

学齡期の身長計測値の利用をめぐって

松本 健治*・三野 耕**

Making use of Data on Growth in Height of School-aged Children

MATSUMOTO Kenji, MINO Tsutomu

はじめに—身長計測値の利用の諸側面

学齡期の子どもたちの身体計測データは、個々人の発育の評価や肥満の判定などに用いられるだけでなく、集団の健康水準の評価などにも利用されている。すなわち、個人のデータの利用としては、

- ① 発育異常の診断材料として
- ② エネルギー代謝評価の基礎資料として
- ③ 肥満の判定と対策の評価のために
- ④ ローレル指数など体型指数の算出による発育の均衡の評価のために
- ⑤ 初経など第二次性徴発現の予測のために
- ⑥ 机・腰掛の適合状況の評価など教育環境の人間工学的検討の基礎資料として

それぞれ利用されている。

さらに集団のデータの利用としては、

- ① 健康水準を示す指標として民力指数や国民生活審議会の社会指標の健康フレームに取り入れられており、
- ② その経時的変化は発育促進現象を実証する資料としても活用されている。

なお、これらの利用のためのデータは、研究者自身が一定の方式で計測する場合と、文部省の学校保健統計資料を活用する場合とがあるが、自らの計測には限界がある。本稿では、これらの身体計測データの利用に当たっての気掛かりな点と、身長の最大発育年齢の利用例について報告する。

データの利用に当たっての気掛かりな点

1. 一般的に学校現場で子どもたちの身長発育を評価する場合、その学校における性別・年齢別の平均値と、全国あるいは都道府県別の平均値を単純に比較して、その優劣を論じている場面が多い。しかし、背が高いことに価値があるわけではない。身長計測値からみた発育が、各個人の年齢に見合って順調に進んでいるかどうかの経過が経年的に観察され、評価されなければならない。そのためには少なくとも年1回の身長計測が正確に行われる必要がある。

2. もしも、現在の計測値の全国的な位置づけを評価しようとするのであれば、乳幼児の場合と同様に発育基準曲線にのせて評価すべきであろう。

3. 身長の伸びが最も著しいのは、男子で12~13歳、女子で10~11歳の頃と性差がみられるが、この年齢層の身体計測値の変動係数が一生のうちで最も大きい。これは、発育や発達段階に大きな個人差が現れるためである。例えば、身長の発育速度がピークを示す年齢（最大発育年齢）の分布を求めると、男女とも標準偏差は1歳を示し、最も早いものと最も遅いものとは6歳の差がみられる。この発育の個人差が小学校高学年から中学校の子どもたちにとっては種々の悩みの根底にあることが多い。保健体育教師および学級担任ならびに養護教諭は発育のテンポを加味した発育基準値で各個人の発育や個人差の大きさについて、保健学習および保健指導をとおして子どもたちに正しく理解させておく必要がある。

* 鳥取大学教育学部学校保健教室

** 兵庫教育大学生活・健康系運動学研究室

キーワード：発育、最大発育年齢、発育促進現象

最大発育年齢の利用例

1. 最大発育年齢の算定法および算定精度

図1に示したように、年間増加量の最大であった年を探し、その前後の年間増加量の割合で、その年を比例配分する次式によって最大発育年齢 (MIA) を算定した¹⁾。

$$MIA = A_{\max} + (I_{\max} - I_{-1}) \div (2 \times I_{\max} - I_{-1} - I_{+1})$$

ここで、 I_{\max} は身長の年間増加量の最大値、 I_{-1} は I_{\max} より1年前の身長の年間増加量、 I_{+1} は I_{\max} より1年後の身長の年間増加量、 A_{\max} は I_{\max} を示す年齢区間の下限値を示す。

なお、身長の測定は毎年4月に行われていて、測定時の年齢は対象者によって異なっているため、個々人の場合は次式を用いて年齢補正したものを A_{\max} として用いた。

$$A_{\max} = M - B + \{(m - b) / 12\}$$

ただし、 M は I_{\max} を示す年齢区間の下限値に相当する測定年、 m はその測定月、 B は出生年、 b は出生月である。

この比例配分法によって求める最大発育年齢と、Tanner・高石ら²⁾の作図法およびMarubiniら³⁾の関数法による最大発育年齢を測定精度の高いHarpenden Growth Studyの発育資料を利用して求め、これらの算出法の精度を原点を通過する回帰直線によって検討した。その結果、最大発育年齢を過去にさかのぼって算出し、発育促進現象を分析するのに有利な方法である比例配分法は、他の方法に比べて算出法が簡単でありながら、他の方法に劣らない精度が期待できる優れた算出法であることが明らかになった⁴⁾。

2. 発育のテンポを加味した発育基準値

前述のようなデータの利用に当たっての問題に対処するためには、発育のテンポを加味した発育基準値を求め、各個人の発育量やその速度の個人差の大きさについて、正しく認識する必要がある。そこで、我々は、個人の最大発育年齢を基準とした成熟度を加味して身長発育が評価できる新しいタイプの発育基準チャート (図2, 3) を考案した。すなわち、阪神間にある人口約40万の都市において、1962年～1964年生まれの男子1828例、女子1722例の6歳から17歳までの12年間の身長計測値を用いて、各個人の身長の発育曲線、年間増加量の経年変化と最大発育年齢を求め、縦断型の身長および身長の年間増加量を早熟型、平均型ならびに晩熟型の3型に分け、これら3型の発育の評価基準値をパーセントイル表示した新し

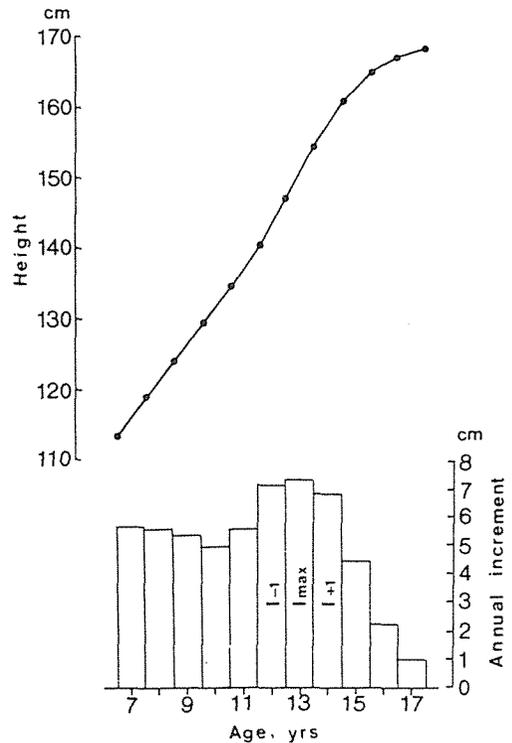


図1 身長の発育曲線と年間増加量 (1957年生まれ男子、全国平均)

いタイプの発育基準チャートである。この新しいタイプの発育基準チャートを用いることにより、各個人の最大発育年齢に達するまでの身長発育の縦断的資料から成熟型を予測することが可能であり、しかも、各成熟型でのパーセントイル値を時間の流れの中で求めることができるようになった。

3. わが国における発育促進現象の推移

わが国では、明治33年以来約90年間にわたって、学校保健統計調査として全国的に身体計測値の集積がなされており、過去の発育の推移を読みとることができる。これは、学校現場での個々の子どもの身体計測時に意識されることはまれであるが、後刻収集し直すことのできない、それぞれの時代の子どもの発育の様相を忠実に表現しているもので、欧米諸国にはみられない貴重な資料である。

我々は、学校保健統計資料をもとに、過去90年間にわたる出生年cohortごとの身長の最大発育年齢を算出し、その年次推移 (図4) からわが国の発育促進現象を直接明らかにしてきた。すなわち、最大発育年齢は第2次世界大戦前から徐々に若年化していたが、大戦直後には逆に著しく遅延しており、その後logistic曲線を描いて急速

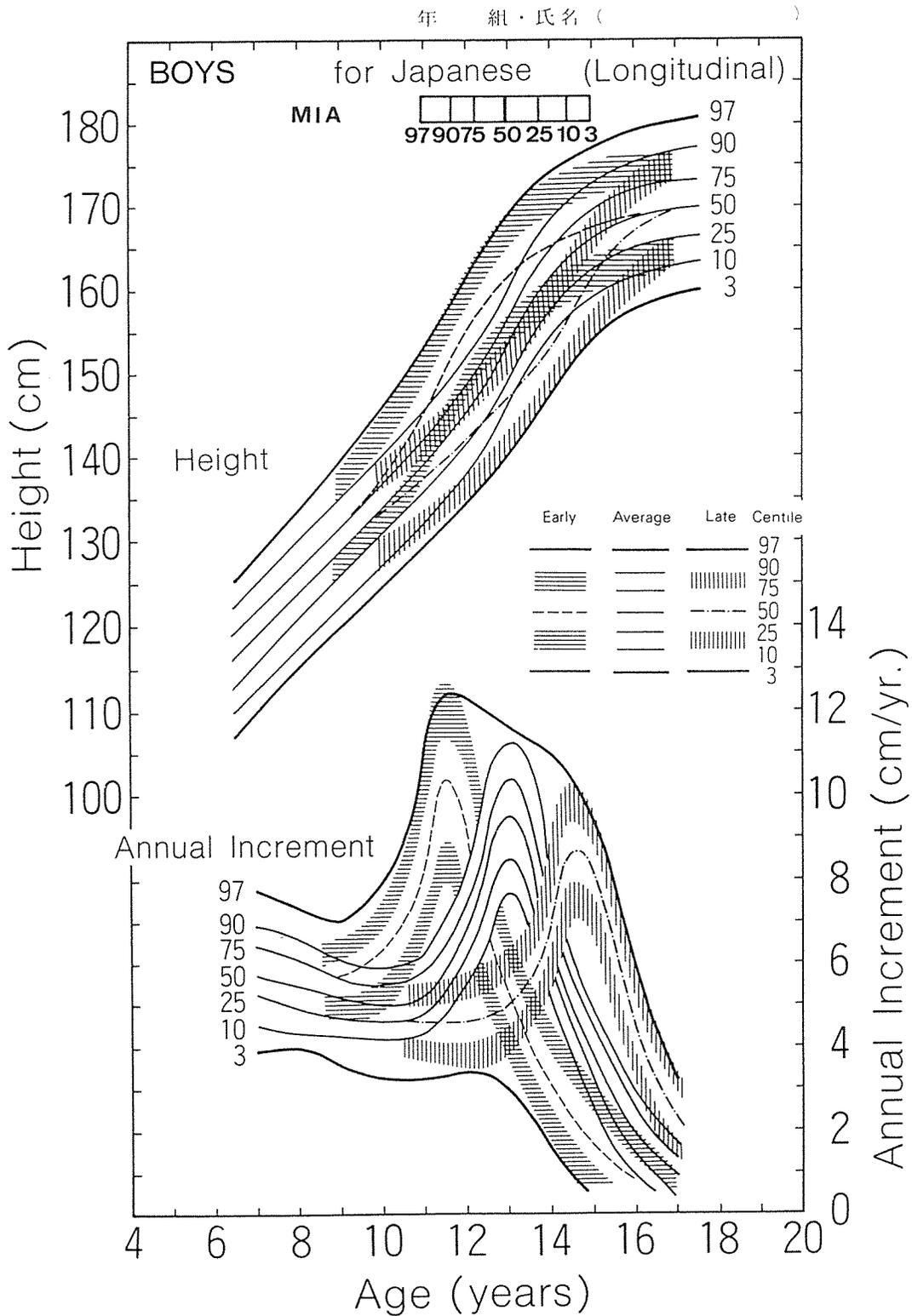


図2 成熟度を加味した縦断型発育基準チャート (男子)

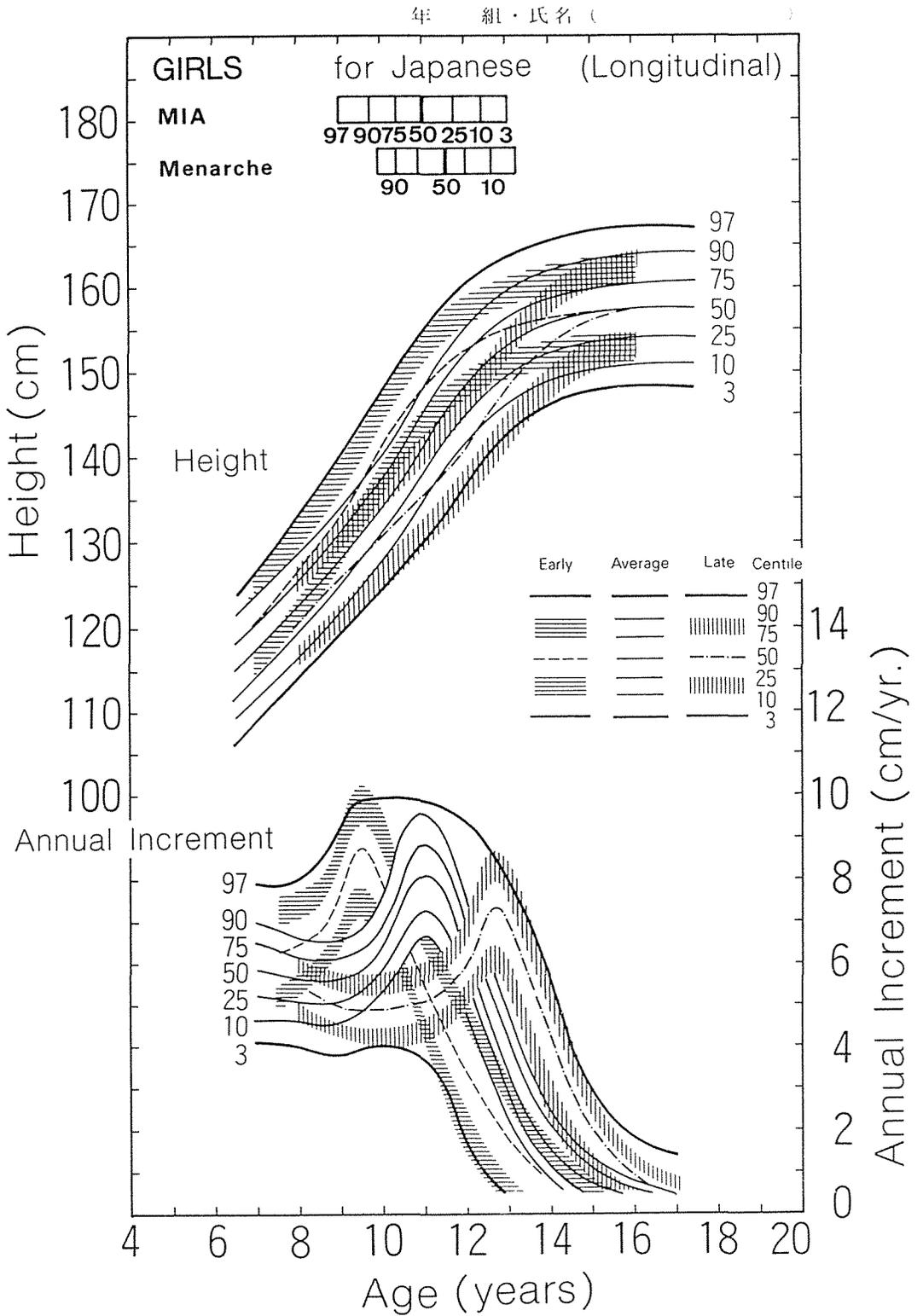


図3 成熟度を加味した縦断型発育基準チャート(女子)

に回復し、現在では戦前と同一のペースでの若年化が続いていることを明らかにした⁵⁾。

このような推移は、2つの過程に分けることができる。1つは戦前と戦後を通じてみた最大発育年齢の推移で、明治維新以後の西欧化の進行に伴って徐々に若年化してきた過程であり、もう1つは戦後の推移に限ってみた場合で、戦争の影響による発育遅延からの生物学的な復元力の表れとみることができる。同様の推論は、すでに佐守⁶⁾が死亡率と結核死亡率について、また楠⁷⁾が結核死亡率と乳児死亡率について試みている。

第2次大戦直後の身長発育の最大発育年齢が大きく遅延した時期の身長の年間増加量のプロフィール(図5)には、

- ① 最大年間増加量の異常な増大
- ② 最大発育年齢の前後各2年間の増加量比からみたヒストグラムの非対称性
- ③ 発育曲線に対するlogistic曲線の不適合

が特徴的にみられる。

この特徴に着目して戦争等の影響で発育が歪んだ場合を棄却検定すると、戦後の13年間は戦争の影響をうけて発育曲線が歪み、最大発育年齢が遅延していたものと考えられた。

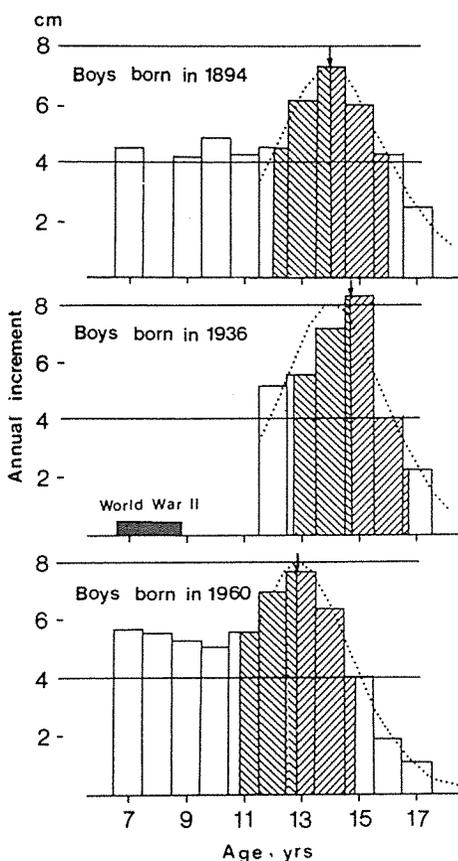


図5 身長の年間増加量のプロフィールにみる歪み

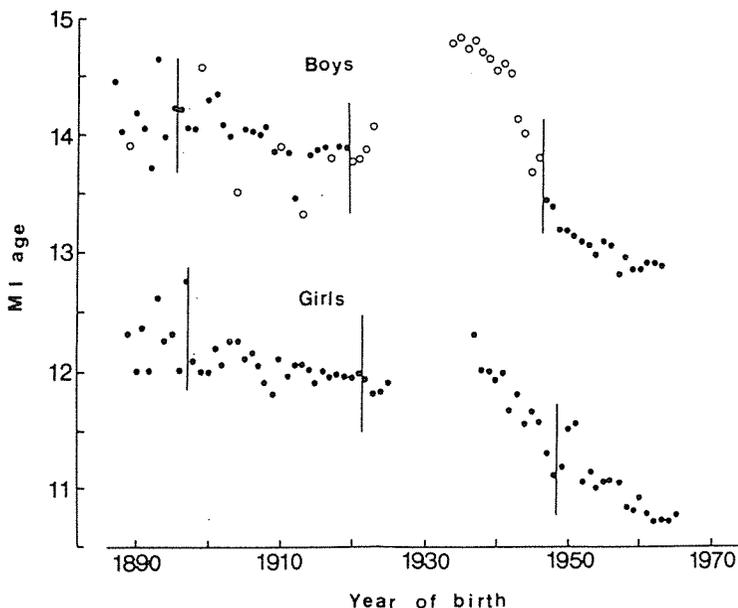


図4 身長の最大発育年齢の年次推移 (○は戦争の影響が大きかった集団を示す)

戦争の影響をうけた時期を除く平常時について、戦前戦後を通して最大発育年齢の推移は、10年間に約0.2年の割合で若年化していて、

回帰式は、

$$\text{男 } Y=14.210-0.020(X-1896),$$

$$\text{女 } Y=12.271-0.022(X-1898)$$

であった。

その後我々は、発育促進の停滞傾向に対応して、回帰式としてlogistic曲線をあてはめ、

$$\text{男 } Y=14.34-2.02/(1+\exp(2.1295-0.0458(X-1896))),$$

$$\text{女 } Y=12.46-2.11/(1+\exp(1.9928-0.0505(X-1898)))$$

を得た。

わが国における発育促進現象がこのままの推移をたどるとすると、21世紀初頭2010年にはほぼ発育の若年化が停止するものと予測される。ちなみに、高石⁹⁾が科学技術庁資源調査会食糧部会の食糧需要予測の一環として推計した西暦2000年における日本人身長に应用すると、最大発育年齢は男12.60歳、女10.50歳となり、我々の戦前戦後を通じた発育促進現象のlogistic曲線による将来推計と一致するものであった。

また、小西⁹⁾は、身長の伸びの大半は下肢長の伸びによるものであり、下肢長すなわち長管骨の発育の推移を検討することができれば、身長で検討するよりも一層明確に発育促進現象を解明することができるとの観点で、既

存資料のない下肢長を身長と座高の過去の資料から推定し、下肢長の最大発育年齢の若年化を明らかにした。すなわち、男女とも身長の最大発育年齢よりも先行して短期間に進行する急激な若年化を示していた。

同様に発育促進現象は初経年齢の若年化にもみられる。Nagaiら¹⁰⁾は身長の最大発育年齢の若年化と対比させて、文献的に初経年齢の若年化の推移を検討し、最大発育年齢と初経年齢との時間差が、ほとんどのcohortで1.5年前後であることを明らかにしてきた。

4. 発育促進現象の社会的背景

このような発育促進現象の社会的背景として、栄養向上説と社会変動説があるが、Matsumoto¹¹⁾は、発育促進現象の背景として、都市化などの社会変動にともなう生活水準の向上をあげることができ、この生活水準の向上が同じ背景にあって栄養水準や各種健康指標の変化も相前後して起こってきたのであろうと推定している。

左¹²⁾は、発育促進現象の社会・経済的背景をさぐるために日本、韓国、スウェーデンの3か国における身長の最大発育年齢の若年化と社会・経済指標の年次推移との類似性について検討し、発育促進現象の発現の時期はスウェーデンが最も早く、次いで、日本、韓国の順であり、一方、そのテンポはスウェーデンが最も緩慢で、次いで、日本、韓国の順に速くなっていることを明らかにし、両国は日本の場合と同様、社会・経済的水準の向上ひいては生活水準の向上が発育促進現象をもたらしたものであるとの示唆を得ている。また彼は、発育促進現象の推移が、Rostowの経済の発展段階とよく一致し、韓国についても最大発育年齢の推移から経済の発展段階を推測することができることを明らかにした。したがって、最大発育年齢は健康指標としてだけでなく、経済の発展段階を動的に把握する上での客観的な尺度のひとつにもなりうるであろう。

なお、このような3か国における発育促進現象の発現の時期と最大発育年齢の若年化のテンポの関係は、国内の大都市の所在する東京都と神奈川県および農山村の多い鹿児島、宮崎両県の最大発育年齢の推移(図6)を比較した場合にもみられた現象であり、相当大きな地域差がみられた¹³⁾。

さらに、より小規模な地域すなわち和歌山県内の市町村別の子どもの最大発育年齢にみられる地域差¹⁴⁾、および同一村内で、都市との交流の比較的多い集落地区を校区にもつ中学校と都市との交流の少ない山間地区を校区にもつ中学校との子どもたちの最大発育年齢を比較

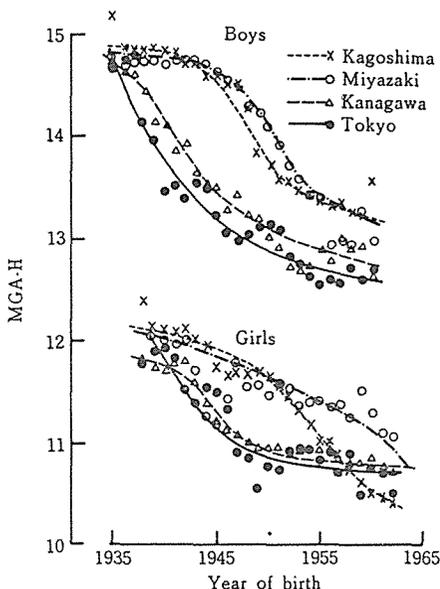


図6 県別にみた身長の最大発育年齢の年次推移

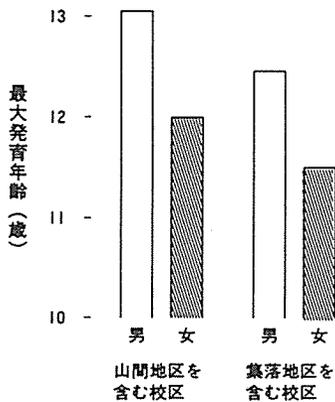


図7 中学校区別にみた最大発育年齢

も集落地区の方が若年化が著しい(図7)¹⁵⁾。これらの背景にも、先述したように社会・経済水準の地域差があると考えられた。

5. 発育促進現象とlogistic曲線

発育促進現象がlogistic曲線を描いて進行する背景として、社会・経済水準の大幅な変化が考えられるわけであるが、発育促進現象にしる、その他の健康指標や社会・経済指標の変化にしる、いずれも、その変化の発現の時期が遅いほど、そのテンポが速くなる傾向が認められる。これらを共通に説明するには、いわゆる先進国と開発途上国との間の社会・経済水準の格差が時代とともに大きくなるために、開発途上国が目標とする先進国に追いつき、追い越すためには、後発国であればあるほど、より大きな開発のエネルギーを必要とし、急激な社会変化が惹き起こされるためと考えられる。

しかし、このように急激な社会変化によって、まさに驚異的な身体発育の若年化が起こる場合であっても、その経過は決してcrank状の変化ではなく、logistic曲線を描くものである。すなわち、最初の水準からのtake offは緩やかに発現し、やがて急速に加速され、到達すべき第2水準に近づくにつれて再び減速し、滑らかにlandingする。こうして集団全体としてみた場合には、その内部に極端な歪みを伴わずに第2水準へと移行することができるようになっているのであろう。

ところで、logistic曲線はもともと人口増加の法則を示すものとして用いられてきたが、その後、個体の身体発育の解析や集団レベルでの各種現象の経過と将来予測などにも応用されている。細胞の分裂や細菌の増殖、あるいは一定地域での人口増加のように、個から出発して一定の限界まで増加する過程をmassとして把握し、時系列

的に観察する場合には、当然sigmoid曲線を描いて変化するものであり、何らかのimpactが加えられ、集団内部にstressが起こったような場合でない限りは、logistic曲線がよく適合するものと考えられる。しかも、その限界がshiftした場合の集団の反応も、発育促進現象にみられるようにlogistic曲線を描いてこれに対応するのが生物学的な一般原則なのではなかろうか。

6. 健康指標としての最大発育年齢

WHOの包括的健康指標のひとつである1歳平均余命をみると、1890年代には男女それぞれ49.2年、50.1年であったものが、その後徐々に上昇し、戦争直前には52.0年、54.1年になっていた。それが1945年には戦争の影響を強く受け28.8年、43.4年と低下し、その後は戦争の影響から回復して現在に至っている。このような推移は最大発育年齢の推移と類似していたが、戦後の推移に限ってみた場合、この1歳平均余命には男女ともlogistic曲線が適合しなかった。これは戦争からの回復現象があまりにも急激であったためと考えられる。一方、社会指標のひとつと考えられるPMI、乳児・新生児・周産期死亡率の年次推移はいずれも決定係数が0.995以上でlogistic曲線に非常によく適合して推移していた(図8)。社会指標としての民力指数には13歳身長が入っており、国民生活審議会の社会指標の健康フレームの中では17歳身長が取り上げられている。このようなある一定の年齢の断面でみた身長には、思春期の発育急増の発現時期の変化とりわけ発育促進現象を間接的に示す変化(大型化)がみられるが、発育促進現象をより直接的に表現する尺度として、最大発育年齢を用いる方が合理的である。しかも、この最大発育年齢は、小・中・高校の健康診断票に記載の身長の計測値を各個人について追跡することによって、各人の数値を算出できるので、学校の校区別など比較的小地域の健康水準を表わす指標としても用いることができる。これは、小地域では、例数が少なく十分な精度が期待できない新生児・乳児死亡率に比べて、大きな利点である。また、この場合標準偏差が容易に算出できるので、健康水準の地域差の統計学的な検定も可能である。

なお、最大発育年齢を単年度の横断的資料を用いて算定することが許されれば、小地域の健康指標としての利用価値がより一層高くなるであろう。そこで、横断的資料から算定した出生年表示の身長の最大発育年齢(C-MIA)の年次推移と縦断的資料からの最大発育年齢(L-MIA)の年次推移(図9)を比較してみると、両者の年次推移はほぼ一致しており、わが国のように人口の社

会変動のほとんどない集団であれば、横断的資料から算定した身長最大の発育年齢からでも発育促進現象を類推することが充分可能である。

おわりに

詳細な発育促進現象の推移は、古くから発育促進現象の研究に取り組んでいた欧米諸国でも明らかにすることのできなかつた貴重なもので、わが国の場合には身体計測データが永年集積されてきたおかげである。

時代や地域や国の状態とくに社会・経済状態を見事に映す鏡である子どもたち個々人の身体計測データの優劣を論じ、健康度を評価しようとする事は慎重でなければならないが、集団の身体計測データの動向から、その背景にある地域社会や家庭のあり方を読み取る試みは意義あるものとする。また、多くの保健情報を提供してくれる毎年の学校保健統計資料は、我々のいわば文化資産であるので、毎年正確に測定され、今後も引き継いでいくべきものであると考える。

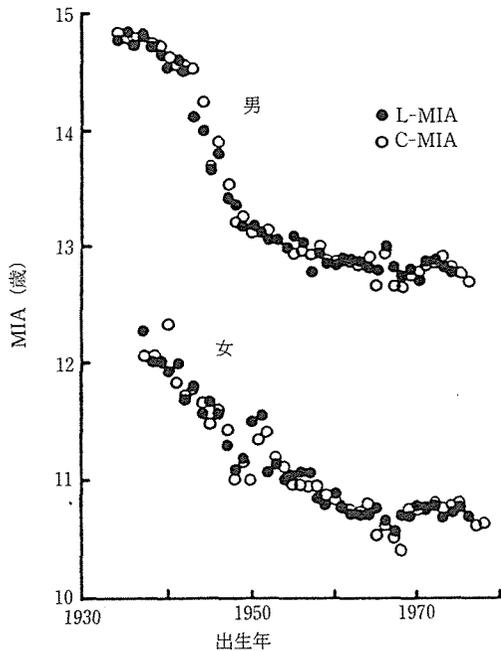


図8 各種健康指標の年次推移

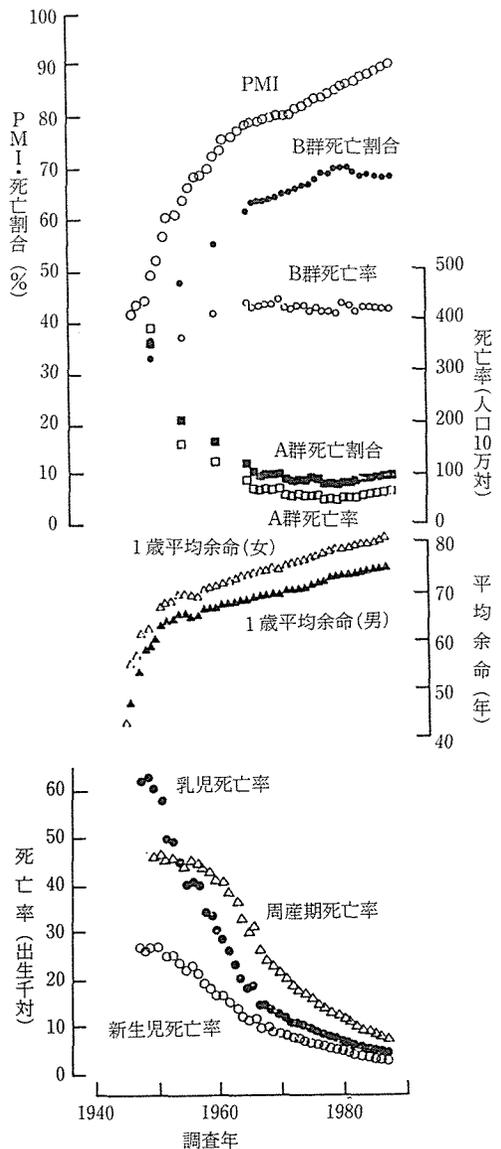


図9 出生年表示のC-MIAとL-MIAの年次推移

引用文献

- 1) Matsumoto, K. et al. (1978) A calculation method of the maximum growth age in height, Wakayama Medical Reports, 21 : 79-86
- 2) Tanner, J.M. et al. (1966) Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity and weight velocity; British children, 1965, Part 1, Arch. Dis. Childh., 41 : 454-471
- 3) Marubini, E. et al. (1971) A comparative fitting of the Gompertz and Logistic functions to longitudinal height data during adolescence in girls, Hum. Biol., 43 : 237-252
- 4) 松本健治 (1988) 各種の最大発育年齢算出法の比較研究; Harpenden Growth Studyの資料を用いて, 日衛誌, 43 : 749-753
- 5) Matsumoto, K. et al. (1980) Secular trend in age of maximum increment in mean height of Japanese children born from 1887-1965, Wakayama Medical Reports, 23 : 99-106
- 6) 佐守信男 (1965) 人間の歴史的な自然, 六月社
- 7) 楠 信男 (1978) 結核死亡率と乳児死亡率 第3報 世界の諸国における第二次大戦以後の結核死亡率と乳児死亡率の下降について, 福島医学雑誌, 28 : 1-26
- 8) 高石昌弘他 (1982) 西暦2000年における子どもの推計身長, 体育の科学, 32 : 125-133
- 9) 小西博喜 (1991) 下肢長の最大発育年齢をめぐって; 若年化の背景と健康指標としての位置づけ, 和歌山医学, 41 : 477-485
- 10) Nagai, N. et al. (1980) The secular trends in the menarcheal age and the maximum growth age in height for Japanese schoolgirls, Wakayama Med. Rep., 23 : 41-45,
- 11) Matsumoto, K. (1982) Secular acceleration of growth in height in Japanese and its social background, Ann. Hum. Biol., 9 : 399-410
- 12) 左 誠一 (1986) 発育促進現象の推移とその背景についての国際比較; 日本, 韓国, スウェーデンの場合, 和歌山医学, 37 : 363-372
- 13) 松本健治 他 (1980) 都道府県別にみた身長の最大発育年齢に対する都市化の影響について, 日衛誌, 35 : 676-683
- 14) 松本健治 他 (1978) 身長の最大発育年齢に対する都市化の影響について, 和歌山医学, 29 : 33-38
- 15) 岩田弘敏 他 (1981) 地域社会の生活様式の変化が住民の健康事象に及ぼした影響に関する実証的追跡研究; 和歌山県龍神村を対象に, 昭和55年度トヨタ財団研究助成研究報告書