

発育から子どもを見る

体育科学コース 小林 正子

Growth as a Mirror of Mind and Body Conditions in Children

Masako KOBAYASHI

In this paper, the writer has attempted to describe growth precisely and some aspects of children from the viewpoint of growth researcher.

Stature and body weight of two girls and their mother were measured twice daily for five years, immediately after rising and just before bed. The time of the measurements was also recorded. The data were analyzed using the time series analysis program BASEA and DECOMP. Short-term variations, such as diurnal and weekly changes were discussed. Body weight increased from Saturday to Sunday in all subjects, however, in two girls, stature and body weight increased not only on the weekend but also in the middle of the week. This suggests the existence of growth rhythm. These findings gave some informations about the living environment of children. Growth might reflect health conditions of mind and body in children.

目次

- I. はじめに
- II. 対象と方法
 - 1. 被験者
 - 2. 測定期間 測定項目 測定方法
 - 3. 測定誤差
 - 4. 解析方法
- III. 結果と考察
 - 1. 原時系列およびトレンド
 - 2. 日内変動と睡眠時間
 - 3. 1週間のリズムと発育の周期
- IV. 発育情報から見えてくる子どもの姿
- V. おわりに

続測定に取り組んだ。発育は連続的な現象であるから、朝晩の1日2回測定しても発育の姿を正確に捉えることはできない。しかし、1年で730回の測定を5年余も続けてみると思わぬ子どもの姿を捉えることができ、測定の過程でも様々な発見があった。またさらに、それらの時系列データを解析してみるとより深い知見が得られる。発育を短い間隔で観察し解析することで、子どもの生活や心身の状態までが見えてくるように思えるのである。

そこで本論は、2女兒の身長・体重測定記録の解析結果に基づいて子どもの発育について掘り下げながら、発育を通してはじめて見えてくる子どもの姿についても紹介し、教育において「発育から子どもを見る」という立場も必要であることを強調したいと思う。

II. 対象と方法

1. 被験者

発育観測の対象は、埼玉県浦和市中心部に住む成長期の姉妹A、Bである。姉Aは1975年生まれ、妹Bは1979年生まれで、3年3カ月の年齢差がある。1988年7月1日測定開始時の年齢は、それぞれ12.56歳(中学1年)、9.32歳(小学4年)であった(表1)。また、発育という現象をより深く理解するためには、発育のない大人を対照にすることが有効であると思われ、姉妹の母親Mも測定した。

I. はじめに

健康教育学研究室の東郷前教授は、「子どもの発育について知りたいとき、生まれてからどれだけ大きくなったかだけを知りたいならば、出生時と発育が終了したと思われる時点の、たった2点間のみ測定すればよい。しかし、どのように発育したのかを知りたい場合は、その2点間をできるだけ細かく測定しなければならない」と説かれ、毎月1回の測定を20年以上も続けてこられた。著者はその隙間を埋めるべく、1日2回という短間隔連

表1 測定期間中の被験者の年齢(測定開始日・3年後・測定終了日)

被験者	生年月日	測定期間中の年齢		
		'88. 7. 1	— '91. 6.30	— '93. 8.20
A (姉)	'75.12. 8	12.56歳	— 15.56歳	
B (妹)	'79. 3. 6	9.32歳	— 12.32歳	— 14.46歳
M (母親)	'50. 1. 2	38.50歳	— 41.50歳	— 43.63歳

表2 測定項目および測定期間

測定項目		測定開始			測定期間中の欠測値の数	
		'88. 7. 1	— '91. 6.30	— '93. 8.20		
身長	A	_____			朝 8回	夜 7回
	B	_____			朝20	夜20
	M	_____			朝23	夜24
体重	A	_____			朝 8	夜 7
	B	_____			朝20	夜20
	M	_____			朝23	夜24

被験者の家庭は父母との4人家族で、父親は会社員、母親は当時定職はなかったが平日は多忙であった。しかし日曜日は両親とも殆ど休みをとった。姉Aは中学時代は水泳部に所属し、そのほか週3回(火、木、土)塾に通っていた。また妹Bは、小学校から中学2年生まで、週2回バレエを習い(水・金)、中学時代はテニス部に所属していた。

測定期間中の3名の健康状態は、3人とも1年に1、2度軽い風邪をひき、またAは88年10月に38.5度の発熱、Bは92年1月に38度の発熱をみたが、その他の期間はBが軽い胃痛または腹痛を訴える程度で、概ね健康だった。初潮の到来は、Aは89年1月(13.13歳)、Bは93年4月(14.15歳)であった。

2. 測定期間・測定項目・測定方法

各被験者の測定項目と測定期間を表2に示す。

測定項目は身長および体重であり、1日2回、起床直後と就寝前に測定した。本稿では、朝の身長をMST、夜の身長をEST、また、朝の体重をMWT、夜の体重をEWTの略号を用いて表すことにする。

本研究は、継続可能な限り短い測定間隔で発育を観測しようとして、1日2回、起床時・就寝時の測定を試みた。そして、その予備計測として1988年6月10日より身長・体重の測定を開始した。

身長の測定方法は、被験者に自然な直立姿勢をとらせ、頭は耳眼水平面位に保ち、踵を揃えて背後の身長計につけ、両足先は30~40度に開き、膝を伸ばし、踵から臀部、背部と軽く身長形に接触した位置で、床面より頭頂点ま

での垂直距離を測定した。体重は、静かに体重計に乗り、目の高さで目盛りを読んだ。測定時の衣類はパジャマなど薄着を着用したが、その分は差し引いて記録した。

この予備計測期間中に、朝の身長は起床後急速に縮むことが明らかになった。起床後どのように身長が縮むかについては、その後の1990年8月に詳細な経過を記録した(図1)が、予備計測の段階でも、起床後5分も経過すると2~3mm縮むことが分かったため、母親は被験者の子どもたちが起床すると直ちに身長を測定しなければならなかった。そのため起床直後は身長を測定するのが精一杯であり、体重は排尿後に測定するという順序が自然に出来上がった。排尿前の体重も測定することが望ましかったが、当時は身長・体重同時に測定できる機器を準備することができなかったため、朝の身長は起床直後、体重は朝最初の排尿後、また夜の身長・体重は就寝直前に測定することに定めた。3週間ほどで互いに測定に慣れてきたため、本測定を開始した。

測定は1988年7月1日朝から記録された。被験者B、Mに関しては、それぞれBが24日およびMが20日の欠測値を含むものの、5年と51日(1877日、以後5年間と記す)、すなわち1993年8月20日まで継続した。しかし、Aについては測定は3年間継続したが、91年7月中旬、一旦中断したのを契機に測定に協力的でなくなった。その理由は、測定が面倒というばかりでなく身長が殆ど伸びない状態が続いており、測定に興味を持てなくなったことが原因と考えられる。また、5年余り続いたBの測定が中止されたのも、身長が急に伸びなくなり、Bが測定に協力しなくなったことによる。

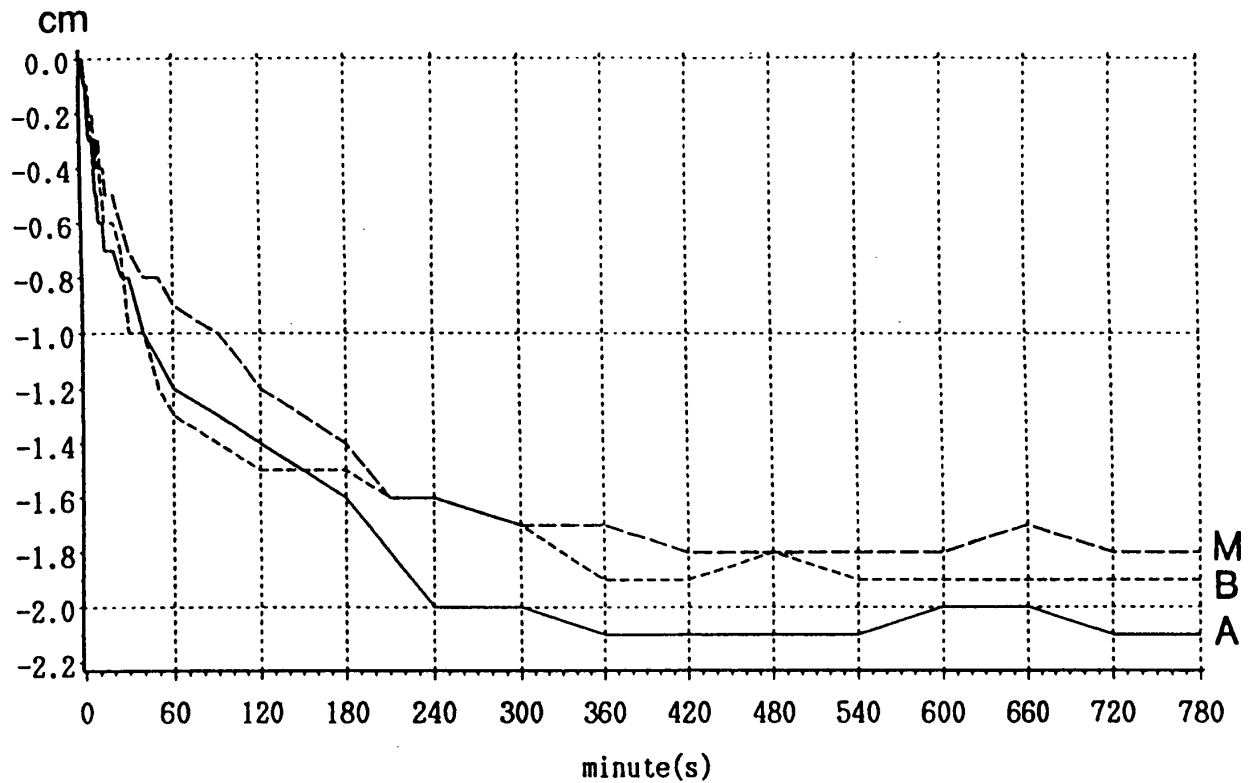


図1. 起床直後からの身長減少

A, Bの測定は、約1年4カ月間、母親によって行われた。母親の測定は母親自身で行った。しかし上記の理由で身長は起床後直ちに測定する必要がある、さらに母親が留守のときでも測定可能にして欠測値を最小限に抑えるためには、測定および記録は被験者自身が行った方が良いことが分かってきた。また、母親が自分自身を測定した場合の誤差も小さいことが判明したので、被験者A, Bに自分自身で測定する方法を訓練した。その方法は、身長の安定した夜の測定時に、被験者自身が測定した値と母親が測った値とがほぼ同じ値になるまで続けられ、Aは1週間、Bは約2週間でひとりで測定出来るようになった。

測定項目は、90年3月25日までは身長と体重のみであったが、それ以降は座高も測定した。しかし座高は身長と同様に起床直後から縮み始めるので、測定は身長測定後すぐに行わなければならないが、尿意をがまんできないという事態が起こったりして、A, Bの座高には欠測値が多くなった。そのため座高については本稿では取り扱わない。また、睡眠時間については、測定開始から約半年後の1989年1月から測定時刻を記録し、就寝時刻から起床時刻までの時間を本稿における「睡眠時間」とした。よって、睡眠時間とは実際に眠っていた時間ではなく、身体が横になっていた時間を意味している（但し子ども

の被験者は、床にはいると間もなく眠りについたと述べている）。

測定機器については、家庭内における測定はhold機能付きの分銅式身長計と最小目盛り200gの体重計を用い、身長は0.1cmまで、体重は0.1kgまで読んだ。なお、身長計・体重計とも平らな床の上に置き、いずれの被験者のベッドからも30秒以内に到達できる位置に設置された。また、家庭以外での測定では身長・体重のみ測定し、壁掛け式の簡易身長計 'RAVEN MINIMETRE'（英国製）と500g目盛りのヘルスマーターを使用した。

3. 測定誤差

どのような測定においても出来る限り正確な測定を目指すことは必要である。しかし、誤差を恐れるあまりに、発育の研究においては短い間隔での測定が殆ど行われてこなかった。また、測定誤差の計算も、時間の経過を考慮しない方法で求められ議論されてきた。例えば1年近く身長を測定したLamp1 (1992) は測定誤差を求めるに当たってCameron (1986) の方法を採用しているが、ちなみにそれと同様の方法を用いてA, B, Mのstandard error of measurementsおよびtechnical errorを計算してみると、朝の身長測定時に20秒間隔で2度測定し、それを20日間継続 (1990年9月中) したときの2回

の測定値の差のsdは、

$$A=0.08, \quad B=0.10, \quad M=0.07 \quad (\text{単位cm})$$

である。

standard error of measurements は

$$S_{meas.} = Sd / \sqrt{2}$$

のように計算され、これより、

$$A=0.06, \quad B=0.07, \quad M=0.05 \quad (\text{単位cm})$$

となる。

また、technical errorは2度の測定値の差dより

$$S_{tech} = \sqrt{\Sigma d^2 / 2N}$$

より求められ、その結果、

$$A=0.06, \quad B=0.07, \quad M=0.06 \quad (\text{単位cm})$$

という値が得られた。

これらは、2度測定回数は異なるが、Lamp1 (1992) が1人の男児を毎日測定した値

$$sd=0.17, \quad S_{meas.} = 0.12, \quad S_{tech} = 0.15$$

(単位cm n=292)

に比べて十分小さい。さらに時間的経過を考慮しないで計算を行うと、最初の1年4カ月間(488日)に母親Mが自分自身を測定した身長夜の測定値は、

$$\text{mean}=157.58, \quad \text{sd}=0.11\text{cm}$$

であった。

Mには身長発育が無いいため、Lamp1の出した値と比較にはならない。しかし逆に考えれば、発育している人間を対象とした場合は、時間とともに変化していく体形の測定誤差を時間を無視して処理することの方に問題があるといえる。時間とともに変化する量を扱う場合は、誤差という観点から見ても、時系列解析が必要不可欠である。

体重では、A、B、Mとも各々20回体重計に乗り降りしたが、すべて同一の値であった。

4. 解析方法

測定開始から1年4カ月間の身長・体重の観測データは、非定常時系列解析プログラムBAYSEA (Akaike 1980; Akaike and Ishiguro 1980; Akaike et al. 1985; 石黒1981,1986) で解析した。また、Aの3年分およびB、Mの3年分と5年分の身長・体重・睡眠時間は、非定常時系列解析プログラムDECOMP (Akaike et al. 1985; Kitagawa 1981; Kitagawa-Gersch 1984; Gersch-Kitagawa 1983) を用いて解析した。

DECOMPを選んだ理由は、BAYSEAで解析したトレンドには波動が現れたが、これらの波動にはトレンド

以外の成分が含まれている可能性が考えられたためである。そこで、より多くの成分に分解出来るプログラムを求めて、自己回帰 (AR) 成分を分離できるDECOMPを選択した。しかもDECOMPは、欠測値が存在しても解析できるという利点を持ち、本データの解析においては現在考えられる最適の時系列解析プログラムである。

なおBAYSEAおよびDECOMPは、原時系列 y_n が次のような成分から成るものと仮定している。

$$\text{BAYSEA: } y_n = t_n + s_n + w_n$$

ただし、 t_n : トレンド成分、 s_n : 季節変動成分、

w_n : 不規則成分

$$\text{DECOMP: } y_n = t_n + p_n + s_n + w_n$$

ただし、 t_n : トレンド成分、 p_n : 定常自己回帰

(AR; autoregressive) 成分、

s_n : 季節変動成分、 w_n : 観測雑音項

$$w_n \sim N(0, \sigma^2)$$

(DECOMPのモデルと計算法の詳細については、北川(1986)参照)

本研究においては、毎日のデータの解析を行うので、 s_n は季節変動ではなく周期7の1週間の変動成分を仮定した。この仮定、すなわち1週間の周期が存在するかわからないかを判定するには、実際の解析において計算されるAIC (Akaike Information Criterion, 赤池情報量基準) と呼ばれる量で判断する (石黒 1988)。

$$\text{AIC} = -2 * (\text{モデルの最大対数尤度}) + 2 * (\text{調整可能なパラメータの数})$$

として定義されており、負の定数が掛かっているため、AICが小さいほど良いモデルと見なされることになる。

これらの解析は、すべて東京大学大型計算機センターおよび統計数理研究所において行った。

III. 結果と考察

1. 原時系列およびトレンド

最初の1年4ヶ月分について、各被験者の身長と体重の原時系列と、BAYSEAで解析した (小林 1990) トレンド成分を重ねて描いたグラフを図2および図3に示す。

図2の身長については、上のカーブが朝の測定値、下のカーブが夜の測定値で、A、B、Mともに明確な日内変動が見られるが、測定開始からしばらくの間は2曲線間の幅が狭く、原時系列の日々の波動も大きく、測定に不慣れな様子が現れている。この期間は測定誤差も大きいと思われるが、それでもBの身長のトレンドに注目すると、矢印↓の箇所で身長の急伸が見られる。これはちょ

196

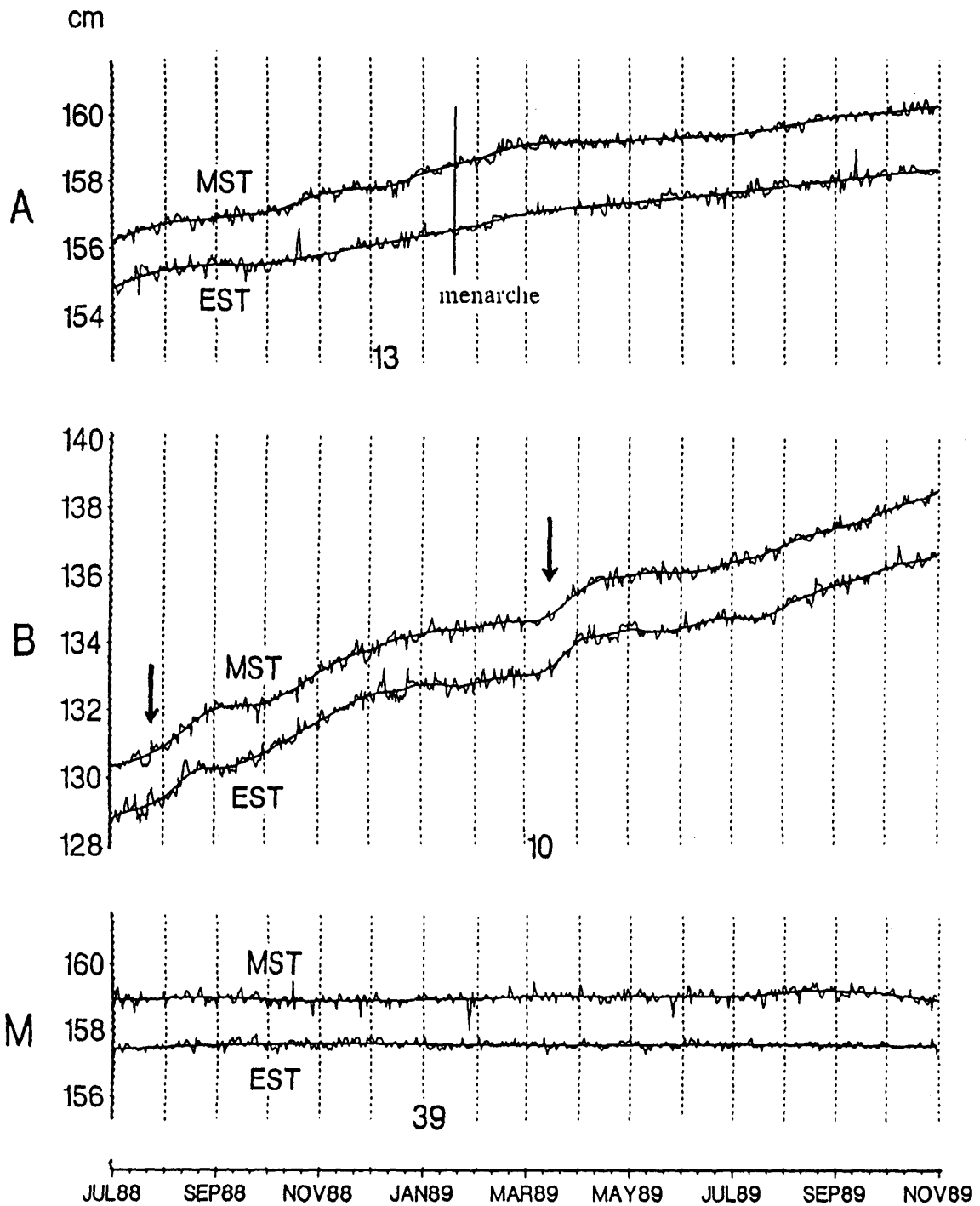


図2. A, B, Mの身長の時系列とBAYSEAで解析したトレンド

うど夏休みと春休み期間に相当する。特に春の急伸現象は、4月8日の新学期開始まで続き、学校の始まりと同時に停止した。Bにおけるこのような現象は次の年以降は見られなかったが、小学校の現場では、休み中に身長が伸び、新学期、特に4月になると止まってしまう児童

の多いことが既に知られている。

Aの身長のトレンドは、初潮の到来後2~3ヶ月で傾きが変化した。大人Mの2曲線の幅は子どもA, Bよりもやや狭く、子どもに比べて日内変動が小さいことを示している。

198

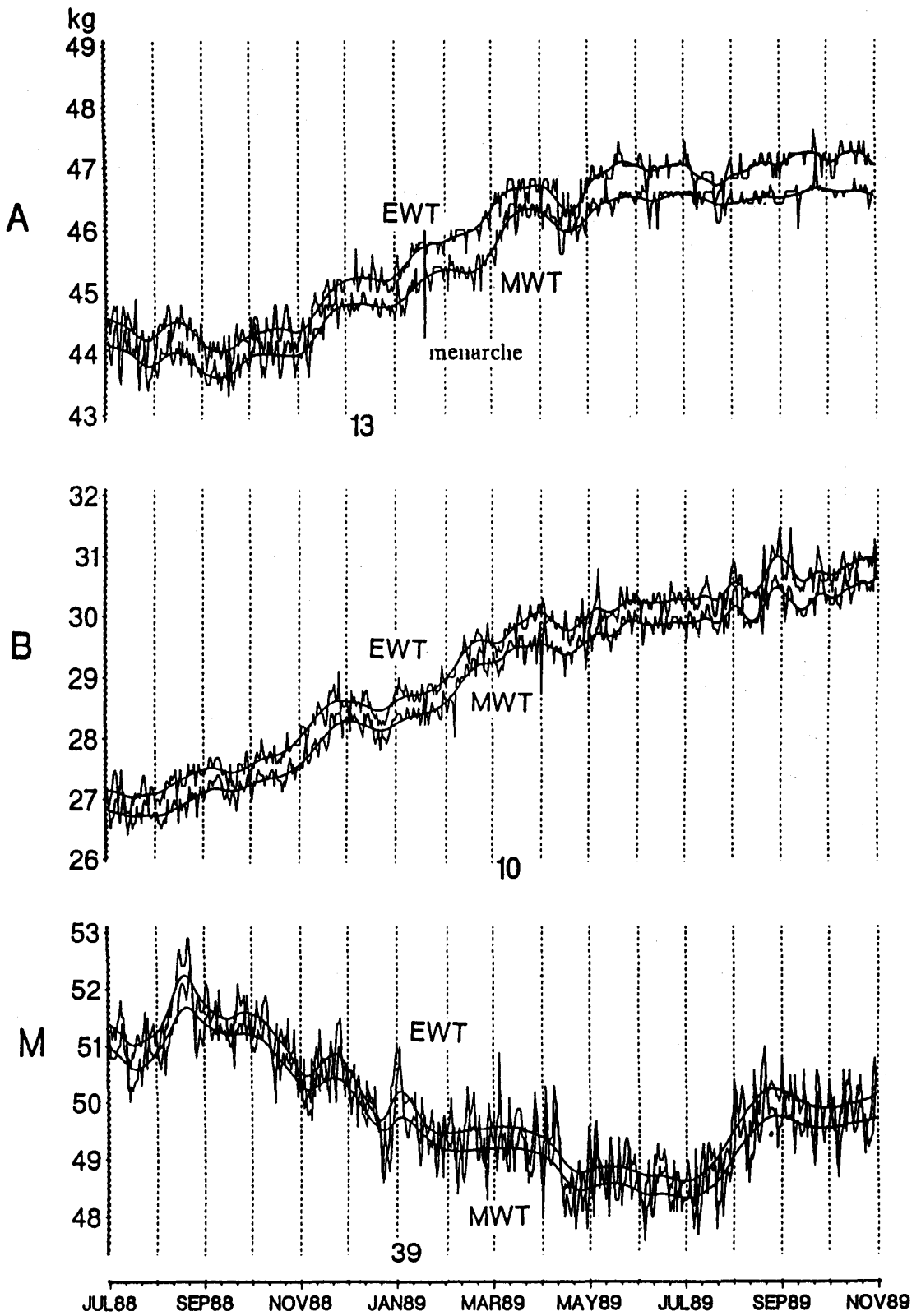


図 3. A, B, M の体重の原時系列と BAYSEA で解析したトレンド

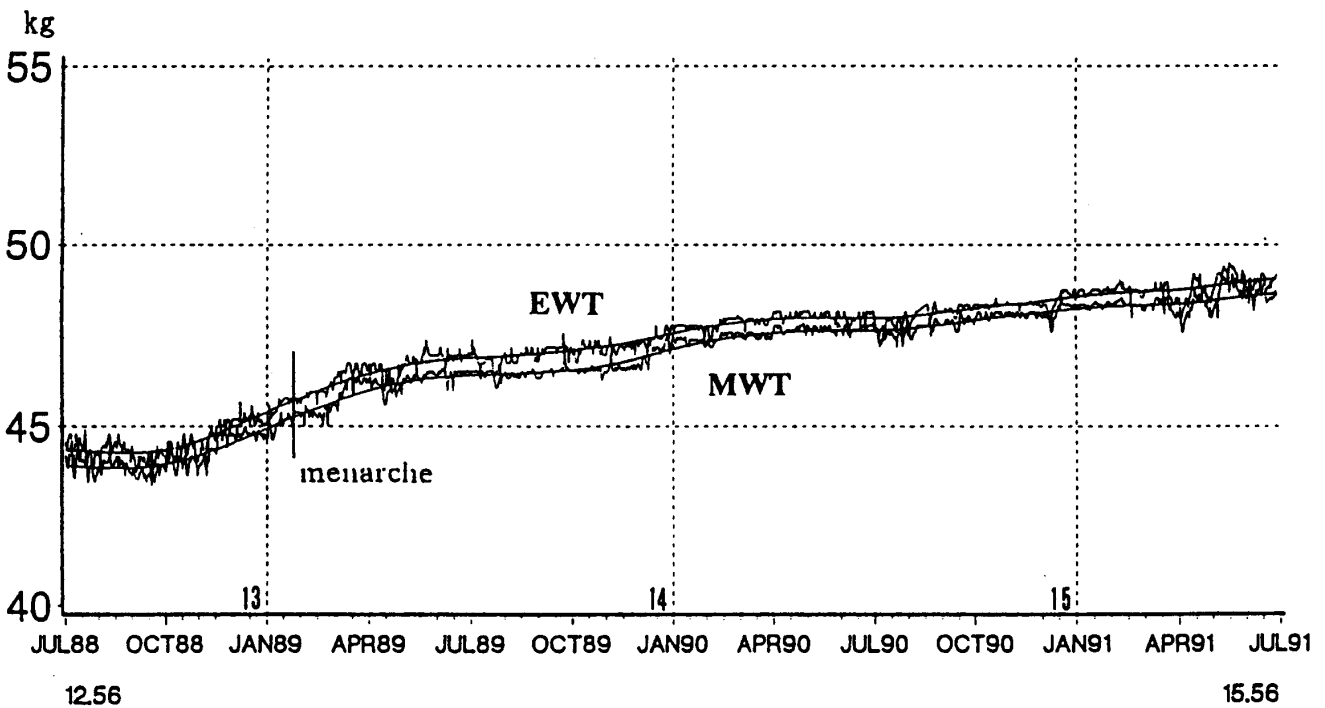
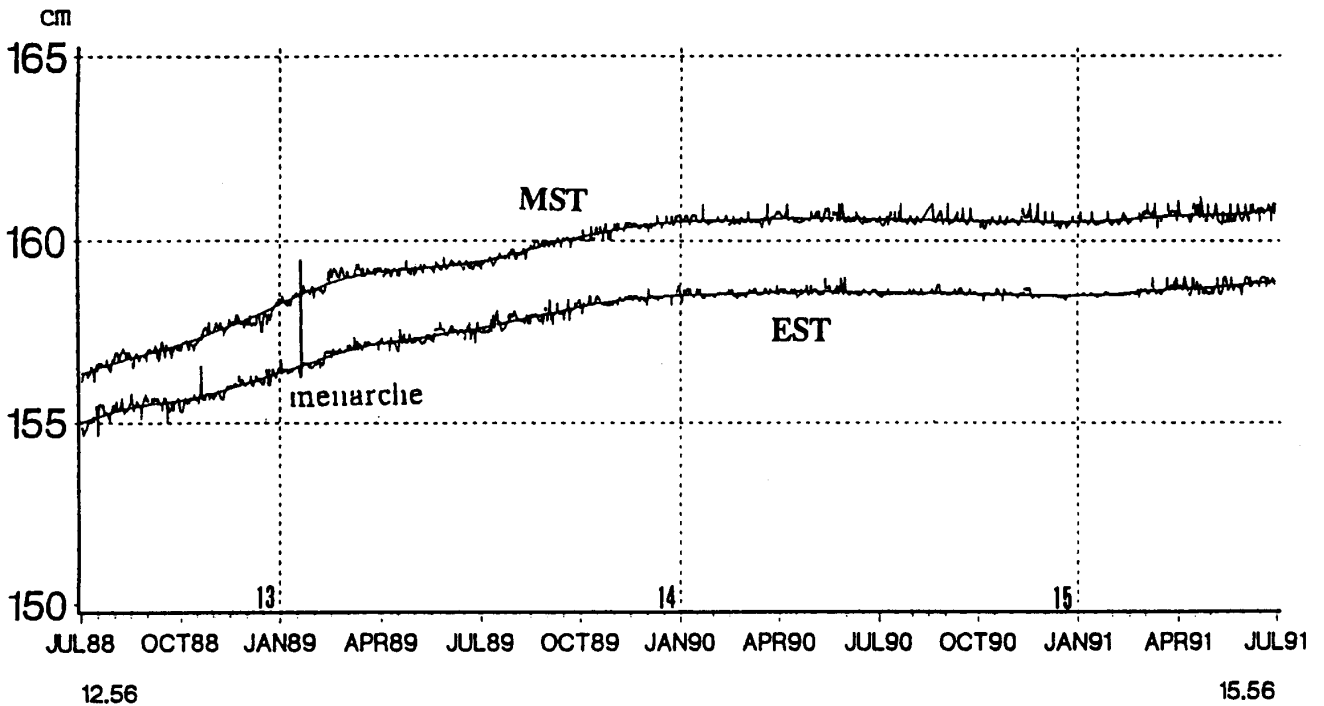


図4. Aの3年分の身長(上)体重(下)の原時系列とDECOMPで解析したトレンド

図3の体重のグラフからは、子どもA、Bにおける季節変動が読みとれる。子どもA、Bの体重は、秋(10月～11月頃)から春先(3月～4月頃)まで増加しているが、夏は殆ど増加していない。しかし大人のMは子どもたちとは異なる季節変動を示し、夏に増加が見られる。また、Aの体重のトレンドには、1ヶ月半くらいの周期

で波動が見られるが、Bにはそのような波動はまだ現れていない。Aのトレンドに見られる周期的波動は、後にDECOMPで解析するとAR成分として分離された。このARについては目下検討中である。

図4は、被験者Aの3年分の身長・体重の原時系列とDECOMPによるトレンド、図5および図6は、B、M

の5年分の身長・体重の原時系列とDECOMPによるトレンドである。DECOMPによって分離されたトレンドは波動が消え、滑らかである。これは波動の大部分が、DECOMPで仮定しているAR成分として分離されたた

めである。

発育を量的に見ると、Aは3年間で身長が154.8cmから159.0cmになり、4.2cm増加、Bは5年間で128.6 cmから157.6 cmになり29.0cm増加した（3年間では18.3cm増

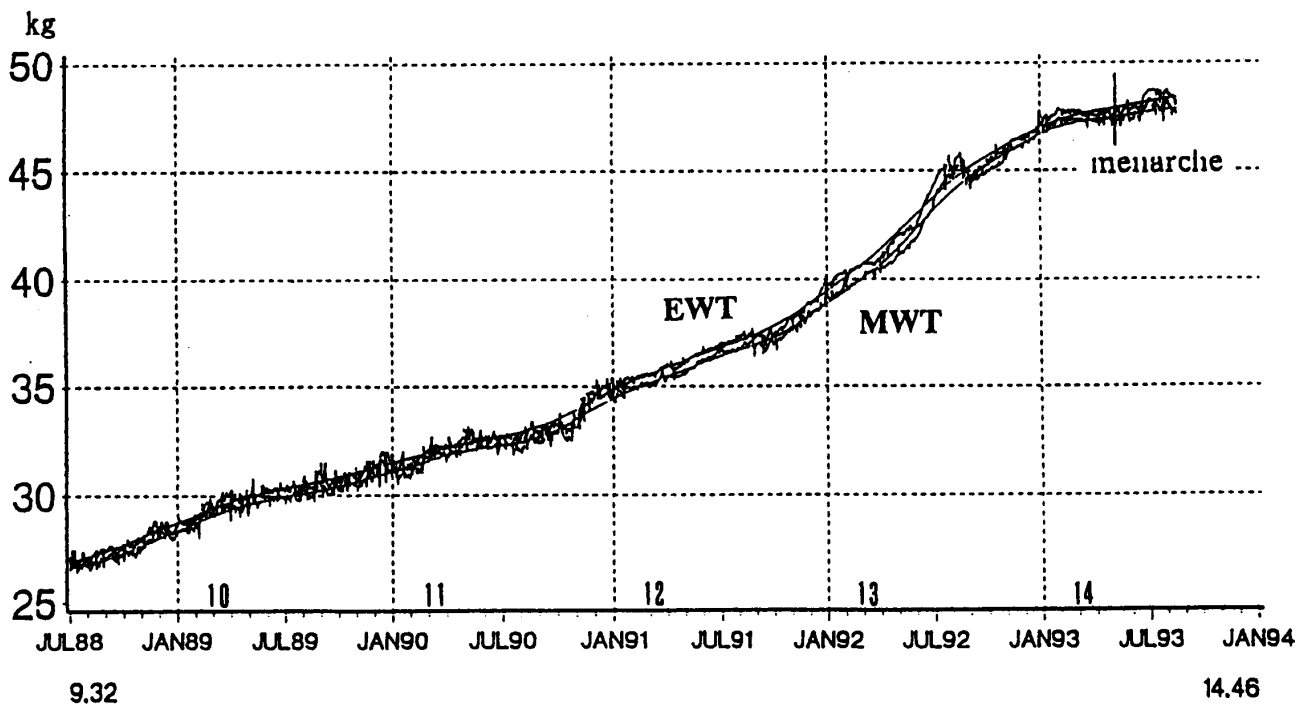
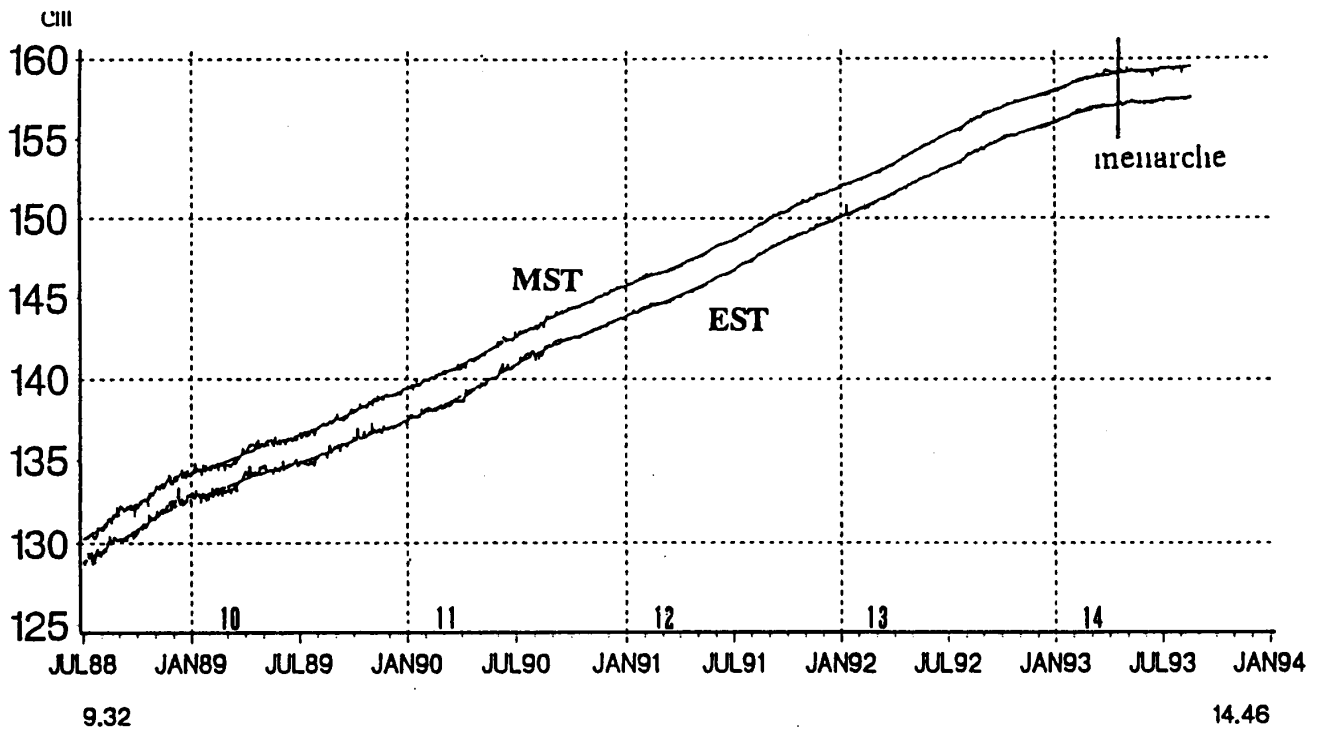


図5. Bの5年分の身長(上)体重(下)の原時系列とDECOMPで解析したトレンド

加)。また体重は、Aは3年間で、44.5kgから49.2kgとなり4.7kgの増加、Bは5年間で27.2kgから48.0kgとなり20.8kg増加した（3年間で10.1kg増加、いずれも夜の測定値から計算）。図4において、Aの身長トレンド

は測定開始半年ほどで勾配が変化しており、発育速度が緩やかになったことを示しているが、初潮後さらに速度が減少し、Aの発育が最終段階に近づいていることを物語っている。体重のトレンドも初潮後3カ月ほどで勾配

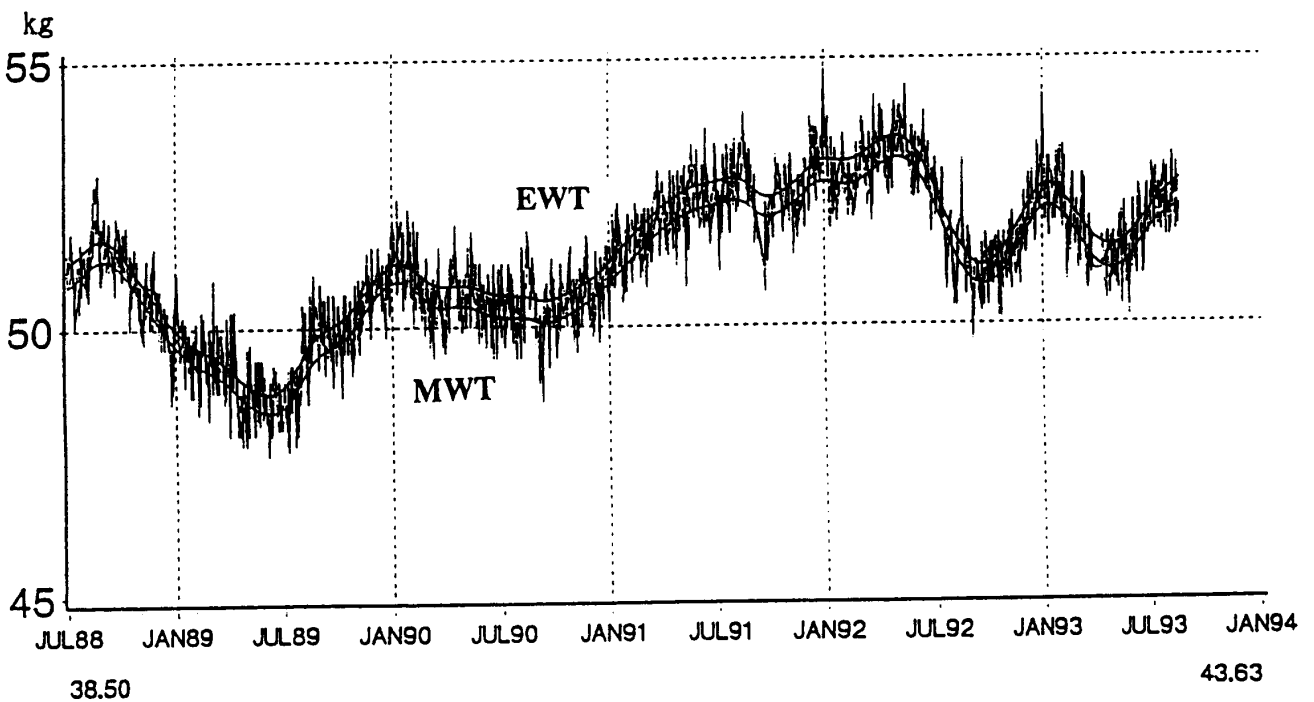
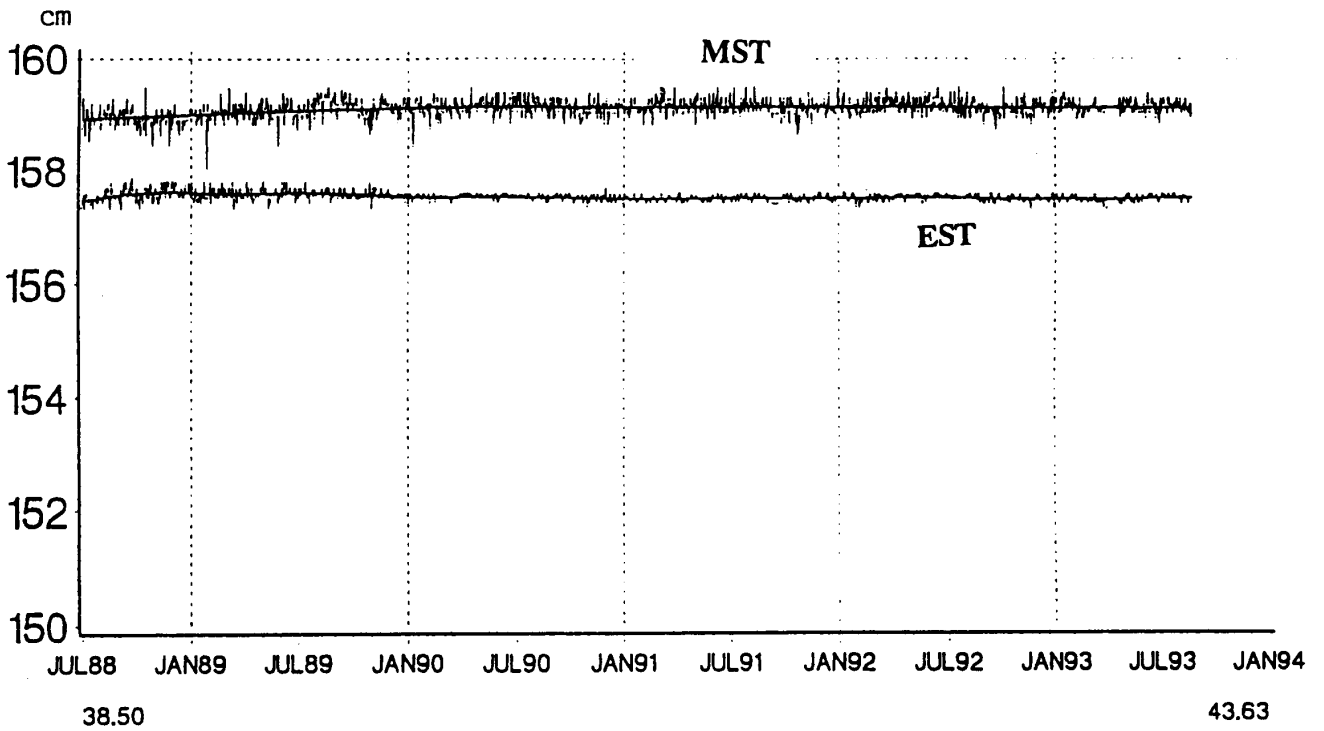


図6. Mの5年分の身長(上)体重(下)の原時系列とDECOMPで解析したトレンド

が変化している。

図5におけるBの身長の時系列は、90年9月頃から92年10月頃まで(B:11.5~13.6歳)波動が少なくなり、重ねて描くとグラフ上で見分けがつかないくらい原時系列とトレンドがよく一致している。また、Bの身長には測定開始後1年以内に身長の短期間の急伸現象がみられたが、以降身長はほぼ同速度で増加を続け、ついに思春期のスパートらしきものが現れなかった。体重のトレンドは90年11月より急上昇している。原時系列を見ると、その直前に体重の一時的減少が認められ、減少した直後から93年冬までトレンドの上昇が続いた。そして、トレンドの上昇が落ち着いた93年4月に初潮が訪れた。その間約30ヶ月であり、Togo & Togo (1988) が既に報告している女兒3名の毎月の身体測定記録に基づいた所見と一致する。

図6に示した大人Mについては、身長ではトレンドの変化はほとんど見られない。しかし体重のトレンドは大きく波動し、子どもA、Bとは全く様子が異なったものとなっている。これは子どもの体重が、発育という過程において季節や生活環境などの影響を受けつつ変化しているのに対し、大人は生活そのものが体重に大きく反映することを示していると考えられよう。

2. 日内変動と睡眠時間

身長に日内変動のあることはよく知られているが、それは主に立っていることと横になっていること、すなわち脊椎が垂直方向の重力を受けるかどうかということに起因する(Tanner 1981)とされている。身長は夜間の睡眠中(正確には横臥中)に伸び、見かけ上伸びた分は起床後縮む。また、横になっていた者が起き上がれば頭の重さも脊椎に加わり、姿勢も変化する。そのため身長の日内変動を正確に観測するには、本研究のように起床直後と就寝前に測定しなければならない。

身長の起床後の減少の様子は既に図1に示してある。これより身長は起床直後から急速に減少し、最初の30分で0.6cmから1.0cmも低くなることがわかった。しかも大人より子どもの方が減少速度が速い。そして、起床後4~5時間で安定する。しかし、昼寝をした後や入浴後は増加がみられた。例えばBでは、1時間の昼寝で0.8cmから1.0cmの増加、20分の入浴で0.3cmの増加が見られ、Mでは1時間の昼寝で0.5cmから0.6cmの増加が観察された。このような日中(起床時から就寝時まで)の変化は多少あるものの、通常、身長は起床直後が最も高く、就寝前が最も低い。そこで、Aの3年間およびB、Mの5年間の身長の夜間(就寝前から起床時まで)の変化量(朝の測定値-前夜の測定値)と変化率(夜間の変化量*100/前夜の身長測定値)、および、日中の変化量(夜

表3 A, B, M 3年間および5年間の身長の日内変動(夜間・日中)

上段 変化量cm (SD)

下段 変化率% (SD)

測定期間	A		B		M	
	夜間	日中	夜間	日中	夜間	日中
88-07-01~ 89-06-30	1.76 (0.30) 1.12 (0.19)	-1.75(0.30) -1.11(0.18)	1.58 (0.26) 1.19 (0.20)	-1.56 (0.27) -1.07 (0.20)	1.40 (0.18) 0.89 (0.12)	-1.40 (0.19) -0.88 (0.12)
89-07-01~ 90-06-30	1.97 (0.18) 1.25 (0.11)	-1.97(0.18) -1.23(0.11)	1.86 (0.20) 1.35 (0.15)	-1.84 (0.20) -1.32 (0.15)	1.57 (0.15) 1.00 (0.10)	-1.57 (0.17) -0.99 (0.11)
90-07-01~ 91-06-30	2.00 (0.16) 1.26 (0.10)	-2.00(0.17) -1.25(0.10)	1.91 (0.16) 1.32 (0.10)	-1.89 (0.16) -1.30 (0.10)	1.62 (0.13) 1.03 (0.08)	-1.62 (0.15) -1.02 (0.09)
91-07-01~ 92-06-30			1.92 (0.11) 1.28 (0.07)	-1.90 (0.11) -1.25 (0.07)	1.62 (0.13) 1.03 (0.08)	-1.62 (0.14) -1.02 (0.09)
92-07-01~ 93-08-20			1.99 (0.10) 1.28 (0.07)	-1.98 (0.10) -1.25 (0.07)	1.61 (0.12) 1.02 (0.07)	-1.61 (0.13) -1.01 (0.08)
全期間						
平均変化量cm	1.91 (0.24)	-1.91 (0.25)	1.85 (0.23)	-1.84 (0.23)	1.56 (0.17)	-1.56 (0.18)
平均変化率%	1.21 (0.15)	-1.19 (0.15)	1.29 (0.14)	-1.26 (0.14)	0.99 (0.11)	-0.98 (0.11)
Range cm	0.7~2.6	-0.9~-2.5	0.6~2.5	-0.7~-2.4	0.5~2.0	-0.5~-2.0
%	0.45~1.64	-0.57~-1.56	0.45~1.75	-0.50~-1.71	0.32~1.27	-0.32~-1.26

の測定値－朝の測定値)と変化率(日中の変化量*100/朝の身長測定値)を計算し、表3に示した。

表3は、被験者の経時変化を追跡するため、測定開始から1年ごとに区切って、その間の平均変化量・変化率を示している。A、Bの身長の1年ごとの変化量を追ってみると、夜間の伸び・日中の縮みはどちらも年々増加している。ところが変化率をみると、Aは1年目は少ないが2、3年目はほとんど変わらず1.25%ほどである。Bは、2年目が夜間の変化率1.35%で最大を示し、3年目も1.32%であるが、それ以降はやや減少している。変化率の大きい2年目から3年目あたりは、年齢では10.3歳から12.3歳に当たる。測定開始の日から1年ごとに区切ったのは便宜上のことであるが、Bにとっては変化率の大きいこの時期が、おそらく身長発育の最も著しい時期であったのではないかと推測される。ここで、1年目の値がA、B、Mとも絶対値で小さくなっているが、これは測定に不慣れなため、朝の測定に手間取って身長が縮んでしまったことなどが原因ではないかと思われる。しかしそれを考慮しても、子どもA、Bの日内変動は、量的には次第に増加している。そして、Bの5年目はAの3年目にほぼ匹敵する量(約±2cm)になっている。

全測定期間の平均値を比較すると、身長の夜間の変化量(伸び)は、A;1.91cm, B;1.85cm, M;1.56cmのA>B>Mの順であるが、変化率では、A;1.21%, B;

1.29%, M;0.99%で、B>A>Mの順である。但し、測定終了時の3人の身長は夜の測定時でおおよそ、A;159.0cm, B;157.0cm, M;157.5cmである。Bが発育の旺盛な時期にあることは原時系列のグラフにも表れており、年齢的にも想像がつくが、そのBが身長の日内変動における変化率では3名のうちで最も大きいという結果であった。変化量ではAが最も大きい。またAは、変化率ではBを下回るが、それでもBに近い値となっている。しかし大人のMは、変化量・変化率ともに最も小さく、子どもの被験者とは値が隔たっていた。大人と比較すると、子どもの身体が柔軟性や可塑性に満ちていることがよく分かる。

体重の日内変動は表4に示したが、全測定期間の平均では量、変化率ともにBが最大であった。Aは量においては2年目まではBより勝っていたが、変化率では測定の最初からBのほうが大きかった。

また体重は、日中の変化量・変化率のSDが大きく、特にMにおいてその傾向が顕著である。これは体重が活動時間中のいろいろな要因によって変化しやすいことを意味しているものと思われる。但し発育期にあるA、Bにおいては、日中の活動時間中に減少することは稀で、朝よりも夜の測定値の方が大きな値であり、日中は概ね体重が増加していた。一方Mは、増加したり減少したりと様々であった。しかしA、Bの場合でも、日中に体重

表4 A、B、M 3年間および5年間の体重の日内変動(夜間・日中)

上段 変化量kg (SD)

下段 変化率%(SD)

測定期間	A		B		M	
	夜間	日中	夜間	日中	夜間	日中
88-07-01~	-0.45 (0.17)	0.46 (0.24)	-0.37 (0.14)	0.38 (0.21)	-0.35 (0.15)	0.34 (0.41)
89-06-30	-0.99 (0.38)	1.02 (0.54)	-1.30 (0.48)	1.34 (0.74)	-0.69 (0.29)	0.69 (0.83)
89-07-01~	-0.42 (0.14)	0.43 (0.16)	-0.41 (0.16)	0.42 (0.24)	-0.39 (0.14)	0.39 (0.44)
90-06-30	-0.89 (0.29)	0.91 (0.35)	-1.32 (0.50)	1.36 (0.79)	-0.77 (0.28)	0.79 (0.89)
90-07-01~	-0.35 (0.15)	0.35 (0.17)	-0.44 (0.14)	0.45 (0.21)	-0.41 (0.13)	0.42 (0.46)
91-06-30	-0.72 (0.21)	0.73 (0.36)	-1.26 (0.40)	1.31 (0.62)	-0.79 (0.25)	0.82 (0.90)
91-07-01~			-0.58 (0.19)	0.60 (0.22)	-0.41 (0.14)	0.41 (0.42)
92-06-30			-1.44 (0.44)	1.52 (0.53)	-0.78 (0.25)	0.79 (0.79)
92-07-01~			-0.41 (0.16)	0.42 (0.19)	-0.40 (0.14)	0.40 (0.42)
93-08-20			-0.88 (0.35)	0.91 (0.42)	-0.76 (0.27)	0.78 (0.81)
全期間						
平均変化量kg	-0.41(0.15)	0.41+(0.25)	-0.44 (0.17)	0.45 (0.23)	-0.39 (0.14)	0.39 (0.43)
平均変化率%	-0.87 (0.32)	1.19 (0.15)	-1.23 (0.48)	1.28 (0.66)	-0.76 (0.27)	0.77 (0.85)
Range kg	0.0~-1.0	-0.4~1.2	0.0~-1.4	-0.4~1.5	-0.1~-1.2	-1.11~1.9
%	0.0~-2.25	-0.91~2.64	0.0~-4.67	-1.27~4.55	-0.19~-2.44	-2.10~3.85

が減少し、しかも夜間の変化量が0ということがあった。これはいずれも部活動（A：水泳部、B：テニス部）で試合があった日と、その翌朝のことである。このように日中に体重が減少したとき、その夜には体重があまり減少しなくなるという現象、また逆に、日中に体重の特異的増加が見られた場合、その夜の減少量も大きいという現象は、子どもばかりでなく大人においても時折り見られ、身体が体重の調整を行っているように思われた。

ところで、体重の1年ごとの平均変化量は、Aは3年目、Bは5年目に、前年に比べて急激に減少している。この時期はAは中学3年から高校1年、Bは中学2年から3年までに当たり、受験勉強や部活動で忙しかった期間である。Bの4年目の夜間の体重減少量は-0.58kgであり、日中の増加量は0.60kgであるのに、次の1年間の平均値は、夜間-0.41kg、日中0.42kgと極端に少なくなった。大人の平均値が±0.39kgであることを考慮すると、これは体重発育が終了しつつあることを示していると解釈される一方で、環境や精神面の影響が現れたのではないということも考えられる。

測定時刻を記録し始めたのは、測定開始から半年後の89年1月からであるが、その時点から測定終了時までの、各被験者における「夜間の身長増加量」と睡眠時間との相関、および「体重の減少量」と「睡眠時間」との相関を求め、その結果を表5および表6に示した。また、相関の様子を図7に示した。

表5より、Mにおける身長増加量と睡眠時間の相関係数は5年間で0.76となっており、高い相関があるといえる。これは、Mにおいては長時間横になっている程、その間の身長の伸びが増加することを意味している。但し9時間以上横になっていても2.0cm以上は伸びず、時にはかえって減少することもあった。また、体重については夜間の体重減少に発汗等が関係し、これが季節によって影響されることを考慮すると、Mの5年間の全データについて計算された相関係数が-0.53（表6）であるから、高い負の相関があるといえる。体重については、子どもの被験者でもある程度の相関が見られた。

しかし、身長については子どもの被験者には大人のような高い相関は見られず、また、1年ごとに期間を区切ると各期間ごとに違いが見られた。Aでは2年目が低い値だが全体としては少し相関がある。一方、Bの身長増加量は、最初の3年間（9.3～12.3歳）は睡眠時間との相関が全く見られなかったが、4年目からやや相関が表れた。そして5年目は4年目よりも少し高い値となった。このように、年齢が進むにつれて相関が見られるようになったものの、それでも大人のMや姉Aに比べると低い値である。また、Bは3人のうちでは睡眠時間が最も長い（3年間平均でA；7.8時間、B；8.7時間、M；6.5時間）。そこで、念のためBの睡眠時間を9時間、8時間、7時間以内に限定して、それぞれについて相関係数を求めてみたが、いずれについても相関が高くなることはなかつ

表5 夜間の身長増加率と睡眠時間との相関

$$\text{身長増加率} = (\text{朝の測定値} - \text{前夜の測定値}) * 100 / \text{前夜の測定値}$$

$$\text{睡眠時間} = \text{前夜の測定時刻から朝の測定時刻までの時間}$$

期間 被験者	88-07-01~ 89-06-30	89-07-01~ 90-06-30	90-07-01~ 91-06-30	91-07-01~ 92-06-30	92-07-01~ 93-08-20	全測定期間
A	0.396***	0.244***	0.475***			0.300***
B	0.075	0.061	0.082	0.185***	0.207***	0.158***
M	0.712***	0.765***	0.730***	0.759***	0.823***	0.759***

***P<0.001

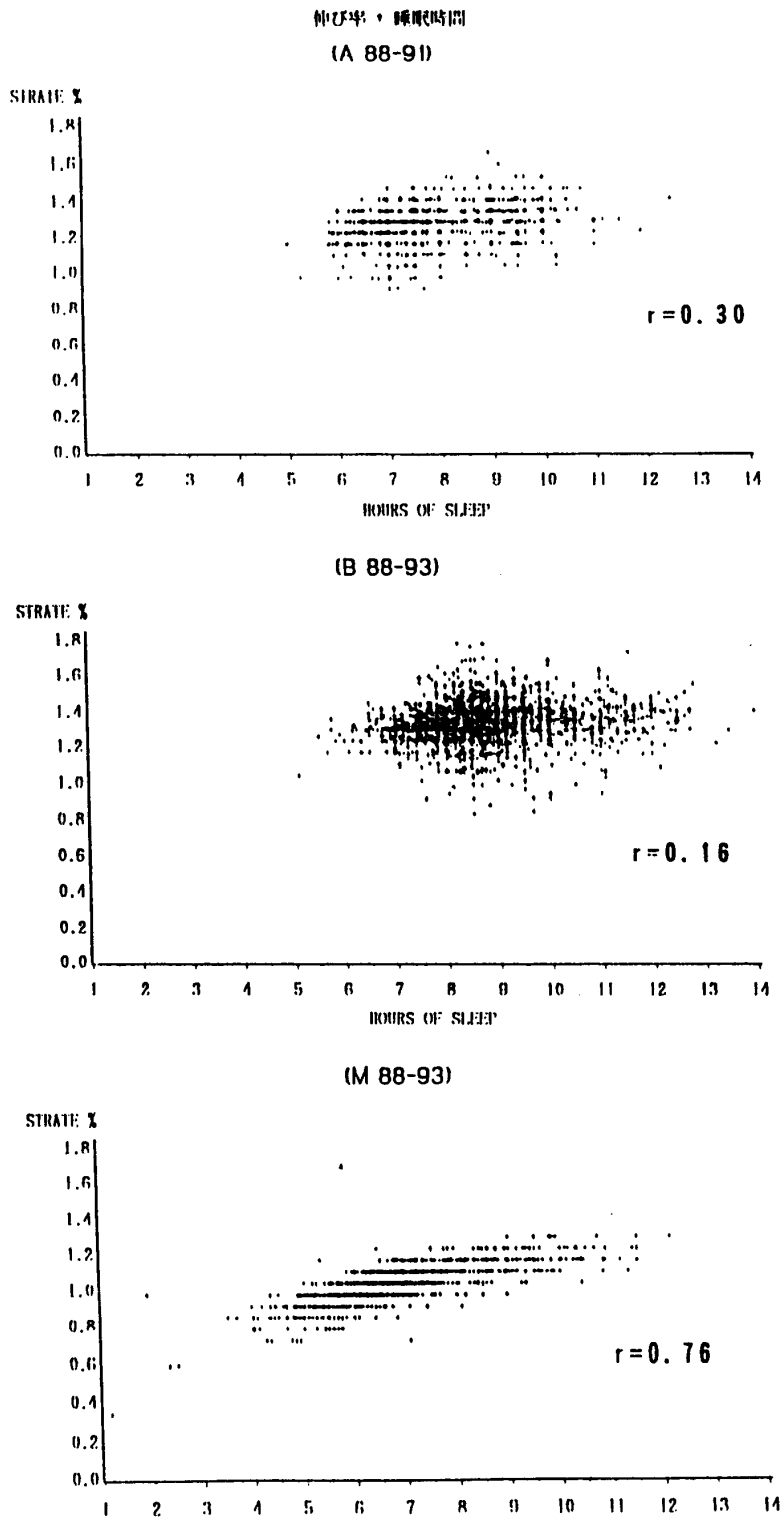
表6 夜間の体重減少率と睡眠時間との相関

$$\text{体重減少率} = (\text{朝の測定値} - \text{前夜の測定値}) * 100 / \text{前夜の測定値}$$

$$\text{睡眠時間} = \text{前夜の測定時刻から朝の測定時刻までの時間}$$

期間 被験者	88-07-01~ 89-06-30	89-07-01~ 90-06-30	90-07-01~ 91-06-30	91-07-01~ 92-06-30	92-07-01~ 93-08-20	全測定期間
A	0.014	-0.195***	-0.337***			-0.244***
B	-0.445***	-0.242***	-0.368***	-0.199***	-0.170***	-0.319***
M	-0.498***	-0.532***	-0.523***	-0.559***	-0.493***	-0.528***

***P<0.001



(注) STRATE : Stature increment rate 身長伸び率

図7. 夜間の身長増加量と睡眠時間の散布図

た。これより、Bの身長増加は入眠後それほど時間を要することなく、一晩の睡眠時間の前半に起こると考えなければならない。この考えを支持するものとして、既に観察された次のような事項がある。それは、昼寝の後でもBには1時間で約1cmの身長増加が観察されているのに対し、Mにはその半分ほどの増加しか観察されなかったということ、さらに、睡眠時間中の身長増加には限度があるが、これはMにおいては増加の上限が2.0cmであり、それが最長睡眠時間のときではなく、睡眠時間9時間のときに記録されているということである。但し、Mの場合は9時間以上の睡眠時間でも増加量2.0cmを記録している。Aは睡眠時間8.8時間のとき最大増加量2.6cmを記録し、Bでは8時間で2.5cmが最大である。しかし、それ以上の睡眠時間ではかえって減少している。そこで、夜間の身長増加量が上限に達するまでに要する時間は、 $M > A > B$ となり、大人より子ども、子どもでも年齢の若いBの方が睡眠中の身長増加に要する時間が少ないことになる。ここで、Bの3年間の平均睡眠時間が8.7時間であったことを考えると、最大増加は8時間で起こっているのであるから、Bは、寝て起きる頃には、脊椎間がこれ以上開かない上限に達しているか、あるいは寝方によってはかえって縮んでいるということもあり得るのかもしれない。

さらに、発育の盛んなBにおいては夜間の睡眠中に実際に身長が伸びていることも考えられる。

成長ホルモンは、通常、日中よりも夜の睡眠中に多く分泌されるという報告が多数ある (Takahashi et al. 1968; Kowarski et al. 1971; Carlson et al. 1972; Plotnick et al. 1975; Miller et al. 1982; Hindmarsh et al. 1987; Caruso-Nicoletti et al. 1988; Albertsson-Wikland and Rosberg 1988)。さらに、睡眠中であっても深い睡眠時(徐波睡眠)の方が成長ホルモンの分泌が亢進されるという説もある (Takahashi et al. 1968; Thorner et al. 1990; Van Cauter et al. 1992; Hartman et al. 1993)。被験者Bは、身長の上昇が顕著なスパイクが見られなかったとはいえ思春期にあることには間違いなく、夜間に発育している可能性が高いと思われる。しかしまた一方で、思春期においては夜間も日中も分泌されるという報告もあり (Miller et al. 1982; Zadik et al. 1985; Costin et al. 1989)、日中に発育している可能性も否定できない。本節において行った検討の結果からは、夜間の発育が示唆されたということである。そして、夜間の発育は就寝後比較的早い時間に起こる現象であろうと考えられる。

「寝る子は育つ」は本当だが、長さよりもその睡眠の

質に問題があるようである。

3. 1週間のリズムと発育の周期

我々の住む社会が1週間単位で成り立っていることを考えると、社会の1週間リズムに身体も何らかの影響を受けているのではないかとと思われる。そして、その影響は子どもの発育にも現れてくるのではないかと考え、時系列解析プログラムBAYSEAおよびDECOMPにおいて、週変動成分(周期7)を設定したモデルで解析を行った (小林 1990, 1992; 小林, 東郷 1991; Kobayashi et al. 1994)。その結果、子どもA, Bにおいて、また大人Mの夜の身長を除いたすべての解析結果において、週変動を設定したモデルの方がAICが低くなった。これは、子どもの身体発育にも、また、大人の身体にも、1週間単位(7日周期)のリズムが存在することを示唆するものである。この週変動成分は量としては僅かであるが、既に誤差を含む観測雑音を取り除かれているので、小さくても確かに存在する成分であり、詳細な検討を行うことが可能である。

各被験者の3年または5年間の週変動成分は、図8(身長)、図9(体重)に示した。

図8より、Aの身長の週変動成分は、夜(EST)より朝(MST)の方が大きい。しかも朝の週変動成分は次第に増加している。これは後に述べるMの状態に近づいているように思われる。Bの身長・体重の週変動成分については、朝と夜の成分に大きな違いはなく、朝の方がやや大きい程度である。Mについては、夜の身長の週変動成分はごく僅かであるが、朝の身長からは大きな成分が分離された。これは、Mの朝の身長が睡眠時間に大きく影響されるという特質の現れであろう。Mの毎夜の睡眠時間をDECOMPで時系列解析して週変動成分を分離したところ、日曜日(土曜日の夜から日曜日にかけての睡眠時間)に2.1時間の週変動成分が存在した。

図9の体重においては、各被験者とも、朝夜ほぼ一定の成分が分離された。子どもA, Bに比べてMの成分が大きいのは、やはり身長と同じように睡眠時間の影響を受けやすいことを示していると考えられる。

ここで、これらの週変動成分のピーク(山)が何曜日に当たるのかを計算結果に戻って数値を調べ、かつ拡大図(Bのみ図10)を描いてみると、A, Bとも朝の身長のピークは日曜日となっており、夜の身長も最大ピークは日曜日であった。さらに水曜日または木曜日にも小さなピークが見られる。よってA, Bの身長は土曜日の夜から日曜日の朝、そして日曜日の夜にかけて高くなり、さらに週の半ばにも夜高くなるという週内リズムが存在

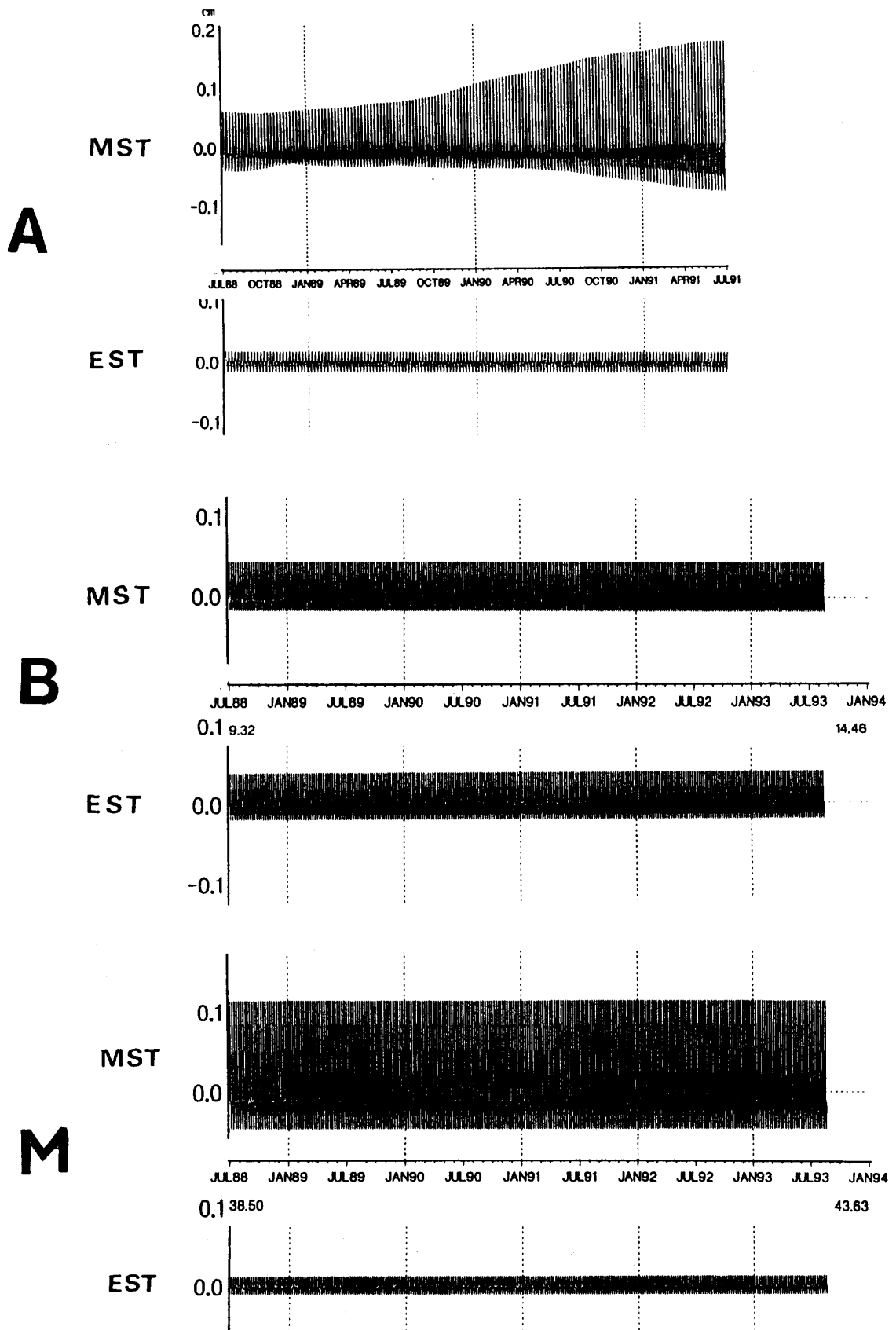


図8. 身長の変動成分

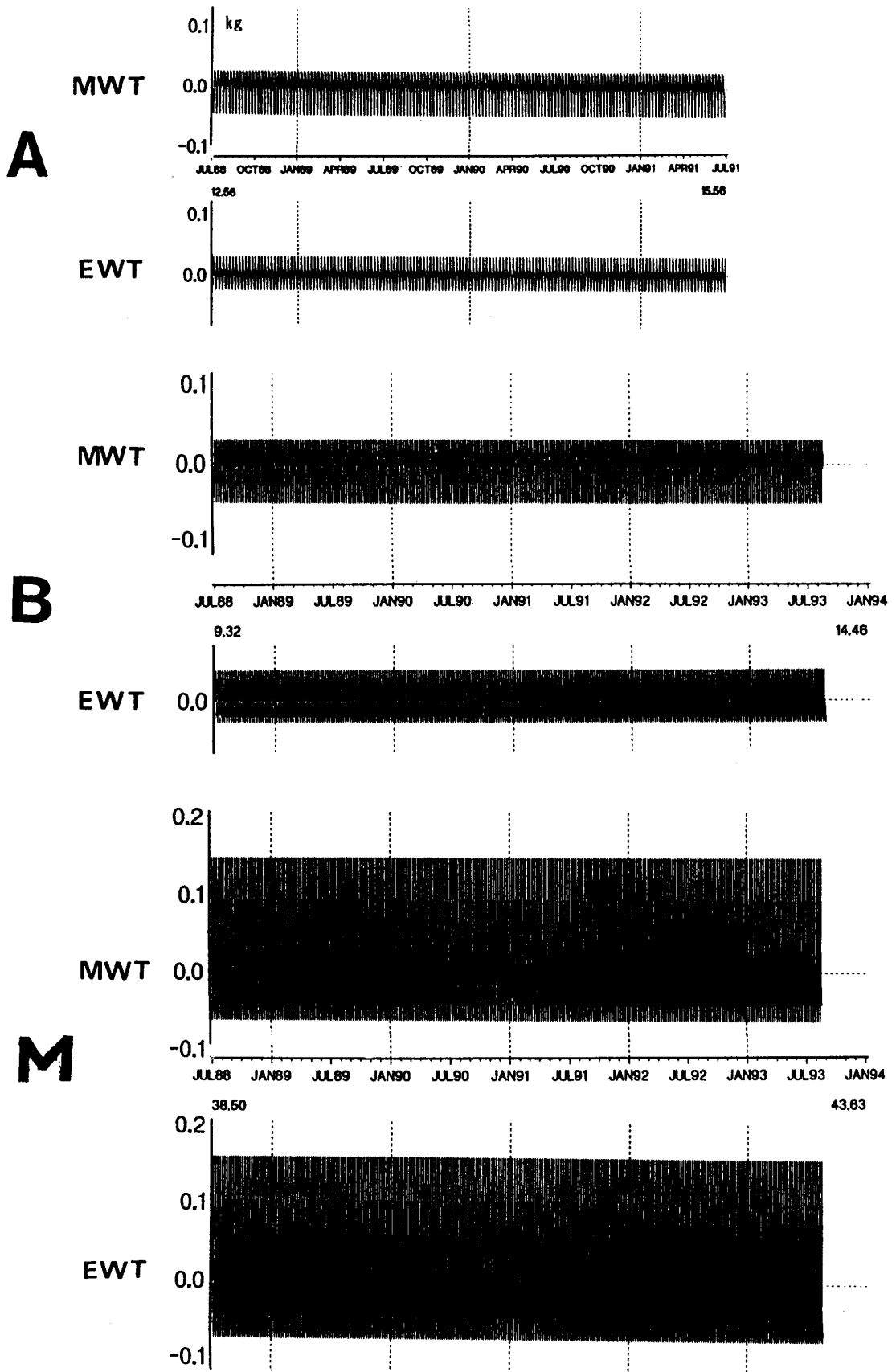
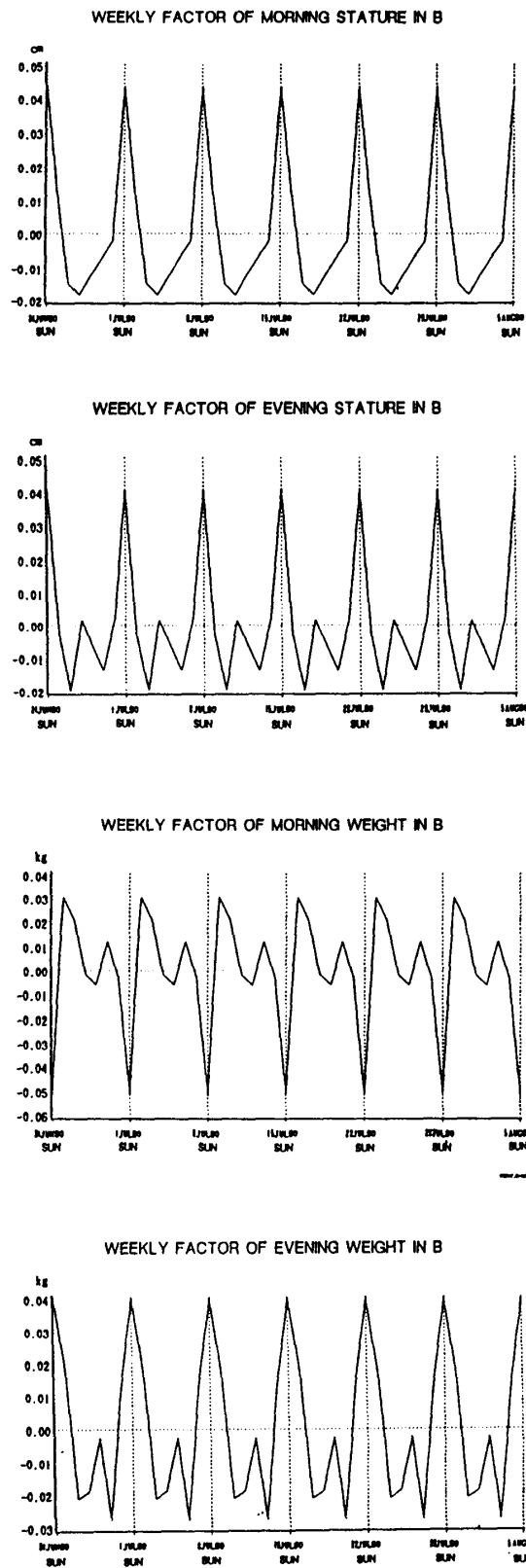


図 9. 体重の週変動成分



縦の破線は
日曜日を示す

図10. Bの週変動成分の一部分拡大図（上からMST, EST, MWT, EWT）

していることが示唆された。また、体重では各被験者とも朝の成分のトロフ（谷）は日曜日である。これは他の曜日と比べて日曜日の朝が最も体重の減少する曜日ということを示している。前述したように、A、Bにおいても、体重の減少と睡眠時間にある程度の相関が見られたことから、日曜日の朝は普段より長い睡眠時間に影響されて体重が減少しているものと思われる。一方、夜は土曜日から日曜日にかけて週変動成分が増加しており、各被験者とも日曜日がピークとなっている。よってA、B、Mの体重には、土曜日から日曜日の日中に増加する週内リズムが存在すると考えられる。さらにA、Bには木曜日にも小さなピークが見られる。これは、子どもの被験者の体重は日曜日に増加し、週半ばにも増加するリズムがあることを示している。

ところで、Aにおいて朝の週変動成分が徐々に増大していく様子が観察されたが、これはAの発育が最終段階に入っており、次第に大人の身体に近づいていることの現れと考えられる。Aの夜間の身長増加と睡眠時間との相関係数は、測定3年目は0.48と高くなっている（表5）、Aの朝の身長値は睡眠時間によって左右されることになる。そこで、Aの朝の身長の日曜日のピークは、身長発育がほとんど観察されなくなった90年1月頃から、土曜日夜から日曜日朝までの睡眠時間の長さに影響されて（Aの睡眠時間の週変動成分は日曜日にピークがあり、1.5時間）、急速に増大していったと考えられる。

ところがBにおいては、朝の身長は睡眠時間とほとんど相関がないという結果が出ている。それにもかかわらず日曜日の朝の身長が高くなるリズムが存在していたのである。Bの睡眠時間を時系列解析すると、その週変動成分は土曜日の夜から日曜日にかけてピークが見られ、約1.4時間の大きさであった。このように、睡眠時間には平日との差がはっきり現れている。Bは測定の後半になって、夜間の身長の伸びと睡眠時間との相関が少し見られるようになったが、分離された朝の週変動成分は一定の大きさであるから、これは睡眠時間と殆ど関連がないということになる。では、Bの身長が日曜日の朝に高くなる理由は何なのだろうか。ここで、Bがふと洩らしていた言葉が思い出される。

「土曜日の夜になるとホッとする・・・」。

子どもは学校生活を中心に1週間を過ごしていると考えられる。その中には学校が好きな子どももいれば、嫌いな子どももいる。しかし学校が好きな子どもでも、土曜日は昼までに授業が終わり翌日が休みになるということで、どこかホッとするところがあるのかもしれない。そして月曜日から土曜日までの平日と、休日の日曜日と

をうまく使い分けしてやり繰りしているのではないだろうか。すなわち、平日には軽い緊張があり週末にはリラックスすることで、身体がうまく具合にバランスを保っているのではないかと考えられる。それは大人も同様であろう。そうした1週間の身体や心のリズムが、発育にも反映されるのではないだろうか。

精神状態が身体の健康に大きな影響を与えることはよく知られている。被験者Bは学校があまり好きではないようであり、前述の言葉は共感できる。しかしAは学校が好きなほうであった。にもかかわらず、やはり休みの前は心身ともにリラックスできるとのことであった。Aは測定の前半は身長がまだ伸びており、朝の週変動成分が睡眠時間に大きく依存していたわけではない。そこで、測定の前半においてもA、Bともに日曜日の朝の身長が高くなるリズムが見られたことは、休日前のリラックス効果が現れたのではないかと考えられる。土曜日の夜から日曜日の朝にかけて精神的にリラックスできたことが、睡眠中の発育を促進させたのではないかと考えられるが、それは既に述べたように、深い睡眠（徐波睡眠）時の方が成長ホルモンの分泌が亢進される（Takahashi et al. 1968; Thorner et al. 1990; Van Cauter et al. 1992; Hartman et al. 1993）ということを考えあわせると、明日が休みであるという安心感から睡眠も深くなる可能性は十分考えられよう。

さらに、体重も土曜日と日曜日の日中に増加していたが、これは時間に拘束されず自由にしかもリラックスして食事や間食がとれたことによるのではないかとと思われる。

以上のように、子どもの被験者においては、週末、特に日曜日に身長・体重が増加するリズムが存在したことの原因として、食事が自由にとれるということに加えて、学校から解放されてホッとするという精神的な影響が考えられた。しかし、ここで忘れてならないことは、Bにおいては週の半ばである水曜日または木曜日にも、身長・体重の増加成分が存在するということである。水曜日の夕方はバレエの練習があったが、それにもかかわらず身長が増加し、同じバレエの練習日である金曜日には増加しないリズムが存在したのである。さらにAにおいても週半ばに身長が増加する成分が存在している。しかしMには存在しない。すると週半ばの増加のリズムは、子どもの発育に関連したものということになる。そこで、発育には周期が存在する可能性が考えられる。

発育の周期に関する研究では、巷野（1978）による乳児の体重の約4日の周期説がある。また最近、岡島（1994）は、乳児（男児1名）の体重時系列データのス

表7 発育の周期に関する研究報告

	体 重	身 長	研究者
乳児	4日前後の周期		巷野
乳児	4日前後の周期		岡島
4歳児	週末と週半ば(水曜日)	週末と週半ば(水曜日)	岩城
8歳児	週末と週半ば(水曜日)	週末と週半ば(水曜日)	岩城
9.3~12.3歳児	週末と週半ば(木曜日)	週末と週半ば(水曜日)	小林
12.6~15.6歳児	週末	週末と週半ば(水・木)	小林
大人	週末		小林

ベクトル解析から、4日前後の周期が見られたことを報告している。このように乳児に4日前後の発育の周期が存在するとするならば、それは人間という生物に発育の周期が備わっているということになる。そこで、発育周期に関する研究結果を対象の年齢順に並べてみると(表7)、乳児で見られた4日前後の周期は、岩城(1993)が対象とした4歳前後の幼稚園児と8歳前後の学童では、1週間に2回、すなわち週末と週半ばの水曜日に身長・体重が増加するリズムとなって現れている。しかもその増加量は、週末よりも水曜日が上回っていたと報告している。そして、週末と週半ばの増加のリズムは本研究の被験者Bにおいても明確に現れている。しかし、発育が終了に近づいているAでは、体重の週半ばの増加が不鮮明になってくる。さらに大人になると週末増加のみ観察される。こうしてみると、この一連の推移は、発育に4日前後の周期が存在すると仮定することで説明が可能になるのである。すなわち、生まれたばかりはおそらく特定の曜日に発育するという規定などなく、単に4日毎くらいの発育促進の周期が見られるのであるが、成長とともに周囲の環境の影響を受け始め、本来の発育周期が1週間という社会のリズムに左右されるようになる。幼児期には先ず親の生活から影響されるのであろう。さらに学童期に入ると学校中心の生活によって1週間の束縛を受け、さらに前述したごとく精神的な影響も加わって、週末に発育が促進され易くなる。そして、週末の発育促進に規定されることで、それから3、4日経った週の半ばにも発育促進が見られるという、本来備わっていた発育の周期と1週間という人為的リズムとの相互作用によって、週末と週半ば増加のリズムが生じるのではないかと考えられるのである。さらに、発育が終了に近づいているAでは週半ばの増加が不鮮明になり、発育のない大人のMでは週末増加のみ見られるが、それは平日と週末の生活の違いによって生ずるリズムであろうと考えられる。

子どもは様々な生活環境の中で発育しているが、発育にそのような周期があり、しかも1週間のリズムを保っ

ていかねばならないとしたら、少くらの環境の変化に左右されないための何らかの調節機構が必要となるのではなかろうか。それが、もしかしたら自己回帰過程ARとして分離された波動の意味であるかもしれない。これは今後の課題として研究し報告したいと思っている。

IV. 発育情報から見えてくる子どもの姿

本研究では、子どもが日々どのように発育して思春期から大人へと成長を遂げて行くのかを詳細に観察しようと、1日2回の測定を行った。その結果、前述した事柄が明らかになったが、こうした情報は発育を生物学的に解明するのみでなく、日常生活における子どものいろいろな姿に気づかせてくれる。本研究から得られた発育の情報は、日内変動、週変動、季節変動を中心とした発育の波動に関するものだが、そこからさらに、発育の周期についての仮説も提示された。これらを総合すると、子どもは生物としてプログラムされた発育を達成する過程において、自然環境のみならず、社会の1週間単位のリズムにも影響され、またストレスとリラクセスといった精神面の影響も受けながら、発育本来のリズムを崩さないように身体が微妙な調節を行いつつ日々発育している。そのため、心身の健康に何らかの支障をきたすと、発育のリズムが乱れ、正常な発育が達成できないことになるが、また逆に、環境などの影響で発育のリズムに狂いが生じると、何らかの健康障害が起こることも考えられる。それは身体ばかりでなく、心の問題として現れるかもしれない。発育することは子どもにとって最大の課題であり、それが心身の健康と常に相互作用を持つものであることが次第に明らかになってきた。

本研究以外にも、子どもの発育を定期的に測定した時系列データから、子どもの生活や背景が見えてきた例をいくつか挙げる事ができる。例えば、小学生の毎月の体重記録を時系列解析して分離された季節変動から、肥満児および肥満の危険性を内在させている子どもは、夏

に体重が増加する季節変動を持つことが確かめられた(荒居ら 1993; 小林ら 1992, 1993, 1995)。体重は通常、秋、冬または春先に増加して、夏は夏やせという言葉もあるように増加しない。これが正常な季節変動であり、夏に体重が増加するというのは異常な季節変動、即ち異常なリズムである。異常なリズムが現れるということは必ずその子どもの生活に何らかの原因があるはずである。そこで明らかになったのは、肥満児の夏休みの過ごし方に原因があるのではないかということであった。ある小学校の養護教諭が調査したところ、小学生の夏休みにはプールがあるが、太っている子どもほどプールを嫌って出てこない。そのかわり家でファミコンなどをして遊んでいる。しかも気の向いたときにおやつを食べている、という生活が浮かび上がった。

また、某大学附属中・高に入学したある学年を3カ月ごとに6年間継続測定したところ、測定から5年ほど経った頃に、体重が異常に上がり下がりしている女子生徒が数名いることに気がついた。ダイエットの影響かもしれないと思って調査したところ、体重の変動の激しい生徒は保健室を訪れる回数が多いことに養護教諭が気づき、さらに、特に異常と思われる変動を示した生徒はいじめられていることがわかった。また、ある生徒は家庭に問題があり、生活も不規則になっていたことが判明した。これらは、言葉では訴えられない状況が、体重の変動という身体の記録を通して明らかになったということであり、定期的に身体測定をすることで、発育のみならず精神状態や生活状況までも察知できる可能性のあることを示唆している。

V. おわりに

現在日本では、すべての小、中学生において、身体計測を行っている。しかし今、その測定のあり方を巡って議論が起こっている。身体測定の意義が曖昧になってきているためである。

発育を測定することは、その子どもが発育のどの段階にあるのか、これから先どうなっていくのかを知るために必要不可欠であるが、測られる側にしてみれば、ただ測られるだけで終わってしまい、子ども自身の健康のみならず、親や教師にとっても役立つような情報が、何も返ってこないというのが現状である。しかし、定期的な身体測定を行うことで、発育に関する情報が得られるばかりでなく、言葉には表れないものや他の手段では把握出来ないものが明らかになるのであれば、身体計測に関する問題は解決されるに違いない。発育学はそうした個

人の健康に役立つ方向を目指さねばならないのであって、そのような発育学が育つことではじめて、「発育から子どもを見る」という立場も教育のなかで確立されていくものと思われる。

文 献

- Akaike H (1980) Seasonal adjustment by Baysean modeling. *Journal of Time Series Analysis*. 1(1):1-13.
- Akaike H, Ishiguro M (1980) BAYSEA, a Bayesian seasonal adjustment program. *Computer Science Monographs*, 13, The Institute of Statistical Mathematics, Tokyo.
- Akaike H, et al. (1985) TIMSAC-84 Part 1. *Computer Science Monographs*, 22, The Institute of Statistical Mathematics, Tokyo.
- Albertsson-Wikland K, Rosberg S (1988) 24-hour growth hormone profiles in children: relation to growth. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 67: 493-500
- Cameron N (1986) The methods of auxological anthropometry. In F Falkner and JM Tanner(eds): *Human Growth: A Comprehensive Treatise*, Vol.3, 2nd edition. New York: Plenum Press, pp.209-225.
- Carlson HE, Gillin JC, Gorlden P, Snyder F (1972) Absence of sleep-related growth hormone peaks in aged normal subjects and in acromegaly. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 34:1102.
- Caruso-Nicoletti, M Malozowski, S Kibarian, M Barnes, KM Cassorla F Cutler GB Jr. (1988) Short-term variations of growth rate and somatomedin-C levels in normal prepubertal children. *J. Pediatr. Endocrinol.* 3: 7-13.
- Costin G, Kaufman FR, Brasel JA (1989) Growth hormone secretory dynamics in subjects with normal stature. *J. Pediatr.* 115: 537-544.
- Gersch W, Kitagawa G (1983) The prediction of time series with trends and seasonalities. *Journal of Business and Economic Statistics*, 1: 253-264.
- Hartman ML, Iranmanesh A, Thomer MO, Veldhuis JD (1993) Evaluation of pulsatile of growth hormone release in humans: a brief review. *Am. J. Hum. Biol.* 5: 603-614.
- Hindmarsh P, Smith PJ, Brook CGD, Matthews DR (1987) The relationship between height velocity and growth hormone secretion in short prepubertal children. *Clin. Endocrinol.* 27: 581-591.
- Kitagawa G (1981) A nonstationary time series model and its fitting by a recursive filter. *Journal of Time Series Analysis* 2: 103-116.
- Kitagawa G, Gersch W (1984) A smoothness priors state space modeling of time series with trend and seasonality. *J. Amer. Statist. Ass.*, 79, No.386, 378-389.
- Kobayashi M, Togo M (1993) Twice-daily measurements of stature and body weight in two children and one adult. *Am. J. Hum. Biol.* 5: 193-201.
- Kobayashi M, Kitagawa G, Togo M (1994) Time-series analysis of stature and body weight measured twice-daily in two girls using the AR process detecting program "DECO MP". *AUXOLOGY '94 Humanbiol. Budapest.* 25: 629-638.
- Kowarski A, Thompson RG, Migeon CJ, Blizzard RM (1971) Determination of integrated concentration of true secretion rate of human growth hormone. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*

- 32 : 356
- Lampf M (1992) Further observations on diurnal variation in standing height. *Ann. Hum. Biol.* 19 : 87-90.
- Miller JD, Tannenbaum GS, Colle E, Guyda H (1982) Day time pulsatile growth hormone secretion during childhood and adolescence. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 55 : 989-994.
- Plotnick LP, Thompson RG, Kowarski A, de Lacerda L, Migeon CJ, Blizzard RM (1975) Circadian variation of integrated concentration of growth hormone. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 47 :2079-2090.
- Tanner JM (1981) A concise history of growth studies from Buffon to Boas. In: *Human Growth*. ed. by Falkner F & Tanner JM. Baillier Tindall, London. pp.515-593.
- Thorner MO, Vance ML, Hatman ML, Holl RW, Evans WS, Veldhuis JD, Van Cauter E, Copinschi G, Bowers CY (1990) Physiological role of somatostatin on growth hormone regulation in humans. *Metabolism* 39 (Suppl 2):40-42.
- Togo M, Togo T (1982) Time-series analysis of stature and body weight in five siblings. *Ann. Hum. Biol.* 9 : 425-440.
- Togo M, Togo T (1988) Initiation time of adolescent growth spurt estimated by a certain trough in time-series analysis of monthly anthropometric and urinalysis data in five siblings. *Hum. Biol.* 60 : 223-235.
- Van Cauter E, Caufriez A, Kerkhofs M, Van Onderbergen A, Thorner MO, Copinschi G (1992) Sleep, awakenings, and insulin-like growth factor-I modulate the growth hormone (GH) secretory response to GH-releasing hormone. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 74 : 1451-1459.
- Zadik Z, Chalew SA, McCarter J Jr, Mesitas M, Lowarski AA (1985) The influence of ahe on the 24-hour integrated concentration of growth hormone. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 60 :513-516.
- 荒居和子, 小林正子, 田中茂穂, 東郷正美 (1993) 小学生における体重の季節変動と肥満度との関係. *民族衛生*. 59 :179-185.
- 石黒真木夫 (1981) ベイズ型季節調整モデル. *数理科学* 213 :57-61.
- 石黒真木夫 (1986) ベイズ型季節調整プログラムBAYSEA. *統計数理* 34(2) :241-254.
- 石黒真木夫 (1988) 統計的モデル構成とAIC-時系列論 (尾崎統編). 日本放送出版会. pp.82-91.
- 岩城淳子 (1993) 起床時・就寝時身体計測値の時系列解析による発育の研究. (東京大学教育学研究科修士論文)
- 岡島住樹, 東郷正美 (1994) 乳幼児の発育の時系列解析. 教育と発育の相互作用についての研究-平成5年度科学研究費補助金(総合究(A))研究成果報告書. 22-27.
- 北川源四郎 (1986) 時系列の分解-プログラムDECOMPの紹介-. *統計数理* 34(2) :255-271.
- 小林正子 (1990) 1日2回測定した身長・体重のBAYSEAによる時系列解析. (東京大学教育学研究科修士論文)
- 小林正子, 東郷正美 (1991) 1日2回測定による発育の評価-時系列解析プログラムBAYSEAを用いて. 第57回日本民族衛生学会総会講演集. 140-141.
- 小林正子 (1992) 週末に発育する子供. *医学のあゆみ* 161(8) :525.
- 小林正子, 荒居和子, 東郷正美 (1992) 肥満児をつくる夏の体重増加. 第57回日本民族衛生学会総会講演集. 170-171.
- 小林正子, 東郷正美, 竹本泰一郎, 田川宣正, 田原靖昭 (1993) 肥満児をつくる夏の体重増加(II). 第58回日本民族衛生学会総会講演集. 46-47.
- 小林正子, 竹本泰一郎, 田原靖昭, 田川宜昌, 東郷正美 (1995) 小学生の肥満は夏休みに始まる. *民族衛生*. 61(6) :309-316.
- 巷野悟郎 (1978) 成長における周期的現象. *小児医学* 11(6) :1078-1093.