

## スポーツ競技選手の体肢周径囲と組織断面積との関係

角田 直也<sup>1)</sup>・福永 哲夫<sup>2)</sup>・池川 繁樹<sup>3)</sup>  
近藤 正勝<sup>4)</sup>・服部 利夫<sup>5)</sup>

### The Relationship between Circumference and Cross-sectional Tissues Area on Upper and Lower Extrimities in Athletes

NAOYA TSUNODA<sup>1)</sup>, TETSUO FUKUNAGA<sup>2)</sup>, SHIGEKI Ikegawa<sup>3)</sup>,  
MASAKATSU KONDO<sup>4)</sup>, and TOSHIO HATTORI<sup>5)</sup>

**Synopsis:** The circumference and cross-sectional area of tissues in upper and lower extrimities were measured in 109 male Japanese athletes and 14 non-athletes. Right forearm, upper arm, leg and thigh circumference measurement were made with a steel tape. Cross-sectional area of tissues such as fat, muscle and bone were determined by Ultrasonic scanning technique.

There was a high correlation between circumference and cross-sectional area of whole, muscle and fat on upper and lower extrimities in all subjects. Significant correlation coefficients between circumference and fat area on upper and lower extrimities were observed of sumo wrestlers. Muscle area of forearm, leg and thigh were increased with increment of circumference of limbs within each athletic group, many of the subjects with largest circumference also tended to have a large whole area.

### はじめに

ヒトの体肢を構成している主な組織は皮下脂肪、筋及び骨である。これらの組織のうち筋の占める量的な割合は最も高く、身体の発揮し得るエネルギー量と密接な関係を有する。例えば最大筋力の発揮は筋の横断面積の大小により決定されることが知られている。

また、近年、体肢を構成する各組織断面積における加齢や身体トレーニングに関する研究は、

- 1) 国士舘大学体育学部 講師  
Lecturer, Division of Physical Education, Kokushikan University.
- 2) 東京大学教養学部 助教授  
Associate Professor, Department of Sports sciences, University of Tokyo.
- 3) 日本女子大学家政学部 助手  
Technical Staff, Dept. of Physical Education, Japan Woman's University.
- 4) 日本大学経済学部 教授  
Professor, Dept. of Physical Education, Nihon University.
- 5) 国士舘大学体育学部 教授, 電子計算機センター 運営委員  
Professor, Division of Physical Education, Kokushikan University.

超音波法やCT法などに行なわれてきている。しかし、これらの測定法を用いて短時間で数多くの競技者を測定したり、指導者がトレーニング効果を判定するための指標を得る場合などは技術的、経済的及び時間的な制約条件を受けることになる。

一方、身体計測法としての体肢周径囲の測定はこれまでに、広く一般的に実施されており、技術的にも容易なことから、他の形態計測値の身長、体重、皮下脂肪厚値などとともに体脂肪量の推定などに用いられている。しかし、周径囲から組織断面積を簡便的に推定しようとする試みはほとんどみられていない。

そこで、本研究では男子スポーツ競技選手と一般成人男子を対象にして、上肢及び下肢の周径囲と体肢を構成する各組織断面積との関係における競技種目特性を検討し、スポーツ選手における体肢周径囲から各組織断面積を簡便的に推定するための基礎資料を得ることを目的とした。

## 研究方法

### 1. 被検者

本研究の被検者は男子スポーツ競技選手の相撲（職業力士と学生選手）31名、ボート選手22名、バレーボール選手8名、スピードスケート選手16名、サッカー選手12名、陸上競技選手（短距離と長距離）20名及び一般成人男子14名の計123名であった（表1）。なお、各被検者のスポーツ競技歴は5年以上であり、我国一流の競技選手に属する者たちであった。

表1 被検者の身体的特徴

		Number of Subject	Age (yrs)	Body Height (cm)	Body Weight (kg)
Sumo	Pro.	15	17.52 (0.48)	178.44 (1.32)	99.89 (3.34)
wrestler	Ama.	16	19.96 (0.33)	171.69 (0.71)	98.87 (2.30)
Oarsman		22	20.61 (0.33)	177.59 (0.89)	74.24 (1.34)
Volley ball		8	19.67 (0.24)	181.01 (2.06)	72.77 (2.14)
Speed skater		16	20.44 (0.47)	170.84 (0.84)	68.46 (0.93)
Soccer football		12	25.54 (0.80)	171.53 (0.88)	67.27 (1.07)
Sprinter		10	19.50 (0.29)	172.24 (1.54)	64.12 (1.56)
Distance runner		10	20.40 (0.32)	166.32 (1.87)	56.89 (1.28)
Non-athletes		14	20.85 (0.38)	168.00 (1.61)	62.21 (1.83)
Mean (S. E.)					

### 2. 体肢の組織横断面積の測定

本研究では多用途超音波診断装置（ALOKA, Echo-vision, SSD-120 型、円形コンパウンド走査方式）を用いて各体肢における右側の横断面積を超音波法により撮影した。使用した超音

波の発振数波数は 5 MHz であった。

超音波法による体肢横断面積の測定部位は次のとおりであった。

前腕：橈骨長（橈骨茎突点から橈骨点までの距離）の遠位 7/10

上腕：上腕骨長（橈骨点から肩峰点までの距離）の遠位 4/10

下腿：脛骨長（果点から脛骨点までの距離）の遠位 7/10

大腿：大腿骨長（脛骨点から大転子点までの距離）の 1/2

これらの各部位は、筋断面積が最も大きい部位に相当するものであった。

上肢の測定は伏臥状態で肘関節を伸展し、また、下肢の測定では立位により膝関節を伸展させた状態で行なった。体肢横断面像はブラウン管上に描写させ、その残像を 35 mm カメラを用いて記録した。記録された各体肢の横断面像において皮下脂肪、筋および骨の各組織を明白に識別することができた。そこで、それらの各組織横断面積をグラフペン式によるデジタイザー（GP 3 型、ナック製）により計測し、マイコン（Max-10, ELCOM 社製）を用いて実測値換算を行なった。

### 3. 体肢周径囲の計測

超音波法により体肢横断面積を測定した各部位の体肢周径囲の測定はマルチン人体計測器のスチール製メジャーを用いて行なった。

### 4. 統計処理

本研究の統計処理は本学電子計算機センターに設置されている大型計算機（Honeywell DPS 8/70）を用いて行なった。異なる群間の差の検定及び相関係数の有意性は 5 % と 1 % を用いた。

## 結果と考察

図 1 は各体肢における周径囲と全横断面積の関係を全被検者について示したものである。上肢（前腕、上腕）及び下肢（下腿、大腿）ともに周径囲の増大に伴って全横断面積もほぼ直線的に増大する傾向が認められた。両者の間の相関係数（表 2）は全被検者で前腕（ $r=0.972$ ）、上腕（ $r=0.971$ ）、下腿（ $r=0.974$ ）及び大腿（ $r=0.979$ ）の各部位ともそれぞれ 1 % 水準で有意に高い相関関係が認められた。

また、表 3 は体肢周径囲と全横断面積の関係についての相関係数と回帰式をスポーツ競技種目別に示したものである。上肢についてみるとスピードスケートの相関係数は前腕（ $r=0.628$ ）及び上腕（ $r=0.658$ ）とも他の種目や一般人（前腕  $r=0.897\sim0.986$ 、上腕  $r=0.862\sim0.959$ ）よりわずかに低い値を示したが全種目とも 1 % 水準で有意な相関関係であった。また、大腿についても全種目とも高い有意な相関係数（下腿  $r=0.826\sim0.985$ 、大腿  $r=0.879\sim0.977$ ）が認められた。

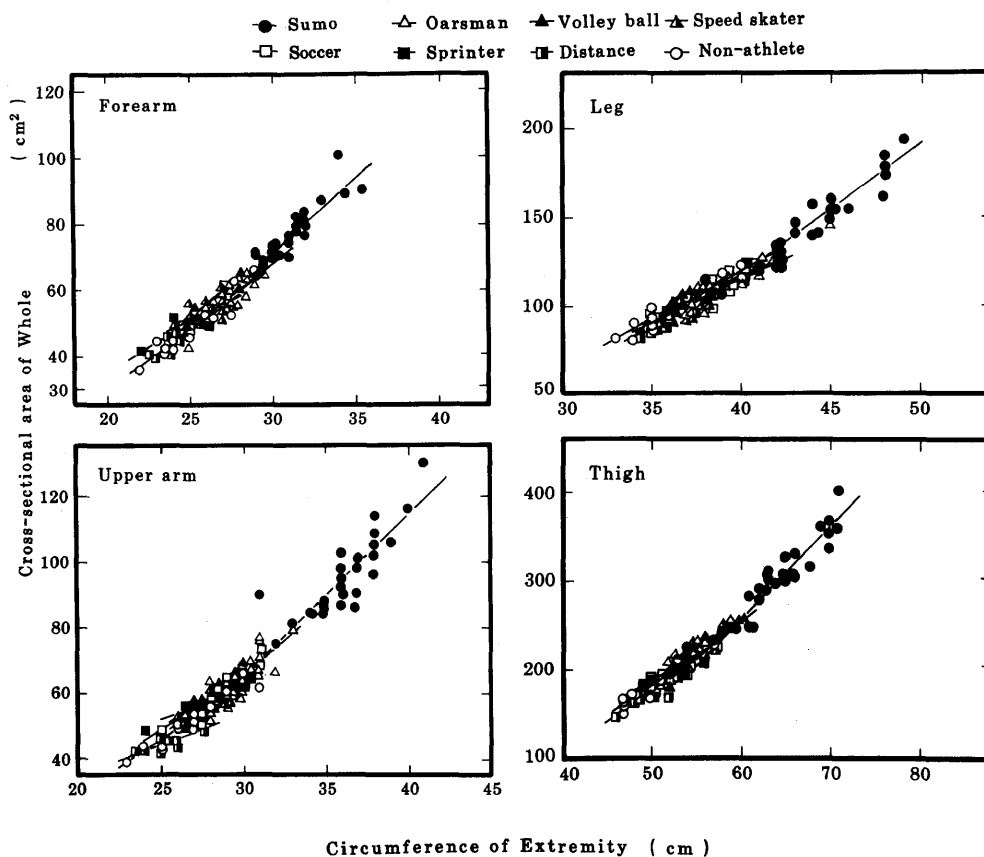


図1 体肢周径と全横断面積との関係

表2 体肢周径と全横断面積との関係における相関係数と回帰式 (n=123)

Forearm	$r=0.972^{**}$ $y=4.314x-58.363$
Upper Arm	$r=0.971^{**}$ $y=4.514x-58.652$
Leg	$r=0.974^{**}$ $y=6.441x-136.788$
Thigh	$r=0.979^{**}$ $y=8.65x-253.799$

x: Circumference of extrimity (cm)

y: Cross-sectional tissue area (cm²)

\*\* (P<0.01)

表3 体肢周径围と全横断面積の関係における相関係数と回帰式のスポーツ種目別比較

	N	Forearm	Upper Arm	Leg	Thigh
Sumo wrestler Pro.	15	r=0.947** y=3.692x-38.653	r=0.862** y=4.522x-66.622	r=0.985** y=6.914x-152.09	r=0.977** y=8.697x-250.162
Sumo wrestler Ama.	16	r=0.936** y=5.391x-90.732	r=0.926** y=6.785x-152.469	r=0.946** y=7.198x-173.207	r=0.924** y=10.835x-396.413
Oarsman	22	r=0.913** y=3.952x-50.418	r=0.871** y=4.374x-65.936	r=0.945** y=6.254x-130.682	r=0.942** y=8.141x-227.368
Volley ball	8	r=0.986** y=3.587x-37.506	r=0.959** y=3.188x-29.787	r=0.975** y=4.332x-56.555	r=0.925** y=8.739x-261.321
Speed skater	16	r=0.628** y=2.535x-12.427	r=0.658** y=1.710x+9.087	r=0.826** y=4.589x-69.356	r=0.879 y=6.583x-140.693
Soccer football	12	r=0.934** y=4.217x-55.326	r=0.932** y=3.129x-33.016	r=0.929 y=5.984x-119.210	r=0.925** y=7.368x-187.502
Sprinter	10	r=0.921** y=3.029x-24.446	r=0.928** y=3.351x-35.814	r=0.962** y=4.968x-80.059	r=0.933** y=56.31x-95.615
Distance runner	10	r=0.897** y=3.164x-31.655	r=0.909** y=2.036x-7.323	r=0.925** y=4.384x-65.200	r=0.957** y=6.186x-137.296
Non-athletes	14	r=0.945** y=3.643x-42.656	r=0.949** y=3.458x-40.713	r=0.957** y=5.645x-104.751	r=0.973** y=7.416x-186.908

x: Circumference of extremity (cm) \* (P<0.05)

y: Cross-sectional tissue area (cm<sup>2</sup>) \*\* (P<0.01)

表4 体肢周径围と各組織断面積の関係における相関係数と回帰式 (n=123)

	Fat	Muscle	Bone
Forearm	$r=0.815^{**}$ $y=1.651x-33.447$	$r=0.932^{**}$ $y=2.597x-27.826$	$r=0.230^{**}$ $y=0.070x+2.903$
Upper Arm	$r=0.846^{**}$ $y=2.382x-53.848$	$r=0.873^{**}$ $y=2.067x-17.303$	$r=0.328^{**}$ $y=0.061x+2.598$
Leg	$r=0.846^{**}$ $y=2.874x-89.626$	$r=0.896^{**}$ $y=3.400x-50.467$	$r=0.383^{**}$ $y=0.163x+3.668$
Thigh	$r=0.835^{**}$ $y=4.130x-181.694$	$r=0.908^{**}$ $y=4.523x-79.383$	$r=0.174$ $y=0.030x+5.665$

x: Circumference of extrimity (cm)      \* (P<0.05)  
 y: Cross-sectional tissue area (cm<sup>2</sup>)      \*\* (P<0.01)

全横断面積は皮下脂肪、筋及び骨の各組織断面積から構成されている。表4は全被検者における体肢周径围と各組織断面積の相関係数と回帰式を示したものである。各体肢周径围と皮下脂肪及び筋の各組織断面積との相関係数は皮下脂肪が  $r=0.815\sim0.846$ 、筋では  $r=0.873\sim0.932$  とそれぞれ1%水準で有意に高い相関関係を示した。一方、骨断面積については下腿が  $r=0.383$  (PC 0.1) と最も高く、次いで、上腕  $r=0.328$  (PC 0.01)、最も低いのが大腿であり  $r=0.174$  を示し大腿部については有意な相関関係が認められなかった。

体肢周径围と皮下脂肪断面積の関係の相関係数についてスポーツ種目別にみたのが表5である。前腕についてみると相撲選手にのみ有意な相関係数  $r=0.762\sim0.805$  が認められ、他の種目や一般人では有意な相関関係は認められなかった。上腕では相撲、短距離及び一般人において有意な相関関係が認められ、相撲選手と一般成人の回帰式をみると周径围の増加に伴う脂肪の増大は顕著であり、一般成人の値は同一周径围において相撲以外のスポーツ選手より高い値を示すことがみられた。また、下肢（下腿、大腿）についてもほぼ上腕の場合と同じ傾向が認められた。体肢周径围と皮下脂肪断面積の有意な関係は相撲選手にのみみられ、一般成人及び短距離選手も前腕以外の部位で認められた。しかし、他のスポーツ種目の選手については有意な相関関係が認められなかったことから体肢周径围のみで皮下脂肪断面積を推定することは困難であると思われる。

また、表6は体肢周径围と筋断面積の関係の相関係数と回帰式をスポーツ種目別に示したものである。上肢についてみると前腕は各種目及び一般成人とも有意な相関関係が認められたが上腕では相撲（学生選手）とスピードスケート選手の相関係数が  $r=0.480$  (n.s) と  $r=0.489$  (n.s) と他の種目より低く、一般成人よりも  $r=0.368$  (n.s) と非常に低い値を示した。一方、下肢（下腿及び大腿）については各スポーツ種目及び一般成人とも有意な高い相関関係が認められた。これらのことから体肢の周径围の大小はほぼ筋断面積の大小を表わすものと考えられ

表5 体肢周径围と皮下脂肪断面の関係における相関係数と回帰式のスポーツ種目別比較

	N	Forearm	Upper Arm	Leg	Thigh
Sumo wrestler Pro.	15	$r=0.762^{**}$ $y=2.073x-43.320$	$r=0.580^{*}$ $y=2.469x-52.178$	$r=0.910^{**}$ $y=4.103x-135.838$	$r=0.835^{**}$ $y=4.956x-222.195$
Sumo wrestler Ama.	16	$r=0.805^{**}$ $y=2.827x-69.184$	$r=0.874^{**}$ $y=5.358x-163.184$	$r=0.759^{**}$ $y=3.974x-137.824$	$r=0.711^{**}$ $y=5.216x-249.316$
Oarsman	22	$r=0.308$ $y=0.358x-0.689$	$r=0.438$ $y=0.866x-13.735$	$r=0.321$ $y=0.606x-5.843$	$r=0.240$ $y=0.692x-1.558$
Volley ball	8	$r=0.468$ $y=0.287x+0.559$	$r=-0.186$ $y=-0.332x+19.951$	$r=-0.006$ $y=-0.010x+15.870$	$r=0.152$ $y=0.920x-17.924$
Speed skater	16	$r=0.137$ $y=0.223x+0.559$	$r=0.129$ $y=0.289x+4.315$	$r=0.182$ $y=0.590x-4.975$	$r=0.242$ $y=0.993x-18.415$
Soccer football	12	$r=0.588$ $y=0.293x-0.458$	$r=0.313$ $y=0.315x+0.959$	$r=0.185$ $y=0.204x+5.217$	$r=0.469$ $y=1.277x-41.954$
Sprinter	10	$r=0.131$ $y=0.042x+8.410$	$r=0.727^{*}$ $y=0.719x-9.414$	$r=0.815^{**}$ $y=0.791x-12.178$	$r=0.749^{**}$ $y=1.298x-38.966$
Distance runner	10	$r=0.488$ $y=0.737x-10.069$	$r=0.197$ $y=0.237x+2.254$	$r=0.451$ $y=0.787x-13.278$	$r=0.668^{*}$ $y=1.438x-46.653$
Non-athletes	14	$r=0.500$ $y=0.876x-12.481$	$r=0.870^{**}$ $y=2.764x-58.200$	$r=0.776^{**}$ $y=2.000x-50.711$	$r=0.708^{**}$ $y=3.578x-135.082$

x: Circumference of extremity (cm) \* ( $P<0.05$ )

y: Cross-sectional tissue area (cm<sup>2</sup>) \*\* ( $P<0.01$ )

表6 体肢周径囲と筋断面積の關係における相関係数と回帰式のスポーツ種目別比較

	N	Forearm	Upper Arm	Leg	Thigh
Sumo wrestler Pro.	15	r=0.712** y=1.569x+1.980	r=0.691** y=1.985x-16.593	r=0.865** y=2.645x-19.636	r=0.773** y=3.824x-39.849
Sumo wrestler Ama.	16	r=0.892** y=2.652x-29.369	r=0.480 y=1.424x+5.995	r=0.732** y=3.292x-48.090	r=0.858** y=5.806x-166.261
Oarsman	22	r=0.868** y=3.306x-46.573	r=0.798** y=3.304x-50.668	r=0.951** y=5.011x-111.367	r=0.946** y=7.113x-216.571
Volley ball	8	r=0.987** y=3.036x-36.167	r=0.848** y=3.281x-47.666	r=0.965** y=4.051x-71.554	r=0.888** y=7.531x-234.961
Speed skater	16	r=0.655** y=1.826x-7.624	r=0.489 y=1.365x+1.800	r=0.805** y=3.603x-58.519	r=0.842** y=5.432x-120.605
Soccer football	12	r=0.940** y=3.677x-53.272	r=0.906** y=2.730x-33.564	r=0.936** y=5.687x-130.409	r=0.947** y=6.113x-154.900
Sprinter	10	r=0.923** y=2.823x-34.332	r=0.932** y=2.421x-25.478	r=0.909** y=4.354x-84.173	r=0.915** y=4.236x-59.523
Distance runner	10	r=0.859** y=2.135x-19.131	r=0.865** y=1.674x-10.423	r=0.734** y=3.053x-41.889	r=0.919** y=4.948x-106.911
Non-athletes	14	r=0.865** y=2.556x-28.535	r=0.368 y=0.705x+13.712	r=0.932** y=3.580x-60.347	r=0.753** y=3.691x-50.101

x: Circumference of extremity (cm) \* (P<0.05)  
y: Cross-sectional tissue area (cm<sup>2</sup>) \*\* (P<0.01)



表7 体肢周径围と骨断面積の関係における相関係数と回帰式のスポーツ種目別比較

	N	Forearm	Upper Arm	Leg	Thigh
Sumo wrestler Pro.	15	$r=0.057$ $y=3.020x+3.722$	$r=0.214$ $y=0.059x+2.498$	$r=0.458$ $y=0.123x+5.487$	$r=-0.179$ $y=-0.022x+8.469$
Sumo wrestler Ama.	16	$r=0.077$ $y=0.026x+4.404$	$r=0.040$ $y=0.014x+4.285$	$r=0.123$ $y=0.063x+7.289$	$r=-0.266$ $y=-0.060x+11.603$
Oarsman	22	$r=0.683^{**}$ $y=0.329x-4.210$	$r=0.512^{*}$ $y=0.204x-1.724$	$r=0.777^{**}$ $y=0.552x-10.365$	$r=0.364$ $y=0.160x-0.657$
Volley ball	8	$r=0.714^{*}$ $y=0.243x-1.186$	$r=0.520$ $y=0.234x-1.761$	$r=0.227$ $y=0.132x+5.515$	$r=0.627$ $y=0.460x-17.326$
Speed skater	16	$r=0.668^{**}$ $y=0.458x-7.562$	$r=0.089$ $y=0.056x+2.974$	$r=0.436$ $y=0.398x-6.038$	$r=0.574^{*}$ $y=0.157x-1.638$
Soccer football	12	$r=0.590$ $y=0.234x-1.325$	$r=0.405$ $y=0.129x+0.636$	$r=0.108$ $y=0.064x+6.870$	$r=0.259$ $y=0.091x+2.368$
Sprinter	10	$r=0.369$ $y=0.193x+0.870$	$r=0.607$ $y=0.206x-0.456$	$r=0.747^{*}$ $y=0.449x-6.254$	$r=0.055$ $y=0.019x+7.038$
Distance runner	10	$r=0.596$ $y=0.385x-4.440$	$r=0.393$ $y=0.101x+1.487$	$r=0.462$ $y=0.531x-8.962$	$r=0.301$ $y=0.064x+3.752$
Non-athletes	14	$r=0.282$ $y=0.181x-0.702$	$r=-0.151$ $y=-0.040x-4.542$	$r=0.110$ $y=0.078x+6.330$	$r=0.434$ $y=0.139-0.401$

x: Circumference of extremity (cm) \* ( $P<0.05$ )

y: Cross-sectional tissue area (cm<sup>2</sup>) \*\* ( $P<0.01$ )

る。しかし、一般成人の相関係数は体幹に近い部位、即ち上肢では前腕より上腕、下肢では下腿より大腿の方がわずかに低い値を示す傾向がみられた。これは体肢を構成している組織のうち皮下脂肪が体幹に近い部位に多いことが影響されているものと考えられる。また、ボート、バレーボール、サッカー及び陸上競技などのスポーツ種目では周径囲と筋断面積との回帰式はほぼ類似した傾向がみられ、その回帰式は相撲選手や一般成人とは異なっていた。したがって、体肢周径囲からの筋断面積の推定式の作成は競技種目特性やトレーニング度合等を考慮すれば十分可能であることが考えられる。

体肢周径囲と骨断面積の関係についてみると(表7)、有意な相関関係は上肢では前腕(橈骨と尺骨)がボート、バレーボール、スピードスケートでみられ、上腕ではボートのみに認められた。また、下肢については下腿(脛骨と腓骨)がボートと短距離、大腿ではスピードスケートのみに有意な相関関係が認められた。しかし、上下肢とも他の種目及び一般成人では有意な相関関係がみられなかった。骨断面積は筋断面積や皮下脂肪断面積に比較して非常に小さく、他の組織と同一精度で測定していることも影響していることが考えられる。いずれにしても体肢周径囲から各スポーツ種目選手の骨断面積を推定することはむずかしいものと思われる。

## ま と め

本研究では我国一流の男子スポーツ競技選手109名と一般成人男子14名の計123名を対象として上肢及び下肢の体肢を構成している皮下脂肪、筋及び骨の各組織横断面積を超音波法により測定し、体肢周径囲との関係におけるスポーツ競技の種目特性を検討した結果、次のことが明らかになった。

1. 体肢周径囲と全横断面積は全被検者で各部位とも高い相関関係が認められた。相関係数は前腕  $r=0.972$ 、上腕  $r=0.971$ 、下腿  $r=0.974$  及び  $r=0.979$  とそれぞれ1%水準で有意であった。また、各スポーツ種目及び一般成人のそれぞれにおける各体肢とも有意な相関関係が認められた。
2. 全被検者の体肢周径囲と体肢を構成している各組織断面積との間の相関関係は各部位において皮下脂肪( $r=0.815\sim0.846$ )と筋断面積( $r=0.873\sim0.932$ )が高い値を示し、それぞれ1%水準で有意であった。
3. 各スポーツ競技種目における体肢周径囲と組織断面積との関係については相撲が皮下脂肪断面積との間に各部位とも有意な相関関係を示した。また、筋断面積との間には上腕を除く各部位で全種目とも有意な相関関係を示した。しかし、一般成人、相撲と他のスポーツ種目の選手とは異なる回帰式を示す傾向がみられた。

## 謝 辞

本研究の大型コンピューター利用に関して、多大な御協力を頂いた植田英範氏、福嶋輝久氏をはじめとする国士舘大学電子計算機センターの諸氏に対して深く感謝の意を表わす。

(1985年2月12日 受理)

## 参 考 文 献

- 福永哲夫：ヒトの絶対筋力—超音波法による体肢組成・筋力の分析—，杏林書院，1978  
福永哲夫 他：超音波法による体肢組成断面積測定，体力科学，29，287，1980  
福永哲夫 他：漕艇選手の体肢組成，日本体育協会スポーツ医科学研究報告，Vol. 4，1981  
池川繁樹 他：スポーツ競技選手における体肢組成の推定，体力科学 33 (6) 510，1984  
金久博昭 他：スピードスケート選手の体肢組成，日本体育協会スポーツ医科学研究報告，Vol. 6，1983  
角田直也 他：体肢周径囲から組織断面積の推定，体力科学，32 (6) 604，1983