

## 陸上競技選手の前胸壁形状について

— モアレ縞撮影装置による —

高 橋 彬 植 竹 昭 雄 草 間 益良夫\*

Characteristics of the anterior wall of the chest in Male Track and Field Athletes

— With an aid of Moire equipment —

Akira TAKAHASHI, Teruo UETAKE and Masurao KUSAMA

The purpose of this study was to investigate the shape of moire patterns appearing on the anterior wall of the chest of Track and Field Athletes.

105 male Track and Field Athletes and 14 students in general were examined. The moire patterns on the anterior wall of the chest were classified into several types such as oval, long sideways oval, slanting oval and vertical oval. Each type of the moire patterns tends to have a special relation to the particular group.

These results indicate that with the moire patterns, the extent of influences of training on the anterior wall of the chest can be estimated.

## I. 緒 言

陸上競技選手の体型やからだつきは一樣でなく種目によってかなりの差異が存在することが知られており、形態学的な立場からの研究も少なくな<sup>い</sup>(12)(13)(14)(15)。一般に、からだの発達度を測定する場合、形態学的にはマルチン式の計測器を用いることにより身体各部の諸測度が求められたり、立位姿勢やからだつきが写真撮影され、種々の分析が加えられる。

最近、モアレ写真撮影法が開発され物体のレリーフを容易に、任意の間隔の等高線として表わすことが可能になった。現在、モアレ写真撮影法はいろいろな分野に応用され、体育科学の分野においてもこの方法を用いた数多くの形態学的研究が

報告されている<sup>2) 3) 8) 18)</sup>。

本研究では従来の形態計測法とモアレ写真撮影法を併用して体表のレリーフを分析し、胸部形態に及ぼす運動の影響を検討しようとするものである。

## II. 対象と方法

## 1. 対 象

被検者は筑波大学陸上競技部に所属する男子部員105名、および一般男子学生14名である。競技種目別の被験者の内訳は短距離グループ21名、中長距離グループ25名、跳躍グループ38名、投てきグループ21名である。年齢は18~23才であり、陸上競技の経験年数は3~10年である。

\* 筑波大学研究生

## 2. 方 法

a) 生体計測 マルチン式計測器を用いて、体重、身長、胸骨上縁高、恥骨結合上縁高、胸囲、胸郭幅および胸郭矢状径を求めた。さらに得られた値から比胸囲、Kruseの示数<sup>\*1</sup>、胸郭示数<sup>\*2</sup>、胸郭幅示数<sup>\*3</sup>およびローレル示数を求めた。

b) モアレ縞写真撮影 本研究に用いたモアレ縞写真撮影装置は格子照射法であり、格子ピッチは1.5mmである。またモアレ縞の等高間隔は3mmにセットした。光源はハロゲンランプ(500W×4)、カメラはニコンFⅡ、レンズは50mm標準レンズ、フィルムはネオパン400(Fuji)を

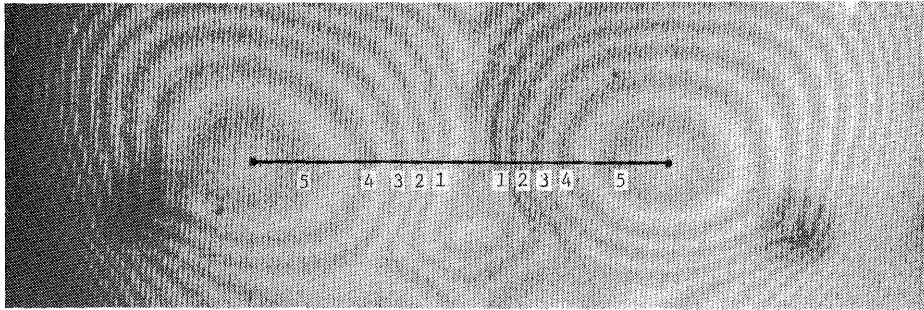


Fig. 1. Measuring method of the degree of projection in the anterior wall of the chest.

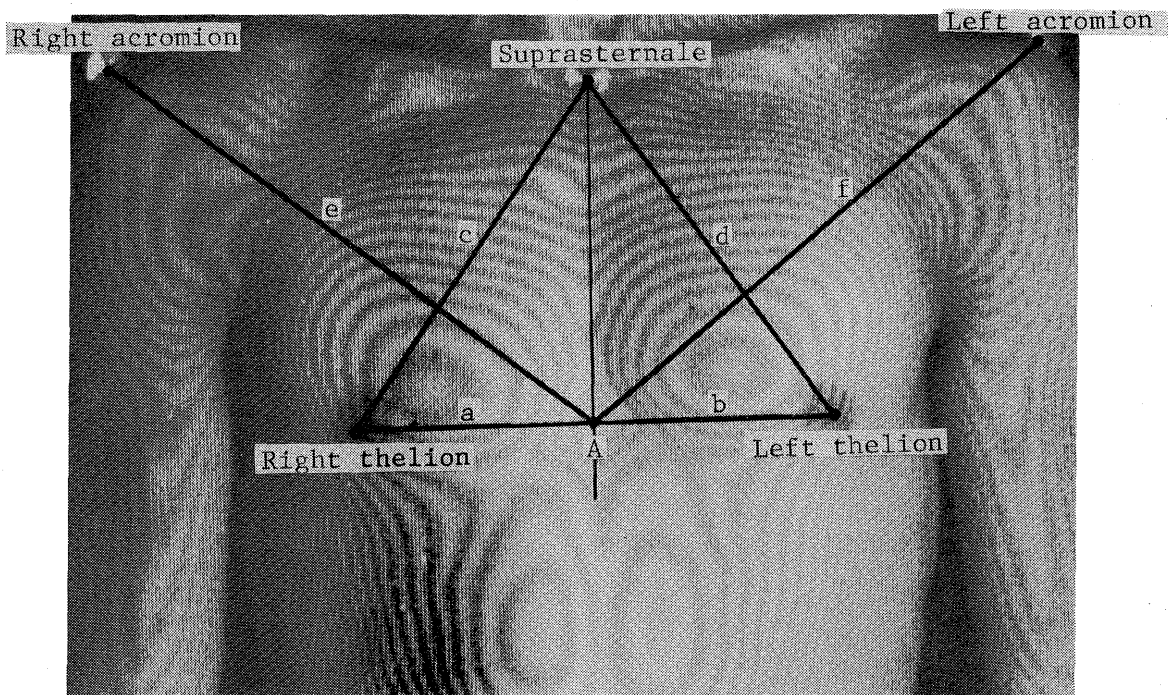


Fig. 2. Analyzing method of the moiré pattern.

- \* 1… Kruse の示数 = (胸囲)<sup>2</sup> / 身長 × 100
- \* 2… 胸郭示数 = 胸郭矢状径 / 胸郭横径 × 100
- \* 3… 胸郭幅示数 = 胸郭幅 / 前胴壁長 × 100

- \* 4… 解剖学的正位：まっすぐに起立し、上腕は下垂して前腕は回外位とし、足は踵をやや離し爪先が前に向くような姿勢。

用いた。被検者の胸骨上点および左右の肩峰点に分析の指標となるマークを貼付したのち、被検者に解剖学的正位<sup>\*)</sup>をとらせ、胸部に現われるモアレ縞を撮影した。なお投影誤差の補正は行わなかった。

c) モアレ縞写真の分析方法 i) 突出度の算出 胸部に現われたモアレ縞から最突出点を求め、左右の最突出点を結んだ線上にある谷の部分(最も低い位置)からそれぞれの最突出点までの縞数を数え、左右の縞数を加えたものを突出度とした(図1)。

ii) 各定点間におけるレリーフの曲率半径 図2に示した通り、胸骨上点を通る垂線と左右の乳頭点を結んだ直線との交点を(A)とし、定点(A)と右乳頭点とを結ぶ直線をa、定点(A)と左乳頭点とを結ぶ直線をb、右乳頭点と胸骨上点とを

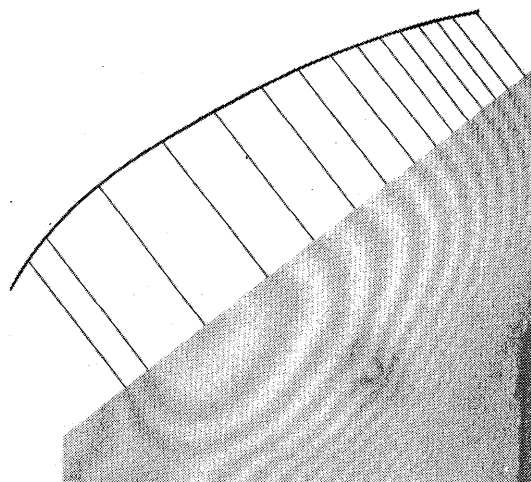
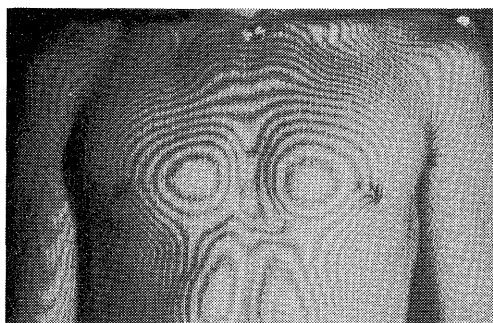


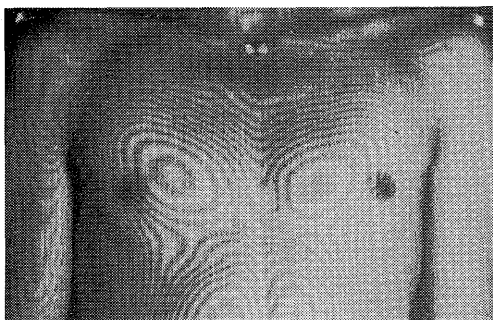
Fig. 3. A method of reconstructing the relief of the chest.



Circle



Long sideways oval



Slanting oval



Vertical oval

Fig. 4. Four types of the moiré pattern.

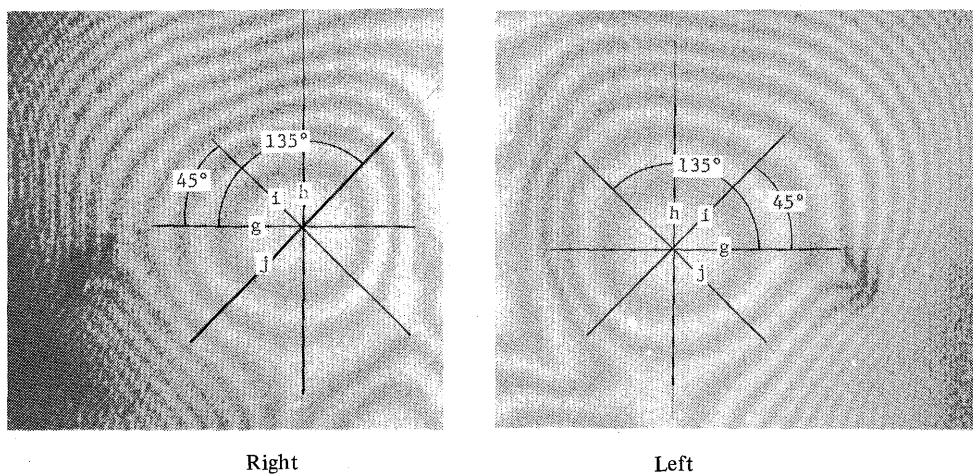


Fig. 5. Measuring method of the moire pattern.

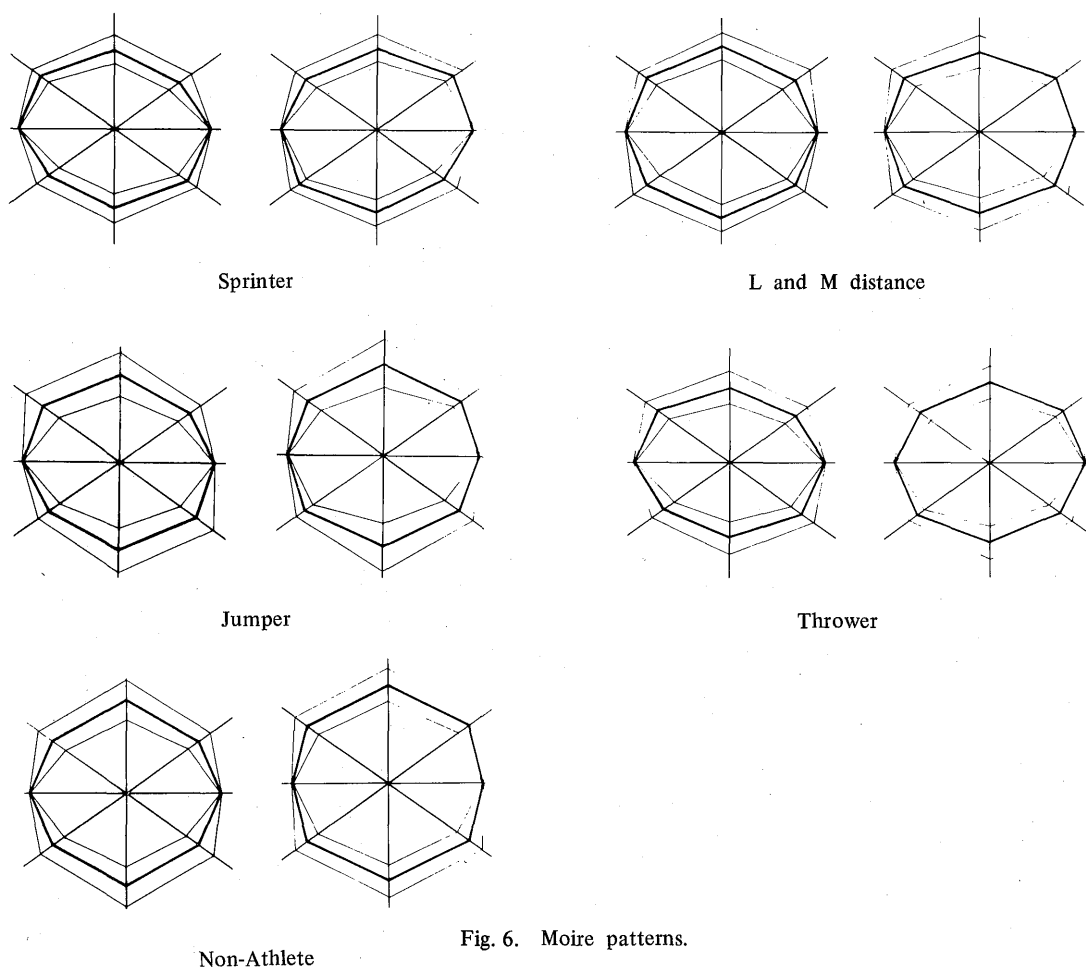


Fig. 6. Moire patterns.

結ぶ直線を c, 左乳頭点と胸骨上点とを結ぶ直線を d, 定点 (A) と右肩峰点を結ぶ直線を e, 定点 (A) と左肩峰点を結ぶ直線を f とした。各直線とモアレ縞との交点を記録し, モアレ縞の等高性を利用して各直線上における前胸壁のレリーフを再現した。得られた曲線上で彎曲度の最も大きい部位の曲率半径を求めた (図 3)。

iii) 胸部モアレ縞の分類 胸部モアレ縞をその形から円形, 横楕円形, 斜楕円形および縦楕円形の四型に分類し, 各グループ毎にそれぞれの型の出現頻度を求めた (図 4)。

iv) 胸部モアレ縞の形の数量化 図 5 のように胸部モアレ縞の最突出点を通る水平線と垂線および最突出点を通り水平線に対し 45 度, 135 度の直線の計 4 本の直線を引き, それぞれの直線が最も内側にあるモアレ縞と交る 2 点を求めた。得られた交点間の距離 g, h, i, j から,  $h/g$ ,  $i/g$  および  $j/g$  の値を算出し, これらの値を胸部モアレ示数とした。

d) モアレ縞の再現性について 近年ロードセルを用いた重心位置の研究からヒトの立位姿勢における重心位置は常に変化しており<sup>4) 19)</sup>, 同一姿勢をとるように指示しても, 被検者は各回ごとに異った姿勢をとって, 体表に出現するモアレ縞も各回ごとに異なっているのではないかと懸念が持たれる。本研究に先立ち同一被検者 (一般人 T. U) に 35 回, 同一姿勢をくりかえしとらせ, 被検者の胸部に出現するモアレ縞を写真撮影し, モアレ縞写真の再現性について検討した。その際, 1 回の写真撮影を終えるたびに被検者に自由な姿勢をとらせたのち, 次の写真撮影を行った。モアレ縞の形は被検者 T. U の場合右側では 35 回中 32 回が横楕円形であり, 35 回中 3 回が斜楕円形であった。また, 左側では 35 回中 35 回が円形であった (表 1)。

また, 胸部モアレ縞示数について検討した結果は表 2 に示されているが, 各示数における標準偏差は極めて小さい。以上のことから本研究で扱う胸部モアレ縞の再現性は非常に高いものと考えてよい。

### Ⅲ. 結 果

#### 1. 生体計測値

表 3 は体重, 身長および胸部の形態を表わす諸測度を各グループ別に表わしたものである。

体重, 身長, 胸骨上縁高および胸郭幅は投てきグループが最大であり, 中長距離グループが最小であった。また, 恥骨結合上縁高, 胸囲および胸郭矢状径では投てきグループが最大であり, 一般男子学生グループが最小であった。さらに, 一般男子学生の計測値は体重, 胸囲, 胸郭幅および胸郭矢状径で陸上競技選手の計測値との間に有意差が認められ, 一般男子学生の体重は中長距離グループより大きく, 投てきグループの体重よりは小さかった。また, 陸上競技選手の胸囲は一般男子学生より大きく, 投てきグループの胸郭幅, 短距離グループおよび投てきグループの胸郭矢状径は一般男子学生より大きかった。

表 4 は比胸囲, Kruse の示数, 胸郭示数, 胸郭幅示数およびローレル示数を表わしたものである。

比胸囲, Kruse の示数および胸郭幅示数は投て

Table 1. Frequencies of each moire patterns.

	Right	Left
Circle	0	35
Long sideways oval	32	0
Slanting oval	3	0
Vertical oval	0	0
Nothing	0	0

Table 2. Results of the investigation into the moire contour line.

	$\bar{x}$	s. d.	c. v.
Right			
h/g	0.79	(0.07)	8.86
i/g	0.91	(0.04)	4.40
j/g	0.87	(0.06)	6.90
Left			
h/g	0.91	(0.05)	5.49
i/g	0.98	(0.05)	5.10
j/g	0.94	(0.05)	5.32

Table 3. Physical measurements of subjects.

	S		M&L		J		T		G	
	$\bar{x}$	s. d. t	$\bar{x}$	s. d. t	$\bar{x}$	s. d. t	$\bar{x}$	s. d. t	$\bar{x}$	s. d.
Body weight	66.3	(6.30)	58.4	(4.58)*	64.8	(5.60)	80.8	(8.83)**	62.3	(7.31)
Stature	174.4	(6.27)	170.4	(4.07)	172.8	(4.68)	176.6	(5.30)	171.6	(7.99)
Suprasternale height	140.7	(5.00)	137.6	(3.80)	139.4	(4.44)	142.8	(4.24)	138.4	(7.55)
Symphysion height	86.8	(3.57)	85.2	(2.60)	85.1	(3.69)	87.6	(3.97)	84.2	(5.88)
Chest girth	91.1	(3.11)**	89.4	(3.52)*	91.9	(3.82)**	101.4	(4.63)**	86.7	(4.27)
Chest breadth	27.7	(1.28)	27.1	(1.13)	27.9	(1.26)	31.1	(1.51)**	27.3	(1.40)
Chest depth	19.5	(1.20)*	19.0	(1.14)	19.2	(1.30)	21.2	(1.83)**	18.7	(0.99)

\* Significant at the 5% level.

S : Sprinter.

\*\* Significant at the 1% level.

M&L : Middle and long distance runner.

\*, \*\* shows the results of examination

J : Jumper.

into the significant difference in values

T : Thrower.

of students in general and athletes.

G : Students in General.

Table 4. Indices.

	S		M&L		J		T		G	
	$\bar{x}$	s. d. t	$\bar{x}$	s. d. t	$\bar{x}$	s. d. t	$\bar{x}$	s. d. t	$\bar{x}$	s. d.
Relative chest girth	52.3	(2.36)	52.5	(1.78)**	53.0	(2.30)**	57.5	(2.74)**	50.5	(2.64)
Kruse's index	47.6	(3.34)**	47.0	(3.29)*	48.9	(4.01)**	58.4	(5.20)**	43.8	(3.83)
Index of thorax	70.5	(4.93)	70.1	(3.88)	68.5	(4.20)	68.2	(5.08)	68.4	(3.16)
Index of thorax-breadth	51.3	(1.68)	51.8	(1.95)	51.4	(2.73)	56.3	(4.30)**	50.5	(3.36)
Rohrer's index	125.0	(10.18)	117.7	(6.74)	125.3	(8.92)	146.7	(15.54)**	123.6	(13.68)

\* Significant at the 5% level.

\*\* Significant at the 1% level.

\*, \*\* shows the results of examination into the significant difference in values of students in general and athletes.

Table 5. Extents of projection in the anterior wall of the chest.

	S		M&L		J		T		G	
	$\bar{x}$	s. d.	$\bar{x}$	s. d.	$\bar{x}$	s. d.	$\bar{x}$	s. d.	$\bar{x}$	s. d.
	6.16	(2.56)	4.22	(1.66)	4.74	(1.89)	7.97	(2.75)	4.21	(1.72)

きグループが最大であり、一般男子学生が最小であった。また、胸郭示数は短距離グループが最大であり、投てきグループが最小であった。

一般男子学生の値を陸上競技選手の値と比較した結果、比胸囲、Kruseの示数、胸郭幅示数およびローレル示数に有意差が認められ、短距離グループを除く陸上競技選手の比胸囲および全陸上競技選手のKruseの示数は一般男子学生より大きかった。また、投てきグループの胸郭幅示数およびローレル示数は一般男子学生の値より大きかった。

## 2. 胸部突出度

表5は胸部の突出度をグループ別に表わしたものである。胸部の突出度は投てきグループの値が最大( $7.97 \pm 2.75$ )であり、次に短距離グループ、跳躍グループ、中長距離グループの順で小さく、一般男子学生の値が最小( $4.21 \pm 1.71$ )であった。また、短距離グループおよび投てきグループの胸部突出度は一般男子学生より有意に大きかった。

## 3. 定点間におけるレリーフの曲率半径

表6は各定点間におけるレリーフの曲率半径を

グループ別に表わしたものである。一般的にみて投てきグループの各部位における曲率半径は他のグループに比較して小さく、逆に、一般男子学生は他のグループに比較して大きかった。また、短距離グループの曲率半径はどの定点間の値をとっても投てきグループに近似しているのに対し、跳躍グループおよび中長距離グループでは一般男子学生の値に近似していた。

## 4. 各パターンの出現頻度

表7は胸部モアレ縞の各パターンの出現頻度をグループ別に表わしたものである。一般的にみて陸上競技選手は右側では横楕円形の者が多く、左側では円形のものが多かったが、一般男子学生では左右とも円形のものが多かった。また、短距離グループおよび投てきグループでは他のグループに比して斜楕円形の出現頻度が高く、それぞれ28.59%であった。さらに、短距離グループの左側では円形と横楕円形の出現頻度が同じであり、それぞれ38.09%であった。

表8は胸部モアレ縞のパターンの対称性について検討した結果である。短距離グループ、投てき

Table 6. Mean values of the radius of curvature.

	a		b		c		d		e		f	
	$\bar{x}$	s. d.	$\bar{x}$	s. d.	$\bar{x}$	s. d.	$\bar{x}$	s. d.	$\bar{x}$	s. d.	$\bar{x}$	s. d.
S	12.95	(3.56)	9.52	(2.68)	12.38	(6.74)	13.71	(7.78)	13.38	(8.13)	12.38	(4.27)
M&L	13.92	(4.45)	13.12	(7.64)	14.36	(6.60)	11.76	(3.62)	13.12	(7.79)	12.40	(6.73)
J	16.41	(9.57)	12.97	(7.68)	15.64	(7.97)	14.77	(5.12)	15.03	(6.19)	14.36	(6.83)
T	13.24	(3.97)	12.48	(4.04)	10.76	(4.75)	12.00	(4.15)	12.67	(4.35)	12.10	(3.77)
G	15.57	(5.15)	11.36	(3.84)	16.00	(10.41)	18.00	(7.69)	16.86	(4.49)	13.29	(3.38)

Table 7. Frequencies of each moire patterns.

	S		M&L		J		T		G	
	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
Circle	23.80	38.09	28.00	44.00	30.77	48.72	23.80	52.38	42.87	57.13
Long sideways oval	47.61	38.09	48.00	36.00	41.03	33.33	47.61	23.81	21.43	—
Slanting oval	28.59	23.82	16.00	12.00	17.95	5.13	28.59	23.81	7.14	14.29
Vertical oval	—	—	—	—	2.56	5.13	—	—	7.14	14.29
Nothing	—	—	8.00	8.00	7.69	7.69	—	—	21.43	14.29

Table 8. Symmetry of the right and left moire patterns.

	S	M&L	J	T	G
Same	71.42	68.00	66.67	71.42	71.43
Different	28.58	32.00	33.33	28.58	28.57

グループおよび一般男子学生とも左右の胸部モアレ縞のパターンが同じであるものが71.42%であったが、中長距離グループおよび跳躍グループではやや少なくそれぞれ68.00%、66.67%であった。

#### 5. 胸部モアレ縞示数

表9は胸部モアレ縞示数をグループ別に表わしたものであり、図6は胸部モアレ示数から胸部のモアレ縞の形を模式的に再現したものである。太い実線は平均を表わし、細い実線は標準偏差を表わしている。

各グループの特徴を検討した結果、短距離グループでは左右とも外側上方に扁平な八角形であり、中長距離グループでは左右とも左右方向に扁平な八角形であった。また、跳躍グループでは右側が外側上方に扁平な八角形であり、左側は正八角形に近い形であった。投てきグループは左右とも外側上方に扁平な八角形であり、一般男子学生では左右とも正八角形に近い形であった。

#### IV. 考 察

生体計測値の絶対値は投てきグループが他のグループに比較してすべて優位である。投てき選手は一般に体格に恵まれている必要があるとされているが、本研究の結果においても投てき選手の体格が特にすぐれていることを示している。表3に示した通り一般男子学生は陸上競技選手、特に投てきグループとの間に胸囲において顕著な違いがみられる。胸部の発達に関して伊藤・小野<sup>6)</sup>は胸部の横断面から検討を加え、一般男子学生と運動選手は大胸筋や僧帽筋の発達に大きな違いがみられると報告しているが、本研究の結果からも同様な推論が可能である。

胸部における各示数は胸部における体格充実示数として用いられ、一般的には個人の栄養状態を判定する一つの指標とされている。比胸囲は、胸囲/身長×100で表わされるが、50以下を狭胸型、50~55を中等胸型、55以上を広胸型の三型に分類される。この分類によれば投てきグループは広胸型に属するが、他のグループはすべて中等胸型に属する。

比胸囲は身長の大さに左右され、身長が大きい者ではその値が小さくなりがちであるという欠点がある。Kruseの示数は(胸囲)<sup>2</sup>/身長×100

Table 9. Results of the investigation into the moire contour line.

		S		M&L		J		T		G	
		$\bar{x}$	s. d. t	$\bar{x}$	s. d. t	$\bar{x}$	s. d. t	$\bar{x}$	s. d. t	$\bar{x}$	s. d.
Right	h/g	0.83	(0.15)	0.90	(0.14)	0.92	(0.23)	0.79	(0.17)*	0.98	(0.21)
	i/g	0.94	(0.11)	0.95	(0.11)	0.99	(0.21)	0.93	(0.14)	0.94	(0.17)
	j/g	0.84	(0.14)*	0.95	(0.17)	0.89	(0.14)	0.85	(0.14)	0.94	(0.14)
Left	h/g	0.86	(0.14)*	0.85	(0.17)*	0.96	(0.25)	0.84	(0.17)*	1.03	(0.17)
	i/g	0.98	(0.10)	0.98	(0.13)	0.99	(0.10)	0.94	(0.10)	1.04	(0.14)
	j/g	0.89	(0.14)**	0.97	(0.15)	0.97	(0.17)	0.90	(0.14)**	1.04	(0.15)

\* Significant at the 5% level.

\*\* Significant at the 1% level.

\*, \*\* shows the results of examination into the significant difference in values of students in general and athletes.



で表わされ、比胸囲の欠点を補う示数であると考えられているが、この示数をみると投てきグループと他のグループとの間の差が一層強調されている。

胸郭示数は表4に示した通り短距離グループや中長距離グループで大きく、この種目における胸郭や胸部の筋および胸部内臓、特に呼吸循環器の発達をうかがわせる。

表5および表6によれば投てきグループと短距離グループの胸部突出度や各定点間の彎曲度は他のグループより明らかに大きいものに対して、中長距離グループや跳躍グループは男子学生との間に差が認められなかった。このことから、投てきグループと短距離グループでは胸部の浅層筋、特に大胸筋や小胸筋の発達が著しいことがうかがわれる。また、中長距離選手や跳躍選手においても上半身のトレーニングがさかんに行われていることおよび一般に運動選手の皮下脂肪厚が一般人に比較して薄いこと<sup>11)16)20)</sup>を考慮すると、一般男子学生と中長距離グループおよび跳躍グループの胸部の突出度や各定点間における曲率半径の大きさには質的な差があるものと考えられる。

胸部のモアレ縞の形は各グループ毎にそれぞれの特徴が認められ短距離グループでは左右とも斜楕円形、中長距離グループは左右とも横楕円形、投てきグループでは右側が斜楕円形、左側は横楕円形に近い。また、一般男子学生の胸部モアレ縞の形は左右ともほぼ正円に近く、特に左側は正円とみなしてよい。一般男子学生の左胸部のモアレ縞の形は運動による影響が最も少ない箇所であると考えられ、運動の影響が少ない場合にはモアレ縞は正円に近くなるものと考えられる。三つのモアレ縞示数の値がほぼ近似し、しかも1に近い値を示すのは一般男子学生の右側、跳躍グループの左側であり、比較的運動の影響が少ないものと思われる。また逆に投てきグループの右胸部のモアレ縞の形は上肢の運動による影響が最も多い箇所であると考えられ、運動の影響を強く受ける場所では斜楕円形を示すものと思われる。短距離グループの左右および投てきグループの左側は投てきグループの右側と同様の傾向を示している。さらに、どちらにも属さない中長距離グループの胸部のモアレ示数は

i/g および j/g の値が比較的大きく、h/g の値は小さく横楕円形を示し、一般男子学生と投てきグループの中間型であるといえる。

以上の結果から、モアレ縞の形は一般に運動の影響の程度によって異なり、最初は円形、次に横楕円形、そして斜楕円形の順に変化するものと推察される。

著者らはすでに、最突出点の位置は運動の程度によって異なり、運動の程度が弱いと思われる一般男子学生では最突出点が体幹の中心に近い位置にあり、運動の程度が強まるに従って次第に外側に位置するようになることを発表した<sup>9) 17)18)</sup>。従って、胸部モアレ縞の最突出点の位置とその形状とを同時に検討することにより、筋の発達の度合をある程度まで推察することが可能であると言える。

## 参 考 文 献

- 1) 赤井岩男：「スポーツ種目別にみた選手の体型に関する一考察」武蔵大学紀要 3：1-17 1965.
- 2) 服部恒明：「モアレ縞形成法の体育形態学への応用」東京体育学研究 3：36-40 1976.
- 3) 服部恒明：「モアレ法による前胸腹壁矢状面形状の検討」体育学研究 23.3. 1978.
- 4)
- 5) ホメンコフ：「陸上競技トレーナー用教科書」ベースボールマガジン社 1979.
- 6) 伊藤秀三郎・小野秀次：「人体横断形態の Pattern について」東京医科大雑誌 29.3.：357-362 1971.
- 7) 金原勇：「陸上競技のコーチング I, II」大修館 1976.
- 8) 草間益良夫：「剣道選手の形態学的特徴とその変化について」武道学研究 11.2：7-8 1978.
- 9) 草間益良夫：「剣道選手の形態学的特徴とその変化について(その2)」武道学研究 12.1：47-48 1980.
- 10) 飯塚鉄雄：「日本人の体力標準値第三版」不味堂 1980.
- 11) 森脇勤：「肥満傾向学生の体力(2) 普通学生、運動部学生との比較」日本体育学会大阪市部体育学研究論文集 8. 19-29 1970.
- 12) 日本体育協会スポーツ科学委員会：「東京オリンピック日本代表選手体力測定報告」1965.
- 13) 日本体育協会スポーツ科学委員会：「メキシコオリンピック日本代表選手体力測定報告」1969

- 14) 日本体育協会スポーツ科学委員会：「ミュンヘンオリンピック日本代表選手体力測定報告」1973.
- 15) 日本体育協会スポーツ科学委員会：「モントリオールオリンピック日本代表選手体力測定報告」1977.
- 16) 佐々木美雄：「スポーツ選手の皮下脂肪厚測定の一考察」大阪市中央体育館体育医事年報 9：33-37 1971.
- 17) 高橋彬・植竹照雄・草間益良夫：「陸上選手の形態学的特徴について」日本体育学会第29回大会号 260 1978.
- 18) 高橋彬・植竹照雄・草間益良夫：「モアレ法による陸上競技選手の体表レリーフについて」東京体育学研究 6. 45-50 1979.
- 19) 高橋彬・植竹照雄・斉藤和夫：「モアレ法による脊柱彎曲の研究」筑波大学体育科学系紀要 3：89-99 1980.
- 20) 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，実測値粗点による」順天堂大学保健体育紀要 13：29-37 1970.