

博士（保健学）学位論文

身長・体重・BMIを用いた初経発来の予測に関する研究  
－学校における保健指導への活用をめざして－

A Study on the Prediction of the Onset of Menarche  
Using Height, Body Weight, and BMI:  
Aiming at Practical Use in Health Guidance in School

2018 年

指導教員 小林 正子 教授

1502102

渡邊 法子

WATANABE, Noriko

女子栄養大学

## 目次

はじめに .....	5
1 日本における初経年齢の推移 .....	5
2 海外の国の初経年齢 .....	6
3 思春期の性成熟と成長 .....	7
1)思春期の発来 .....	7
2)思春期の体組成とレプチン .....	7
3)成長を調節する要因 .....	8
4 初経の捉え方 .....	8
5 身体発育と初経の研究手法 .....	9
1)最大発育年齢を用いる方法 .....	10
2)スパート開始年齢を用いる方法 .....	11
6 身体発育と初経との関連 .....	12
1)身長と初経発来 .....	12
2)体重と初経発来 .....	13
7 学校での初経についての教育 .....	13
8 学校での身体計測 .....	14
9 初経予測の意義 .....	14
10本研究の目的 .....	15
第一章 平滑化スプライン関数を用いた思春期スパートと初経 との関連の検討 .....	16
I 目的 .....	16
II 対象 .....	16
III 方法 .....	17
1 身体計測値 .....	17

2	初経年齢	17
3	平滑化スプライン関数による基礎データの算出	17
4	BMIの算出	17
5	分析方法	18
6	統計解析	18
IV	平滑化スプライン関数によるスパート開始年齢等の求め方	19
1	スプライン関数とは	19
2	ソフトによるスパート開始年齢等の算出方法	20
V	結果	23
1	全体の結果	23
2	身長についての初経群別の結果	25
1)	身長スパート開始年齢とその時点の成長速度と身長	27
2)	身長最大発育年齢とその時点の成長速度と身長	27
3)	初経年齢とその時点の成長速度と身長	27
3	身長スパート開始年齢、身長最大発育年齢、初経発来の時差と身長変化量	28
1)	身長スパート開始と身長最大発育年齢の時差と身長変化量	30
2)	身長スパート開始年齢と初経発来の時差と身長変化量	30
3)	身長最大発育年齢と初経発来の時差と身長変化量	30
4	身長スパート開始年齢、身長最大発育年齢、初経発来の順序	30
4	体重についての初経群別の結果	31
1)	体重スパート開始年齢とその時点の成長速度と体重	33
2)	体重最大発育年齢とその時点の成長速度と体重	33

3)初経年齢とその時点の成長速度と体重.....	33
5 体重スパート開始年齢、体重最大発育年齢、初経発来の時 差と体重変化量 .....	34
1)体重スパート開始と体重最大発育年齢の時差と体重変化 量 .....	36
2)体重スパート開始年齢と初経発来の時差と体重変化量..	36
3)体重最大発育年齢と初経発来の時差と体重変化量 .....	36
4)体重スパート開始年齢、体重最大発育年齢、初経発来の時 順序 .....	36
6 初経年齢時の身長、体重、BMI.....	37
VI 考察 .....	41
1 身長 .....	41
2 体重 .....	44
3 BMI .....	46
VII 結論 .....	48
第二章 身長スパート開始年齢から初経年齢を求めるために適 した方法の検討.....	49
I 目的 .....	49
II 対象 .....	49
III 方法 .....	49
1 身体計測値 .....	49
2 初経年齢.....	49
3 身長スパート年齢の算出.....	50
1)平滑化スプライン関数によるデータの算出.....	50
2)松本の式の応用によるデータの算出 .....	50

3)目視法によるデータの把握 .....	50
4 分析方法 .....	50
5 統計解析 .....	51
IV 松本の式の応用によるデータの算出 .....	51
V 目視法によるデータの把握 .....	54
VI 結果 .....	58
1 スプライン関数、松本の式の応用、目視法による初経年齢 群別の身長スパート開始年齢 .....	58
2 初経年齢とスプライン関数、松本の式の応用、目視法によ る身長スパート開始年齢との相関 .....	58
3 スプライン関数、松本の式の応用、目視法による身長スパ ート開始年齢と初経年齢との時差 .....	60
4 目視法スパート開始年齢と初経年齢との関係および初経 との時差 .....	62
VII 考察 .....	68
総括 .....	74
研究の限界と今後の課題 .....	75
結語 .....	76
謝辞 .....	77
参考文献 .....	78

## はじめに

女子の身体発育の過程において初経は非常に大きな出来事であるとともに、発育段階を知る重要な目安となっている。そのため、初経年齢の調査のみでなく、身体発育との関連について多くの研究が行われてきた。

### 1 日本における初経年齢の推移

初経年齢の推移について、守山<sup>1)</sup>は 1880 年から 100 年間に行われた初経年齢の調査結果を補正したデータを解析したところ、1900～20 年に初経年齢は 14.0～15.0 歳であるがゆるやかに若年化がみられ、以降の数年間は逆に遅くなっており、1924～5 年付近から再び上昇し始めたと報告している。また、1930 年生まれ以降は、急激な初経年齢若年化を示しており、1930～1950 年生まれにかけてほぼ 2 年若くなっていることも報告している。

第二次世界大戦後にみられた初経発来年齢の若年化については、村上ら<sup>2)</sup>が、石川県の産婦人科受診者を対象に行った研究によると、身体発育の向上や摂取カロリーの増加などの栄養状態の改善と関連があると考察している。

一方で、菊池ら<sup>3)</sup>は 1971～1974 年生まれの全国各地の中・高校生を対象に初経に関する質問紙調査を行い、守山ら<sup>1)</sup>の報告と併せて検討したところ、1960 年生まれ以降の初経年齢の早期化は認められず、停止したものと考えられるとしている。また、日野林ら<sup>4)</sup>の全国規模の初経調査で、初経年齢は 1997 年調査から最新の 2011 年調査まで 12 歳 2 ヶ月付近で推移しており、ほぼ変化していないとしている。

現在、日本小児内分泌学会・日本成長学会合同標準値委員会では、日本人小児の体格の評価に関する基本的な考え方<sup>5)</sup>を提示し、日本人成人身長に関する発育促進現象は1990年前半に終了したと考えてよいとしており、身長伸びに関する成熟の発育促進現象も2000年にほぼ終了したと考えてよいとしている。

## 2 海外の国の初経年齢

初経年齢は、国や人種によっても違いがある(表1)。調査年が違うため、単純に比較はできないが、アジアでは初経は早い傾向にあり、ヨーロッパは比較的遅い傾向にあると認識されている。

表1 世界各国の平均(平均値または中央値)初経年齢<sup>6)</sup>

国や地域	調査年	初経年齢	国や地域	調査年	初経年齢
フィンランド	1993	13.3”	スペイン	2002	12.6”
スウェーデン	1996	13.2”	ギリシャ	1999	12.3”
デンマーク	1998	13.0”	香港	1997	12.4*
イギリス	1993	13.0*	日本	1992	12.6*
ドイツ	1996	13.5*	インド	1998	12.1”
オランダ	2000	13.2*	タイ	1997	12.5”
ベルギー	1985	13.1*	チリ	2000	12.5”
スイス	1983	13.4*	ベネズエラ	2000	12.6*
フランス	2001	12.6”	カメルーン	1999	13.2”
イタリア	1995	12.0*	南アフリカ	1990	13.2”

”平均値      \*中央値

### 3 思春期の性成熟と成長

#### 1) 思春期の発来

初経についての検討を行うためには、生理学的機序について基本的知識を整理しておく必要がある。

胎児期から新生児期まで、下垂体から性腺刺激ホルモン分泌は上昇しているが、やがて休止期に入る。思春期の開始時には、間脳視床下部から性腺刺激ホルモン分泌ホルモン（GnRH）が分泌され、下垂体前葉から黄体ホルモン（LH）と卵胞刺激ホルモン（FSH）の分泌が上昇、LHやFSHは性腺に働き、性ホルモン分泌を促進する。この思春期の始まりを規定する物質には、さまざまな候補が上がっているが、現在のところ、一つの遺伝子ではなく、複数の要因が働いていると考えられている<sup>7)</sup>。思春期発来の合図には、①成長が十分 ②他の個人との関係を成立させることができる ③生殖が可能な条件が整っている の主に3つがあるという。その中で、成長が十分である条件の中では、妊娠に備えて燃料が十分である（脂肪組織の蓄積が十分である）ことを示すレプチン、インスリン、血糖などが重要なサインだと考えられている。

#### 2) 思春期の体組成とレプチン

レプチンは、脂肪細胞から分泌されるホルモンである。Garcia-Mayorら<sup>8)</sup>は、5～15歳の非肥満女子を対象に、毎年レプチン濃度、エストロゲン、LH、FSHなどホルモン濃度を調べたところ、レプチン濃度が初めに上昇し始めたことを報告しており、レプチンが思春期開始の因子になっているかもしれないとしている。

他にもレプチン濃度は女性の性成熟や初経と関連があるとの報告<sup>9,10)</sup>

や肥満女兒では非肥満児に比べ血清レプチン値が高く、性発達が促進していたとの報告もある<sup>11)</sup>。

### 3) 成長を調節する要因

骨の成長は、成長ホルモン(GH)－IGF-1系によって制御されている。下垂体から放出されたGHは、直接的に軟骨細胞や成長板前駆細胞の増殖を促進する<sup>12)</sup>。

思春期発来以降の性ホルモンの上昇は、思春期スパートに作用する。性ホルモンはGH-IGF-1系の分泌を増加させることによって身長促進作用をもたらす。また、エストロゲンは、直接骨端軟骨に働き成長を促進、テストステロンは、エストロゲンに変換され作用したり、直接骨端軟骨に働き、骨伸長作用したりすると考えられている。その後、性ホルモンは骨端線の閉鎖を引き起こす。甲状腺ホルモンは骨端軟骨に直接作用することに加えて、成長ホルモン分泌にも影響を与える。

また、ホルモン以外の要因も成長と関連がある。野田<sup>13)</sup>は、食生活と初経年齢との関連について、初経年齢と食品の摂取頻度は、早発群ほど、豆腐・豆製品、卵、淡色野菜を積極的に摂取しており、栄養バランスのよい食事をしていたと報告している。また、運動も初経年齢に影響し、中距離走・競歩、跳躍の全国大会レベルの選手では、初経年齢が2年遅延するとの報告もある。これは、種目の特性上、低体重・低体脂肪体型の維持が求められるため、体重増加不良から初経発来遅延につながるという報告もある<sup>14)</sup>。

## 4 初経の捉え方

篠崎ら<sup>15)</sup>が女子大学生に「初経時、どのように感じましたか」と尋ね

たところ、49.7%が「びっくりした」と回答しており、「不安になった」「恐ろしかった」など、強い不安を覚えた者が全体の64.1%であったと報告している。また、長<sup>16)</sup>も初経経験について、50.5%が「びっくりした」という印象を持っていたと報告している。緒方ら<sup>15)</sup>の、別の女子大学生への調査では、初経の受け止め方について、「成長した・嬉しい（肯定的感情）」と回答した者は38.5%、「面倒・不快（否定的感情）」は43.2%であり、否定的感情であった者のうち、心の準備がなかった者は64.4%であったと報告しており、初経は、思春期の女子には不安を与え、否定的な感情を持つ者もいる。満田ら<sup>18)</sup>は、短大生の調査から、初経が中学生になってから発来する者は初経についての知識を得てからしばらく時間が経っているため、心の準備ができていることもあり、身体の変化を肯定的に捉えられると報告しているが、逆に、初経が特別早い場合や遅い場合は精神的な負担が大きいことも指摘している。長<sup>16)</sup>も小学生の時に初経を経験した者は、中学・高校になって経験した者に比べて、否定的な印象を抱く者が多くみられることを報告しており、友人や家族の初経経験と比べ、早いことから「恥ずかしかった」「悲しくなった」という感想につながっていると報告している。また初経時から初経や月経を肯定的に捉えている者は、その後も月経について肯定的に捉えられるという報告もあり<sup>16,17,19)</sup>、初経について正しい知識を持つことや、発育状態に応じて発来時期が異なることなどを知ることは、本人や保護者にとって重要であると考えられる。

## 5 身体発育と初経の研究方法

身体発育と初経との関連を見た研究では、両者は密接に関連していることが報告されており、研究方法としては、発育の現量値(身長、体重な

どのそのままの値)と初経との関連を見たもの<sup>1,20-25)</sup>や、発育の増加量(身長や体重の年間増加量など)と初経との関連を見たもの<sup>3,26-30)</sup>がある。

また、身長だけではなく、体重や身体組成、体脂肪量との関連<sup>21,25,31)</sup>や、BMIと体脂肪量との関連<sup>32,33)</sup>、BMIと初経との関連についても研究がなされている<sup>34-36)</sup>。

## 1) 最大発育年齢を用いる方法

発育の増加量を見る方法として多く用いられているのが、最大発育年齢である。これは、年間増加量が一番大きい時を求めるものである。最大発育年齢を求める方法としては次のような方法がある。

### ① 比例配分法

年間増加量が最大の年を探し、前後の年間増加量を比例配分する次式に代入し求める方法である<sup>37-39)</sup>。

$$\text{最大発育年齢} = A_{\max} + \frac{L_{\max} - L_{-1}}{(L_{\max} - L_{-1}) + (L_{\max} - L_{+1})}$$

$L_{\max}$  : 身長の年間増加量の最大値

$L_{-1}$  :  $L_{\max}$  より 1 年前の年間増加量

$L_{+1}$  :  $L_{\max}$  より 1 年後の年間増加量

$A_{\max}$  :  $L_{\max}$  を示す年齢区間の中央値

### ② 目視法

成長曲線から目測により求める方法である。しかしこの方法は、計測間隔が長かったり、計測点が少なかったりすると、最大発育年齢を求めることが難しくなる。

## 2) スパート開始年齢を用いる方法

スパート開始年齢を求める方法として、①スプライン関数と②目視法を用いる方法がある。

### ① スプライン関数を用いる方法

これは、計測点からスプライン関数を使い成長速度曲線を求め、値を算出する方法である。スプライン関数には種類があり、補間(すべての点を通る関数を求める方法)と、平滑化(すべての点を通らなくても当てはまりのよい関数を求める方法)がある。いずれも関数から求めるため、客観的なデータを得ることができる(詳しくは第一章IVの1参照)。

### ② 目視法

最大発育年齢と同様に、目視法がある。成長曲線から目測により、成長率が一番低い点を求める。図1の例では、括弧で示したあたりがスパート開始だと思われる。

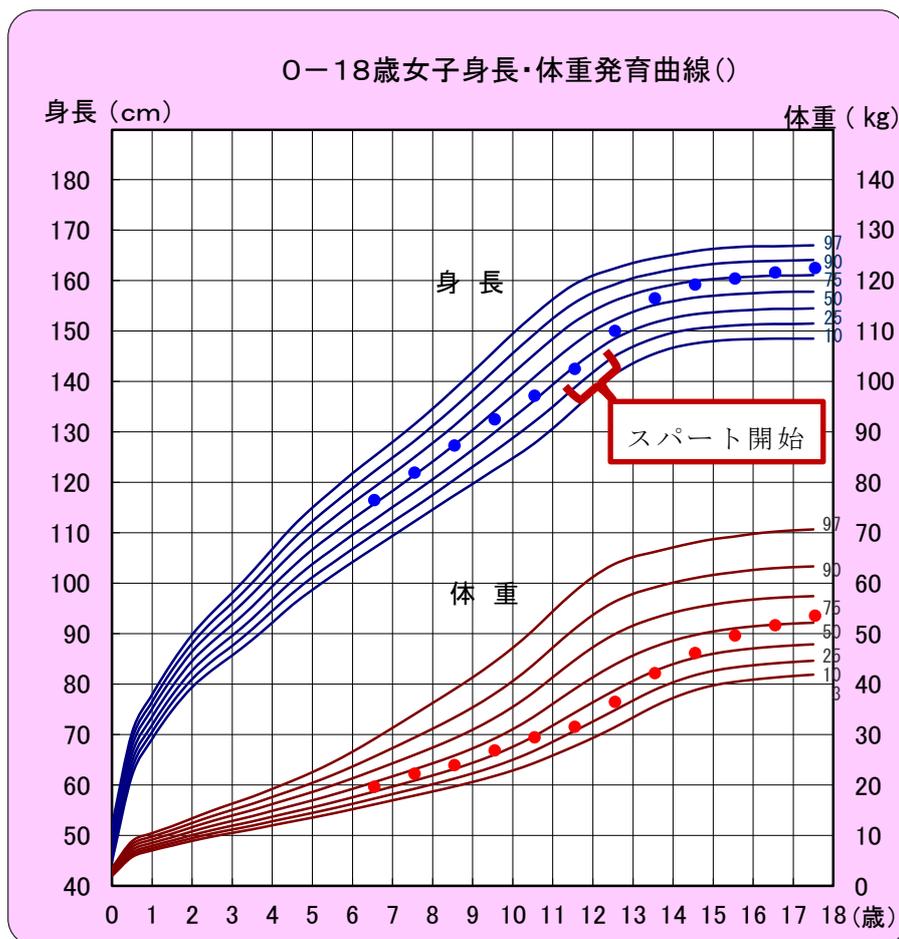


図 1 目視法によるスパート開始時点

## 6 身体発育と初経との関連

### 1) 身長と初経発来

身長発育と初経発来の順序として、白石ら<sup>40)</sup>は、身長発育の最大発育がみられた後に初経が発来するとしており、湯浅<sup>41)</sup>は、身長発育速度のピークの下降期に約80%が初経発来していたとしている。これらは表現が異なるが、同じ現象を述べているものと考えられる。

最大発育年齢から初経までの具体的な時差については、最大発育年齢を比例配分法により算出した研究<sup>42)</sup>によると  $1.58 \pm 0.99$  年と報告され、

初経年齢別に 4 群に群分けした研究<sup>43)</sup>では、早発群から 1 群が  $1.2 \pm 0.7$  年、2 群が  $1.3 \pm 0.6$  年、3 群が  $1.6 \pm 0.7$  年、4 群が  $2.1 \pm 1.4$  年であった。スプライン関数によって算出した田原らの研究<sup>44)</sup>では、全体の平均で 0.8 年であった。

また、田原ら<sup>44)</sup>は、スプライン関数によって算出した take off age(身長スパート開始年齢)から初経までの期間も求めており、全体の平均で 3.2 年であった。身長スパート開始年齢から初経までの期間を求めた研究は田原ら<sup>44)</sup>の研究のみであった。しかし、これは平均しかみておらず、個人差の大きい身長スパート開始年齢と初経年齢との関連を検討していない。

## 2) 体重と初経発来

体重の発育と初経発来の順序については、目崎ら<sup>45)</sup>が初経年齢ごとに平均体重を求め、一定以上の体重、平均 43kg 少なくとも 36kg が必要だと報告している。また、菊地ら<sup>3)</sup>は、初経発来学年別に平均体重を比較したところ、42~43kg で一定であったことから、ある一定の体重に達していることが初経発来の因子の一つと考えられると報告している。しかし、森岡ら<sup>46)</sup>は、身長最大発育年齢で 3 群に分けて検討したところ、身長発育が晩熟になるほど、体重が軽くなる傾向を示していると報告している。また、単に体重だけではなく、体脂肪率や BMI との関連も検討されているが、報告された数値にはばらつきがみられる<sup>21,25,47)</sup>。

## 7 学校での初経についての教育

学校での初経の学習は、小学校体育科保健領域で第 4 学年「育ちゆく体とわたし」で扱うこととされている。また、特別活動のうち、「学級活

動(2)カ 心身ともに健康で安全な生活態度の形成」でも、発達の段階を踏まえて取り扱うことができる。梅村ら<sup>48)</sup>の、中学2,3年生を対象に月経教育状況についての調査(複数回答あり)では、月経教育を受けた時期は「初経前」「初経を迎えた時」が最も多く、「初経前」に教育を受けた者のうち「小学校の担任教諭・養護教諭」から受けた者が95.4%と最も多く、次に多かったのは「母親」で37.4%であった。初経前における学校の教育は重要な役割を担っているといえる。

## 8 学校での身体計測

学校教育法第1条に規定されている学校では、学校保健安全法に基づき、健康診断が行われ、同法施行規則に基づき、項目に身長及び体重が含まれている。そのため、小学校や中学校では、必ず毎年4~6月に身長と体重の計測が行われている。埼玉県内の小学校では、年3回(4、9、1月)、中学校では年1回(4月)もしくは年3回(4、9、1月)測定している学校が多い<sup>49)</sup>。

また、「児童生徒等の健康診断マニュアル 平成27年度改訂」では、「児童生徒等の発育を評価する上で、成長曲線等を積極的に活用していくことが重要である。」と、成長曲線を活用することが推奨され、成長曲線を描くことのできる「子供の健康管理プログラム」が付属で配布された。

## 9 初経予測の意義

初経は身体の成熟の指標となり、生理学的、内分泌学的な機序によって発来するものである。初経年齢は、幅があり、個人差が大きい。その初経を学校現場で使用することのできる身長や体重、体格指数などから

予測することができれば、保健指導に大いに役立てることができる。

## 10 本研究の目的

以上より、本研究では、身長スパート開始年齢、体重スパート開始年齢に着目し、これらと初経との関連、体脂肪と相関の高い **BMI** と初経との関連を明らかにし、その結果から、学校における保健指導への活用をめざし、実際に初経発来を予測する簡便な方法を検討することを目的とした。

# 第一章 平滑化スプライン関数を用いた思春期スパートと初経との関連の検討

## I 目的

本研究では、初経の予測から保健指導に結び付ける基礎資料とするため身長スパート開始年齢、体重スパート開始年齢に着目し、平滑化スプライン関数を用い、身長スパート開始年齢や体重スパート開始年齢と初経との関連、体脂肪と相関の高い BMI と初経との関連について検討することとした。

## II 対象

東京都内私立中高一貫校の、2012～2014 年度に高校 3 年生になった女子(1994～1997 年生まれ)590 名のうち、①小学 1 年から高校 3 年までの身体計測値が 12 回分そろっており、計測ミスなど不自然な値のない者②高校 1～3 年の健康診断時の初経調査で回答した 3 回の初経年月の差が 2 か月以内の者、もしくは、3 回の回答で、月がすべて同じで、年が 3 回中 2 回同じ者として①②の両方を満たす者を解析対象とした。これより、分析対象は、320 名となった。

なお、渡邊が日本成長学会雑誌に発表した論文<sup>50)</sup>では、対象人数が 302 名となっているが、これは「身長スパート開始年齢」→「身長最大発育年齢」→「初経」の順になっていなかった 18 名を除いた解析であり、本論文では、スパート開始年齢や最大発育年齢、初経年齢の順に違いのある個人差を含め検討するため、この 18 名を含め 320 名とした。

### III 方法

#### 1 身体計測値

身長、体重の計測値は、学校保健安全法に基づいて行われた健康診断の結果を、健康診断票から転記した。計測年は健康診断票に記載しており、計測月は毎年4月であるが、計測日までは分からないため、一律に15日とした。

#### 2 初経年齢

初経調査の回答した初経年月と生年月から算出した。初経年月は、①3回の初経年月の差が2か月以内の者は3回の平均、②月が3回同じで年が3回中2回同じものは、2回同じ年の方とした。

#### 3 平滑化スプライン関数による基礎データの算出

村田の開発した「平滑化スプラインを用いたデータ解析ソフト」<sup>51,52)</sup>を使用し、各個人の性別、生年月日、計測年月日、身長、体重を入力し、個人の成長速度曲線と極値を求めた。そこから、身長、体重それぞれのスパート開始年齢と最大発育年齢を求め、スパート開始年齢時、最大発育年齢時、初経年齢時の成長速度と身長や体重を求めた。

#### 4 BMIの算出

BMI(Body Mass Index)は以下の式を用い求めた。

$$\text{BMI} = \frac{\text{体重 (kg)}}{\text{身長 (m)}^2}$$

## 5 分析方法

3つの学年を対象としているが、全ての分析項目で年度差はなかったことから、1つにまとめて分析を行った。

初経年齢による比較を行うため、3群に分類し、検討することとした。対象者を初経年齢順に並べ、人数が同程度になるように、初経年齢の低い者から約3分の1を早発群(108名)、中間の約3分の1を中間群(104名)、残りの約3分の1を遅発群(108名)の3群に分類し、中央値と四分位範囲(第一四分位 - 第三四分位)を求めた。

## 6 統計解析

3群間の検定には Kruskal-Wallis 検定、多重比較は Bonferroni 法を使用した。解析は、IBM SPSS Statistics 24 (IBM 社)を使用し、有意水準は 5%未満とした。

本研究室は、栄養生理学研究室、給食・栄養管理研究室と共同で 2009 年より、都内にある私立中高一貫校において、毎年 4 月の健康診断時に、身長、体重、座高等の計測と、同時に日常生活に関するアンケートを継続して実施し、小学生時の健康診断票から身長、体重データも得ている。

なお、この調査は女子栄養大学研究倫理審査委員会の承認を得て実施した。

## IV 平滑化スプライン関数によるスパート開始年齢等の求め方

### 1 スプライン関数とは

身長の実測値を図に表すと図 2 のようになる。

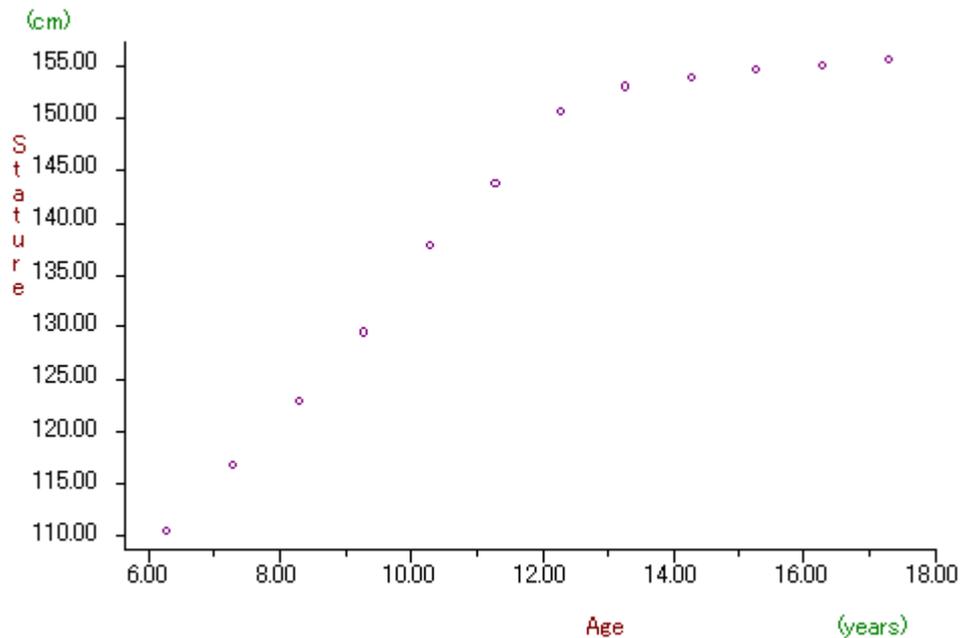


図 2 身長の実測値の散布図

このような多くの点を通る式を、1 つの関数で表すには限界がある。そこでスプライン関数は、関数の一番当てはまりがよくなるように小区間に分け、それぞれを違う関数で表し、つなぎ合わせている。一般的には当てはまりがよいため、3 次関数が利用されている。また、節点(つながる点)では、2 つの関数が滑らかにつながるようにしている。スプライン関数には、全ての点を通る関数を求める補間と、全ての点を通らなくてもよく、当てはまりのよい関数を求める平滑化の二種類がある。

本研究では、身長や体重は測定誤差を含むものであるため、必ずしも

測定点を通るとは限らないが、当てはまりのよい関数を求める平滑化スプライン関数を使うこととした。

## 2 ソフトによるスパート開始年齢等の算出方法

今回使用した「平滑化スプラインを用いたデータ解析」ソフト<sup>51,52)</sup>によるスパート開始年齢等の求め方を、身長を例に説明する。

① 実測値を3次スプライン関数で平滑化し、図3のように現量値曲線を描く。

この時、実測値が12個あるため、節点数は12まで可能である。節点数が1から順に、最小二乗法を使いAIC(赤池の情報基準量)を求め、最小になる節点数を求め平滑化する。

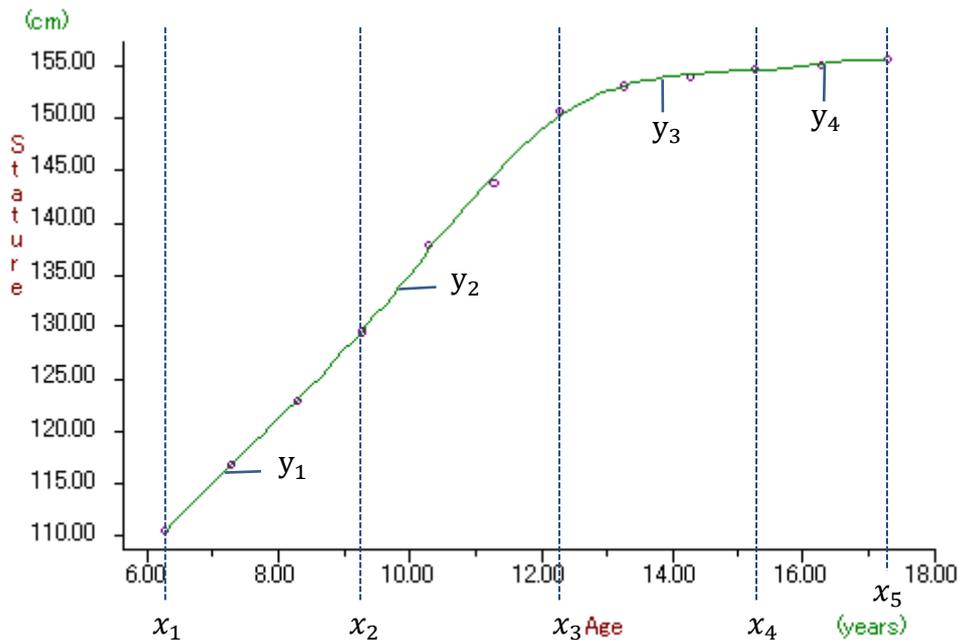


図3 身長現量値曲線の一例

図3では節点数5で、4つの関数からできている。 $y_1$ は区間 $(x_1, x_2)$ で、 $y_1 = \frac{a_1}{6}(x - x_1)^3 + \frac{b_1}{2}(x - x_1)^2 + c_1(x - x_1) + d_1$ と表すことができ( $a_1, b_1, c_1, d_1$ は定数)、 $y_2$ 以降も同様に表すことができ、いくつの関数

で表すかは、個々の例によって異なる。

- ② 現量値曲線から、0.1年ごとに身長を求め、差分法を用い成長速度を求める。
- ③ 成長速度を縦軸にとり、値をプロットする。
- ④ 成長速度の値を3次スプラインで平滑化する。この時も現量値曲線と同様にAICから節点数を決め、速度曲線を描く。
- ⑤ 成長速度曲線から、差分法を用い、図4のように成長速度が0に一番近い点を極値とし、値を求める。

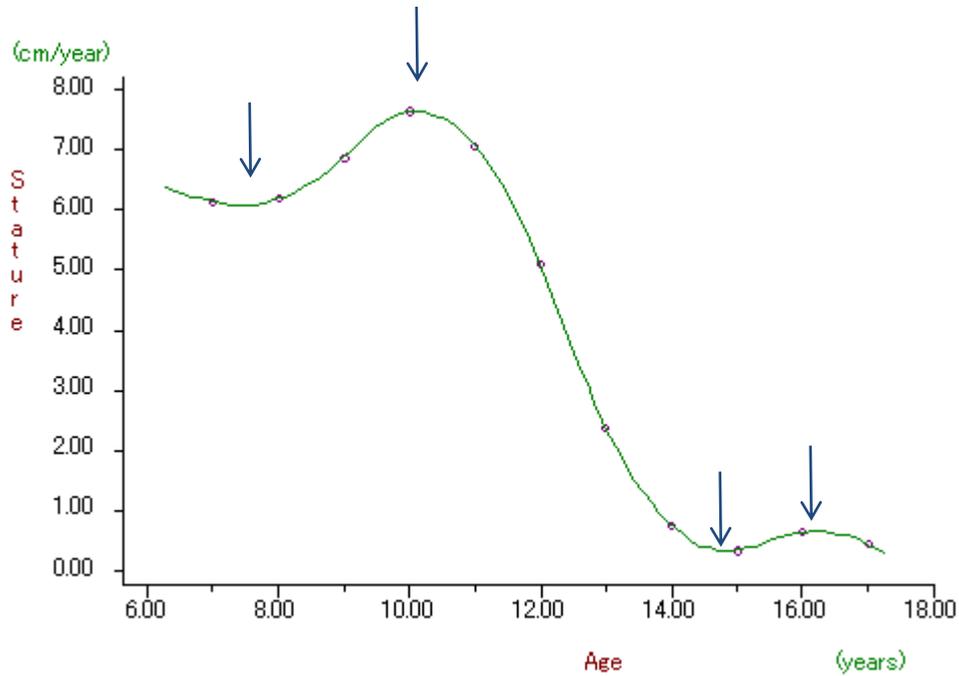


図4 成長速度曲線の極値

(矢印は関数の極値を示している。)

- ⑥ 極値の中で成長速度が一番大きくなった点を下図のように最大発育年齢、その前の谷の部分のスパート開始年齢とし、値を求める。

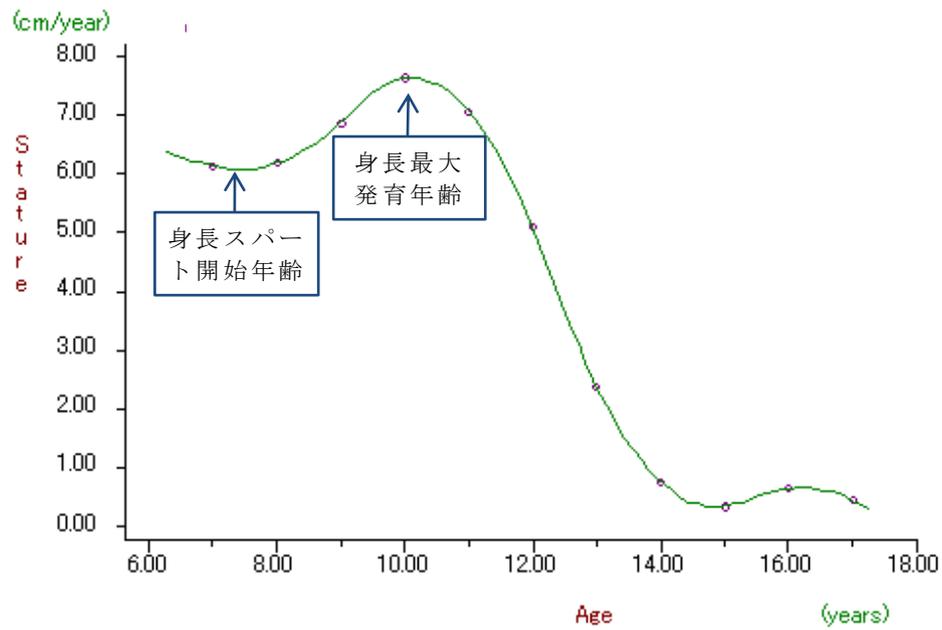


図 5 身長スパート開始年齢、身長最大発育年齢の位置

## V 結果

### 1 全体の結果

身長と体重それぞれのスパーク開始年齢、最大発育年齢、初経年齢とその時点での成長速度、身長、体重については、表 2 に示す。

表 2 全体の身長、体重それぞれのスパート開始年齢、最大発育年齢、初経年齢とその時点での成長速度、身長、体重

	身長		体重		
	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)	
スパート開始			スパート開始		
年齢(歳)	263	8.3 (7.9-8.7)	年齢(歳)	241	8.3 (7.8-9.2)
成長速度 (cm/年)	263	5.1 (4.6-5.5)	成長速度 (kg/年)	241	1.9 (1.5-2.5)
身長(cm)	263	125.9 (121.8-129.6)	体重(kg)	241	25.0 (22.1-27.7)
最大発育			最大発育		
年齢(歳)	320	10.6 (10.2-11.3)	年齢(歳)	316	11.6 (10.7-12.4)
成長速度 (cm/年)	320	7.7 (7.1-8.4)	成長速度 (kg/年)	316	5.8 (5.0-6.8)
身長(cm)	320	141.3 (137.8-144.4)	体重(kg)	316	36.9 (34.3-41.2)
初経			初経		
年齢(歳)	320	12.0 (11.3-13.0)	年齢(歳)	320	12.0 (11.3-13.0)
成長速度 (cm/年)	320	5.6 (4.2-6.7)	成長速度 (kg/年)	320	5.0 (4.0-6.1)
身長(cm)	320	150.7 (146.4-154.5)	体重(kg)	320	40.7 (36.6-44.0)

対象者全体の初経年齢は 12.0(11.3-13.0)歳であった。高校 3 年生時の身長は 158.6(155.1-161.5)cm (平均値±標準偏差は 158.4±4.9)、体重は 51.6(47.7-56.0) (平均値±標準偏差は 52.0±6.6)で、平成 25 年度学校保健統計調査報告書における東京都の 17 歳女子の身長 158.6±5.67cm、体重 52.3±7.48 kg と有意差はなかった。

身長スパート開始年齢は 8.3(7.9-8.7)歳、その時点での成長速度は 5.1(4.6-5.5)cm/年、身長は 125.9(121.8-129.6)cm であった。身長最大発育年齢は 10.6(10.2-11.3)歳、その時点での成長速度は 7.7(7.1-8.4)cm/年、身

長は 141.3(137.8-144.4)cm であった。初経年齢時点での身長成長速度は 5.6(4.2-6.7)cm/年、身長は 150.7(146.4-154.5)cm であった。

体重スパート開始年齢は 8.3(7.8-9.2)年、その時点での成長速度は 1.9(1.5-2.5)cm/年、体重は 25.0(22.1-27.7)kg であった。体重最大発育年齢は 11.6(10.7-12.4)歳、その時点での成長速度は 5.8(5.0-6.8)kg/年、体重は 36.9(34.3-41.2)kg であった。初経年齢時点での体重成長速度は 5.0(4.0-6.1)kg/年、体重は 40.7(36.6-44.0)kg であった。

## 2 身長についての初経群別の結果

早発群、中間群、遅発群に分けた身長の初経群別の結果について、表 5 に示す。

表 3 初経群別の身長スパート開始年齢、身長最大発育年齢、初経年齢とその時点での成長速度と身長

	A早発群		B中間群		C遅発群		p値	多重比較
	n	中央値 (四分位範囲)	n	中央値 (四分位範囲)	n	中央値 (四分位範囲)		
スパート開始								
年齢(歳)	68	8.0 (7.5-8.2)	96	8.2 (7.9-8.4)	99	8.7 (8.4-9.9)	<0.001	A<B<C
成長速度(cm/年)	68	5.4 (4.8-5.9)	96	5.0 (4.6-5.5)	99	4.9 (4.3-5.3)	<0.001	A>C
身長(cm)	68	124.2 (120.0-127.9)	96	124.9 (121.7-128.6)	99	128.0 (123.0-132.2)	<0.001	A,B<C
最大発育								
年齢(歳)	108	10.1 (9.6-10.5)	104	10.6 (10.3-10.9)	108	11.5 (10.7-12.1)	<0.001	A<B<C
成長速度(cm/年)	108	8.4 (7.7-9.0)	104	7.8 (7.2-8.3)	108	7.1 (6.6-7.8)	<0.001	A>C
身長(cm)	108	140.0 (136.8-142.8)	104	140.5 (137.0-144.1)	108	142.7 (139.9-146.2)	<0.001	A,B<C
初経								
年齢(歳)	108	11.0 (10.6-11.3)	104	12.0 (11.8-12.3)	108	13.4 (13.0-13.9)	<0.001	A<B<C
成長速度(cm/年)	108	7.1 (6.2-8.0)	104	5.6 (4.7-6.3)	108	3.9 (2.3-4.9)	<0.001	A>B>C
身長(cm)	108	146.6 (142.5-151.2)	104	150.6 (147.3-154.1)	108	154.1 (150.5-157.7)	<0.001	A<B<C

### 1) 身長スパーク開始年齢とその時点の成長速度と身長

身長スパーク開始年齢は、早発群が 8.0(7.5-8.2)歳、中間群が 8.2(7.9-8.4)歳、遅発群は 8.7(8.4-9.9)歳で、早発群から順に高くなっていた ( $p<0.001$ )。その時の成長速度は、早発群が 5.4(4.8-5.9)cm/年、中間群が 5.0(4.6-5.5)cm/年、遅発群が 4.9(4.3-5.3)cm/年で、遅発群より早発群の方が大きかった ( $p<0.001$ )。その時の身長は、早発群が 124.2(120.0-127.9)cm、中間群が 124.9(121.7-128.6)cm、遅発群が 128.0(123.0-132.2)cm で、早発群や中間群よりも遅発群が大きかった ( $p<0.001$ )。

### 2) 身長最大発育年齢とその時点の成長速度と身長

身長最大発育年齢は、早発群が 10.1(9.6-10.5)歳、中間群が 10.6(10.3-10.9)歳、遅発群が 11.5(10.7-12.1)歳で、早発群から順に高くなっていた。その時の成長速度は、早発群が 8.4(7.7-9.0)cm/年、中間群が 7.8(7.2-8.3)cm/年、遅発群が 7.1(6.6-7.8)cm/年で、遅発群より早発群の方が大きかった ( $p<0.001$ )。その時の身長は、早発群が 140.0(136.8-142.8)cm、中間群が 140.5(137.0-144.1)cm、遅発群が 142.7(139.9-146.2)cm で、早発群や中間群よりも遅発群が大きかった ( $p<0.001$ )。

### 3) 初経年齢とその時点の成長速度と身長

初経年齢は、早発群が 11.0(10.6-11.3)歳、中間群が 12.0(11.8-12.3)歳、遅発群が 13.4(13.0-13.9)歳、その時の成長速度は、早発群が 7.1(6.2-8.0)cm/年、中間群が 5.6(4.7-6.3)cm/年、遅発群が 3.9(2.3-4.9)cm/年で、早発群の成長速度が大きかった ( $p<0.001$ )。その時の身長は、早発群が

146.6(142.5-151.2)cm、中間群が 150.6(147.3-154.1)cm、遅発群が 154.1(150.5-157.7)cm で、早発群から順に大きくなっていった( $p<0.001$ )。

### 3 身長スパート開始年齢、身長最大発育年齢、初経発来の時差と身長変化量

これらの結果については表 4 に示す。

表 4 身長スパート開始年齢、身長最大発育年齢、初経発来の時差と身長変化量

	A 早発群		B 中間群		C 遅発群		p 値	多重比較
	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)		
身長スパート開始年齢と身長最大発育年齢								
時差 (年)	68	2.4 (2.3-2.7)	96	2.4 (2.3-2.7)	99	2.5 (2.2-2.8)	0.943	
身長変化量 (cm)	68	16.5 (14.4-19.3)	96	15.9 (14.2-16.8)	99	15.0 (12.6-17.1)	0.003	A>C
身長スパート開始年齢と初経発来								
時差 (年)	68	3.1 (2.8-3.5)	96	3.8 (3.5-4.2)	99	4.5 (3.9-5.1)	<0.001	A<B<C
身長変化量 (cm)	68	21.6 (17.8-25.1)	96	25.7 (23.5-27.9)	99	26.2 (22.2-29.6)	<0.001	A<B,C
身長最大発育年齢と初経発来								
時差 (年)	108	0.8 (0.5-1.2)	104	1.4 (1.1-1.7)	108	2.0 (1.3-2.5)	<0.001	A<B<C
身長変化量 (cm)	108	7.0 (4.0-9.7)	104	9.8 (8.1-11.0)	108	11.1 (8.4-13.6)	<0.001	A<B<C

#### 1) 身長スパート開始と身長最大発育年齢の時差と身長変化量

身長スパート開始年齢と身長最大発育年齢との時差は、早発群が 2.4(2.3-2.7)年、中間群が 2.4(2.3-2.7)年、遅発群が 2.5(2.2-2.8)年で、3 群間で差はなかった( $p=0.943$ )。身長変化量は、早発群が 16.5(14.4-19.3)cm、中間群が 15.9(14.2-16.8)cm、遅発群が 15.0(12.6-17.1)cm で、早発群が遅発群よりも身長変化量は大きかった( $p<0.001$ )。

#### 2) 身長スパート開始年齢と初経発来の時差と身長変化量

身長スパート開始年齢と初経発来の時差は、早発群が 3.1(2.8-3.5)年、中間群が 3.8(3.5-4.2)年、遅発群が 4.5(3.9-5.1)年で、早発群から順に変化量は大きくなっていった( $p<0.001$ )。また、身長変化量は、早発群が 21.6(17.8-25.1)cm、中間群が 25.7(23.5-27.9)cm、遅発群が 26.2(22.2-29.6)cm で、早発群よりも中間群や遅発群の身長変化量が大きかった( $p<0.001$ )。

#### 3) 身長最大発育年齢と初経発来の時差と身長変化量

身長最大発育年齢と初経発来の時差は、早発群が 0.8(0.5-1.2)年、中間群が 1.4(1.1-1.7)年。遅発群が 2.0(1.3-2.5)年と早発群から順に変化量は大きくなっていった( $p<0.001$ )。また、身長変化量は、早発群が 7.0(4.0-9.7)cm、中間群が 9.8(8.1-11.0)cm、遅発群が 11.1(8.4-13.6)cm と、こちらも時差と同様に早発群から順に身長変化量は大きくなっていった( $p<0.001$ )。

#### 4) 身長スパート開始年齢、身長最大発育年齢、初経発来の順序

身長スパート開始年齢が算出できた 263 名のうち、「身長スパート開始年齢」→「身長最大発育年齢」→「初経発来」の順になっていた者は

246名(93.5%)、「身長スパーク開始年齢」→「初経発来」→「身長最大発育年齢」の順になっていた者は17名(6.5%)であった。また、身長スパーク開始年齢を算出できなかった57名を含め、身長最大発育年齢が算出できた320名では「身長最大発育年齢」→「初経発来」の順になっていた者は302名(94.4%)、「初経発来」→「身長最大発育年齢」の順になっていた者は18名(5.6%)であった。

#### 4 体重についての初経群別の結果

早発群、中間群、遅発群に分けた体重についての初経群別の結果について、表5に示す。

表 5 初経群別の体重スパート開始年齢、体重最大発育年齢、初経年齢とその時点での成長速度と体重

	A 早発群		B 中間群		C 遅発群		p 値	多重比較
	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)		
スパート開始								
年齢(歳)	66	7.9 (7.6-8.4)	80	8.3 (7.8-8.6)	95	8.8 (8.2-9.9)	<0.001	A,B<C
成長速度(kg/年)	66	2.1 (1.7-2.7)	80	2.0 (1.5-2.6)	95	1.7 (1.4-2.2)	<0.001	A,B>C
体重(kg)	66	24.8 (21.9-28.1)	80	24.4 (21.9-27.4)	95	25.6 (23.1-27.9)	0.494	
最大発育								
年齢(歳)	108	10.8 (10.1-11.6)	101	11.6 (10.9-12.1)	107	12.5 (11.7-12.9)	<0.001	A<B<C
成長速度(kg/年)	108	6.5 (5.5-7.4)	101	5.8 (5.1-6.6)	107	5.2 (4.7-6.2)	<0.001	A>B>C
体重(kg)	108	37.2 (34.8-41.3)	101	36.8 (33.8-41.5)	107	36.8 (33.9-40.3)	0.482	
初経								
年齢(歳)	108	11.0 (10.6-11.3)	104	12.0 (11.8-12.3)	108	13.4 (13.0-13.9)	<0.001	A<B<C
速度(kg/年)	108	5.7 (4.7-6.6)	104	5.3 (4.1-6.1)	108	4.4 (3.2-5.2)	<0.001	A>B>C
体重(kg)	108	39.0 (34.3-43.5)	104	40.9 (37.2-43.1)	108	41.2 (38.2-46.1)	<0.001	A<C

### 1) 体重スパート開始年齢とその時点の成長速度と体重

体重スパート開始年齢は、早発群が 7.9(7.6-8.4)歳、中間群が 8.3(7.8-8.6)歳、遅発群が 8.8(8.2-9.9)歳で、遅発群が他の群よりも高かった( $p<0.001$ )。また、その時の成長速度は、早発群が 2.1(1.7-2.7)kg/年、中間群が 2.0(1.5-2.6)kg/年、遅発群が 1.7(1.4-2.2)kg/年で、早発群や中間群が、遅発群よりも大きかった( $p<0.001$ )。その時の体重は、早発群が 24.8(21.9-28.1)kg、中間群が 24.4(21.9-27.4)kg、遅発群が 25.6(23.1-27.9)kgで、3群間で差はなかった( $p=0.494$ )。

### 2) 体重最大発育年齢とその時点の成長速度と体重

体重最大発育年齢は、早発群が 10.8(10.1-11.6)歳、中間群が 11.6(10.9-12.1)歳、遅発群が 12.5(11.7-12.9)歳で、早発群から遅発群の順に高くなっていた( $p<0.001$ )。また、その時の成長速度は、早発群が 6.5(5.5-7.4)kg/年、中間群が 5.8(5.1-6.6)kg/年、遅発群が 5.2(4.7-6.2)kg/年で、早発群が大きかった( $p<0.001$ )。体重は、早発群が 37.2(34.8-41.3)kg、中間群が 36.8(33.8-41.5)kg、遅発群が 36.8(33.9-40.3)kgで、3群間で差はなかった( $p=0.482$ )。

### 3) 初経年齢とその時点の成長速度と体重

初経発来時の体重の成長速度は、早発群が 5.7(4.7-6.6)kg/年、中間群が 5.3(4.1-6.1)kg/年、遅発群が 4.4(3.2-5.2)kg/年であり、早発群の成長速度が大きかった( $p<0.001$ )。初経発来時の体重は、早発群が 39.0(34.3-43.5)kg、中間群が 40.9(37.2-43.1)kg、遅発群が 41.2(38.2-46.1)kgであり、早発群より遅発群の方が体重は重くなっていた( $p<0.001$ )。

## 5 体重スパート開始年齢、体重最大発育年齢、初経発来の時差と体重変化量

これらの結果について表 6 に示す。ただし、体重スパート開始年齢については 320 名中 241 名（75.3%）が求められ、約 4 分の 1 に当たる 79 名については算出できなかった。体重最大発育年齢は、その 79 名も含めて解析し、316 名（98.8%）について求めることができた。

表 6 体重スパート開始年齢、体重最大発育年齢、初経発来の時差と体重変化量

	A 早発群		B 中間群		C 遅発群		p 値	多重比較
	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)		
体重スパート開始年齢と体重最大発育年齢 時差 (年)	61	3.1 (2.7-3.8)	77	3.1 (2.6-3.7)	88	3.1 (2.6-3.9)	0.727	
体重変化量 (kg)	61	13.6 (11.6-15.7)	77	12.1 (10.3-14.3)	88	11.3 (9.6-14.3)	<0.001	A>B,C
体重スパート開始年齢と初経発来 時差 (年)	61	3.0 (2.6-3.6)	77	3.8 (3.3-4.4)	88	4.3 (3.8-5.2)	<0.001	A<B<C
体重変化量 (kg)	61	13.0 (8.7-15.2)	77	15.3 (11.6-18.1)	88	15.9 (13.6-19.7)	<0.001	A<B<C
体重最大発育年齢と初経発来 時差 (年)	100	0.2 (-0.5-0.7)	99	0.6 (-0.1-1.2)	99	0.9 (0.5-1.7)	<0.001	A<B<C
体重変化量 (kg)	100	1.1 (-2.8-4.0)	99	3.2 (-0.6-5.6)	99	4.9 (2.8-7.6)	<0.001	A<B<C

#### 1) 体重スパート開始と体重最大発育年齢の時差と体重変化量

体重スパート開始年齢と体重最大発育年齢との時差は、早発群が 3.1(2.7-3.8) 年、中間群が 3.1(2.6-3.7)年、遅発群が 3.1 (2.6-3.9) 年で、3 群間で差はなかった( $p=0.727$ )。体重変化量は、早発群が 13.6(11.6-15.7) kg、中間群が 12.1(10.3-14.3) kg、遅発群が 11.3(9.6-14.3)kg で、早発群が中間群や遅発群よりも体重変化量は大きかった( $p<0.001$ )。

#### 2) 体重スパート開始年齢と初経発来の時差と体重変化量

体重スパート開始年齢と初経発来の時差は、早発群が 3.0(2.6-3.6)年、中間群が 3.8(3.3-4.4)年、遅発群が 4.3(3.8-5.2)年で、早発群から順に変動は大きくなっていった( $p<0.001$ )。また、体重変化量は、早発群が 13.0(8.7-15.2)kg、中間群が 15.3(11.6-18.1)kg、遅発群が 15.9(13.6-19.7)kg で、早発群や中間群よりも遅発群の体重変化量が大きかった( $p<0.001$ )。

#### 3) 体重最大発育年齢と初経発来の時差と体重変化量

体重最大発育年齢と初経発来の時差は、早発群が 0.2(-0.5-0.7)年、中間群が 0.6(-0.1-1.2)年。遅発群が 0.9(0.5-1.7)年と早発群から順に変動は大きくなっていった( $p<0.001$ )。また、体重変化量は、早発群が 1.1(-2.8-4.0)kg、中間群が 3.2(-0.6-5.6)kg、遅発群が 4.9(2.8-7.6)kg と、こちらも時差と同様に早発群から順に体重変化量は大きくなっていった( $p<0.001$ )。

#### 4) 体重スパート開始年齢、体重最大発育年齢、初経発来の順序

体重スパート開始年齢が算出できた 241 名のうち、「体重スパート開始年齢」→「体重最大発育年齢」→「初経発来」の順になっていた者は

173名(71.8%)、「体重スパート開始年齢」→「初経発来」→「体重最大発育年齢」の順になっていた者は68名(28.2%)であった。また、体重スパート開始年齢を算出できなかった79名を含め、体重最大発育年齢が算出できた316名では「体重最大発育年齢」→「初経発来」の順になっていた者は233名(73.7%)、「初経発来」→「体重最大発育年齢」の順になった者は83名(26.3%)であった。

## 6 初経年齢時の身長、体重、BMI

初経年齢時の身長は2の3)で示したとおり、早発群が146.5(142.1-151.2)cm、中間群が150.6(147.2-154.1)cm、遅発群が154.1(150.5-157.7)cmで、早発群から順に身長は高くなっていた( $p<0.001$ )。初経発来時の体重は、4の3)で示した通り、早発群が39.0(34.3-43.5)kg、中間群が40.9(37.2-43.1)kg、遅発群が41.2(38.2-46.1)kgであり、早発群より遅発群の方が体重は重くなっていた( $p<0.001$ )。

個別の身長、体重から算出した初経発来時のBMIは、表7に示したが、早発群が17.7(16.4-19.3)、中間群が17.7(16.9-19.0)、遅発群が17.5(16.6-18.9)で、遅発群がやや低い値であったが、3群間の有意差はみられなかった( $p=0.659$ ) (図6)。ただし、成人前のBMIは年齢によって基準値が変化するため、BMIのパーセンタイル基準曲線上に3群の年齢の中央値とBMIの中央値をプロットすると(図7)、早発群から遅発群にかけてBMIの基準値が下がっていることが確認された。

表 7 初経年齢群別の初経年齢時の身長、体重、BMI

	A 早発群		B 中間群		C 遅発群		p 値	多重比較
	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)		
初経発来時 身長(cm)	108	146.5 (142.1-151.2)	104	150.6 (147.2-154.1)	108	154.1 (150.5-157.7)	<0.001	A<B,C
初経発来時 体重(kg)	108	39.0 (34.3-43.5)	104	40.9 (37.2-43.1)	108	41.2 (38.2-46.1)	<0.001	A<C
初経発来時 BMI	108	17.7 (16.4-19.3)	104	18.0 (16.9-19.0)	108	17.5 (16.6-18.9)	0.659	

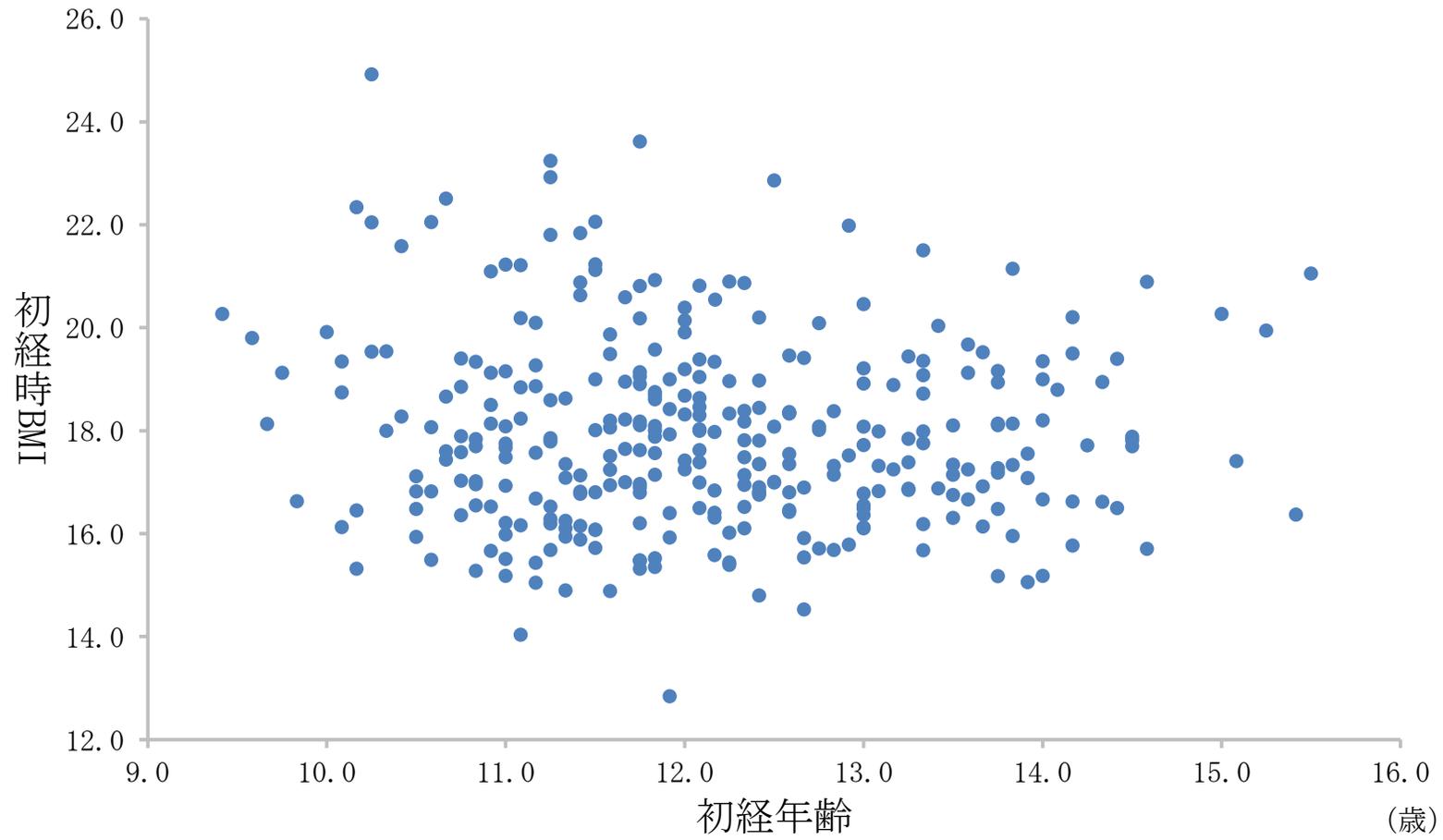


図 6 初経年齢とその時点の BMI

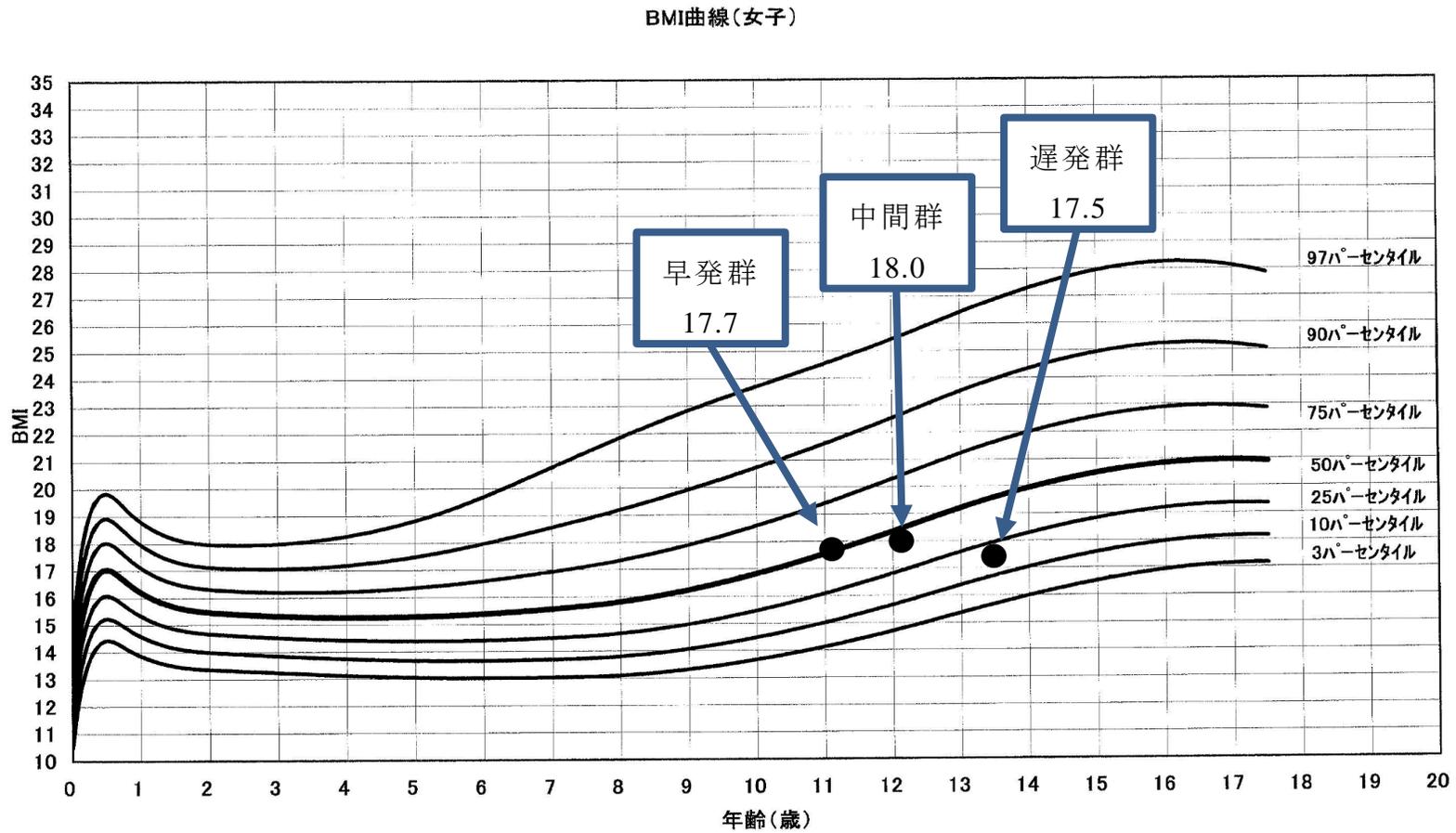


図 7 初経年齢群別の初経時 BMI

(日本成長学会 2000年日本人小児の体格標準値 <http://www.auxology.jp/ja-children-physique> より引用 初経年齢群別の初経時 BMI をプロットした。)

## VI 考察

### 1 身長

初経年齢時の身長成長速度は、遅発群から早発群の順に大きくなっていった。また初経年齢時の身長も3群間で差があり、遅発群の方が身長は高かった。これは、初経年齢が高い分、それまでの身長の伸びが大きかったためと考えられる。目崎ら<sup>45)</sup>や森岡ら<sup>46)</sup>は、初経発来時の身長は正規分布しており、初経年齢が高くなるほど初経発来時の身長は高くなると報告しているが、本研究でも同様の結果であった。

身長スパート開始年齢、身長最大発育年齢は、全て早発群から遅発群の順に高くなっていた。森岡ら<sup>46)</sup>は、比例配分法を用い身長最大発育年齢を求めたところ、身長最大発育年齢が高くなるにつれて初経年齢も高くなったことを示している。

身長スパート開始年齢は、初経が早ければ身長スパート開始年齢も早いという関係になっていた。その時の身長成長速度は、早発群の方が他の群より大きかった。また、その時の身長は、遅発群の方が、早発群や中間群よりも有意に高かった。

しかし、今回分析した6~18歳の間にスパートがなく、スプライン関数から求められなかった者も存在した。これは特に早発群に多かったため、本来の早発群のスパート開始年齢や身長はより低く、その時の成長速度はより大きい可能性もあることが考えられる。

身長最大発育年齢時の成長速度は、遅発群から早発群の順に大きくなっていた。これはBiroら<sup>53)</sup>と同様の結果だった。また、田中ら<sup>54)</sup>が、身長ピーク年齢(最大発育年齢)別に3群に分けて比較した研究によると、身長スパート開始時成長率(速度)、身長ピーク時成長率(最大発育年齢時

成長速度)は、身長ピークの年齢が早いほど成長率も大きくなっていった。本研究では初経年齢で群分けしたが、初経が早いほど身長最大発育年齢も早かったため、同様の結果であったと言える。

身長最大発育年齢時の身長は、中間群や遅発群が早発群よりも大きかった。身長最大発育年齢は遅発群の方が高いため、それまでに成長した分、身長が高くなったと考えられる。

身長スパート開始年齢と身長最大発育年齢の時差は、3群間で差はみられなかった。初経年齢により時差は変化せず、身長スパート開始年齢がその後の最大発育年齢を規定していると考えられる。

身長スパート開始年齢から身長最大発育年齢までの身長増加については、遅発群より早発群の方が大きかった。これは、身長スパート開始年齢時や身長最大発育年齢時の成長速度が早発群の方が大きいことから、3群間で時差が同じでも身長の増加量は大きかったと考えられる。

一方、身長スパート開始年齢と初経年齢、身長最大発育年齢と初経年齢との時差は3群間で差があり、早発群から遅発群の順に大きくなっていった(図 8)。

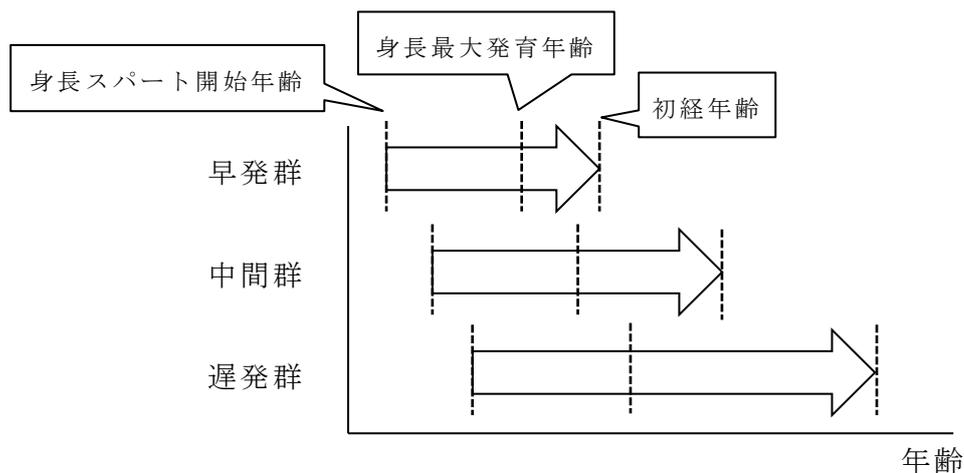


図 8 身長スパート開始年齢と初経年齢との時差の模式図

先行研究において、身長現量値曲線から身長速度曲線を、作図法を用いて分析した研究<sup>55)</sup>では、身長発育速度ピーク(身長最大発育年齢)から初経までは $1.24 \pm 0.73$ 年であった。また、身長最大発育年齢を比例配分法で求めた研究は複数あるが、身長最大発育年齢と初経年齢との時差は $1.58 \pm 0.99$ 年<sup>42)</sup>や、 $1.56 \pm 0.89$ 年<sup>40)</sup>や、身長最大発育年齢が10.5歳以降の者は1.0~1.5年<sup>28)</sup>であった。

また、米山ら<sup>43)</sup>は、初経年齢別に4群に分け、身長最大発育年齢と初経年齢との時差を求めている。初経年齢ごとに、1群(9~11歳)は1.2年、2群(12~13歳)は1.3年、3群(13~14歳)は1.6年、4群(14~15歳)は2.1年で、初経が遅いほど時差は有意に大きくなることを示している。これは本研究と同様の結果であった。

身長最大発育年齢と初経との時差について、加藤ら<sup>56)</sup>は、98.7%が身長最大発育年齢後に初経があったとしており、本研究でも、身長最大発育年齢が算出できた320名では「身長最大発育年齢」→「初経発来」の順になっていた者は302名(94.4%)であり、同様の傾向がみられた。

身長スパート開始年齢と身長最大発育年齢間、身長最大発育年齢と初経年齢間の身長増加は、早発群が遅発群よりも大きかった。時差は有意差がないが、その間の成長速度が大きいため増加量が大きかったと考えられる。

しかし、身長増加について初経を中心に見た場合、身長スパート開始年齢と初経年齢間、身長最大発育年齢と初経年齢間の身長増加は、早発群において最も小さかった。これは、早発群ではこれらの時差が小さかった影響が大きいのではないかと考えられる。

身長スパート開始年齢、身長最大発育年齢は、初経年齢との関連が明らかになった。身長最大発育年齢は、初経年齢との時差が小さいため、

身長を計測し、身長最大発育年齢が明らかになる頃には、初経が来ている可能性がある。その点、身長スパート開始年齢の方が時差も大きく、初経年齢の予測のためには有用であると考えられる。しかし、本研究のように、スプライン関数を用いると、成長が終了してからでないと、身長スパート開始年齢が算出できないこと、比例配分法のような先行研究よりも年齢が低くなってしまうこと、成長が早いなどの理由から身長スパート開始年齢が算出できない者もいたため、算出方法には課題が残る。検討する中で、平滑化スプライン関数を用いて身長スパート開始年齢が求まらなかった者でも、発育グラフに表すと身長スパートと思われる点が見受けられた者もいた。

## 2 体重

初経発来年齢によって3群に分類した結果から、身長の解析結果と同様に体重においても大きな特徴がみられた。

初経発来時の体重の成長速度は、初経の早い群の方が大きく、これは、身長の結果と同様であった。また、初経発来時の体重は、初経発来の遅い群の方が重くなっていたが、これは森岡ら<sup>46)</sup>の結果と同様であった。しかし、目崎ら<sup>45)</sup>や菊地ら<sup>3)</sup>は初経発来年齢に関わらず、初経発来時の体重には差がなかったと報告している。本研究では初経発来時の体重に有意差がみられたものの、その差は僅かであることから、対象とした集団の特性が、研究結果に関係していることが考えられる。

体重スパート開始年齢、体重最大発育開始年齢は、初経発来の遅い方が年齢も高くなっていたが、その時の成長速度は、初経の早い方が大きくなっていた。これは身長と同様の結果であった。しかし、体重スパート開始年齢時の体重、体重最大発育年齢時の体重については、3群間で

差がなかった。

体重スパート開始年齢と初経年齢の時差については、初経発来が早い群の方が体重スパート開始年齢と初経発来の時差は小さく、初経発来が遅い群の方が大きかった。また、体重変化量は、初経発来が遅い群の方が大きかった。時差が大きい分成長したため、体重変化量は大きかったものと考えられる。これについても身長の結果と同様であった。

体重最大発育年齢と初経発来との時差については、初経発来の遅い群が大きく、体重変化量も大きかった。しかし、初経発来の早い群については、体重最大発育年齢よりも先に初経発来があった者も存在したため、体重変化量については、他の群よりも小さくなっている。加藤ら<sup>56)</sup>は、体重 PV 年齢（年間増加量が最大になる年齢）より初経が後に起こる者は 83.9%であったと報告しているが、今回の研究では、体重最大発育年齢が算出できた者 316 名のうち、「体重最大発育年齢」→「初経発来」の順になっていた者は 233 名（73.7%）、「初経発来」→「体重最大発育年齢」の順になった者は 83 名（26.3%）であった。「体重最大発育年齢」→「初経発来」の順は加藤らの報告よりは少ない比率であるが、それでも 7 割以上が体重最大発育年齢の後に初経発来となっていた。

さらに、体重スパート開始年齢と初経との関連について考えると、体重スパート開始年齢は身長スパート開始年齢と同様、初経発来と関連があるが、身長スパート開始年齢が特定できなかった者は 320 名中 57 名（早発群 40 名 37.0%、中間群 8 名 7.7%、遅発群 9 名 8.3%）に対し、体重スパート開始年齢が特定できなかった者は 320 名中 76 名（早発群 39 名 36.1%、中間群 25 名 24.0%、遅発群 12 名 11.1%）であったこと、今回の対象にはみられなかったが、意図的に体重をコントロールすることも可能なため、体重は、身長のように初経の予測に利用することは困難で

はないかと考える。

### 3 BMI

BMI は、身長、体重ともに、初経発来が遅い群の方が大きくなっていたため、初経発来時の BMI で比較すると、3 群間で差はなかった。しかし、図 2 に示したように、初経発来時の BMI パーセンタイルにすると、早発群は 50 パーセンタイル付近、中間群は 50 パーセンタイルよりやや低め、遅発群は 25 パーセンタイルよりやや低めであった。

ノルウェー人を対象にした研究<sup>35)</sup>では、初経発来が早い者は、BMI が高いことと関連し、初経発来が遅いのは、BMI が低いことと関連していると報告している。また、中国人を対象にした研究では<sup>34)</sup>、初経発来が遅い群の方が体重、BMI、体脂肪率、体脂肪量が低値を示したと報告している。日本の女子大生を対象に行った研究<sup>57)</sup>では、初経が遅い群の方が体重、BMI、体脂肪率、体脂肪量が低値を示したと報告している。また、ソウルの高校生女子を対象にした研究<sup>36)</sup>でも、初経発来と BMI との間に弱い負の相関があったとしているが、今回の研究では、有意な相関関係はなかった( $r=-0.046$ ,  $p=0.412$ )。

以上のように、先行研究では、初経発来が早い方が初経発来時の BMI の値が高かったとする報告が多くみられるが、本研究では、早発群、中間群が遅発群に比べてやや高いものの、有意差はみられなかった。しかし、BMI パーセンタイル値からみると、初経発来の早い群の方がパーセンタイル値は高く、遅い群は 25 パーセンタイル付近の痩せ気味の体型であった。これは、本研究の対象が、やや痩せ傾向の多い集団であることも影響していると考えられるが、パーセンタイル値から見ると、先行研究と体型的には同様の結果であったと考えられる。

初経年齢群別による BMI 値に差がみられなかったという結果は重要である。後和ら<sup>58)</sup>によると、成熟度（身長最大発育年齢）が早熟型（25パーセンタイル未満）、平均型（25～75パーセンタイル）、晩熟型（75パーセンタイル以上）の3群に分類し、BMIの年齢変化をBMI基準曲線として表したところ、早熟型のBMI分布はいずれの年齢も全体の等パーセンタイル曲線よりも早期にBMIが増大するため、高値に位置し、逆に晩熟型の分布はBMIの増大が遅れて現れるため、低値に位置していたと報告している。成熟度によって、BMIの年齢変化については異なることから、初経年齢に差があるが、初経発来時のBMIに差がなかったということは、成熟しBMIがある程度の値にならないと初経発来はないとも考えられる。思春期の開始時には、間脳視床下部からGnRHが分泌されるが、脂肪細胞から分泌されるレプチンはGnRHの分泌を促進することが言われている<sup>59)</sup>。また、肥満女兒では血清レプチン値が高値を示すという報告もある<sup>11)</sup>。このことから、BMIが一定の値をとった本研究では、体脂肪の貯蓄が進み、レプチンが分泌されたことにより思春期発来し、初経がみられたと推察される。

本研究の範囲において、BMIは、早発群が17.7（16.4-19.3）、中間群が18.0（16.9-19.0）、遅発群が17.5（16.6-18.9）であった。BMIは年齢が高くなるにつれて値が大きくなるが、低年齢からBMIが17以上の高い者は、11歳前後の早い段階で初経が発来し、それ以外の者は、BMIが大きくなり、BMI17～18程度で初経発来がある、というのが一つの目安になるといえる。

## VII 結論

初経の予測には体重よりも身長を用いる方が適しており、身長スパートの開始年齢が初経発来年齢に関連することが明らかになった。そして、「身長スパート開始年齢が低ければ、初経との時差は小さく、身長スパート開始年齢が高くなると初経との時差は大きくなる」という法則が見出された。また、BMI が 17~18 程度になることが、初経発来の目安になる。

## 第二章 身長スパーク開始年齢から初経年齢を求めるために適した方法の検討

### I 目的

第一章では、スプライン関数を用いて検討し、身長スパーク開始年齢を明らかにすれば、初経年齢を予測できることを明らかにした。

第二章では、身長スパーク開始年齢を特定し、初経発来を予測する簡便な方法を検討することを目的とした。

### II 対象

第一章と同じ、東京都内私立中高一貫校の、2012～2014年度に高校3年生になった女子(1994～1997年生まれ)の320名である。

### III 方法

#### 1 身体計測値

第一章と同様、身長の計測値は、学校保健安全法に基づいて行われた健康診断の結果を、健康診断票から転記する。計測年は健康診断票に記載してあり、計測月は毎年4月であるが、計測日までは分からないため、一律に15日とした。

#### 2 初経年齢

第一章と同様、初経調査の回答した初経発来年月と生年月から算出し

た。初経発来年月は、①3回の初経年月の差が2か月以内の者は3回の平均、②月が3回同じで年が3回中2回同じものは、2回同じ年の方とした。

### 3 身長スパート年齢の算出

#### 1) 平滑化スプライン関数によるデータの算出

第一章で算出したデータを利用した。

#### 2) 松本の式の応用によるデータの算出

松本の式を応用し、身長の年間増加量を求め、最小の地点を比例配分法によって求め、身長スパート年齢を求めた。詳しくは後述する。

#### 3) 目視法によるデータの把握

小林の「発育グラフソフト」に生年月日と計測年月日、身長を入力し、身長の値を成長基準曲線上にプロットする。そこから身長スパートが開始していると思われる計測点の年齢を求めた。詳しくは後述する。

### 4 分析方法

第一章と同様、初経年齢による比較を行うため、人数が同程度になるように早発群(108名)、中間群(104名)、遅発群(108名)の3群に分類し、中央値と四分位範囲(第一四分位 - 第三四分位)を求めた。

また、目視法スパート開始年齢と、目視法スパート開始年齢と初経年齢との時差を比較するため、人数が同程度になるよう、目視法スパート開始年齢の低い者から三分の一を早熟群、中間の三分の一を標準群、残りの三分の一を晩熟群とし、初経年齢による比較と同様に、中央値と四

分位範囲(第一四分位 - 第三四分位)を求めた。

## 5 統計解析

3群間の検定には Kruskal-Wallis 検定、多重比較は Bonferroni 法、相関は Spearman の順位相関係数を使用した。解析は、IBM SPSS Statistics 24 (IBM 社)を使用し、有意水準は 5%未満とした。

## IV 松本の式の応用によるデータの算出

松本の式は、最大発育年齢を求めるために用いられる方法である<sup>37-39)</sup>。身長を例に説明する。

① まず、個人の各年齢の年間増加量を求める。

年齢	身長	年間増加量
7.9	119.9	
8.9	124.3	5.9
9.9	131.0	4.4
10.9	138.7	6.7
11.9	147.8	7.7
12.9	152.7	9.1
13.9	154.8	4.9
14.9	155.3	2.1

② ここから、次式によって、最大発育年齢を算出する(p10 比例配分法参照)。

$$\text{最大発育年齢} = A_{\max} + \frac{(I_{\max} - I_{-1})}{(I_{\max} - I_{-1}) + (I_{\max} - I_{+1})}$$

ただし、 $I_{\max}$  は身長の間年増加量の最大値

$I_{-1}$  は  $I_{\max}$  より 1 年前の間年増加量、 $I_{+1}$  は  $I_{\max}$  の 1 年後の間年増加量、 $A_{\max}$  は  $I_{\max}$  を示す年齢区間の下限値を示す。

つまり、この例では、

$$\begin{aligned} \text{最大発育年齢} &= 11.9 + \frac{(9.1 - 7.7)}{(9.1 - 7.7) + (9.1 - 4.9)} \\ &= 12.2 \end{aligned}$$

となる。

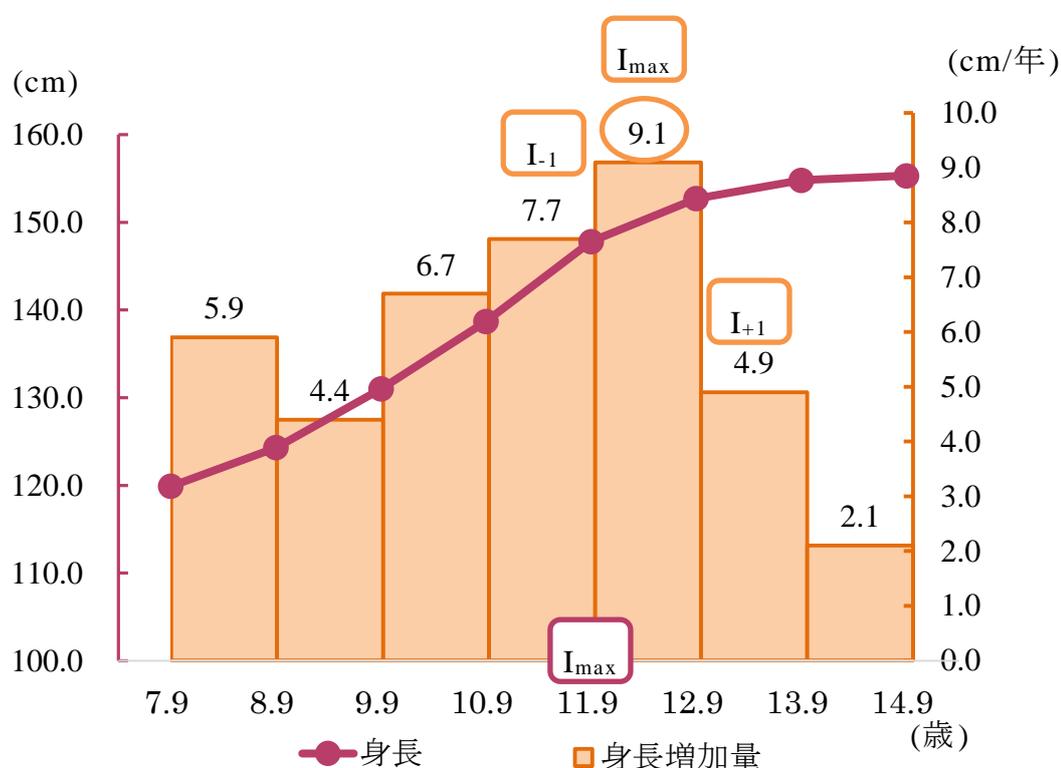


図 9 松本の式による身長最大発育年齢の算出

最大発育年齢の算出方法を参考にし、最大発育年齢以前に年間発育量が最小になる区間を見つけて、身長スパート開始年齢を求める式を以下のように設定した。

$$\text{スパート開始年齢} = A_{\min} + \frac{|I_{\min} - I_{-1}|}{|(I_{\min} - I_{-1}) + (I_{\min} - I_{+1})|}$$

ただし、 $I_{\min}$  は身長の年間増加量の最小値  
 $I_{-1}$  は  $I_{\min}$  より 1 年前の年間増加量、 $I_{+1}$  は  $I_{\min}$  の 1 年後の年間増加量、  
 $A_{\min}$  は  $I_{\min}$  を示す年齢区間の下限値を示す。

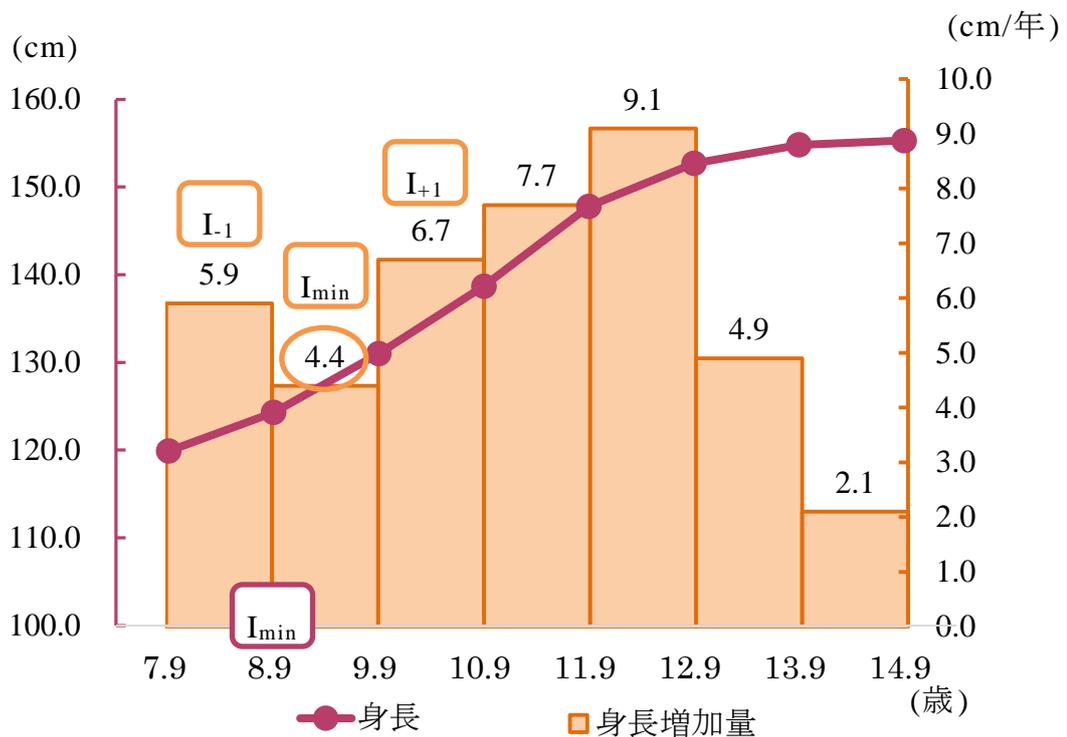


図 10 松本の式の応用による身長スパート開始年齢の算出

$$\begin{aligned}
 \text{スパート開始年齢} &= 8.9 + \frac{4.4 - 5.9}{(4.4 - 5.9) + (4.4 - 6.7)} \\
 &= 8.9 + \frac{-1.5}{-3.8} \\
 &= 9.3
 \end{aligned}$$

ただし、この式は、図 11 のように、最大発育年齢以前に年間発育量が最小になる区間がない場合は使用できないことになる。

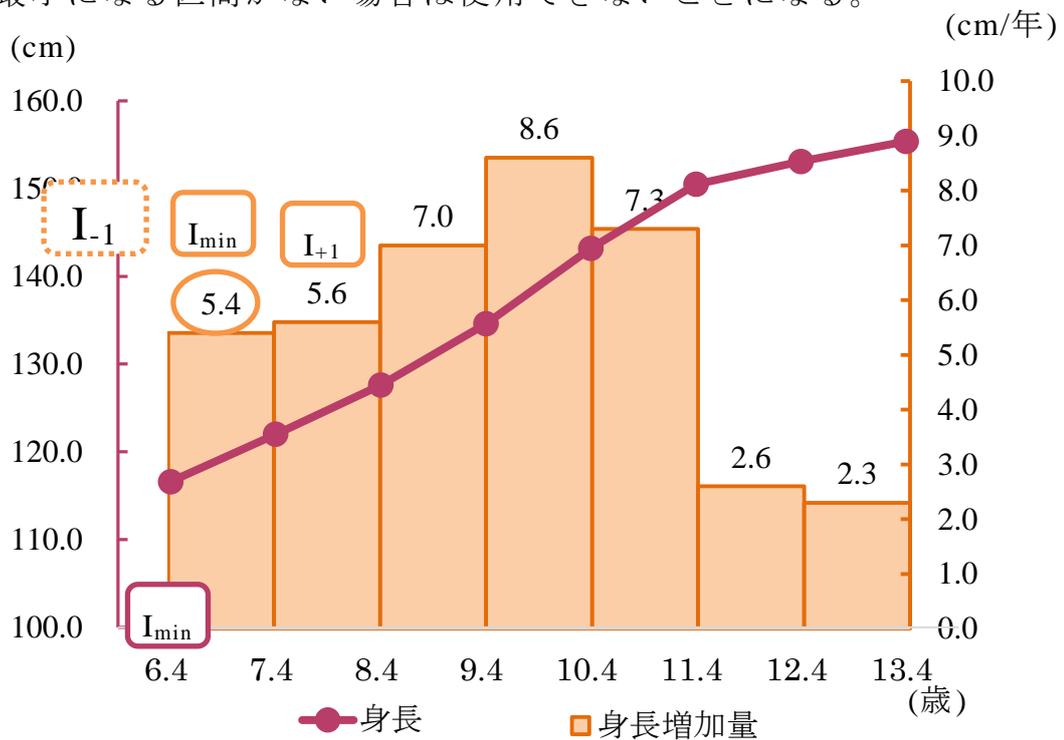


図 11 松本の式の応用により、身長スパート開始年齢が特定できない一例

## V 目視法によるデータの把握

小林の「発育グラフソフト」<sup>60)</sup>に対象者の生年月日と身長を入力し、パーセンタイル発育基準曲線上にプロットされた身長の発育グラフを得る。そこからスパートが開始していると思われる点の年齢を求める (図 12)。

身長スパート開始点については、対象者の身長グラフすべてにおいて作図法<sup>38)</sup> (eye fit 法<sup>61)</sup>) を用いた検討を行ったところ、図 13 に示すように 3 パターンが存在した。①身長スパート開始が計測点とほぼ一致する場合、②計測点より遅い場合、③計測点より早い場合である。しかし、計測点からのずれは、1年に1度の計測の場合、最大6か月以内である。そこで、目視法による身長スパート開始時点の決定は、より簡便な方法とするため、計測点に設定することとした。

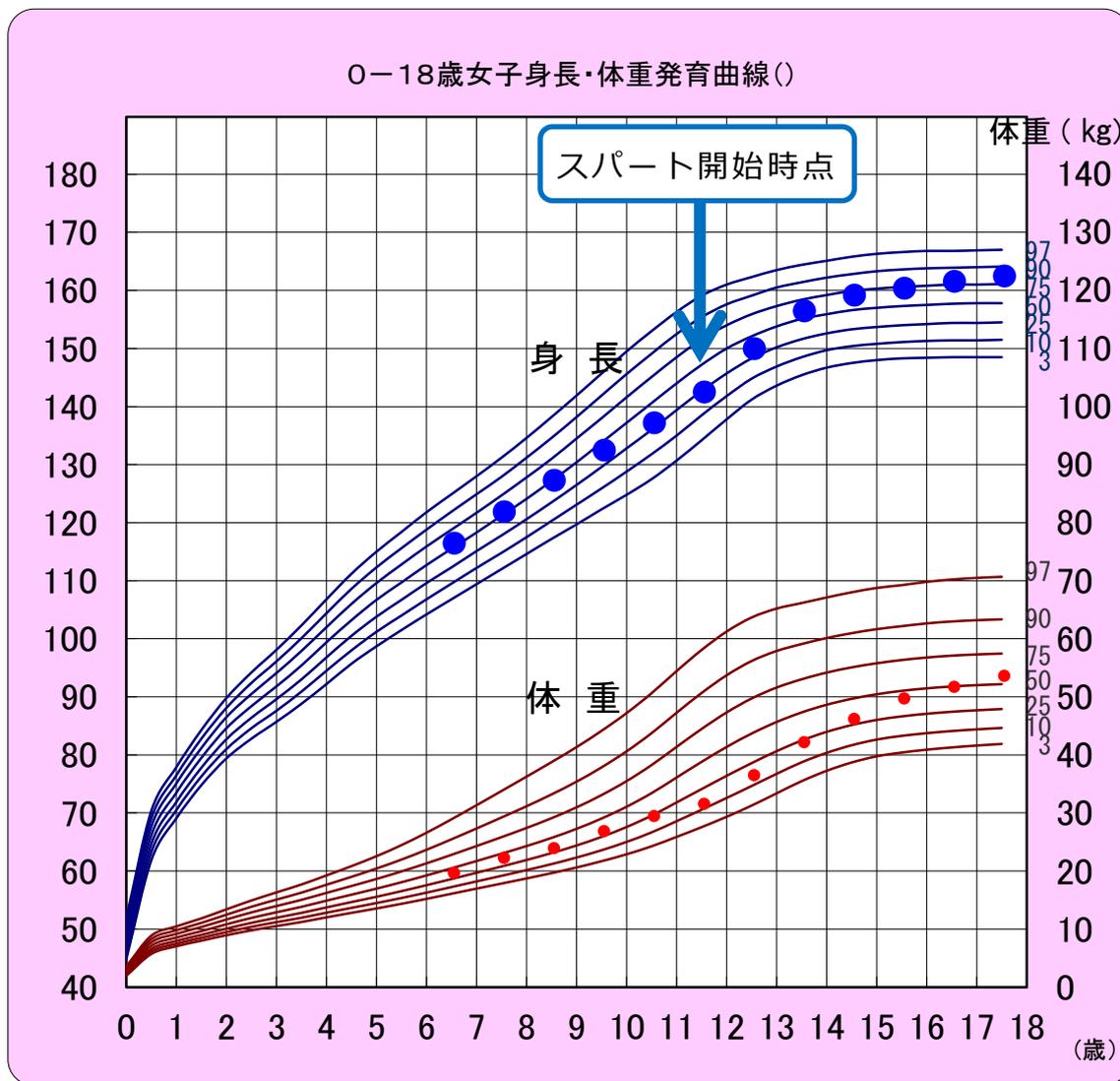
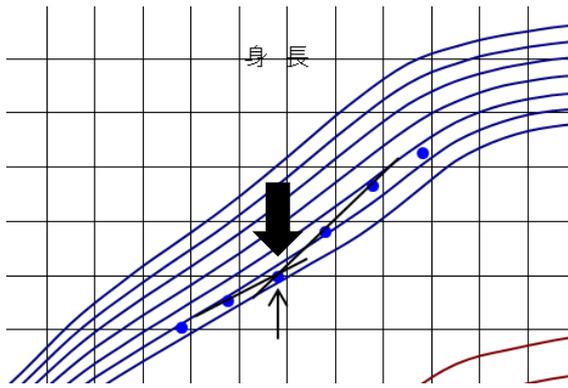
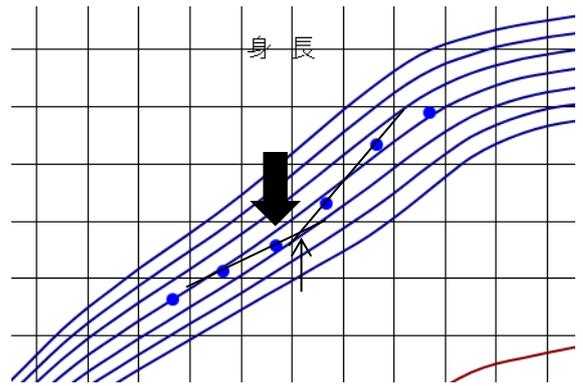


図 12 目視法による身長スパート開始年齢の決定の例(发育グラフは図 1 再掲)

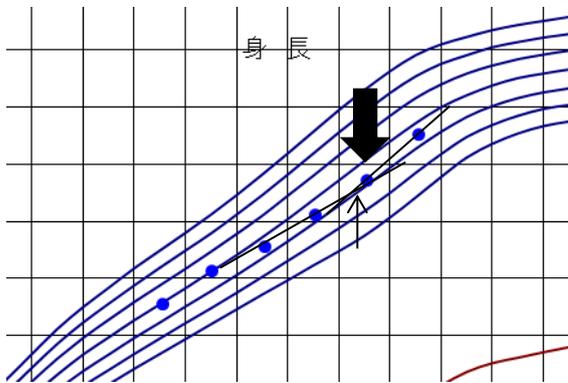




①目視法とほぼ一致する場合



②目視法よりも遅い場合



③目視法よりも早い場合

図 13 作図法と目視法による身長スパート開始時点の差

(↑は作図法によるスパート開始時点、↓は目視法による身長スパート開始時点を示す)

## VI 結果

### 1 スプライン関数、松本の式の応用、目視法による初経年齢群別の身長スパート開始年齢

結果は表 8 に示す。対象の 320 名のうち、身長スパート開始年齢を算出できた者は、スプライン関数では 263 名(82.1%)、松本の式の応用では 266 名(83.1%)、目視法では 317 名(99.1%)であった。

身長スパート開始年齢は、スプライン関数では、早発群が 8.0 歳、中間群が 8.2 歳、遅発群が 8.7 歳であった。松本の式の応用では、早発群が 8.7 歳、中間群が 8.9 歳、遅発群が 9.1 歳であった。目視法では、早発群が 8.8 歳、中間群が 9.6 歳、遅発群が 10.4 歳であった。どの方法を用いても、早発群は身長スパート開始年齢が早く、遅発群は遅くなっていた。

### 2 初経年齢とスプライン関数、松本の式の応用、目視法による身長スパート開始年齢との相関

結果は表 9 に示す。初経年齢とスプライン関数による身長スパート開始年齢とは、中位の正の相関があった ( $r=0.539, p<0.001$ )。初経年齢と松本の式の応用による身長スパート開始年齢とは、有意だがほとんど相関はなかった ( $r=0.134, p=0.028$ )。初経年齢と目視法による身長スパート開始年齢は、高い正の相関があった ( $r=0.735, p<0.001$ )。

表 8 スプライン関数、松本の式の応用、目視法による初経年齢群別の身長スパート開始年齢

	A 早発群		B 中間群		C 遅発群		p 値	多重比較
	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)		
スプライン関数	68	8.0 (7.5-8.2)	96	8.2 (7.9-8.4)	99	8.7 (8.4-9.9)	<0.001	A<B<C
松本の式の応用	87	8.7 (8.2-9.4)	90	8.9 (8.3-9.6)	89	9.1 (8.3-9.9)	0.064	A<C
目視法	107	8.8 (8.5-9.4)	104	9.6 (9.3-9.9)	106	10.4 (9.8-10.9)	<0.001	A<B<C

59

表 9 初経年齢とスプライン関数、松本の式の応用、目視法によるスパート開始年齢との相関

	スプライン関数	松本の式の応用	目視法
初経年齢	0.539**	0.134*	0.735**

\*\*p<0.001 \*p<0.05

### 3 スプライン関数、松本の式の応用、目視法による身長スパ ート開始年齢と初経年齢との時差

結果は表 10 に示す。

身長スパート開始年齢と初経年齢との時差は、身長スパート開始年齢をスプライン関数で算出すると、早発群は 3.1(2.8-3.5)年、中間群は 3.8(3.5-4.2)年、遅発群は 4.5(3.9-5.1)年であった。松本の式の応用で算出すると、早発群は 2.1(1.3-2.9)年、中間群は 3.1(2.3-3.7)年、遅発群は 4.4(3.6-5.2)年であった。目視法で算出すると、早発群は 2.0(1.5-2.4)年、中間群は 2.4(2.0-2.7)年、遅発群は 3.0(2.6-3.7)年であった。どの方法でも、初経が遅い方が身長スパート開始年齢との時差は大きくなっていた。

表 10 スプライン関数、松本の式の応用、目視法による身長スパート開始年齢と初経年齢との時差

	A 早発群		B 中間群		C 遅発群		p 値	多重比較
	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)		
スプライン関数 (年)	68	3.1 (2.8-3.5)	96	3.8 (3.5-4.2)	99	4.5 (3.9-5.1)	<0.001	A<B<C
松本の式の応用 (年)	87	2.1 (1.3-2.9)	90	3.1 (2.3-3.7)	89	4.4 (3.6-5.2)	<0.001	A<B<C
目視法(年)	107	2.0 (1.5-2.4)	104	2.4 (2.0-2.7)	106	3.0 (2.6-3.7)	<0.001	A<B<C

#### 4 目視法スパート開始年齢と初経年齢との関係および初経との時差

目視法による身長スパート開始年齢と初経年齢との関係について図 14 に示す。これは相関係数 0.735 となり、身長スパート開始年齢と初経年齢とは強い正の相関がみられた。

次に、目視法身長スパート開始年齢と初経発来との時差について、検討し、目視法で身長スパート開始年齢について読み取れた者について、身長スパート開始年齢と初経年齢との時差との関係について図 15 に示す。また、目視法身長スパート開始年齢群別、身長スパート開始年齢、初経年齢との時差について表 11 に示す。目視法身長スパート開始年齢群別で検討すると、身長スパート開始年齢は、早熟群が 8.8(8.5-9.1)歳、標準群が 9.7(9.5-9.8)歳、晩熟群が 10.6(10.2-11.0)歳であった。目視法身長スパート開始年齢と初経年齢との時差は、早熟群が 2.5(2.1-2.9)年、標準群が 2.3(1.8-2.8)年、晩熟群が 2.6(2.0-3.3)年で、有意差はなかったが、差のある傾向にあった。

しかし、図 15 を見ると、平滑化スプライン関数から得られた法則「身長スパート開始年齢が低ければ、初経との時差は小さく、身長スパート開始年齢が高くなると初経との時差は大きくなる」は、成立しているといえない。そこで、一人ひとりの発育グラフ及び初経年齢を再確認し、身長スパート開始年齢と初経年齢との時差について再検討した。その結果、身長スパートが低年齢で開始した者の中には、ロングスパート（スパートの期間が他の者に比べ長い）が 3 名、身長スパート開始は早い、やせぎみで初経までの期間が長い者 2 名が含まれており、9~10 歳で身

身長スパークが開始した者の中には、初経との時差が1年未満の者も含まれ、これらは初経年齢の記憶違いではないかと思われた(11名)。さらに、身長スパークが11歳以降の者で、初経との時差が小さい者も存在したが、発育グラフを見ると、ほとんどが小学1年時から身長の低い者であることが判明した(6名)。そこでこれら22名を除いて再び散布図(図16)を描いたところ、有意な相関はみられなかったものの、身長スパークが早い者は時差が小さく、遅い者は比較的時差が大きい傾向が読み取れた。ただし、全体的には、2~3年前後に集中していることも把握された。

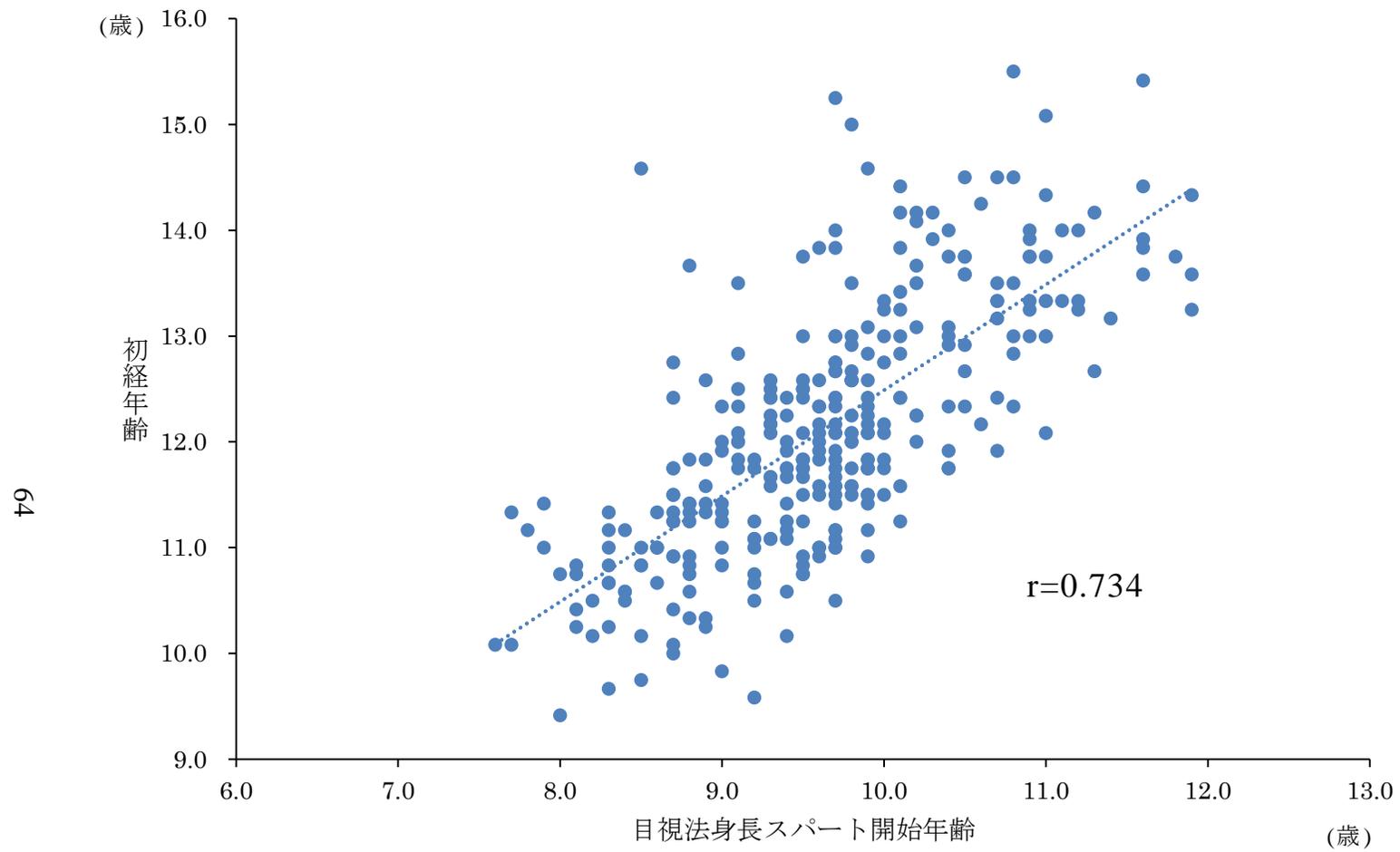


図 14 目視法による身長スパート開始年齢と初経年齢との関係

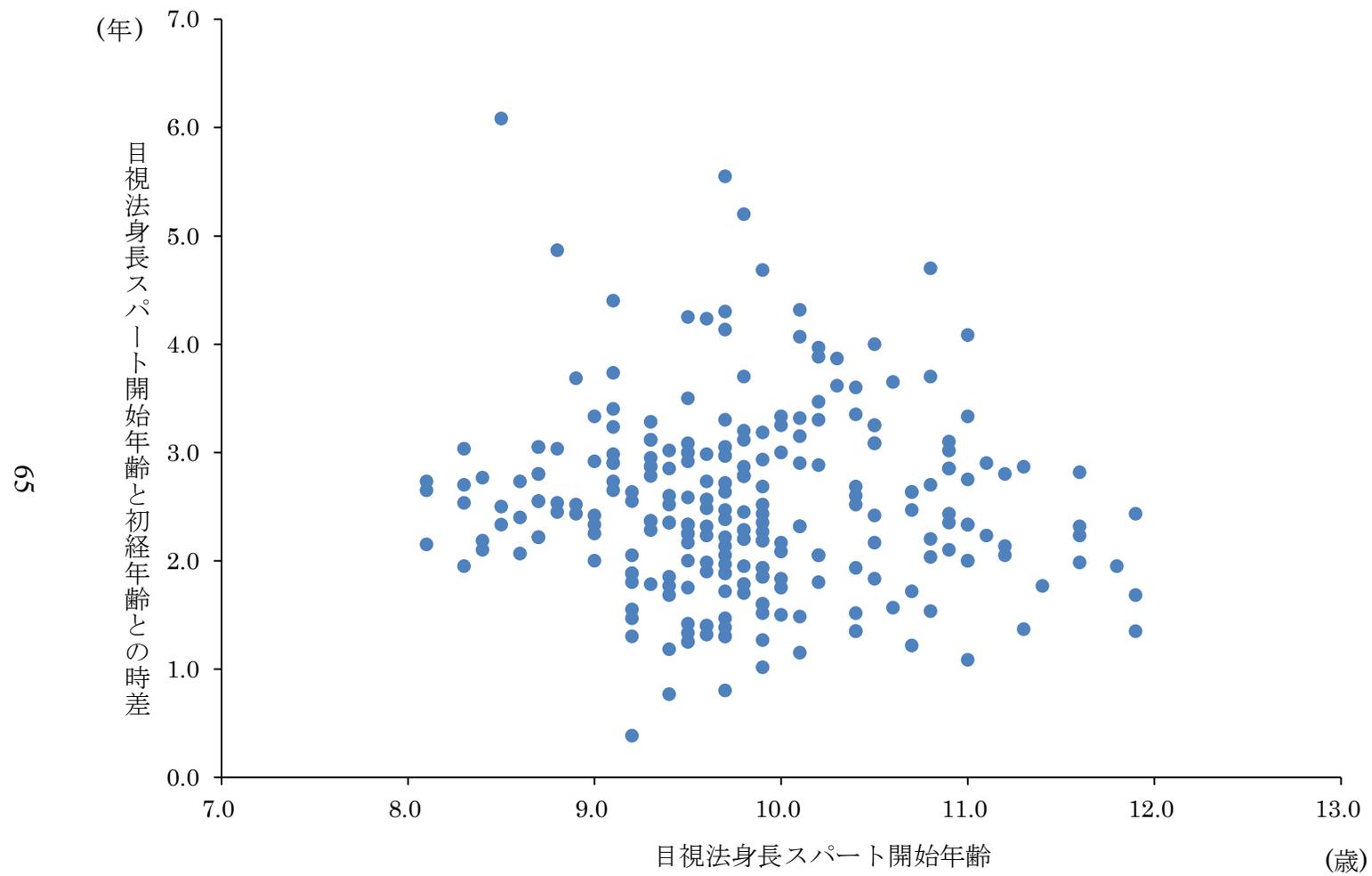


図 15 目視法スパート開始年齢と初経年齢との時差

表 11 目視法身長スパート開始年齢群別、身長スパート開始年齢、初経年齢との時差

	A 早熟群		B 標準群		C 晩熟群		p 値	多重比較
	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)	n	中央値 (第一四分位-第三四分位)		
スパート開始年齢 (歳)	110	8.8 (8.5-9.1)	113	9.7 (9.5-9.8)	94	10.6 (10.2-11.0)	<0.001	A<B<C
時差 (年)	110	2.5 (2.1-2.9)	113	2.3 (1.8-2.8)	94	2.6 (2.0-3.3)	0.057	

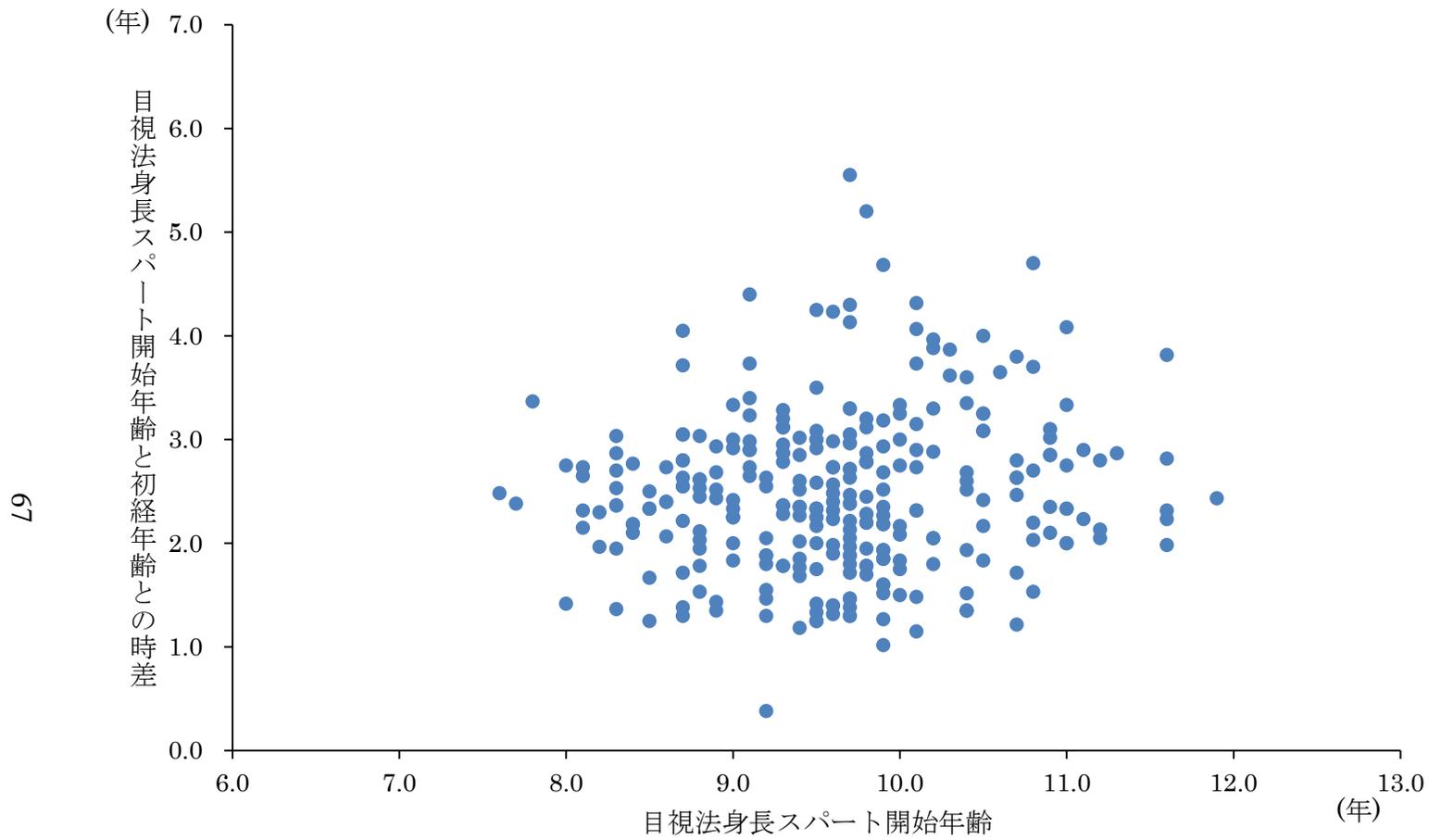


図 16 目視法スパート開始年齢と初経年齢との時差(例外、初経年齢の記憶違いと思われる者を除く)

## VII 考察

第一章の平滑化スプライン関数を用いる方法から明らかになった身長スパート開始年齢と初経との時差は、「身長スパート開始年齢が小さければ、初経との時差は小さく、身長スパート開始年齢が高くなると初経との時差は大きくなる」というものであった。これを松本の最大発育年齢を求める計算式を応用した身長スパート開始年齢を求める方法と、目視法（身長発育のグラフから目視によって求める方法）によって同様の結果が得られるかどうか、またその方法が学校現場で使えるものであるかどうかを検討した。

身長スパート開始年齢を3つの方法で算出し、対象のうち、身長スパート開始年齢を算出できた者は、平滑化スプライン関数では82.1%、松本の式の応用では83.1%、目視法では99.1%であった。すなわち身長スパート開始年齢を算出できる者が一番多かったのは目視法であった。身長スパート開始年齢を算出できなかった理由として多かったのは、平滑化スプライン関数では、身長最大発育年齢より前に極値がないため、松本の式の応用では、図11のように最大発育年齢以前に年間発育量が最小になる区間がないためであり、目視法では、成長している期間中に年間発育量にほとんど変化がなく、グラフで見ると直線的に増加していたためである。しかしながら、目視法は身長や体重の値をグラフに表すことで、対象のうち99.1%で身長スパート開始年齢が特定できたことから、この意味では実用に適すると思われる。

なお、身長スパート開始年齢と初経年齢との相関係数は、平滑化スプライン関数で0.539、松本の式の応用で0.134、目視法で0.735と有意な正の相関が得られた。松本の式の応用で相関係数は低くなった理由として現段階では、スパート開始年齢を算出できると考え立式したものの、

実際は算出できていないのではないかと考えている。最大発育年齢は1年ごとの身長増加量を求めて比較すると、前後の増加量よりも1 cm程度大きいことが多く、明らかにこの1年の中に最大発育年齢が含まれていることが分かる。しかし、今回スパート開始年齢に応用してみると、前後の年と増加量の差が1 cm以下、0.1 cmという例もあり、この1年の中にスパート開始年齢が含まれない場合もあったのではないかと考えられる。

目視法による成長曲線からの身長スパート開始年齢は、早発群 8.8 (8.5-9.4) 歳、中間群 9.6 (9.3-9.9) 歳、遅発群 10.4 (9.8-10.9) 歳と、平滑化スプライン関数や松本の式の応用から得られた年齢より高い年齢となっている。これば成長曲線上のプロットのある個所から身長スパート開始年齢を決めたことによるものであり、実用的な目視法の限界ともいえる。

以上は初経年齢により3群に分けて検討した結果であるが、実際の学校現場においては、発育過程において初経の予測を行わなくてはならない。そこで目視法による身長スパート開始年齢からみた初経発来について検討を行った。

目視法によるスパート開始年齢と初経年齢との関係について図 14 に示す。これは相関係数 0.734 となり、身長スパート開始年齢と初経発来の年齢とは強い正の相関がみられた。これより、身長スパートが低年齢で開始すると、初経も比較的 low 年齢で発来し、身長スパートが遅いと、初経発来も遅くなるということがいえる。

しかし、身長スパート開始年齢と初経年齢との時差については、平滑化スプライン関数から得られた法則は完全には当てはまらなかった。この理由として、もともとの個人の体格(小学1年時の高身長、低身長、肥

満、やせ)などが影響していることが考えられること、さらに、初経年齢の記憶違いと思われる者などが含まれていたことが原因であろうと推測される。

目視法身長スパート開始年齢と初経年齢とは、0.7以上の相関がみられ、初経年齢は身長スパート開始年齢によって規定されることが示された。また、図16と表11から、身長スパート開始と初経との時差は2年～3年の間であることが示唆された。さらに、目視法スパート開始年齢で3群に分類して検討したところ、目視法スパート開始年齢と初経年齢との時差は3群間で有意差はなかった。初経年齢群別に検討した際には、身長スパート開始年齢が低ければ、初経との時差は小さく、身長スパート開始年齢が高くなると初経との時差は大きくなる、という結果が得られたこととの違いについて、大きくは視点の違い、すなわち初経年齢別の検討と身長スパート開始年齢別の検討であることが挙げられるが、加えて目視法ではほとんどすべての身長スパート開始年齢について特定したが、年1回の計測値をグラフにしたものであり、必ずしも正しく判定できたとはいえないものも含まれていることが考えられる。

そこで、学校現場における身長スパート開始から初経発来を予測する方法として、

1. 身体計測値を基準曲線上に表す
2. 身長スパート開始を発育グラフより把握する
3. 身長スパート開始から2～3年後に初経が発来すると予測する  
ただし、BMI17を超えることを目安とする
4. 身長スパートが低年齢で開始したものは、初経が比較的早く発来し、身長スパートが遅く開始した者は初経までの期間が長い傾向にあることも考慮する。

5.発育の順序として、身長スパーク開始→身長最大発育→初経の順に進行する者がほとんどであるが、1割程度はこの順序から外れる者もいることを念頭におく。

本研究で目視法は、小林の「発育グラフソフト」に身長をプロットし、そこから身長スパーク開始年齢を読み取った。この読み取りにはある程度の慣れが必要である。本研究の知見から、養護教諭等が実際に初経の予測を行うには、図 17-19 のように例をいくつか示し、実際の例で読み取りの練習をすることで可能になると考える。

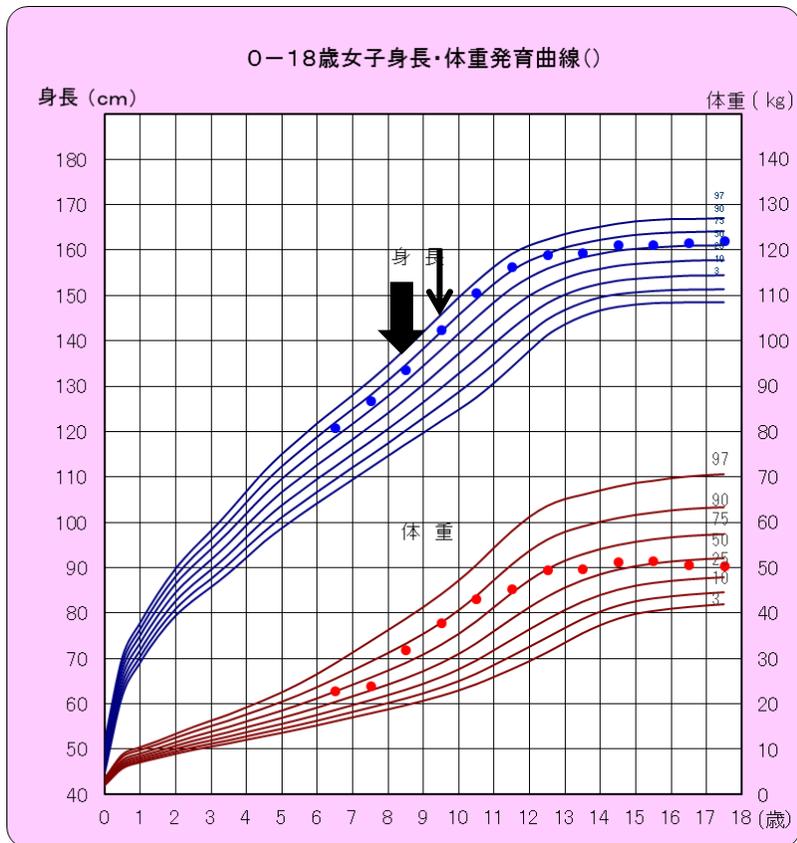


図 18 目視法による身長スパート開始年齢の把握例 2

基準曲線から点↓が上昇した場合、その前の点が身長スパート開始年齢 ↓

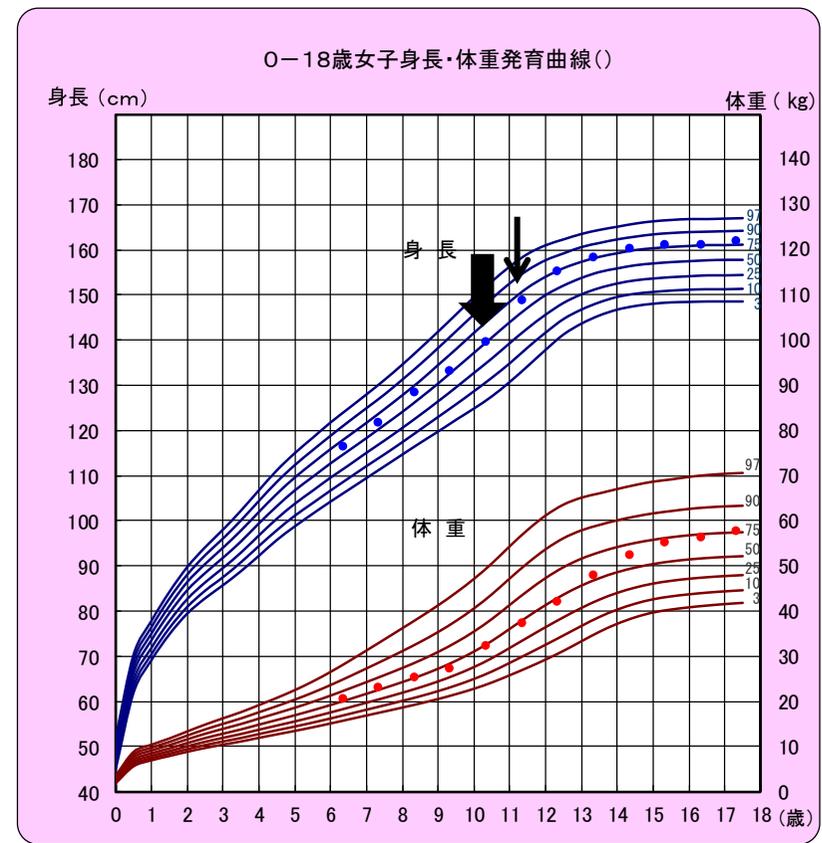


図 17 目視法による身長スパート開始年齢の把握例 1

基準曲線から低下したあと、点↓が上昇した場合、その前の点が身長スパート開始年齢 ↓

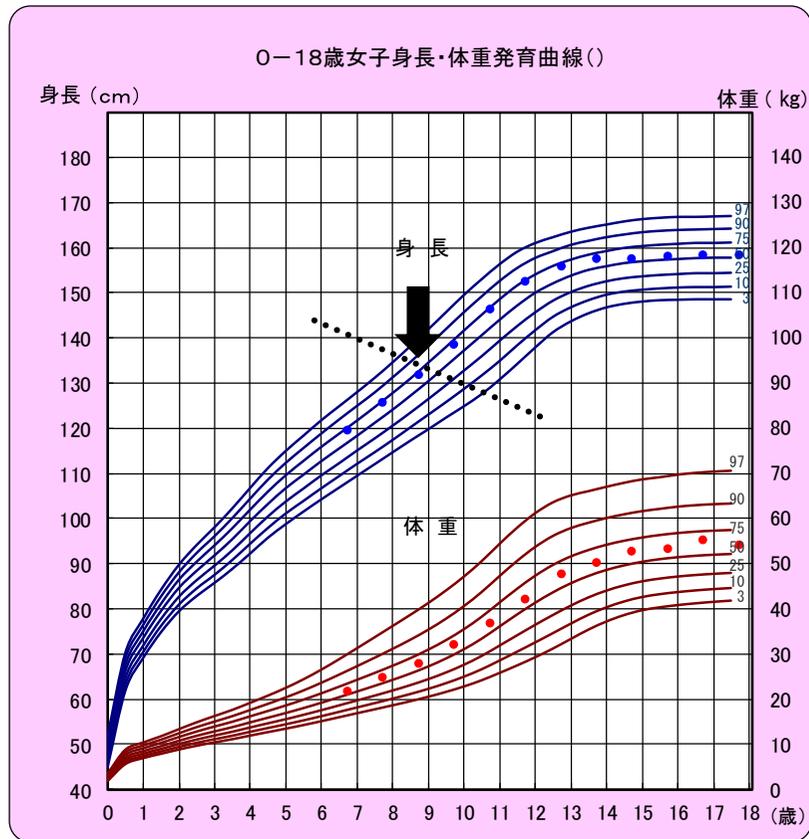


図 19 目視法による身長スパート開始年齢の把握例 3  
 基準曲線に沿って成長した場合、基準曲線の上昇し始める箇所（点線で示す）の前の点 ↓

## 総括

平滑化スプライン関数、松本の式の応用、目視法による身体発育とくに身長と初経発来との関係を検討した結果、身長スパートと初経発来との間に一定の法則が見いだされた。目視法で身長スパートから初経を予測する場合には、必ずしもこの法則は当てはまらない。

そこで、学校における保健指導においては、身長・体重成長曲線を作成し、児童生徒一人ひとりの発育段階を把握して身長スパートを見極め、身長スパート開始年齢からおよそ 2~3 年で初経発来があると予測ができる。ただし、個別の体格にも左右されるため、また、平滑化スプライン関数から得られた法則も一部分では当てはまるため、身長スパートが早く始まった児童に対しては通常よりも早期に初経指導を行う必要があり、中学生になってもまだ初経が発来しない生徒に対しては、成長曲線を提示して、身長スパートが遅かったので初経までにもう少し時間がかかることを説明すれば、安心につながるであろう。また、BMI が低年齢から高い児童に対しては 11 歳前後の早い時期で初経発来がある可能性があること、それ以外の児童については、BMI が大きくなり、17 から 18 にならないと初経は発来しないということも 1 つの目安となり、本研究の知見が今後の学校における保健指導に貢献できるものと思われる。

## 研究の限界と今後の課題

本研究は、発育のほぼ終了した高校3年生を対象に、後方視的に行った。そのため、今回明らかになった「身長スパート開始年齢が低ければ、初経との時差は小さく、身長スパート開始年齢が高くなると初経との時差は大きくなる」という法則を基に、発育途中の児童生徒において初経の予測が可能かどうかは明らかになってはいない。

また、目視法は、成長曲線から人が読み取るものであるため、ある程度の慣れが必要である。本研究の知見から、養護教諭等が実際に初経の予測が可能になるよう、目視法の具体的な方法を広めていく必要があると考える。

初経年齢については、初経調査の3回の回答から正しいと考えられるものを絞り込み、全体の約半数を対象としたが、記憶違いの可能性もあり、前向き研究と比較し、精度が低くなっていることが考えられる。

## 結語

学校の保健指導において、初経を予測することは重要であると考え、研究に取り組んだ。発育は個人差が大きく、一人ひとりの体格の違いも考慮しなければならないが、以下のような視点を持てばある程度の予測が可能になることが明らかになった。

すなわち、身体計測値を基準曲線上にグラフとして表し、身長スパークト開始時点を把握して、そこから2~3年後に初経が発来すると予測する。

ただし、BMI17を超えることを目安とする。また、身長スパークトが低年齢で開始したものは初経が比較的早く発来し、身長スパークトが遅く開始した者は初経までの期間が長い傾向にあることも考慮する。また、発育の順序として、身長スパークト開始→身長最大発育→初経の順に進行する者がほとんどであるが、1割程度はこの順序から外れる者もいることを念頭におく。

成長曲線の作成が推奨されている今日、学校における保健指導において広く活用できるよう、今後も研究を進める必要がある。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、和洋女子大学保健センター、東京女子医科大学名誉教授 村田光範先生には、第一章で用いた、スプライン関数について、理論やソフトの提供、使用法などご指導いただきました。先生のご指導なく論文を書き進めることはできませんでした。心から感謝申し上げます。

そして、本論文を作成するにあたり、指導教員である発育健康学研究室 小林正子教授からは、修士課程の時から一貫して丁寧かつ熱心なご指導を賜りました。子どもたちの身近にいて、身長や体重のデータを持った養護教諭は、今まで以上に発育について関心を持ち、発育状態から病気や心身の不調などを見抜いていく責任があることを学びました。ここに感謝の意を表し、今後も努力していくことを誓います。

また、調査フィールドの調整から実施までご担当いただいている、女子栄養大学の石田裕美先生、上西一弘先生、伊藤早苗先生はじめ関係する皆様に心から感謝申し上げます。

最後に、温かい励ましと細やかな心遣いでご支援ご協力をいただきました研究室の皆様に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 守山正樹. 初潮と発育量. 医学のあゆみ 110 : 1-8, 1979.
- 2) 村上弘一, 窪田與志, 中川俊信, 道倉康仁, 赤祖父一知, 三輪正彦, 坂井明美, 島田啓子. 石川県における初経発来年齢の時代的推移. 母性衛生 29 : 185-190, 1988.
- 3) 菊池潤, 中村泉, 山川純. 最近の初経年齢の推移と初経時の体格. 学校保健研究 34 : 557-562, 1992.
- 4) 日野林俊彦, 清水真由子, 大西賢治, 金澤忠博, 赤井誠生, 南徹弘. 発達加速現象に関する研究・その 27 2011 年 2 月における初潮年齢の動向. 日本心理学会大会発表論文集 77 回 : 1035, 2013.
- 5) 田中敏章, 横谷進, 加藤則子, 伊藤善也, 立花克彦, 杉原茂孝, 長谷川奉延, 大関武彦, 村田光範. 日本人小児の体格の評価に関する基本的な考え方. 日本成長学会雑誌 17 : 84-99, 2011.
- 6) "Parent, A.-S, Teilmann, G, Juul, A, Skakkebaek, N.E, Toppari, J, Bourguignon, J.-P. The Timing of Normal Puberty and the Age Limits of Sexual Precocity: Variations around the World, Secular Trends, and Changes after Migration. Endocrine Reviews 24 : 668-693, 2003. "
- 7) 堀川玲子. 思春期の身体の発達・性の発達. 小児科診療 6:979-987-8, 2005.
- 8) Garcia-Mayor, R.V, Andrade, M.A, Rios, M, Lage, M, Dieguez, C, Casanueva, F.F. Serum leptin levels in normal children: Relationship to age, gender, body mass index, pituitary-gonadal hormones, and pubertal stage. Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism 82 : 2849-2855, 1997.

- 9) Matkovic, V, Ilich, J.Z, Skugor, M, Badenhop, N.E, Goel, P, Clairmont, A, Klisovic, D, Nahhas, R.W, Landoll, J.D. Leptin is inversely related to age at menarche in human females. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 82 : 3239-3245, 1997.
- 10) Argente, J, Barrios, I., Chowen, J.A, Sinha, M.K., Considine, R.V . Leptin plasma levels in healthy Spanish children and adolescents, children with obesity, and cents with anorexia nervosa and bulimia. *Journal of Pediatrics* 131 : 833-838, 1997.
- 11) 間敦子. 思春期の肥満女児における性発達と体脂肪分布およびレプチンの関係. *日本小児科学会雑誌* 107 : 1213-1217, 2003.
- 12) 水野晴夫. 成長のしくみと最近の成長ホルモン治療の進歩. *小児保健研究* 74 : 55-58, 2015.
- 13) 野田艶子. 初経年齢と食生活. *産婦人科治療* 84 : 147-150, 2002.
- 14) 難波聡. スポーツとやせ —女子ジュニアアスリートの低体重に伴う初経発来遅延, 骨密度低下など—. *小児内科* 47:1371-1375, 2015.
- 15) 篠崎俊子, 松浪稔. 女子学生の月経の実態に関する研究 (1) —初経初来前後および月経周期について—. *福岡女子大学文学部紀要* 70 : 15-37, 2006.
- 16) 良香織. 女子大学生の月経の実態と月経観との関連. *思春期学* 22 : 360-374, 2004.
- 17) 緒方妙子, 宇野亜紀. 女子学生の「月経の捉え方」と「月経痛及びセルフケア行動」との関連. *九州看護福祉大学紀要* 11 : 3-9, 2011.
- 18) 満田タツ江, 古川ツネ子, 今村朋代. 短期大学学生の月経に関する調査 —地方都市における短大間の比較検討—. *鹿児島女子短期大学紀要* 42 : 11-20, 2007.

- 19) 鈴木翠, 久納智子, 藤原郁. 女子大学生の月経観と女性性との関連.  
愛知母性衛生学雑誌 24 : 49-56, 2006.
- 20) 斎藤いずみ, 村松宰. 戦後における都道府県別に見た児童生徒の身長  
の伸びとその関連要因について. 学校保健研究 31 : 384-394, 1989.
- 21) 野田艶子, 西山緑. 明治,大正,昭和出生女子の初経年齢の推移と関連  
要因の検討. Dokkyo Journal of Medical Sciences 27 : 189-202, 2000.
- 22) 油座信男, 溝口百合子. 最近の女子中学生の初潮発来と身体発育と  
の関係. 中京女子大学・中京女子大学短期大学部紀要 13 : 89-99,  
1978.
- 23) 小田博雄. 初経時の全身と永久歯の発育について. 思春期学 14 :  
297-302, 1996.
- 24) 茅島江子, 前原澄子, 古橋彰, 石井明治, 木村昭代. 思春期女子の  
初経年齢と身体発育および月経の状態との関連について. 思春期学  
6 : 165-171, 1988.
- 25) 宮原春美, 江藤宏美, 前田恵子, 久保田健二, 石丸忠之. 初経発来  
と身体発育状態. 思春期学 11 : 162-166, 1993.
- 26) 井手裕子, 石井美紀代. 身長および体重の成長と初経との関係. 西  
南女学院大学紀要 5 : 44-50, 2001.
- 27) Yoneyama K, Nagata H, Sakamoto Y. A comparison of height growth  
curves among girls with different ages of menarche. Human Biology  
60 : 33-41, 1988.
- 28) 松本健治, 白石龍生, 小西博喜, 森岡郁晴, 永井尚子, 山本耕平,  
黒田基嗣, 武田真太郎, 三野耕, 竹内宏一. 身長の最大発育年齢と  
初経年齢との関連について. 思春期学 6 : 77-80, 1988.
- 29) 呉萬元, 松浦義行. 身長発育速度曲線のパターンの検討 一韓国青

- 少年の縦断データによる一. 体育学研究 28 : 251-260, 1983.
- 30) 深山智代, 杉原美子. 学童期女子の身長年間増加量曲線のパターンと初潮時身長における個体差. 日本女子体育大学紀要 10 : 36-43, 1980.
- 31) Samperi MA, Novo NF, Juliano Y, Cougnati FA, Sigulem DM. Anthropometry and body composition in ethnic Japanese and Caucasian adolescent girls: considerations on ethnicity and menarche.. International Journal of Obesity 27 : 1114-1120, 2003.
- 32) Garrow,J.S, Webster,J. Quetelet's index (W/H<sup>2</sup>) as a measure of fatness. International Journal of Obesity 9 : 147-153, 1985.
- 33) 小栗和雄, 藤井勝紀. BMI の加齢変化と推定体脂肪量の初経初来臨期. 愛知工業大学研究報告 41 : 7-11, 2006.
- 34) Yi Song, Jun Ma, Hai-Jun Wang, Zhiqiang Wang, Peijin Hu, Bing Zhang, Anette Agardh. Trends of Age at Menarche and Association with Body Mass Index in Chinese School-Aged Girls, 1985-2010. The Journal of Pediatrics 165 : 1172-1177, 2014.
- 35) Heiko Bratke, Ingvild Særvold Bruslerud, Bente Brannsether, Jörg Aßmus, Robert Bjerknes , Mathieu Roelants , Pétur B. Júlíusson . Timing of menarche in Norwegian girls: associations with body mass index, waist circumference and skinfold thickness. BMC Pediatrics 17 : 138, 2017.
- 36) Seung Eun Lee, Joo Yun Yang, Ji Hyun Lee, Han Wool Kim, Hae Soon Kim, Hye Jin Lee, Ji Young Oh, Yeon Ah Sung. Relationship of age at menarche on anthropometric index and menstrual irregularity in late adolescent girls in Seoul . Annals of Pediatric Endocrinology & Metabolism 18 : 116-121, 2013.

- 37) 工藤陽子, 庄本正男, 武田真太郎, 横尾能範, 佐守信男. 身長の最大発育年齢から見たわが国における発育促進現象の推移. 日本公衆衛生雑誌 31 : 378-385, 1976.
- 38) 松本健治, 三野耕, 小西博喜, 白石龍生, 吉田義昭, 武田真太郎. 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—. 日本衛生学雑誌 43 : 749-753, 1988.
- 39) KENJI MATSUMOTO, HIROFUMI MIYATA, TSUTOMU MINO, SHINTARO TAKEDA. A Calculation Method of the Maximum Growth Age in Height. Wakayama Medical Report 21 : 79-86, 1978.
- 40) 白石龍生, 後和美朝, 宮井信行. 初経年齢と最大発育年齢との関連. 大阪教育大学紀要 第 III 部門 44 : 97-102, 1995.
- 41) 湯浅弘子. 小学校における初経発来への傾向 —初経指導と関連して—. 学校保健研究 42 : 151-162, 2000.
- 42) 後和美朝, 白石龍生, 森岡郁晴, 宮下和久, 武田真太郎, 平瀬悦子, 松本健治. 女子高校生の初経と身体発育との関連. 思春期学 13 : 249-254, 1995.
- 43) 米山京子, 永田久紀, 宮田英子, 坂本洋子. 思春期の身体発育パターンによる初潮年齢の予測. 日本衛生学雑誌 43 : 887-894, 1988.
- 44) 田原佳子, 多田羅裕子, 村田光範, 高石昌弘, 船川幡夫. 思春期成長促進現象に関する数学的解析について —第 1 報—. 思春期学 4 : 51-58, 1986.
- 45) 目崎登, 佐々木純一, 庄司誠, 岩崎寛和, 横山寛子, 安ヶ平伸枝, 小松美穂子. 初経発来時の身体発育状態. 思春期学 5 : 15-20, 1987.
- 46) 森岡郁晴, 宮下和久, 後和美朝, 石居宜子, 黒田基嗣, 武田真太郎, 平瀬悦子, 松本健治. 女子高生の初経発来時の身体発育状態. 思春

- 期学 14 : 116-120, 1996.
- 47) 藤井勝紀, 花井忠征, 穠丸武臣, 斎藤由美. 初経年齢推定に関わる生物学的パラメーターの検証 —BMI と Rohrer 指数の加齢変化曲線からのアプローチ. 教育医学 51 : 157-167, 2005.
- 48) 梅村保代, 杉浦絹子. 中学生女子の月経随伴症状と家庭における月経教育の実態. 母性衛生 50 : 275-283, 2009.
- 49) 小林正子, 大沼久美子, 平川俊功, 三木とみ子. 学校における身体計測の現状をふまえた「発育グラフ」活用の提案. 学校保健研究 51 : 193, 2009.
- 50) 渡邊法子, 小林正子, 村田光範. 平滑化スプライン関数による身長発育と初経との関連性の検討. 日本成長学会雑誌 21 : 40-49, 2015.
- 51) 大野ゆう子, 田原佳子, 村田光範, 巷野悟郎. スプライン平滑化法を用いた標準身体発育曲線の作成 . 日本小児科学会雑誌 92 : 1699-1704, 1988.
- 52) 大野優子, 石島央子, 巷野悟郎, 田原佳子, 村田光範. 昭和 55 年度乳幼児身体発育値および文部省学校保健統計調査結果を用いた平滑化スプライン身体発育曲線の作成. 小児保健研究 46 : 299-304, 1987.
- 53) Biro FM, McMahon RP, Striegel-Moore R, Crawford PB, Obarzanek E, Morrison JA, Barton BA, Falkner F. Impact of timing of pubertal maturation on growth in black and white female adolescents: The National Heart, Lung, and Blood Institute Growth and Health Study. Journal of Pediatrics 138 : 636-643, 2001.
- 54) 田中敏章, 諏訪瑛三, 横谷進, 日比逸郎. 正常小児の思春期成長パターンの解析 —思春期の時期が最終成長に及ぼす影響—. 日本小児科学会雑誌 92 : 2419-2424, 1988.

- 55) 高石昌弘, 大森世都子, 宮部黎子, 岩本幸弓. 思春期身体発育のパターンに関する研究 第2報 女子の身長発育速度、体重発育速度および初潮年令について. 小児保健研究 26 : 280-285, 1969.
- 56) 加藤純代, 山口(武井)典子, 芦澤玖美, 保志宏. 身長・胸囲・体重にみられる最大成長速度年齢の相互関係について. 人類学雑誌 100 : 433-447, 1993.
- 57) 小池亜紀子, 中原凱文. 女子大学生における初経発来時期および成長期の運動経験と骨量の関係. 医学と生物学 156 : 35-40, 2012.
- 58) 後和美朝, 五十嵐裕子, 宮井信行, 宮下和久, 武田眞太郎. 成熟度を加味した発育期の BMI の年齢変化. 思春期学 33:186-193, 2015.
- 59) 平川隆史, 峯岸敬. 思春期発来機序. HORMONE FRONTIER IN GYNECOLOGY 21 : 11-15, 2014.
- 60) 小林正子, 福田彩子. 子どもの健康を見守るための「発育グラフソフト」の開発と学校における活用の検討. 日本成長学会雑誌 16 : 31-37, 2010.
- 61) 田中敏章. 低身長児の自然発育: 成人身長を規定する因子の検討. 日本成長学会雑誌 16 : 15-20, 2010.