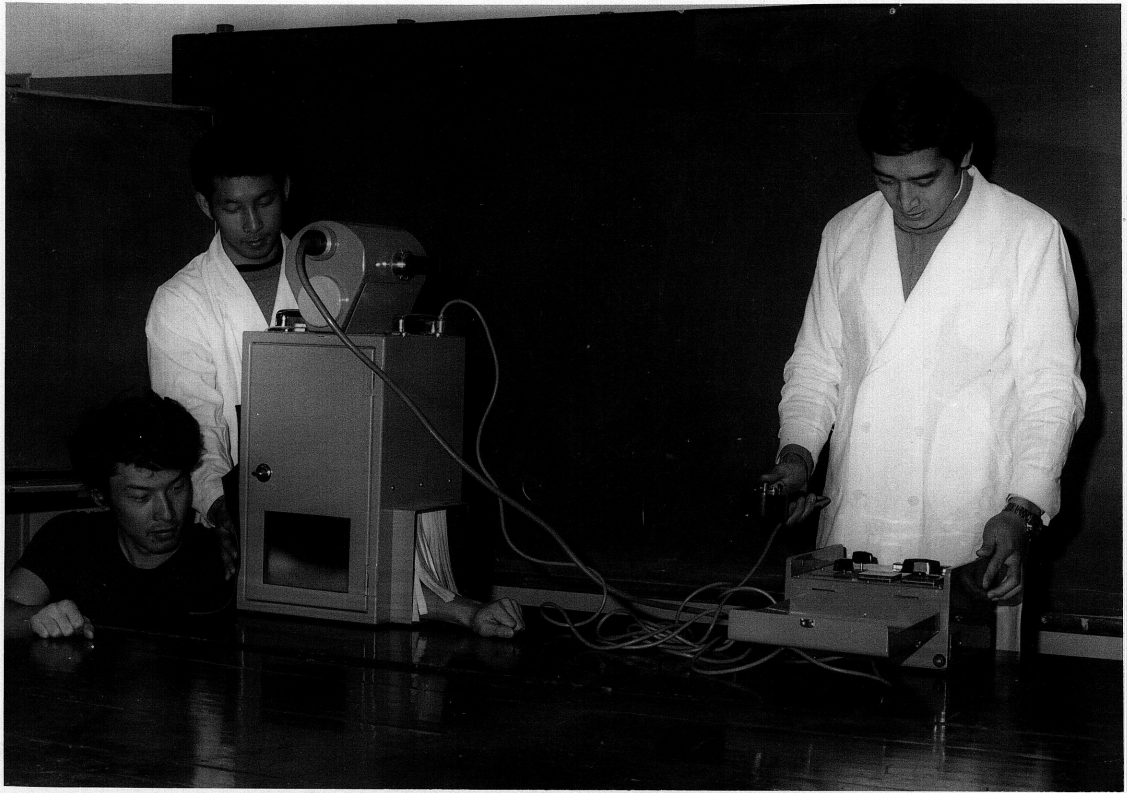


Fig. 4. Soft tissue X-ray unit in use, showing the protective device.

読み取った。尚、実測 20mm であるはずのア  
 ルミ板の影像直径を、同様の方法で読み取り、  
 この誤差値からフィルム影像と実測値のむす  
 び及び拡大率を算出し、皮脂肪厚の実測値修正  
 を行なった。

現像された X 線フィルムの密着焼付による

写真は Fig. 5. に示される。

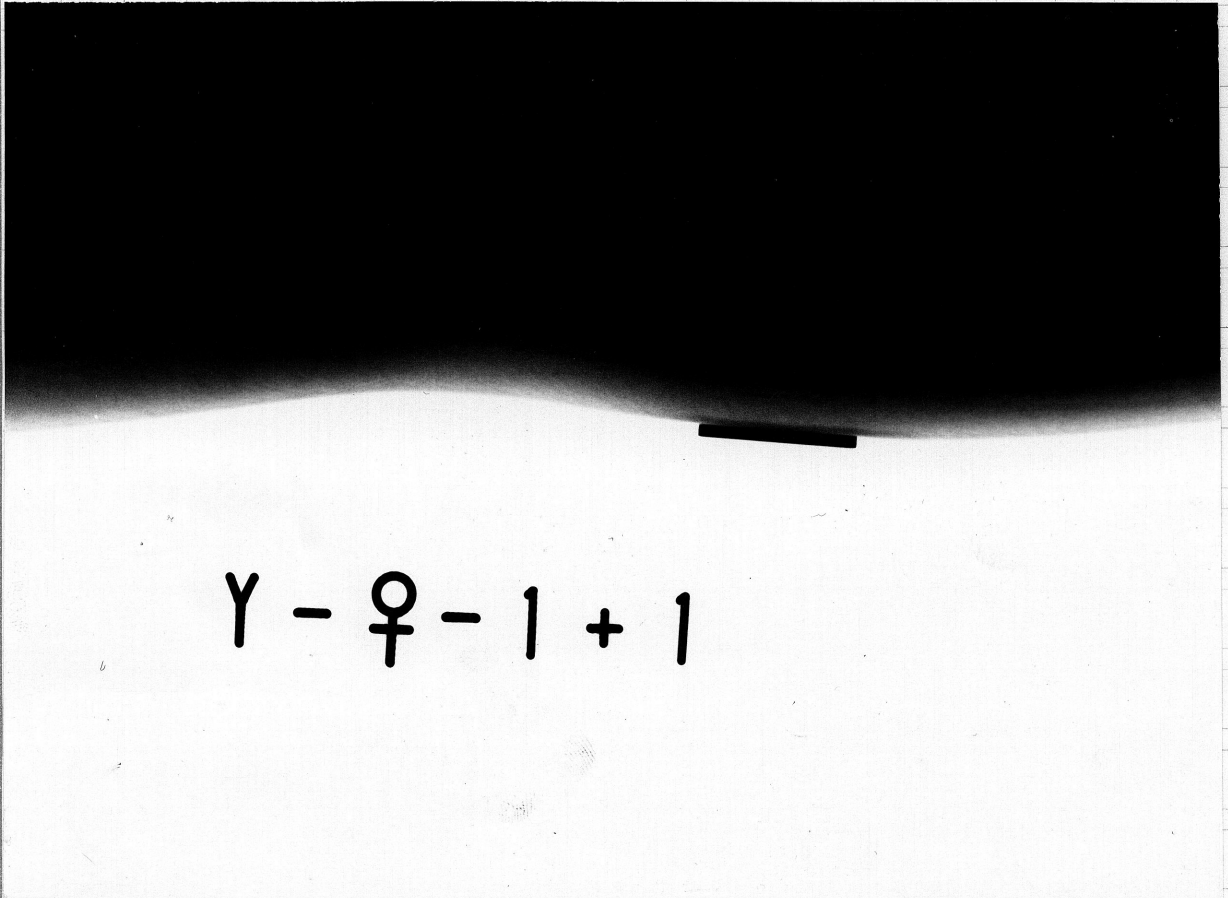


Fig. 5. X-ray image of the subcutaneous fat with the aluminum disc showing the correction factor of the image and the exact site measured by the calipers.

## 第5章 結果と考察

### 第1節 二種の異なったピンチカリパーによる皮脂厚測定値の比較

異なった種類のピンチカリパーによる皮脂厚測定値を比較検討する目的に対して実施された KEYS SKINFOLD CALIPER と 栄研式皮下脂肪計による前腕部, 上腕三頭筋部, 上腕二頭筋部及び腓腹筋部に於ける皮脂厚測定値と二種のカリパー値の相関及び平均値の差の検定の結果が Table 1. に示される。

両カリパーによる測定値の相関は、男子 A グループの上腕二頭筋部を例外として、いずれも .96 を越える高い一致性を示している。低い値を示した男子 A グループの上腕二頭筋部 ( $r=.9193$ ) は測定値の絶対値が全グループの全2の部位を通じて最も小さく、カリパーの刃の当て方の僅かな違い、あるいは目盛の読み方の多少のズレなどによる誤差が両カリパー値の相関を低くしたものと考えられる。男女共、測定値が相対的に最も大きな C グル

Sub. Group	Site Calipers	(1) Forearm (mm)		(2) Triceps (mm)		(3) Biceps (mm)		(4) Calf (mm)	
		KEYS	EIKEN	KEYS	EIKEN	KEYS	EIKEN	KEYS	EIKEN
Male A ( N=33 )	$\bar{X}$	3.49	3.43	4.14	4.08	2.41	2.38	6.55	6.55
	SD	.40	.42	.48	.45	.30	.28	2.01	2.02
	r	.9713		.9663		.9193		.9958	
	t	3.407**		2.738*		1.430		0	
Male B ( N=33 )	$\bar{X}$	4.52	4.49	6.36	6.14	3.32	3.29	8.18	8.29
	SD	.96	.99	1.63	1.54	.91	.88	2.12	2.18
	r	.9931		.9840		.9846		.9951	
	t	1.430		4.187**		1.061		2.812**	
Male C ( N=30 )	$\bar{X}$	8.65	8.62	12.97	12.87	7.00	7.03	17.38	17.50
	SD	2.51	2.45	3.50	3.45	3.30	3.36	3.58	3.61
	r	.9984		.9990		.9974		.9969	
	t	1.061		3.297**		.653		2.272*	
Female A ( N=25 )	$\bar{X}$	7.71	7.73	13.69	13.51	6.46	6.44	13.28	13.39
	SD	1.41	1.45	2.90	2.99	1.79	1.77	1.87	1.90
	r	.9956		.9972		.9939		.9896	
	t	.698		3.705**		.495		1.969	
Female B ( N=31 )	$\bar{X}$	9.88	9.88	18.07	17.77	8.51	8.46	16.42	16.57
	SD	1.50	1.58	2.34	2.31	1.74	1.66	2.37	2.45
	r	.9929		.9779		.9850		.9857	
	t	0		3.456**		.898		1.978	
Female C ( N=26 )	$\bar{X}$	13.54	13.55	25.09	24.78	13.24	13.24	22.93	22.91
	SD	3.14	3.22	4.36	4.46	2.92	2.83	3.78	3.83
	r	.9985		.9971		.9926		.9935	
	t	.261		4.424**		0		.229	

\*\* .01 level of significance  
 \* .05 level of significance

Table 1.

Comparison between the skinfold readings taken by the calipers of two different design.

一フに於ける両カリパ一値の相関は、どの部位に於いても .99 を越えてゐる事から、誤差



要因の条件がほぼ同一である測定値にあっては、その測定値の相対的な大小が、異なった測定方法に於ける相関係数にかなり大きな影響を及ぼすものと考えられる。

又、同一部位に於ける両カリパー値の平均値の差に関しては、男子Aグループの前腕部、男女全6グループの上腕三頭筋部、男子B、Cグループの腓腹筋部に1%乃至5%水準での有意差が認められた。前腕部と上腕三頭筋部の有意差はいずれもKEYSカリパーの値が大であり、腓腹筋部に於ける有意差は榮研式カリパーの値が大であった。

本研究で使用したこの二種のピンチカリパーの特徴的な差異は、KEYSカリパーが接桌面積 $25\text{mm}^2$ の刃に、あらかじめカリプレートされた一定圧力 $250\text{g}/25\text{mm}^2$ の印まで験者が指で圧を加えていくのに対して、榮研式カリパーは接桌面積が $20\text{mm}^2$ とKEYSのものよりも小さく、その刃を皮膚面に当てがって験者が指を放せば自動的に一定圧力 $200\text{g}/20\text{mm}^2$ が加えられ

る様に設計されている点である。前者が、上肢の相対的に皮下組織の柔軟な部位では大きな値を出し、下肢の比較的ひきしまった部位では小さな値を出すのに対して、後者がその反対の傾向を示す事は、接点面積の大小と、つまりみ取られた皮膚表面の張力の差に関連するのではないかと推測された。

又、本研究で使用した両カリパーの一定圧力は、 $1\text{mm}^2$ 当りに換算した場合  $10\text{g/cm}^2$  と同一であるが、Edwards<sup>(5)</sup>らが実験した様に、カリパーの圧力を種々変化させた場合の測定値の変動を観察すれば、皮膚面に於ける張力との関連が更に明確になると思われる。

しかしながら、両カリパーの測定値の間に有意な差が認められたそれぞれの部位に於いても、両者の相関はいずれも .96 を越える極めて高い並行性を示している。この高い相関係数が、<sup>註1)</sup>“対応のある統計値”として処理された“ $t$ ”算出公式の中で大きな影響を及ぼし、常識的にはごく僅少に見えるこれら平均

註1) Winer, B. J.: Statistical principles in experimental design, 39-43, McGraw-Hill: New York (1962)

値間の差を統計学的に有意にしていると考えられる。

## 第2節 軟線 X-線フィルムによる皮脂厚計測値の信頼性

(1) 同一フィルムによる計測値の信頼性  
 現像された X-線フィルムからノギスを使用して読み取った皮脂厚計測値の信頼性を検討するために、中一日を置いて前後二回にわたり同一フィルムからの計測を行なって算出した相関が、それぞれの平均値、標準偏差と共に Table 2. に示される。

男子 B, C グループ及び女子全グループの全2の部位に於ける二回の読みの相関は .99 を越え、計測された値の極めて高い信頼性を示したが、男子 A グループに於ける信頼性は他グループとの比較に於いてやや低く、特に前腕部の値 ( $r = .9140$ ) は低い。

前節で観察されたのと同様に、男子 A グループの計測値は全部位に於いて相対的に小さ

Sub. Group	Site	(1) Forearm (mm)		(2) Triceps (mm)		(3) Biceps (mm)		(4) Calf (mm)	
		1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
		$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
Male A ( N=33 )		2.373	2.405	3.176	3.217	2.286	2.335	4.563	4.600
		.292	.326	.651	.632	.484	.445	1.084	1.087
	r	.9140		.9712		.9533		.9888	
Male B ( N=33 )		3.149	3.197	5.073	5.151	3.563	3.602	5.152	5.199
		.545	.565	.974	.973	.930	.938	1.170	1.161
	r	.9946		.9958		.9946		.9964	
Male C ( N=30 )		4.918	4.900	7.980	7.975	6.191	6.196	7.505	7.517
		1.175	1.161	1.696	1.711	2.314	2.303	1.406	1.402
	r	.9995		.9994		.9997		.9993	
Female A ( N=25 )		5.463	5.472	10.709	10.699	7.419	7.432	7.780	7.781
		1.057	1.048	2.146	2.159	2.085	2.098	1.100	1.102
	r	.9996		.9998		.9999		.9999	
Female B ( N=31 )		6.497	6.497	12.849	12.843	8.398	8.388	8.682	8.677
		.889	.888	1.899	1.893	1.344	1.336	1.525	1.516
	r	.9999		.9999		.9999		.9999	
Female C ( N=26 )		7.900	7.907	16.901	16.888	11.506	11.504	10.862	10.857
		1.773	1.775	3.626	3.620	3.233	3.232	1.875	1.873
	r	.9999		.9999		.9999		.9999	

Table 2.

Reliability of subcutaneous fat readings taken on the same X-ray film.

く、分散範囲も小さいので、二回の読みの僅かな差が相関係数に大きく影響しているものと考えられる。

(2) 同一部位に於ける異なったフィルムからの計測値の信頼性

男子三グループの被験者に対して、前腕部のX線撮影を二度行ない、異なったフィルムから求めた皮脂厚計測値の一致性を示す相関係数が、それぞれの平均値、標準偏差と共に Table 3. に示される。

Sub. Group		Film 1. (mm)	Film 2 (mm)	r
Male A ( N=33 )	$\bar{X}$ SD	2.391 .303	2.414 .287	.7716
Male B ( N=33 )	$\bar{X}$ SD	3.178 .557	3.171 .620	.9428
Male C ( N=30 )	$\bar{X}$ SD	4.912 1.167	4.904 1.187	.9951

Table 3.

Reliability of subcutaneous fat readings taken on the two X-ray films exposed successively at the forearm of the male subjects.

Cグループの相関は、同一フィルムに於ける二回の読みの相関とほとんど変わらない、極めて高い一致性を示しているが、Aグループの値は低い。このグループの平均値及び標

準備差の小ささに関する相関係数への影響に加えて、二度にわたる X-線撮影時のアルミマーカーの僅かな移動が、フィルム面への拡大率に影響し、相関を低くしている程度は、B、Cグループに比較して幾分大きいという結果によるものであろうと考えられる。

しかしながら、本研究に於けるこの値は、Clarke<sup>9)</sup>らが報告している同種の相関 .92~.95 に比較して、本研究の被験者が皮下脂肪蓄積量によってグループ分けされている事を考慮すれば幾分高い。

### 第3節 ピンチカリパーによる皮脂厚測定値と軟線 X-線フィルムによる計測値の比較

#### (1) ピンチカリパーによる測定値

Table 4. に二種のピンチカリパーによる皮脂厚測定値を平均した4部位の値が示され、Fig. 6. に4部位の合計値による各グループの分布状態が示される。

Sub. Group	Site		(1) Forearm (mm)	(2) Triceps (mm)	(3) Biceps (mm)	(4) Calf (mm)
Male A ( N=33 )	A	$\bar{X}$	3.46	4.11	2.39	6.55
		SD	.41	.46	.29	2.01
Male B ( N=33 )	B	$\bar{X}$	4.50	6.25	3.30	8.24
		SD	.97	1.59	.89	2.15
Male C ( N=30 )	C	$\bar{X}$	8.63	12.92	7.02	17.44
		SD	2.48	3.47	3.33	3.59
Female A ( N=25 )	A	$\bar{X}$	7.72	13.60	6.45	13.34
		SD	1.43	2.95	1.78	1.89
Female B ( N=31 )	B	$\bar{X}$	9.88	17.92	8.48	16.50
		SD	1.54	2.33	1.70	2.41
Female C ( N=26 )	C	$\bar{X}$	13.54	24.93	13.24	22.92
		SD	3.18	4.41	2.88	3.81

Table 4.

Means and standard deviations of skinfold measurements as averaged the readings by the two calipers.

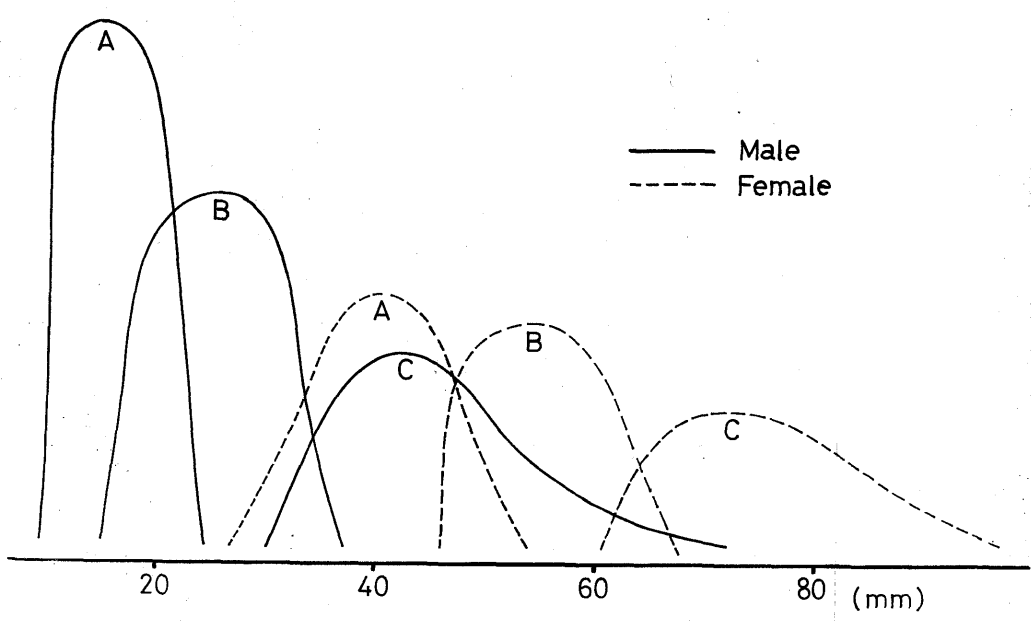


Fig. 6. Distribution of skinfold measurements taken by the calipers (sum of four sites) of each experimental group.

男女共、A、B、Cの三グループは、それぞれ差のある皮脂厚によって選ばれた被験者によって構成されたのであるから、この三グループの平均値に大きな差のある事は当然である。

女子に於ける最も皮下脂肪蓄積量の少ない被験者で構成されたAグループの平均値は、男子に於ける最も蓄積量の多いCグループの平均値に近い値を示し、皮下脂肪蓄積量に於ける、かなりはっきりとした性差が観察される。

男子A、Bグループの4部位皮脂厚合計値の分布は大きな尖度を示し、男女のCグループの分布は正の歪型を示している<sup>註1)</sup>。男女共、全体としての分布はかなり正方向の歪度を示しており<sup>註2)</sup>、伊達<sup>10)</sup>やShephardらの結果と一致している。

註1) t検定の結果、正規分布からの有意な逸脱ではない

註2) 男子全体の分布は、t検定の結果、1%レベルで正規分布からの有意な逸脱が認められる。



## (2) 軟線X線フィルムによる計測値

Table 5. に X線フィルムから計測された4部位の皮脂厚値が示され, 4部位の合計値に於ける各グループの分布状態が Fig. 7. に示される。

Sub. Group	Site		(1) Forearm (mm)	(2) Triceps (mm)	(3) Biceps (mm)	(4) Calf (mm)
Male A ( N=33 )	$\bar{X}$		4.810	6.458	4.626	9.168
	SD		.548	1.232	.916	2.164
Male B ( N=33 )	$\bar{X}$		6.354	10.228	7.168	10.356
	SD		1.156	1.944	1.868	2.326
Male C ( N=30 )	$\bar{X}$		9.822	15.958	12.392	15.026
	SD		2.346	3.410	4.616	2.810
Female A ( N=25 )	$\bar{X}$		10.938	21.412	14.854	15.566
	SD		2.106	4.308	4.182	2.196
Female B ( N=31 )	$\bar{X}$		12.994	25.696	16.790	17.362
	SD		1.778	3.794	2.676	3.046
Female C ( N=26 )	$\bar{X}$		15.812	33.794	23.014	21.724
	SD		3.548	7.246	6.468	3.748

Table 5.

Means and standard deviations of subcutaneous fat measurements as determined by the X-ray film readings. ( doubled value )

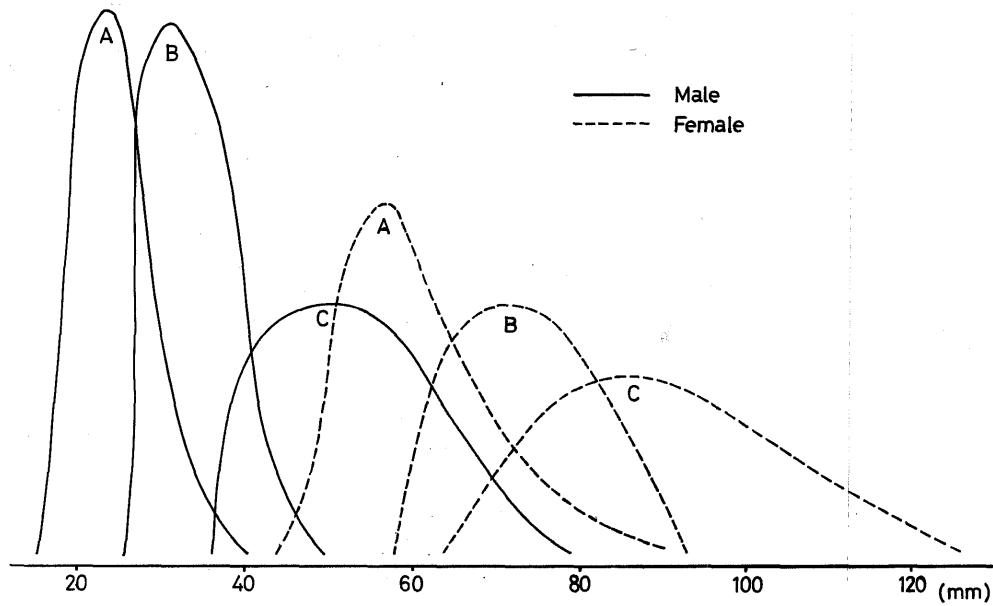


Fig. 7. Distribution of subcutaneous fat measurements taken from the X-ray films (sum of four sites) of each experimental group.

女子で最も皮脂厚の小さいAグループの平均値は、全ての部位に於いて最も皮脂厚の大きなCグループの平均値を上廻っており、この性差はピンチカリパー値で観察された性差よりも更に大きい事が注目される。  
ピンチカリパーで圧縮を受けた値でも、女

子の皮脂厚は男子のそれよりも大であるが、圧縮を受けていない X-線法の計測によって観察されたその差は更に大きい。つまり、女子の皮膚層及び皮下脂肪層は、男子のそれと比較して柔軟であり、ピンチカリパーが加える均等の圧力は、皮膚及び皮下脂肪をより深く圧縮し、比較的小きな計測値を示すのではないかと推測され得る。

分散傾向に関しては、男女共、Cグループの分散が最も大きく、男子ではAグループ、女子ではBグループの分散が小さい。いずれも全体としての分布はピンチカリパー値の場合と同様に正方向の歪度を示している。<sup>註1)</sup>

(3) ピンチカリパーによる測定値と X-線フィルムからの計測値の平均値の比較

X-線フィルムから計測された一層の皮脂厚値を二層に換算した値に対して、ピンチカリパー測定値の占める割合をパーセントで示すと Table 6. の結果となる。

註1)  $\chi^2$ 検査の結果、男子全体の分布は1%、女子全体の分布は5%のレベルで正規分布からの有意な逸脱が認められる。

Sub. Group	Site Calipers	(1) Forearm		(2) Triceps		(3) Biceps		(4) Calf	
		KEYS	EIKEN	KEYS	EIKEN	KEYS	EIKEN	KEYS	EIKEN
Male	A	72.6%	71.3%	64.1%	63.2%	52.1%	51.4%	71.4%	71.4%
	B	71.1	70.7	62.2	60.0	46.3	45.9	79.0	80.1
	C	88.1	87.8	81.3	80.6	56.5	56.7	115.7	116.5
	ave.	77.3	76.6	69.2	67.9	51.6	51.3	88.7	89.3
Female	A	70.5	70.7	63.9	63.1	43.5	43.4	85.3	86.0
	B	76.0	76.0	70.3	69.2	50.7	50.4	94.6	95.4
	C	85.6	85.7	74.2	73.3	57.5	57.5	105.6	105.5
	ave.	77.4	77.5	69.5	68.5	50.6	50.4	95.2	95.6

Table 6.

Average percentages of the caliper readings to the doubled X-ray film readings at the four sites.

部位によってカリパー値の占める割合がかなり異なっており、Brožek と Kinzey<sup>6)</sup> が述べたカリパーによる組織の被圧縮率の部位別ける差が本研究に於いても観察される。又、被験者グループによる差も観察され、脂肪蓄積量の多いグループほど大きな値を示す傾向が認められる。これらの結果は Sloan<sup>44)</sup> が Ultrasonoscope による皮脂厚測定値に比較したピンチカリパー測定値の割合について観察した結果と良く一致している。

Brožek と Mori<sup>5)</sup> は上腕三頭筋部に於ける皮脂厚の X-線値に対するカリパー値の割合を 84% と報告したが、本研究の結果はこれに比較してかなり小さく、Garn<sup>22)</sup> が腋窩中央下胸部に於いて観察した同種の値 70% に近い値を示している。

又、カリパーの種類の違いによるこの値を比較すると、上肢部位に於いては女子の前腕部を例外として KEYS カリパーの値が大であり、腓腹筋部では栄研式カリパーの値が大である。この結果は、先に観察した両カリパーの測定値の大小から当然予期された事であった。

Table 7. には、X-線フィルムから計測された 4 部位の皮脂厚値を合計した値とピンチカリパー測定に於ける 4 部位の合計値の平均値に於ける差及び X-線値に対するカリパー値の割合がパーセントで示される。

X-線値とカリパー値の差は皮下脂肪蓄積量の異なる被験者グループに関係なく、男子で

Sub. Group	(N)	(A) X-ray Film $\bar{X}$ Total (mm)	(B) Caliper $\bar{X}$ Total (mm)	Diff. (mm)	$\frac{(B)}{(A)} \times 100$
Male	A (33)	25.062	16.51	8.552	65.9%
	B (33)	34.106	22.29	11.816	65.4
	C (30)	53.198	46.01	7.188	86.5
Female	A (25)	62.772	41.11	21.662	65.5
	B (31)	72.842	52.78	20.062	72.5
	C (26)	94.344	74.63	19.714	79.1

Table 7.

Average percentages of the caliper readings to the doubled X-ray film readings: ( sum of the four sites )

は 10mm 前後, 女子では 20mm 前後と、極め  
ては、よりとした差を示している。この差は  
カリパーの圧力による皮膚及び皮下脂肪層の  
被圧縮性に於ける性差を更に明確にしている。  
又、X-線値に対するカリパー値の割合は、脂  
肪蓄積量の多い被験者グループほど大きくな  
る傾向を示している。つまりカリパーによ  
って圧縮される絶対量は、皮下脂肪の蓄積量に  
は比較的関係がない事から、X-線値に対する  
カリパー値の割合をパーセントで表した場合

には、蓄積量の多いグループが相対的に大きな値を示す結果となる

(4) ピンチカリパーによる測定値とX線フィルムからの計測値の相関

二種のピンチカリパーによって測定された皮脂厚値とX線フィルムによる同一部位の皮脂厚値の間に算出された相関が、各グループ別に Table 8. に示される。

Sub. Group(N)	Site Calipers	(1) Forearm X-ray Film Vs. KEYS EIKEN		(2) Triceps X-ray Film Vs. KEYS EIKEN		(3) Biceps X-ray Film Vs. KEYS EIKEN		(4) Calf X-ray Film Vs. KEYS EIKEN			
		Male	A(33)	.4055	.3740	.4568	.4640	.5290	.5318	.6292	.6490
			B(33)	.7277	.7130	.8917	.8648	.6493	.6169	.5482	.5545
C(30)	.8888		.8928	.8260	.8299	.8548	.8456	.5547	.5530		
Female	A(25)	.8091	.8072	.7488	.7454	.6116	.6171	.6588	.6390		
	B(31)	.4725	.4684	.4691	.4362	.4740	.5250	.6280	.6712		
	C(26)	.7791	.7757	.5952	.5991	.7142	.7103	.5949	.6171		

Table 8.

Correlations between the X-ray film readings and the skinfold measurements taken by the two calipers.

これらの相関は被験者グループによって、又、測定部位によって異なり、はっきりとした一定傾向を認める事はできない。前1節で観察した両カリパー測定値間の相関がほとんど.96を越えていた事からも予期された様に、X線値との相関に於ける両カリパーの差は極めて僅かである。又、両カリパーの平均値の比較に於いて観察された部位に関する一定傾向は、ここでは認められない。

被験者グループ別に観察すると、男子に於いてはCグループの相関が、腓腹筋部を除いて比較的高く、特に前腕部に於ける榮研式カリパーとの相関.8928は、男女を通じた全測定部位に於ける相関の中で最も高い。女子ではAグループの値が他グループの値に比較して全般に高く、前腕部に於ける榮研式カリパーとの相関.8091は、女子に於ける相関の中では最も高い。同じくAグループでも男子の場合には腓腹筋部を例外として、X線値とカリパー値の相関は全般に低く、前腕部に於け



る榮研式カリパーとの相関 .3740 は、異なつた計測方法による同一部位の相関としては極めて低い。このグループの皮脂厚測定値は、男女を通じて最も小さく、皮下脂肪の蓄積量が極端に少ない被験者に対するピンチカリパー測定法の技術的な問題は検討する必要がある。女子に於いては本グループの相関が腓腹筋部を例外として低い傾向にあり、上肢部位に於ける相関はほとんど .50 に満たない。

低い相関を示した男子 A, 女子 B グループの皮脂厚値は Table 4. と Fig. 6. 及び Table 5. と Fig. 7. で観察された様に、測定値の分散範囲が他のグループに比較して小さく、このグループが示した相関係数の小ささは、大部分分散が小さい事に起因するものであろう。

本研究で三グループ別に観察されたそれぞれの部位に於ける X-線値とカリパー値の相関は Garn<sup>22)</sup> や Clarke<sup>9)</sup> によつて報告された値に比較して低いが、それは当然予期された事で、彼らの研究に於ける被験者は、全分散

範囲からの無作意抽出によるものであり、分散範囲を三つに区切った本研究の場合とは根本的に異なる。ちなみに本研究の被験者も、男女別に統合し、一つのグループとみなして各測定部位に於ける X-線値とカリパー値の相関を算出した場合 Table 9. の様な結果となり、部位によつては、すでに報告されている値よりも高い結果を示している。

Sub. Group(N)	Site Calipers	(1) Forearm X-ray Film Vs. KEYS EIKEN		(2) Triceps X-ray Film Vs. KEYS EIKEN		(3) Biceps X-ray Film Vs. KEYS EIKEN		(4) Calf X-ray Film Vs. KEYS EIKEN		
		Male (96)	.9412	.9417	.9391	.9363	.9079	.9022	.8150	.8171
		Female (82)	.8338	.8313	.8130	.8110	.7848	.7881	.7897	.8004

Table 9.

Correlations between the X-ray film readings and the skinfold measurements taken by the two calipers for the total group, i.e. disregarding the experimental subgroups.

しかしながら、本研究のサンプリング方法では、分布の中央が稀釈され、両 tail が荷重されるために、この様にして算出された相関

は不自然に大きくなるはずで、もちろんこれを Garn & Clarke らの値と同一の見地から比較する事はできない。

## 第6章 結論

本研究の結論として次の諸点を挙げる事ができよう。

1) 本研究で使用した KEYS SKINFOLD CALIPER と榮研式皮下脂肪計による皮脂厚測定値の相関は極めて高いが、両計器の特性及び測定部位に於ける皮膚表面の張力の差によって多少異なった値を示し、上肢測定部位では KEYS カリパーが大きな値を示すのに対して、下肢測定部位では榮研式カリパーが大きな値を示す傾向がある。

2) 軟線X-線写真に於ける同一フィルムからの皮脂厚計測値の信頼性は高く、特に脂肪蓄積量の多い被験者群では高い。

3) 異なったフィルムに於ける同一部位の皮脂厚計測値の一致性は、脂肪蓄積量の多い被験者群では高いが、蓄積量の少ない被験者群では低い。

4) ホンチカリパーによる皮脂厚測定値は、X-線フィルムから計測された値に対して、

かなり小さいが、その割合は測定部位によつて、又、脂肪蓄積量の異なる被験者群によつても異なる。

5) ピンチカリパーの均一の圧力によつて圧縮される皮膚及び皮下脂肪の絶対量は、男子に比較して女子が大きく、皮膚及び皮下脂肪の被圧縮性に於ける性差は明らかである。

6) ピンチカリパーによる皮脂厚測定値とX線フィルムによる皮脂厚計測値の相関は被験者が測定値の全分散範囲からのサンプリングである場合にはかなり高いが、分散範囲を区切った場合には低く、両者の相関は測定値の分散範囲の大きさに依存している。

偏向した皮脂厚の分布型のために、その測定値の精度は全分布を通じて一定ではない。均一圧で加えられるはずのカリパーの刃と皮膚及び皮下脂肪層の弾性あるいは被圧縮性の Variance は、性差と測定値の相対的な大小と

が隣連し交錯している。これに年齢の要素が加えられれば問題は更に複雑になるであろう。カリパーの圧力に対する皮膚及び皮下脂肪の被圧縮性を考慮し、性、年齢、身体部位のそれぞれについて、カリパー値の修正を行なうためには、更に広範囲な研究が必要であろう。グループの全体的傾向を見る目的のためにはピンチカリパー測定は有用な手段であろうが、厳密な皮脂厚測定値を求めるためには、X線など他の手法を用いる必要があるであろう。又、カリパー値とX線値の差に観察される個人差が何を意味するかも将来の検討課題となろう。

## 第7章 要 約

皮下脂肪厚測定値の分散範囲を調査した予備実験の結果から、分布の広範囲性及び正方向の歪度を考慮して、18才から24才の大学生男子96名、女子82名を、皮下脂肪の蓄積量によってそれぞれ三被験者群に分け、身体4部位（前腕部、上腕三頭筋部、上腕二頭筋部、腓腹筋部）の皮脂厚を二種のピンチカリパーによって測定し、同時に撮影した軟線X線フィルムからの皮脂厚計測値と比較した。

この結果、以下に要約する諸点が観察された。

- 1) 本研究で使用された二種のピンチカリパーによる皮脂厚測定値の相関は、ほぼ.96を越え、高い一致性を示したが、測定部位に於ける皮下脂肪蓄積量の相対的な差によって僅かに異なる値を示す。(0.3mm以下)皮膚表面の張力あるいは組織の被圧縮性の差異が、二種のカリパーが示す測定値に幾分影響を及ぼす様に見えた。

- 2) 軟線 X-線フィルムからの皮脂厚計測値の信頼性は、脂肪蓄積量の多い被験者群では全この部位で .99 を越えて高かったが、男子の蓄積量の少ない被験者群では .91~.98 とやや低い信頼性を示した。
- 3) ピンチカリパーによる皮脂厚測定値は、X-線フィルムから計測された値に比較して小さいが、部位によってこの割合は 50%~95% とかなり異なる。
- 4) ピンチカリパーの均一の圧力 ( $10g/mm^2$ ) によって圧縮される皮膚及び皮下脂肪の絶対量は、4部位の値を合計した場合、男子の約 10mm に対して女子では約 20mm と大きい。ピンチカリパーによって測定された場合には、男子よりも女子の皮脂厚蓄積量が大きい事は、やはりかえめに表わされる傾向にある。
- 5) 皮脂厚測定値の分散範囲は非常に大きいので、ピンチカリパーによって測定された値と X-線フィルムによる計測値の相関は、



被験者が全分散範囲からのサンプリングである場合には高く .78~.94 の結果を得た。しかし、分散範囲を区切って検討した場合には、部位及び被験者群によって値は異なり、.37~.89 と全般に低い。特に、そこに普通人口の大部分が含まれる、分散の最も小さな被験者群に於いては、両測定値の相関は低い。

## 謝 辞

本論文の作成に当たり、被験者依頼を快諾して下さいました和洋女子大学、永井信雄助教授、千葉商科大学、遠藤 隆助手、データ収集に便宜を御計り下さいました順天堂大学体育学部、菅原嘉介講師に衷心より感謝申し上げます。

又、X線写真撮影の補助を担当して呉れた岩波 力君、データ整理に協力して呉れた体育測定ゼミナールの諸君、本研究の被験者となつて頂いた諸兄姉に御礼申し上げます。

石河利寛教授をはじめとして、大学院体育学科の諸先生方並びに学友諸兄の御指導、御援助により有意義な大学院生活を送らせて頂いた事を感謝致します。

本論文に対して、計画当初より一貫して御尽力下さいました指導教員、栗本隆夫助教授に対しては感謝の言葉を知りません。

文 献

- 1) Adams, W. O. : Effect of a season of varsity track and field on selected anthropometric, circulatory, and pulmonary function parameters. Res. Quart. Amer. Ass. Hlth. Phys. Educ., 39 5-15 (1968)
- 2) Baker, P. T. : Relationship of desert heat stress to gross morphology. Quartermaster Research and Development Center, Environmental Protection Division, Technical Report EP-7, (1955) — Thompson, C. W., Buskirk, E. R. and Golman, R. F. : Changes in body fat, estimated from skinfold measurements of college basketball and hockey players. Res. Quart. Amer. Ass. Hlth. Phys. Educ., 27 418-430 (1956) 2731甲
- 3) Boling, E. A. and Lipkind, J. B. : Body composition and serum electrolyte concentrations. J. Appl. Physiol., 18 943-949 (1963)
- 4) Boling, E. A. : Changes in body composition during illness and convalescence. Science, 110 978-983 (1963)
- 5) Brožek, J. and Mori, H. : Some interrelations between somatic, roentgenographic and densitometric criteria of fatness. Human Biol., 30 322-336 (1958)
- 6) Brožek, J. and Kinzey, W. : Age changes in skinfold compressibility. J. Geront., 15 45-51 (1960)
- 7) Brožek, J. : Some somatic age changes observed in man in the context of in vivo studies of body composition. Morfologie, X 151-160 (1962)
- 8) Brožek, J. : Quantitative description of body composition: Physical anthropology's "Fourth" dimension. Current Anthropol., 4 3-39 (1963)
- 9) Clarke, H. H., Geser, L. R. and Hunsdon, S. B. : Comparison of upper arm measurements by use of roentgenogram and anthropometric techniques. Res. Quart. Amer. Ass. Hlth. Phys. Educ., 27 379-385 (1956)
- 10) 伊達金鏡二 : 児童の身体組成に関する研究 第1報 児童の皮下脂肪厚分布. 特に皮下脂肪厚の個人差, 性差, 年齢差, 地域差について 体質医学研究所報告, 21 53-91 (1971)
- 11) 伊達金鏡二 : 児童の身体組成に関する研究 第2報 児童の皮下脂肪厚と体格ならびに身体機能との相関について. 体質医学研究所報告, 21 92-122 (1971)
- 12) Dempsey, J. A. : Some comments on changes in body composition. Proceedings of the International Symposium on Physical Activity and Cardiovascular Health., 783-784 (1966)
- 13) Dupertuis, C. W., Pitts, G. C., Osserman, E. F., Welham, W. C. and Behnke, A. R. : Relation of specific gravity to body build in a group of healthy men. J. Appl. Physiol., 3 676-680 (1951)
- 14) Durnin, J. V. G. A. and Rahaman, M. M. : The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. Brit. J. Nutr., 21 681-689 (1967)

- 15) Edwards, D. A. W., Hammond, W. H., Healy, M. J. R., Tanner, J. M. and Whitehouse, R. H. : Design and accuracy of calipers for measuring subcutaneous tissue thickness. Brit J. Nutr., 9 133-143 (1955)
- 16) Fidanza, F., Keys, A. and Anderson, J. T. : Density of body fat in man and other mammals. J. Appl. Physiol., 6 252-256 (1953)
- 17) Friis-Hansen, B. J., Holiday, M., Stapleton, T. and Wallance, W. M. : Total body water in children. Pediatrics, 7 321-327 (1951)
- 18) Fry, E. I., Chang, K. S. F., Lee, M. M. C. and Ng, C. K. : The amount and distribution of subcutaneous tissue in southern Chinese children from Hong Kong. Amer. J. Phys. Anthropol., 23 69-80 (1965)
- 19) ニッ森 修、東信義、大沢英雄：運動選手の皮下脂肪厚に関する研究、体育学研究, 9 (1), p.57 (1964)
- 20) Garn, S. M. : Fat patterning and fat intercorrelations in the adult male. Human Biol., 26 59-69 (1954)
- 21) Garn, S. M. : Relative fat patterning: An individual characteristic. Human Biol., 27 75-89 (1955)
- 22) Garn, S. M. and Gorman, E. L. : Comparison of pinch-caliper and tele-roentgenogrammetric measurements of subcutaneous fat. Human Biol., 28 407-413 (1956)
- 23) Garn, S. M. : Roentgenogrammetric determinations of body composition. Human Biol., 29 337-353 (1957)
- 24) Garn, S. M. and Haskell, J. A. : Fat thickness and developmental status in childhood and adolescence. A. M. A. J. Diseases of Children, 99 746-751 (1960)
- 25) Garn, S. M. : Anthropometry in clinical appraisal of nutritional status. Amer. J. Clin. Nutr., 11 418-432 (1962)
- 26) Hammond, W. H. : Measurement and interpretation of subcutaneous fat, with norms for children and young adult males. Brit. J. Prev. Soc. Med., 9 201-211 (1955)
- 27) Hunt, E. E. Jr. and Giles, A. E. : Allometric growth of body composition in man and other mammals. Human Biol., 28 253-273 (1956)
- 28) 勝木新次、菱山秀太郎、猪飼道夫、近藤四郎：超音波による Body Composition 測定装置、体育学研究, 第4号 34-41 (1965)
- 29) Keys, A. : Body composition and its change with age and diet. In Eppright, E. S., Swanson, P. and Iverson, C. A. ed. Weight Control, 18-28, Iowa State College Press: Ames, Iowa (1955)
- 30) Kirelis, R. W. and Cureton, T. K. : The relationships of external fat to physical education activities and fitness test. Res. Quart. Amer. Ass. Hlth. Phys. Educ., 18 123-134 (1947)

- 31) 今野和子、岡部弘道：児童の皮下脂肪厚と形態發育との関係について、九州大学体育学研究、4 (5) 43-48 (1972)
- 32) 栗本関夫、石河利憲、吉儀宏：骨年齢と体格からみた体力運動能力、日本体育学会第23回大会号、347 (1972)
- 33) Lee, M. M. C. and Ng, C. K. : Postmortem studies of skinfold caliper measurement and actual thickness of skin and subcutaneous tissue. Human Biol., 37 91-103 (1965)
- 34) Mitchem, J. C. and Arsenault, B. K. : An evaluation of anthropometric studies appearing in the Research Quarterly from 1940-1960. Res. Quart. Amer. Ass. Hlth. Phys. Educ., 37 438-440 (1966)
- 35) 三宅章介：一般女子生徒の皮脂厚と形態ならびに基礎体力に關する一考察、体育学研究、12 (5) p.126 (1968)
- 36) 水野忠文、青山昌二、岸本肇、横山泰行：大学生の体格を考慮した運動能力評価方法に關する研究、体育学研究 12 99-108 (1971)
- 37) 岡部弘道、藤本実雄、桑野豊、秋吉嘉範、徳永幹雄、南春代、田川隆輔、谷壽代：中学生の皮下脂肪厚(上膊部、背部、月夏部)と形態及び運動能力の相関について(第1報)、日本体育学研究、2 (1) p.56 (1965)
- 38) Pascale, L. R., Grossman, M. I., Sloane, H. S. and Frankel, T. : Correlations between thickness of skinfolds and body density in 88 soldiers, Human Biol., 28 165-176 (1956)
- 39) Piscopo, J. : Skinfold and other anthropometrical measurements of preadolescent boys from three ethnic groups. Res. Quart. Amer. Ass. Hlth. Phys. Educ., 33 255-264 (1962)
- 40) Riendeau, R. P., Welch, B. E., Crisp, C. E., Crowley, L. V., Griffin, P. E. and Brockett, J. E. : Relationships of body fat to motor fitness test scores. Res. Quart. Amer. Ass. Hlth. Phys. Educ., 29 200-208 (1958)
- 41) Shephard, R. J., Jones, G., Ishii, K., Kaneko, M. and Olbrecht, A. J. : Factors affecting body density and thickness of subcutaneous fat. Amer. J. Clin. Nutr., 22 1175-1189 (1969)
- 42) Singer, R. N. and Weiss, S. A. : Effects of weight reduction on selected anthropometric, physical, and performance measures of wrestlers. Res. Quart. Amer. Ass. Hlth. Phys. Educ., 39 361-369 (1968)
- 43) Škerlj, B., Brozek, J. and Hunt, E. E. Jr. : Subcutaneous fat and age changes in body build and body form in women. Amer. J. Phys. Anthropol., 4 577-600 (1953)
- 44) Sloan, A. W. : Estimation of body fat in young men. J. Appl. Physiol., 23 311-315 (1967)
- 45) Sloan, A. W. : Body fat of medical student. Inyanga, 40 89-92 (1971)

- 46) 鈴木 慎次郎：運動選手の特徴に関する研究 2. 形態学的研究。早稲田大学体育研究室紀要, 第1号 91-95 (1960)
- 47) 田中良子, 山田 喜政：皮下脂肪の厚さについて (その1) 体育学研究, 13 (5) P.235 (1969)
- 48) Thompson, C. W., Buskirk, E. R. and Goldman, R. F. : Changes in body fat, estimated from skinfold measurements of college basketball and hockey players during a season. Res. Quart. Amer. Ass. Hlth. Phys. Educ., 27 418-430 (1956)
- 49) Thompson, C. W. : Changes in body fat, estimated from skinfold measurements of varsity college football players during a season. Res. Quart. Amer. Ass. Hlth. Phys. Educ., 30 87-93 (1959)
- 50) 吉儀 宏, 栗本 関夫：競技種目別にみた大学運動選手の体格特性 — 実測値相長による —, 順天堂大学保健体育紀要, 第13号 29-37 (1970)
- 51) 吉儀 宏, 栗本 関夫：種目別及び能力別にみた大学運動部選手の体格特性 — 実測値の身長比, 体重比による検討, 体育学研究, 15 (5) p.135 (1971)

COMPARISON OF PINCH-CALIPERS AND SOFT TISSUE X-RAY  
MEASUREMENTS OF SUBCUTANEOUS FAT

Hiroshi Yoshigi

In accordance with the quartiles in the distribution of subcutaneous fat measurements which had been determined by a preliminary investigation, total of 96 male and 82 female college students aged 18 - 22 years were selected to form three experimental groups classified in terms of the degree of their subcutaneous fat accumulation. On these experimental groups, skinfold measurements taken by the two calipers of different design and the subcutaneous fat readings taken from the soft tissue X-ray films were compared at the four sites of the body ( forearm, posterior upper arm, anterior upper arm and posterior lower leg ).

Upon the results thus obtained, the following observations were made:

- 1) Although the coefficients of correlation between the measurements taken by the two calipers experimented were quite high ( .96 and higher ), the relative difference in the subcutaneous fat measurements at different sites of the body resulted a slight variation in these values ( differences were 0.3 mm. and higher ). The variance in the tension of the skin surface or the compressibility of the tissue seemed to exert some influence on the measurements produced by the two calipers.

- 2) Reliability of the readings taken on the X-ray films was quite high for the groups having the greater amount of subcutaneous fat ( in all sites the coefficients exceeded .99 ). However, for the male subjects having smaller amount of fat, the reliability was relatively low ( ranged from .91 to .98 )
- 3) Skinfold measurements taken by the calipers were smaller than the doubled values of the X-ray film readings. Percentage values of the calipers measurements to the X-ray measurements varied from 50% to 95% for the different sites of the body.
- 4) The constant pressure ( 10 gram/mm<sup>2</sup> ) presumably exerted by the calipers tended to compress greater amount ( in absolute value ) of skin plus subcutaneous fat in females than in males. For the summed value of the four sites, the tissue compressed by the calipers pressure was estimated approximately to be 10 mm. for the males, whereas for the females, the value was approximated to be 20 mm. Thus, the greater amount of subcutaneous fat accumulation in females tended to be expressed more conservatively when the measurements were taken by the calipers.
- 5) Due to the extremely wide range in the distribution of subcutaneous fat measurements, the coefficients of correlation between the calipers values and the X-ray



values may be said to be spuriously high (  $.78 \sim .94$  ) when they were computed for the samples taken from the entire population. These coefficients, when computed within the homogeneous groups, were much lower (  $.37 \sim .89$  ). Especially within the groups having the smallest range of variance in this measurements, where the greater part of the normal population belongs, these correlations were considerably low.