

新体力テストにおける年齢による 多項式近似を用いた平均値及び標準偏差の推定

—Excelを活用した簡易法について—

金高 宏文

鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター

I. はじめに

発育・発達期における子どもの体力や運動能力の変化を捉え、評価するには、各年齢の母集団の平均値と標準偏差を知ることが重要となる¹⁾。何故ならば、測定値をT得点(=(測定値-平均値)/標準偏差×10+50)などに標準化することで、その年齢の相対的な体力や運動能力レベルを知ることができるからである。そのため、発育・発達研究では年齢から体力や運動能力の平均値や標準偏差を推定する方法が種種検討されてきた。特に、発育・発達研究の第一人者である松浦(2003)は、多項式近似式やロジスティック関数等により近似する方法を提案している。多項式近似では、旧体力測定項目について6~18歳が対象の場合、平均残差平方が最小になる8~9次式が最適であることを示している。しかし、こうした高次の多項式近似式の算出作業は、かなりの統計的手続きや専用のソフトウェアが必要なことから、なかなか統計の専門家でない人にとっては難しい。そこで、誰もがに行える方法として、1~6次の多項式近似が簡単にできる表計算ソフトExcelを用いる場合について検討してみた。

本研究では、平成17年度に実施された文部科学省の新体力テストの全国平均値とその標準偏差について、年齢から各テスト項目の平均値とその標準偏差を推定する多項式近似式を求めることを試みた。

II. 方法

標本データは、平成17年度に実施された文部科学省の新体力テストにおける男女の全国平均値及び標準偏差値とした³⁾。分析した新体力テストの項目は、握力、上体起こし、長座体前屈、立幅跳、反復横跳、20mシャトルラン、50m走の7項目とした。

年齢(x)による新体力テスト項目の平均値等(y)を推定する最適な多項式近似式 $y=f(x)$ の次数(k)の決定は、重相関係数の2乗値(R²)を用いて簡単に求められる以下の2つの選択変数選択基準Ru⁴⁾とAIC⁵⁾を用いて行うこととした。

1) 説明変数選択基準: Ru

$$Ru = 1 - (1 - R^2) \times (n + k + 1) / (n - k - 1)$$

n: データ数, k: 説明変数の個数(次数), R²: 重相関係数の2乗値

2) AIC (Akaike's Information Criterion: 赤池の情報量基準)

$$AIC = n \times \log(1 - R^2) + 2 \times k$$

n: データ数, k: 説明変数の個数(次数), R²: 重相関係数の2乗値, logは自然対数(底がe) 次数(k)は3~6次まで変化させ、Ruが最大、AICが最小となる次数を最適な多項式近似ができるものとして選択した。なお、次数の選択判定ではRuをAICより優先した。

III. 結果及び考察

表1は、新体力テストにおける各テスト項目の年齢による多項式近似を3~6次まで変化させた場合の説明変数選択基準RuとAICを示したものである。各テスト項目中の「◎」は、説明変数選択基準を手がかりに選択されるべき次数を示している。各テスト項目の平均値の多項式近似は、3次が4個、4次が2個、5次が3個、6次が5個であった。標準偏差では3次が2個、4次が1個、5次が4個、6次が7個であった。松浦(2003)が行った旧体力測定項目の平均値についての年齢による多項式近似では8~9次の多項式近似がもっとも平均残差平方が小さくなったことから、今回行った新体力テスト

表1. 各テスト項目における多項式近似の次数を変化させた場合のRuとAIC

| ■握力 | | | | | | ■上体起こし | | | | | | ■長座体前屈 | | | | | |
|-------|--------|---|---------|-------|----|--------|--------|---|---------|-------|----|------------|--------|---|---------|-------|----|
| 男子平均 | | | | | | 男子平均 | | | | | | 男子平均 | | | | | |
| n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 |
| 13 | 0.9942 | 3 | -60.949 | 0.989 | | 13 | 0.9919 | 3 | -56.607 | 0.985 | ◎ | 13 | 0.9923 | 3 | -57.265 | 0.985 | |
| 13 | 0.9977 | 4 | -70.973 | 0.995 | | 13 | 0.9926 | 4 | -55.782 | 0.983 | | 13 | 0.9961 | 4 | -64.108 | 0.991 | |
| 13 | 0.9989 | 5 | -78.562 | 0.997 | | 13 | 0.9933 | 5 | -55.073 | 0.982 | | 13 | 0.9969 | 5 | -65.093 | 0.992 | ◎ |
| 13 | 0.9991 | 6 | -79.171 | 0.997 | ◎ | 13 | 0.9934 | 6 | -53.269 | 0.978 | | 13 | 0.9972 | 6 | -64.416 | 0.991 | |
| 男子SD | | | | | | 男子SD | | | | | | 男子SD | | | | | |
| n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 |
| 13 | 0.9748 | 3 | -41.852 | 0.952 | | 13 | 0.8163 | 3 | -16.028 | 0.653 | | 13 | 0.9764 | 3 | -42.705 | 0.955 | |
| 13 | 0.9790 | 4 | -42.222 | 0.953 | | 13 | 0.8528 | 4 | -16.908 | 0.669 | | 13 | 0.9834 | 4 | -45.279 | 0.963 | |
| 13 | 0.9888 | 5 | -48.394 | 0.970 | | 13 | 0.9012 | 5 | -20.091 | 0.732 | | 13 | 0.9875 | 5 | -46.966 | 0.966 | |
| 13 | 0.9910 | 6 | -49.237 | 0.970 | ◎ | 13 | 0.9459 | 6 | -25.920 | 0.820 | ◎ | 13 | 0.9942 | 6 | -54.949 | 0.981 | ◎ |
| 女子平均 | | | | | | 女子平均 | | | | | | 女子平均 | | | | | |
| n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 |
| 13 | 0.9950 | 3 | -62.878 | 0.991 | | 13 | 0.9819 | 3 | -46.154 | 0.966 | ◎ | 13 | 0.9976 | 3 | -72.420 | 0.995 | |
| 13 | 0.9975 | 4 | -69.889 | 0.994 | | 13 | 0.9829 | 4 | -44.893 | 0.962 | | 13 | 0.9978 | 4 | -71.551 | 0.995 | |
| 13 | 0.9978 | 5 | -69.551 | 0.994 | | 13 | 0.9830 | 5 | -42.969 | 0.954 | | 13 | 0.9980 | 5 | -70.790 | 0.995 | |
| 13 | 0.9991 | 6 | -79.171 | 0.997 | ◎ | 13 | 0.9836 | 6 | -41.436 | 0.945 | | 13 | 0.9988 | 6 | -75.431 | 0.996 | ◎ |
| 女子SD | | | | | | 女子SD | | | | | | 女子SD | | | | | |
| n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 |
| 13 | 0.9654 | 3 | -37.731 | 0.935 | | 13 | 0.8671 | 3 | -20.236 | 0.749 | | 13 | 0.9874 | 3 | -50.863 | 0.976 | ◎ |
| 13 | 0.9712 | 4 | -38.116 | 0.935 | | 13 | 0.9945 | 4 | -59.521 | 0.988 | ◎ | 13 | 0.9800 | 4 | -42.856 | 0.955 | |
| 13 | 0.9818 | 5 | -42.082 | 0.951 | | 13 | 0.9574 | 5 | -31.027 | 0.884 | | 13 | 0.9882 | 5 | -47.716 | 0.968 | |
| 13 | 0.9928 | 6 | -52.138 | 0.976 | ◎ | 13 | 0.9682 | 6 | -32.828 | 0.894 | | 13 | 0.9904 | 6 | -48.398 | 0.968 | |
| ■立幅跳 | | | | | | ■反復横跳 | | | | | | ■20mシャトルラン | | | | | |
| 男子平均 | | | | | | 男子平均 | | | | | | 男子平均 | | | | | |
| n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 |
| 13 | 0.9953 | 3 | -63.683 | 0.991 | | 13 | 0.9954 | 3 | -63.962 | 0.991 | ◎ | 13 | 0.9789 | 3 | -44.160 | 0.960 | ◎ |
| 13 | 0.9963 | 4 | -64.792 | 0.992 | | 13 | 0.9956 | 4 | -62.540 | 0.990 | | 13 | 0.9794 | 4 | -42.472 | 0.954 | |
| 13 | 0.9981 | 5 | -71.457 | 0.995 | ◎ | 13 | 0.9959 | 5 | -61.458 | 0.989 | | 13 | 0.9810 | 5 | -41.523 | 0.948 | |
| 13 | 0.9982 | 6 | -70.160 | 0.994 | | 13 | 0.9961 | 6 | -60.108 | 0.987 | | 13 | 0.9817 | 6 | -40.011 | 0.939 | |
| 男子SD | | | | | | 男子SD | | | | | | 男子SD | | | | | |
| n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 |
| 13 | 0.8811 | 3 | -21.683 | 0.775 | ◎ | 13 | 0.9214 | 3 | -27.064 | 0.852 | | 13 | 0.9634 | 3 | -37.000 | 0.931 | |
| 13 | 0.8837 | 4 | -19.971 | 0.738 | | 13 | 0.9546 | 4 | -32.199 | 0.898 | | 13 | 0.9826 | 4 | -44.667 | 0.961 | |
| 13 | 0.8982 | 5 | -19.702 | 0.724 | | 13 | 0.9651 | 5 | -33.618 | 0.905 | ◎ | 13 | 0.9914 | 5 | -51.828 | 0.977 | ◎ |
| 13 | 0.8984 | 6 | -17.727 | 0.661 | | 13 | 0.9702 | 6 | -33.672 | 0.901 | | 13 | 0.9917 | 6 | -50.289 | 0.972 | |
| 女子平均 | | | | | | 女子平均 | | | | | | 女子平均 | | | | | |
| n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 |
| 13 | 0.9856 | 3 | -49.127 | 0.973 | | 13 | 0.9878 | 3 | -51.282 | 0.977 | | 13 | 0.9454 | 3 | -31.800 | 0.897 | |
| 13 | 0.9941 | 4 | -58.726 | 0.987 | | 13 | 0.9959 | 4 | -63.458 | 0.991 | ◎ | 13 | 0.9704 | 4 | -37.760 | 0.933 | ◎ |
| 13 | 0.9942 | 5 | -56.949 | 0.984 | | 13 | 0.9959 | 5 | -61.458 | 0.989 | | 13 | 0.9735 | 5 | -37.198 | 0.928 | |
| 13 | 0.9962 | 6 | -60.446 | 0.987 | ◎ | 13 | 0.9965 | 6 | -61.515 | 0.988 | | 13 | 0.9769 | 6 | -36.983 | 0.923 | |
| 女子SD | | | | | | 女子SD | | | | | | 女子SD | | | | | |
| n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 |
| 13 | 0.9410 | 3 | -30.793 | 0.889 | | 13 | 0.7608 | 3 | -12.596 | 0.548 | | 13 | 0.9546 | 3 | -34.199 | 0.914 | |
| 13 | 0.9740 | 4 | -39.446 | 0.942 | | 13 | 0.9359 | 4 | -27.715 | 0.856 | | 13 | 0.9587 | 4 | -33.430 | 0.907 | |
| 13 | 0.9813 | 5 | -41.730 | 0.949 | ◎ | 13 | 0.9644 | 5 | -33.360 | 0.903 | | 13 | 0.9698 | 5 | -35.499 | 0.918 | |
| 13 | 0.9844 | 6 | -42.086 | 0.948 | | 13 | 0.9798 | 6 | -38.727 | 0.933 | ◎ | 13 | 0.9769 | 6 | -36.983 | 0.923 | ◎ |
| ■50m走 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 男子平均 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0.9943 | 3 | -61.175 | 0.989 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0.9961 | 4 | -64.108 | 0.991 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0.9977 | 5 | -68.973 | 0.994 | ◎ | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0.9977 | 6 | -66.973 | 0.992 | | | | | | | | | | | | | |
| 男子SD | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0.9461 | 3 | -31.968 | 0.898 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0.9572 | 4 | -32.966 | 0.904 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0.9645 | 5 | -33.397 | 0.904 | ◎ | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0.9658 | 6 | -31.882 | 0.886 | | | | | | | | | | | | | |
| 女子平均 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0.9941 | 3 | -60.726 | 0.989 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0.9951 | 4 | -61.141 | 0.989 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0.9960 | 5 | -61.779 | 0.989 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0.9973 | 6 | -64.889 | 0.991 | ◎ | | | | | | | | | | | | |
| 女子SD | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n | R2 | k | AIC | Ru | 選択 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0.9108 | 3 | -25.419 | 0.832 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0.9399 | 4 | -28.553 | 0.865 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0.9815 | 5 | -41.870 | 0.950 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0.9909 | 6 | -49.093 | 0.970 | ◎ | | | | | | | | | | | | |

[変数説明等]

- ・ n：データの個数
- ・ R2：重相関係数の2乗値
- ・ k：多項式近似の次数
- ・ AIC：赤池の情報量基準
- ・ Ru：選択変数選択基準
- ・ ◎：選択されるべき次数

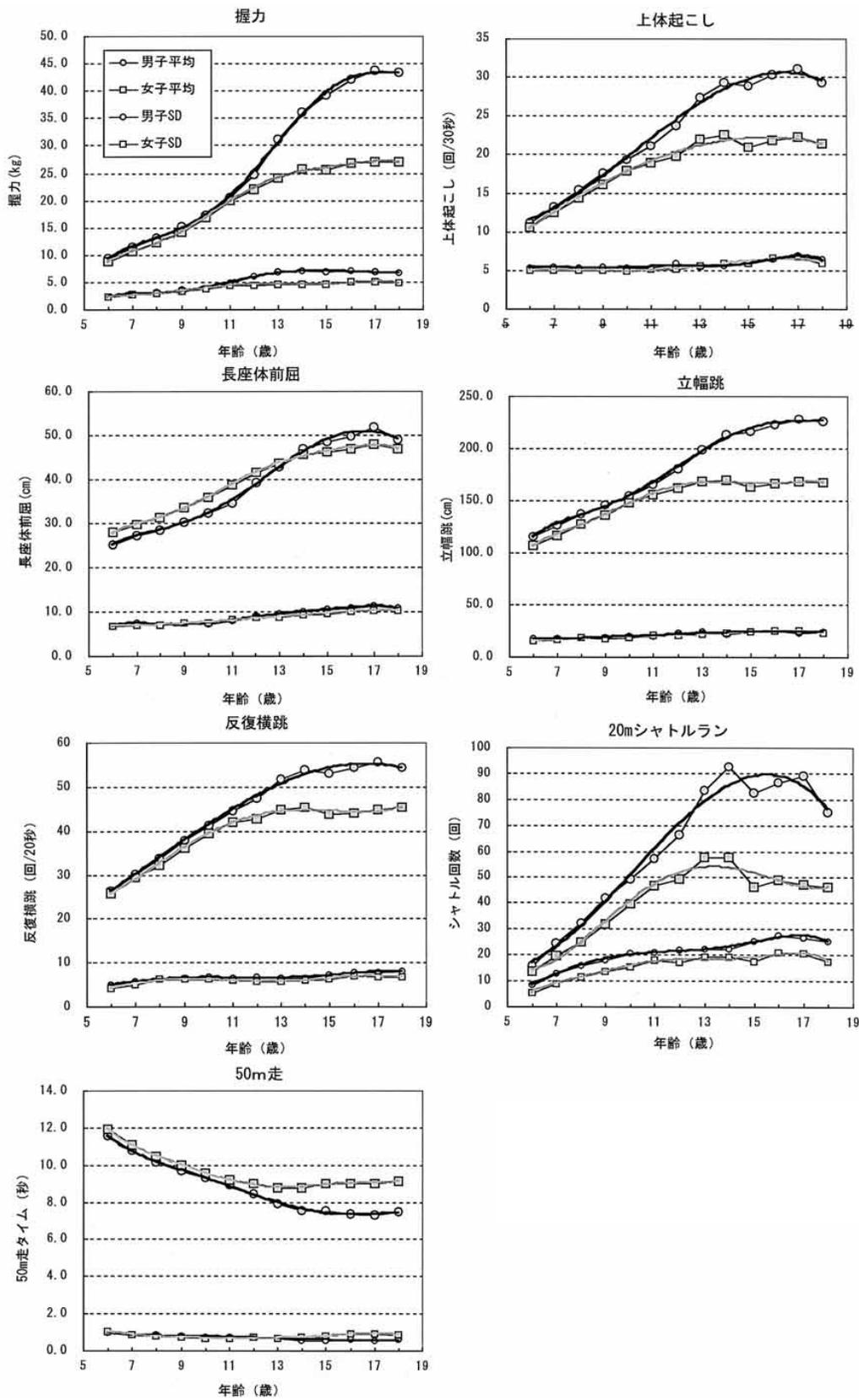


図1. 各テスト項目における年齢による変化

※図中の黒色・灰色の実線は多項式近似曲線を示す

でも6次の多項式近似が多く選択されると予想された。しかし、重相関係数の2乗値(R^2)から求められる説明変数選択基準を用いたこともあって、平均値の場合それほど6次の多項式近似は多くなかった。このことは、新体力テスト項目に関して6次以下の多項式近似をするExcelを用いた推定でもかなり実用性があることを示しているといえよう。

図1は、各テスト項目の年齢にともなう標本値の平均値と標準偏差の変化と表1より選択された次数での多項式近似曲線を示したものである。標本値と多項式近似曲線は、20mシャトルランを除いて、各テスト項目ともよく近似していた。しかし、詳しく見ると各テスト項目の平均値において高校1年生である15歳前後で僅かに標本値が低下する傾向が見られた。これは、多項式近似曲線が6~18歳の間での全体的な変化傾向を示すことから、15歳時の標本値が6~18歳の発達傾向の中で特殊な状況にあることを示していると考えられた。つまり、15歳時の低下傾向は、高校入試に伴う体力の一時的な低下を示し、本来あるべき期待値としての体力値を反映していないと考えることができる。そのように考えると、新体力テストにおける年齢による平均値等の多項式近似を行う場合、4月の時点で他の年齢とは極端に身体的なコンディショニングが異なると考えられる高校1年生時である15歳のデータは、除外する工夫が必要かもしれない。また、20mシャトルランに関しては、標本値の変化を見る限り15歳前後で連続変量としてとらえることが難しくなるので、多項式近似する年齢区間にも注意する必要があるといえよう。しかし、殆どのテスト項目で、Excelを用いて選択した次数での多項式近似曲線は、年齢による標本値の変化を反映し、年齢による体力テストの評価を行うための平均値や標準偏差を推定できるものと考えられた。

以上のことから、選択すべき標本値についての取り扱いに注意を払う必要はあるものの、表計算ソフトExcelを用いて、年齢から新体力テスト項目の平均値とその標準偏差を推定する多項式近似式を求めることは、十分実用性に耐えうるものと考えられた。表2は、今回の試みから得られた新体力テストにおける年齢による各テスト項目の平均値と標準偏差の

多項式近似式である。

IV. 文献

1. 松浦義行：体育・スポーツ科学のための統計学，朝倉書店，1985.
2. 松浦義行：統計的発育発達学，不味堂，2003.
3. 文部科学省：平成17年度体力・運動能力調査結果について 統計数値表，<http://www.mext.go.jp/bmenu/houdou/18/10/06100304/003.htm>.
4. 高橋玲子，村田真樹，渕上美喜，藤川貴司，近藤宏，上田和明：Excelで学ぶ時系列分析と予測，オーム社，2006.
5. 上田太一郎，小林真紀，渕上美喜：Excelで学ぶ回帰分析入門，オーム社，2004.

表 2. 各テスト項目における平均値及び標準偏差の多項式近似式

| ■男子 | 次数 | 平均値の近似式 | 次数 | 標準偏差の近似式 |
|-----------|----|--|----|---|
| 握力 (kg) | 6 | $y = 0.0001287 x^6 - 0.0080781 x^5 + 0.1936798 x^4 - 2.2148154 x^3 + 12.2750732 x^2 - 26.1916842 x + 8.7084544$ | 6 | $y = -0.0000771 x^6 + 0.0060240 x^5 - 0.1897546 x^4 + 3.0675333 x^3 - 26.7135512 x^2 + 118.9889457 x - 209.8334450$ |
| 上体起こし | 3 | $y = -0.0218411 x^3 + 0.6802414 x^2 - 4.5975728 x + 19.3394433$ | 6 | $y = -0.0000580 x^6 + 0.0039945 x^5 - 0.1125777 x^4 + 1.6602246 x^3 - 13.4657150 x^2 + 56.7408514 x - 91.7870458$ |
| 長座体前屈 | 5 | $y = 0.0006787 x^5 - 0.0453431 x^4 + 1.1254759 x^3 - 12.9476273 x^2 + 71.3418603 x - 126.2984560$ | 6 | $y = -0.0001215 x^6 + 0.0090265 x^5 - 0.2735745 x^4 + 4.3124042 x^3 - 37.0948090 x^2 + 164.5965457 x - 286.8653487$ |
| 立幅跳 | 5 | $y = 0.0045406 x^5 - 0.2824945 x^4 + 6.7021081 x^3 - 75.6092653 x^2 + 416.1236072 x - 776.9334507$ | 3 | $y = -0.0106865 x^3 + 0.3491765 x^2 - 2.8103632 x + 23.5339973$ |
| 反復横跳 | 3 | $y = -0.0154663 x^3 + 0.3432863 x^2 + 1.3295464 x + 9.3140712$ | 5 | $y = -0.0002319 x^5 + 0.0126723 x^4 - 0.2578397 x^3 + 2.3855714 x^2 - 9.4424579 x + 16.7548062$ |
| 20mシャトルラン | 3 | $y = -0.1174704 x^3 + 3.5687263 x^2 - 25.7460941 x + 68.5943930$ | 5 | $y = -0.0013542 x^5 + 0.0752260 x^4 - 1.5873436 x^3 + 15.6403317 x^2 - 68.6835727 x + 113.4106918$ |
| 50m走 | 5 | $y = -0.0001478 x^5 + 0.0093276 x^4 - 0.2267271 x^3 + 2.6705019 x^2 - 15.7447273 x + 47.9427014$ | 5 | $y = -0.0000294 x^5 + 0.0018733 x^4 - 0.0461113 x^3 + 0.5474804 x^2 - 3.1688508 x + 8.0375625$ |
| ■女子 | | 平均値の近似式 | | 標準偏差の近似式 |
| 握力 (kg) | 6 | $y = -0.0002125 x^6 + 0.0156097 x^5 - 0.4634965 x^4 + 7.0826546 x^3 - 58.5185757 x^2 + 249.4586265 x - 422.0417280$ | 6 | $y = -0.0000860 x^6 + 0.0059443 x^5 - 0.1657657 x^4 + 2.3788468 x^3 - 18.4972627 x^2 + 74.2303959 x - 118.3755846$ |
| 上体起こし | 3 | $y = -0.0025512 x^3 - 0.0282555 x^2 + 2.7826930 x - 4.7104770$ | 4 | $y = -0.0013514 x^4 + 0.0603363 x^3 - 0.9474166 x^2 + 6.2652483 x - 9.8380445$ |
| 長座体前屈 | 6 | $y = -0.0001923 x^6 + 0.0140870 x^5 - 0.4187151 x^4 + 6.4246881 x^3 - 53.4152508 x^2 + 229.5986066 x - 372.4804589$ | 3 | $y = -0.0031913 x^3 + 0.1191837 x^2 - 1.0747414 x + 9.6800826$ |
| 立幅跳 | 6 | $y = -0.0008807 x^6 + 0.0639523 x^5 - 1.8717254 x^4 + 28.1669117 x^3 - 229.8855598 x^2 + 975.9438390 x - 1588.1952501$ | 5 | $y = -0.0006768 x^5 + 0.0362552 x^4 - 0.7460440 x^3 + 7.3462815 x^2 - 33.6792207 x + 72.5162078$ |
| 反復横跳 | 4 | $y = 0.0046844 x^4 - 0.2160137 x^3 + 3.3411581 x^2 - 17.9300246 x + 53.6288869$ | 6 | $y = 0.0000792 x^6 - 0.0060132 x^5 + 0.1831239 x^4 - 2.8468386 x^3 + 23.6719660 x^2 - 98.9915917 x + 166.6405122$ |
| 20mシャトルラン | 4 | $y = 0.0171648 x^4 - 0.8431033 x^3 + 14.3076051 x^2 - 94.4704701 x + 226.0234815$ | 6 | $y = -0.0003523 x^6 + 0.0240893 x^5 - 0.6676646 x^4 + 9.5956405 x^3 - 75.5973113 x^2 + 312.8058449 x - 528.2308452$ |
| 50m走 | 6 | $y = 0.0000320 x^6 - 0.0023816 x^5 + 0.0718029 x^4 - 1.1218387 x^3 + 9.6216522 x^2 - 43.6260451 x + 93.6100976$ | 6 | $y = -0.0000094 x^6 + 0.0006200 x^5 - 0.0165097 x^4 + 0.2264066 x^3 - 1.6667763 x^2 + 6.0841994 x - 7.3633202$ |