

個人追跡法による日本人児童・生徒の  
身体発育の総合的分析

(13680012)

平成 13 年度～平成 14 年度科学研究費補助金  
(基盤研究 (C) ) 研究成果報告書

平成 15 年 5 月

研究代表者 高井 省三

(筑波大学体育科学系)

## はしがき

基礎的な成長データのうち、身長は体育学、運動人類学、発育学などの分野で様々な角度から研究されてきた。しかし、下肢長、上肢長などの縦断的成長のデータはスポーツバイオメカニクスの分野においても重要な基礎的資料であるにも係わらず、身長以外の項目の縦断的成長については我が国ではほとんど発表されてない。本研究は『小城縦断的成長研究』の資料を整理し、縦断的成長資料の標準値を作成し、それらの身体各部の成長パターンを総合的に分析することを目的とする。

わが国でこのような研究が行われていないのは、成長の縦断的研究が少ないからである。ここであつかう『小城成長研究』は、1979年に始まり1995年に終了した縦断的成長研究であり、骨成熟をはじめ全身の身体計測項目、初潮年齢調査、両親の身体計測調査を実施している。したがって、本研究は、わが国では初めての試みであり、国外でも英国、米国、スイスにつぐものである。

したがって、日本人のその他の身体部分の資料を用いて日本人の成人を総合的に解析すれば、体育・スポーツの分野に大きな貢献をすることになる。すなわち、スポーツタレント発掘、体力トレーニングに対するからだのレディネスの解析などに際し、客観的な資料を与えることになるだろう。

## 研究組織

研究代表者：高井 省三（筑波大学体育科学系）

交付決定額（配分額）

（金額単位：千円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 13 年度	2200		2200
平成 14 年度	900		900
総計	3100		3100

## はじめに

ヒトの成長パターンは霊長類を除く他の哺乳類と比べて、1) 成長期間が長い、2) 周産期に第1の、思春期に第2の成長加速現象があるという特徴をもつ。これらの特徴は相互に関連していて成長期間が長いことが思春期の成長加速現象（思春期スパート）を招いている。霊長類の中では、ヒトの思春期スパートはチンパンジー、アカゲザルに比べ顕著である (Watts, 1986) )。

ヒトの思春期スパートには体の部分によってタイミングの違いがある。例えば、身長スパートのかなりな部分は下肢長の成長加速よりも体幹長の成長加速からきている。このタイミングの順序にはかなり規則的なものがある：下肢長で最初にピーク速度が出現し、6-9ヶ月遅れて体幹長にピーク速度が現れる。そして肩幅、胸幅で最後にピーク速度が出現する (Tanner, 1978) )。これはヒトの体型は新生児から大人まで相似形で成長しないことを意味している。体の各部分の相対的な成長のタイミングを理解することはキネシオロジー、バイオメカニクスなどの分野で、重心、テコ系の計算などで重要な問題となる。また、臨床医学的、人間工学的（作業空間、工業デザイン）な応用方面にとっても意味がある (Martin et al., 1988) )。

思春期スパートの解析には同一個人を追跡調査した縦断的成長データが欠かせない。身長 of 思春期スパートに関してはスプライン平滑化 (Eveleth and Tanner, 1976 ; 田原ほか, 1986 ; 田原ほか, 1987 ; Tahara and Murata, 1988) ) , スプライン補間 (佐竹ほか, 1989 ; Tahara and Murata , 1988) ) , カーネル法 (Gasser et al., 1984 ; Gasser et al., 1985) ) , ゴムペルツ曲線 (Shohoji and Sasaki, 1987) ) などを応用して思春期スパート年齢・スパート量の推定を試みた研究がある。最近では身長の成長曲線を解析するコンピュータアプリケーション, AUXAL も商品化されている (Bock et al.,

1994, 2003)。しかし、ヒトの縦断的成長データを得るためには10数年にわたる期間が必要となるため複数の身体計測項目についての縦断的成長研究は少ない (Beunen et al., 1988; Bielicki, 1975; Bielicki et al., 1984; Bielicki and Welon, 1973; Buckler, 1990; Tanner et al., 1976)。縦断的成長の総合的解析は、1) Tanner ら (1982), Buckler (1990) の英国児童, 2) Roche (1992) の米国児童, 3) Kemper ら (1995) のオランダ児童, 4) Beunen ら (1988, 1990) のベルギー児童, 5) Karlberg ら (1976) のスウェーデン児童, 6) Prader ら (1989) のスイス児童, などがある。これらの欧米児童の資料が日本人児童に通用するかは明らかではなく、日本人を始めとするアジア児童・生徒の成長の縦断的研究は全くまとめられていない。したがって、本研究の意義は世界的な児童・生徒の成長の縦断的研究のなかで占める位置は明らかである。

本研究の目的は「小城成長研究」の資料を縦断的に扱うことで体重、身長、座高、前腸骨棘高（下肢長）、肩峰幅（肩幅）、腸骨稜幅（腰幅）の小児期・思春期スパートのタイミングを推定することを目的としている。この推定のために三重ロジスティック曲線による成長曲線解析アプリケーション AUXAL を応用して観測データから思春期成長のパラメータ抽出をおこなっている。

## 被験者

被験者は 1979-1996 年の『小城成長研究』に参加したのべ 11,256 名の小学校、中学校、高等学校の児童・生徒が基になっている。彼らは毎年 4 月又は 5 月の調査時点で佐賀県小城郡小城町の桜岡校区に在住していた児童・生徒である。小城成長研究は基本的には 1979-1984 年度の小学校入学者を高等学校までの 12 年間個人追跡する縦断的成長調査として企画したものであるが、調査開始時に在学していた小学校、中学校の児童・生徒、および 1980 に在学していた高等学校生徒の個人追跡調査も含んでいる。男児については高等学校を卒業する直前の 2 月にも生体計測の調査をおこなっているので最大 13 年間の個人追跡データをもつ。後述する、データの編集の手続きの後、1979-1984 年度の小学校入学者の中から連続して 12 ないし 13 年計測している被験者を抽出した。最終的に個人のそれぞれの測度について成長曲線のパラメータを求める手続きにかけることができた人数は、女兒 174 人、男児 174 人であった。しかし、パラメータの抽出手続きで解析不能な個人追跡データや、外れ値をもつ個人追跡データが出てきた。したがって、男女 174 人ずつのデータは解析項目によって異なっている。表 1, 2 に解析したデータ数を示した。

## 小城成長研究

小城成長研究 (Ogi Growth Study) 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 1996 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。

## 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。身長，体重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）。

### 1. 身長

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アントロポメータ（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。）で計測した。

### 2. 下肢長

自然立位における床面から腸骨上前腸骨棘の最も下方の点である右側の上前腸骨棘点までの垂直距離をアントロポメータで計測した。

### 3. 座高

左右の大腿を膝の後ろまで座面につけて座らせ，大腿をほぼ水平にし，膝をおよそ90°に曲げさせ，足底をた平に床面につけさせた。この姿勢のまま背筋を自然に伸ばし，肩の力を抜かせ，耳眼水平面を床と平行にさせた。座面から，前述の姿勢で正中矢状面上で最も上方にある頭頂部の点である頭頂点までの高さを座高計で計測した。

### 4. 上肢長

自然立位において床面から肩甲骨の肩峰の最外側の点である右側の肩峰点までの高さ，肩峰高をアントロポメータで計測した。ついで，床面から手の中指の先端の点である右

側の指先点までの高さ，指先端高をアントロポメータで計測した。肩峰高から指先端高を引いた値を上肢長とした。すなわち間接上肢長である。

#### 5. 肩峰幅

自然立位における肩甲骨の肩峰の最外側の点である左右の肩峰点間の距離を大型の触角計で計測した。

#### 6. 腸骨稜幅

腸骨稜上で最も外側の点である左右の腸骨稜点間の距離を大型の触角計で計測した。

#### 7. 体重

被験者の着衣は半袖シャツ，短パンとした。男女は別室で計測した。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。体操服の着衣量（0.5kg）を引いた。

## データ編集

はじめに、データを横断的に見てデータを編集した。各項目について男女別、年齢別に平均値±2標準偏差、または3、97パーセンタイル値をこえる外れ値をチェックした。ついで、連続した2年以上の個人追跡データをもつ1,607人のひとりひとりについて7項目それぞれ現量値曲線(図1)を描いて、外れ値をチェックした。この編集作業はLinux(Unix)コンピュータシステムのThe GNU Plotting Utilities (Version 2.4.1, 2000)を中心にした自作の以下の手続きによっておこなった。

```
#!/bin/sh
# ~/data/ogi/bin/chkht
# growth graph only for Height measured on 1989 and 1996
# plot graphs automatically started from given tmpID
# use GNU plotutils 2.4 on Linux

if [ $# != 1 ]
then    echo "□ usage: `basename $0` tmpID#" >&2
        exit
fi

trap 'rm ${HOME}/tmp/*; exit' 1 2 15

fldx=4      # field x (age)
tmpID=$1
fldy=5      # field y (height)
Ylabel=Height
year=1
file=${HOME}/data/ogi/revised/ogi79_96.chk

tmpID=`expr $tmpID - 1`
DATA=${HOME}/tmp/$tmpID
AWK=/usr/bin/gawk
case $TERM in
  rxvt|xterm) GRAPH="/usr/local/bin/graph --display-type X
--symbol 4 --x-label Age --y-label $Ylabel";;
```

```

    vt100|vt220)      GRAPH="/usr/local/bin/graph --display-
type tek --symbol 4 --x-label Age --y-label $Ylabel";;
    *)      echo Unknow terminal $TERM; exit;;
esac
GREP='/bin/grep -F'

while [ $tmpID != "999999" ]
do
    err=1
    until [ $err = "0" ]
    do
        tmpID=`expr $tmpID + 1`
        $GREP $tmpID $file > $DATA
        err=$?
    done

    sex=`head -1 $DATA | cut -d" " -f3`
    id=`head -1 $DATA | cut -d" " -f2`
    label="$id ($tmpID) $sex"

    $AWK '$$fldx' != "." && '$$fldy' != "." ¥
        {print '$$fldx', '$$fldy'}' $DATA | $GRAPH --top-label
"$label"

    echo

    $AWK '{printf("%18s %2s %6.2f %6.1f¥n", " ", '$$year',
$$fldx', ¥
        '$$fldy')}' $DATA

    echo
    echo "                % Hit RETURN !"
    read dummy
done

```

## 0002 (990002) M

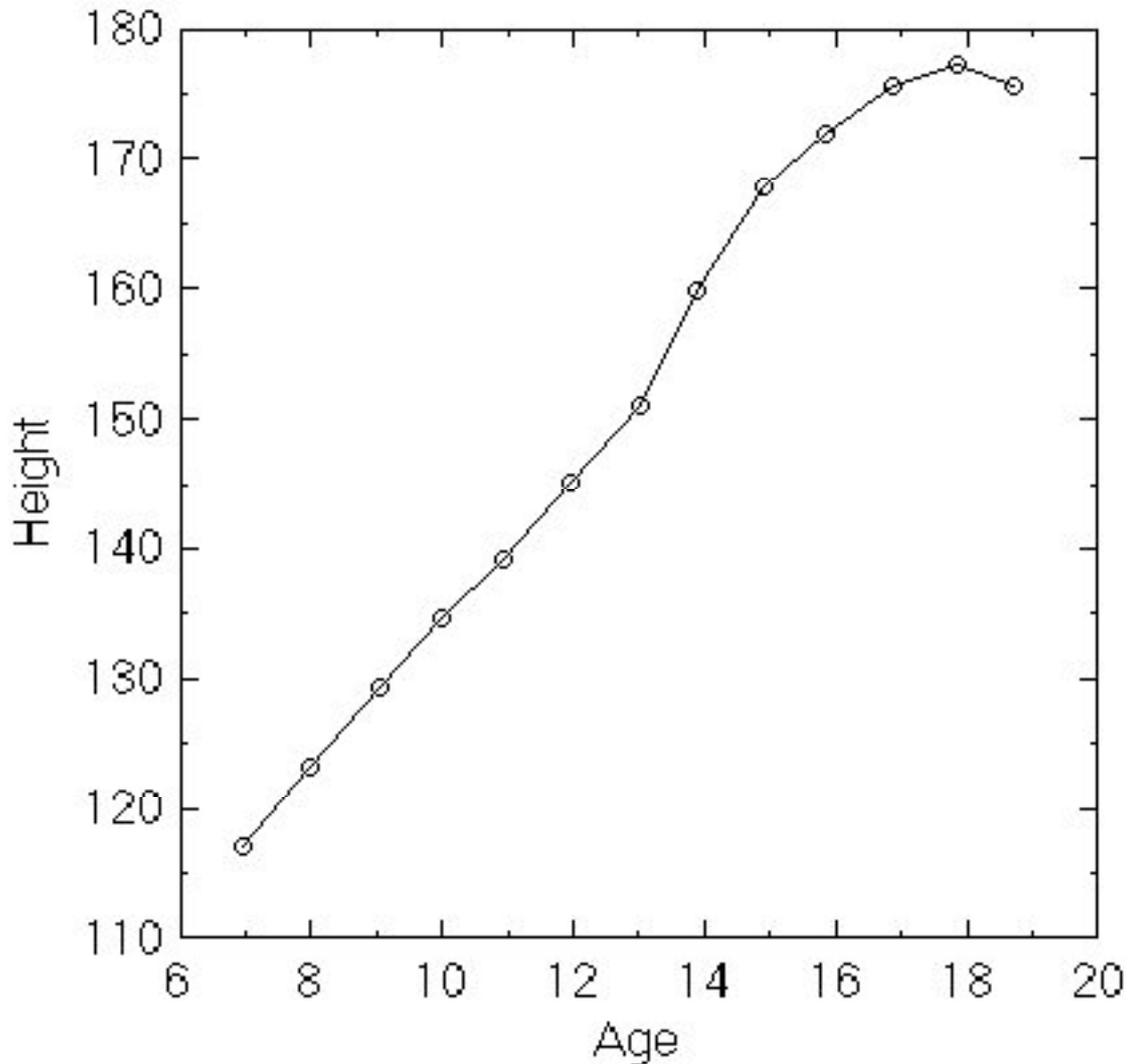


図1 個人追跡データの外れ値のチェックのための現量値曲線の描画

この編集過程でデータの記録ミス、入力ミス、計測ミスなどによる明らかな外れ値を修正した。修正できない外れ値は欠測値として処理した。各項目について個人の成長（現量値）曲線をコンピュータディスプレイに描いた。こうして単純ミスによる異常値には可能な限り修正を施し、修正不可能な異常値は削除した。最終的に各項目・性・年齢群について50パーセンタイル値（中央値）を求めた。

## BTT 法

BTT 法 (Bock et al., 2002) 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 3 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。身長を例にした解析手続は以下のようなものである。

```
>title;
Height from the Ogi Growth Study 1979--1996.
BTT model, Error SD=1.0
>procedure BTT, describe, display;
>variables indvar=(6.0,19.0), depvar=(100.0,190.0);
>list level=1;
>error female, sd=1.0;
>error male, sd=1.0;
>input type=1, data='height.dat', fields=(2,3,4,5),
  idchar=4, missing=0.0;
>stop;
```

## 成長速度曲線のパラメータ

図 2 に成長速度曲線を特徴づけるいくつかのパラメータを身長を例にして図示した (Largo et al., 1978)。最小成長速度年齢 (AMV, Age at Minimal Velocity) は思春期の開始時点を表わし、思春期スパート前の成長速度が最小の時点である。成長曲線と飛行機の離陸の軌跡の類似に因み、take-off age と称することもある。この成長速度曲線の落ち込みをトラフ (trough, 谷) とも呼ぶ。ついで、思春期における成長速度がピークに達する時点が最大成長速度年齢 (APV, Age at Peak Velocity) である。この成長速度曲線の頂上をピーク (peak, 谷) とも呼ぶ。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。最小速度年齢 (AMV)、最大速度年齢 (APV) 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。最小成長速度年齢の (AMV) 時の成長速度が最小成長速度 (MV, Minimal Velocity) であり、最大成長速度年齢 (APV) の時の成長速度が最大成長速度 (PV, Peak Velocity) である。また、現量値曲線上でのパラメータも定義できる。。最小成長速度年齢の (AMV) 時の現量値が最小成長速度時現量値 (DMV, Distance at Minimal Velocity) であり、最大成長速度年齢 (APV) の時の現量値が最大成長速度時現量値 (DPV, Distance at Peak Velocity) である。そして、成熟した時 (AUXAL プログラムでは 25 歳時の現量値) の現量値が成熟時現量値 (Distance at MaTuration) である。

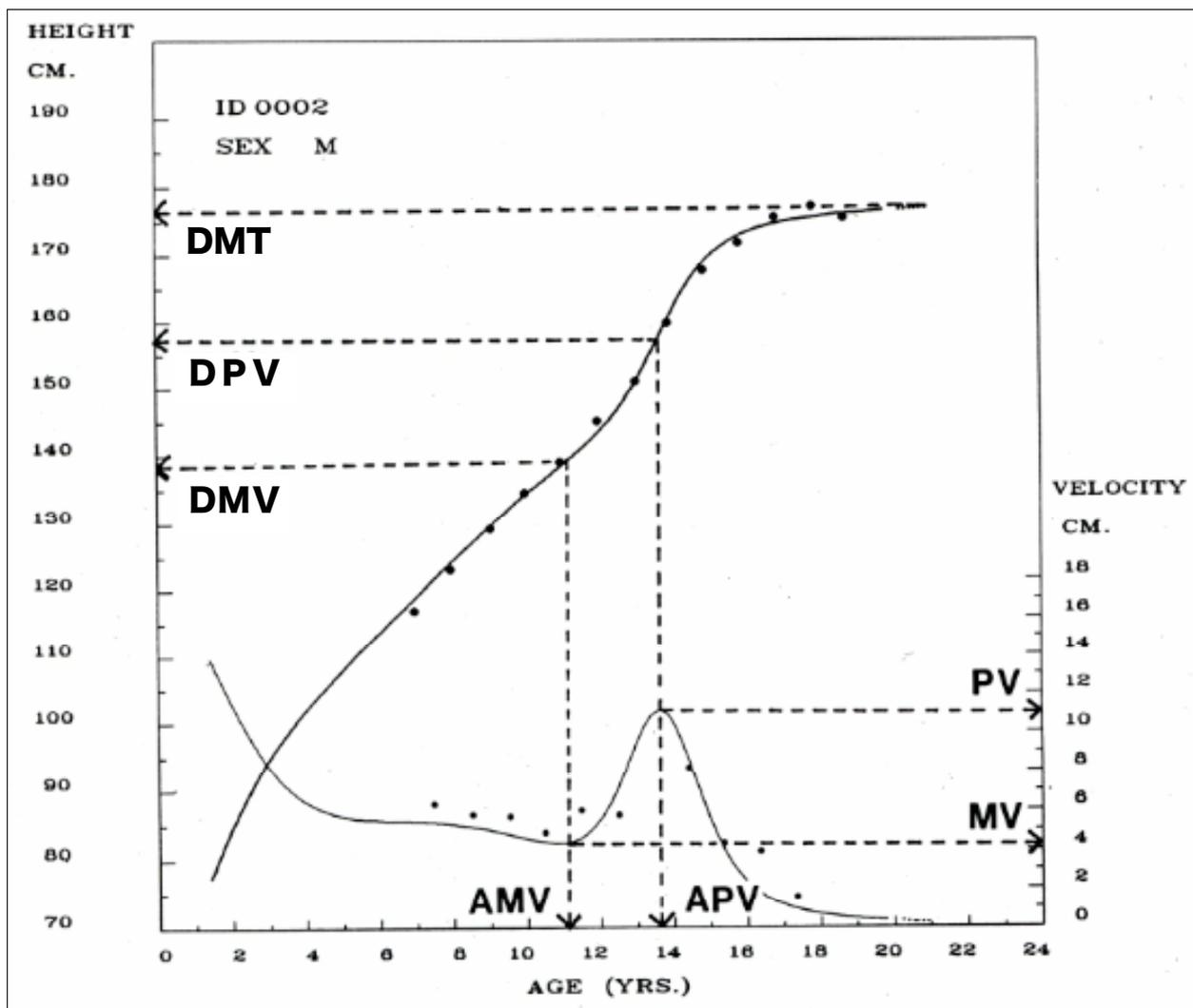


図2 AUXAL3による成長曲線（現量値，成長速度）

AUXAL3 の出力ファイルに対して Linux システム上の awk アプリケーションに以下の手続きをさせて個人の成長曲線パラメータを抜き出した。

```
# getprm2.awk
# get parameters for height growth from AUXAL2 output
# xxx.out file must be processed by ">LIST LEVEL=1" option.
# usage : gawk -f getprm.awk height.out > height.prm
#         1st arg is input file

BEGIN {
    skipfile = ARGV[1]".skp"
```

```

}

{
  do
    getline
  while ($0 !~ /C A S E/)
  id = $9

  do {
    getline
    if ($0 ~ /SKIPPING/) {
      do
        getline
        while ($0 !~ /C A S E/)
        print id, "SKIPPING" >> skpfile
        id = $9
      }
    } while ($0 !~ /SEX/)
  sex = $3

  do {
    getline
    if ($0 ~ /UNEXPECTEDLY EARLY/ || $0 ~ /NO MIDCHILDHOOD/)
  {
    aecm = "."
    ecmdst = "."
    ecmvel = "."
    amgs = "."
    mgsdst = "."
    mgsvel = "."
  }
  if ($0 ~ /EARLY CHILDHOOD/) {
    do
      getline
      while ($0 !~ /AGE/)
      aecm = $3
    do
      getline
      while ($0 !~ /HEIGHT/)
      ecmdst = $3
    do
      getline
      while ($0 !~ /VELOCITY/)

```

```

        ecmvel = $3

        do
            getline
            while ($0 !~ /MIDCHILDHOOD/)
            do
                getline
                while ($0 !~ /AGE/)
                amgs = $3
                do
                    getline
                    while ($0 !~ /HEIGHT/)
                    mgsdst = $3
                    do
                        getline
                        while ($0 !~ /VELOCITY/)
                        mgsvel = $3
                    }
                } while ($0 !~ /PREPUBERTAL/)

do
    getline
    while ($0 !~ /AGE/)
    amv = $3
    do
        getline
        while ($0 !~ /HEIGHT/)
        mvdst = $3
        do
            getline
            while ($0 !~ /VELOCITY/)
            mv = $3

do
    getline
    while ($0 !~ /ADOLESCENT/)
    do
        getline
        while ($0 !~ /AGE/)
        apv = $3
        do
            getline
            while ($0 !~ /HEIGHT/)

```

```
pvdst = $3
do
    getline
while ($0 !~ /VELOCITY/)
pv = $3

do
    getline
while ($0 !~ /MATURE/)
matdst = $5

print id, sex, aecm, ecmdst, ecmvel, amgs, mgsdst, mgsvel,
amv, mvdst, mv, apv, pvdst, pv, matdst
}
```

## 思春期スパートの各種パラメータの基本統計

BTT 法によって記述された成長速度曲線から求めた思春期スパート関連のパラメータを表 1, 2 に示す。

表 1 成長速度曲線のパラメータ (女兒)

		身長	下肢長	座高	上肢長	肩峰幅	腸骨稜幅	体重
AMV	N	173	151	153	157	151	148	100
	平均	8.17	8.25	8.89	8.28	8.52	8.15	6.82
	標準偏差	0.73	0.61	0.54	0.48	0.45	0.50	1.85
DMV	N	173	151	153	157	151	148	100
	平均	123.3	67.5	70.1	52.9	27.9	20.0	22.5
	標準偏差	4.99	3.33	2.77	2.44	1.18	1.04	2.63
MV	N	173	151	153	157	151	148	100
	平均	5.2	2.5	2.0	1.7	0.5	0.3	1.0
	標準偏差	0.48	0.27	0.31	0.18	0.07	0.04	0.26
APV	N	173	151	153	157	151	141	100
	平均	11.10	10.88	11.60	11.00	11.52	11.50	12.28
	標準偏差	0.77	0.72	0.73	0.62	0.65	0.66	1.17
DPV	N	173	151	153	157	151	141	100
	平均	141.9	77.6	78.8	61.3	32.2	24.2	39.3
	標準偏差	4.47	3.27	2.65	2.58	1.14	1.18	5.09
PV	N	173	151	153	157	151	141	100
	平均	8.0	5.9	5.0	5.4	3.2	3.2	7.4
	標準偏差	0.83	0.69	0.64	0.43	0.33	0.33	1.4
DMT	N	173	151	153	157	151	148	100
	平均	157.9	85.5	85.5	67.7	35.5	27.4	51.8
	標準偏差	5.11	3.54	2.87	2.80	1.23	1.34	8.14
Total N		173	159	172	160	160	161	174

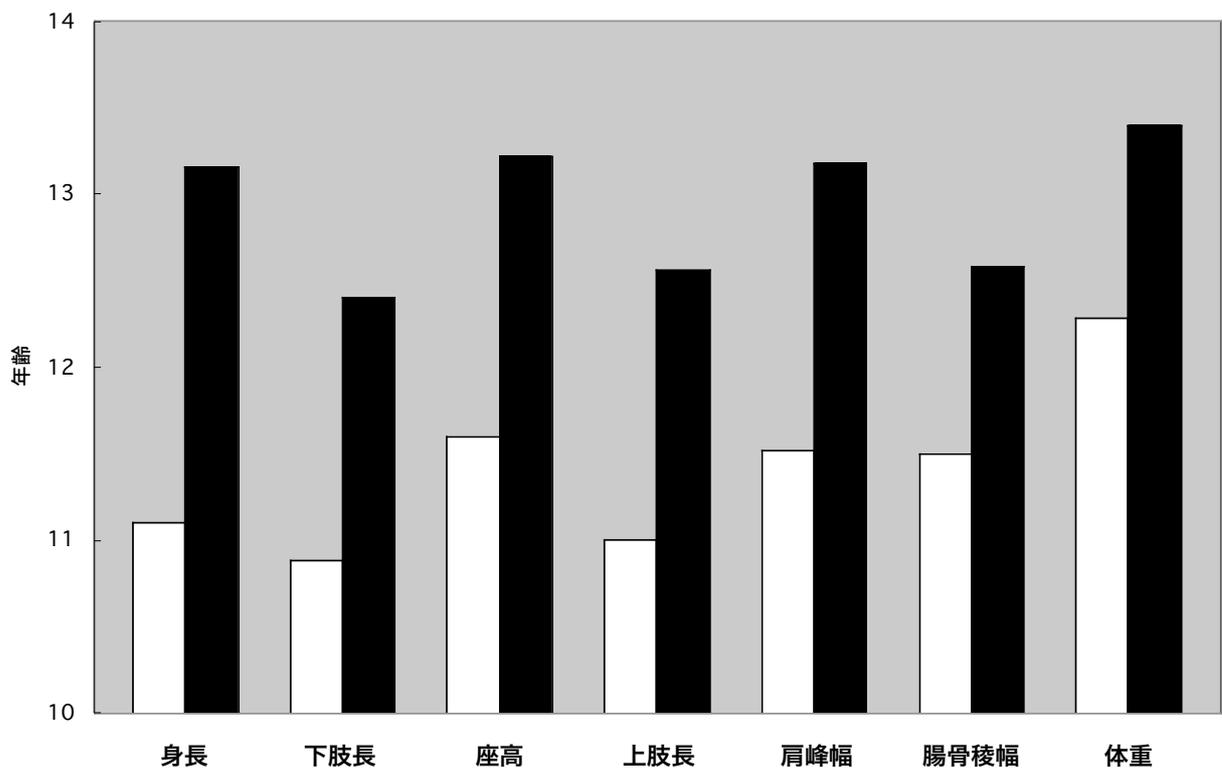
表 2 成長速度曲線のパラメータ (男児)

		身長	下肢長	座高	上肢長	肩峰幅	腸骨稜幅	体重
AMV	N	172	164	158	163	128	84	100
	平均	9.99	9.11	9.65	8.94	8.73	8.20	6.92
	標準偏差	0.99	0.70	0.57	0.57	0.39	0.48	1.55
DMV	N	172	164	158	163	128	84	100
	平均	133.9	70.6	72.0	55.4	28.4	19.9	23.6
	標準偏差	6.93	4.04	2.90	2.77	1.32	0.95	3.37
MV	N	172	164	158	163	128	84	100
	平均	5.0	2.7	1.9	1.8	0.7	0.5	1.0
	標準偏差	0.58	0.37	0.30	0.25	0.11	0.09	0.23
APV	N	172	164	158	163	128	84	100
	平均	13.16	12.40	13.22	12.56	13.18	12.58	13.4
	標準偏差	0.88	0.88	0.83	0.83	0.80	0.84	0.97
DPV	N	172	164	158	163	128	84	100
	平均	154.7	83.3	83.1	66.1	34.8	24.8	45.4
	標準偏差	5.54	4.06	2.80	3.00	1.40	1.21	7.56
PV	N	172	164	158	163	128	84	100
	平均	9.0	5.6	4.8	4.6	2.6	2.0	7.7
	標準偏差	0.89	0.56	0.55	0.37	0.27	0.20	1.91
DMT	N	172	164	158	163	128	84	100
	平均	171.6	93.5	91.9	74.5	40.1	28.7	62.2
	標準偏差	5.97	4.35	3.06	3.34	1.70	1.52	11.8
Total N		172	165	173	165	162	100	174

ここで小城児童・生徒の思春期スパートの身体各部の最大成長速度年齢のタイミング (APV) に焦点をあててみる。男児では下肢長<上肢長≒腸骨稜幅<身長≒肩峰幅<座高く体重の順で、女児では下肢長<上肢長<身長<腸骨稜幅≒肩峰幅<座高く体重の順であった (図3)。身長を構成する頭側の座高と尾側の下肢長を比べると、男女ともに

下肢長のスパートのタイミングが座高よりも早く、身長成長の始めの時期ではあしながのプロポーションであることが分かる。からだのプロポーションを長径と幅径で比べると、男児では身長と肩峰幅のスパートのタイミングはほとんど変わらない。一方、女児では肩峰幅、腸骨稜幅のは身長よりも遅れたタイミングでスパートすることが分かる。そして、男女ともに身長は体重よりも早く最大増加の時期を迎えていることがわかる。からだ全体のプロポーションは、細長型から肥満型へ移っていくことを示している。

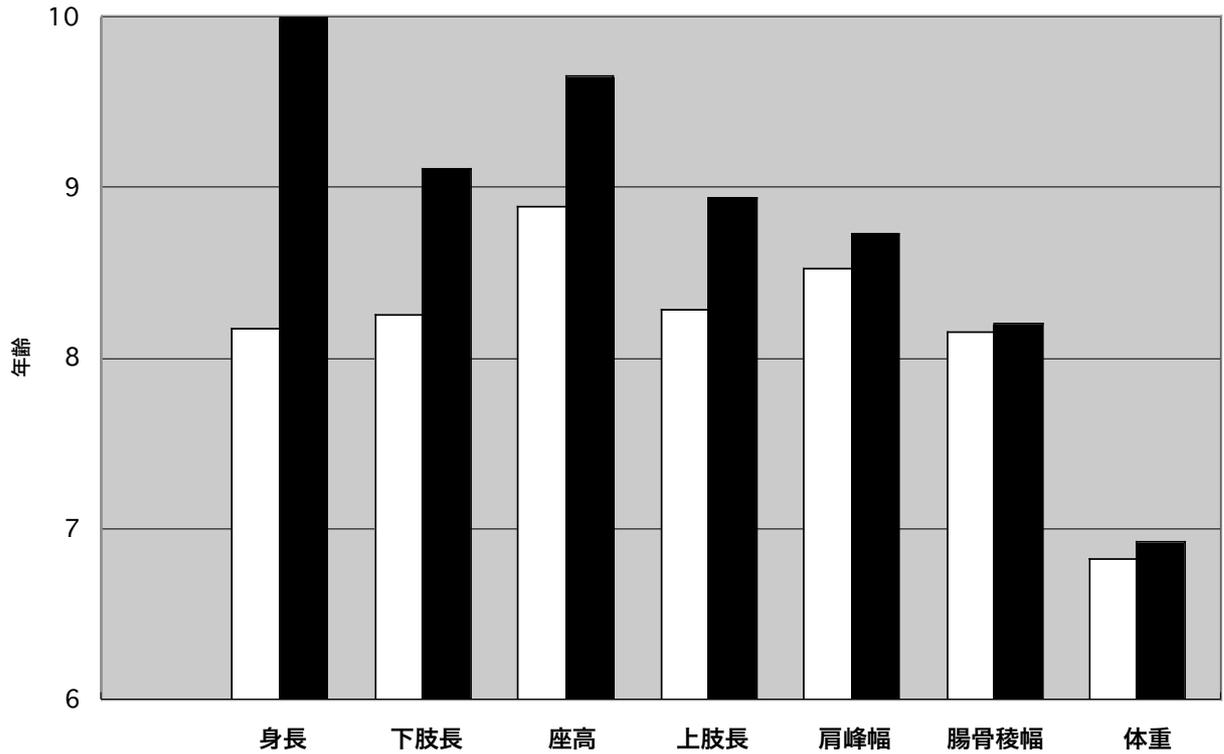
図3 最大成長速度年齢（APV）の比較（女児：白，男児：黒）



思春期の開始を表す最小成長速度年齢（AMV）で見ると（図4），男児では体重<腸骨稜幅<肩峰幅<上肢長<下肢長<座高<身長の順にスパートが開始することが分か

る。一方、女兒では体重<腸骨稜幅≒身長<下肢長≒上肢長<座高の順でスパークが始まることが分かった。

図4 最小成長速度年齢 (AMV) の比較 (女兒：白, 男児：黒)



## 項目ごとの思春期スパートのパラメータの関係

身長の思春期スパートの各パラメータをとくに成人身長（25歳時の予測値）との関係で見てみる（表3）。女兒では成人身長は思春期スパートのタイミング（AMV, APV）とは全く関係がない。成人身長と大きな関係を持つパラメータは、ピーク時の現量値とトラフ時の現量値である。さらに思春期スパートの大きさとも同様に関係がない。男兒ではこれらの関係は無関係ではないものの、非常に小さな関係しかないことが明らかになった。トラフ（成長速度曲線の谷）とピーク（成長速度曲線の山）のタイミングと大きさの間には思春期が早期に出現する時はトラフは小さく、かつピークは小さいという負の相関があった。すなわち、思春期が前倒しになると成長速度曲線の高さは全体的により低くなるのである。

表3 身長の思春期スパートパラメータ間の相関（女兒：右上三角，N=173；男兒：左下三角，N=172）

	AMV	DMV	MV	APV	DPV	PV	DMT
AMV		0.508**	-0.884**	0.938**	0.212**	-0.844**	0.002ns
DMV	0.687**		-0.116ns	0.370**	0.862**	-0.545**	0.694**
MV	-0.664**	-0.071ns		-0.858**	0.182 *	0.693**	0.369**
APV	0.868**	0.439**	-0.820**		0.229**	-0.673**	0.089ns
DPV	0.373**	0.851**	0.131ns	0.322**		-0.135ns	0.960**
PV	-0.676**	-0.393**	0.580**	-0.566**	-0.012ns		0.096ns
DMT	0.201**	0.732**	0.291**	0.183 *	0.972**	0.203**	

下肢長の思春期成長曲線パラメータ間の関係は大きな男女差がみあたらない。成人下肢長は、女子の最大速度との関係を除いて、他の成長パラメータと何らかの関係を持っている。しかしながら、成人下肢長はトラフとピークのタイミングとは弱い関係を示し、一方、トラフ時とピーク時の現量値とは強い関係を示した。

表4 下肢長の思春期スパートパラメータ間の相関（女兒：右上三角, N=151；男児：左下三角, N=164）

	AMV	DMV	MV	APV	DPV	PV	DMT
AMV		0.442**	-0.637**	0.974**	0.310**	-0.767**	0.211**
DMV	0.562**		0.162 *	0.349**	0.939**	-0.417**	0.844**
MV	-0.657**	0.083ns		-0.625**	0.348**	0.561**	0.452**
APV	0.968**	0.420**	-0.756**		0.285**	-0.617**	0.229**
DPV	0.496**	0.953**	0.148ns	0.407**		-0.121ns	0.977**
PV	-0.522**	-0.215**	0.454**	-0.384**	0.068ns		0.066ns
DMT	0.431**	0.882**	0.192**	0.375**	0.983**	0.235**	

座高の思春期スパートの各パラメータ間の関係（表5）は身長と似ている。トラフとピークのそれぞれの成長速度と現量値の間には男女ともに有意な相関関係が見当たらない。すなわち、思春期の開始時点と思春期ピークの成長速度が大きかろうが、小さかろうがその時点での現量値には関係がないことが明らかになった。

表5 座高の思春期スパートパラメータ間の相関（女兒：右上三角, N=153；男児：左下三角, N=158）

	AMV	DMV	MV	APV	DPV	PV	DMT
AMV		0.348**	-0.850**	0.969**	0.226**	-0.712**	0.114ns
DMV	0.362**		-0.018ns	0.232**	0.919**	-0.424**	0.779**
MV	-0.832**	-0.011ns		-0.832**	0.158ns	0.663**	0.279**
APV	0.967**	0.207**	-0.871**		0.197 *	-0.531**	0.146ns
DPV	0.285**	0.916**	0.095ns	0.210**		-0.076ns	0.963**
PV	-0.570**	-0.310**	0.555**	-0.397**	0.062ns		0.169 *
DMT	0.206**	0.776**	0.164 *	0.189 *	0.964**	0.304**	

上肢長の思春期スパートの各パラメータ間の関係（表6）もむしろ身長よりも下肢長に見る関係に類似している。女兒では成人上肢長はピークの大きさ（PV）を除いて、他の思春期成長速度曲線のパラメータと何らかの関係を示している。

表6 上肢長の思春期スパートパラメータ間の相関（女兒：右上三角，  
N=157；男児：左下三角，N=163）

	AMV	DMV	MV	APV	DPV	PV	DMT
AMV		0.396**	-0.565**	0.986**	0.347**	-0.705**	0.314**
DMV	0.400**		0.312**	0.329**	0.967**	-0.251**	0.915**
MV	-0.803**	0.116ns		-0.578**	0.409**	0.544**	0.451**
APV	0.982**	0.287**	-0.852**		0.317**	-0.596**	0.308**
DPV	0.384**	0.964**	0.143ns	0.308**		-0.046ns	0.988**
PV	-0.482**	0.034ns	0.581**	-0.396**	0.254**		0.077ns
DMT	0.372**	0.911**	0.145ns	0.321**	0.988**	0.369**	

肩峰幅の思春期スパートの各パラメータ間の関係（表7）には男女差が現れている。成人肩峰幅は男児では最大成長速度（PV）と強い関係を示すが、女兒では弱い相関しか示さない。したがって、急激に肩幅が成長する男児ではより広い肩幅をもつ成人になることを表している。身長を始めとする長径項目ではこれらの関係は無関係かあっても非常に弱い関係であった。

表7 肩峰幅の思春期スパートパラメータ間の相関（女兒：右上三角，  
N=151；男児：左下三角，N=128）

	AMV	DMV	MV	APV	DPV	PV	DMT
AMV		0.144ns	-0.788**	0.973**	0.149ns	-0.457**	0.160 *
DMV	0.138ns		0.365**	-0.006ns	0.928**	-0.328**	0.787**
MV	-0.834**	0.295**		-0.841**	0.358**	0.296**	0.303**
APV	0.933**	-0.079ns	-0.911**		0.073ns	-0.273**	0.144ns
DPV	0.223 *	0.859**	0.125ns	0.170ns		0.001ns	0.960**
PV	-0.246**	-0.140ns	0.070ns	0.055ns	0.335**		0.238**
DMT	0.262**	0.658**	-0.007ns	0.313**	0.951**	0.568**	

腸骨稜幅の思春期スパートの各パラメータ間の関係（表8）にも、肩峰幅とは違った、男女差が現れている。成人腸骨稜幅は女兒では最小成長速度（MV）と強い関係を示すが、男児では全くの無相関を示す。女兒では成人腸骨稜幅はピークの大きさ（PV）よ

りもトラフの落ち込み（MV）の程度により関係しているようである。腰幅の成長スピードの落ち込みが小さい女兒ではより広い腰幅をもつ成人になることを表している。体型で性差がより明瞭に現れる，腰幅と肩幅の成長速度に明瞭な性差が現れていることが分かった。

表8 腸骨稜幅の思春期スパートパラメータ間の相関（女兒：右上三角，N=141；男児：左下三角，N=84）

	AMV	DMV	MV	APV	DPV	PV	DMT
AMV		0.114ns	-0.170ns	0.972**	0.157ns	-0.399**	0.184 *
DMV	0.326**		0.784**	-0.020ns	0.926**	0.073ns	0.818**
MV	-0.894**	0.067ns		-0.296**	0.793**	0.370**	0.738**
APV	0.975**	0.244 *	-0.895**		0.087ns	-0.279**	0.157ns
DPV	0.312**	0.918**	0.082ns	0.313**		0.384**	0.974**
PV	-0.322**	0.234 *	0.490**	-0.178ns	0.552**		0.535**
DMT	0.309**	0.824**	0.063ns	0.350**	0.981**	0.665**	

体重の思春期スパートの各パラメータ間の関係（表9）には，これまでに述べた一次元（線型）の計測項目には見られなかった関係がある。成人体重は男女ともに思春期の始まりのタイミング（AMV）と負の相関関係を示した。したがって，思春期の始まりが遅い晩熟の子どもはより体重の大きい大人になることになる。しかし，思春期のタイミング（APV）と成人体重の関係は男女で異なる。女兒は弱い相関を示したが，男児では無相関であった。

表9 体重の思春期スパートパラメータ間の相関（女兒：右上三角,  
N=100；男児：左下三角, N=100）

	AMV	DMV	MV	APV	DPV	PV	DMT
AMV		0.546**	-0.273**	0.388**	-0.506**	-0.375**	-0.519**
DMV	0.405**		0.357**	0.002ns	0.119ns	-0.079ns	-0.038ns
MV	-0.326**	0.566**		0.107ns	0.742**	-0.099ns	0.656**
APV	0.558**	0.113ns	-0.211 *		0.216 *	-0.474**	0.322**
DPV	-0.460**	0.447**	0.751**	0.028ns		0.331**	0.978**
PV	-0.650**	0.131ns	0.449**	-0.289**	0.824**		0.326**
DMT	-0.520**	0.311**	0.682**	0.060ns	0.987**	0.849**	

## 思春期スポーツのパラメータごとの項目間の関係

体重を除いた一次元の計測項目の間でそれぞれの思春期成長曲線のパラメータの関係を分析した (表 10~16)。

表 10 最小速度年齢 (AMV) の項目間の相関 (女兒：右上三角, N=114 ; 男児：左下三角, N=68)

	身長	下肢長	座高	上肢長	肩峰幅	腸骨稜幅
身長		0.820**	0.796**	0.863**	0.628**	0.535**
下肢長	0.747**		0.691**	0.815**	0.609**	0.547**
座高	0.806**	0.834**		0.806**	0.612**	0.554**
上肢長	0.815**	0.808**	0.895**		0.691**	0.571**
肩峰幅	0.535**	0.612**	0.627**	0.659**		0.688**
腸骨稜幅	0.534**	0.512**	0.582**	0.592**	0.488**	

表 11 最大速度年齢 (APV) の項目間の相関 (女兒：右上三角, N=107 ; 男児：左下三角, N=68)

	身長	下肢長	座高	上肢長	肩峰幅	腸骨稜幅
身長		0.896**	0.845**	0.927**	0.656**	0.636**
下肢長	0.910**		0.761**	0.879**	0.626**	0.631**
座高	0.939**	0.874**		0.821**	0.624**	0.590**
上肢長	0.936**	0.872**	0.898**		0.664**	0.612**
肩峰幅	0.712**	0.624**	0.659**	0.689**		0.724**
腸骨稜幅	0.635**	0.552**	0.563**	0.600**	0.577**	

表 12 最小速度 (MV) の項目間の相関 (女兒：右上三角, N=114 ; 男児：左下三角, N=68)

	身長	下肢長	座高	上肢長	肩峰幅	腸骨稜幅
身長		0.740**	0.712**	0.741**	0.547**	0.546**
下肢長	0.818**		0.503**	0.687**	0.451**	0.498**
座高	0.834**	0.741**		0.549**	0.535**	0.367**
上肢長	0.830**	0.783**	0.815**		0.456**	0.494**
肩峰幅	0.689**	0.605**	0.688**	0.702**		0.425**
腸骨稜幅	0.581**	0.498**	0.623**	0.552**	0.632**	

表 1 3 最大速度 (PV) の項目間の相関 (女兒：右上三角, N=107 ; 男兒：左下三角, N=68)

	身長	下肢長	座高	上肢長	肩峰幅	腸骨稜幅
身長		0.641**	0.713**	0.736**	0.460**	0.516**
下肢長	0.427**		0.393**	0.462**	0.502**	0.441**
座高	0.700**	0.298 *		0.510**	0.390**	0.352**
上肢長	0.644**	0.441**	0.587**		0.359**	0.355**
肩峰幅	0.237ns	0.431**	0.145ns	0.224ns		0.423**
腸骨稜幅	0.138ns	0.356**	0.196ns	0.205ns	0.454**	

表 1 4 最小速度年齢時現量値 (DMV) の項目間の相関 (女兒：右上三角, N=114 ; 男兒：左下三角, N=68)

	身長	下肢長	座高	上肢長	肩峰幅	腸骨稜幅
身長		0.787**	0.768**	0.811**	0.593**	0.538**
下肢長	0.793**		0.577**	0.798**	0.604**	0.480**
座高	0.809**	0.680**		0.658**	0.600**	0.568**
上肢長	0.829**	0.827**	0.738**		0.692**	0.592**
肩峰幅	0.609**	0.752**	0.677**	0.753**		0.663**
腸骨稜幅	0.631**	0.452**	0.724**	0.561**	0.587**	

表 1 5 最大速度年齢時現量値 (DPV) の項目間の相関 (女兒：右上三角, N=107 ; 男兒：左下三角, N=68)

	身長	下肢長	座高	肩峰幅	肩峰幅	腸骨稜幅
身長		0.870**	0.805**	0.813**	0.574**	0.488**
下肢長	0.911**		0.551**	0.838**	0.550**	0.458**
座高	0.873**	0.677**		0.549**	0.509**	0.449**
上肢長	0.877**	0.862**	0.682**		0.632**	0.473**
肩峰幅	0.736**	0.669**	0.674**	0.690**		0.584**
腸骨稜幅	0.537**	0.375**	0.568**	0.424**	0.601**	

表 1 6 成熟時現量値 (DMT) の項目間の相関 (女兒：右上三角, N=114 ;  
男児：左下三角, N=68)

	身長	下肢長	座高	上肢長	肩峰幅	腸骨稜幅
身長		0.865**	0.775**	0.796**	0.526**	0.456**
下肢長	0.895**		0.504**	0.822**	0.503**	0.455**
座高	0.841**	0.618**		0.478**	0.413**	0.355**
上肢長	0.842**	0.850**	0.610**		0.525**	0.383**
肩峰幅	0.661**	0.569**	0.558**	0.580**		0.539**
腸骨稜幅	0.448**	0.338**	0.432**	0.341**	0.587**	

これらの表を概観した結果, それぞれのパラメータに共通して幅径項目である肩峰幅, 腸骨稜幅が他の長径項目と別のカテゴリに分けるような要因が仮定することにした。このことを多変量解析の因子分析によってさらに分析してみた。

女兒 107 名, 男児 68 名について, 体重を除いた 6 項目の思春期成長曲線の 7 つのパラメータを相関行列から計算する主成分分析にかけた。その結果, 女兒は第 5 主成分までで 80.7%の累積寄与率が, 男児で 83.3%の累積寄与率が示された。そこで, 5 つの主成分に Varimax 回転を施す因子分析をおこなった (表 1 7, 1 8)。

回転後の因子パターンを因子負荷量の大きさを手がかりに探ってみると, 女兒の第 1 因子は思春期成長速度曲線パラメータのなかでもタイミング (AMV, APV) に関連した変数と高い相関を示した (大きい因子負荷量をもつ)。第 2 因子は各変量の現量値 (DMV, DPV, DMT) と高い相関を持つものであった。ただし, 腸骨稜幅のそれらは含まれていない。第 3 因子は各変量の最大成長速度 (PV) に大きな因子負荷量を持つものであった。第 4 因子は腸骨稜幅のパラメータに大きな因子負荷量が現れていた。そして, 第 5 因子は座高の現量値 (DMV, DPV, DMT) と高い相関をもつ者であることが分かった (表 1 7)。これらのことから, 女兒の思春期の成長曲線を支配する因子に

は、1) 成長速度の切り替えのタイミングに関連した因子、2) 現量値に関連した因子、3) 思春期スパートの大きさに関連した因子、4) 腸骨稜幅の成長に関連した因子、5) 座高の現量値に関連する因子、が存在する可能性が浮かび上がってきた。

表17 思春期成長曲線パラメータの因子パターン (女兒)

身長のAMV	0.614915	0.022764	-0.731410	0.104022	0.041139
身長のDMV	0.176138	0.642018	-0.499748	-0.256545	-0.366113
身長のMV	-0.552472	0.334966	0.599978	-0.263245	-0.174852
身長のAPV	0.762021	0.052871	-0.521029	0.239930	0.029004
身長のDPV	0.179034	0.812510	-0.088240	-0.176826	-0.472795
身長のパV	-0.336718	-0.022753	0.837448	0.126895	-0.070801
身長のDMT	0.135235	0.816117	0.145076	-0.144728	-0.464665
下肢長のAMV	0.624587	0.250017	-0.562492	0.201664	0.174823
肢長のDMV	0.028256	0.887695	-0.300473	-0.080135	-0.055374
下肢長のMV	-0.417751	0.356639	0.515119	-0.210653	-0.262504
下肢長のAPV	0.740551	0.188653	-0.462096	0.195957	0.172583
下肢長のDPV	0.091727	0.924234	-0.092789	-0.141505	-0.106091
下肢長のPV	-0.178718	-0.170975	0.703616	-0.227167	-0.149176
下肢長のDMT	0.126064	0.896473	0.048699	-0.171166	-0.134685
座高のAMV	0.636786	0.189282	-0.584696	-0.026845	-0.222756
座高のDMV	-0.059931	0.503945	-0.183714	-0.329646	-0.738471
座高のMV	-0.569028	0.000715	0.647140	-0.022916	-0.065292
座高のAPV	0.720513	0.168558	-0.466588	0.072383	-0.214788
座高のDPV	0.001860	0.510548	0.093582	-0.200909	-0.801281
座高のPV	-0.183632	-0.145597	0.752367	0.254223	0.072088
座高のDMT	0.036756	0.466275	0.273294	-0.096435	-0.763949
上肢長のAMV	0.723999	0.197485	-0.539885	0.106486	-0.018733
上肢長のDMV	0.031638	0.830381	-0.269468	-0.273196	-0.143074
上肢長のMV	-0.449834	0.461583	0.487349	-0.220152	-0.067749
上肢長のAPV	0.760630	0.189252	-0.473273	0.162537	0.022927
上肢長のDPV	0.060353	0.902210	-0.134268	-0.213045	-0.092258
上肢長のPV	-0.404022	0.103511	0.680293	0.117079	0.174230
上肢長のDMT	0.084640	0.920215	-0.047442	-0.166939	-0.057301
肩峰幅のAMV	0.815775	0.167433	-0.214101	-0.057531	-0.084840
肩峰幅のDMV	-0.224788	0.630974	-0.212133	-0.514949	-0.067372
肩峰幅のMV	-0.748370	0.251199	0.100741	-0.194805	0.116405
肩峰幅のAPV	0.882817	0.056108	-0.095233	-0.016058	-0.079572
肩峰幅のDPV	-0.090603	0.600463	-0.013979	-0.569707	-0.060977
肩峰幅のPV	-0.025239	-0.227316	0.610807	-0.050116	0.053786
肩峰幅のDMT	0.033886	0.521195	0.133002	-0.558027	-0.051617
臑骨稜幅のAMV	0.851925	0.062483	-0.076181	-0.227832	0.077138
臑骨稜幅のDMV	-0.089585	0.379474	-0.129459	-0.831171	-0.107311
臑骨稜幅のMV	-0.333881	0.230462	0.183668	-0.721703	-0.113595
臑骨稜幅のAPV	0.895625	-0.005409	-0.008948	-0.141237	0.077714
臑骨稜幅のDPV	0.060758	0.310515	0.077050	-0.897119	-0.125537
臑骨稜幅のPV	-0.110502	-0.105286	0.575108	-0.302273	-0.141125
臑骨稜幅のDMT	0.158531	0.247440	0.194832	-0.876669	-0.126316

同様に男児について因子負荷量の大きさから因子パターンを探った。男児の第 1 因子は思春期成長速度曲線パラメータのなかでもタイミング (AMV, APV) に関連した変数と最小成長速度 (MV) を対比させる因子構造であった。すなわち、早熟な思春期と成長速度曲線のトラフの深さ、あるいは、晩熟な思春期とトラフの浅さに関連した因子である。第 2 因子は、腸骨稜幅を除いた、各変量の現量値 (DMV, DPV, DMT) と高い相関を持つものであった。これは女兒と同じような因子である。第 3 因子は腸骨稜幅のパラメータに大きな因子負荷量が現れていた。。第 4 因子は、幅径の肩峰幅と腸骨稜幅を除いた、長径項目の最大成長速度 (PV) に大きな因子負荷量を持つものであった。そして第 5 因子は、第 1 因子のように、腸骨稜幅だけに関するタイミング (AMV, APV) に関連した変数と最小成長速度 (MV) を対比させる因子構造であることが分かった (表 1 8)。これらのことから、男児の思春期の成長曲線を支配する因子には、1) 早熟／晩熟と思春期開始時の成長速度の小／大に関連した因子、2) 腸骨稜幅以外の現量値に関連した因子、3) 腸骨稜幅の成長に関連した因子、4) 長径項目の思春期の大きさに関連した因子、そして5) 腸骨稜幅の早熟／晩熟と思春期開始時の成長速度の小／大に関連した因子、が存在する可能性が浮かび上がってきた (表 1 8)。

表 1 8 思春期成長曲線パラメータの因子パターン (男児)

身長のAMV	0.721875	-0.312058	0.068796	0.343547	-0.158754
身長のDMV	0.227780	-0.837330	0.124737	0.302654	-0.108132
身長 of MV	-0.774747	-0.372389	0.217535	-0.237919	0.085166
身長 of APV	0.940021	-0.124394	0.007592	0.126753	-0.134419
身長 of DPV	0.086385	-0.966872	0.127837	0.001554	-0.060550
身長 of PV	-0.479599	0.011456	-0.050622	-0.715239	0.067711
身長 of DMT	-0.004728	-0.952872	0.142743	-0.142558	-0.046352
下肢長のAMV	0.798758	-0.364896	-0.090110	0.180012	-0.006855
肢長のDMV	0.077378	-0.931887	-0.123602	0.060158	0.098923
下肢長のMV	-0.770730	-0.311485	0.021346	-0.225870	-0.014698
下肢長のAPV	0.890899	-0.204087	-0.027152	0.093683	-0.035822
下肢長のDPV	0.105345	-0.936984	-0.052677	-0.100674	0.048032
下肢長のPV	-0.173937	-0.050940	0.264112	-0.644762	-0.178014
下肢長のDMT	0.113795	-0.910025	-0.011404	-0.195074	0.010043
座高のAMV	0.840273	-0.286951	0.096306	0.305293	-0.097150
座高のDMV	-0.001857	-0.807002	0.294707	0.329268	-0.069982
座高のMV	-0.870548	-0.030112	0.154973	-0.269041	0.185999
座高のAPV	0.886945	-0.197435	0.019289	0.188590	-0.095039
座高のDPV	-0.134047	-0.834385	0.279244	0.129464	-0.007127
座高のPV	-0.595572	0.059560	-0.092457	-0.551915	0.169641
座高のDMT	-0.217786	-0.788987	0.252937	-0.020454	0.038764
上肢長のAMV	0.881146	-0.247388	-0.002378	0.206387	-0.122523
上肢長のDMV	0.131980	-0.914402	0.000329	0.105167	-0.025352
上肢長のMV	-0.862662	-0.262152	0.009370	-0.200091	0.042325
上肢長のAPV	0.918974	-0.140698	-0.007261	0.085436	-0.129188
上肢長のDPV	0.132113	-0.928145	-0.010213	-0.079124	-0.061422
上肢長のPV	-0.386152	-0.214586	-0.040443	-0.708761	-0.077417
上肢長のDMT	0.136081	-0.903746	-0.016154	-0.186624	-0.084636
肩峰幅のAMV	0.800408	-0.250283	-0.043740	-0.132049	0.124453
肩峰幅のDMV	-0.013536	-0.822430	0.162206	0.006119	0.350824
肩峰幅のMV	-0.786707	-0.197238	0.071288	0.046905	0.144368
肩峰幅のAPV	0.854154	-0.019326	0.086790	-0.213497	-0.003440
肩峰幅のDPV	0.127920	-0.735068	0.440224	-0.195195	0.293795
肩峰幅のPV	-0.052447	0.205792	0.647142	-0.378066	-0.146846
肩峰幅のDMT	0.223065	-0.590439	0.571117	-0.309827	0.222507
臑骨稜幅のAMV	0.611703	-0.067711	0.228547	-0.028125	-0.694680
臑骨稜幅のDMV	0.026651	-0.571091	0.626622	0.278376	-0.190893
臑骨稜幅のMV	-0.602158	-0.184323	0.109913	0.137964	0.715267
臑骨稜幅のAPV	0.601880	0.033089	0.278634	-0.110933	-0.693416
臑骨稜幅のDPV	0.037784	-0.449607	0.819312	0.159470	-0.178672
臑骨稜幅のPV	-0.237616	0.012843	0.718933	-0.116594	0.250264
臑骨稜幅のDMT	0.055726	-0.359110	0.868608	0.085761	-0.174876

## おわりに

1979～1995年にわたる児童・生徒の身体成長の縦断的研究，小城成長研究（Ogi Growth Study）ののべ11,256名のデータから12年間の個人追跡データを持つ男女児174名ずつを選び出して日本人の思春期の身体成長の総合的分析をおこなった。分析の対象とした身体計測項目は身長，下肢長，座高，上肢長，肩峰幅，腸骨稜幅，体重である。その結果以下の知見を得ることが出来た。

1) 思春期スパートのタイミングは一様ではなく，下肢長が先行してスパートしそれに座高が続いていく。また，体重は一番遅れてスパートすることが明らかになった。

2) 成人に達した時の大きさはその途中経過の思春期のタイミングや思春期の大きさとは無関係であることが分かった。

3) 長径項目では，早熟傾向と思春期スパートの小ささのあいだに強い関係がある。

4) 女兒の腸骨稜幅と男児の肩峰幅の成長パターンには特徴的な傾向がある。

5) 思春期スパートに関連した因子として，タイミング関連因子，サイズ関連因子，スパート量関連因子が示唆された。同時に腸骨稜幅関連因子が男女ともにあることが示唆された。

## 文献

Beunen GP, Malina RM Van't Hof MA, Simons J, Ostyn M, Renson R and Van Gerven D (1988): Adolescent Growth and Motor Performance. A Longitudinal Study of Belgian Boys. Human Kinetic Books, Champaign. pp. 19-62.

Bielicki T, Koniarek J and Malina RM (1984): Interrelationships among certain measures of growth and maturation rate in boys during adolescence. *Ann Hum Biol* 11: 201-210.

Bielicki T and Welon Z (1973): The sequence of growth velocity peaks of principal body dimensions in girls. *Materialy i Prace Antropologiczne* 86: 3-10.

Bock RD, du Toit SHC and Thissen D (1994, 200) : AUXAL™ : Auxological Analysis of Longitudinal Measurements of Human Stature. Scientific Software International, Michigan.

Buckler J (1990) : A Longitudinal Study of Adolescent Growth. Springer-Verlag, London, pp. 1-111.

Eveleth PB and Tanner JM (1976): Worldwide Variation in Human Growth. Cambridge Univ Press, Cambridge, pp. 222-239.

Gasser T, Kohler W, Muller H-G, Kneip A, Largo R, Molinari L and Prader A (1984) : Velocity and acceleration of height growth using Kernel estimation. *Ann Hum Biol* 11: 397-411.

Gasser T, Moler H-G, Koler W, Prader A, Largo R and Molinari L (1985) : An analysis of the mid-growth and adolescent spurts of height based on acceleration. *Ann Hum Biol* 12: 129-148.

- Karlberg, P. and J. Taranger (1976) : The somatic development of children in a Swedish urban community. *Acta Paediatrica Scandinavica*, Supplement, 258: 1-148.
- Kemper, HCG. (1995) : The Amsterdam Growth Study. A longitudinal analysis of health, fitness, and lifestyle. Human Kinetics, Champaign.
- 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.
- Martin AD, Carter JEL, Hendy KC and Malina RM (1988): Segment lengths. (Ed.) Lohman TG, Roche AF and Martorell R (In) *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Human Kinetics Books, Champaign, pp. 9-26.
- Prader A.; Largo R.H.; Molinari L.; Issler C. (1988) : Physical growth of Swiss children from birth to 20 years of age: First Zurich Longitudinal Study of growth and development. *HELV. PAEDIATR. ACTA, SUPPL.* 52 : 3-125.
- Roche, AF. (1992) : Growth, maturation, and body composition. *The Fels Longitudinal Study 1929—1991*. Cambridge University Press, Cambridge.
- 佐竹 隆, 菊田文夫, 尾崎 公 (1989) : 個人発育からみた身長, 体重の最大発育年齢の出現順について. *人類誌* 97: 189-199.
- Shohoji T and Sasaki H (1987): Individual growth of stature of Japanese. *Growth* 51: 432-450.
- Simons J, Beunen GP, renson R, Claessens ALM, Vanreusel B, Lefevre JAV (1990) : Growth and fitness of Flemish Girls. *The Leuven Growth Study*. Human Kinetics, Campaign.
- 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.
- 田原佳子, 多田羅裕子, 村田光範, 高石昌弘, 船川幡夫 (1986) : 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.

田原佳子, 多田羅裕子, 村田光範, 高石昌弘, 船川幡夫 (1987) : 思春期成長促進現象に関する数学的解析について。第2報。思春期学 5 : 185-190。

Tahara K and Murata M (1988): Mathematical analysis of height growth velocity curve and its clinical application. *Acta Paediatr Jpn* 30 (Suppl): 226-231.

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.

Tanner JM (1978): *Foetus into Man: Physical Growth from Conception to Maturity*. Open Books, London, pp. 67-74.

Tanner JM, Whitehouse RH, Marubini E and Resele LF (1976) : The adolescent growth spurt of boys and girls of the Harpenden Growth Study. *Ann Hum Biol* 3: 109-126.

Tanner JM, Whitehouse RH. (1982) : *Atlas of children's growth. Normal variation and growth disorders*. Academic Press, London.

Watts ES (1986) : Evolution of the human growth curve. (Ed.) Falkner F and Tanner JM (In) *Human Growth*. Vol 1, 2nd Ed., Plenum, New York, pp. 153-166.