

はしがき

体力・運動能力は身体成熟度の影響を受ける。同じ暦年齢の子ども同士を比べてみても、よりおとなのからだつき - からだの成熟が進んでいる - の子どもはより高い身体活動の成績を示すだろう。身体活動・運動能力を支える筋組織を中心とする体型あるいは除脂肪体重の割合の高い子どもは、また、より高い身体活動の成績を示すだろう。さらに、痩せた体型の子どものからだの成熟が遅いというような、体型と成熟の関係があるのかも知れない。したがって、体力・運動能力の発達をからだの成熟度を表す生物学的年齢および身体組成やソマトタイプによって評価する必要がある。生物学的年齢を計るには骨成熟が一番高い精度をもつが、この方法は子どもにとって侵襲的である。そこで、身長成熟度の指標を使って生物学的年齢を計ることにする。

まずはじめに、これまで基礎的データが提供されていない思春期の日本人の体型の成長パターンを横断的および縦断的に見る（課題一）。第二の課題では体型と身体成熟度にどのような関連があるかを分析する。第三の課題では体型の発育と体力・運動能力の発達との関連について縦断的に検討する。そして第四の課題として、体型の発育と身体活動量の変化の関係を検討する。

この研究は、スポーツテストの教育的評価や生徒が志望する運動部活動選択時の助言、スポーツタレント発掘といった実際的な場面で役立つ基礎を提供するものである。

研究組織

研究代表者：高井 省三 （筑波大学体育科学系）

研究経費

平成 11 年度	1,900 千円
平成 12 年度	700 千円
計	2,600 千円

研究発表

（ 1 ）学会誌等

増尾奈々絵，海老名貴之，高井省三：思春期の体組成・体型と体力・
運動能力の変化の関係．AUXOLOGY，7：36-38，2000.10.31.

（ 2 ）口頭発表

高井省三：体型と身長成長の関係．第 54 回日本人類学会大会（東
京），2000.11.4.

1 . 基本的概念・用語の解説

ソマトタイプとは何か

長い間、ヒトの体格もしくは体型を分類して表現する努力がはらわれてきた。かつて、体型はヒトの病気にかかりやすさや性格・行動に関連していると考えられたからである。Tanner (1964) はスポーツパフォーマンスと体型の関係に注目し、オリンピック選手の体型は一般人とは異なっていると結論した。スポーツパフォーマンスを規定する要因は体型だけではないが、スポーツマンの最終到達点を規定する一つの要因と信じられている (Malina and Rarick, 1974)。

Sheldon (1940) は写真法による生体観察の手法で体型を 3 つの構成要素に分ける方法を発表した。これらは、消化器系器官の優位な身体全体が柔らかく丸い体型を示す内胚葉型要素、筋、骨格、結合組織が優位な中胚葉型要素、筋の発達が貧弱、痩身、虚弱な体型で体重に比べ体表面積が大きい外胚葉型要素である (図 1.1)。Sheldon のソマトタイプは、計測目盛りのついた格子の前に裸で立ち 3 枚 (前面、側面、後面) の写真を撮り評価される。そしてネガや写真上で 17 の測評定を行う。3 つの要素をそれぞれ数値化し評価する。評価は 7 点の尺度で評価され、それぞれの要素において 1 点は最も少なく、4 点は中位、7 点はその要素の典型を表す。しかし、Sheldon の方法では評定者の主観の影響が大きく、写真を用いることで費用がかかるなどの理由により、後の研究者達が修正を加えた。Heath と Carter (1972) は Sheldon の方法を修正し、人体計測法によるソマトタイプ算出法 (Heath-Carter 法) を確立した。Heath-Carter 法は本来は写真法と人体計測法の両計測法を含むものであるが

今日の主流は人体計測法だけを用いる方法となっている。現在のソマトタイプ研究は、Heath-Carter 法が一般的である（Carter and Heath, 1990; マリーナとブシャーレ, 1995 : pp.60-64）。

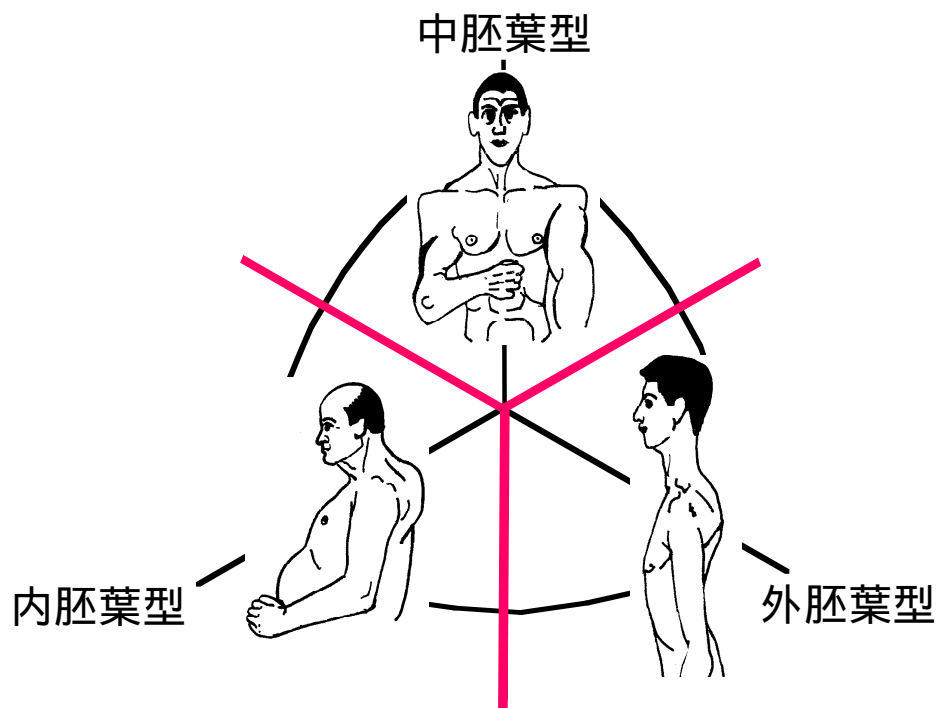


図 1.1 体型の概念図

ヒトのからだを外形から判断して分類するものがソマトタイプであるが、体組成は内部組織からからだの分類を試みてるものである。ヒトのからだは水分、たんぱく質、ミネラル、脂肪という 4 成分から構成される体組成から成り立つ（マリーナとブシャーレ, 1995 : pp.80-83）。これら 4 つの体組成が、それぞれ体重に寄与している。体重から脂肪量と除脂肪量（脂肪以外のもの）の 2 つの成分に分けて考えた単純なコンパートメントモデルがある（北川, 1993）。ま

た近年において一般的に、バイオインピーダンスを用いた体脂肪率測定が幅広く普及している。体脂肪率は体重において脂肪の占める割合をみた指標である。体脂肪率はソマトタイプの内胚葉要素と比較的高い相関を示すが、除脂肪量は中胚葉要素とは低い相関しか示さない（マリーナとブシャーレ、1995：p. 63）。ソマトタイプの研究を体組成の結果で補足するのがよいかもしいない（マリーナとブシャーレ、1995：p.63）。体組成と両者を考慮したこれら 2 つの観点、目で見ただけの形とからだの内部組織の両方から総合的にからだの形を判定するときには「体格」という言葉を用いると Tanner（1988）は定義している。

Heath-Carter のソマトタイプ

Heath と Carter は Sheldon の方法を改訂し、身体計測を用いてソマトタイプ算出法を確立した。計測項目は身長(cm)・体重(kg)・上腕骨顆間幅(cm)・大腿骨顆間幅(cm)・屈曲上腕囲(cm)・下腿最大囲(cm)・上腕三頭筋皮脂厚(mm)・肩甲下皮脂厚(mm)・腸骨棘上皮脂厚(mm)・下腿内側皮脂厚(mm)の 10 項目である。その値をもとに算出式から各要素のスコアを算出する。

Heath-Carter 法のソマトタイプ算出式は以下の通りである。

$X = (\text{肩甲下皮脂厚} + \text{三頭筋皮脂厚} + \text{腸骨棘上皮脂厚}) \times 170.18 / \text{身長}$ 、とおく。

内胚葉型スコア = $-0.7182 + 0.1451(X) - 0.00068(X^2) + 0.0000014(X^3)$

中胚葉型スコア = $[(0.858 \times \text{上腕骨顆間幅}) + (0.601 \times \text{大腿骨顆間幅})$

$+ 0.188 \times (\text{屈曲上腕囲} - \text{三頭筋皮脂厚}/10) + 0.161$

$\times (\text{下腿最大囲} - \text{下腿内側皮脂厚}/10)] - 0.131$

$\times \text{身長} + 4.50$

外胚葉型スコア

$\left\{ \begin{array}{l} \text{身長}^3 \text{ 体重} > 40.75 \text{ であれば} \\ \qquad \qquad \qquad = 0.732 \times (\text{身長}^3 \text{ 体重}) - 28.58 \text{ を用いる,} \\ 38.25 < \text{身長}^3 \text{ 体重} < 40.75 \text{ であれば} \\ \qquad \qquad \qquad = 0.463 \times (\text{身長}^3 \text{ 体重}) - 17.63 \text{ を用いる,} \\ \text{身長}^3 \text{ 体重} < 38.25 \text{ であれば} \\ \qquad \qquad \qquad = 0.1 \text{ とする。} \end{array} \right.$

各要素のスコアは Sheldon の方法と同様に，内胚葉スコア-中胚葉スコア-外胚葉スコアと併記する。例えば 4.3-5.6-2.1 であれば，中胚葉要素が最も大きいので中胚葉要素優位型の体型である。同様に各スコアが最も大きいソマトタイプを特徴としている体型を示す。3-3-3，4-4-4，3-4-3 など 3 つのスコアが全て中等度であれば 3 要素のバランスがとれた中心的なソマトタイプをもつ体型を示す。

ソマトチャート

3 つのソマトタイプスコアを 2 次元平面に置き換えたものがソマトチャートである。図 1.2 は Sheldon の，図 1.3 は Carter のソマトチャートを示す。

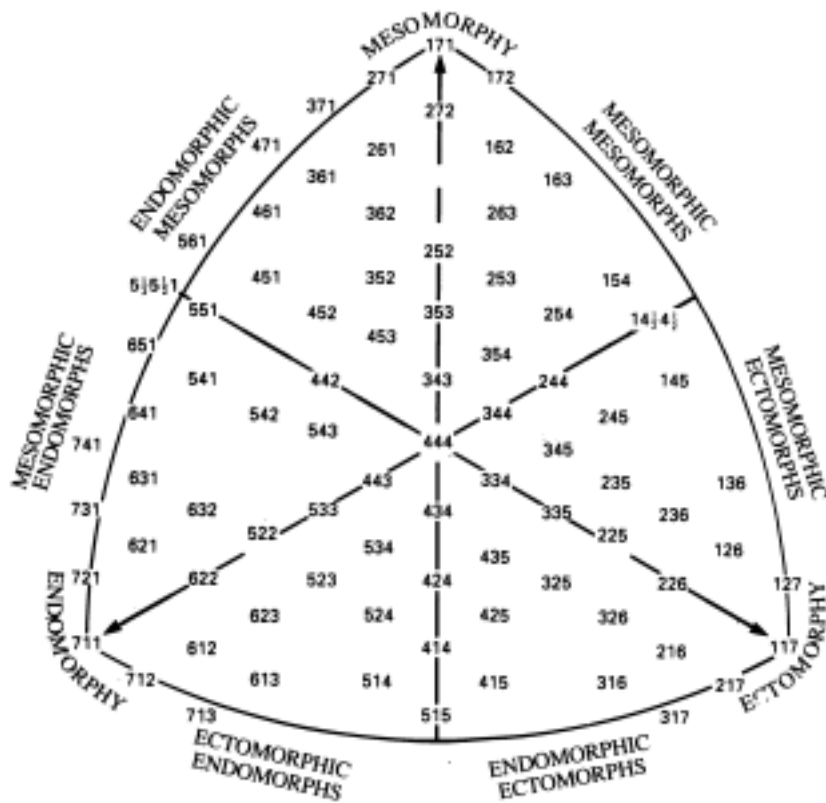


図 1.2 Sheldon の cluster chart (1949)

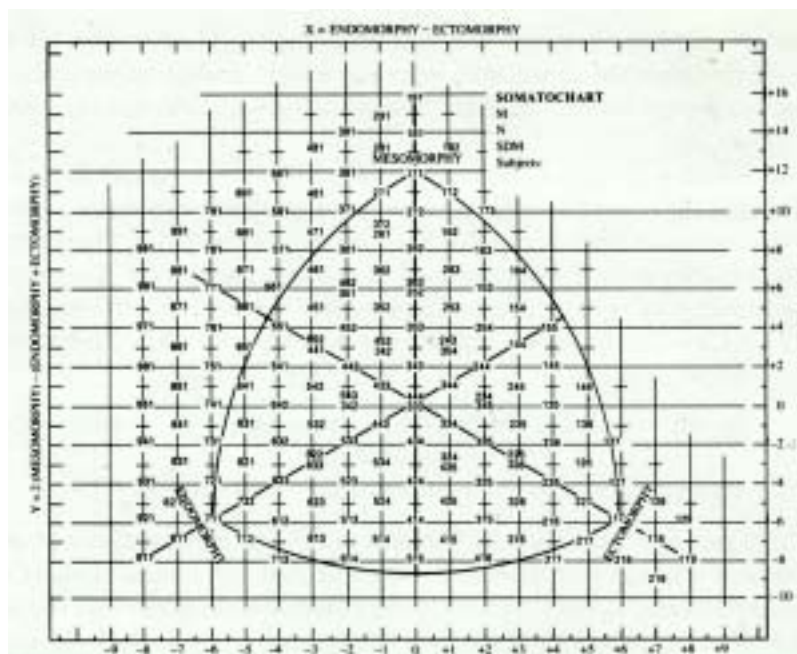


図 1.3 Carter のソマトチャート (1980)

3つのスコアから X・Y 座標を算出し、チャートの上で交わる所に個人をプロットする。2つの座標の算出式は以下の式である。

$$X \text{ 座標} = \text{外胚葉型スコア} - \text{内胚葉型スコア}$$

$$Y \text{ 座標} = 2 \times (\text{内胚葉型スコア}) - (\text{内胚葉型スコア} + \text{外胚葉型スコア})$$

成熟とは何か

まったく未完な組織，器官が完成の状態または個体が成体（成人）に達するテンポあるいは過程を成熟 maturity, maturation という。この完成の状態は身長のように 170cm という値で表わされるものではなく，100%という概念をもつ。四肢骨の発生（骨成熟）では軟骨モデルが完全に骨組織で置換されると骨成熟が完了したことになる。このように成熟にはすべての正常なヒトに共通の終点がある，しかしすべての子どもの身長の成長の完成（終点）を共通の値で表わすことはできない。成熟の指標はしばしば，離散的，順位的，質的あるいは非可算的なものである。成熟と生理学的年齢は密接な関係を持っている。

からだの成熟をあらわすには生体で骨化の過程（とくに成長期での骨化を骨成熟という）を X 線で観察し，ある基準に照らし合わせて生理学的年齢を求める，骨年齢あるいは骨成熟評価法が用いられる。すなわち，骨化時計ではかった時間が骨年齢である。RWT 法（Roche-Wainer-Thissen 法，1975）は膝の骨による骨年齢評価法であるが，最近では X 線撮影の容易さ，情報量の多さ，X 線被曝量の軽減，低コストなどの点から手と手首の骨が骨年齢判定の対象となっている。手骨での骨年齢評価法には2つの方式 - 図譜法，スコア法 - がある。図譜法は適当な暦年齢ごとに標準的な骨成熟を示す X 線像が用意されており，この標準と比較して一番マッチしている年齢を探す方法である。この方法

は Todd (1937) が始め, Greulich-Pyle (1959) が引き継いだ。スコア法は Acheson (1954) が Oxford 法として始めた方法で, Greulich-Pyle の手骨の成熟指標に点数 (実は骨成熟の順位数) を割り振りこれを合計したスコアで骨成熟の段階を表わすものである。この方法を日本人向けに改訂したものが, 杉浦 - 中沢法 (1968, 1985) である。Tanner らは, 順位数は可算できないという Oxford 法がもつ矛盾を解消した TW1 法 (Tanner et al., 1962) を発展させた。現在では TW1 法の改定版である TW2 法 (Tanner et al., 1975, 1983) が広く流布している。TW2 法ではいくつかの手骨の成熟指標に相当する成熟段階を X 線フィルムから読み取り, 8 ないし 9 の成熟段階に対応する重み付きスコアを合計する。骨成熟が完成するとこのスコアは 1000 点となる。したがって, 500 点の骨成熟スコアは 50% の成熟度をあらわすこととなる。さらに標準骨成熟曲線に対応する暦年齢を読み取り骨年齢を決定する。TW2 法はイギリス児童を対象にしているので, 骨年齢はイギリス児童相当のものである。そこで, 村田ら (1993, 1997) は日本児童を対象とした TW2 骨年齢を発表した。Roche ら (1988) の FELS 法はアメリカ児童を対象とした新たなスコア方式の骨年齢評価方法である。スコア方式はやや複雑な評価法である。最近では評価者が読影した骨成熟の段階からパーソナルコンピュータで合計スコア, さらに骨年齢に変換することが可能になっている。

身長 の 97 ~ 98% は骨格要素が占めている (マリーナとブシャー, 1995 : p.91.)

下肢の長管状骨の両端にある軟骨板 (骨端軟骨) の一方で軟骨が増殖し他方で成熟した軟骨が骨に置き換わっていく (骨化) と結果として骨の長さが大きくなる。こうして身長が伸びる。手と手首の骨に見るこの骨化の程度をスコアあ

るいは年齢として評価したものが骨成熟あるいは骨年齢である (Tanner et al., 1983)。この骨成熟 (骨年齢) に基づいて成人身長を予測しようという方法 (Roche et al. 1975b; Tanner et al., 1983; Bayley and 1985; Inneau, 多田羅, 1989; 松岡ら, 1994; 高井, 1995) は現在のところもっとも高い精度をもつ。しかし, この方法は健康な子どもの手には, わずかではあるが, X 線を照射しなければならない。

そこで, 骨成熟 (骨年齢) 評価法に代わる, より精度の高い生体にとって非侵襲的な成人身長推定法が開発されてきている (Wainer et al., 1978)。TT法は身長の個人追跡資料に三重のロジスティック曲線から成る成長曲線 (図 1.4) を当てはめて成人身長を推定する方法である (Bock et al., 1994)。この予測法はパーソナルコンピュータプログラム (AUXAL) として商品化されており, 操作も容易である。予測された成人身長をすべての子どもの身長成長の共通な終点 (100%) として, 子どもの身長を予測成人身長に対する割合で表す。そうするとこの割合は成熟度を示すことになる。この成熟度は TW2 骨成熟と同じ価値を表すはずである。そこでこの成熟度を身長成熟度 (Height maturity) とよぶことにする。これによって, 暦年齢とは別の, 生体にとって非侵襲的な生物学的年齢を確立することができる (高井, 1997)。

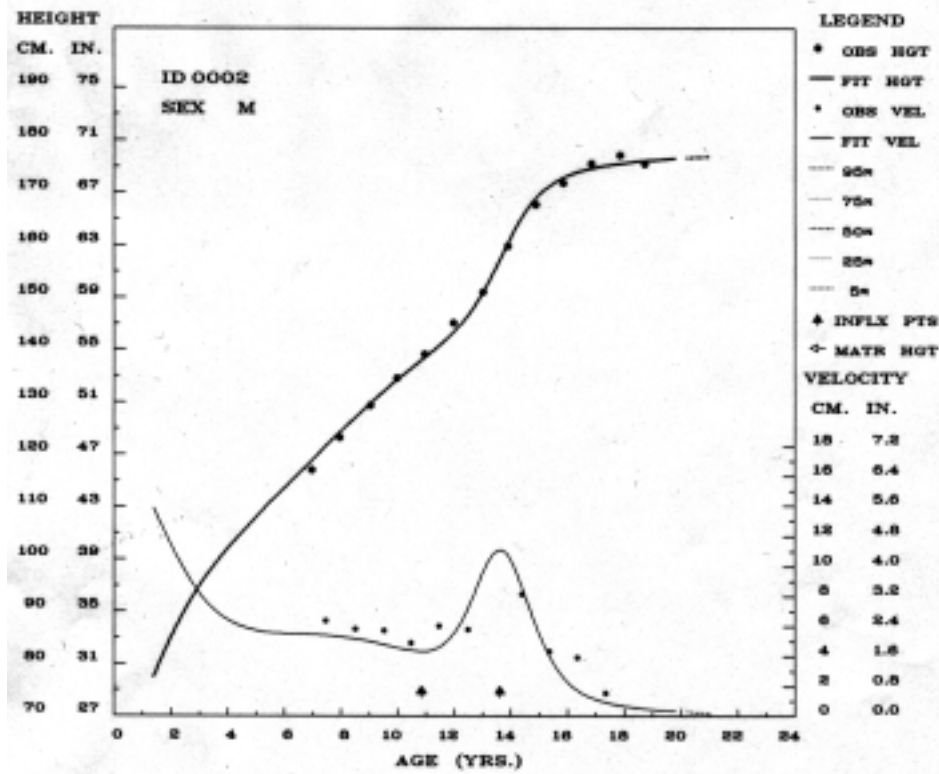


図 1.4 BTT 法による成人身長と各種成長パラメータの推定

体力・運動能力

運動能力を評価するためのテストは、文部科学省が実施しているスポーツテストがある（文部省体育局，1998，1999）。文部科学省は昭和 39 年以来国民の体力・運動能力の現状を把握し、体力づくり・健康の保持増進を資するとともに、体育・スポーツ活動の指導などの資料として広く活用している。スポーツテストの内容は、運動の基礎的要因である、敏捷性，瞬発力，筋力，持久力，柔軟性を測るための体力テストと、走・跳・投能力などの基本的な運動動作によってスポーツにおける基礎的能力の測定が含まれる。近年，スポーツ医・科学の進歩や高齢化の進展に伴い，テストの見直しが行われた。平成 10 年度から被験者年齢区分やテスト項目を見直した「新体力テスト」が実施されている。

年齢区分は、6～11歳の小学生、12～19歳の学校段階の青少年、20～64歳の成人、65～79歳の高齢者の4区分としている（文部省体育局、1998, 1999）。

2. 被験者と方法

被験者

茨城県つくば市の一公立中学校に 1998 年度から 2000 年度の 3 年間在籍した中学生を被験者とした。1998 年の第 3 学年，2000 年の第 1 学年は除外した。

表 2.1 被験者

1998年度	1999年度	2000年度
第3学年	第3学年	第3学年
第2学年	第2学年	第2学年
第1学年	第1学年	第1学年

彼らは形態計測に参加し，スポーツテストのデータを持つ健常な生徒である。

3 回の形態計測値とスポーツテストのデータをもち追跡調査が可能となった被験者は，1998 年度入学の第 1 学年：女子 58 名，男子 45 名である。スポーツテストの全種目の記録が揃わない者，記録のないデータは欠損値として扱ったため，1 年間の変化をみた種目ごとの被験者数（1998 年度の第 1-2 学年，1999 年の第 1-3 学年，2000 年の第 2-3 学年：女子 241-253 名，男子 239-262 名）は異なる。

1998 年から 2000 年にわたり，年 1 回の縦断的形態・体組成計測調査を実施した。実施期間は 6 月下旬から 7 月上旬であった。スポーツテスト，アンケートは当該中学校が体育授業時間を利用して 5 月下旬に全ての項目を終了している。

計測項目と計測方法

形態計測はマルチン式人体計測器を用いておこなった。被験者の着衣は半袖シャツ，短パンとした。計測場所は中学校保健室を利用し，男女は別室で計測した。計測は Heath-Carter の人体計測法に基づいた計 10 項目に体脂肪率(%Fat)を加えた計 11 項目でおこなった。身長，体重，%Fat 以外の項目は特別な理由がない限りすべて身体の右側を計測した。十分な経験を積んだ計測者が全調査期間を通じ各項目の計測にあたった。計測には以下 4 種類器具のマルチン式計測器と体重計を用いた(工業技術院製品科学研究所，1994；鈴木，1973)。

A：身長計(Anthropometer)

鋼鉄製・管状の物指で，0～200mm まで目盛りが付され，物差しの軸と垂直方向に可動な横腕が 1 本はめられている。運搬の便利のために 4 本に分解できる。

B：巻尺(Bandmass)

彎曲する部位の弧長または周径を計測することができる。本研究では布製巻尺を使用した。

C：触角計(Spreading caliper)

2 本の触覚が一端でジョイント接続された形状の計測器で，逆の端で被験者を挟むようにして計測をする。小型と大型があり，前者は通常 300mm まで，後者は 450mm まで測ることができる。今回の計測には後者の大型を使用した。

D：皮脂厚計(Skinfold caliper)

ハーペンデン式キャリパーを用いた。左手で皮下組織をつまんでひだをつ

くり，これを右手にもった計測器で挟み厚さを計測する。

E：体重計(Weight scale)，体脂肪率(%FAT)

タニタ社製体内脂肪計 TBF-401 を用いた。身長を入力後，被験者を素足で測定器にのせた。あらかじめ体操服の着衣量 (0.5kg) を引いた。

計測項目は Carter and Heath (1990) の 11 項目である (図 2.1)。計測方法を以下に示す。器具に示すアルファベットは上の計測用具を示す。

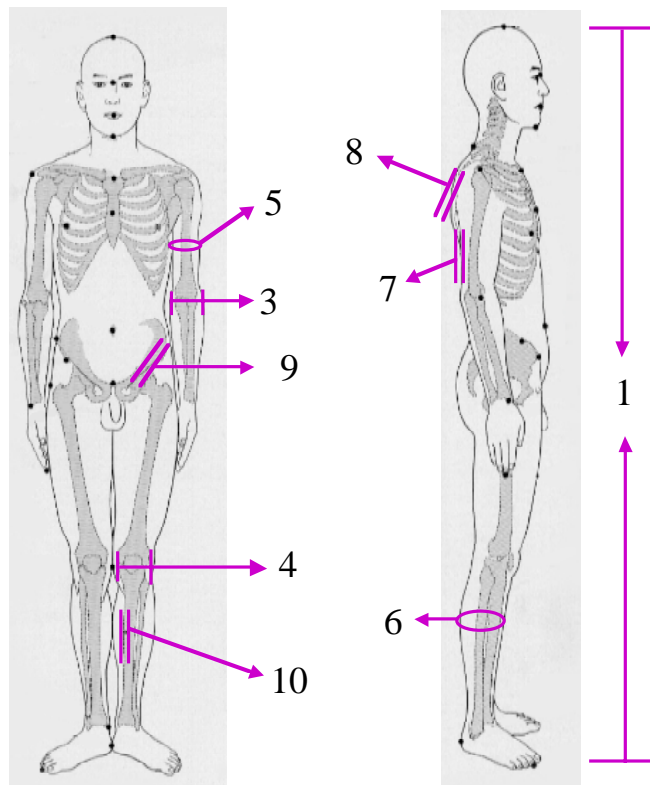


図 2.1 計測項目

1. 身長(Height，器具：A)

被験者に左右の踵を合わせ，背伸びをさせた後，背筋を伸ばした自然立位をさせ，床と耳眼面が水平になるように顎を引かせた。床から頭頂点までの垂直距離を記録した。

2. 体重(Weight , 器具 : E) , 体脂肪率 (%Fat mass , 器具 : E)
背筋を伸ばした自然な立位をとらせ , 両足に均等に荷重させて計測した。
3. 上腕骨顆間幅(Bicondylar humerus , 器具 : C)
座位で肘関節を 90° に保ち , 肘の下方約 45° の方向から計測器を当て皮下組織をしっかり圧迫する。上腕骨内側・外側上顆点間の直線距離を計った。
4. 大腿骨顆間幅(Bicondylar femur , 器具 : C)
座位で膝関節を 90° に保ち , 皮下組織をしっかり圧迫する。大腿骨内側・外側上顆点の間の直線距離を計測した。
5. 屈曲上腕囲(Upper arm circumference , 器具 : B)
自然立位のま上腕を水平に保ち , 前腕をほぼ垂直に挙げ手を強く握りしめて上腕二頭筋を最大収縮させた状態で計測した。
6. 下腿最大囲(Calf circumference , 器具 : B)
両脚を少し開いて自然立位させ , 正面からみて下腿輪郭の幅が広い高さにおける水平距離を計った。
7. 三頭筋皮脂厚(Triceps , 器具 : D)
立位で肩峰と肘頭を結ぶ直線の中央部の皮下組織の厚さを計った。
8. 肩甲下皮脂厚(Subscaplar , 器具 : D)
肩甲骨下角の下方の皮下組織の厚さを計測した。
9. 腸骨棘上皮脂厚(Suprailiac , 器具 : D)
上前腸骨棘 5-7cm 上方を内下方 45° に傾向くように摘んだ皮下組織の厚さを計った。
10. 下腿内側皮脂厚(Medial side of the calf , 器具 : D)

下腿最大囲の高さの内側を垂直に摘んだ皮下組織の厚さを計測した。

スポーツテスト

スポーツテストは文部科学省が規定するものを採用した（青木ら，1997；波多野，1995，1997；河野，1997；文部省体育局，1998，1999）。実施項目は，握力，上体起こし，長座体前屈，反復横跳び，20m シャトルラン，50m 走，立ち幅跳び，ハンドボール投げの 8 項目であった。全項目男女共通に行った。スポーツテストのデータは全校生徒の記録集計表から収集した。各テストの実施要項は以下の通りである。

- 1 握力。左右交互に 2 回ずつ実施した。記録は kg 単位とし，小数点以下は切り捨てた。記録は左右の良い方の平均を記録とする。
- 2 上体起こし。被測定者は仰臥姿勢をとり，両腕を胸の前で組む。補助者が被測定者の両膝の角度 90° に保ち固定する。この姿勢から両肘と両大腿部がつくまで上体を起こす運動を 30 秒間繰り返す。時間内の反復回数を記録とする。
- 3 長座体前屈。被測定者は両脚を測定器の箱の間に入れ長座姿勢をとる。壁に背・尻をぴったりとつける。肩幅の広さで両手の平を下にして，手のひらの中央に測定器の縁が掛かるように手を置く。胸を張って両肘を伸ばしたまま両手で箱を手前に十分引きつけ，最大前屈を行う。2 回実施して良い方の値を記録とする。
- 4 反復横跳び。中央線から両側 1m 間隔の直線を 2 本平行に引く。ラインを越すか，踏むまでサイドステップを 20 秒間おこなう。それぞれのラインを通過するごとに 1 点として数える。2 回実施して良い方値の記録とする。

- 5 20m シャトルラン。被測定者は 20m 間隔の 2 本のラインの一方に立ち、テスト開始を告げる 5 秒間のカウントダウンの後の電子音により開始する。一定の間隔で 1 音ずつ電子音が鳴る。次の電子音が鳴るまでに 20m 先のラインに達し、足が越えるか触れたらその場で向きを変える。この動作を繰り返す。電子音の間隔は 1 分ごとに間隔が短くなる。電子音の計測開始時の間隔は約 8.5 秒であるが、2 分後には 7.6 秒、10 分後には 5.3 秒までに短縮される。設定された速度を維持できなくなって走るのをやめたとき、もしくは 2 回続けてどちらかの足で線に触れることができなくなったときに終了する。そこまでの往復回数を記録とする。
- 6 50m 走。スタートはクラウチングスタートとする。実施は 1 回である。記録は 1/10 秒単位とし 1/10 秒未満は切り上げる。
- 7 立ち幅跳び。両脚を軽く開いてつま先が踏み切り線に揃うように立ち、両脚で同時に踏み切り前に跳ぶ。実施は 2 回で良い方の値を記録とする。
- 8 バドボール投げ。直径 2m の円の中心角 30° になる直線を円の外に向かって 2 本引いた範囲内にボールを投げる。投球中、投球後円を踏んだり超してはならない。記録はメートル単位とし、小数点以下は切り捨てる。2 回実施して良い方を記録とする。

運動・スポーツ活動実施アンケート調査

文部科学省が規定するスポーツテストにはスポーツテストの他に、運動・スポーツの実施状況と 1 日の運動・スポーツ実施時間をアンケート形式で行った。1999 年度と 2000 年度の 2 回アンケートに答えた生徒は、男子 471 名、女子 456 名であった。アンケート内容は以下の通りである：

Q1. 「毎月外での遊び・スポーツを何日くらいしますか？」

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1.ほとんど毎日（週3日以上） | 2.ときどき（週1~2日程度） |
| 3.ときたま（月1~3日程度） | 4.しない |

Q2. 「毎日外での遊び・スポーツを何時間くらいしますか？」

- | | |
|--------------|--------------|
| 1.30分未満 | 2.30分以上1時間未満 |
| 3.1時間以上2時間未満 | 4.2時間以上 |

欠損値の処理

欠損値を多く含むデータは対象外とした。3年間の体型変化を見た被験者は、3回の形態計測値を持っている者とした。また1年間の体型変化と運動能力変化をみた被験者は、2回の形態計測値、スポーツテスト、アンケートの回答を持っていない者のデータも対象外とした。

分析方法

体型指標は、形態計測値を Heath-Carter の計算式に入力し、ソマトタイプスコア（内胚葉型・中胚葉型・外胚葉型）を算出した。体組成指標は、体脂肪率（%FAT）除脂肪量（LBM：体重-体重×体脂肪率）を用いた。生徒の体型・体組成と体力・運動能力の1年間の変化（1998年 1999年の1 2学年，2 3学年。1999年 2000年の1 2学年，2 3学年）を見るために、ソマトタイプスコアについては成長率（年間増加量）を算出した。一方、スポーツテスト成績については比成長率（年間増加量/前年現量値）のみを算出した。ソマトタイプはその定義および算出方法からしてサイズ（量）の概念を含まないシェイプの形質であるので成長率をそのまま成長の指標とした。一方、スポーツテストは量から量へのサイズの変化であるので、ソマトタイプの変化と合わせるために

変化量を前年量に対する比率の比成長率であらわした。

下記の方法で体型と運動能力の関係を男女別に調べた。

1) 1998～2000年、中学1-3年の計測に継続して参加した生徒を対象に体型・体組成、体力・運動能力の変化を見るため、対応のあるt検定を行った。2) 1998年度の中学1-2年、1999年度の1-3学年、2000年度の1-2学年データを一括しそれぞれ個々の体組成・体型と体力・運動能力とについて成長量と比成長率を用いて単相関・偏相関分析を行った(クーリーとローンズ,1973;繁耕ら,1999)。分析における有意水準は5%水準とした。

単相関分析は、体型指標である3つのソマトタイプスコアをそれぞれ独立したものとして考えスポーツテストを行った。また、偏相関分析は、3つのソマトタイプスコアを相互に関連するものとみなし(マリーナとブシャー、1995:p.75)、3つのスコアのうち2つを一定にしたときの相互の影響を見るために行った。正準相関分析は、ソマトタイプスコアとスポーツテストの2つの変数グループから相互に影響する成分を導き出すのに行った。

身体活動量の判定

1999年度と2000年度の2回で「運動・スポーツの実施状況」と「1日の運動・スポーツ実施時間」についてのアンケート調査の解答を乗じ、1ヶ月単位に活動する時間に換算しA～Eの5段階に分類した。1999年2000年と2回の計測に参加しアンケート項目に答えている生徒とした。

A:24時間～32時間

B:12時間～16時間

C:6時間～8時間

D:1 時間 ~ 4 時間

E:1 時間以下

2 回のアンケートをそれぞれ掛け合わせ (例:AB, CB, DD など), 1 ヶ月に運動する時間が増加し身体活動量が向上した群と, 減少した群に男女別に分類した。

3 . 日本人の思春期の体型の成長

はじめに

ポテタービル, からだづくりのような言葉が競技スポーツの世界で一般的になっている。筋力トレーニング, レジスタンストレーニングを積むとアスリートのかからだつきは筋肉隆々としたものに近づいていく。エアロビック運動, 持久力トレーニングを積んだスポーツマン, 競技者のからだつきは皮下脂肪のすくないスリムのものになっていく。このように特異的なトレーニングを積むことでそれぞれの体力・運動能力の発揮に適した体型を創ることができる。しかし, 特別なトレーニングをおこなわない, いわば自然の状態で成長している思春期のこどもの体型はどのように変化していくのだろうか? 第一の課題は思春期の日本人の体型 (Heath-Carter のソマトタイプ) の成長パターンを見ることを目的にしている。

ソマトタイプの発育の横断的観察

1999 年のつくば市内の一公立中学校生徒 (女子 195 名, 男子 213 名) のソマトタイプの分布を横断的に調べた。平均年齢とその標準偏差は, 女子で 13.7 ± 0.84 歳, 男子で 13.8 ± 0.85 歳であった。

表 3.1 ソマトタイプスコアの平均値と標準偏差

	女子 (194人)	男子 (211人)
内胚葉要素	4.4 ± 1.25	3.6 ± 1.87
中胚葉要素	3.7 ± 1.17	4.9 ± 1.32
外胚葉要素	2.9 ± 1.36	3.1 ± 1.50

ソマトタイプスコアの基本統計量を表 3.1 に示した。しかし, 図 3.1 に見るようにスコアの分布は正規分布から外れているような項目もあるので, 図中に

中央値を示した。女子は内胚葉型が，男子は中胚葉型のスコアが大きい。

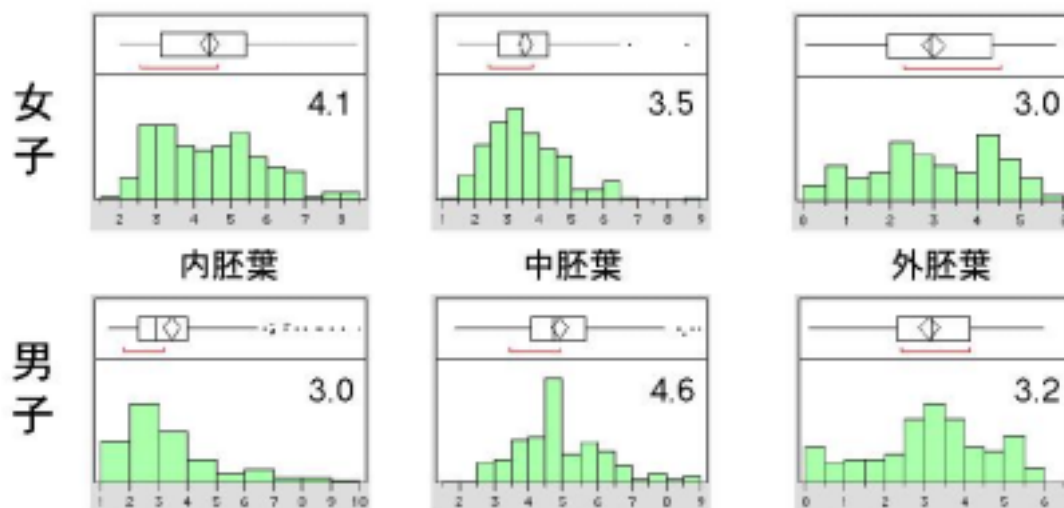


図 3.1 ソマトタイプスコアの分布と中央値

ソマトタイプの出現率を観察した。3つのソマトタイプスコアの中で，他の2つのスコアよりも0.5以上大きいものをその個人を代表するソマトタイプとした（Bolonchuk et al., 2005）の条件に合わない，とくに特徴の無いソマトタイプは女子で35.4%（69人/195人），男子で23.9%（51人/213人）の頻度であった。これらを除外してソマトタイプの出現率を見ると，女子では内胚葉型（54.7%）が一般的で，外胚葉型（35.7%），中胚葉型（9.5%）と続く；男子では中胚葉型（66.1%）が一般的で，外胚葉型（24.1%），内胚葉型（9.9%）と続く（図 3.2）。

横断的研究から見た日本人の思春期の子どもは，女子は内胚葉型が優位の，男子は中胚葉型が優位のソマトタイプで代表されることが明らかになった。

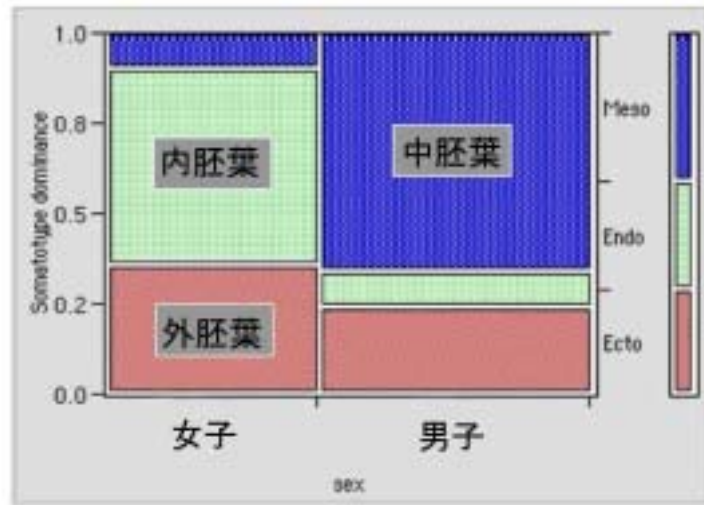


図 3.2 ソマトタイプ要素の出現率

ソマトタイプの発育の縦断的観察

ソマトタイプスコアをソマトチャートへプロットし、3年間の縦断的データを持つ女子 58 人、男子 45 人について、ソマトタイプの縦断的発育パターンを観察した。

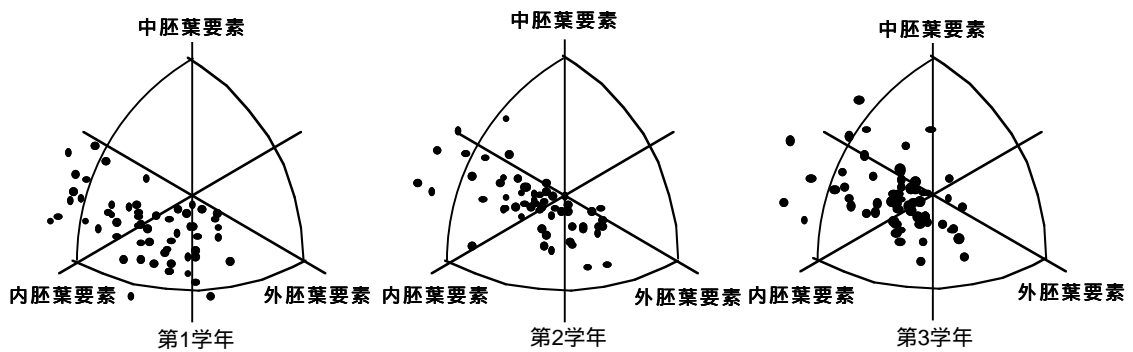


図 3.3 女子 (58 人) のソマトタイプの発育

図 3.3 は女子のソマトタイプの発育をソマトチャート上で現したものである。女子の 1 年生のは、中心よりも左下の内胚葉型要素の分布が多くなっている。2 年生に成長すると、全体的に三角形の中心部分上部にある中胚葉型要素の方

向へシフトしている。3年生では、三角形の中心部分から左下の内胚葉型要素，
 に向かって分布が少し広がってはいるが，基本的には内胚葉型のソマトタイプ
 を保持している。

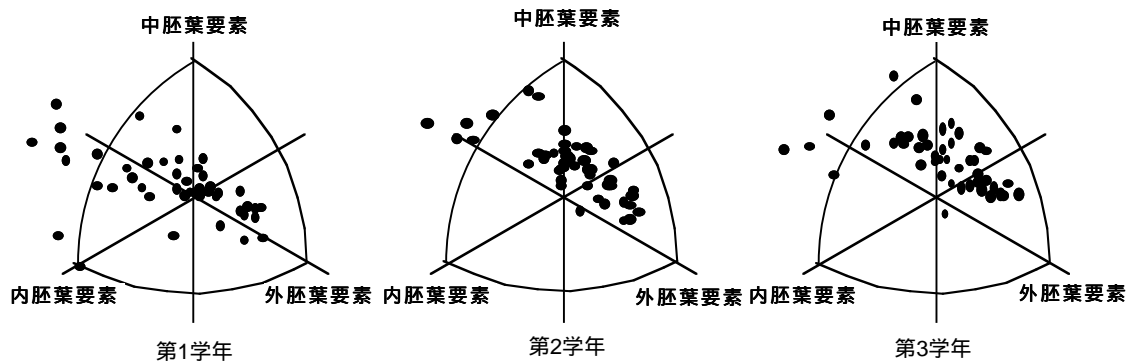


図 3.4 男子（45人）のソマトタイプの発育

図 3.4 は男子のソマトタイプの発育をソマトチャート上で現したものである。
 男子の 1 年生は，左斜め上の内胚葉型要素と中胚葉要素の間から右下の外胚
 葉要素型へ分布している。2 年生では，全体的に中胚葉型要素の中心部上部に
 向かってシフトしている。3 年生ではまたさらに中胚葉型要素の方向へ全体的
 にシフトした分布をしている。女子と比較すると，内胚葉型の特徴が見当たら
 ず，また，外胚葉型の特徴がやや目立つ。

日本人の思春期の子どもソマトタイプの発育を縦断的に見ると，女子は内
 胚葉要素が一貫して強調されていき，男子は中胚葉優位であるが外胚葉型のソ
 マトタイプの要素への成長パターンがある。これは Rebato ら（1996）や Bale ら
 （1985）の報告と一致している。イギリスおよびオランダの児童，アメリカ人
 大学生の結果を総合的に分析した結果は以下のようにまとめられる（マリーナ
 とブシャルル，1995：pp.64-78）。平均的に見ると就学前から 10 代後半までは，
 男子は女子より中胚葉要素と，わずかではあるが外胚葉要素が高く，内胚葉要

素は女子がまさる。一方，女子は恒常的に男子よりも内胚葉要素が大きい。ソマトタイプ分析法はアメリカ人の成人のデータに基づいて開発されたが，このように日本人の成長期の児童・生徒にも普遍的に応用できることが明らかになった。

4. ソマトタイプと身体成熟度の関係

はじめに

低い身長と晩熟傾向が男女の体操競技者に見られ、中程度の身長と晩熟傾向が女子のバレエダンサーの特徴となっている。そして、体操競技者は体操競技者はより筋肉質で痩せ形の体型（体格）をもち、バレエダンサーはより痩せ形の体型を示す。これらの体型は厳しいトレーニングとダイエットが関係している。遅い成熟もこの結果であると説明される（Malina, 1998）

女子の初経年齢と体格についてはcritical weight仮説（Frisch *et al.*, 1971; Frische and McArthur 1974）をはじめとして身長、体重、体脂肪と成熟の関係が研究されている（目崎ほか, 1987；宮原ほか, 1993；森岡ほか, 1996）。スポーツトレーニングの影響を考えないこれらの集団で体格と成熟の関係を、ソマトタイプと身長成熟度の関係から分析した。

被験者と方法

1999年のつくば市内の一公立中学校生徒（女子 195名、男子 213名）である。被験者の小学校6年間のデータを後方視的に収集した。この資料に基づいてBTT法（Bock *et al.*, 1994）によって身長成長曲線のパラメータを求めた。BTTモデルはAUXAL 2.01のプログラムを使用し、成長曲線の当てはまりに影響するSDパラメータは1.0に設定した。

分析した成長曲線のパラメータ（図4.1）は、身長最小速度年齢（AMV）、身長最大速度年齢（APV）のタイミングである。これらのタイミングが早ければ早熟、遅ければ晩熟と考えることができる。身長最小速度年齢は身長成長か

らみたときの思春期の開始時点，身長最大速度年齢は思春期の頂点の時期を現している。このほかに，成人身長（AHt）から身長成熟度（身長現量値/予測成人身長）を求めた。

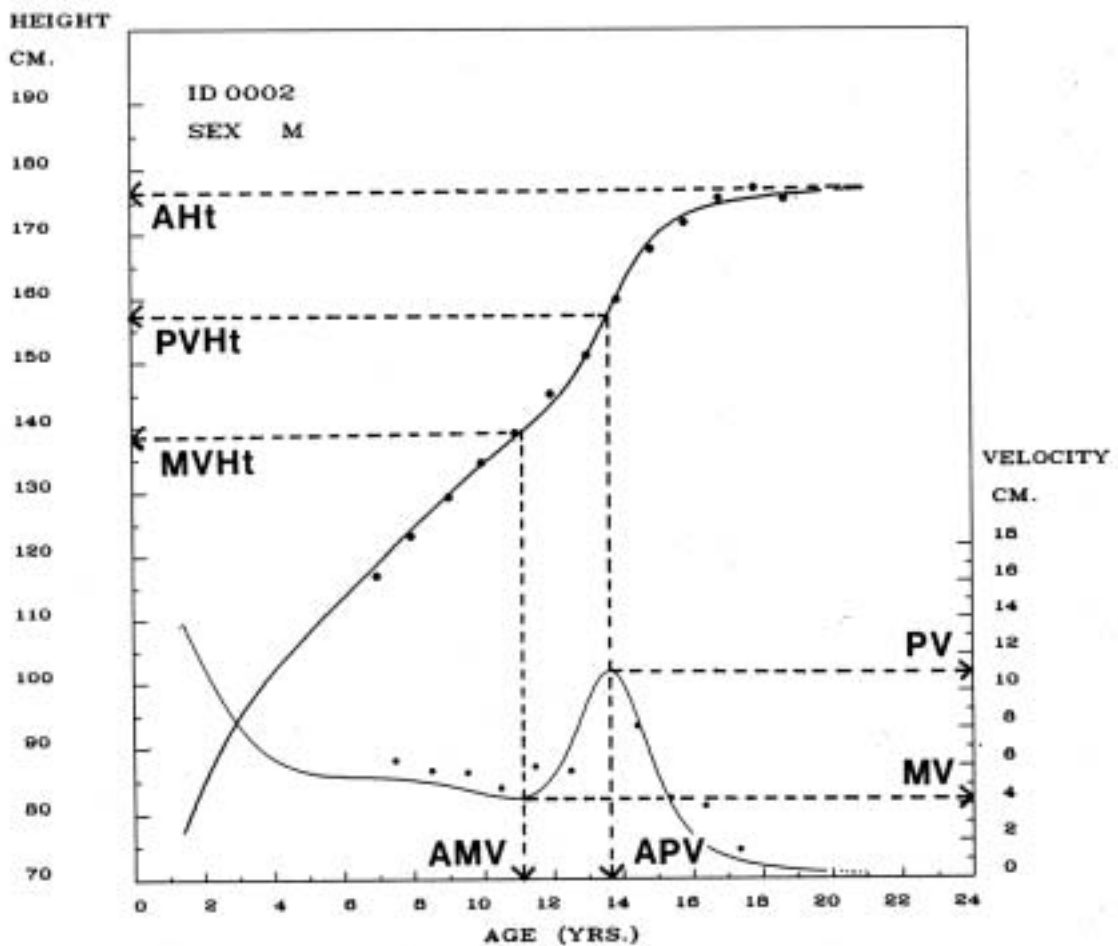


図 4.1 BTT 法による身長成長曲線のパラメータ

3つのソマトタイプスコアの中で，他の2つのスコアよりも0.5以上大きいものをその個人を代表するソマトタイプとした（Bolonchuk et al., 2000）ソマトタイプ別の上記の身長成長パラメータを分散分析で比較した。

身長成長パラメータの再現性の検討

身長の成長パラメータは小学校6年間のデータから予測するわけであるが，

この予測値がどれくらいの精度をもつかを検討した。被験者は 1972～1977 年度生れの「小城成長研究」からの男子 140 名，女子で 132 名から成る。彼らは 12 ないし 13 年間（男子は高校卒業直前にも調査をした）の身体計測，骨成熟，両親の身体計測のデータを備えている。

小城成長研究は佐賀医科大学の解剖学講座の穂吉敏男名誉教授が中心になって行った縦断的成長研究である。著者も当初の計画からこの調査研究に参画していた。1979 年から 1995 年にかけて佐賀県小城町の 1 校区の小・中・高等学校の児童・生徒の身体計測を行なった縦断的成長調査である。被験者の延べ数は 1 万人を越えている。1980～82 年の調査では小城町の全児童・生徒の 43% が被験者であり，1985 年の国勢調査の結果（15 歳以上の各種産業従事者・最終学歴の割合）から推測すると被験者は中流以上の社会経済状態の家庭に育っていることがわかる（高井，1990）。調査項目は身長，体重をはじめとする 31 の身体計測項目，手骨 X 線撮影，初潮年齢アンケートである。さらに被験者の属する 240 家族で両親について 11 項目の身体計測を実施している。

小城成長研究の資料から身長最大速度年齢（APH），成人身長を検討した。毎年 1 回の個人あたり 12 あるいは 13 の計測観測データから，身長最大速度年齢，身長最大速度を求めた。連続する 2 年のデータから年間増加量を求めて，成長速度曲線を折れ線グラフであらわした。グラフが示すピークの年齢を比例配分して求め，これを観測身長最大速度年齢とした。年間増加量のうち最大のものを身長最大速度とした。観測成人身長は身長の年間増加量が 1 cm 未満になったときの値をあてた（Tanner et al., 1983）

予測値と観測値の相関を求めた。身長最大速度年齢は小学校 6 年間のデー

タからの予測値と観測値との間に女子では $r=0.672$ の相関が、男子では $r=0.577$ の相関があった（図 4.2）。

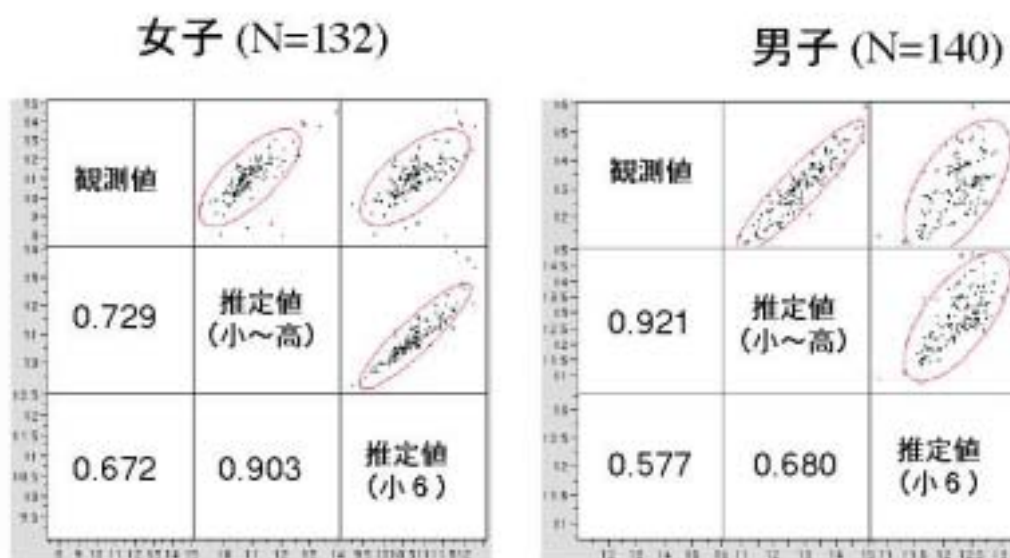


図 4.2 身長最大速度年齢の再現性

これを、平均値の差という観点から見た。男子（ $N = 105$ ）の観測身長最大速度年齢の平均値は 12.86 歳，女子（ $N = 128$ ）のそれは 11.00 歳であった。小学校 6 年間のデータセットを BTT 法で解析して予測身長最大速度年齢を求めた。男子（ $N = 105$ ）の予測身長最大速度年齢の平均値は 9.53 歳，女子（ $N = 128$ ）のそれは 8.23 歳であった。予測身長最大速度年齢と観測身長最大速度年齢の差は男子で 3.33 歳，女子で 2.77 歳と男女ともに予測身長最大速度年齢が観測年齢よりも若い。対応のある t 検定の結果は、この差は統計的に有意であることを示した。

成人身長は小学校 6 年間のデータからの予測値と観測値との間に女子では $r=0.824$ の相関が、男子では $r=0.866$ の相関であった（図 4.3）。

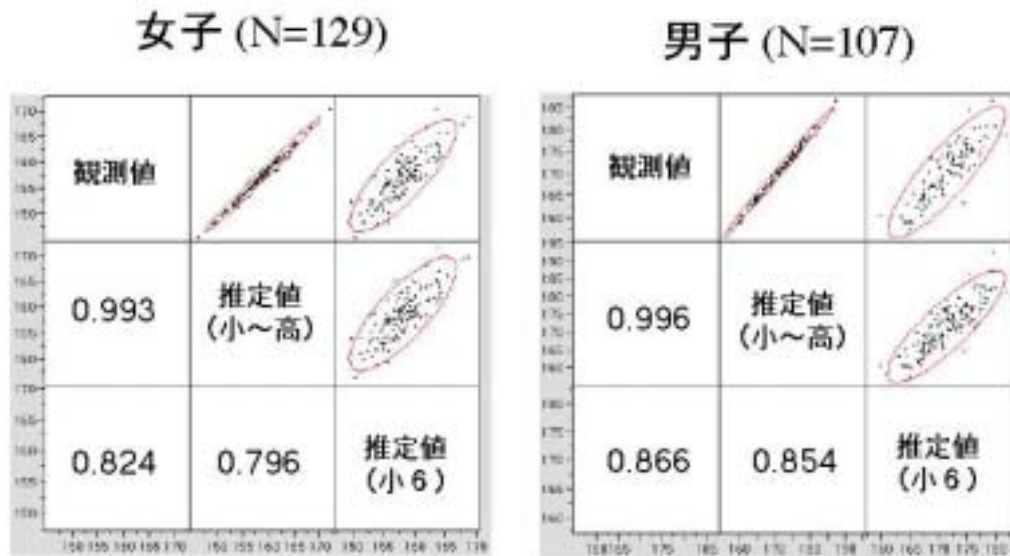


図 4.3 成人身長再現性

小学校 6 年間のデータから予測した成人身長と観測成人身長の相関が男女ともに $r = 0.8$ を越えて高かったのに比べて、BTT 法による身長最大速度年齢の予測精度は高いとは言えないことが分かった。これらを念頭に置きながら、体型と成熟の関係を考察していく。

体型による成熟の差の分散分析

男女ともにソマトタイプによって身長成熟度には違いがなかった（表 4.1, 4.2）。しかし、2～17 歳の米国男子 125 人の調査は異なった結果を報告している（Dupertuis and Michael, 1954）中胚葉優位の子どもそれぞれの年齢でのパーセント成人身長（身長成熟度）は外胚葉優位の子どもそれよりも高い値を示した。

女子では中胚葉型、内胚葉型の女子の身長スパートは外胚葉型の生徒よりも早い年齢で開始し、そして、ピークに達する年齢も同様である（表 4.1）。

表 4.1 女子の身長成長パラメータ（平均値 ± 標準誤差）のソマトタイプ間での比較

	内胚葉型 (N=69)	中胚葉型 (N=12)	外胚葉型 (N=45)
身長最小速度年齢	7.63 ± 0.128 a	8.0 ± 0.306 a,b	8.68 ± 0.158 b
身長最大速度年齢	10.62 ± 0.104 a	10.81 ± 0.249 a	11.50 ± 0.129 b
身長成熟度	97.7 ± 0.25 a	97.3 ± 0.60 a	97.2 ± 0.31 a

a,b : 異なった記号は胚葉型間での有意差 (P=0.05) を示す

男子には女子にみるような体型よる身長成熟パラメータの違いがない (表 4.2)。しかし, 米国児童では本報告と異なった結果が示されている。Dupertuis and Michael (1953)の米国男児では, 中胚葉優位の子どもは身長最大速度年齢は外胚葉優位の子どもよりも1年若い。

表 4.2 男子の身長成長パラメータ（平均値 ± 標準誤差）のソマトタイプ間での比較

	内胚葉型 (N=16)	中胚葉型 (N=107)	外胚葉型 (N=39)
身長最小速度年齢	9.51 ± 0.313 a	9.65 ± 0.122 a	9.63 ± 0.201 a
身長最大速度年齢	12.81 ± 0.196 a	13.05 ± 0.077 a	13.15 ± 0.126 a
身長成熟度	92.2 ± 0.93 a	91.6 ± 0.36 a	91.5 ± 0.60 a

a,b : 異なった記号は胚葉型間での有意差 (P=0.05) を示す

128名の米国男児のソマトタイプ(Sheldonの視察法による)とOxford法(Acheson, 1954)による股関節と骨盤の骨成熟に関する研究 (Acheson and Dupertuis, 1957) は外胚葉優位の子どもは骨成熟は遅れていると報告している。226名の米国男児の性成熟(外生殖器の成熟)とソマトタイプとの関係を調べた報告 (Hunt et al., 1958) は, 中胚葉優位の男児は早熟であると述べている。

体脂肪率と成熟度の相関分析

身長スパートのこれらの年齢パラメータと体脂肪率の間にも負の相関関係がある。図 4.4 が示すように女子では体脂肪率と身長最小速度年齢の間に負の相関がある。すなわち, 内胚葉型を規定する体脂肪の多い女子は思春期の開始

時点で見たとときに早熟傾向がある。一方の男子にはこのような傾向は見えない

($r=-0.126$ は有意な相関ではない)。

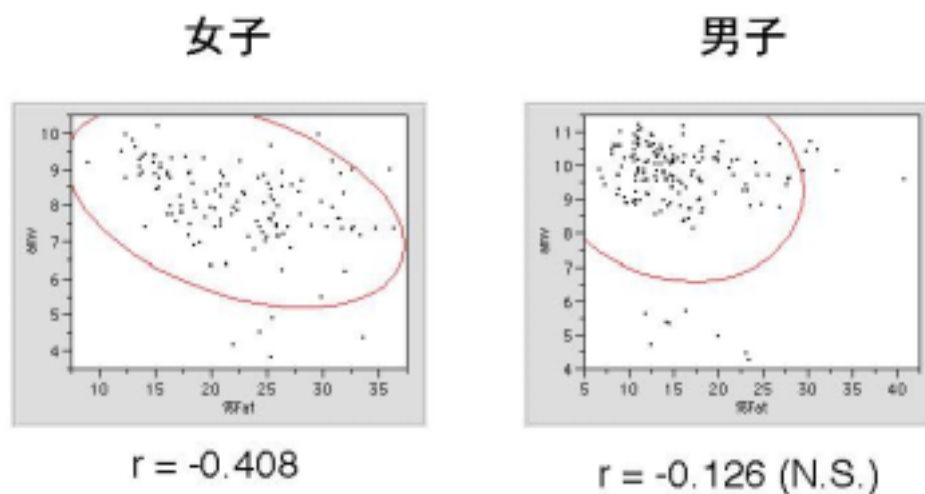


図 4.4 体脂肪率と身長最小速度年齢の相関

体脂肪率と身長最大速度年齢は少し事情が違う。男女ともに体脂肪の多い子どもは思春期のピーク時点で見たとときに早熟傾向がある。こうした傾向は女子でより明確である (図 4.5)。

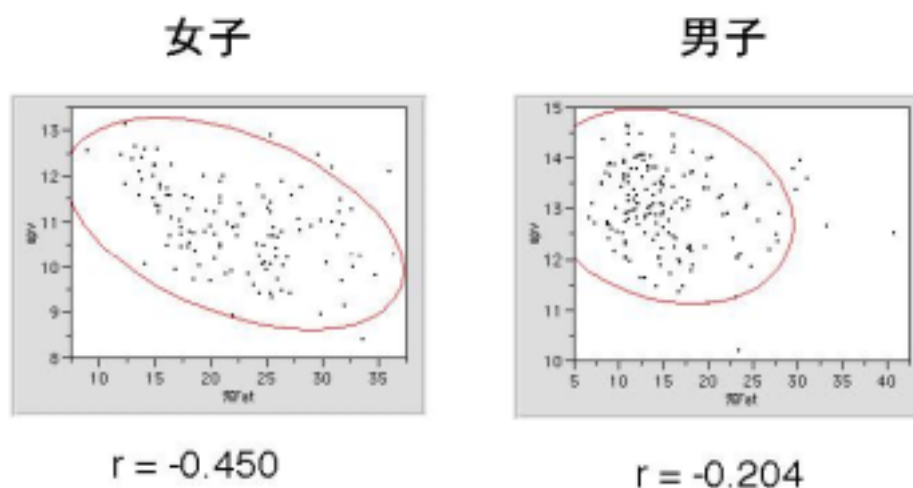
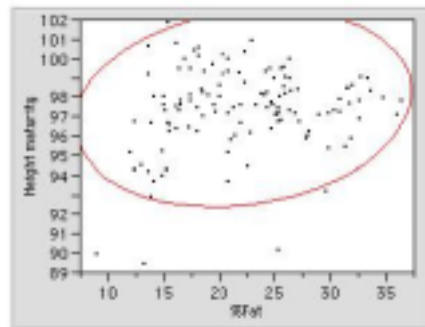


図 4.5 体脂肪率と身長最大速度年齢の相関

成熟指標を身長成熟度にとったときは、男女ともに体脂肪率との間に有意

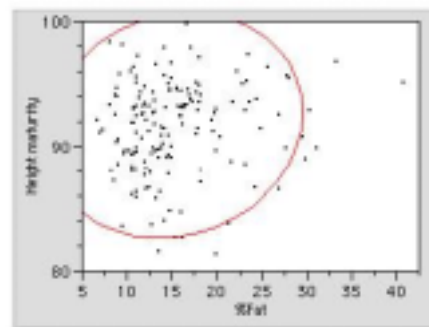
な相関はなかった (図 4.6)。

女子



$r = 0.163$ (N.S.)

男子



$r = 0.117$ (N.S.)

図 4.6 体脂肪率と身長成熟度の相関

5 . ソマトタイプの発育と運動能力の発達の関係

はじめに

ソマトタイプを用いた体型と運動能力との関係を調べた研究報告は特に思春期前後から成人に至るまでの幅広い年齢層を被験者として行われている。Hebbelinck ら (1995) は 6 歳から 17 歳の男女についてソマトタイプの安定性について縦断的に検討した結果を報告している。Cheng ら (1996) は 7 歳から 18 歳のソマトタイプの変化を横断的に調べた。Slaughter ら (1977, 1980) は 7 歳から 12 歳までの男女のソマトタイプおよび体組成と走能力や跳能力の関連を調べた。Docherty ら (1991) は小学校高学年の男女について身体組成・ソマトタイプを求め、有氣的・無氣的パワーとの関係を調べた。社会、環境、教育、心理学的行動の面からのソマトタイプの変動特性が 6 歳から 17 歳の男女を被験者とし縦断的に追跡されている (Duquet ら, 1990)。

様々な体型と体力・運動能力についての報告がある中、思春期の日本人に対してソマトタイプを縦断的に検討した報告はない。ここでは、中学生のソマトタイプの発育が運動能力の発達とどのような関連を持っているかについて縦断的に検討した。

被験者の身体特性とスポーツテスト成績

本研究での被験者を、全国平均の身長、体重と比較した。分析対象となった生徒の各年度における平均値と標準偏差を表 5.1 および表 5.2 に示す。

表 5.1 女子の身体特性値とスポーツテスト成績の平均値と標準偏差

	1998年度		1999年度		2000年度	
	Mean ± SD	N	Mean ± SD	N	Mean ± SD	N
体組成・体格指標						
年齢	13.20 ± 0.57	152	13.74 ± 0.83	212	14.34 ± 0.58	127
身長 (cm)	154.41 ± 5.84	152	155.29 ± 5.68	212	156.45 ± 5.70	127
体重(kg)	46.36 ± 8.08	152	48.03 ± 8.07	212	49.70 ± 7.41	127
除脂肪量 (kg)	36.22 ± 4.31	152	36.91 ± 4.09	212	37.96 ± 4.05	127
体脂肪率(%)	21.05 ± 5.45	152	22.33 ± 5.67	212	23.05 ± 4.94	127
体力・運動能力指標						
握力 (Kg)	24.90 ± 4.81	154	25.32 ± 4.50	226	26.33 ± 4.82	153
上体起こし (回)	16.14 ± 4.76	154	17.05 ± 4.52	227	17.99 ± 4.55	153
長座体前屈 (cm)	45.27 ± 8.48	150	43.53 ± 8.37	226	46.85 ± 8.97	153
反復横跳び (点)	39.95 ± 4.71	154	41.46 ± 4.88	226	43.42 ± 4.72	153
20mシャトルラン(回)	50.55 ± 13.96	152	56.92 ± 16.66	221	55.67 ± 17.30	148
50m走 (秒)	8.8 ± 0.87	150	8.90 ± 0.73	226	8.88 ± 0.65	148
立ち幅跳び (cm)	170.70 ± 20.09	155	166.48 ± 18.16	225	174.01 ± 19.17	153
ボール投げ (m)	13.84 ± 3.61	150	13.87 ± 3.64	219	14.01 ± 3.56	146

表 5.2 男子の身体特性値とスポーツテスト成績の平均値と標準偏差

	1998年度		1999年度		2000年度	
	Mean ± SD	N	Mean ± SD	N	Mean ± SD	N
体組成・体格指標						
年齢	13.20 ± 0.59	173	13.79 ± 0.86	229	14.26 ± 0.58	136
身長 (cm)	155.64 ± 8.67	172	159.41 ± 8.92	229	161.84 ± 8.20	136
体重(kg)	48.77 ± 12.24	172	51.94 ± 12.92	229	53.13 ± 12.66	136
除脂肪量 (kg)	41.08 ± 8.48	171	43.49 ± 8.82	229	44.73 ± 8.70	136
体脂肪率(%)	14.97 ± 6.39	171	15.33 ± 5.76	229	150.20 ± 4.86	136
体力・運動能力指標						
握力 (Kg)	30.30 ± 7.19	173	31.71 ± 7.98	243	34.27 ± 8.06	164
上体起こし (回)	21.94 ± 5.91	174	22.57 ± 5.24	242	24.41 ± 4.92	161
長座体前屈 (cm)	41.60 ± 8.27	166	41.77 ± 8.84	242	47.32 ± 8.79	164
反復横跳び (点)	46.85 ± 6.77	170	48.03 ± 7.28	241	49.60 ± 6.44	163
20mシャトルラン(回)	62.67 ± 22.02	168	77.42 ± 24.81	240	80.15 ± 23.13	159
50m走 (秒)	8.24 ± 0.98	166	8.12 ± 0.95	238	7.85 ± 0.82	151
立ち幅跳び (cm)	186.25 ± 27.92	170	192.4 ± 28.86	242	262.01 ± 26.88	164
ボール投げ (m)	19.38 ± 4.56	159	20.96 ± 5.04	235	21.50 ± 4.53	154

3年間を通じて男女とも1年次では全国平均値より身長は2-4cm、体重は1-3kg上回った。その他の学年では全国平均と変わりなく1標準偏差内にとどまった(文部省, 1997, 1998, 1999)。またスポーツテストも全ての種目で1標準偏差

内にとどまった（文部省体育局，1998，1999）。これらのことから，本研究の被験者は全国的にみても標準的な体格と体力・運動能力を持っている集団といえる。

中学校 3 年間の体組成・体型，体力・運動能力の変化

体組成，ソマトタイプとスポーツテスト成績の分散分析（対比較）の結果を表 5.3 に示す。

表 5.3 体組成，ソマトタイプ，スポーツテスト成績の平均値の分散分析

	女子（平均値） N = 58			男子（平均値） N = 45		
	第1学年	第2学年	第3学年	第1学年	第2学年	第3学年
体組成・体型指標						
体脂肪率	20.13 a	22.12 b	23.57 c	14.63 a	14.8 a	15.69 b
除脂肪量	35.87 a	37.79 b	38.73 c	38.34 a	42.26 b	46.16 c
内胚葉型	5.52 a	4.41 b	4.58 b	4.37 a	2.86 b	2.96 b
中胚葉型	3.02 a	3.45 b	3.54 b	4.35 a	4.45 a	4.71 b
外胚葉型	3.33 a	3.04 b	2.68 c	3.23 a	3.33 a	3.22 a
体力・運動能力指標						
握力	24.09 a	25.09 b	26.76 c	26.76 a	30.76 b	35.09 c
上体起こし	15.78 a	17.57 b	18.88 c	20.27 a	22.91 b	25.29 c
長座体前屈	47.55 a	47.55 a	49.84 b	39.33 a	41.93 b	46.73 c
反復横跳び	40.09 a	42.48 b	43.66 c	43.93 a	48.4 b	51.53 c
20mシャトルラン	50.22 a	62.38 b	57.81 c	53.96 a	78.62 b	85.2 c
50m走	8.76 a	8.61 b	8.81 c	8.48 a	8.12 b	7.68 c
立ち幅跳び	167.8 a	169.40 a	175.5 b	175.8 a	188.9 b	208.2 c
ボール投げ	13.91 a	14.93 b	14.71 b	18.04 a	20.44 b	22.44 c

異なった記号は統計的に有意の差を表す。

例：abbは第1学年と第2学年，第1学年と第2学年で有意な差がみられたが，第2学年と第3学年では差はないことを示す。aaaはどれとも差がなかったことを示す。

男女の体組成とソマトタイプは 3 年間で有意に変化した。女子では，体脂肪率，除脂肪量，内胚葉スコアが有意に増加した。外胚葉スコアは有意に減少した。男子では，体脂肪率，除脂肪量，中胚葉スコアが有意に増加した。また内

胚葉型スコアは1年次と2年次で有意に減少した。外胚葉スコアは有意な差が見られなかった。男女ともにスポーツテストについては、ほぼ増加の傾向を示した。

体型の成長率と体力・運動能力の比成長率の相関分析

女子のソマトタイプスコアの成長率とスポーツテスト成績の比成長率との単相関および偏相関分析の結果を表5.4に示す。

表5.4 ソマトタイプとスポーツテスト成績の単相関と偏相関（女子）

	N	内胚葉型	中胚葉型	外胚葉型
握力	252	ns	ns	ns
	228	ns	-0.13*	ns
上体起こし	253	ns	ns	ns
	228	ns	0.13*	0.18*
長座体前屈	249	ns	-0.13*	ns
	228	ns	ns	ns
反復横跳び	253	ns	ns	ns
	228	ns	ns	ns
20mシャトルラン	249	-0.34*	ns	0.32*
	228	-0.22*	ns	0.14*
50m走	250	ns	0.20*	ns
	228	ns	0.16*	ns
立ち幅跳び	250	0.14*	-0.14*	ns
	228	0.19*	ns	0.15*
ボール投げ	241	ns	ns	ns
	228	ns	ns	ns

*は $p < 0.05$ の有意な相関を示す。

上段は単相関係数，下段は偏相関係数を示す。

偏相関係数は3つの体型のうち他の2つを一定にしたときの各体型スコアと各スポーツテスト成績との関係を示す。

内胚葉スコアは立ち幅跳びと正の相関，20m シャトルランと負の相関を示した。中胚葉スコアは50m 走で正の相関，長座体前屈・立ち幅跳びで負の相関を

示した。外胚葉スコアは 20m シャトルランで正の相関を示した。

偏相関係数は単相関係数よりも概して低い値を示した。内胚葉スコアでは単相関と同様に、立ち幅跳びと正の相関、20m シャトルランと負の相関を示した。中胚葉スコアは上体起こし、50m 走で正の相関、握力で負の相関を示した。外胚葉スコアは上体起こし、20m シャトルラン、立ち幅跳びと正の相関を示した。

男子のソマトタイプスコアの成長率とスポーツテスト成績の比成長率との単相関・偏相関分析の結果を表 5.5 に示す。

表 5.5 ソマトタイプとスポーツテスト成績の単相関と偏相関（男子）

	N	内胚葉型	中胚葉型	外胚葉型
握力	262	ns	ns	ns
	218	ns	ns	ns
上体起こし	258	ns	-0.14 *	ns
	218	ns	-0.15 *	ns
長座体前屈	255	ns	ns	ns
	218	ns	ns	ns
反復横跳び	257	ns	-0.15 *	ns
	218	ns	-0.16 *	ns
20mシャトルラン	252	-0.35 *	-0.14 *	0.30 *
	218	-0.24 *	ns	ns
50m走	248	0.13 *	0.24 **	-0.21 *
	218	ns	0.17 *	ns
立ち幅跳び	259	-0.13 *	ns	0.16 *
	218	ns	ns	ns
ボール投げ	239	-0.16 *	ns	ns
	218	-0.16 *	ns	ns

*は $p < 0.05$ の有意な相関を示す。

上段は単相関係数，下段は偏相関係数を示す。

偏相関係数は3つの体型のうち他の2つを一定にしたときの各体型スコアと各スポーツテスト成績との関係を示す。

単相関では，内胚葉スコアは50m 走で正の相関，20m シャトルラン，立ち幅跳び，ボール投げで負の相関を示した。中胚葉スコアは，50m 走で正の相関，上体起こし，反復横跳び，20m シャトルランで負の相関を示した。外胚葉スコアは20m シャトルラン，立ち幅跳びで正の相関，50m 走で負の相関を示した。

偏相関係数も女子同様単相関係数より概して低くなった。内胚葉スコアは20m シャトルランとボール投げで負の相関を示した。中胚葉スコアは50m 走で正の相関，上体起こし，反復横跳びで負の相関を示した。外胚葉スコアはいずれの

項目との相関がなかった。

ソマトタイプスコア組とスポーツテスト成績組との正準相関分析

3つのソマトタイプスコアの成長率を体型の組に，8項目のスポーツテスト成績の比成長率を別の組にまとめて，組の間での相関を求める正準相関分析をおこなった。女子の正準相関分析の結果を表5.6に示す。

表 5.6 ソマトタイプとスポーツテスト成績の発育の正準相関分析
(女子 228 人)

正準構造ベクトル		正準変数1	正準変数2	正準変数3
第一変数群 (体型指標)	内胚葉型	0.842	-0.449	-0.299
	中胚葉型	0.087	0.857	-0.508
	外胚葉型	-0.869	-0.465	-0.171
第二変数群 (体力・運動能力)	握力	0.176	-0.069	0.329
	上体起こし	-0.262	-0.101	-0.477
	長座体前屈	-0.004	-0.470	0.267
	反復横跳び	-0.046	0.151	0.179
	20mシャトルラン	-0.915	0.034	0.261
	50m走	0.173	0.510	-0.587
	立ち幅跳び	0.017	-0.786	-0.231
	ボール投げ	-0.123	0.127	0.172
正準相関係数		0.4217644	0.2928012	0.270085
冗長度		0.0872604	0.329299	0.0091443
球状検定		0.0000001	0.0008675	0.0103043

3つの正準変量を抽出した。正準変数1への負荷量は，内胚葉スコアが正で外胚葉スコア，20mシャトルランで負の高い値を示した。正準変数2への負荷量は，中胚葉スコアが正，立ち幅跳び負の高い値を示した。正準変数3への負荷量は，中胚葉スコア，50m走で負のやや高い値を示した。正準変数1正準相関係数は0.42，寄与率は20.5%と高くはないが説明できる。正準変数2と3では寄与率が10%以下であり実質的な意味を持たない。

男子の正準相関分析の結果を表 5.7 に示す。

表 5.7 ソマトタイプとスポーツテスト成績の発育の正準相関分析
(男子 218 人)

正準構造ベクトル		正準変数1	正準変数2	正準変数3
第一変数群 (体型指標)	内胚葉型	-0.817	-0.388	0.426
	中胚葉型	-0.623	0.771	-0.130
	外胚葉型	0.855	0.118	0.506
第二変数群 (体力・運動能力)	握力	0.134	-0.270	-0.257
	上体起こし	0.250	-0.389	-0.088
	長座体前屈	0.064	0.376	-0.078
	反復横跳び	0.201	-0.633	-0.166
	20mシャトルラン	0.852	0.434	-0.144
	50m走	-0.550	0.507	-0.168
	立ち幅跳び	0.460	0.145	0.448
	ボール投げ	0.296	-0.029	-0.550
正準相関係数		0.595462	0.25305	0.151488
冗長度		0.117374	0.013372	0.151488
球状検定		0.0000090	0.158634	0.268418

3 つの正準変量を抽出した。正準変数 1 への負荷量は内胚葉スコアが負で、外胚葉スコアと 20m シャトルランで高い正の値を示した。正準変数 1 は正準相関係数が 0.60、寄与率 86.27%であった。これは説明するのに十分な意味をもつ。

正準変数 2 と 3 は 10% 以下なので実質的な意味を持たない。

除脂肪量、体脂肪率と体力・運動能力の関係

ソマトタイプの中胚葉型要素と類似性ある除脂肪量の比成長率と、同じく内胚葉型要素と類似性がある体脂肪率の成長率を他のスポーツテスト成績を一定にしたときの各スポーツテスト成績の比成長率との偏相関関係をみた。表 5.8 に結果を示す。

表 5.8 体組成とスポーツテスト成績の発育の偏相関

	女子 (N=228)		男子 (N=218)	
	除脂肪量	体脂肪率	除脂肪量	体脂肪率
握力	0.19*	ns	0.22*	ns
上体起こし	ns	ns	0.30*	-0.23*
長座体前屈	ns	ns	ns	ns
反復横跳び	ns	ns	ns	ns
20mシャトルラン	ns	-0.24*	ns	-0.26*
50m走	ns	ns	ns	ns
立ち幅跳び	ns	ns	ns	ns
ボール投げ	ns	ns	ns	ns

*は $p < 0.05$ で有意な相関があったものを示す。

女子では除脂肪量と握力で正の相関関係を示した。体脂肪率では 20m シャトルランで負の相関を示した。男子では除脂肪量と握力，上体起こしで正の相関関係を示した。体脂肪率では上体起こし，20m シャトルランで負の相関を示した。

スポーツパフォーマンスとソマトタイプの関係についての報告に本研究の結果を支持するものがある。それらは思春期の子どもを対象にしているが横断的研究にとどまっている。13~18 歳のアスリート，男子 103 名，女子 65 名のソマトタイプと体力・運動能力を調べた報告 (Bale et al., 1992) は，内胚葉優位の男児は最大酸素摂取量，40 ヤードダッシュ，敏捷性で劣ることを示した。一方，女子では内胚葉要素と筋持久力 (ベンチプレスの回数) の関係が弱いだけであった。1987 年のロッテルダムでの 24 回世界体操競技選手権大会に参加した 168 名の女子のエリート体操競技選手 (16.5 ± 1.8 歳) のソマトタイプとス競技得点の関係を調べた報告 (Claessens et al., 1999) は，皮下脂肪が多い内胚葉優位の選手は競技得点が低いと述べている。

6 . ソマトタイプの発育と身体活動量の変化の関係

はじめに

戦後から現在に至るまでの日本の学童・生徒の身長，体重の年次統計を見ると，発育期にある学童・生徒の体格は著しく増進した（文部省，1997，1998）。体格の増進した背景には，そのひとつとして食事情が挙げられる。食事情を栄養状態からみると，総カロリーが減少傾向に向かっている。そして糖質が少なく脂質の多い食事内容になってきている（健康・栄養情報研究会，1999；厚生省，1990）。一方，Parizková ら（1976）は，生活環境，栄養状態，身体運動によって体型が変化すると報告している。また Tanner（1988）は，体格の変化は生化学的機能，個人の習慣，病気の感染などに関わりがあると述べている。ここでは文部科学省のスポーツテストと同時に行われているアンケート，運動・スポーツの実施状況と1日の運動・スポーツ実施時間，に基づいて身体活動量の変化とソマトタイプの発育の関係を分析する。

身体活動量の変化による体型の変化

1999年度と2000年度の2回のアンケートと形態計測値を持った男子471名，女子456名を対象に身体活動量が増加した者を向上群，減少した者を減少群に分けて対応のあるt検定の結果を表6.1および6.2に示す。

表 6.1 身体活動量と体型・体組成の発育（女子）

	向上群 (n=77)		減少群 (n=22)	
	1999年度	2000年度	1999年度	2000年度
体脂肪率	21.53	22.71 *	20.00	22.25 *
除脂肪量	37.04	38.15 *	35.42	36.7 *
内胚葉型	4.36	4.46	4.04	4.68 *
中胚葉型	3.56	3.46	3.07	3.31 *
外胚葉型	3.09	2.81 *	3.4	3.02 *

*は $p<0.05$ で対応のあるtテストでの有意な差を示す

女子については向上群と減少群の両群で体脂肪率と除脂肪量が有意に上昇し、外胚葉要素が有意に減少した。減少群では、内胚葉要素・中胚葉要素が有意に上昇した（表 6.1）。

表 6.2 は男子での身体活動量の変化と体格の発育の関係を見たものである。

表 6.2 身体活動量と体型・体組成の発育（男子）

	向上群 (n=92)		減少群 (n=12)	
	1999年度	2000年度	1999年度	2000年度
体脂肪率	13.66	14.74 *	15.09	16.68
除脂肪量	41.48	45.13 *	43.48	46.5 *
内胚葉型	3.15	2.91 *	4.17	3.87
中胚葉型	4.77	4.77	5.16	5.05
外胚葉型	3.3	3.26	2.88	2.93

*は $p<0.05$ で対応のあるtテストでの有意な差を示す

向上群と減少群の両群で除脂肪量が有意に上昇した。向上群では体脂肪率が有意に上昇し、内胚葉要素が有意に減少した。

男女共、習慣向上の人数の割合が多かった。男女と運動習慣は向上しているものの、直接体型変化には結びついていなかった。

7. まとめ

アスリートはトレーニングを積むことでそれぞれの種目に適した体型あるいは体格を創る。しかし、成長、発達が著しい思春期にあるこどもはスポーツトレーニングをおこなわなくとも体型や運動能力が変化していくであろう。いくつかの体型と体力・運動能力についての報告があるが、思春期の日本人のソマトタイプを縦断的に検討した報告はない。そこで本研究の目的は、中学生のソマトタイプをの発育と運動能力の発達との関連について横断的および縦断的に検討した。また体型発育を身体活動量の変化の観点からも検討した。本研究のまとめをひとことで表すと、思春期日本人の男子は外胚葉要素に寄った中胚葉優位のソマトタイプを、女子は内胚葉優位のソマトタイプを示す。男女ともに内胚葉優位のソマトタイプあるいは体脂肪率の多い体組成のこどもは全身持久力の発達が劣る。そして、女子の外胚葉優位の子どもは身体成熟が晩熟である。女子をスポーツタレント発掘の切り口から見ると、細長型で晩熟の子どもは全身持久力を必要とするスポーツ種目に向いていると言えそうである。

茨城県つくば市の一公立中学校に 1998 年度から 2000 年度の 3 年間在籍した中学生（女子 253 名，男子 262 名）を被験者とした。被験者は形態計測に参加し，スポーツテストのデータを持つ健常な生徒とした。3 回の形態計測値とスポーツテストのデータをもち追跡調査が可能となった被験者は，1998 年度入学の第 1 学年：女子 58 名，男子 45 名である。

マルチン式人体計測器を用いて Heath-Carter の人体計測法に基づいた 10 項目（上腕骨顆間幅，大腿骨顆間幅，屈曲上腕囲，下腿最大囲，三頭筋皮脂厚，

肩甲下皮脂厚，腸骨棘上皮脂厚，下腿内側皮脂厚）に体脂肪率を加えた計 11 項目を計測した。体型は，形態計測値を Heath-Carter の計算式に入力し，ソマトタイプスコア（内胚葉型・中胚葉型・外胚葉型）を算出した。体組成は，体脂肪率，除脂肪量（LBM：体重 - 体重 × 体脂肪率）の指標を用いた。スポーツテストは文部科学省が規定する，握力，上体起こし，長座体前屈，反復横跳び，20m シャトルラン，50m 走，立ち幅跳び，ハンドボール投げの 8 項目である。スポーツテストの他に，運動・スポーツの実施状況と 1 日の運動・スポーツ実施時間をアンケート形式で行った。

生徒の体型・体組成と体力・運動能力の 1 年間の変化を見るために，ソマトタイプでは成長率，体組成，スポーツテスト成績では比成長率を算出した。これに基づいて単相関・偏相関分析，正準相関分析を行った。分析における有意水準は 5%とした。

ソマトタイプの発育について

横断的研究からは，日本人の思春期のソマトタイプの特徴は，女子は内胚葉型が優位であり，男子は中胚葉型が顕著であった。縦断的に個人を追跡した結果からは，女子は基本的には内胚葉型を保ちつつ中胚葉型の要素を加味するように成長する。男子は中胚葉型が顕著になる方向に成長していくが，外胚葉要素も同時に保たれている。除脂肪量が有意に増加していることから，筋肉質の体型になっている。

ソマトタイプと身体成熟度の関係

身長成長曲線のパラメータ（スパート開始年齢，スパート年齢）とソマトタイプの関係をみると，女子では外胚葉型の子どもは他のソマトタイプの子ど

もよりも身長スパート開始年齢が遅い。しかし，男子にはこの様なソマトタイプと成熟の関係はないことが分かった。

体組成とソマトタイプの関係でも同様の結果が出た。女子の体脂肪率と身長スパート開始年齢の間には-0.408 の負の相関があるが，男子での相関は有意ではなかった。

ソマトタイプと体力・運動能力の変化率の関係

偏相関分析，正準相関分析の結果，男女ともに 1) 脂肪太りの要素である内胚葉型要素が強くなることと跳躍力・全身パワーが増大するという関連がある，2) 筋肉質要素である中胚葉型要素が強くなることと走力・全身パワーが低下するという負の相関関係がある，3) 細長の体型要素である外胚葉スコアが強くなることと全身持久力の増大は相互に関連している，という結果を得た。内胚葉スコアは立ち幅跳びと $r=0.13 \sim 0.14$ の偏相関を示した。すなわち，脂肪太りなると立ち幅跳びの記録が伸びるという結果になった。男子の中胚葉スコアと反復横跳びの間 ($r=-0.17$) に負の相関があり，ハンドボール投げと中胚葉スコアとの間に相関がなかった。筋肉質で頑丈な体型を示す中胚葉スコアと50m 走の間に正の相関があった。また，握力は中胚葉スコアと負の相関を示した。これらのことは筋量が増加すると走力，静的筋力が低下することを示している。脂肪太りの体型を示す内胚葉スコアは，有酸素能力を示す 20m シャトルランと正の相関があったのに対し，細長の体型を示す外胚葉スコアは負の相関があった。また内胚葉スコア，外胚葉スコア，20m シャトルランの3つの項目において正準変量 1 への負荷量が高かった。

体脂肪率と 20m シャトルランの間には負の相関があった。20m シャトルラ

ンのような体重移動をともなう動作にとって，脂肪量は大きな負荷になる^{3,4)}。

したがって，内胚葉型要素の強い体型になることは全身持久力の低下に，外胚葉型要素の強い体型になることは全身持久力の増大につながるといえる。

身体活動量の変化と体型変化について

1ヶ月の身体活動量が1年間で増加したものを向上群，減少したものを減少群に分けて対応のある t-test を男女別におこなった。女子は，向上群，減少群で体脂肪率，除脂肪量で有意に増加した。向上群では外胚葉型が有意に減少した。減少群では，内胚葉型，中胚葉型で有意に増加し，外胚葉型で有意に減少した。男子は，向上群，減少群で除脂肪量が有意に増加した。向上群では体脂肪率が有意に増加し，内胚葉型で有意に減少した。男女共，身体活動量が増加した人が多かった。男女とも活動量が増加しているものの，直接体型変化には結びついていなかった。

謝辞

本研究は平成 11, 12 年度に筑波大学体育研究科に在籍した増尾奈々絵さんの協力を負うところが大きい。計測の補助に始まり, 資料の整理, 文献の収集などで彼女の手を煩わせた。ここに深大なる謝意を表す。

参考文献

- Acheson RM. (1949) : A method of assessing skeletal maturity from radiographs. A report from the Oxford child health survey. *Jt, A* 28: 498-508.
- Acheson RM and Dupisr CW (1957) : The relationship between physique and rate of skeletal maturation in boys. *Hum Biol* 29: 167-193.
- 青木純一郎, 新井 忠(1997): 文部省体力テスト再考. *体育の科学* 47: 847-851.
- Bale P, ColleyE, Mayhew JL (1985): Relationships among , physique strength, and performance in ~~ewor~~ students. *ports Med Phys Fitness* 25: 98-103.
- Bale P, MayhewL, Piper Fc, Ball TE, Willman MK (1992) and Biolog performance variables in ~~atribn~~ to age ~~male~~ and female adolescent ~~thletes~~. *J Sports Med Phys Fitness* 32: 142-148.
- Bayley N , PinneaSR (1952) : Tables for predicting adult ~~from~~ height skeletal age: revised for use with the Greulich-Pyle ~~hand~~ *Jstanda* *Pediat* 40: 423-441.
- Bock RD, du Toit SHC and Thissen D (1994) : AUXAL Auxological Analysis of Longitudinal Measurements of Human Stature, Chicago, Scientific Software International.

- Bolonchuk W, Siders W, Lykken G, Lukaski HC. (2000) Association of dominant somatotype of men with body structure, function during exercise, and nutritional assessment. *Am J Hum Biol*, 12: 167-80.
- Carter JEL, Heath BH (1990): Somatotyping--development and applications. Cambridge Univ Press, Cambridge, pp.30-37,352-368.
- Cheng YJ, Ohsawa S (1996): Changes in somatotyping during growth in Chinese youth 7-18 years of age. *Am J Hum Biol* 8: 347-359.
- Claessens AL, Lefevre J, Beunen G, Malina RM (1999): The contribution of anthropometric characteristics to performance scores in elite male gymnasts. *J Sports Med Phys Fitness* 39:355-360.
- Docherty D, Gaudin (1991): Relationship of body size, physique, and composition to physical performance in young boys and girls. *Int Sports Med* 2:1 525-532.
- Duquet W, Borms J, Hebbelinck M, Day J A P, Cordemans (1990): Longitudinal Study of Stability of The Somatotype in Boys and Girls. *Kinanthropometry IVE FN Spon*, London, pp.54-67
- Dupertuis CW and Metcher NB (1963) : Comparison of growth in height and weight between ecomorphic and mesomorphic boys. *Child Dev* 24: 203-214.
- Frisch RE, Revelle R, Cooks S (1971) : Height, weight and age at menarche and the critical weight hypothesis. *Science*, 174: 1148-1149.

- Frisch RE, McArthur JW. (1974) : Menstrual cycle, fatness as a determinant of minimum weight for height necessary for their maintenance or onset. Science, 185: 949-951.
- Greulich WW, Pyle SI. (1959) : Radiographic Atlas of Skeletal Development of Hand and Wrist, 2nd edition. Stanford University Press, California.
- 波多野義郎 (1995): 諸外国の体力テストと日本の体力テスト. J J Sports Sci 14: 193-202.
- 波多野義郎 (1997): 立位体前屈から長座体前屈へ. 体育の科学 47: 884-888.
- Hebbelinck M, Duquet W, Borms-Carter LE (1995): Stability of somatotypes: A longitudinal study of Belgian children age 6 to 11 years. Am J Hum Biol 7: 55-58.
- Hunt Jr. EE, Cocke G and Gallagher JR (1958) : Somatotype and sexual maturation in boys: a method of development analysis. Hum Biol 30: 73-91.
- 健康・栄養情報研究会 (1999): 日本人の栄養所要量 食事摂取基準, 第一出版, 東京, pp. 35-40. 244-245.
- 北川 薫 (1993): 身体組成を計る. 体育の科学 43: 252-255.
- 工業技術院・製品科学研究所 (1994): 設計のための人体計測マニュアル. 筑波印刷情報サービスセンター, つくば.
- 河野一郎 (1997): マルチステージ・20m シャトルランテスト. 体育の科学 47: 879-883.

厚生省保健医療局健康増進栄養課 (1990): 平成 2 年版 国民栄養の現状, 昭和 63 年国民栄養調査成績. 第一出版, 東京, pp. 151-152.

クーリー WW, ローンズ PR (1973): 行動科学のための多変量解析. 井口晴弘, 藤沢武久, 守谷栄一(訳), 鹿島出版会, 東京, pp. 173-207.

Malina RM (1998) : Growth and maturation of young athletes for sport a factor Ed.) Chang KM, Micheli LJ, (In) Sports and Children, Williams & Wilkins Asia-Pacific Ltd, Hong Kong, pp. 13-161.

Malina RM, Rarick LG (1974) : Growth, physique, and motor development. In: Rarick LG (ed) Physical Activity: Human Growth and Development. Academic Press, New York, 125-153.

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 (1987): 初経初来時の身体発育状態. 思春期学, 5: 15-20.

マリーナ RM, ブシャール C (1995): 辞典 発育・成熟・運動, 高石昌弘, 小林寛道(訳), 大修館, 東京.

松岡尚史, 多田羅裕子, 村田光範 (1994): TW 2 法に基づく日本人標準骨年齢を用いた最終身長予測式の検討 - その 2 - , 平成 5 年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. IV 日本人青少年の最終身長予測と体力の発達に関する研究 - 第 2 報 - , 東京, 日本体育協会, 61-65.

宮原春美, 江藤宏実, 前田恵子, 久保田健二, 石丸忠之(1993): 初経発来と身体発育状. 思春期学, 11: 162-166.

文部省 (1997): 平成 9 年度学校保健統計調査報告書. 大蔵省印刷局, pp. 132-

139.

文部省 (1998): 平成 10 年度学校保健統計調査報告書 . 大蔵省印刷局, pp. 132-139, pp. 144-146.

文部省 (1999): 平成 11 年度学校保健統計調査報告書速報. 文部省ホームページ <http://www.monbu.go.jp/>

文部省体育局 (1998): 平成 10 年度体力運動能力調査報告書 . 文部省体育局, 東京, pp. 41-43.

文部省体育局 (1999): 平成 11 年度体力運動能力調査報告書 . 文部省体育局, 東京, pp. 41-43pp246.

森岡郁晴, 宮下和久, 後和美朝, 石居宣子, 黒田基嗣, 武田真太郎, 平瀬悦子, 松本健治 (1996): 女子高生の初経発来時の身体発育状態 . 思春期学, 14 : 116-120.

村田光範, 松尾宣武, 田中敏章, 大槻文夫, 芦澤玖美, 多田羅裕子, 安蔵 慎, 佐藤真理, 松岡尚史, 浅見俊雄, 塚越克己 (1993): 日本人標準骨成熟アトラス - TW2 法に基づく -, 金原出版, 東京 .

村田光範, 松尾宣武, 田中敏章, 大槻文夫, 芦澤玖美, 多田羅裕子, 安蔵 慎, 佐藤真理, 松岡尚史, 塚越克己 (1997): 骨成熟段階評価マニュアル - TW2 法に基づく -, HBJ 出版局, 東京

Parizková J, Carter JEL (1976): Influence of physical activity on stability somatotype in boys *Am J Phys Anthrop* 44: pp. 327-240.

繁榎算男, 柳井晴男, 森 敏昭 (1999): Q&A で知る統計データ解析, サイエンス社, 東京, pp. 175-183 .

- Rebato E, Rosique J, Apraiz C (1963): Somatotype of 14 to 19 year old urban boys and girls from Bilbao (Basque Country). *Anthropol Anz* 5: 135-147.
- Roche AF, Wainer H, Thissen D (1975a) (: The RWT method for the prediction of adult stature. *Paediatrics*, 5: 126-33.
- Roche AF, Wainer H, Thissen D (1975b): Predicting adult stature for individuals, *Monographs in Paediatrics* 3: 1-114.
- Roche AF, Chumlea WC, Wajsssen D. (1988) : Assessing the Skeletal Maturity of the Hand-Wrist: FELS Method. Charles C Thomas, Springfield.
- Sheldon WH (1940) : The Varieties of Human Physique. Harped an Brothers, New York.
- Slaughter MH, Lohman TG, Misner JE (1977): Relationship of somatotype and body composition to physical performance in 7- to 12-year-old boys. *Research Quarterly* 48: 159-167.
- Slaughter MH, Lohman TG, Misner JE (1980): Association of somatotype and body composition to physical performance in 7-12 year-old-boys. *J Sports Med* 20: 189-197.
- 杉浦保夫, 中沢 修 (1968): 骨年齢 - 骨格発育のX線診断 - . 中外医学社, 東京 .
- 杉浦保夫 (1985): 日本人の骨年齢 . 中外医学社, 東京 .
- 鈴木 尚 (1973): 人体計測 マルチンによる計測法 . 人間と技術社, 東京 .

高井省三 (1990): Tanner-Whitehouse 2 (TW2) 法による平滑化骨成熟曲線
とその応用, 解剖誌 65 : 436-447.

高井省三(1995): TW2 骨成熟評価法による成人身長予測, AUXOLOGY 2 :
47-49.

高井省三(1997): 成人身長を予測する, 身体運動のバイオメカニクス - 第 13 回
バイオメカニクス学会大会論文集 - , 第 13 回バイオメカニクス学会大会
編集委員会, つくば.

多田羅 裕子 (1989): 小児期の最終身長予測に関する研究 第 1 編 日本人
小児の最終身長予測式について, 日児誌 93 : 238-43.

Tanner JM (1964) : The Physique of the Olympic Athlete. George Allen
and Unwin, London.

Tanner JM (1988): Analysis and classification of physical maturation :
GA, Tanner JM, Pilbeam DR, Baker PT (eds) Human Biology: an
introduction to human evolution, variation, growth and development.
3rd ed, Oxford University press, Oxford, pp. 405-423.

Tanner JM, Whitehouse RH, Healy MJR. (1962) : A New System for
Estimation of Skeletal Maturity from the Hand and Wrist, with
Standards Derived from a Study of 2,600 Healthy British Children
Centre International de l'Enfance, Paris.

Tanner JM, Whitehouse H, Marshall WA, Healy MJR, Goldstein H.
(1975) : Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult
Height (TW2 Method). Academic Press, London.

- Tanner JM, Whitehouse RH, Cameron N, Marshall A, Healy MJR, Goldstein H. (1983) : Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method). 2nd ed, Academic Press, London.
- Todd, TW. (1937) : Atlas of Skeletal Maturation, Part I, Philadelphia, Kimpton, London.
- Wainer H, Roche AF and Bell S (1978) : Predicting adult stature with skeletal age and without paternal data, Pediatrics 61: 569-72.