18歳における身体諸径の相対変異*

服部恒明・沢木昱甫

東京慈恵会医科大学第一解剖学教室

要約 身長の変異にともなう他測度の変異の関係を18歳の日本人について Allometry により分析した。基線 x は身長として、他の27の測度を y とした。その結果、全ての測度が単相 Allometry に適合することが明らかとなった。相対変異係数 (α) により各測度は 1) 体重 ($\alpha \approx 2$), 2) 長・高径 ($\alpha \approx 1$), 3) 幅・周径 ($0.4 < \alpha < 1$), 4) 頭顔部測度 ($\alpha < 0.5$) に大別することができ、それぞれの特徴と性差が論じられた。体重の α 値は2前後を示し、理論値3に比し小さく、実質的には明瞭な劣変異であることが指摘された。性差は相対変異係数の差として示されるもの(座高等)と直線の断層として示されるもの(腸骨稜幅等)とを認めた。

I. 緒言

成長の完了した、あるいは同一の成長段階にある人間の各々の形質には、一般に標準偏差などによってあらわされうる変異があり、各測度間の変異の移り変りには一定の関係があることが知られている。

二測度間の比率の関係は小河原(1965)の報告にみられるように示数によっても示されうる。しかし、示数により一測度の変異に伴う他測度の変化を知るためには、基準とした測度のそれぞれの階級について示数値を求めることが必要となる。このような方法は二測度間のみについての詳細な観察をするうえには有効であるが多くの標本を必要とし、異なった示数間の変化を同一の基準で理解することができない。

変異の研究の中でも均勢の変化を明らかにしようとするものは Allometry 研究の一分野として TEISSIER (1956) のいう *allometrie de taille* であり ALCOBE *et al.* (1951) は *Variabilitätsallometrie* と称している。この場合 Allometry 式 $y = bx^\alpha$ の α は相対変異係数といわれ2形質間の比変異率の比を示し、基線

x にとる測度を一定にするならば各測度の係数の比較が可能となる。 b (始原変異指数) は変異の方向に関して意味をもたない。

清水(1959)は変異の研究における Allometry の適用の合理性と α 値の意味の限界を指摘しているが、彼自身、変異の研究を試みている(清水, 1956)。

日本人の形質の変異については、このような観点からの検討が未だ十分とはいえないため、本研究では18歳の男女を対象として、身長に対する他の身体諸径の相対変異の基礎的な様相を理解することを目的としている。

II. 研究材料と方法

研究材料は1962~1964年に東京教育大学に入学した健康学および体育学専攻の学生のうち満18歳の男子419名、女子146名、合計565名である。井本・他(1963)は発育期の児童を対象に相対変異に関する考察を試みているが、暦年齢が等しい個体の間にみられる変異でも発育途上の測度の場合では本来の形質に差の他に発育の遅速差が含まれていると考えるべきである。しかし思春期後における変異の関係は発育最終到達段階におけるそれとはゞ一致することが認められる(井上, 1953)。それゆえ18歳の日本人にみ

* 本論文の要旨は第39回日本解剖学会関東地方会(1969年 慈恵医大)において報告した。

られる形質の変異は主として発育差より個体本来の差にもとづいているということが出来る。

計測項目は体重，身長，オトガイ点高，胸骨上縁高，恥骨結合上縁高，肩峰高，中指尖高，上肢長，上前腸骨棘高，脛骨点高，下腿長，坐高，肩峰幅，腸骨稜幅，胸矢状径，胸横径，胸囲（静時），胸囲（吸気時），胸囲（呼気時），上腕最大囲，前腕最大囲，前腕最小囲，頭長，頭幅，頭耳高，頭囲，頬骨弓幅，形態顔面高の28項目である。

Allometry 式($y=bx^a$)における基線 x には身長をとったが，1 cm 幅でつくった各身長階級の材料数は Table 1 に示す通りである。それぞれの階級ごとに他の27の測度の平均値を算出し，その対数値を縦(y)軸にプロットした。永井（1952）は，このような各身長階級における実測度数分布はほぼ正規分布するとし，平均値が各階級の代表値として扱かいうることを報告している。

回帰式は最小二乗法により求め Allometry の推定と検定は一般回帰分析に準じた。なお，回帰係数の信頼限界は信頼度 95% とした。

Ⅲ. 研究成績と考察

2 測度間に Allometry 式 $y=bx^a$ が適合するか否かは，通常，両対数値をとった $\log y = \alpha \log x + \log b$ という一次式が成り立つかどうかによる。すなわち両対数値により直線関係が成立すれば Allometry 式が適合しているものとみなすことが出来る。プロットした点の分散度から明瞭に複相 Allometry を想定できる測度はなかったので，全て変移点 (critical point) がないものとして直線性を検定した。その結果，危険率 1% で有意な直線性が認められ，全測度は単相 Allometry と結論された (Table 2)。

身長に対する 27 項目の α と 95% の信頼限界および $\log b$ は Table 3 の通りである。また α 値は Fig. 1 のグラフに男子は実線で，女子

Table 1. Number of subjects in each class of stature.

Stature (cm)	Male	Female
145.0 — 145.9	—	3
146.0 — 146.9	—	2
147.0 — 147.9	—	2
148.0 — 148.9	—	0
149.0 — 149.9	—	4
150.0 — 150.9	—	8
151.0 — 151.9	—	8
152.0 — 152.9	—	11
153.0 — 153.9	—	11
154.0 — 154.9	—	9
155.0 — 155.9	1	16
156.0 — 156.9	4	8
157.0 — 157.9	2	7
158.0 — 158.9	6	13
159.0 — 159.9	10	11
160.0 — 160.9	15	6
161.0 — 161.9	17	7
162.0 — 162.9	15	7
163.0 — 163.9	21	7
164.0 — 164.9	25	6
165.0 — 165.9	20	—
166.0 — 166.9	27	—
167.0 — 167.9	33	—
168.0 — 168.9	26	—
169.0 — 169.9	36	—
170.0 — 170.9	24	—
171.0 — 171.9	25	—
172.0 — 172.9	26	—
173.0 — 173.9	24	—
174.0 — 174.9	13	—
175.0 — 175.9	16	—
176.0 — 176.9	9	—
177.0 — 177.9	13	—
178.0 — 178.9	7	—
179.0 — 179.9	4	—
180.0 — 180.9	4	—
Total	419	146

は点線で示されている。

(1) 体重

回帰直線は Fig. 2 に示す通りである。 α は男子2.05，女子1.91と明瞭に優変異する。性差

Table 2. Results of tests of allometry equations and coefficients.

Items	Male		Female		Sexual difference of α
	Linearity test	F-test ¹⁾	Linearity test	F-test ¹⁾	
Body weight	**	P	**	P	
Height to gnathion	**	P	**	I	
Height to suprasternale	**	P	**	P	
Height to symphysion	**	I	**	P	
Height to acromion	**	P	**	I	
Height to dactylion	**	P	**	I	
Length of upper limb	**	I	**	I	
Height to iliospinale	**	I	**	I	
Height to tibiale	**	P	**	I	
Length of lower thigh	**	I	**	I	
Sitting height	**	N	**	N	
Biacromial diameter	**	N	**	N	
Bicristal diameter	**	I	**	N	
Sagittal diameter of chest	**	I	*	N	
Transverse diameter of chest	**	N	**	N	
Girth of chest (rest)	**	N	**	N	
Girth of chest (inspiration)	**	N	**	N	
Girth of chest (expiration)	**	N	**	N	
Girth of upper arm	**	N	**	N	
Girth of fore arm	**	N	**	N	
Girth of wrist	**	N	**	N	
Head length	**	N	**	N	
Head breadth	**	N	**	N	
Auricular height	**	N	*	N	
Head circumference	**	N	**	N	
Bizygomatic breadth	**	N	**	N	
Morphological face height	**	N	**	N	

1) F-test if the allometric line is isometry (I) or not. When a coefficient is not isometry and larger than 1.0 it means positive allometry (P), and when it is smaller than 1.0 it means negative allometry (N).

** (*) Significant at 0.01 (0.05) level.

Table 3. Allometry coefficients (α) and logarithmic values of constant b ($\log b$) in the allometry equation, $\log y = \log b + \alpha \log x$, where x =stature, y =others.

Items	Male		Female	
	α	$\log b$	α	$\log b$
Body weight	2.05 $\pm$ 0.169	-2.77	1.91 $\pm$ 0.169	-2.47
Height to gnathion	1.05 $\pm$ 0.033	-0.18	1.06 $\pm$ 0.087	-0.19
Height to suprasternale	1.11 $\pm$ 0.056	-0.33	1.09 $\pm$ 0.048	-0.28
Height to symphision	1.05 $\pm$ 0.034	-0.42	1.22 $\pm$ 0.166	-0.22
Height to acromion	1.07 $\pm$ 0.064	-0.24	1.07 $\pm$ 0.187	-0.25
Height to dactylion	1.13 $\pm$ 0.099	-0.70	1.09 $\pm$ 0.153	-0.16
Length of upper limb	1.09 $\pm$ 0.110	-0.57	1.06 $\pm$ 0.170	-0.51
Height to iliospinale	1.10 $\pm$ 0.102	-0.50	1.10 $\pm$ 0.173	-0.48
Height to tibiale	1.24 $\pm$ 0.046	-1.12	1.12 $\pm$ 0.372	-0.86
Length of lower thigh	1.08 $\pm$ 0.152	-0.85	1.04 $\pm$ 0.587	-0.70
Sitting height	0.82 $\pm$ 0.056	0.15	0.63 $\pm$ 0.155	0.56
Biacromial diameter	0.65 $\pm$ 0.782	-0.14	0.78 $\pm$ 0.158	-0.17
Bicristal diameter	0.99 $\pm$ 0.156	-0.76	0.74 $\pm$ 0.268	-0.18
Sagittal diameter of chest	0.91 $\pm$ 0.199	-0.75	0.57 $\pm$ 0.266	-0.02
Transverse diameter of chest	0.67 $\pm$ 0.123	-0.06	0.52 $\pm$ 0.245	0.26
Girth of chest (rest)	0.62 $\pm$ 0.131	-0.57	0.33 $\pm$ 0.259	1.19
Girth of chest (inspiration)	0.67 $\pm$ 0.133	-0.46	0.44 $\pm$ 0.346	0.95
Girth of chest (expiration)	0.67 $\pm$ 0.169	0.44	0.53 $\pm$ 0.362	0.74
Girth of upper arm	0.59 $\pm$ 0.290	0.11	0.81 $\pm$ 0.500	-0.38
Girth of fore arm	0.51 $\pm$ 0.243	0.28	0.60 $\pm$ 0.362	0.05
Girth of wrist	0.43 $\pm$ 0.220	0.27	0.75 $\pm$ 0.408	-0.45
Head length	0.21 $\pm$ 0.110	1.08	0.20 $\pm$ 0.198	1.82
Head breadth	0.16 $\pm$ 0.130	1.83	0.20 $\pm$ 0.173	1.74
Auricular height	0.31 $\pm$ 0.156	1.42	0.19 $\pm$ 0.271	1.69
Head circumference	0.19 $\pm$ 0.138	2.32	0.32 $\pm$ 0.190	2.05
Bizygomatic breadth	0.40 $\pm$ 0.124	1.26	0.35 $\pm$ 0.230	1.38
Morphological face height	0.44 $\pm$ 0.131	1.14	0.48 $\pm$ 0.362	1.03

Fig. 1. Graphic representation of allometry coefficients. (Solid line : males. dotted line : females)

は有意ではない。

一般に組成が均一である場合、長さに対する重さの α は3に近似することが想定される。森田・服部(1969)は胎児の頭殿長に対する体重の相対成長係数が3.17であることを報告している。すなわち、ここにみられるような2前後の値は実質的には劣変異を意味している。これはBERTALANFFY & PIROZYNSKI (1952)の報告などからも示唆されるが脳を含む内臓諸器官が他の測度に比し劣変異することなどに起因するものであろう。

(2) 高径と長径

Table 3 から明らかなように、これらの測度は幾分優変異の傾向を示しながらほぼ等変異している。このようにやや優変異に傾むくのは、基線 x にとった身長が著しく劣変異する頭顔部を含む測度であるためそれを含まない長高径群が相対的にやや優変異したものであろう。変異の Allometry における基線とする測度の選定は研究の企図に応じて検討されるべきである。

これらの測度のうち女子の恥骨結合上縁高が $\alpha=1.22$ とより優変異に傾むいているが男子と

Fig. 2. Logarithmic plot of body weight against stature.

の間に差は認められない。脛骨点高でも優変異の傾向がつよい (Table 3, Fig. 3)。

一方坐高では Fig. 4 にみられるよう男女とも明瞭な劣変異が認められる。 α は男子 0.82, 女子 0.63 でその差は有意である。このことは身長が大きい階級ほど坐高は小さく、その傾向が女子でよりつよいことを意味している。すなわち坐高では身長との相関の低い頭顔部の占める割合が身長に比し大きいためであろう。

オトガイ点高, 胸骨上縁高, 肩峰高, 中指尖高, 上肢長, 前脛骨棘高, 下腿長は男女ともほぼ等変異している (Table 3)。

(3) 幅厚径

肩峰幅, 脛骨稜幅, 胸矢状径, 胸横径のい

Fig. 3. Regression lines of height and length dimensions against stature. They are calculated by least squares.

れの α 値も1より小さいが, 男子の脛骨稜幅と胸矢状径では基線にとった身長とに有意な α 値の差がみられなかったため等変異とみなされている (Table 2)。その他では劣変異の傾向は明瞭である。

脛骨稜幅では性差は Fig. 5 にみられるように著しい回帰直線の不連続性としてあらわされる。同一の身長階級における男女の骨盤幅の絶対量の差にもとづくものであろう。

肩峰幅を除いて, α はいずれも男子が大きい, 性差は胸矢状径のみで有意であった。身長

Fig. 4. Regression lines of height dimensions against stature. They are calculated by least squares.

の大きい階級ほど幅厚径は相対的に小さく、その傾向は女子でよりつよいといえそうである。また、殊に男子で胸矢状径の α は胸横径のそれよりも大きく、胸部の断面についていえば身長の高い階級ほどまるみをおびているといえる。森田・服部 (1969) は胸部の Allometry に関する研究で、胸囲 (静時) の大きい階級ほど胸部断面はまるみをおびていると報告しており興味深い。女子では身長階級差にもとづくまるみの差は明瞭でなかった。

(4) 周径

胸囲では静時、吸気時、呼気時とも劣変異するが、男子の α が約 0.6~0.7 であるのに女子では約 0.3~0.5 とより小さい。たゞし胸囲

Fig. 5. Regression lines of diameters against stature. They are calculated by least squares.

(静時) の α のみで差は有意であった (Fig. 6)。身長階級の大きいほど、胸矢状径や胸横径で認められたと同様に胸囲は相対的に小さくなり、その程度は女子でよりつよい傾向がみられる。これは胸囲が、身長に対して劣変異すると想定される胸部内臓の量と関係し、さらに軟部の相対的量の大きい女子が男子より階級差が少ないためと思われる。

上肢の周径もまた劣変異するが α は胸囲の場合と反対に男子で約 0.4~0.6 であるのに女子では約 0.6~0.8 と大きくなっている。Fig. 7

Fig. 6. Regression lines of girth of chest (rest) against stature. They are calculated by last squares.

Fig. 7. Regression lines of girths of upper limb against stature. They are calculated by least squares.

に前腕最大囲と前腕最小囲の回帰直線が示されているが、前腕最大囲の男女の直線は共通する身長階級では断層をもって大きくなっている。これは筋の絶対量の差に起因するものであろう。これに対して前腕最小囲では主して骨の量に関与する測度のためか、男女の直線はほぼ重複し、勾配は男子で小さくなっている。両性とも身長の高いものの方が前腕最小囲の相対値は小さく、その程度は男子でよりつよい。

(5) 頭顔部

頭部の測度である、頭長、頭幅、頭耳高、頭囲の α は男女とも0.2前後を示し測度間の差も明瞭でない (Table 3)。顔面部の測度である頬骨弓幅、形態顔面高でもつよい劣変異が認められるが、 α は約0.4~0.5で頭部のそれほど著しくはない。頭長、頭幅、形態顔面高の回帰直線が Fig. 8 に示されている。この図から明らかなように男女の回帰直線は不連続で男子がより高いところに位置している。すなわち同一の身長階級においては頭顔部形質の絶対量が男子でより大きいことを示している。

頭顔部測度のこのような著しい劣変異は推察されるところであるが、相対変異係数が0か負になる、いわゆる **hyperbolic heterogony** (HERSH, 1947) を示さないことはむしろ興味深い。

(6) 小括

以上のように最も代表的な測度である身長の階級差に伴って、他の測度ではそれぞれ特徴ある変異の方向、程度が認められるため、ある形質の相対的な変異の大きさを α によって各身長階級間でくらべることが出来る。また同一の身長階級内におけるそれぞれの形質間の比変異率の比も比較することができる。しかし **Allometry** 分析では測度間の α の僅少な差よりも変異の方向の大局的な把握においてより大きい意味がある。

このような観点からここで対象とした測度は α 値によりおよそ4つに分類することができ

Fig. 8. Regression lines of head and face dimensions against stature. They are calculated by least squares.

る。すなわち、1) 体重、2) 長高径に代表されるはゞ等変異する測度、3) 幅周径に代表される劣変異する測度、4) 頭顔部諸径に代表される著しく劣変異する測度である。顔部は劣変異のさらに顕著な頭部と区別することも可能であろう。

以上の結果は換言すれば、高身長階級に属するものは低身長階級に属するものに比し、相対的に軽量であり、頭顔部が明瞭に小さく、そのため頭顔部を除く長高径はやゝ大きいとか等しい。また体幹は幅径、周径とも小さい。これらの傾向は男女においてほぼ同様に認められる。

IV. 総 括

均勢の変異という観点から日本人の形質について総合的に言及した研究は、殆んど見いだせないで、18歳の日本人男子419名、女子146名を対象として Allometry による研究を行なった。体重、長高径 11 項目、幅厚径 4 項目、周径 6 項目、頭顔部諸径 6 項目の合計 28 項目について計測し、基線 x には身長をとり他の測度を y とした。その研究成績は次のように総括される。

(1) 回帰の直線性は危険率 1% で有意であったので 27 の測度は全て単相 allometry と認められた。

(2) 体重の相対変異係数は男子 2.05、女子 1.91 で有意な性差は認められなかった。

(3) 長高径ははゞ等変異するが、坐高では劣変異が認められた。

(4) 幅径でも劣変異し、腸骨稜幅における性差は回帰直線の著しい断層として示された。

(5) 胸囲は静時、吸気時、呼気時とも劣変異を示し、その程度は女子でよりつよい傾向がみられたが、上肢の周径では反対に男子でよりつよい劣変異が認められた。

(6) 頭部諸径では最も著しい劣変異が認められ顔面部でもつよい劣変異がみられた。男女の回帰直線は不連続で男子がより高いところに位置した。

(7) 27 の測度は相対変異係数の大きさにより、1) 体重 ($\alpha \approx 2$)、2) 長高径 ($\alpha \approx 1$)、3) 幅周径 ($0.4 < \alpha < 1$)、4) 頭顔部測度 ($\alpha < 0.5$) の 4 つに大別することができた。

稿を終るにあたり、終始、御懇篤なる御指導と御校閲を賜った東京慈恵会医科大学森田茂教授に深甚の謝意を表する。

文 献

ALCOBE, S. und A. PREVOSTI, 1951: Versuch einer Analyse des allometrischen Wachstums

- beim Menschen. Homo, 2: 15-19.
- BERTALANFFY, L. and W.J. PIROZYNSKI, 1952: Ontogenetic and evolutionary allometry. Evolution, 6: 380-392.
- HERSH, 1934: Evolutionary relative growth in the titatotheres. Amer. Nat., 68: 537-561.
- HUXLEY, T.S. 1950: Relative growth and transformation. Proc. Roy. Soc. London, 137: 465-469.
- 井本裕美・小林和雄・田中 治・胡桃 彰・北谷靖子・御前千鶴子・石田一哉・小林公克・田崎宗平・上田和夫・高垣文彦・山本純市・芝 常雄 1963: 和歌山県日高川流域に於ける学童期の地域的に観た個成長と相対変異, 特に其 Allometry 的考察. 和歌山医学, 14: 39-68.
- 井上 俊, 1953: 体型判定法に関する研究. 信州医学雑誌, 2: 114-134.
- 森田 茂・服部恒明, 1969: 日本人胎児における外計測度の相対成長(会). 解剖誌, 44, 付2: 2.
- 森田 茂・服部恒明, 1969: 青年期における胸部諸測度の相対変異(会). 慈医誌, 84: 674-675.
- 永井達吉, 1952: 新潟市学生生徒の体力に関する研究第2報. 身長に関する体重, 胸囲の回帰線並に其年令的推移. 新潟医学会誌, 66: 407-421.
- 小河原四郎, 1965: 倍数で表わした身体比例, 第一報. 成人について(その1). 生体計測論文集, 51: 39-47.
- 清水三雄, 1956: 日本人の学令期以後における相対成長 (allometry). 骨年令および変異に関する研究. 30年度文部省総合研究報告集録 (医学及び薬学編): 168.
- 清水三雄, 1959: 相対成長. 協同医書出版, 東京.
- TESSIER, G., 1957: 相対成長. 日仏生物学会誌, 3: 77-84.

(昭和46年6月10日受付)

Allometric Analysis of Variation on Body Dimensions At 18 Years Old

Komei HATTORI and Akio SAWAKI

Department of Anatomy, The Jikei University School of Medicine

In order to research the proportion of anthropometric indicators on the groups classified according to the stature, measurements were taken of 28 items of 565 Japanese males and females at 18 years old.

So emphasis was given to the demonstration of allometric relationships in the variation of the items.

Stature was taken on abscissa and the others on ordinate. As the linearity test of the regression lines were statistically significant at 1% level, all indicators in both sexes were revealed as monophasic allometry. The sexual difference of allometric coefficients (α) were generally not significant.

The α -values of body weight showed 2.05 in male and 1.91 in female. They are not so large as the theoretical value, 3, and show practically negative allometric inclination.

Other items could be classified into 3 large groups by α , i.e., isometry or slightly positive allometry group comprised the dimensions of height and length, negative allometry group included the dimensions of girth and breadth, and extensively negative allometry group included the dimensions of head and face.

It is logically true that in the tall group the relative amount of body weight, breadth, girth, and head and face dimensions are small despite no remarkable differences in length and height dimensions compared with the short group.

We can assume that the group tall in stature will be more slender as a whole.