体重発育における季節変動とその地域性に関する研究

戸部 秀之*

The Seasonal Variation of Weight Growth in School Children and Its Regional Patterns

Hideyuki TOBE*

The monthly body weight data of school children in different regions, the school A in urban area of Tokyo, the school B and C in rural areas of Gunma and Tochigi prefectures, were investigated in order to compare the regional patterns of seasonal variation in weight growth. The seasonal factors of each region and those of each children were calculated by a time-series analysis. The results obtained were as follows.

1) In all regional groups, the highly significant seasonality ($p < 0.0001$) were observed. The seasonal patterns of low in summer, especially in July, were the same in all regional groups. However, the months in which the high values appeared were different among the groups. The amplitudes of seasonal variation were smaller in the children of school A than in the children of school B or C.

2) From the analysis of the seasonal patterns of each child, the minimum values in seasonal factor appeared in July in many children, and it was remarkable in the children of school B and C.

3) The effects of months on variation in weight growth were different between sexes, from the fact that the F-values in the stable seasonality test were much higher in boys than in girls.

Key words: Seasonal variation, Weight growth, Time-series analysis, Urban area, Rural area

季節変動, 体重発育, 時系列解析, 都市部, 農山村部

I 結 言

小児の体重発育における季節変動については、これまで内外を通じて多くの報告がなされてきた。Bogin (1979) は、温帯の衛生状態のよい地域に住む、健康な子どもの体重の季節変動についての研究をまとめ、秋、冬では増加量が大きく、春、

夏では増加量が小さいことを示した。一方、熱帯や亜熱帯で、公衆衛生の充実していない地域では、雨季に百日咳、下痢、麻疹などの感染症の増加 (Trowbrige ら : 1979, Prentice ら : 1981, Abdullah ら : 1985, Hauspie ら : 1989, Jalil ら : 1989), また、季節的な食料不足 (Brown ら : 1982, Pollitt ら : 1989) が体重の季節変動を引き起こすことが

* 東京大学教育学部健康教育学研究室

* *Department of Health Education, Faculty of Education, University of Tokyo*

指摘されている。わが国においては、1940年代、50年代に、小学校児童を対象に検討され、秋に増加量が大きく、春に増加量が小さい傾向が報告されている（高橋：1948，小林ら：1955）。

季節変動は環境要因と身体との相互作用として生じるものであり、環境の異なる地域間で、季節変動のパターンや変動の大きさなどを比較検討することは、発育と環境要因との関係を知るための手がかりになる。しかしながら、1940年代、50年代に比べ、公衆衛生が充実し、生活環境が大きく変化した、現在の体重発育の季節変動は報告されておらず、地域性を検討した報告もない。加えて、従来は、季節ごとの増加量の平均値を指標として検討される場合がほとんどであり、季節変動の個人別パターンなどの個人の情報は得られなかった。

そこで、本研究では小学生児童の6年間の月次体重計測値を用いて、都市部と農山村部の異なる環境下で育成している学童について、体重発育における季節変動の比較を、1) 集団の季節変動パターンの比較、2) 個人別の変動パターンの検討、の両視点から行った。

身体発育値から季節変動を抽出するに当たり、発育スパートや測定誤差などの影響を少なくするため、移動平均法に基づく時系列解析を用いて、1年を周期とする季節変動成分を求めた。

II 方 法

本研究は、東京都A小学校の児童を都市部における対象、群馬県B小学校、栃木県C小学校の児童を寒冷地農山村部における対象とした。いずれも、小学校入学時から卒業までの6年間の体重の月次データが得られた者とした。得られた身体計測データは次の通りである。

東京都A小学校 1982年度から1984年度に入学した児童について、夏休みにあたる8月を除く毎月の体重測定値、4月、9月、1月の年3回の身長測定値が得られた。人数は男子64名、女子61名、計125名である。

群馬県B小学校 1983年度および1984年度に

入学した児童について、毎月の体重測定値、4月、8月、1月の年3回の身長測定値が得られた。人数は男子50名、女子57名、計107名である。

栃木県C小学校 1980年度および1981年度に入学した児童で、8月を除く毎月の体重測定値、4月、9月、1月の年3回の身長測定値が得られた。人数は男子11名、女子6名、計17名である。

東京都A小学校の所在地は、都心の通勤圏に含まれる住宅街であり、児童の育成環境としては、わが国の都市部の典型であると推測される。

群馬県のB小学校のある地区は、群馬県北西部の標高800mから1,200mの高原地帯であり、総面積の約7割が山林で占められる典型的な農山村である。気候は北海道の札幌あるいは旭川に近く、夏でも30度を越えることはまれで、冬には-10度以下になることも少なくない。村内西部はキャベツを中心に生産する大規模な農業地帯である。対象は、村内東部の商店街や住宅地がある、村内でも比較的都市化された地区に住む子どもでもある。

栃木県C小学校のある地区は、栃木県北部の標高約600mに位置する比較的寒冷な地域である。産業は、農業と酪農が中心であり、本研究の対象者の家庭もほとんどが兼業農家、もしくは酪農を営んでいる。気候については、冬季には-10度以下になる場合も多く、B小のある地域と類似している。交通の便は非常に悪く、都市的な環境が入りにくい地域である。

体重データについて、データの厳密性のため、連続した欠損値がないこと、また、夏休みによる欠損値以外に4つ以上の欠損値がないことを条件とした。これにより対象にバイアスが生じることはなかった。分析ではデータの欠損値は前後の月の平均値として内挿され、1人につき72カ月分、計249人のデータが得られた。

本研究では、体重の季節変動を求めるために、SAS/ETS (SAS Institute, 1984) に含まれる時系列解析、センサス局法 (Sensus method IIX11) をもちいた。分析は、東京大学大型計算機センターのHITAC M-880で行った。

センサス局法では、測定データである原時系

列；Oは、循環傾向成分（以下、トレンド成分とする）；Cと季節変動成分；Sと不規則成分；Iの3つの成分からなるものとされ、それらの積を仮定する乗法モデルと、各成分の和を仮定する加法モデルがある。発育における季節変動では、単なる季節変動の絶対値ではなく、現量値に対する季節変動の割合が重要な意味を持つため、ここでは乗法モデルを用いた。

$$O = C \times S \times I \text{ (乗法モデル)}$$

$$O = C + S + I \text{ (加法モデル)}$$

季節変動成分と不規則成分は、トレンド成分に対する比率で表され、実際の単位（ここではkg）で表された季節変動成分（S (kg)）、不規則成分（I (kg)）とは次の関係をもつ。

$$S = 100 (S \text{ (kg)} + C) / C$$

$$I = 100 (I \text{ (kg)} + C) / C$$

各成分について簡単に述べると次のようになる。

トレンド成分(C) 原時系列(O)を移動平均によって平滑化した成分である。

季節変動成分(S) SI比($S \times I$ であり、原時系列とトレンド成分の隔たりを表す)の中で1年間の周期をもつ成分である。SI比の月別移動平均によって求められる。

不規則成分(I) SI比の中で季節変動成分以外のすべての変動が含まれる。

季節性の検定は、分散分析を用いて、SI比における月の主効果の有意性を検定することによって行われる。センサス局法の計算過程は、東郷(1981)、Togoら(1982)に詳しい。図1に本研究の被検者2名a、bの体重発育値を乗法モデルで処理した例を示すが、トレンド成分に季節変動成分と同調した波動が多少見られるものの、季節変動の抽出は比較的良好であると考えられる。

本研究では、地域間の季節変動パターンの検討においては、地域別・性別の体重平均値に対し時

図1 センサス局法で処理した月次体重発育データの例—被検者aとbの2名についてのもの

系列解析を行い、季節変動成分を求め比較した。また、個人別データについても同様に時系列解析を行い、個人別の季節変動パターンを検討に用いた。

III 成 績

1. 児童の身体特性

各地域の子どもの身体特性を表1に示す。A小児童の身長、体重、ローレル指数は、男女とも平成元年度学校保健統計調査報告書による全国平均値とよく一致していた。B小児童では、身長、体重とも全国平均値に比較的近い値をとっていたが、ローレル指数は男女とも若干高く、弱い肥満傾向が見られた。C小では、男子で、全国平均に比

表1 各校児童の身体的特徴

		A小	B小	C小	全国平均
身長					
小1時	男子	117.3±5.0	116.2±5.2	112.8±4.5	116.7±4.86
	女子	116.0±4.7	115.5±5.0	117.3±4.9	116.0±4.79
小6時	男子	144.8±6.5	143.0±6.8	138.1±5.2	144.3±6.78
	女子	146.6±6.9	145.7±7.1	148.4±8.2	146.1±6.60
体重					
小1時	男子	21.4±3.1	21.8±4.2	19.6±2.4	21.5±3.34
	女子	21.5±3.2	21.5±3.6	21.2±3.4	21.0±3.22
小6時	男子	37.6±7.6	38.8±8.1	33.0±4.3	37.9±7.87
	女子	39.6±8.5	39.8±7.3	41.9±9.0	38.7±7.64
ローレル指数					
小1時	男子	132.3±11.9	139.0±15.9	136.1±5.0	135.3
	女子	136.9±12.5	139.5±14.9	130.2±9.6	134.5
小6時	男子	123.8±17.8	132.7±21.5	124.7±7.5	126.1
	女子	125.7±16.9	128.7±18.3	126.9±15.1	124.1

平均±S.D. (各学年4月時)

図2 東京都A小学校児童の体重季節変動成分

べ身長が4から6cmほど、体重では2から5kgほど小さく、小柄な傾向が見られたが、ローレル指数は全国平均とほぼ一致していた。一方、女子では、身長、体重とも若干大きな値がみられた。C小男女の傾向は、被検者数が少ないことによると考

えられる。

2. 体重季節変動のパターン、変動幅について
図2, 図3, 図4は時系列解析によって抽出されたA小, B小, C小児童の季節変動成分である。72カ月分の季節変動成分を月別に平均し、平均的

図3 群馬県B小学校児童の体重季節変動成分

図4 新潟県C小学校児童の体重季節変動成分

な1周期の季節変動を求めている。季節性の検定では、いずれの地域でも、男女とも高い有意性($p < 0.0001$)を示していた。変動のパターンについては、各地域に共通に、7月に最低値が現れていた。8月の値はB小のみで得られ、比較的高い値であったが、全体的に夏季には低い傾向が観察された。最高値を示す月は、A小男子で2月、女子で11月、B小男子で1月、女子で8月、C小男子

で4月、女子で1月と異なり、高い値が共通の季節に現れる傾向は見られなかった。しかし、A小女子とB小女子以外では、夏に低く、秋もしくは冬に高い値を示すパターンが観察された。

季節変動の最高値から最低値を引いて、季節変動幅を求めた結果は、A小男子では1.24%、女子では0.70%、B小男子で1.55%、女子で1.42%、C小男子で2.45%、女子で1.84%であり、変動幅は

図5 個人別季節変動成分で最高値、最低値が出現する月 (A 小学校児童)

図6 個人別季節変動成分で最高値、最低値が出現する月 (B 小学校児童)

図7 個人別季節変動成分で最高値、最低値が出現する月 (C小学校児童)

地域別にはC小, B小, A小の順で大きかった。また、いずれの地域でも、男子の方が女子よりも大きな変動幅を示していた。季節性の検定におけるF値に関しても、同様に性差がみられ、A小の男子で10.43, 女子で5.97, B小の男子で14.16, 女子で6.09, C小で男子で20.17, 女子で8.29と、女子に比べ、男子の方が明らかに高い傾向を示していた。

3. 個人別の季節変動パターンについて

個人別に季節変動成分を求め、季節性の検定をしたところ、有意な季節性 ($p < 0.05$) は、A小で80.0%, B小では87.9%, C小では94.1%の児童で認められた。個人別季節変動成分について、最高値、または最低値が現れる月を求め、その出現傾向を示したのが、図5、図6、図7である。A小, B小児童では最高値は年間を通して出現しており、特定の季節に特に出現率が高い傾向は認められなかった。一方、C小児童では4月に41.2%の子どもが最高値を示し、10~11月にも最高値を示すものが多く見られたが、5~9月では最高値を示すものが見られなかった。最低値に関しては、7月に出現する子どもの率がいずれの地域の児童で

も多い傾向が見られ、A小児童では22.4%, B小児童では39.3%, C小児童では70.6%の子どもで最低値が7月に現れていた。

IV 考 察

都市部と農山村部の児童を対象に、体重の季節変動の地域性について、集団の季節変動パターン、個人のパターンのばらつき等の点から検討した。

1. 分析方法について

Bogin (1979) は、グアテマラの学童における体重の季節変動を観察し、増加量の平均値では季節変動が見られたものの、個人別には季節変動は見られなかったと報告している。従来の季節変動の分析では増加量の平均値を求めて季節性を検討したものがほとんどである。各個人の体重の発育測定値には、発育スパート、季節変動等の周期的変動、測定誤差を含む不規則変動など、複雑な変動が含まれており (Togo ら: 1982)、増加量を指標とした場合、たとえ季節変動が存在したとしても、複雑な変動の中から季節変動のみを識別し、抽出することは困難であった。

本研究では、長期間の月次データについて、時

系列解析を用いて季節変動を抽出した。この方法では発育スパートなど比較的長期的な変動はトレンド成分に含まれ、周期性を持たない短期的変動は不規則成分に含まれるため、図1に示すように、発育スパートや測定誤差などの影響が除かれた季節変動が抽出できたと考えられる。個人別のデータについて、季節変動を求めた結果、多くの子どもでも有意な季節変動が認められた。これらを総合的に考えて、複雑な変動を含む時系列発育データを分析する場合、この方法は有効であるといえよう。

2. 地域別の季節変動パターンについて

各校児童の体重平均値の季節性については、季節性の検定で高い有意性を示したことから、各校の男女とも有意な季節変動が存在したといえることができる。地域別には男女の変動は類似したパターンを示していた(図2, 図3, 図4)。夏季には、A小, B小, C小のいずれにも低い値が出現しており、最低値はどのグループでも7月に現れていた。一方、最高値を示す月はグループ毎に異なっており、共通の月に出現する傾向は見られなかった。1940年代, 50年代に、高橋(1948), 小林ら(1955)は、5月から6月にかけて増加量が小さく、10月から11月にかけて増加量が最も大きい傾向を報告している。本研究で用いた方法で季節変動を求めた場合、7月に最低値が得られたということは、その前に増加量の小さい時期があったことを示すため、低い値を示す時期としては高橋らと一致しているものと解釈できよう。ここでは、A小とC小に関しては8月の測定値は補間値であるため、8月の季節変動値は得られていない。また、B小で8月の値が比較的高い値を示していたが、8月の体重計測は夏休み終了後に行われたため、測定の時期が通常の月より遅くなる傾向があった。分析では等間隔として処理したため、B小の8月の季節変動値は過大評価している可能性が大きい。このようなことを考慮した場合、高い季節変動値が現れる月には地域差, 性差があったが、低い値はいずれの地域でも夏季に現れることが示された。

また、各月の小さな変動については、偶然変動の可能性もあり、意味付けは困難であった。

3. 季節変動の変動幅について

季節変動の最高値と最低値の差である変動幅については、農山村部のB小, C小に比べ、都市部のA小の方が小さい傾向が見られた。特にC小では男子では2.45%, 女子では1.84%であったのに対し、A小男子では1.24%, 女子で0.70%と、変動幅は1/2ほどであった。このように変動幅の地域差が観察された原因は、ここでは明らかにされなかったが、成育環境の違いが影響している可能性は十分考えられる。たとえば、東京では気候的にはB小, C小のある高原に比べ、冬は比較的温暖であるが、夏は高温になる。しかし、多くの家庭で冷暖房が完備されていると考えられ、生活空間の温度環境は年間を通して比較的一定に保たれている可能性がある。また、都市部では放課後に学習塾やスポーツクラブなどに通う子どもが多く、農山村部の子どもとは異なった、都市特有の複雑な環境が存在すると思われる。このように生活パターンの違いが体重の季節変動のパターンや変動幅の違いに表れていることも考えられよう。

ところで男女間では、季節性の検定のF値がいずれの地域でも、男子の方が女子より明らかに高い傾向を示していた。各地域では男女とも同様な環境で生活していると考えられるが、女子よりも男子の方が、発育過程の変動が月の効果によって説明される率が大きいことが示唆された。体重季節変動に性差があるかどうかは、さらに多くの地域のデータを検討する必要がある。しかしながら、季節変動の変動幅も地域別には常に女子より男子の方が高い値を示していたこともあり、興味深い結果である。

4. 個人別季節変動のパターンについて

個人別の季節変動成分で、最高値と最低値が出現する月について検討した(図5, 図6, 図7)。最高値が出現する月は、C小では4月に特に多い傾向が見られたものの、A小, B小ではばらつきが見られ、変動のピークが出現する季節が一致する傾向は認められなかった。一方、最低値を示す

月は特に7月に集中し、特にB小、C小では、それぞれ39.3%、70.6%に及び、顕著であった。最高値や最低値の出現の傾向からみて、A小児童では、他の小学校児童に比べ、季節性が明確でない傾向がうかがえた。この結果は、地域別の季節変動の分析で観察された、A小では季節変動幅が小さい傾向がある、という結果とともに、A小児童の季節性がB小、C小に比べ、弱い傾向を示していると解釈できよう。

いずれの地域でも7月に最低の季節変動値を示すことが観察され、その傾向は、個人別の季節変動パターンにも明らかに示されていたが、その原因として大きく分けて、1) 基礎代謝の季節変動、2) 身体活動によるエネルギー消費の増加、3) エネルギー摂取の減少、の3点が挙げられよう(Forbes: 1986, Holliday: 1986)。

まず、基礎代謝の変動に関しては、Karvonenら(1952)、上田ら(1954)、Osiba(1957)、Fujimotoら(1965)が、夏には基礎代謝量が低く、冬には高い傾向を明らかにしている。これは、夏季には基礎代謝によるエネルギー消費が減少し、冬季には増加することを意味し、本研究で観察された体重の季節変動の傾向とは逆の傾向を示すものである。また、身体活動によるエネルギー消費の変化に関しては、夏では日照時間が長いことから、活動時間が増加する可能性が考えられる。しかしながら、児童は基本的に小学校の時間割で活動しており、7月に特に最低値をもたらす原因としては考えにくい。

一方、夏季の高温多湿の環境は、水分摂取の増加と食欲の低下をもたらす、夏バテの状態を引き起こすことがよくある。季節変動の最低値が夏季に観察された原因として、このような食欲の低下によるエネルギー摂取の減少が生じている可能性は高いと考えられる。また、発育期に外的環境から強いストレスを受け、発育遅滞がおきると、ストレスの解消後にそれを補償するように、追いつき発育が見られることが知られている(Tanner: 1986)。このようなことから、体重の発育では、夏期の減速に対する、その後の追いつき発育が繰り返

返されており、季節変動として現れていることが考えられた。

V 結 論

東京都在住の児童と、群馬県、栃木県の農山村部に在住の児童、計249人を対象に、体重発育における季節変動のパターン、変動幅等を比較し、季節変動の地域性を検討した。結果より、次のような知見が得られた。

1) 時系列解析の一つであるセンサス局法を用いて、6年間の体重発育データから季節変動成分を求めたところ、多くの子どもで有意な季節性が確認された。時系列発育データを分析するうえで、この方法は有効であると考えられた。

2) いずれの地域の児童も季節性は高度に有意であり、最低値は7月に共通に出現する傾向が見られた。一方、高い季節変動値を示す月は地域別・性別に異なる傾向が見られた。

3) 季節変動幅は、農山村部のB小、C小児童に比べ、東京都A小児童では小さい傾向を示し、これには、両地域の子どもの成育環境の違いが影響していると思われる。

4) 個人別の季節変動では、最高値を示す月はばらつきが大きく、一定の季節に出現する傾向は見られなかった。一方、最低値を示す月は夏季(特に7月)に集中する傾向が観察された。その傾向は、B小、C小で特に顕著であり、A小では季節性が弱い傾向が見られた。

5) 男女間では、分散分析による季節性の検定において、女子のF値に比べ、男子のF値の方が明らかに高い値を示しており、体重の季節変動に性差がある可能性がうかがえた。

謝辞: 本稿を終えるにあたり、終始ご指導とご助言を賜りました東京大学教育学部健康教育学研究室東郷正美教授に深くお礼を申し上げます。

文 献

- Abdullah, M. & Wheeler, E.F. (1985): Seasonal variations, and the intra-household distribution of food in a Bangladeshi Village, *Am. J. Clin. Nutr.* 41, 1305-1313

- Bogin, B. (1979): Monthly changes in the gain and loss of growth in weight of children living in Guatemala, *Am. J. Phys. Anthropol.*, 51, 287—292
- Brown, K.H., Black, R.E. & Becker, S. (1982): Seasonal changes in nutritional status and the prevalence of malnutrition in a longitudinal study of young children in rural Bangladesh, *Am. J. Clin. Nutr.*, 36, 303—313
- Forbes, G.B. (1986): Body composition in adolescence. In Falkner, F. & Tanner, J.M., ed., *Human Growth*, Volume 2, 119—146, W.Y., Plenum Press
- Fujimoto, S. & Watanabe, T. (1965): Seasonal variation of energy metabolism, *Acta Med. Nagasaki*, 10, 1—11
- Hauspie, R.C. & Pagezy, H. (1989): Longitudinal study of growth of African babies; An analysis of seasonal variations in the average growth rate and the effects of infectious diseases on individual and average growth patterns, *Acta Paediatr. Suppl.*, 350, 37—43
- Holliday, M.A. (1986): Body composition and energy needs during growth. In Falkner, F. & Tanner, J.M., ed., *Human Growth*, Volume 2, 101—117, N.Y., Plenum Press
- Jalil, F., Karlberg, J., Hanson, L.A. & Lindblad, B. S. (1989): Growth disturbance in urban area of Lahore, Pakistan, related to feeding patterns, infections and age, sex, socio-economic factors and seasons, *Acta Paediatr. Suppl.*, 350, 44—54
- Karvonen, M.J. & Niemi, M. (1952): The accuracy of basal metabolism determination in the clinical laboratory, *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 4, 112—114
- 小林 収, 尾崎久雄, 鷺尾滋夫, 林 功, 池田筆子 (1955): 学童の体重発育の季節的変動, *小児保健研究*, 14, 178—182
- Osiba, S. (1957): The seasonal variation of basal metabolism and activity of thyroid gland in man, *Jap. J. Physiol.*, 7, 355—365
- Pollitt, E. & Arthur, J. (1989): Seasonality and weight gain during the first year of life, *Am. J. Hum. Biol.*, 1, 747—756
- Prentice, A.M., Whitehead, R.G., Roberts, S.B. & Paul, A.A. (1981): Long-term energy balance in child-bearing Gambian women, *Am. J. Clin. Nutr.*, 34, 2790—2799
- SAS Institute (1984): *SAS/ETS User's Guide*, 147—176
- 高橋英次 (1948): 体重発育の季節的動揺, *民族衛生*, 15(1), 8—18
- Tanner, J.M. (1986): Growth as a target-seeking function: Catch-up and catch-down growth in man. In Falkner, F. & Tanner, J.M., ed., *Human Growth*, Volume 1, 167—179, N.Y., Plenum Press
- Togo, M. & Togo, T. (1982): Time-series analysis of stature and body weight in five siblings, *Ann. Hum. Biol.*, 9, 425—440
- 東郷正美 (1981): 発育研究の最新の展開—個人の発育と集団の発育, *医学のあゆみ*, 118, 395—402
- Trowbridge, F.L. & Newton, L.H. (1979): Seasonal changes in malnutrition and diarrheal disease among preschool children in El Salvador, *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 28, 135—141
- 上田豊晴, 大黒芳太郎, 千野和男, 江藤一明 (1954): 日本人の基礎新陳代謝の研究, 第15報. 基礎新陳代謝の季節変動について. その2, *医学と生物学*, 32(6), 282—284

(受稿 1992. 11. 11)