

[原著論文]

日本人男子の身長に対する体重の相対発育係数の年次変化

高島二郎

要 約

本研究はまず文部科学省発表の学校保健統計調査から戦後の身長と体重のデータを出生年ごとのコホート系列でまとめ、身長に対する体重の相対発育係数を算出した。その係数の年次変化から伸長期、充実期に注目し発育の様相を考察した。分析方法により若干の相違はあるが、出生年1942年～2001年、5～15歳の男子のデータを次の側面から分析した。①5～8歳、8～11歳、11～14歳の三相における相対発育係数の年次変化を回帰分析し、共分散分析の平行性の検定を実施した。②5～6歳、6～7歳の様に年間の相対発育係数を14～15歳まで算出し、年次変化を回帰分析する。③1942～1954年を1群とし、1981年～1993年の4群まで4つの群に分け、それぞれの年間相対発育係数を算出し、加齢変化と群間の変化を共分散分析の手法を用い検定した。その結果、伸長期→充実期という傾向から伸長期（5～7歳）→充実期（7～12歳）→伸長期（12～13歳）→充実期（13歳～）の4つの相が存在し、12～13歳の伸長傾向と13歳からの充実傾向は今後、顕著化する可能性を示した。この傾向は、肥満、痩身の二極化の一因となることも予測できる。

キーワード：伸長期、充実期、相対発育係数、肥満、二極化

I. 緒言

身長に対する体重の相対発育に関する研究の視点の一つに、伸長期と充実期の特定に関するものがある（清水1946）。文部科学省「学校保健統計調査報告」の身長および体重のデータから興味深い年次変化をみだした。相対発育に関する分析では「相対発育係数の算出」と「変移点の特定」が重要な要素となっている（清水1957, 清水1959a, McMahon1983）。しかしながら、「変移点の特定」については任意的なものとなり、統計的方法によらず視認的なものになっている等の批判がある（八杉1964）。統計的に根拠を探る研究も数々あるが（近藤1964, 清水ら1971, 小宮ら1975）、若干複雑になりヒトへの研究手法としては近年あまり使用されていない。今回はこれらのことを踏まえ「相対発育係数」に注目し、年次変化から戦後の日本人男子の発育様相を伸長期と充実期に視点をあて検討した。

Ⅱ. 方法

1) 分析資料

文部科学省「学校保健統計調査報告」から男子の身長、体重について5歳から15歳を同一出生年コホートで整理し、出生年1942年～1993年（一部2001年まで使用している）のデータを使用した。この年齢を選択した背景には後述するが、伸長期、充実期を提唱した（シュトラッツ1966）の第1伸長期から第2伸長期に準じている。

2) 係数の算出

係数の算出には回帰係数の算出方法を一般的なYonXにするのか不偏長軸によるかの議論が存在する。今回の分析では0.96（2データ）、0.98（2データ）以外すべて0.99以上の相関係数を示し、ほとんど同値として扱える（保志1978）。また、2点間の係数の算出では相関係数は1.00となりYonXでも不偏長軸でも完全に同値となる。このことからYonXでの算出法を用い、サンプル数に制限が少なく、比較的容易に計算できる共分散分析の平行性の検定を用い考察した。

ほとんどの相関係数が0.99以上であることは辺縁値の問題も解決できる（Nielsen1985）。どのような手法であれ回帰直線はx, yの平均値の交点を通過する。このことは平均値から遠いデータの影響が平均値付近のデータより大きいこととなる。x軸, y軸上での正規分布を予測できるサンプル集団では有効であるが、今回のように各データ点を平均値とし正規分布を予測しているものには、平等にその影響力を発揮させる必要がある。以上のことを踏まえ次の3つの視点から係数を算出した。

(1) 相対発育のデータを5～8歳, 8～11歳, 11～14歳, の3相に分けそれぞれの相から相対発育係数を算出した。Figure 1に1942年と1993年の例を示した。この係数の年次変化を直線（曲線）回帰で表し、同時に各相間の平行性の検定を行い、考察する。この3相の分類の根拠は、伸長期、充実期を提唱したシュトラッツの分類に由来する。シュトラッツは中性児童期の第1伸長期を5～7歳とし、続く両性児童期に第2充実期（8～10歳）、第2伸長期（11～15歳）としている（森1966）。また相対発育係数は比成長速度の比を示す（清水1959a）といわれるように、年齢間の変化が重視されると考えられる。シュトラッツの期間では7歳～8歳および10歳～11歳変化が把握できない。これらを考慮し、かつ各相が同一データ数になるよう、今回の3相に分類した。Figure2にシュトラッツのデータを今回の区分で分析した数値を示した。なお、図中のp値は各相間の平行性を検定した際の有意確率である。

(2) (1) の数値を踏まえ、詳細な変化を検証するために、5～6歳, 6～7歳という年間相対発育係数を14～15歳まで算出した（例をFigure 3に示した）。その年次変化を直線（一部2次曲線）回帰で表し、考察する。

(3) (2) の2点間の係数では平行性の検定が困難なため、1942～1954年（1群）、1955～1967年（2群）、1968～1980年（3群）、1981～1993年（4群）の4群に分類し、各群の年間相対発育係数を算出した。Figure 4に12歳から13歳の変化例を3群と4群について示した。それをもとに、4群（1981～1993年）における12～13歳の係数と他の年齢との平行性を検定し、考察する。同時に8～9歳、12～13歳の群間についても平行性を検定した。この群分は検定を目的としており、特に時代背景の根拠はないが、(1) の係数の年次変化の特徴を考慮している。

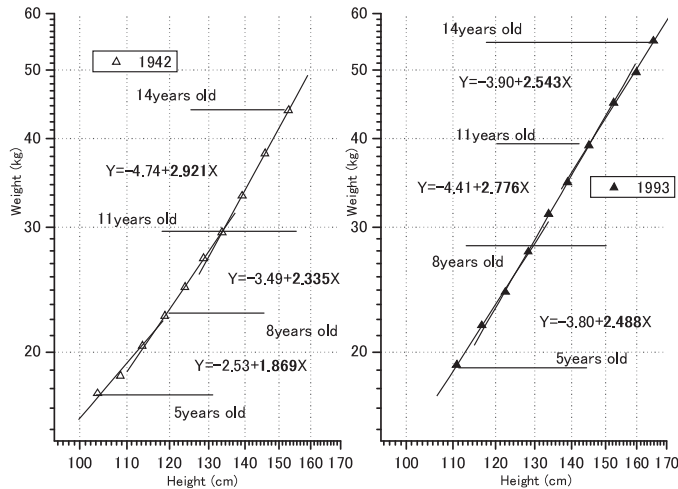


Figure 1 Relative Development Ratio of the Three Phases (1942 and 1993)

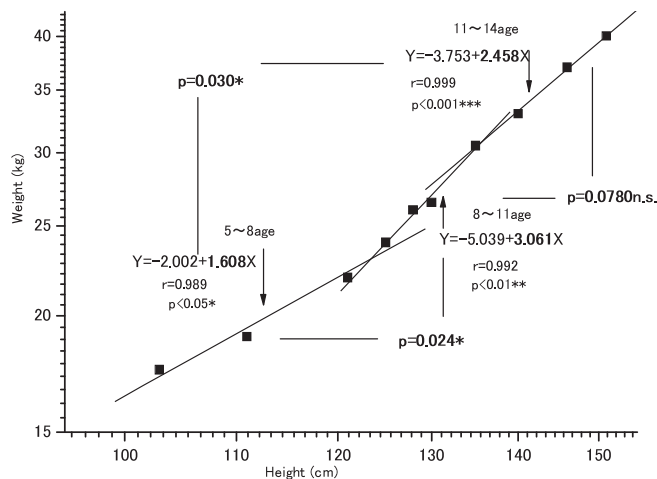


Figure 2 Relative Development of Weight versus Height (Males: from CH Stratz data)

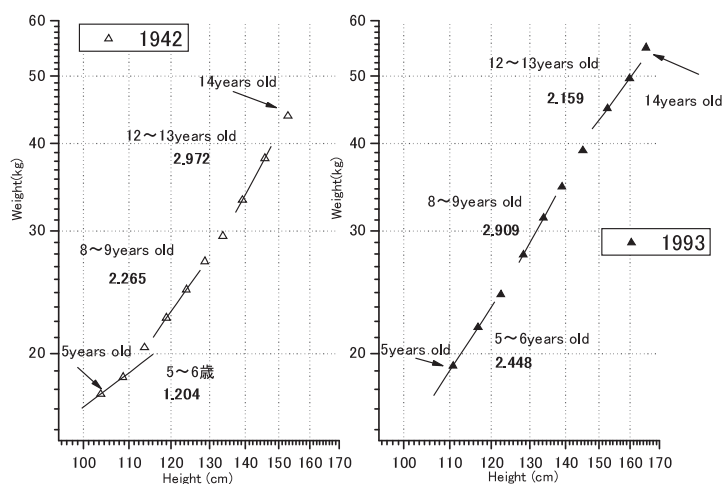


Figure 3 Yearly Relative Development Coefficient Ratio (1942 and 1993)

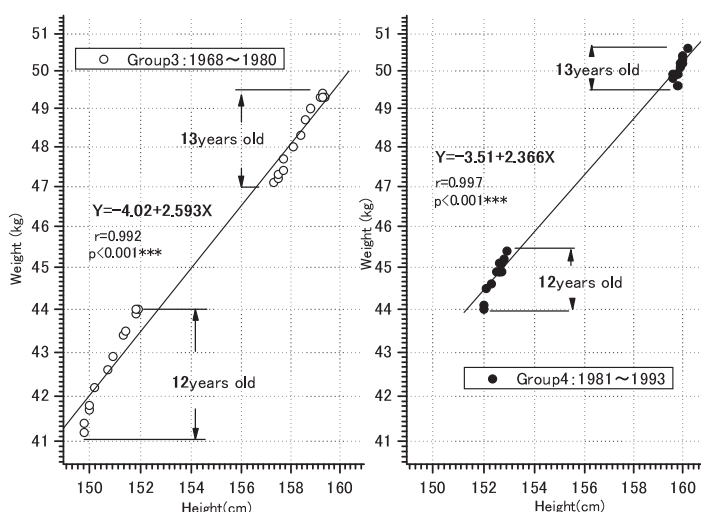


Figure 4 Relative Development Coefficient Ratio in males 12-13 years old (Groups 3 and 4)

Ⅲ. 結果

1) 3相の係数から

Figure 5に各相の年次変化をプロットし、回帰(8~11歳では2次曲線回帰その他は直線回帰)を示した。8~11歳で2次曲線回帰を採用したのは寄与率(r^2)が、線形回帰では0.7025となり、2次曲線回帰の0.948より少ないためである。1942年から5~8歳における相での係数は、直線的な増加傾向を示した。11~14歳の相では、逆の直線的減少傾向を示した。この2つの相間の

平行性を検定した結果、1979年以降（1982年を除く）の平行性が仮定された（有意水準5%以下）。

8～11歳では増加傾向から、その勾配が緩やかになり1980年以降減少傾向に転じている。2次回帰曲線は1978.9年に頂点が存在し、途中1965年頃、11～14歳と交差した。5～8歳との平行性の検定では1942, 1944, 1987年以外で平行性が棄却されている（有意水準5%）。11～14歳との検定では1956年以前と1958, 1981, 1984～1986, 1989, 1991年で平行性が棄却された（有意水準5%以下）。

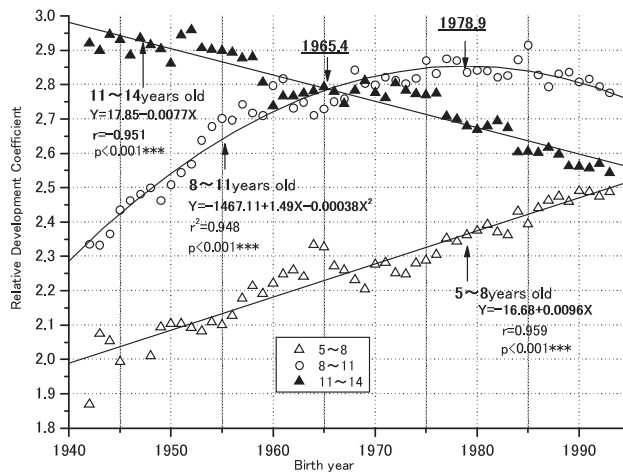


Figure 5 Weight to Height Yearly Distribution of Relative Development Coefficient (1942–1993 males)

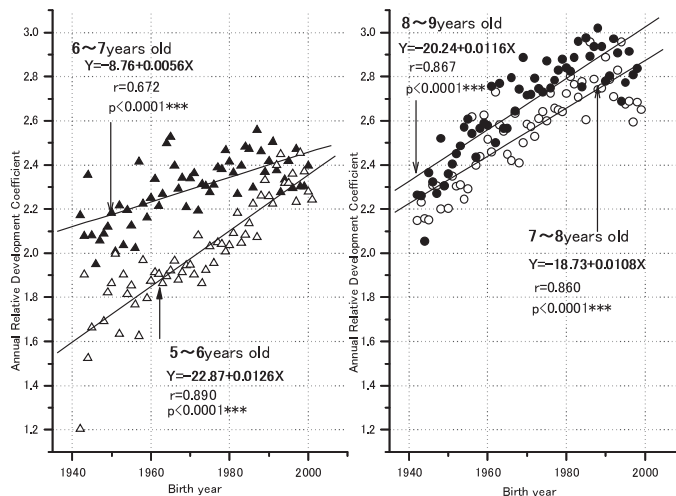


Figure 6 Yearly Change in Annual Relative Development Coefficient (5–9 year olds)

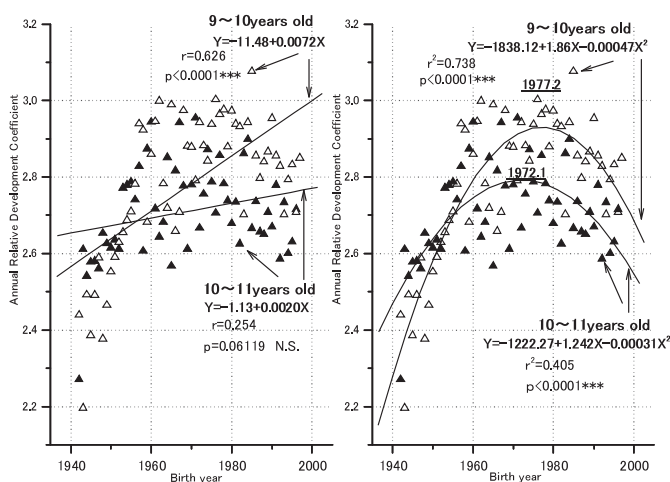


Figure 7 Yearly Change in Annual Relative Development Coefficient (9~11 year olds)

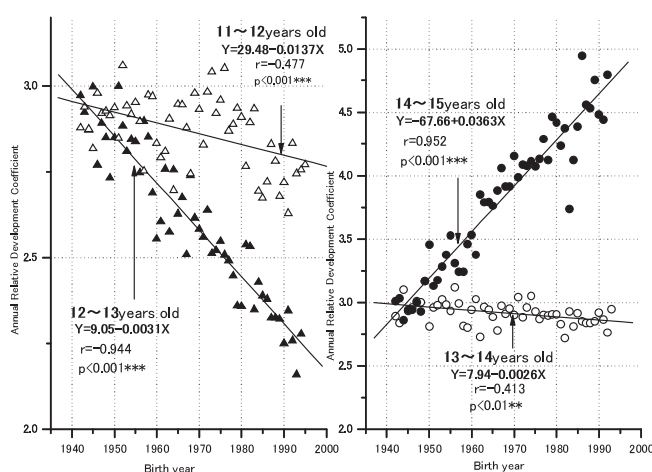


Figure 8 Yearly Change in Annual Relative Development Coefficient (11~15 year olds)

2) 年間の相対発育係数から

年間相対発育係数のうち5~9歳の4系列について Figure 6 に示した。すべて直線回帰で有意な増加傾向を示した。勾配は5~6歳が0.0126であり他に比して著しい増加を示した。5~6歳では1990年以降、減少傾向を示した。この減少に転じる傾向は、9~11歳の2系列ではさらに顕著にあらわれる。Figure 7 の左側は直線回帰、右側には2次曲線回帰の結果を示した。2次曲線回帰については寄与率 (r^2) で示した。この年齢での年間相対発育係数の回帰は2次曲線が適していると考えられる。次の11~14歳での減少傾向を示す直線回帰への移行時期と考えら

れる。11歳からの係数を14～15歳を加え、Figure 8に示した。係数の差が大きいので左右のy軸スケールが異なっている。直線回帰での減少勾配の大きさは12～13歳>11～12歳>13～14歳となった。その後の14～15歳の勾配は、一転し増加を示した。

3) 4群の年間相対発育係数から

Table 1に各群の係数を年齢ごとに示した。相関係数は、1群の5～6歳で0.959、6～9歳の3係数で0.978～0.931を示した。今回算出したすべての相関係数のうち、この4係数が0.99未満であった。Figure 9に群別の年間相対発育係数の加齢変化を示した。図中の「*」は4群

Table 1 Change in Annual Relative Development Coefficient by Birth Year Group Distribution and Age

Age	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
5～6	1.532	1.915	1.992	2.210
6～7	1.957	2.331	2.351	2.401
7～8	2.051	2.587	2.642	2.778
8～9	2.168	2.709	2.850	2.901
9～10	2.346	2.922	2.988	2.878
10～11	2.500	2.869	2.846	2.727
11～12	2.793	2.936	2.989	2.771
12～13	2.769	2.746	2.593	2.366
13～14	2.817	2.921	2.973	2.858
14～15	2.907	3.519	4.137	4.458

Group 1 : 1942～1954年 Group 3 : 1968～1980年
Group 2 : 1955～1967年 Group 4 : 1981～1993年

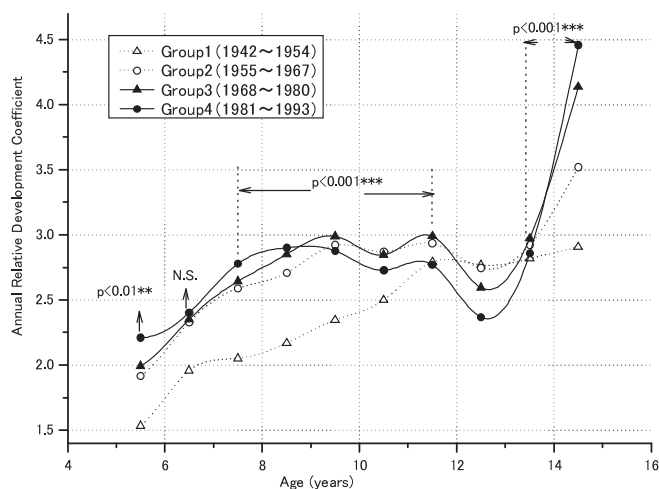


Figure 9 Annual Relative Development Coefficient Distribution by Birth Year Group

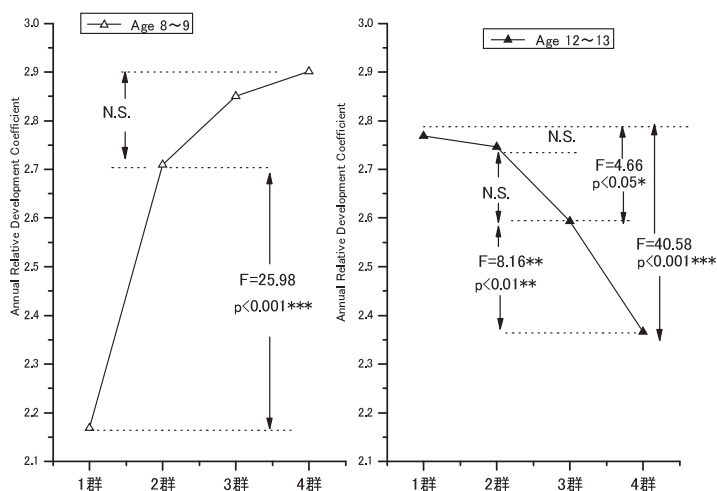


Figure 10 Test of Homogeneity of Slope

(1981～1993年)の12～13歳と他の年齢との平行性の検定結果である。7～10歳の3つの係数で増加傾向が認められ、12～13歳では漸次減少した。一方で14～15歳では著しい増加傾向がみられた。4群(1981～1993年)の平行性の検定では、6～7歳以外で有意差を認めた。Figure 10には群間の平行性を8～7歳、12～13歳について検定した結果を示した。前者の係数が増加、後者の係数が減少傾向を示した。

IV. 考察

分析に用いた身長に対する体重の相対発育係数は、 $\text{体重} = b \text{身長}^a$ というアロメトリー式の a である。一般的には2つの成長系 x, y の間に $y = bx^a$ が成立するとされる。たとえば身長 (x) に対する座高 (y) の相対発育を考えると、 $a = 1$ の場合は身長と座高の発育速度が同じとなる。 $a < 1$ では座高の発育速度が身長より劣り、 $a > 1$ では逆の傾向を示すこととなる。相似の身体と同一の身体組成をもったヒトを仮定すると、座高は長さ (L) の次元であり、これは同じ次元である身長 (L) に比例し、理論上は $a = 1$ である。しかし発育過程では完全な相似が仮定できない。同じく体重は体積と捉えると L (長さ) の3乗に比例し、理論上は $a = 3$ であるが (Astrand P-O 1977), 今回の身長に対する体重の相対発育係数は多くの場合 $a < 3$ を示した。

Asumussen (1955) は7～16歳のデンマーク男子における身長に対する体重の相対発育係数を、単相アロメトリーから2.684を算出した。森下 (1966) は6～18歳の日本人男子について、身長137cm (平均年齢 11.7 ± 1.1 年) で変移点の存在を指摘し、前後の係数を2.303と3.065とした。同時にこの民族差を、同一身長に属する日本人とデンマーク人の年齢差が、ほぼ2～3年で日本人より大きい、その体重には大きな差はないことによるとした。後述のように今回 $a > 3$ を示す年齢は14歳以降になる。係数のみに注目し、全体のアロメトリー式の検討を行っ

ていない。しかしながら近年の男子の伸長傾向が伺える。

一方、この係数の大小により身長が有意に伸びる時期と体重が増える時期も把握できる。いわゆる伸長期と充実期が判断できる（清水，1959b）。以下この伸長期と充実期の年次変化を中心に考察を進める。

3相の年次係数変化からは、出生年1942年から1958年前後まで3相間で平行性が仮定できないことから5～8歳<8～11歳<11～14歳となり、伸長期→充実期→第2充実期（成熟期）を経過すると考えられる。その後1978年頃まで8～11歳と11～14歳で平行性が仮定できる。この2つの相と5～8歳の相との間で平行性が仮定できない年となる。つまり、伸長期（5～8歳）→充実期（8～14歳）という2相性の経過を示す。その後5～8歳と11～14歳の相で（1982年以外）平行性が仮定でき、5～8歳と8～11歳で（1987年以外）平行性が仮定できないことから、伸長期（5～8歳）→充実期（8～11歳）→伸長期（11～14歳）という発育様相を示すと捉えることができる。

年間相対発育係数の年次推移からは、まず5～6歳、6～7歳ともに増加傾向を示すが、1990年を過ぎたところから係数2.2～2.4の間に停滞する傾向がある。同様に7～8歳、8～9歳では2.6～2.8に停滞している。9～10歳、10～11歳は2次の曲線回帰であるが2.6～2.8に収束する傾向を示した。11～14歳までの年間相対発育係数は減少傾向を示すが、特に12～13歳での減少の勾配が大きくなった。その前後の係数は2.75前後であるが、12～13歳では2.25前後でまだ減少する様相であり、この年齢での伸長傾向が進行していることが把握できる。14～15歳では一転して増加しており係数も5.0に近づいており、急激な充実期への変化と捉えることができる。

佐藤（1947）は年間相対発育係数を算出し、 $a > 3$ となる歳を15～16歳以降であるとした。今回の分析より1年遅い充実期への移行を示唆する。また、13～14歳の係数を2.40としており、前後の係数より低くなる。この係数の減少傾向に関しても1年のずれが生じる。1927年データとの1年早い共通点は、1942年生まれから約20年はこの傾向になかったことも含め、戦前戦後の体形変化に対する環境等の影響を探る手掛かりとなる。

4群の年間相対発育係数の加齢変化からは、その形状と平行性の検定から伸長期と充実期の出現傾向が明確に把握できる結果となった。三相での係数変化からの判断とは若干ずれが生じるが、伸長期（5～7歳）→充実期（7～12歳）→伸長期（12～13歳）→充実期（13歳～）の発育様相が、視認的にも平行性の検定からも整合性をもつ。群間の検定から8～9歳の係数では1群から2群へ上昇し、2群以降は平行性仮定できる程度の変化である。12～13歳では係数は減少傾向を示し、漸次平行性が否定される傾向にある。今後の伸長期、充実期の変化を予測するとき、12歳以前はこの係数前後で留まるであろうが、12～13歳の伸長傾向は進んでいく可能性を示すと考えられる。また13歳以降の充実傾向についても同様の昂進化が予測できる。

青山（1977）は6歳～17歳の男子126名の縦断記録から年齢ごとの身長に対する体重の回帰分析を行い、回帰係数の変化を報告した。回帰係数は13歳（0.85）、14歳（0.86）でピークを

迎える。この時期に身長増分に対する体重増分の割合が最も多いと指摘している。1960年代から1970年代にかけてのデータでも、今回と同様の充実期を示している。一方、小池(2007)は、男児の肥満傾向のピークを最近では11歳、12歳とした。これは今回の充実期の年齢に含まれるが、痩身傾向のピークは9～12歳と指摘し、今回の伸長期年齢とは合致していない。伸長期、充実期の傾向は年間の変化から判断しており、約1年の差が生じることも考慮する必要がある。肥満、痩身傾向男児の出現傾向が伸長期、充実期の出現に影響していることも考えられるが、一方で、この伸長期、充実期の出現が肥満傾向、痩身傾向を出現させている一因であると捉えることもできる。今後の伸長期、充実期の変化を注目していきたい。

V. まとめ

戦後の日本人男子の発育様相を知るため、文部科学省発表の学校保健統計調査から戦後の身長と体重のデータを同一出生年コウホートでまとめ、身長に対する体重の相対発育係数を算出した。その係数の年次変化から伸長期、充実期に注目し分析を進めた。

出生年1942年～2001年、5～15歳の男子のデータを次の側面から分析した。①5～8歳、8～11歳、11～14歳の三相における相対発育係数の年次変化を回帰分析し、共分散分析の平行性の検定を実施した。②5～6歳、6～7歳の様に年間の相対発育係数を14～15歳まで算出し、年次変化を回帰分析した。③1942～1954年を1群とし、1981年～1993年の4群まで4つの群に分け、それぞれの年間相対発育係数を算出し、加齢変化と群間の変化を共分散分析の手法を用い検定した。

その結果、伸長期→充実期という傾向から伸長期(5～7歳)→充実期(7～12歳)→伸長期(12～13歳)→充実期(13歳～)の4つの相が存在し、12～13歳の伸長傾向と13歳以降の充実傾向は今後、顕著化する可能性を示した。またそれに伴い、肥満、痩身の二極化の発現を誘発している可能性も考えられる。

参考文献

- 青山昌二(1977) 身長に対する体重の回帰からみた6～17歳の体格, 体育の科学27, 884-891
 Asmussen E. and Nielsen H. (1955) A dimensional analysis of physical performance and growth in boys, *J. applied physiol*7, 593-603
 Astrand P-O. and Rodahl K. (1977) *Textbook of work physiology*, Mc-Graw-Hill, 369-372
 保志宏(1978) アロメトリーからみた成長期日米混血児の体形の特徴, 解剖学雑誌53, 283-296
 小池通夫(2007) 肥満と痩身はいつの時代から現れ、また、何歳に始まるのだろうか—日本の小学校中学校身体検査1960年までを回顧—小児科48(5), 505-516
 小宮秀一, 大坂哲郎(1975) 身長-体重の相対成長による男子児童(6才～14才)の発育パターンについて, 体育学研究20(2), 79-89
 近藤秀一(1964) Allometryの方法論について—2, 3の試み—, 成長3(4), 2-14

- McMahon T. A. and Bonner J. T. (1983) *On size and life*, Scientific American Books, 25-37
- 森下はるみ (1966) 日本人青少年の形態発育と機能発育の解析的研究, 体育学研究 11, 47-58
- 佐藤謙助 (1947) 男子学童の身長に対する体重の相対成長係数, 医学と生物学 11(5), 329-330
- Schmidt-Nielsen K. (1985) *Scaling*, Cambridge University Press, 21-26
- 清水格, 松隈明彦 (1971) 化石の計測と統計—アロメトリーと個体変異の解析—, 九州大学理学部研究報告 (地質学) 10(3), 135-160
- 清水三雄 (1946) 人間の相対成長に関する研究, 北隆館, 39-46
- 清水三雄 (1959a) 相対成長, 協同医書出版, 1-28
- 清水三雄 (1959b) 相対成長, 協同医書出版, 221-239
- 清水三雄 (1957) 動物の成長, 北隆館, 129-148
- シュトラッツ C. H. 著, 森徳治訳 (1966), 子どものからだ, 邦侑社, 74-78
- 八杉竜一 (1964) 岡田要編, 実験発生学 (下巻), 裳華房, 8-10

Yearly Change in Relative Growth Coefficient of Body Weight versus Height in Japanese Boys

Jiro TAKASHIMA

Abstract

We used data from the Heath Statistics Survey for public schools published by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology to analyze the height and weight data by birth year for Japanese boys, and calculated the relative growth coefficient for height versus weight. We extrapolated the growth stage and maturation stage from the yearly change in the coefficient, and examined the developmental stages. Although there were certain discrepancies depending on the analysis method used, we analyzed data from boys aged 5 to 15 years born between 1942 and 2001 from three standpoints. First, we examined three age groups—5–8 year olds, 8–11 year olds, and 11–14 year olds—using regression analysis to determine the yearly relative growth coefficient, and covariance analysis to conduct parallel studies. Second, we calculated the relative growth coefficient of 5–6 year olds, 6–7 year olds and so on up to the 14–15 year-old age group, examining the yearly change through regression analysis. Lastly, we set the years 1942–1954 as one group, divided the years 1982–1993 into four groups, and calculated the yearly relative growth coefficient for each, conducting a covariance analysis of the change among these groups as well as the change relative to age. As a result, we found four distinct stages of a growth stage-plateau stage cycle: a growth stage (5–7 years) followed by a plateau stage (7–12 years), another growth stage (12–13 year) and another plateau stage (13 years onward), with a pronounced probability of change indicated in the growth stage of 12–13 year olds and the plateau stage of 13 year olds.

Keywords: growth stage, plateau stage, relative growth coefficient, obesity, polarization