

# 体力テストの分布とその特徴について

中央大学 4 年物理学科 09D2102010D 佐藤彰利

・体力テストの結果を競技ごとにまとめ、分布にしたものを文部科学省が公表している。その分布を見ると競技・男女で分布のしかたに違いが見られた。分布は正規分布的に分布しているものと、対数正規分布的に分布しているものとがあった。

そこで各競技ごとに実際の分布と正規分布・対数正規分布とを比較してみた。

比較する前に正規分布と対数正規分布について簡単に紹介しておこうと思う。

正規分布の関数は

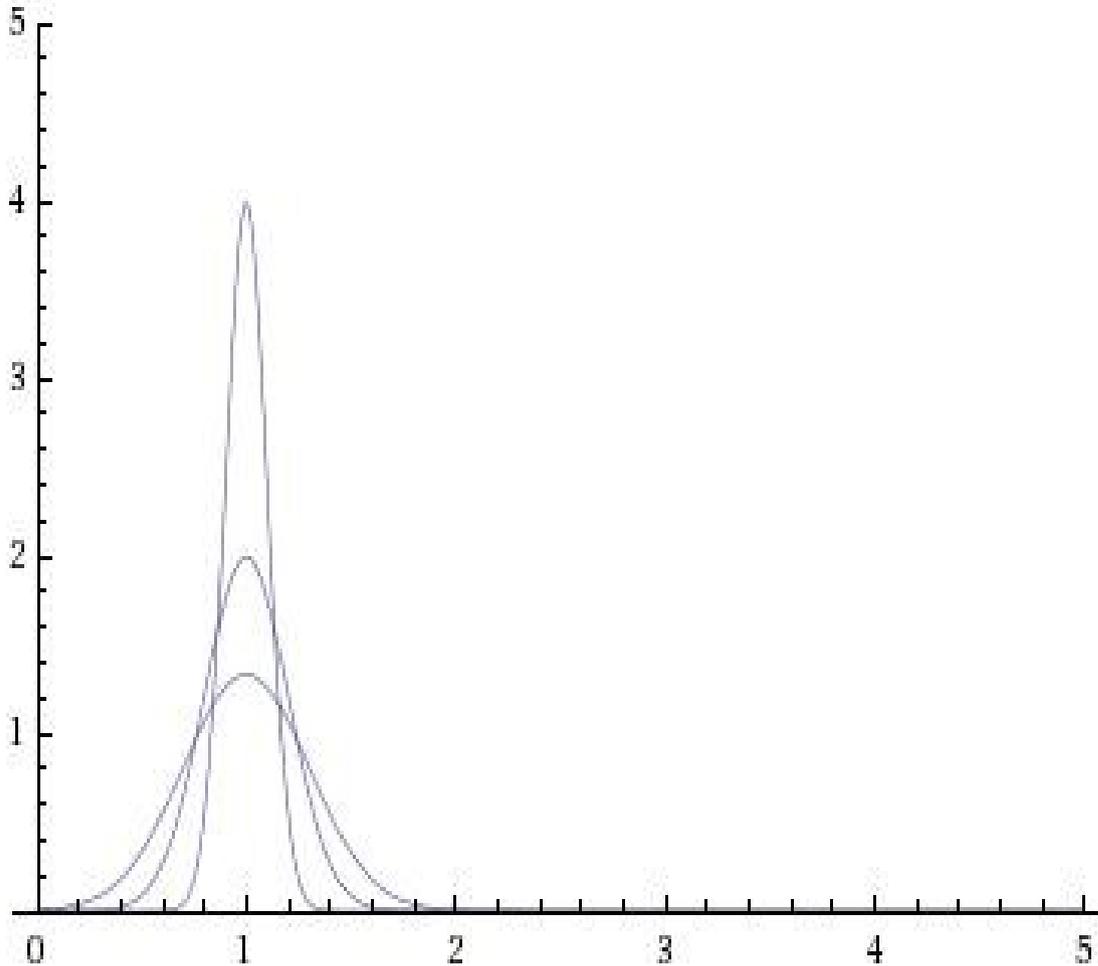
$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

である。 $\mu$  は平均、 $\sigma$  は標準偏差。

対数正規分布の関数は下のような式になる。 $\mu$  は平均、 $\sigma$  は標準偏差である。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2 x}} \exp\left(\frac{-\left\{\log\left(\frac{x}{\mu}\right)\right\}^2}{2\sigma^2}\right)$$

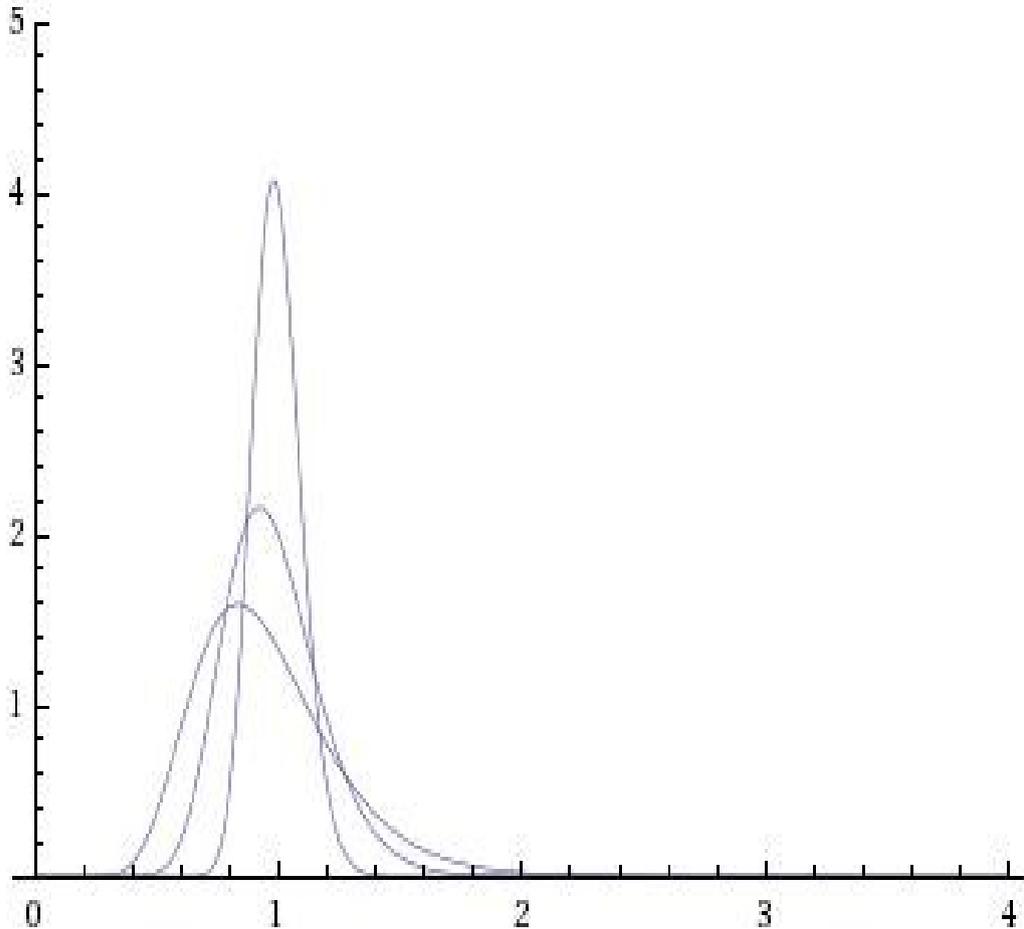
# 関数をグラフにする



左図は正規分布の関数をグラフにしたものである。 $\mu=1$ ,  $\sigma=0.1$ ,  $0.2$ ,  $0.3$  で描いてみた。

$\sigma$  を大きくすると分布の裾が広がっていく。

当然平均値を中心として広がっている。



左図は対数正規分布の関数を  
グラフにしたものであ  
る。 $\mu=1$ ,  $\sigma=0.1, 0.2, 0.3$ で  
描いてみた。

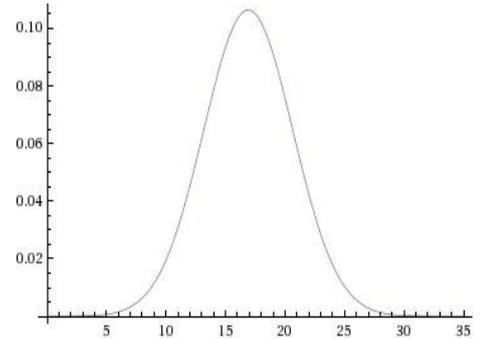
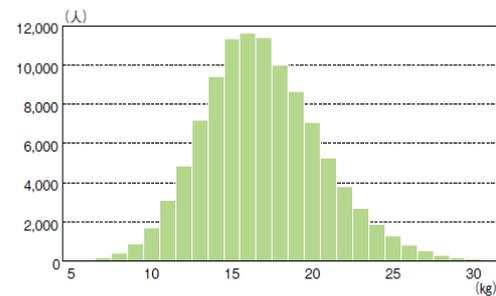
$\sigma$ を大きくすると分布の裾が  
広がっていく。またグラフの  
凸の部分が平均値より徐々に  
左にずれていくことが分か  
る。

# 実際の分布との比較（小学校握力）

握力

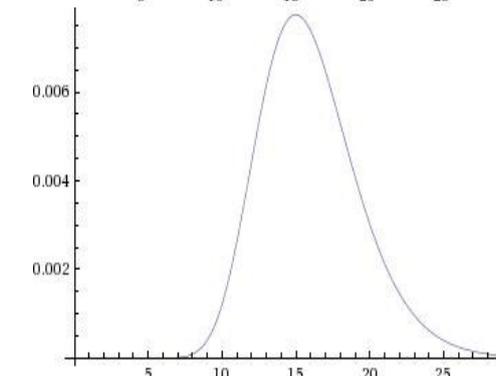
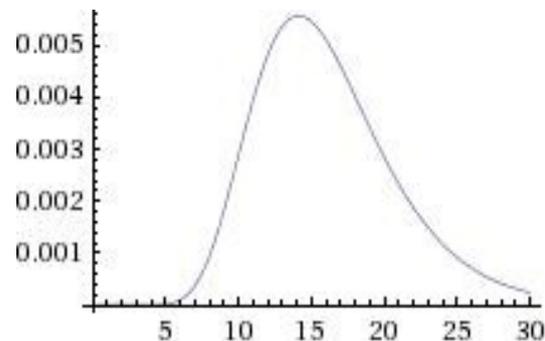
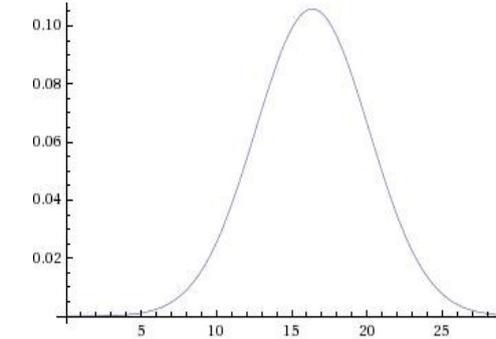
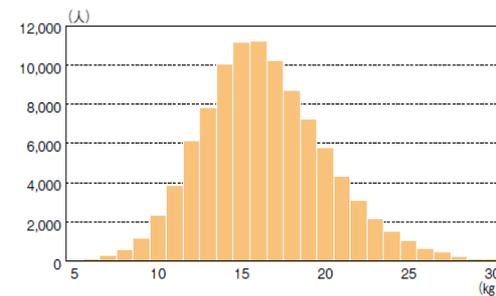
●男子

児童数	平均値	標準偏差
104,938人	16.91kg	3.75



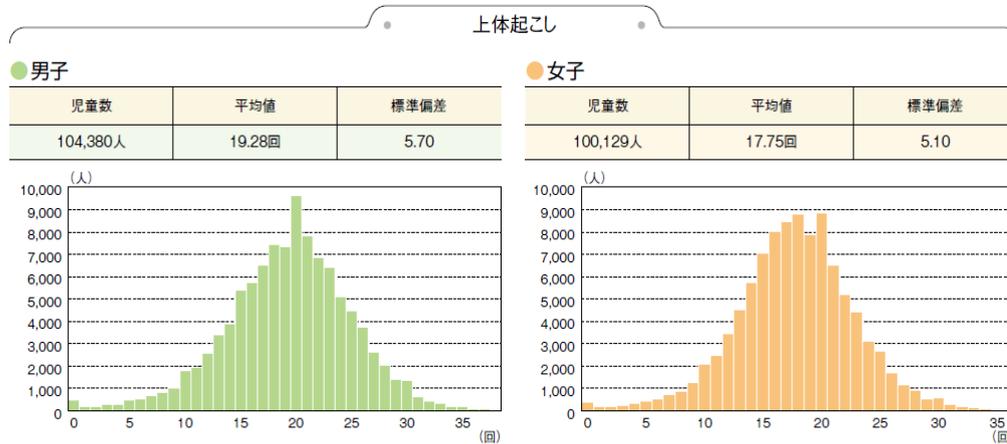
●女子

児童数	平均値	標準偏差
100,616人	16.37kg	3.77



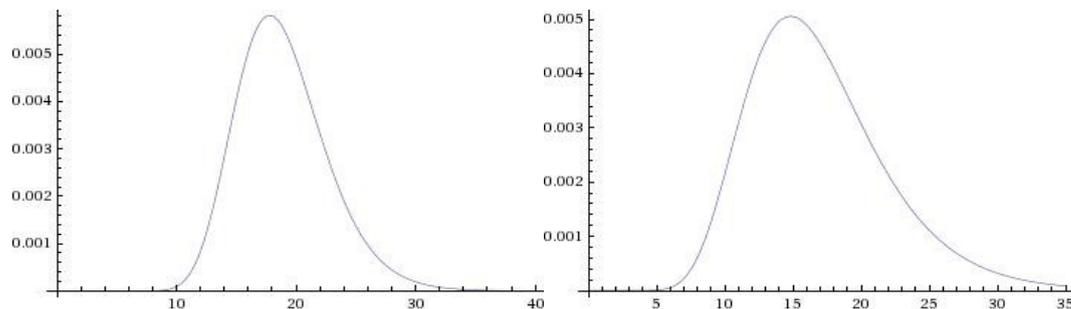
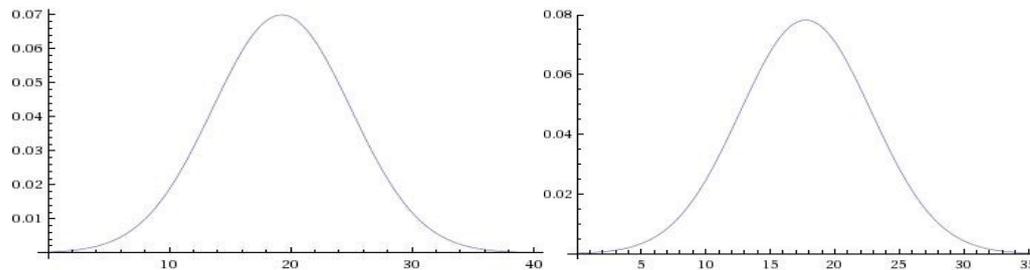
次に文部科学省が公表している分布と、正規分布、対数正規分布とを比較していく。左上が男子正規、左下が男子対数正規、右上が女子正規、右下が女子対数正規分布である。対数正規分布では、実際のデータの標準偏差と $\sigma$ との関係が分からなかったため、 $\sigma$ をパラメータの一つとして似せて作った。以後出てくる対数正規分布でもそのように作っている。今回男子は $\sigma=0.3$ 、女子では $\sigma=0.21$ で作っている。比較すると男女共にはっきりと正規分布より対数正規分布に似ていた。

# 小学校上体起こし

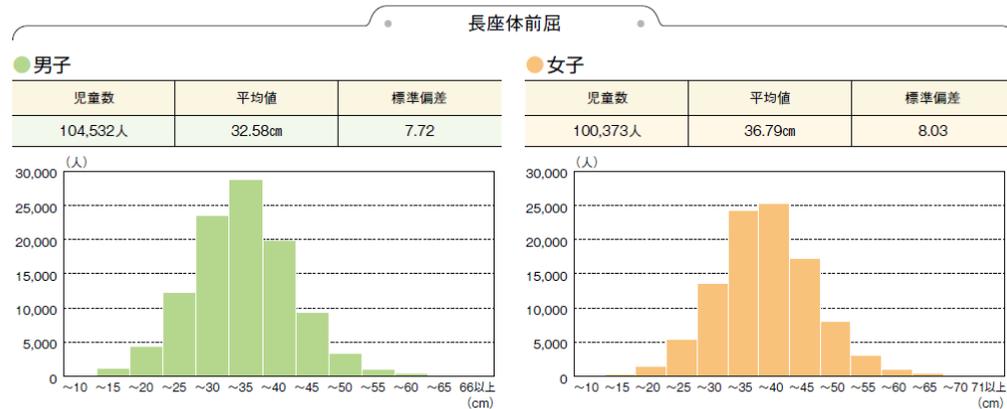


男子は $\sigma = 0.2$ 、女子は $\sigma = 0.3$ にした。

比較すると上体起こしでは男女共に正規分布の方が似ていた。裾の拡がりかたを見ても上体起こしの結果は正規分布的に分布すると断言しても良いと思う。

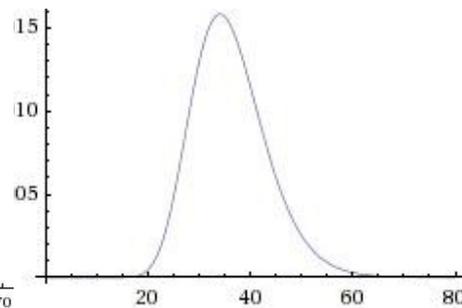
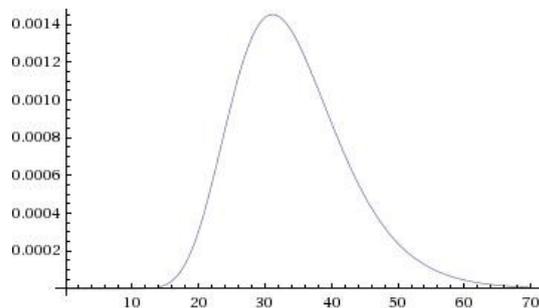
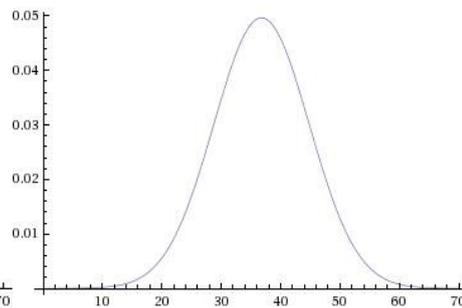
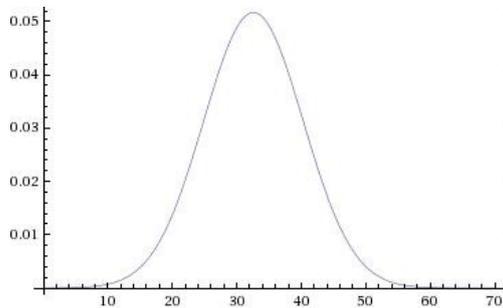


# 小学校長座体前屈

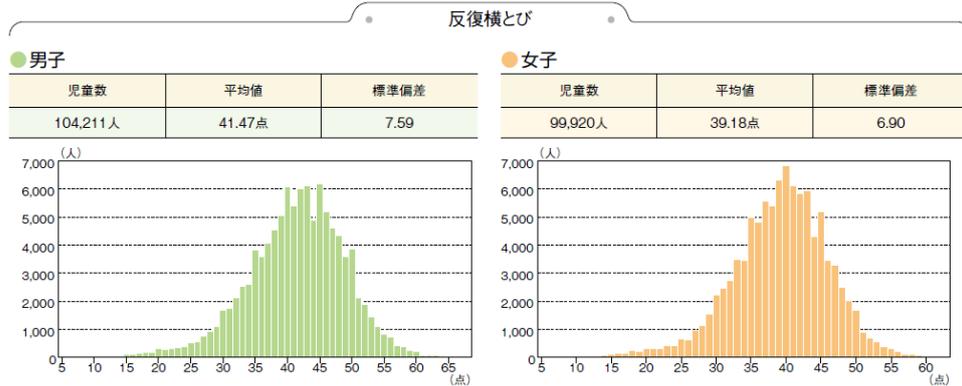


男子は $\sigma = 0.25$ 、女子は $\sigma = 0.2$ にした。

比較するとどちらとも言えない結果となった。強いて言えば男子は対数正規分布より、女子は正規分布よりに分布しているように見える。

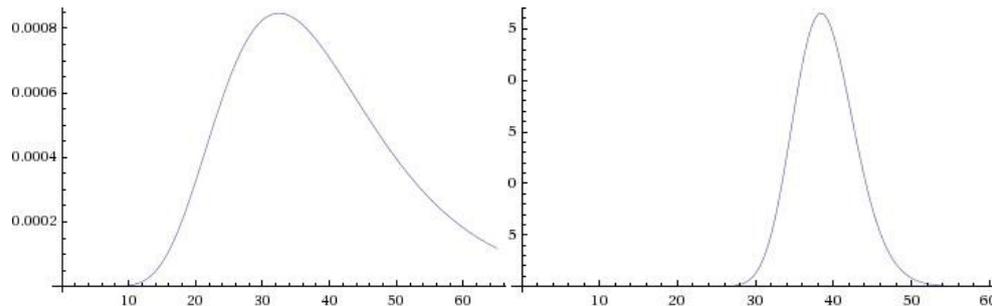
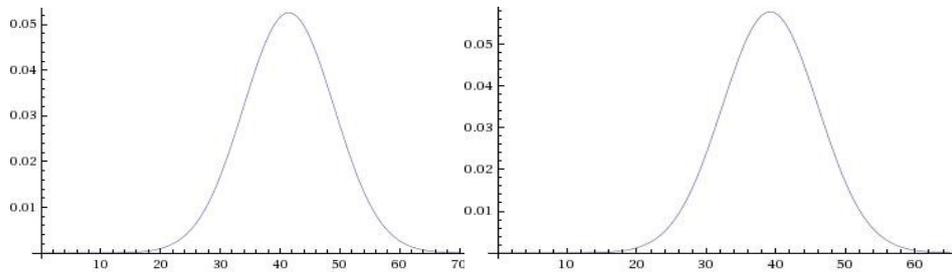


# 小学校反復横跳び

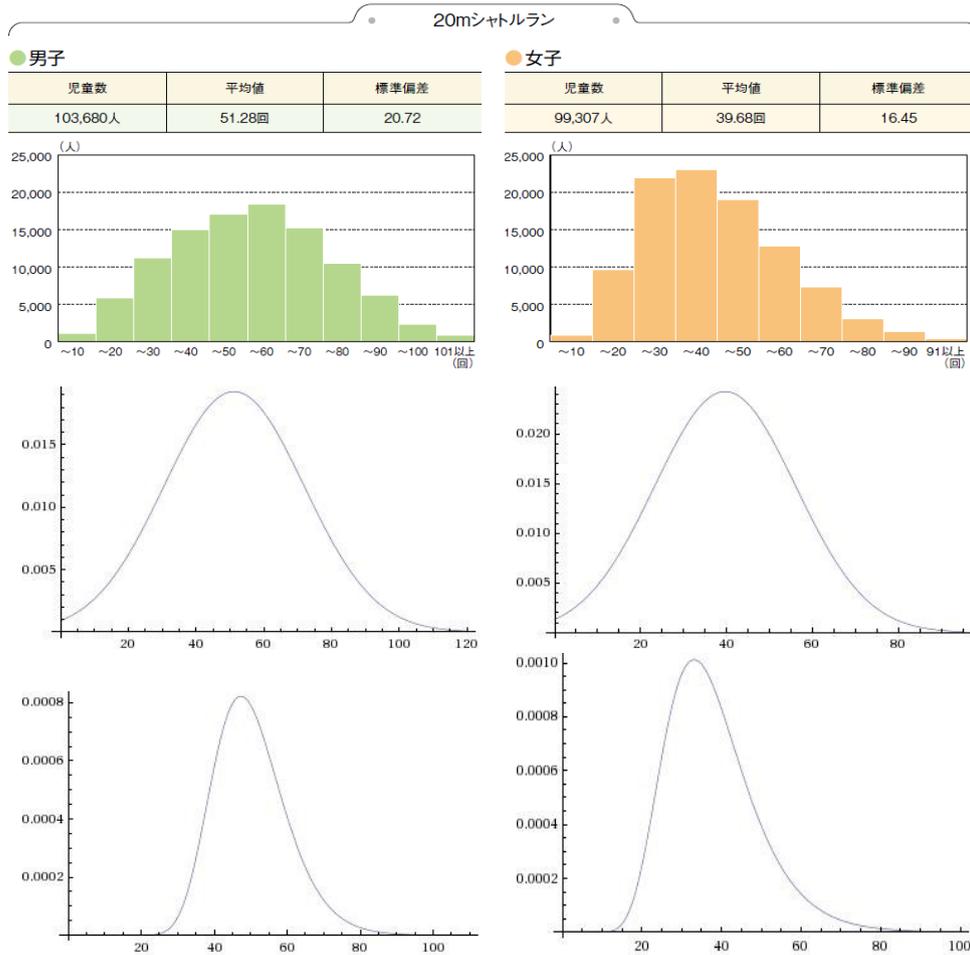


男子は $\sigma = 0.35$ 、女子は $\sigma = 0.1$ 、とした。

反復横飛びは男女共にはっきりと正規分布の方が似ていた。反復横跳びの結果は正規分布的に分布すると分かった。



# 小学校シャトルラン



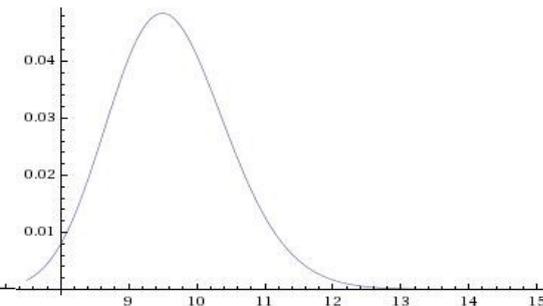
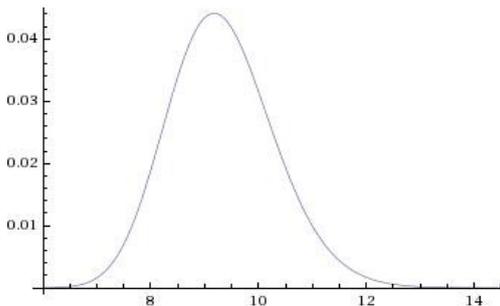
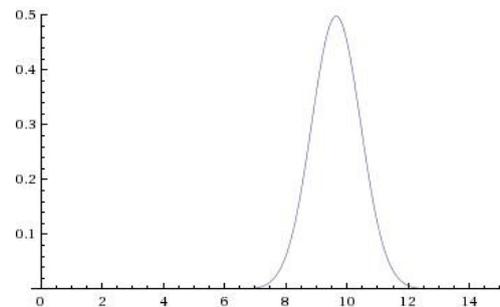
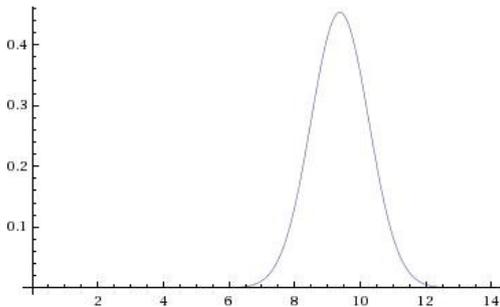
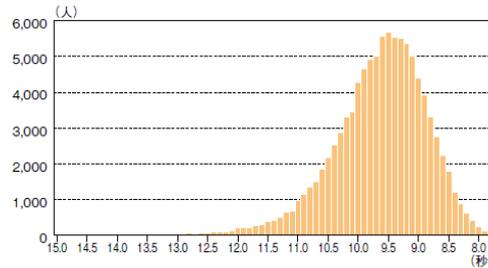
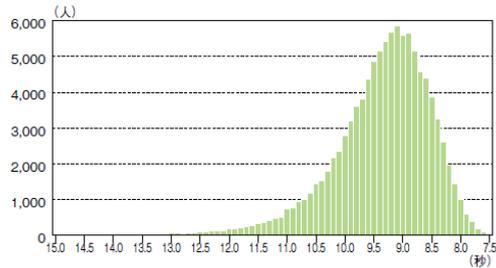
男子は $\sigma=0.2$ 、女子は $\sigma=0.3$ 、とした。

シャトルランでは男女に違いが見られた。男子は正規分布的に、女子は対数正規分布的に分布していた。

# 小学校50m走

50m走

● 男子			● 女子		
児童数	平均値	標準偏差	児童数	平均値	標準偏差
104,095人	9.38秒	0.88	99,815人	9.65秒	0.80



男子は $\sigma = 0.105$ 、女子は $\sigma = 0.09$ 、とした。

50m走では、男女共にどちらかというに対数正規分布的に分布していた。

# 小学校立ち幅跳

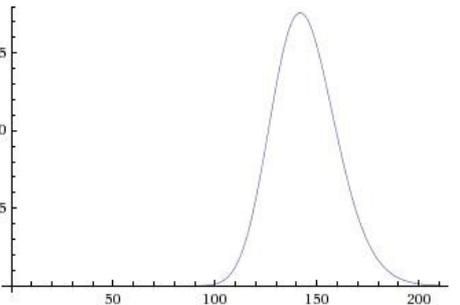
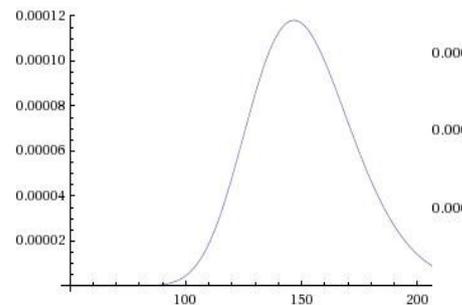
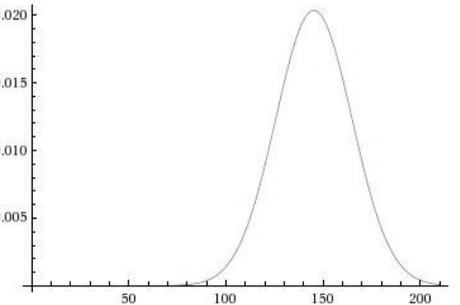
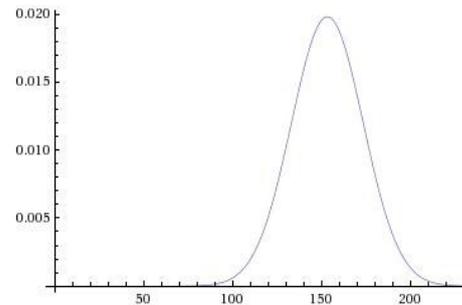
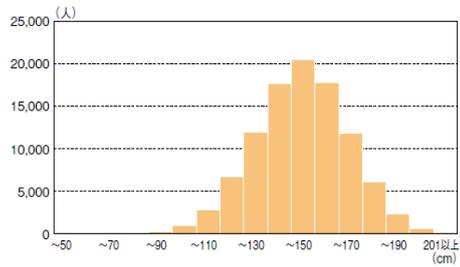
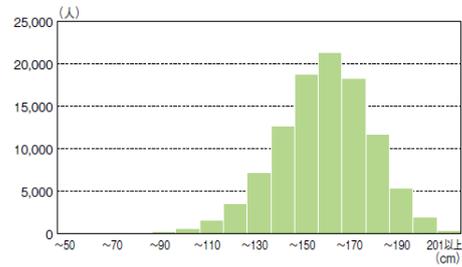
立ち幅とび

● 男子

児童数	平均値	標準偏差
104,314人	153.45cm	20.16

● 女子

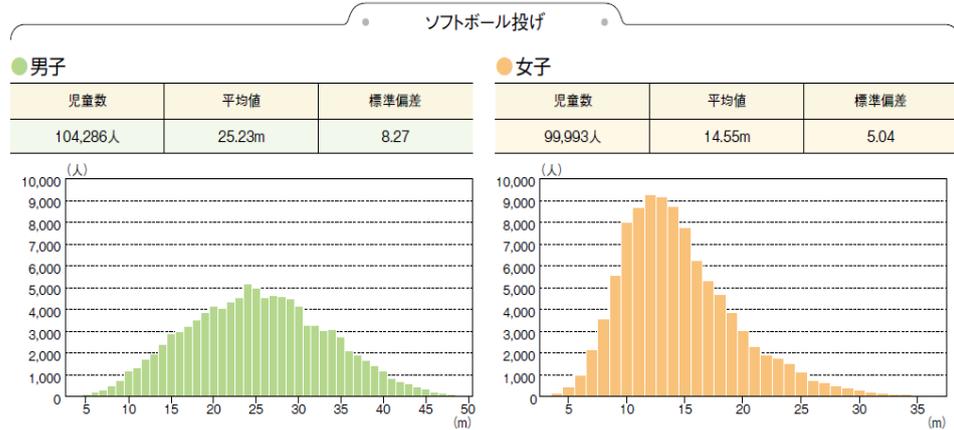
児童数	平均値	標準偏差
100,054人	145.28cm	19.60



男子は $\sigma = 0.15$ 、女子は $\sigma = 0.11$ とした。

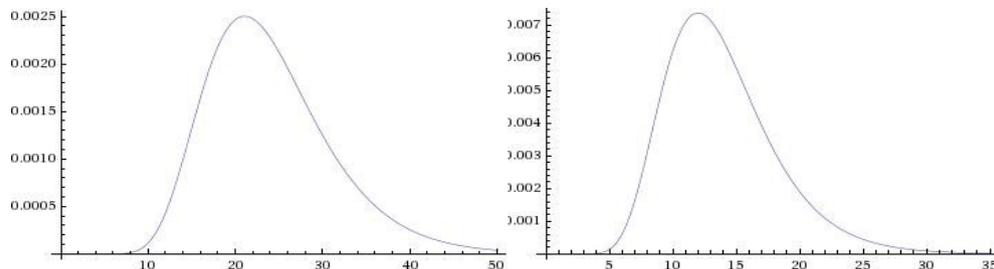
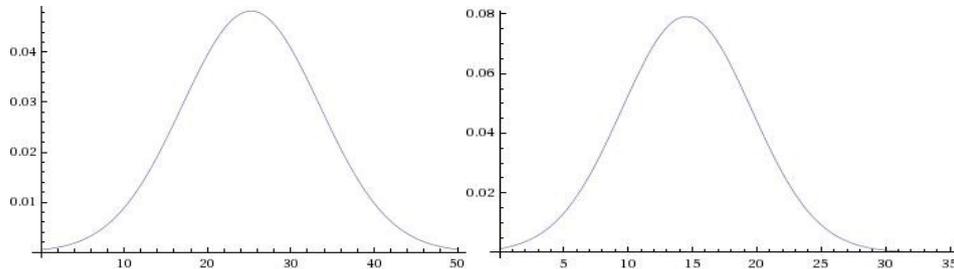
立ち幅飛びは男女共にどちらかという正規分布的に分布していた。

# 小学校ソフトボール投げ

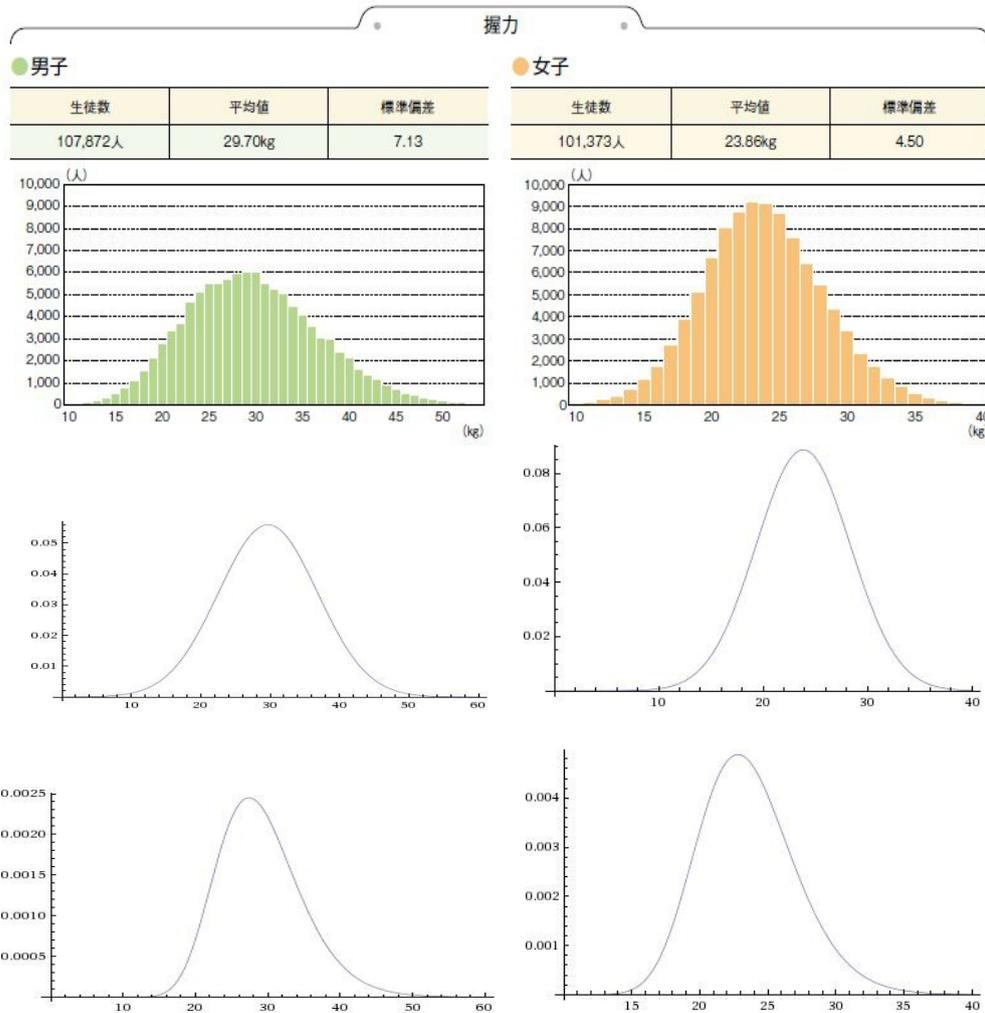


男子は $\sigma = 0.3$ 、女子は $\sigma = 0.31$ とした。

ソフトボール投げでは男女に違いが見られ、男子は正規分布的に、女子は対数正規分布的に分布していた。



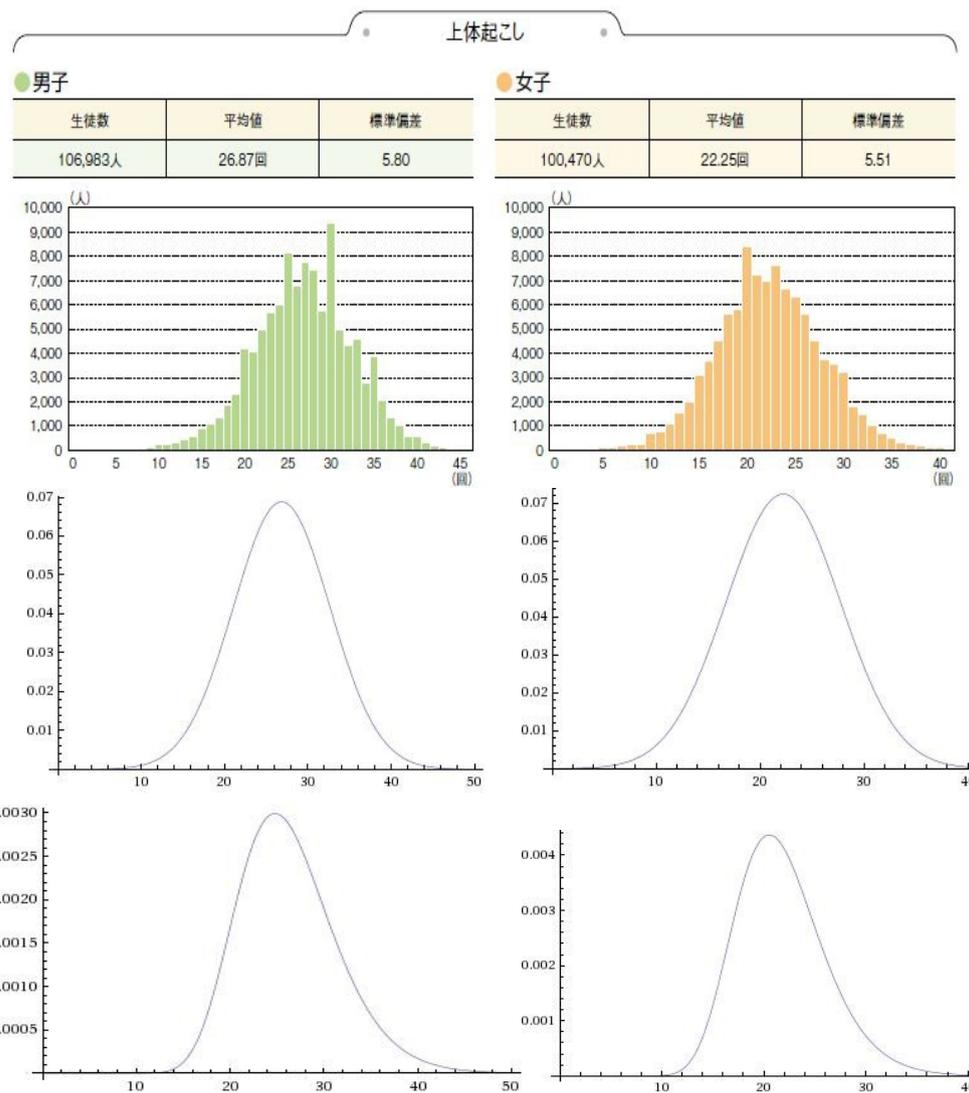
# 中学校握力



男子は $\sigma = 0.2$ 、女子は $\sigma = 0.15$ 、とした。

男子ははっきりと対数正規分布的に、女子はどちらかというに対数正規分布的に分布していた。

# 中学校上体起こし



男子は $\sigma = 0.2$ 、女子は $\sigma = 0.2$ とした。

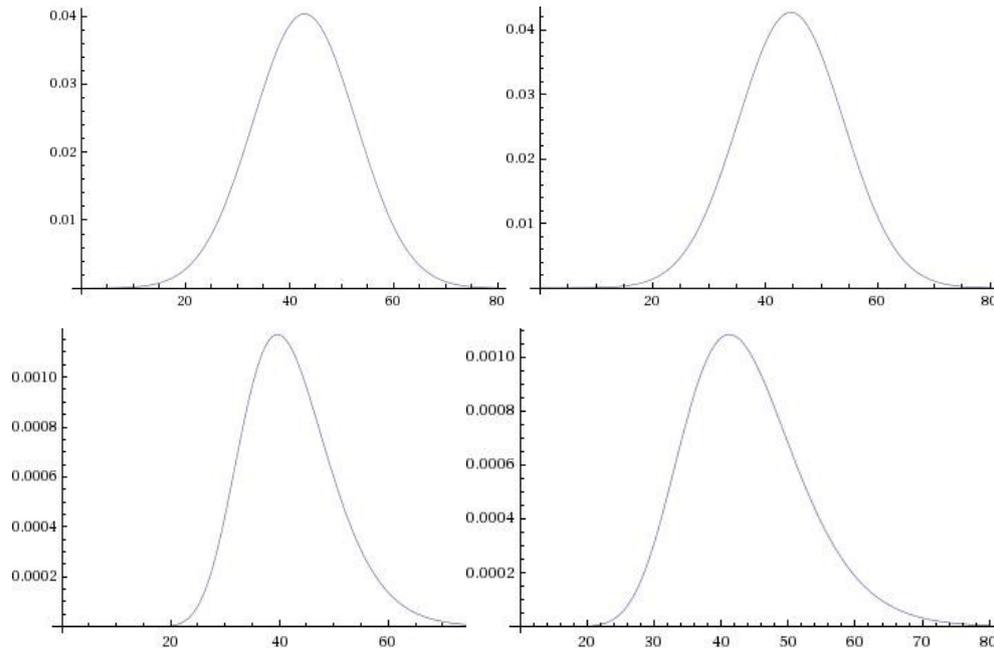
男女共にどちらかというとも正規分布的に分布していた。

# 中学校長座体前屈



男子は $\sigma=0.2$ 、女子も $\sigma=0.2$ とした。

男女共に正規分布的に分布していた。

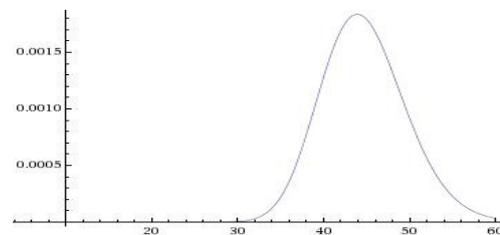
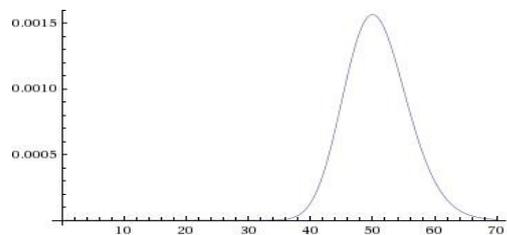
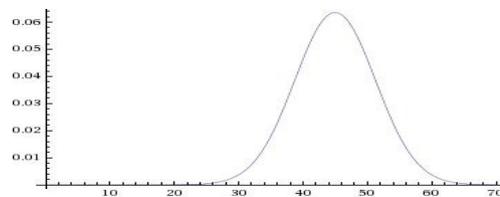
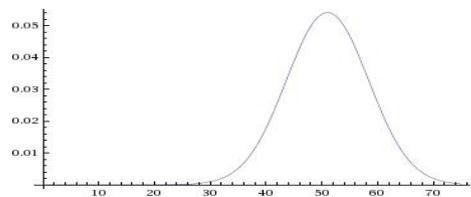


# 中学校反復横跳び

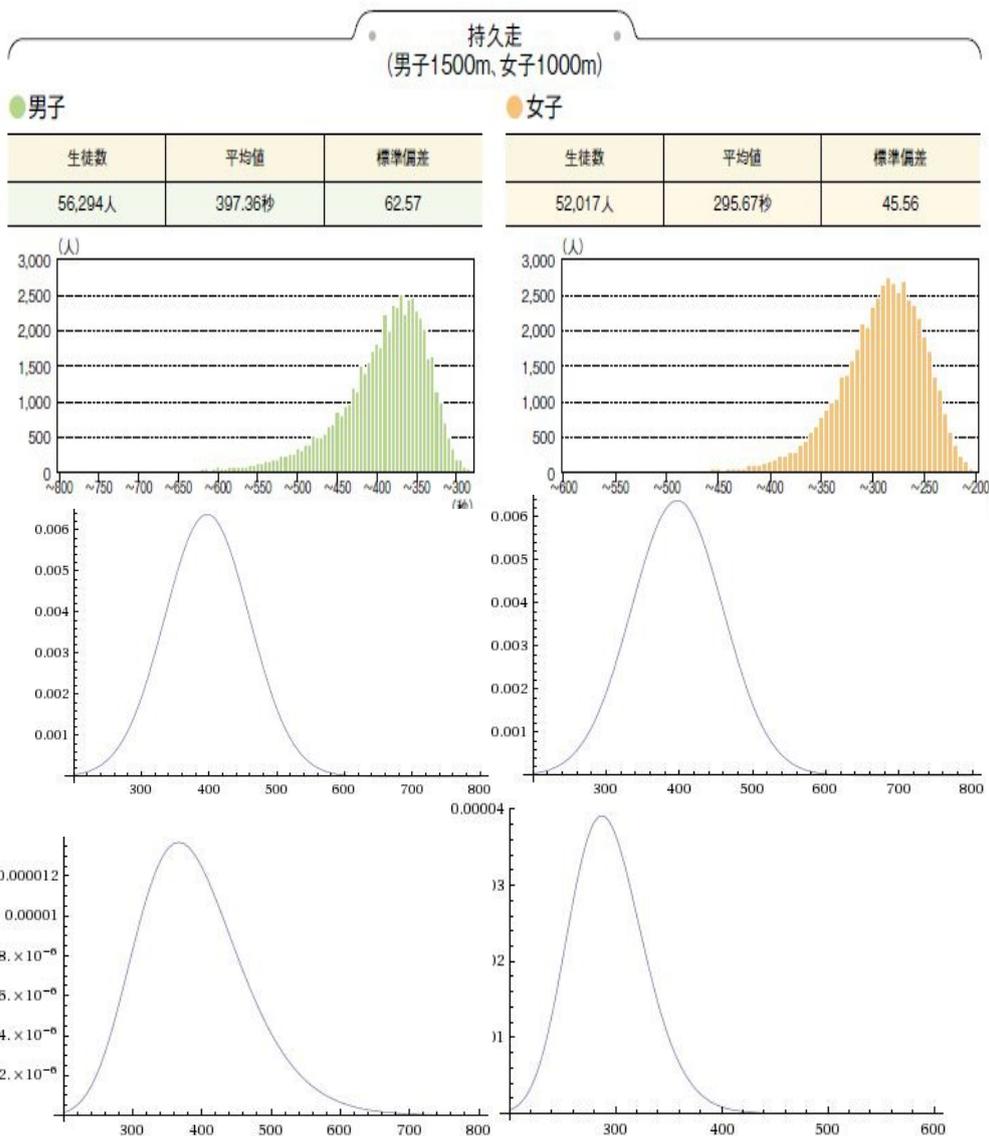


男子は $\sigma = 0.1$ 、女子は $\sigma = 0.11$ 、とした。

男女共にどちらかというとも正規分布的に分布していたが、はっきりとはしなかった。



# 中学校持久走（男1500m、女1000m）



男子は $\sigma = 0.2$ 、女子は $\sigma = 0.15$ 、とした。

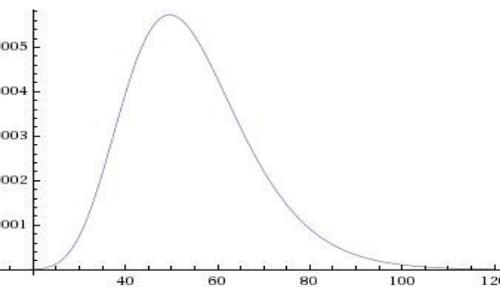
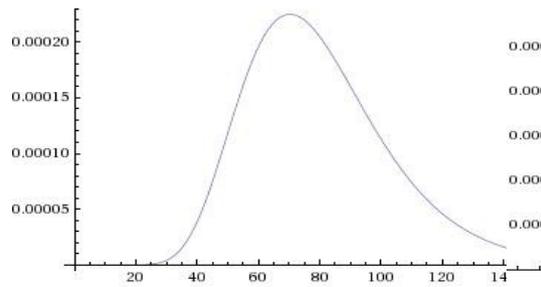
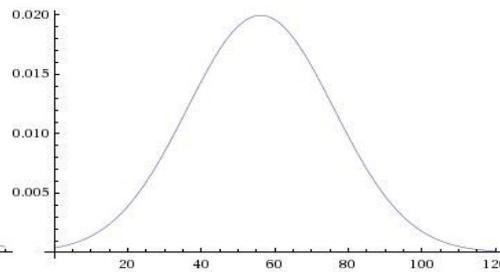
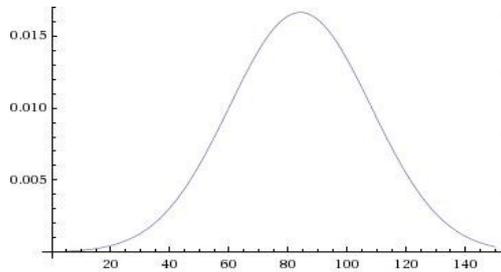
男女共に対数正規分布的に分布していた。

# 中学校シャトルラン

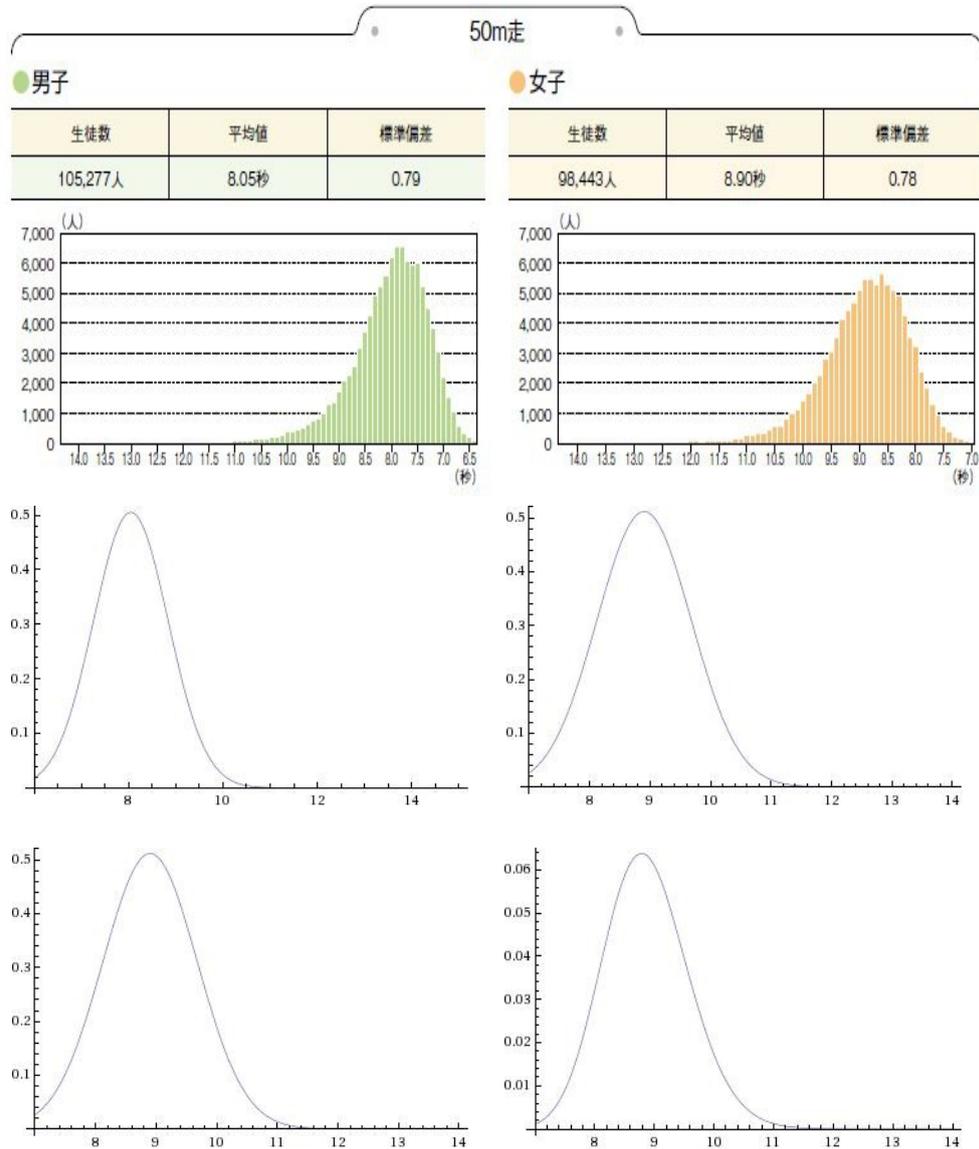


男子は $\sigma = 0.3$ 、女子は $\sigma = 0.25$ 、とした。

男女で分布のしかたが分かれたが、男女共に正規分布とも対数正規分布とも言えない結果となった。



# 中学校50m走



男子は $\sigma = 0.11$ 、女子は $\sigma = 0.08$ 、とした。

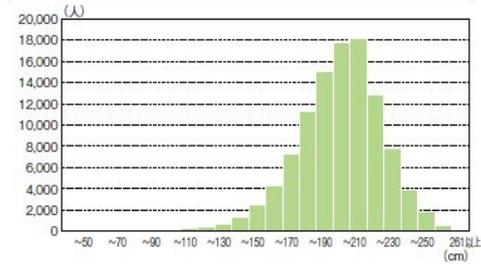
男女共にどちらかという対数正規分布的に分布していた。

# 中学校立ち幅跳

立ち幅とび

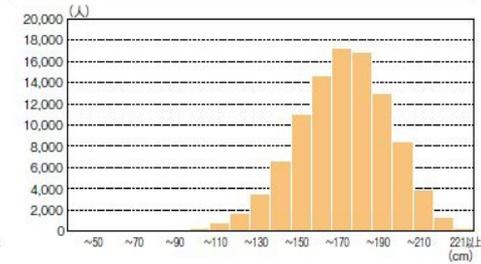
●男子

生徒数	平均値	標準偏差
106,573人	195.31cm	25.57



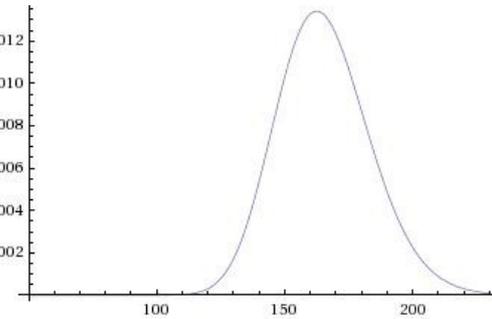
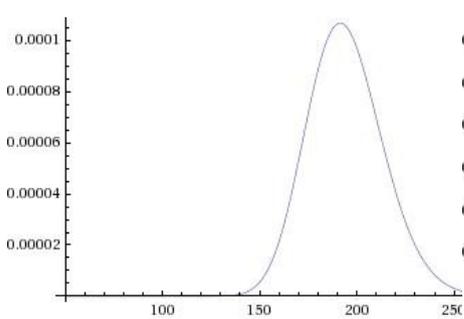
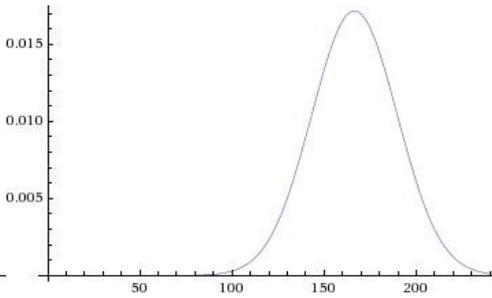
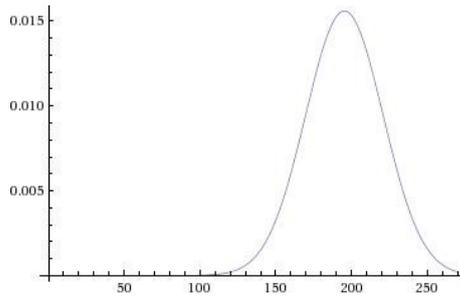
●女子

生徒数	平均値	標準偏差
100,004人	166.47cm	23.24



男子は $\sigma = 0.1$ 、女子は $\sigma = 0.11$ とした。

男女共にどちらかというとも正規分布的に分布していた。



# 中学校ボール投げ

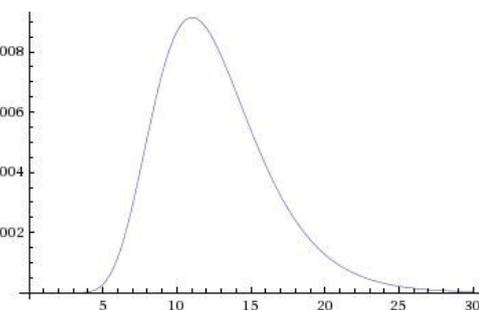
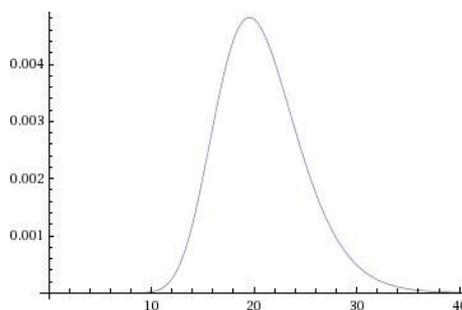
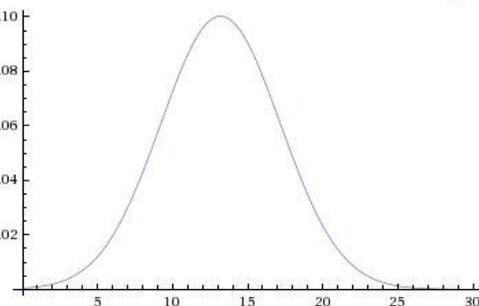
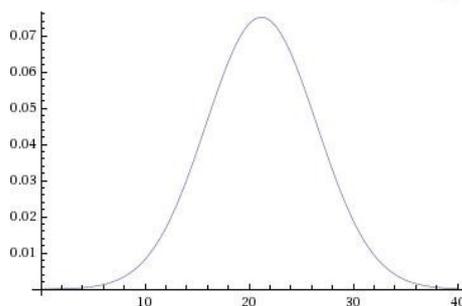
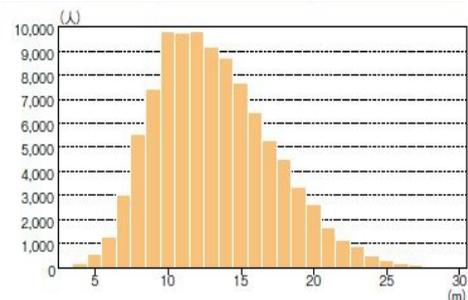
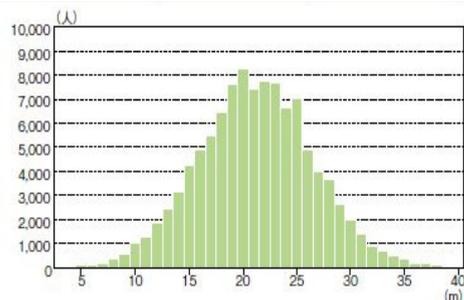
ハンドボール投げ

●男子

生徒数	平均値	標準偏差
106,016人	21.18m	5.31

●女子

生徒数	平均値	標準偏差
99,843人	13.20m	3.98



男子は $\sigma = 0.2$ 、女子は $\sigma = 0.3$ 、とした。

ボール投げでは男女で違いが見られ、男子は正規分布的に、女子は対数正規分布的に分布していた。

# 比較まとめ

	小学校男子	小学校女子	中学校男子	中学校女子
握力	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布	どちらかという と対数正規分布
上体起こし	正規分布	正規分布	どちらかという と正規分布	どちらかという と正規分布
長座体前屈	どちらかという と対数正規分布	どちらかという と正規分布	正規分布	正規分布
反復横跳び	正規分布	正規分布	どちらかという と正規分布	どちらかという と正規分布
持久走			対数正規分布	対数正規分布
シャトルラン	どちらかという と正規分布	対数正規分布	どちらとも違う	どちらとも違う
50m走	どちらかという と対数正規分布	どちらかという と対数正規分布	どちらかという と対数正規分布	どちらかという と対数正規分布
立ち幅跳	どちらかという と正規分布	どちらかという と正規分布	どちらかという と正規分布	どちらかという と正規分布
ボール投げ	正規分布	対数正規分布	正規分布	対数正規分布

# 表を見て感じること

- ハンドボール投げ、シャトルラン以外では男女、年齢関係なく似たような分布になっていた。
- 同じ持久力を測定するシャトルランと持久走では分布が変わった。
- 50m走、持久走とタイムを測る競技で対数正規分布に分布していた。
- ハンドボール投げでの男女の差は小学校、中学校共に顕著である。

## ハンドボール投げは他の競技とどのような違いがあるのか？

・ハンドボール投げは肩力などの純粋な力以外に、投げるコツ（技術）が問われるものである。投げるという動作は体全体を使うので、体の使い方が大事なのである。例えば、ハンマー投げの室伏選手は並外れた身体能力の持ち主であるが（2002年筋肉番付スポーツマンNo.1決定戦参考）始球式でボールを投げた際、131km/hにとどまった。これは高校野球児の平均的な球速である。いかに投げるという動作には技術が必要かという一例である。

・ではなぜハンドボール投げでは男女で分布に違いが見られたのか。投げるという動作は男女でなじみ方に大きく差があると思う。男子は父親とキャッチボールをしたり、友達と野球などボールを扱う遊びをする機会が多いが、女子は父親とキャッチボールをする機会も、友人とボール遊びをする機会も少ない。この差が分布の違いに反映されたのではと思う。

# 結果から言えそうな仮説

- 平等な条件（技術が反映されにくい）競技では分布は正規分布的に分布する。
- 技術が要求される競技では分布は対数正規分布になる。
- 技術が要求される競技でも男子ハンドボール投げのように正規分布的に分布するものもあるが、これは男子の大多数が『投げる技術』を習得しているため純粋な肩力が分布に反映されたものだと考えられる。

# 参考文献

- 日本物理学会誌 vol. 66, No. 9, 2011 複雑系にひそむ規則性—対数正規分布を軸にして— 國仲寛人、小林奈央樹、松下貢著
- 文部科学省、平成全国体力・運動能力、運動習慣等調査（平成22年度）

対数正規分布の式は  $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \exp\left(\frac{-(\log x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$

$\mu$  : 正規分布の平均値、 $\sigma$  : 正規分布の標準偏差

正規分布の式は  $g(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(\frac{-(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$

よって対数正規分布の

平均  $A = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)$

分散  $B^2 = \exp(2\mu + \sigma^2)\{\exp(\sigma^2) - 1\}$

$\sigma$ ,  $\mu$  を  $A$ ,  $B$  で表すと

$$\sigma^2 = \ln\left(1 + \left(\frac{A}{B}\right)^2\right)$$

$$\mu = \ln(A) - \sigma^2/2$$

次ページから、前ページに書いた式を実際のデータとして入力し出力されたグラフと、文部科学省が発表しているデータとを比較してみる。

# 小学校 握力 対数正規分布

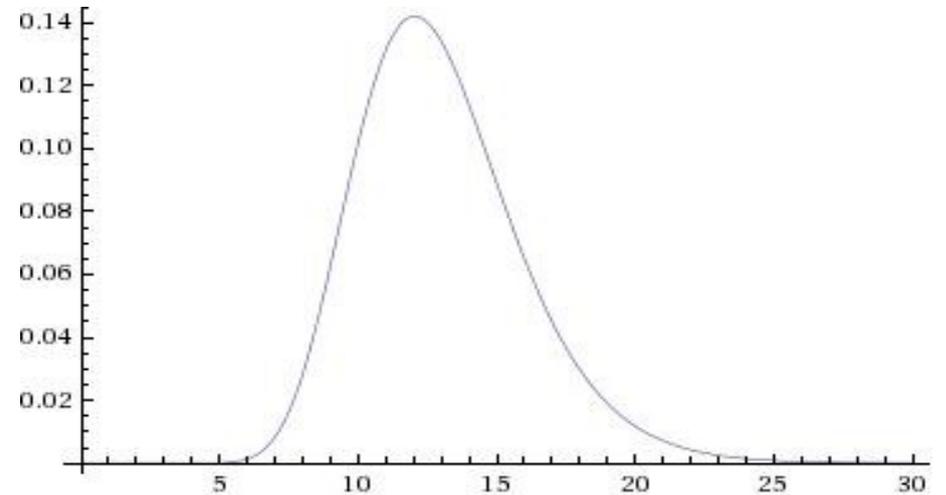
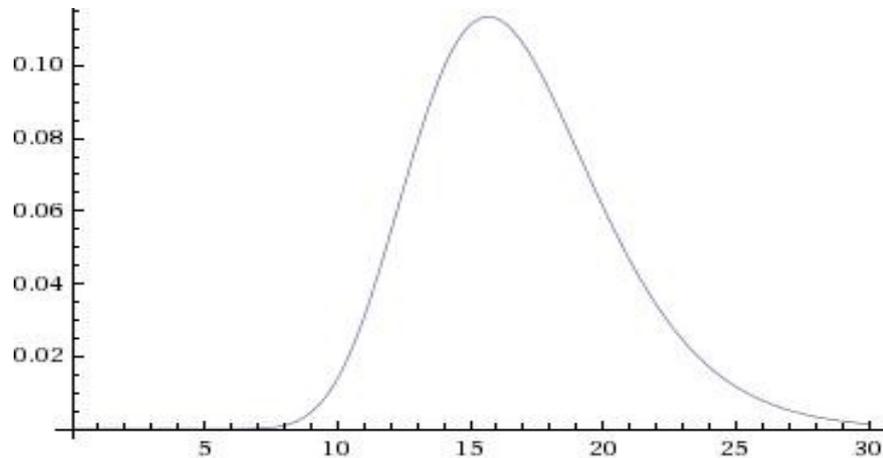
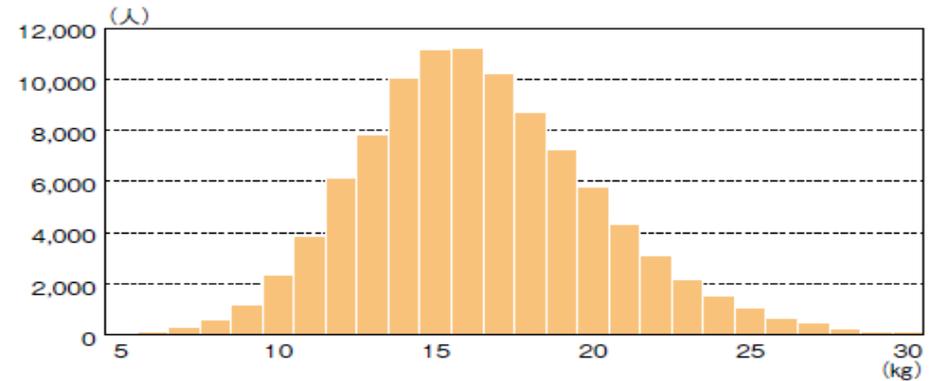
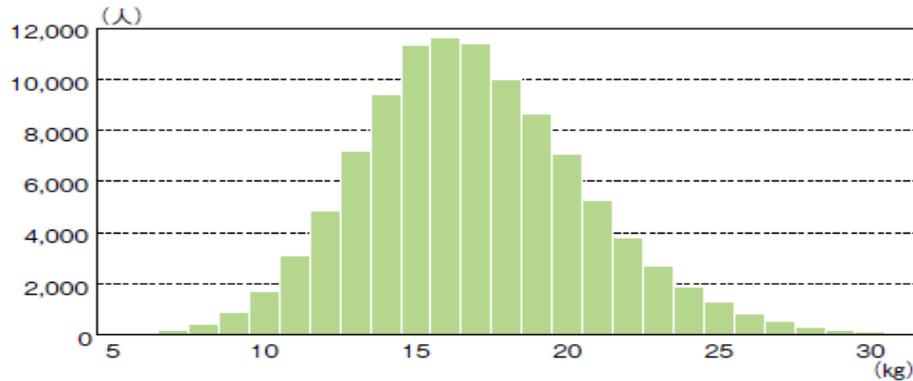
握力

● 男子

児童数	平均値	標準偏差
104,938人	16.91kg	3.75

● 女子

児童数	平均値	標準偏差
100,616人	16.37kg	3.77



# 小学校 上体起こし

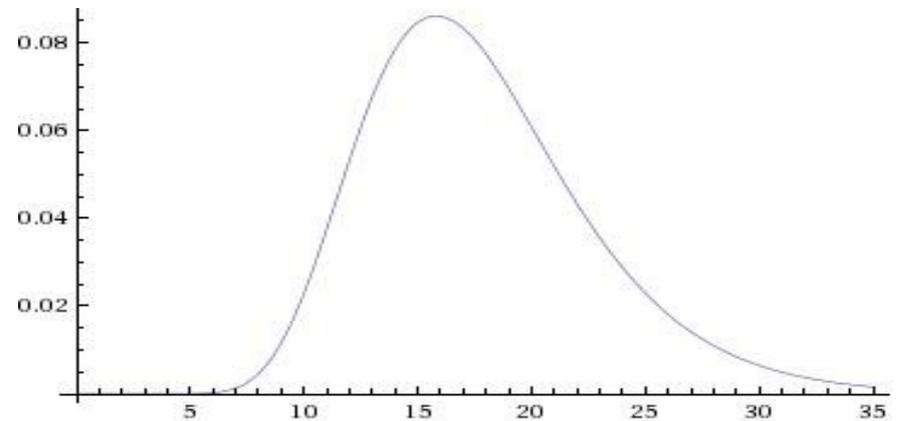
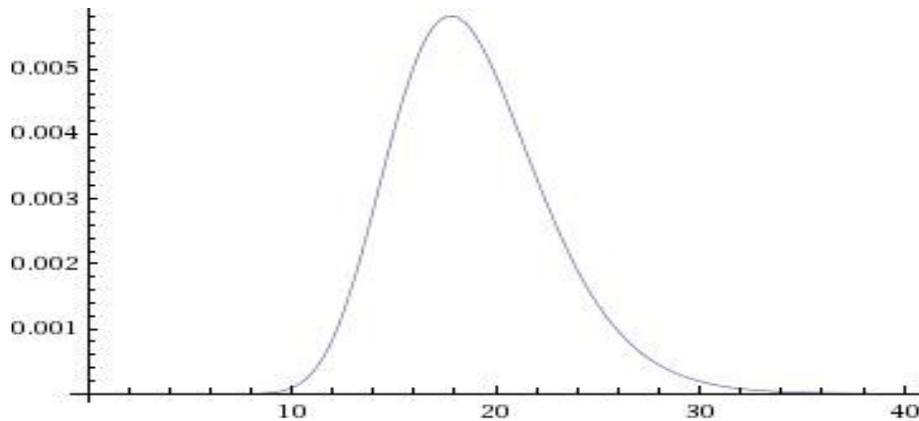
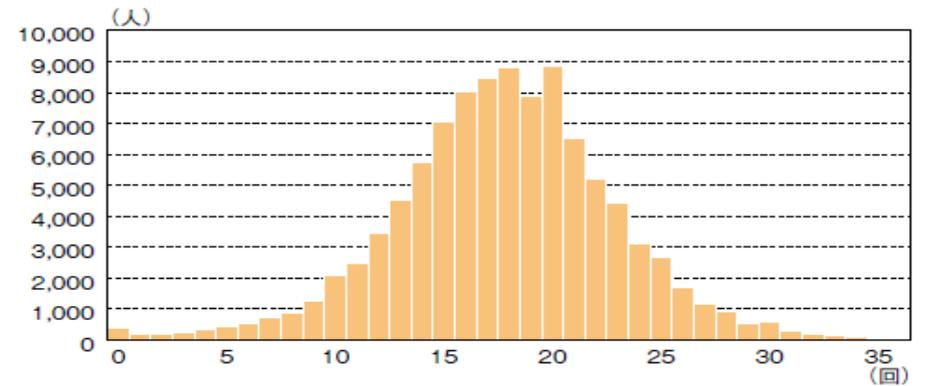
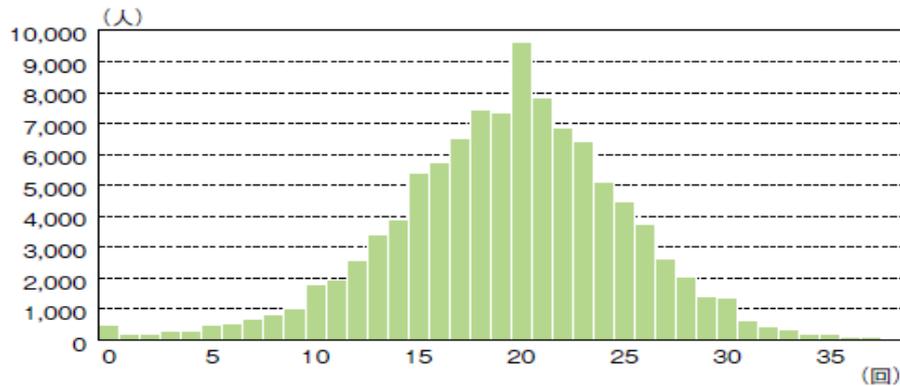
上体起こし

● 男子

児童数	平均値	標準偏差
104,380人	19.28回	5.70

● 女子

児童数	平均値	標準偏差
100,129人	17.75回	5.10

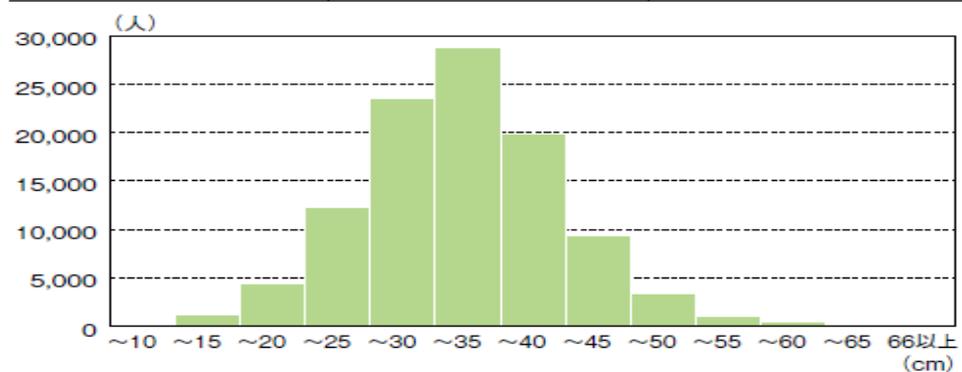


# 小学校 前屈

## 長座体前屈

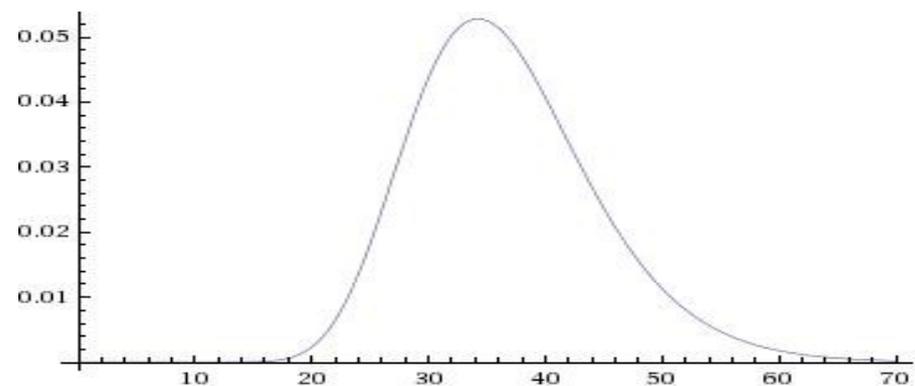
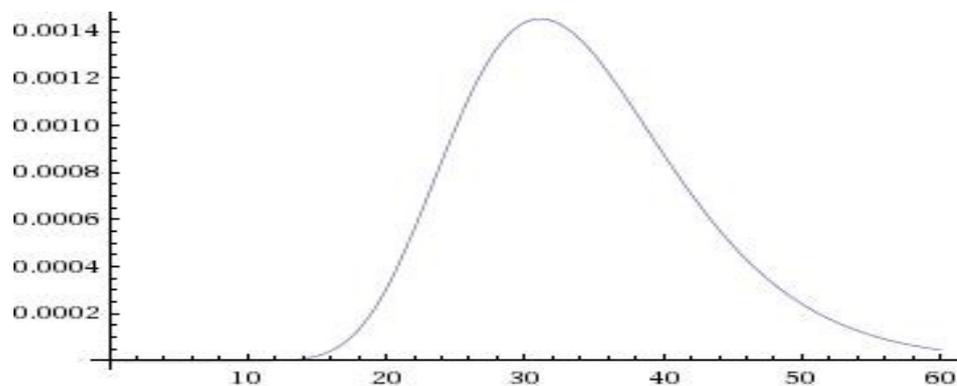
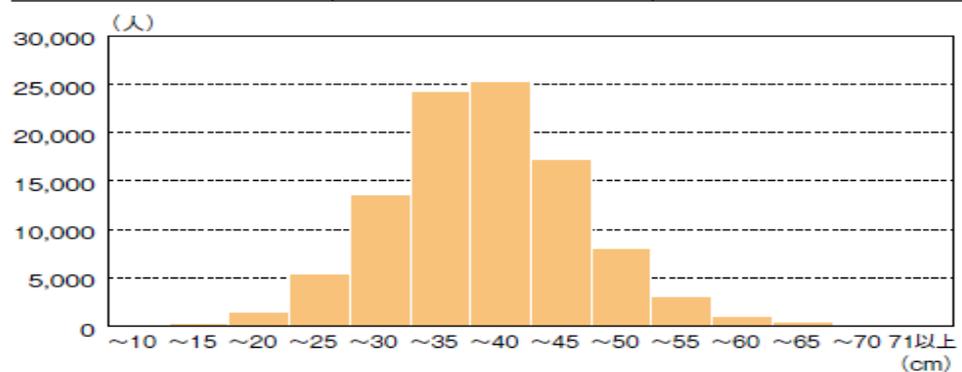
● 男子

児童数	平均値	標準偏差
104,532人	32.58cm	7.72



● 女子

児童数	平均値	標準偏差
100,373人	36.79cm	8.03

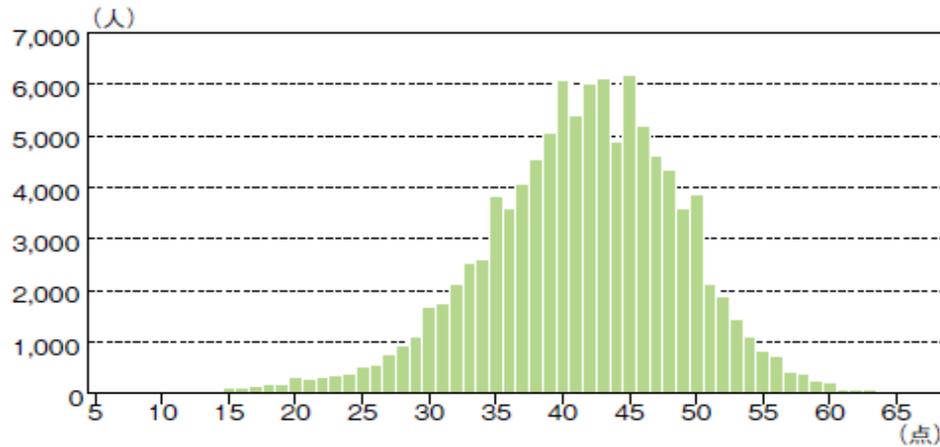


# 小学校 反復横跳び

## 反復横とび

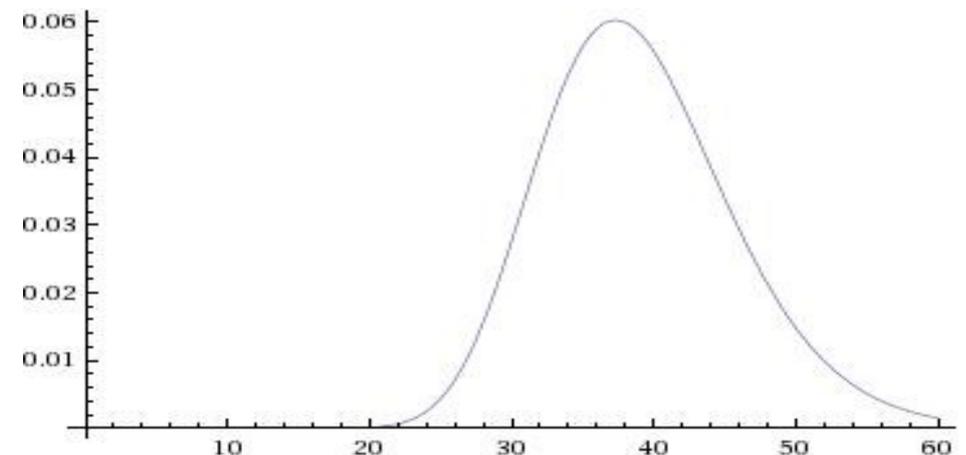
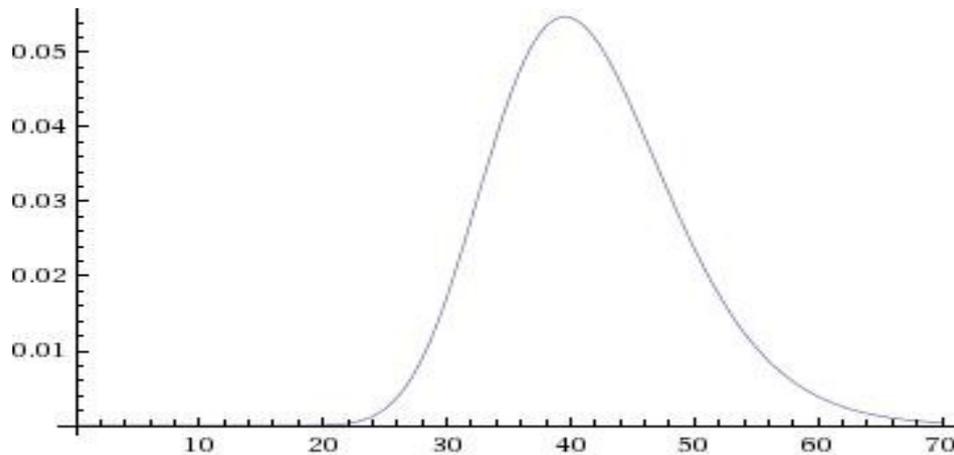
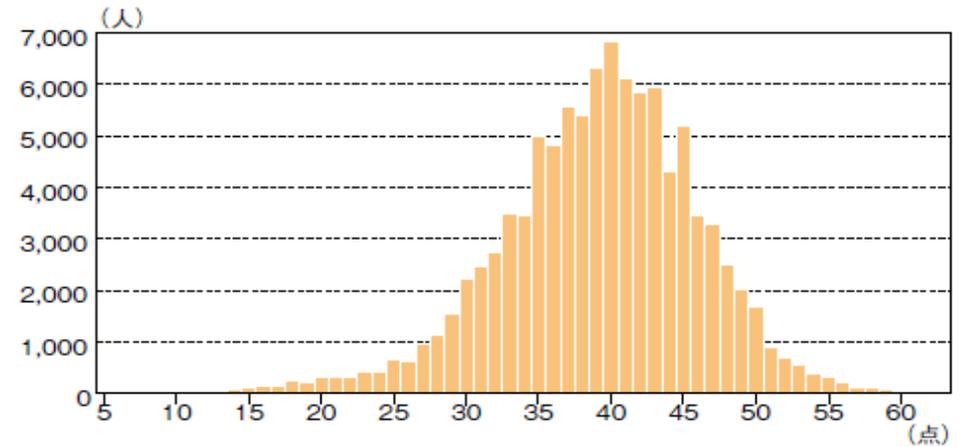
### ● 男子

児童数	平均値	標準偏差
104,211人	41.47点	7.59



### ● 女子

児童数	平均値	標準偏差
99,920人	39.18点	6.90

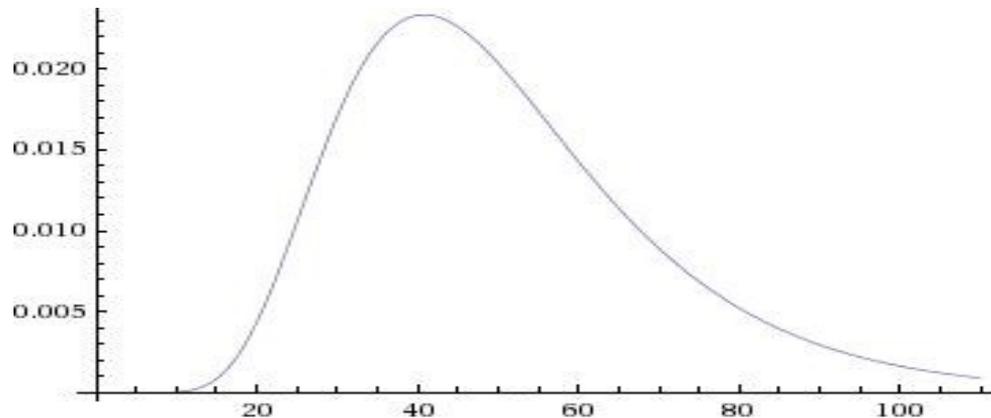
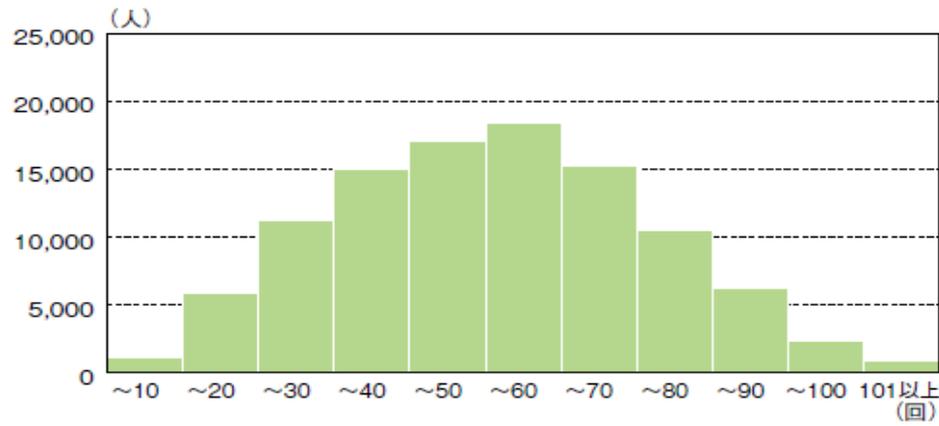


# 小学校 シャトルラン

## 20mシャトルラン

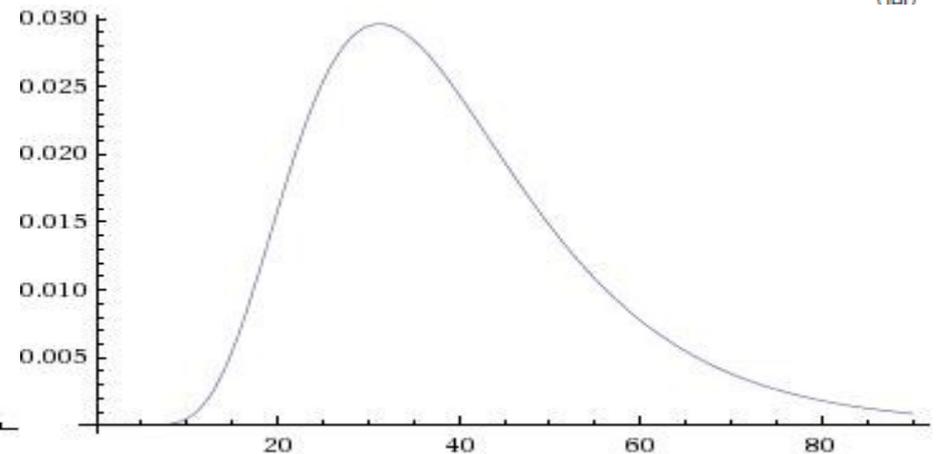
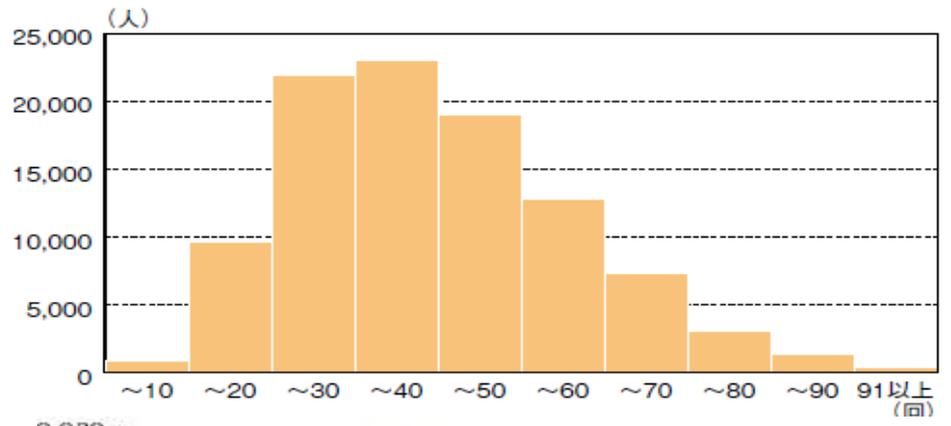
● 男子

児童数	平均値	標準偏差
103,680人	51.28回	20.72



● 女子

児童数	平均値	標準偏差
99,307人	39.68回	16.45

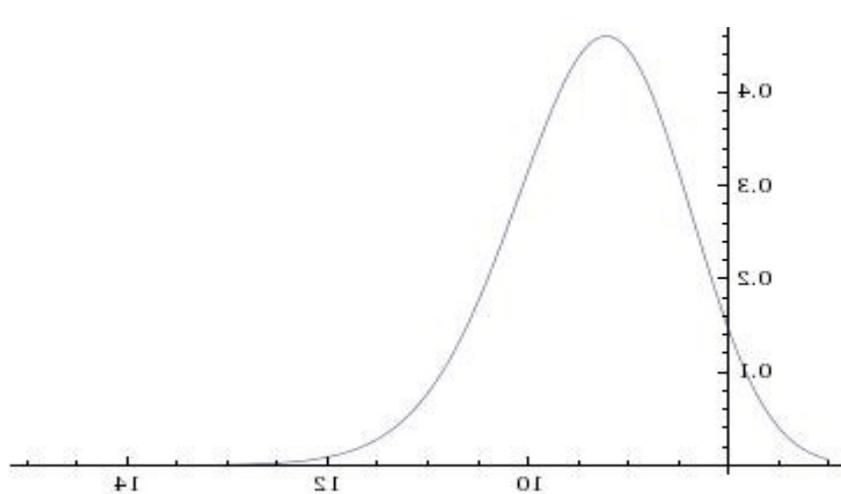
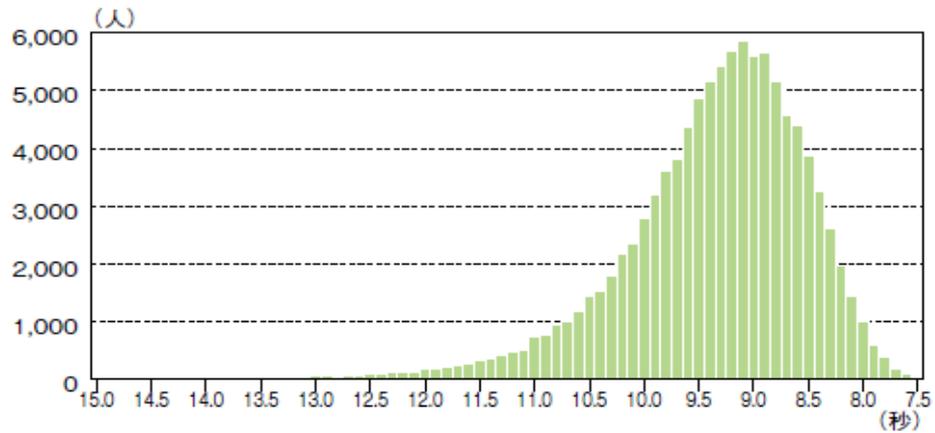


# 小学校 50m

50m走

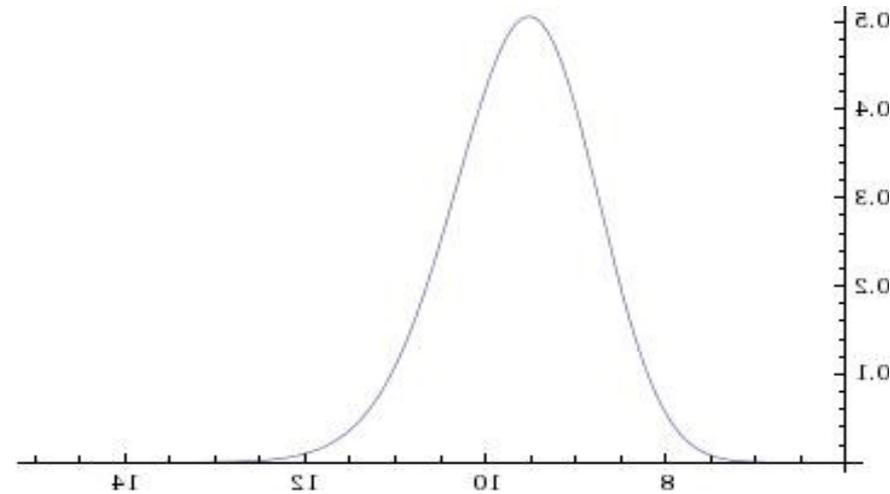
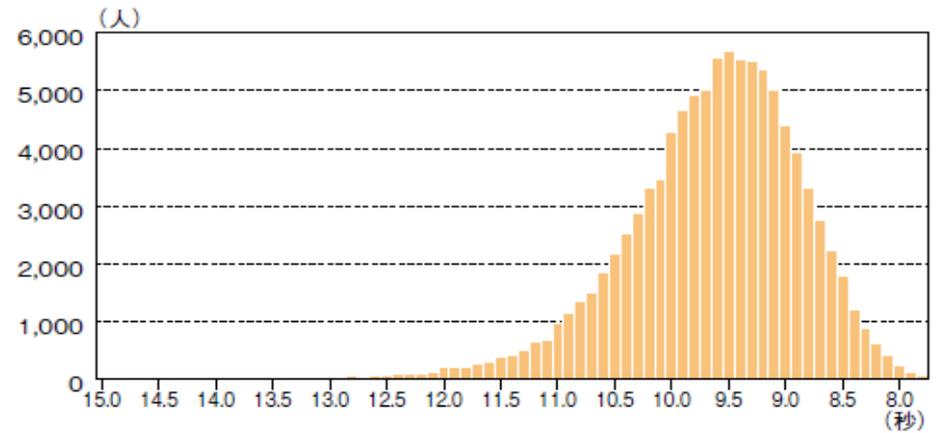
● 男子

児童数	平均値	標準偏差
104,095人	9.38秒	0.88



● 女子

児童数	平均値	標準偏差
99,815人	9.65秒	0.80

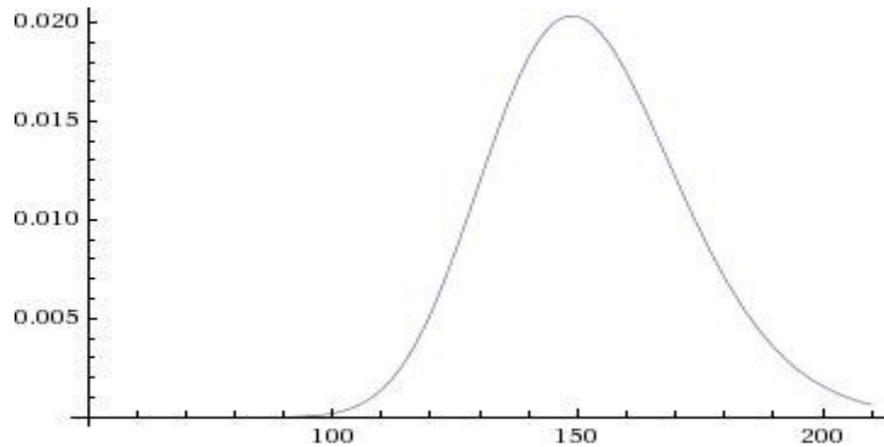
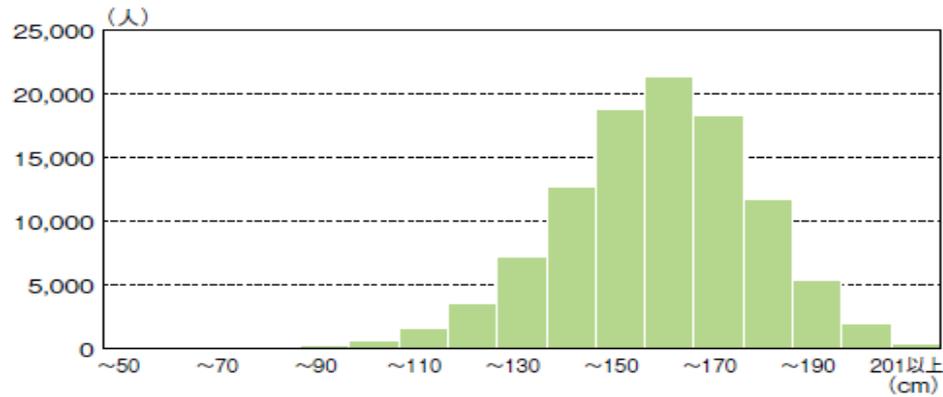


# 小学校 立ち幅跳び

## 立ち幅とび

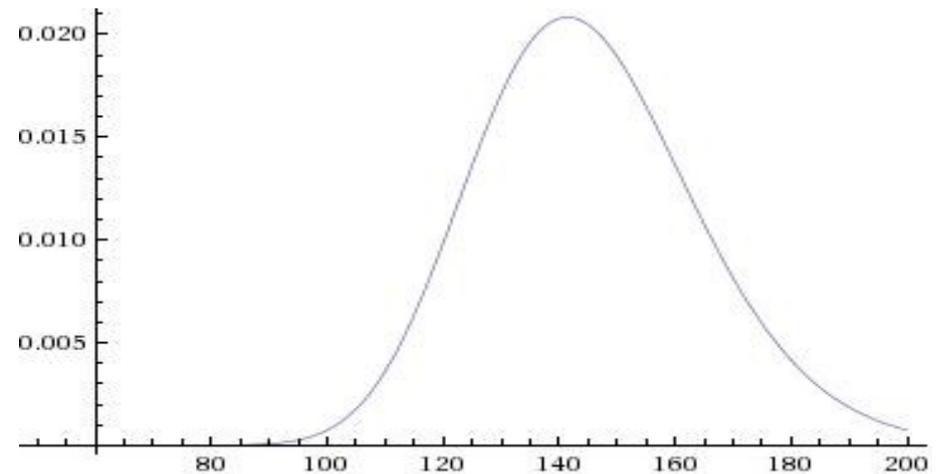
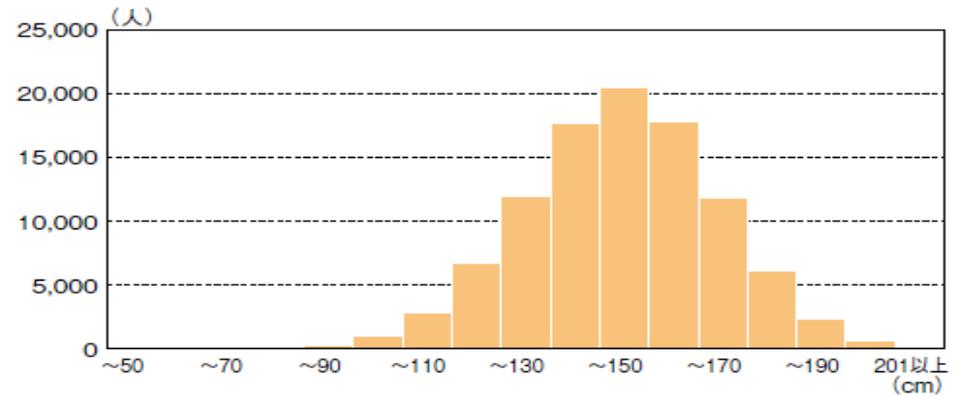
● 男子

児童数	平均値	標準偏差
104,314人	153.45cm	20.16



● 女子

児童数	平均値	標準偏差
100,054人	145.28cm	19.60

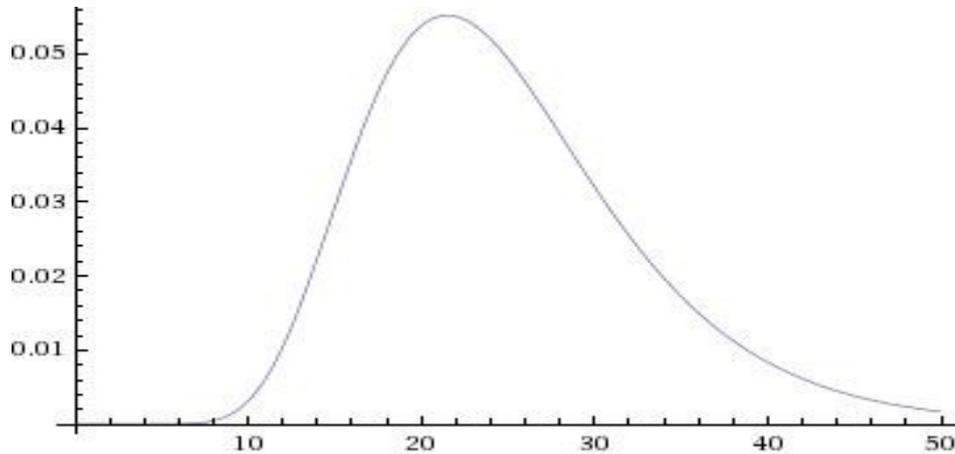
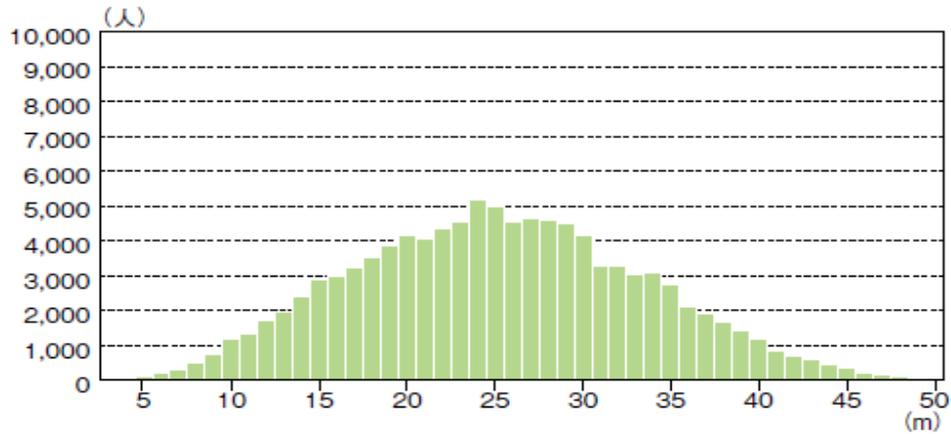


# 小学校 ボール投げ

## ソフトボール投げ

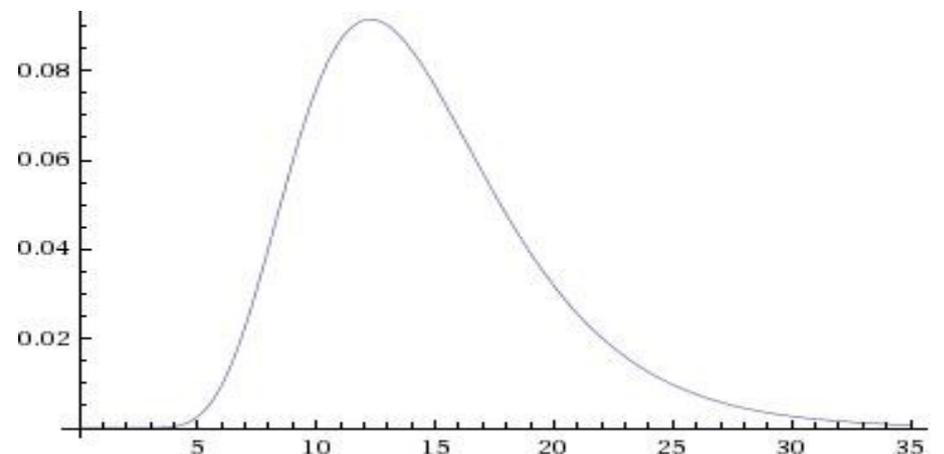
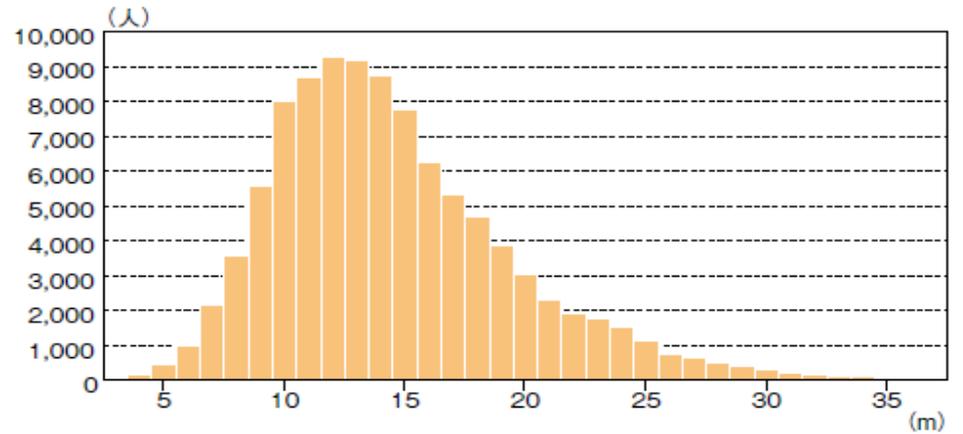
● 男子

児童数	平均値	標準偏差
104,286人	25.23m	8.27



● 女子

児童数	平均値	標準偏差
99,993人	14.55m	5.04

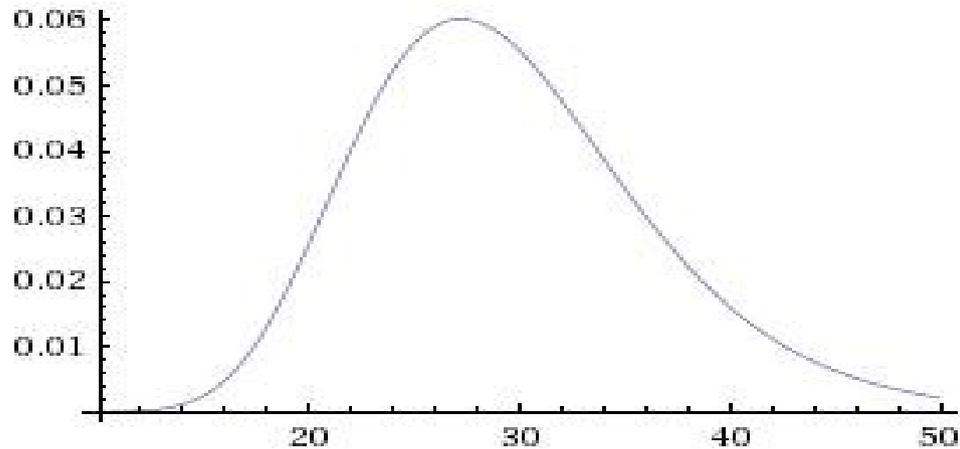
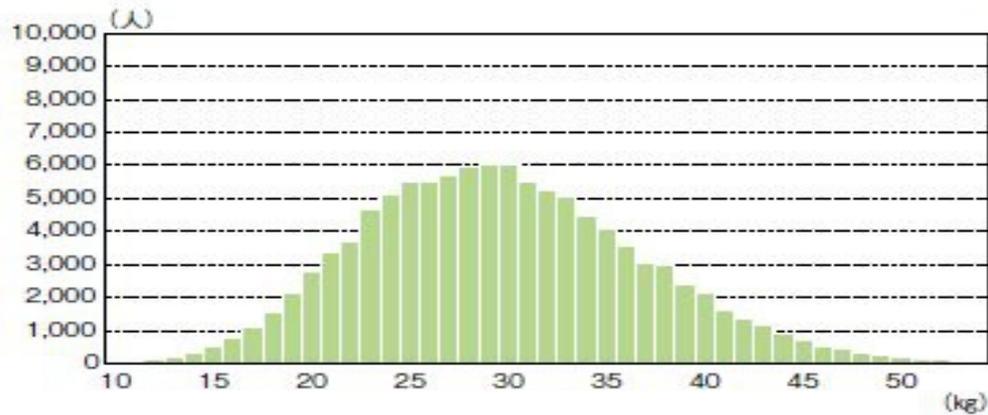


# 中学校 握力

握力

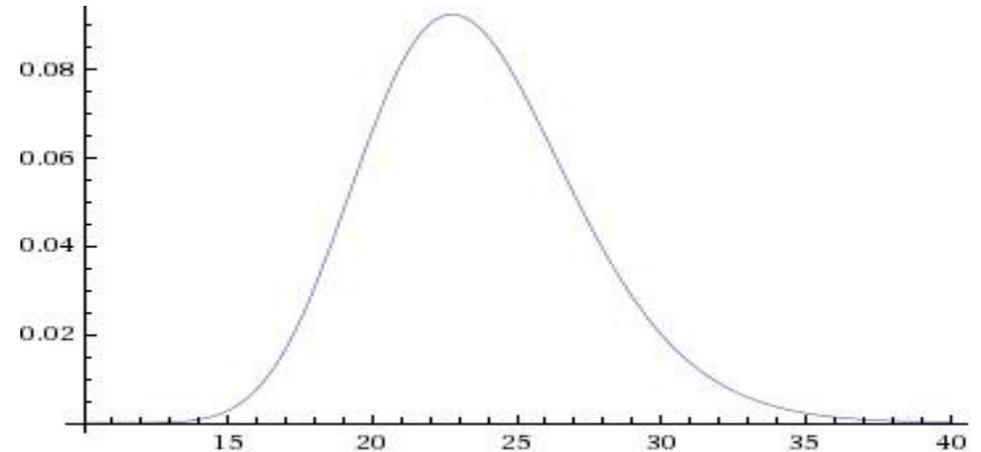
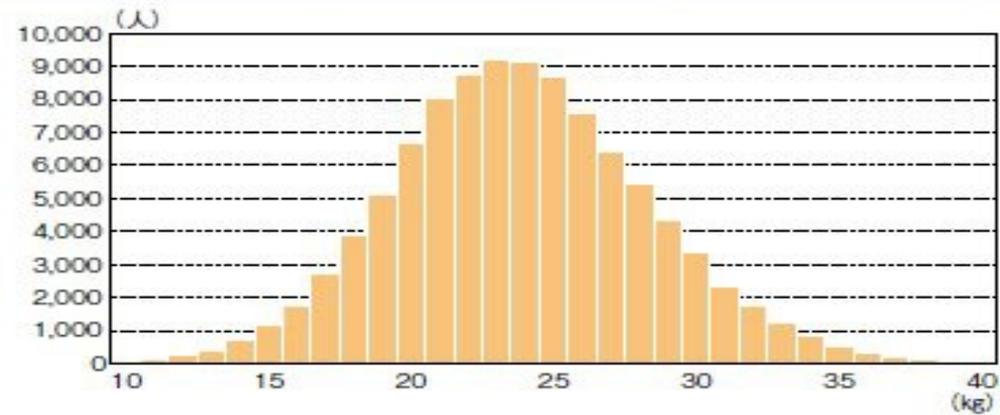
● 男子

生徒数	平均値	標準偏差
107,872人	29.70kg	7.13



● 女子

生徒数	平均値	標準偏差
101,373人	23.86kg	4.50

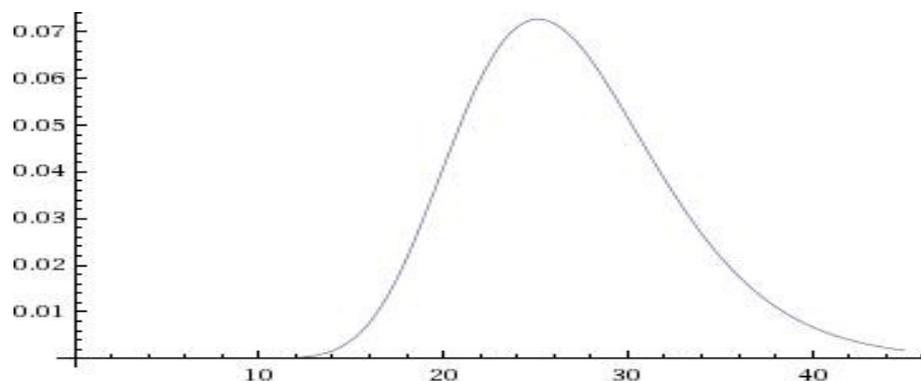
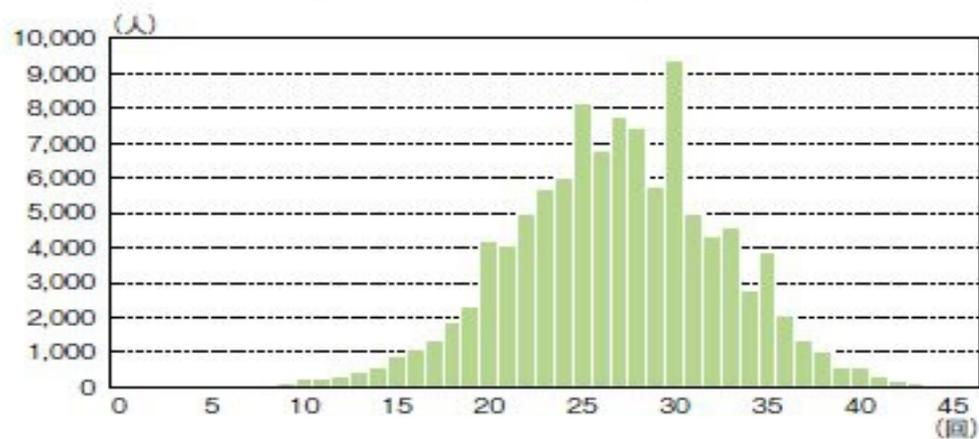


# 中学校 上体起こし

上体起こし

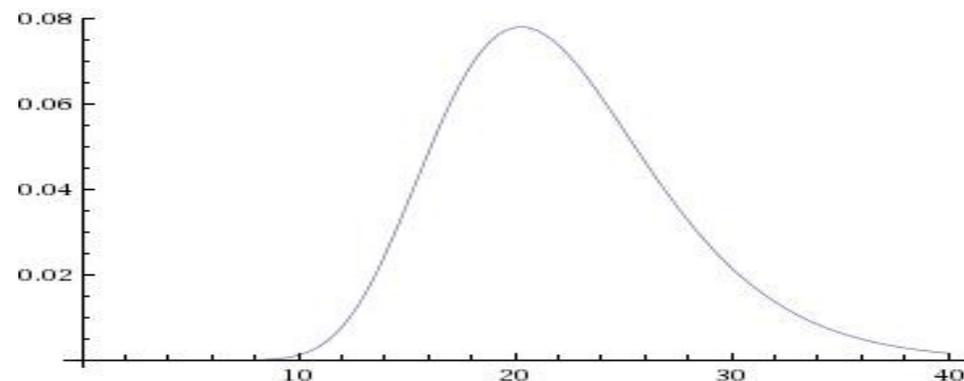
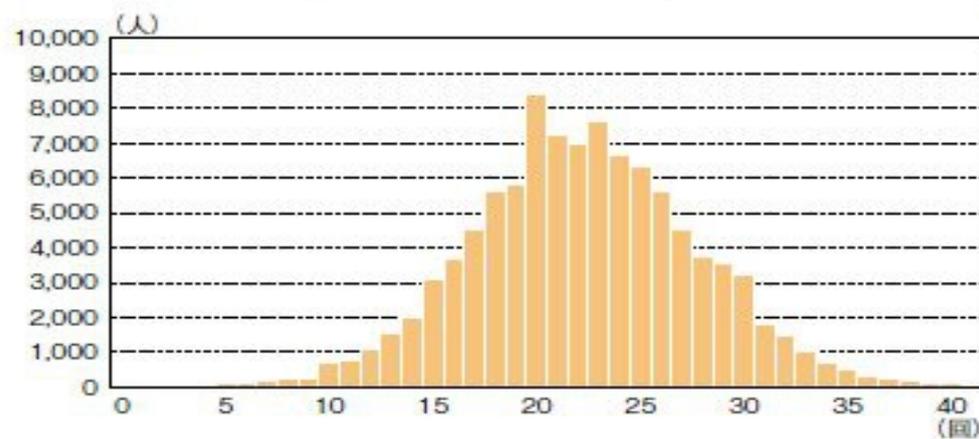
● 男子

生徒数	平均値	標準偏差
106,983人	26.87回	5.80



● 女子

生徒数	平均値	標準偏差
100,470人	22.25回	5.51

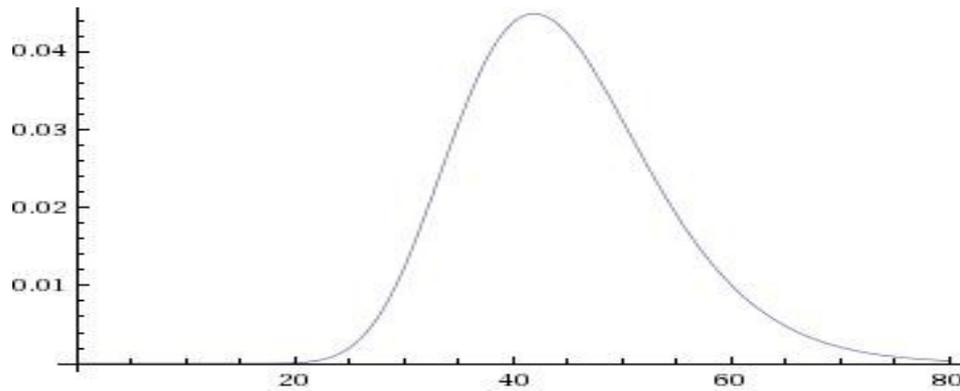
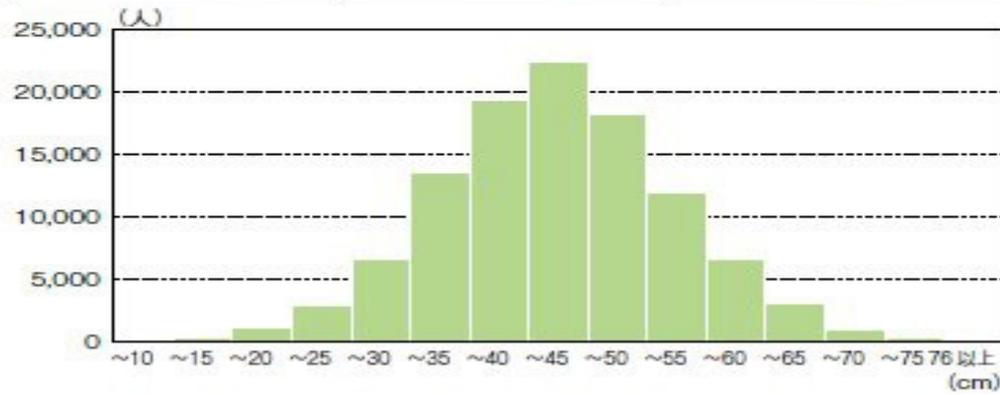


# 中学校 前屈

長座体前屈

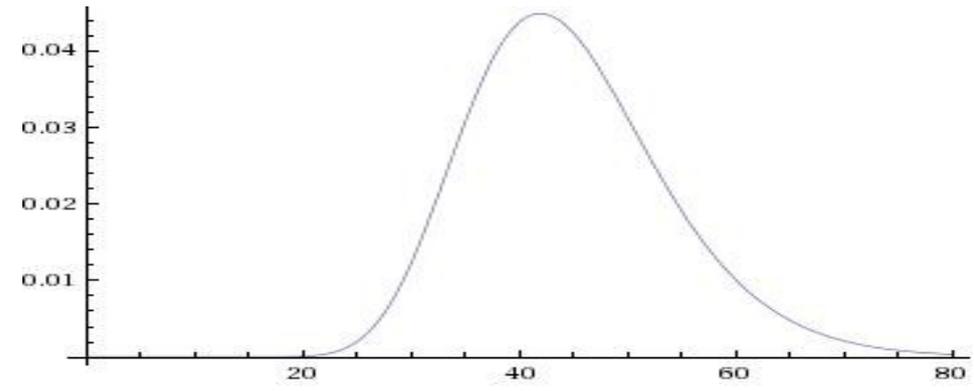
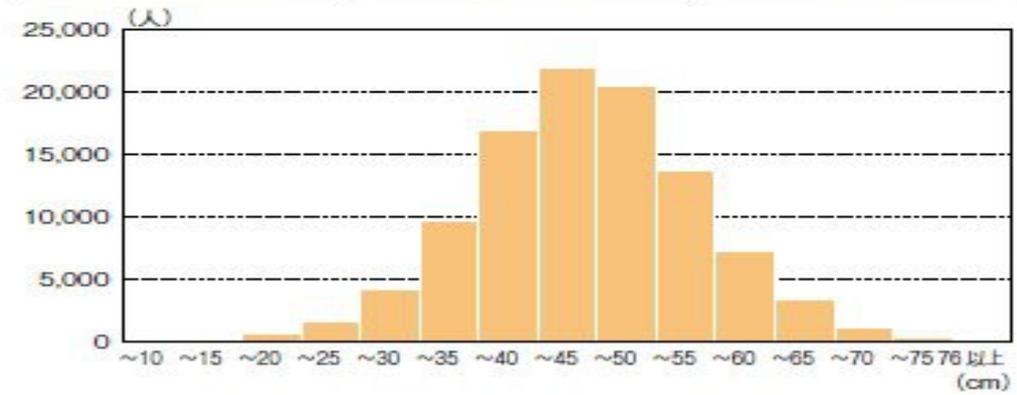
● 男子

生徒数	平均値	標準偏差
107,331人	42.97cm	9.90



● 女子

生徒数	平均値	標準偏差
100,971人	44.66cm	9.35

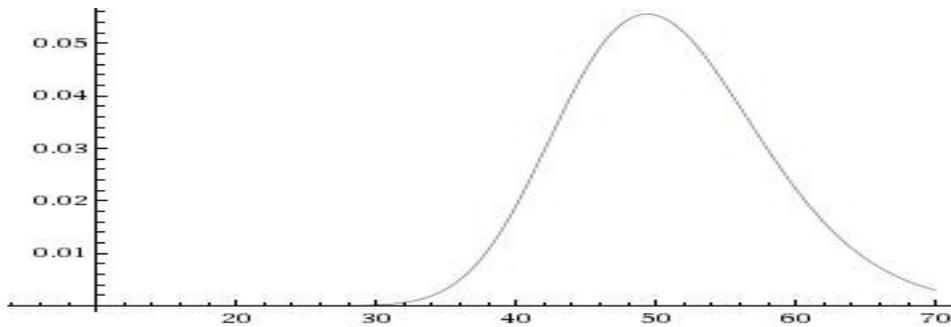
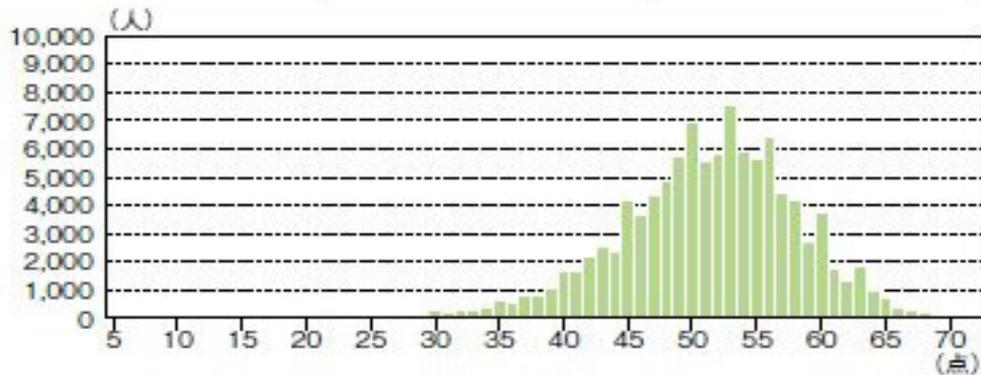


# 中学校 反復横跳び

## 反復横とび

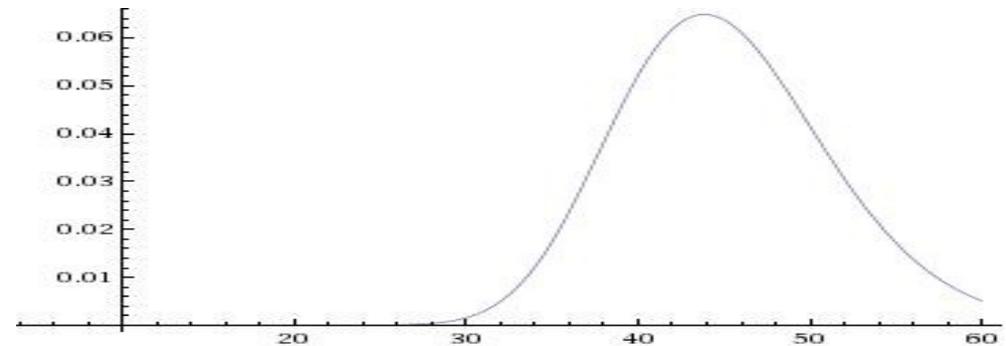
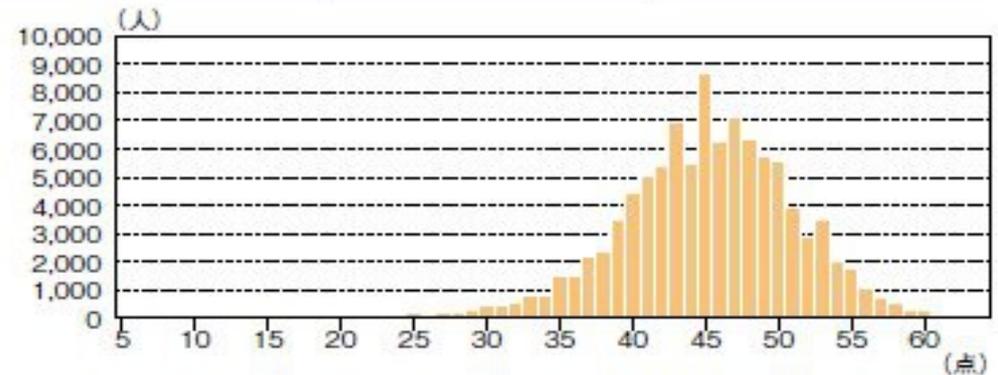
### ● 男子

生徒数	平均値	標準偏差
106,545人	51.01点	7.38



### ● 女子

生徒数	平均値	標準偏差
100,037人	44.99点	6.28

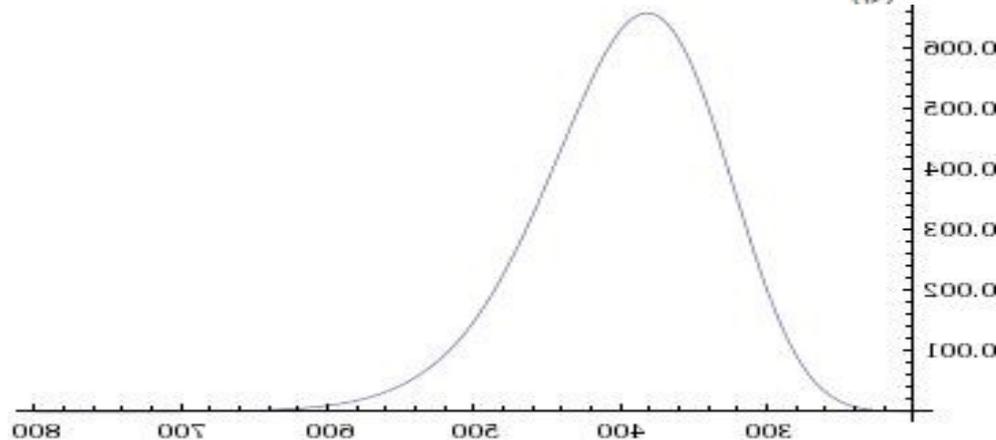
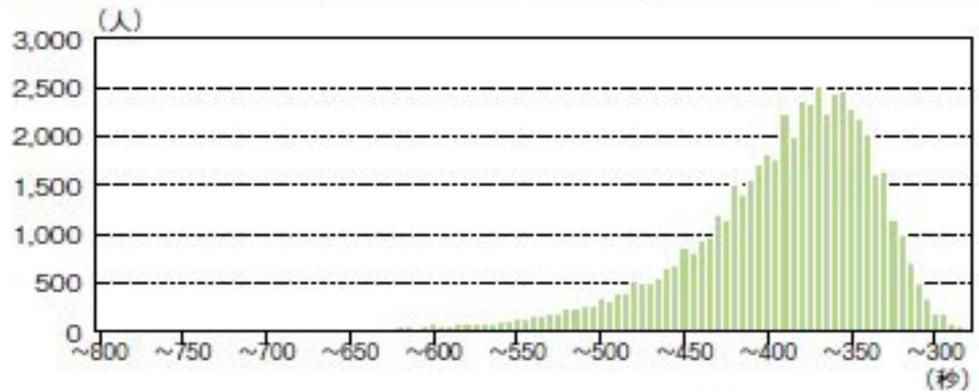


# 中学校 持久走

持久走  
(男子1500m、女子1000m)

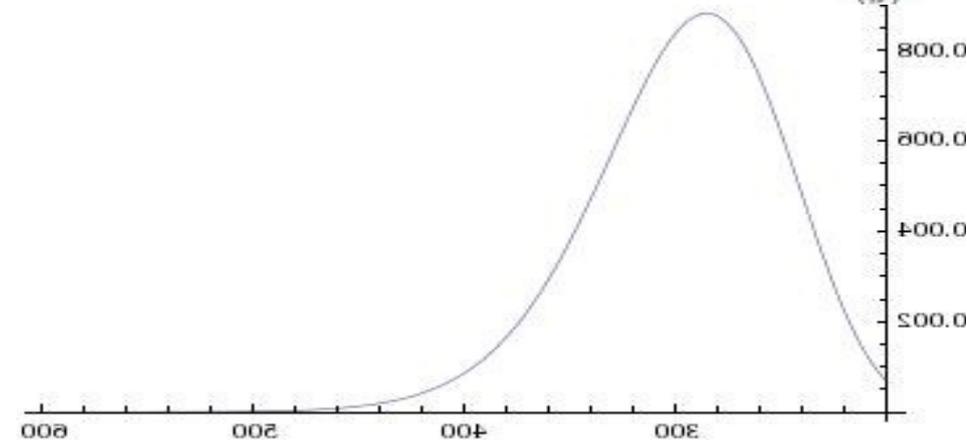
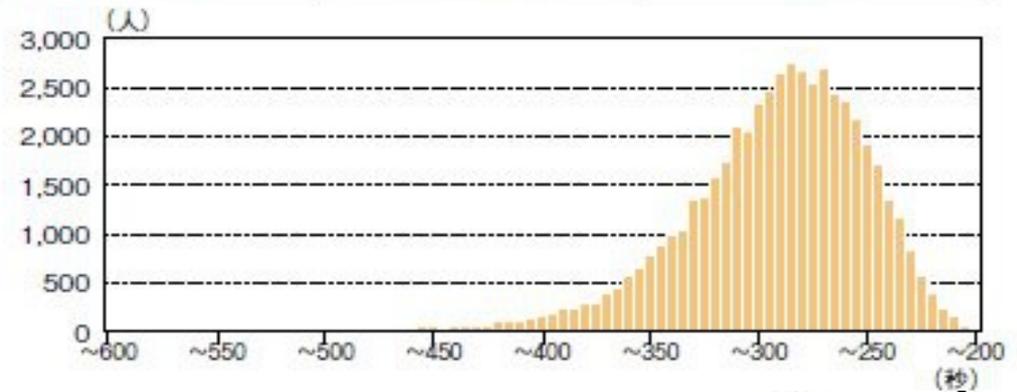
● 男子

生徒数	平均値	標準偏差
56,294人	397.36秒	62.57



● 女子

生徒数	平均値	標準偏差
52,017人	295.67秒	45.56

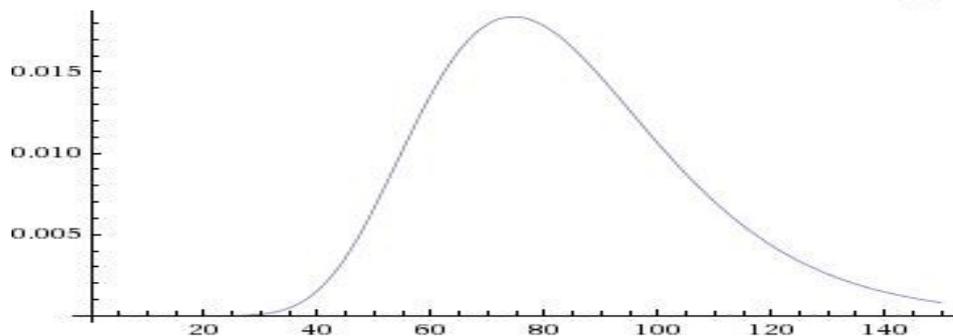
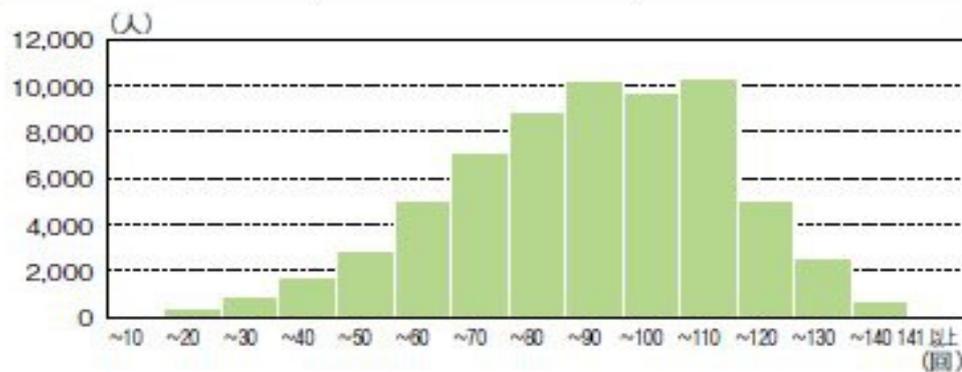


# 中学校 シャトルラン

## 20mシャトルラン

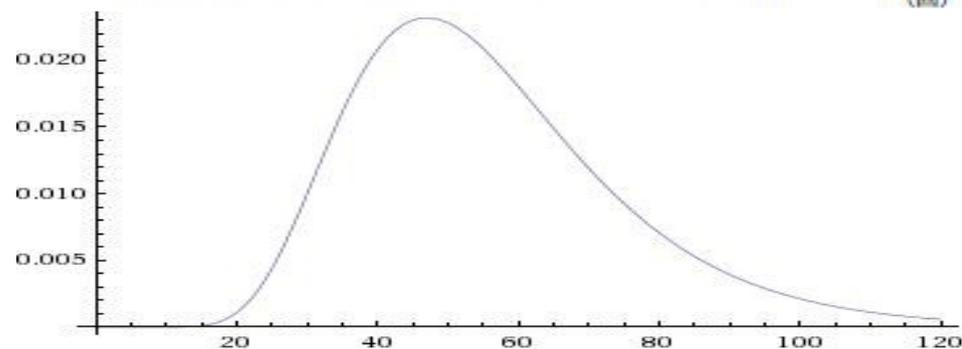
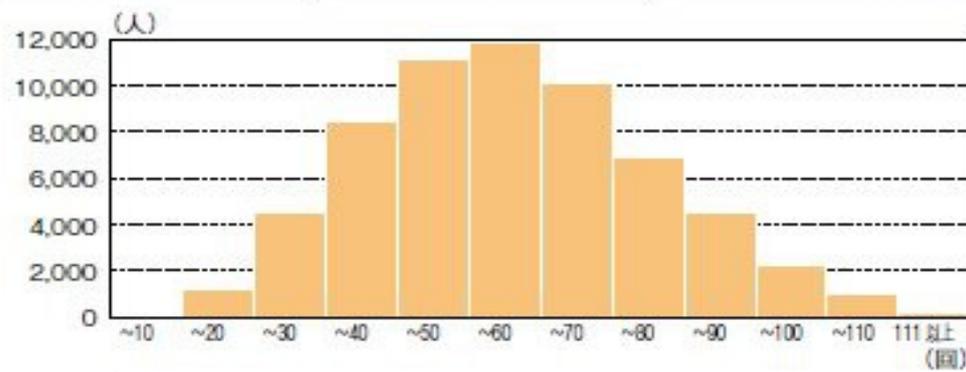
● 男子

生徒数	平均値	標準偏差
65,650人	84.15回	24.02



● 女子

生徒数	平均値	標準偏差
62,062人	56.19回	19.97

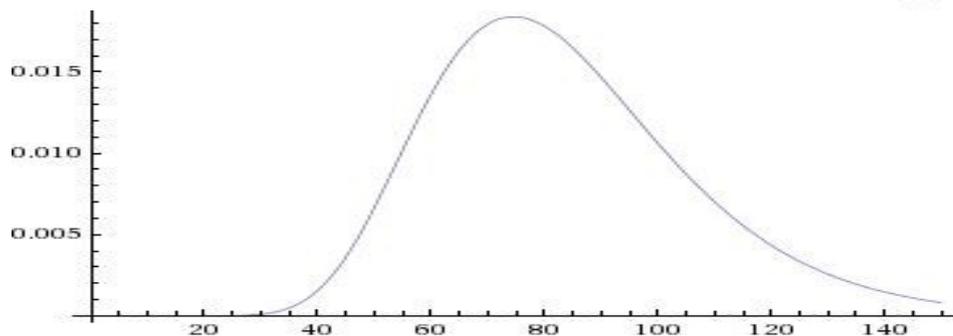
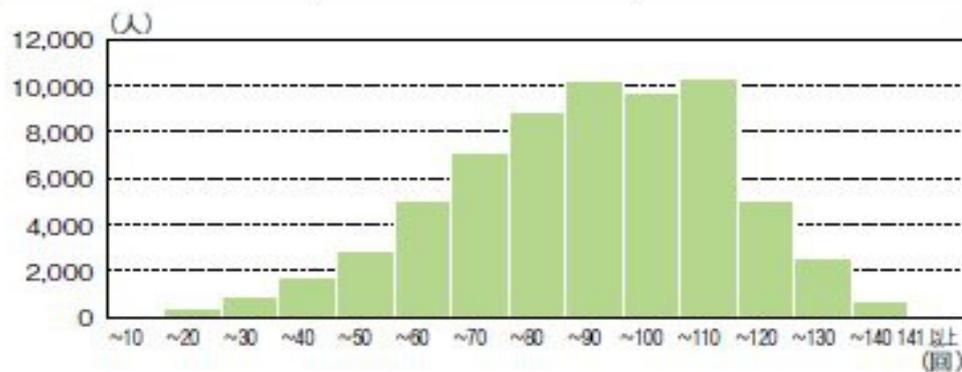


# 中学校 シャトルラン

## 20mシャトルラン

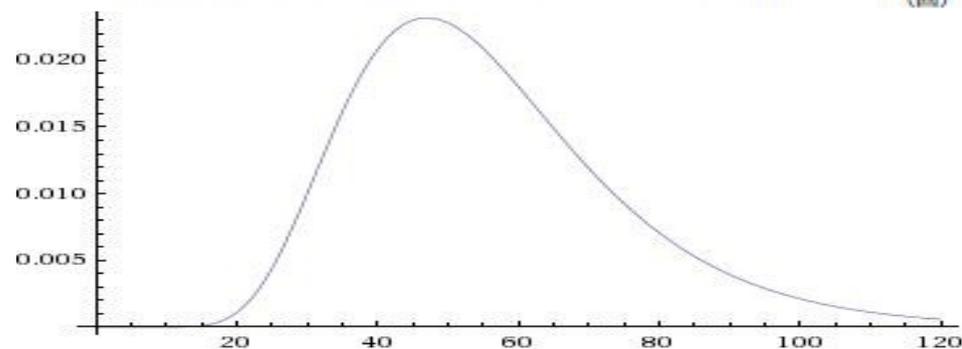
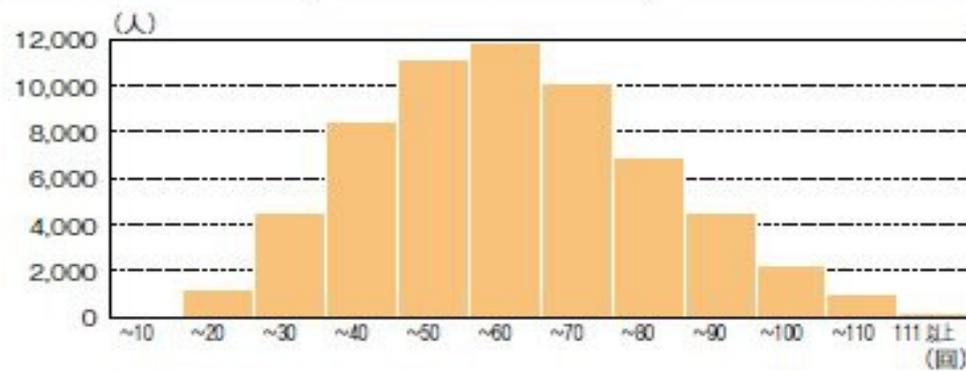
● 男子

生徒数	平均値	標準偏差
65,650人	84.15回	24.02



● 女子

生徒数	平均値	標準偏差
62,062人	56.19回	19.97

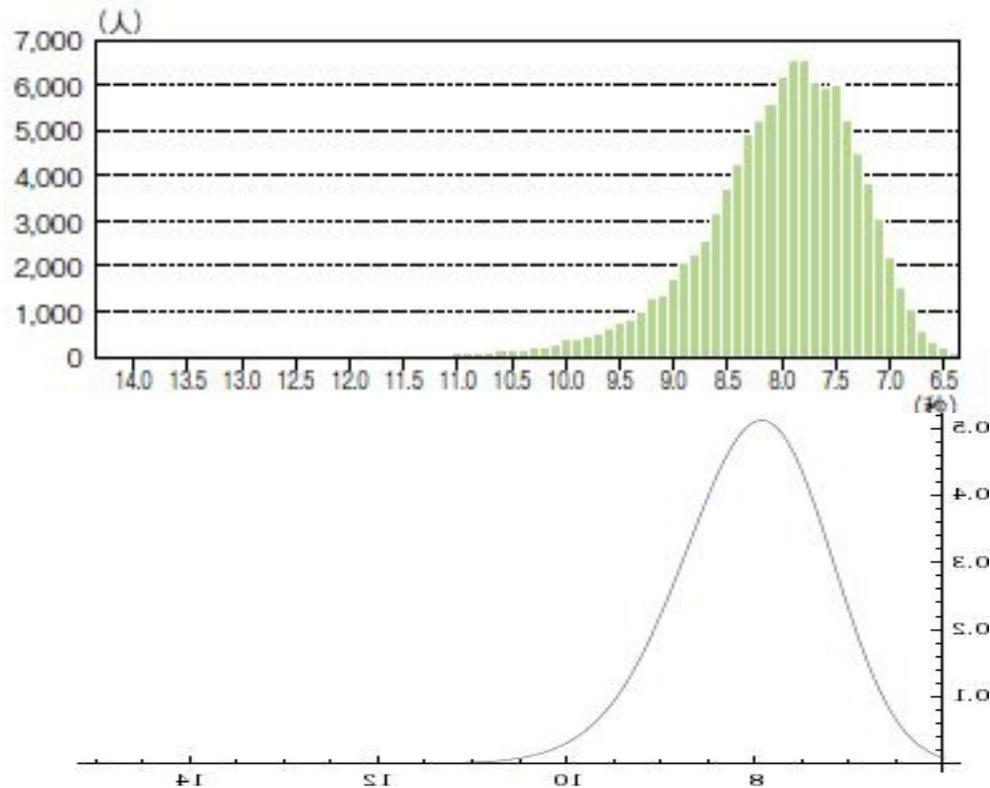


# 中学校 50m走

50m走

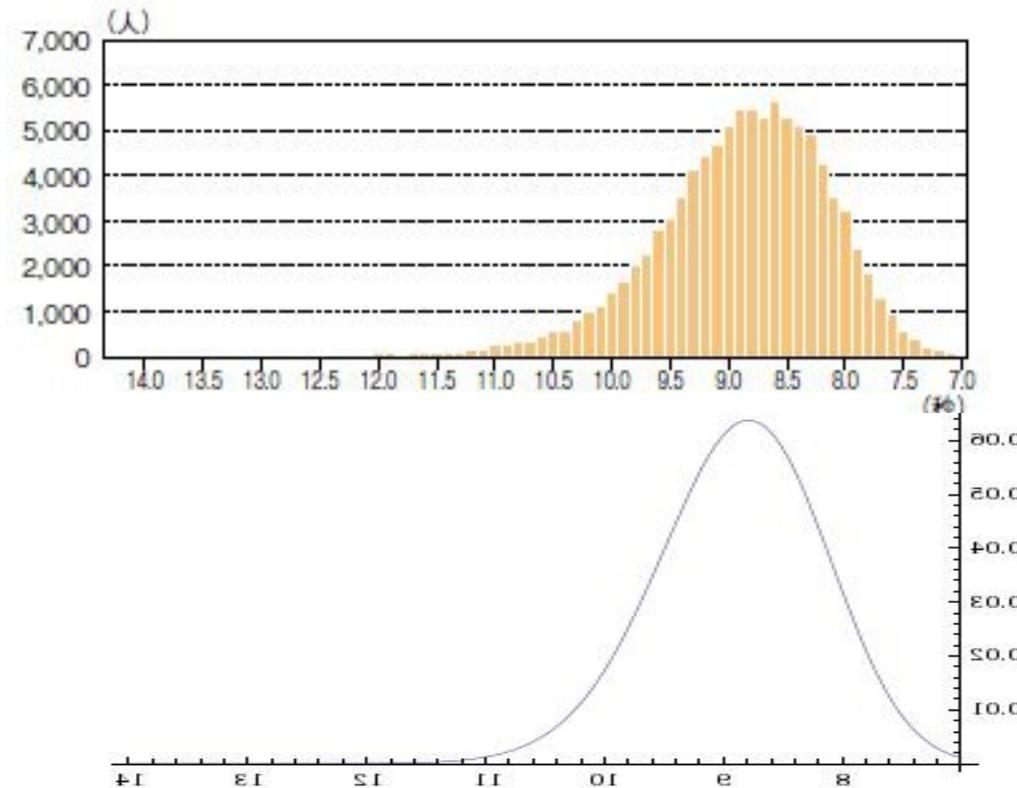
● 男子

生徒数	平均値	標準偏差
105,277人	8.05秒	0.79



● 女子

生徒数	平均値	標準偏差
98,443人	8.90秒	0.78

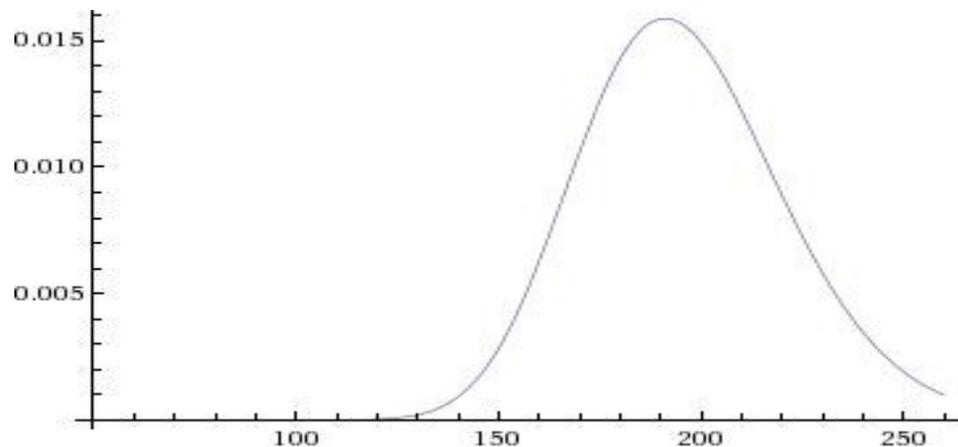
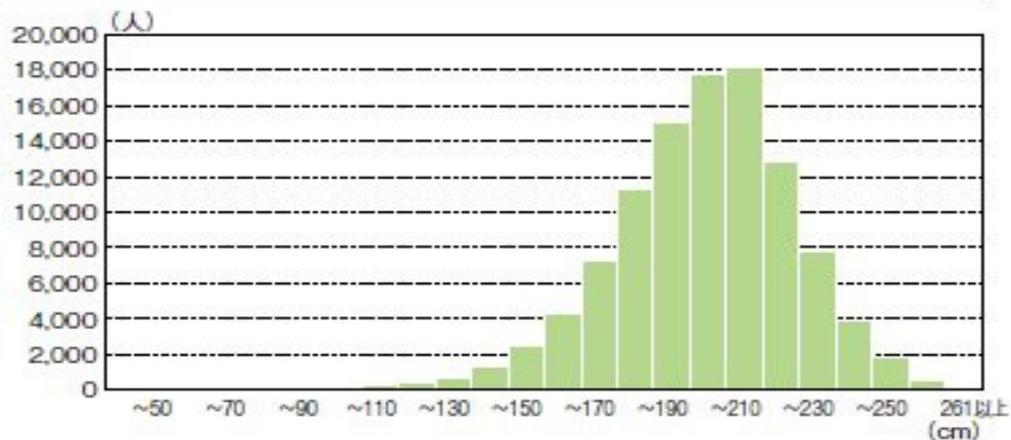


# 中学校 立ち幅跳び

## 立ち幅とび

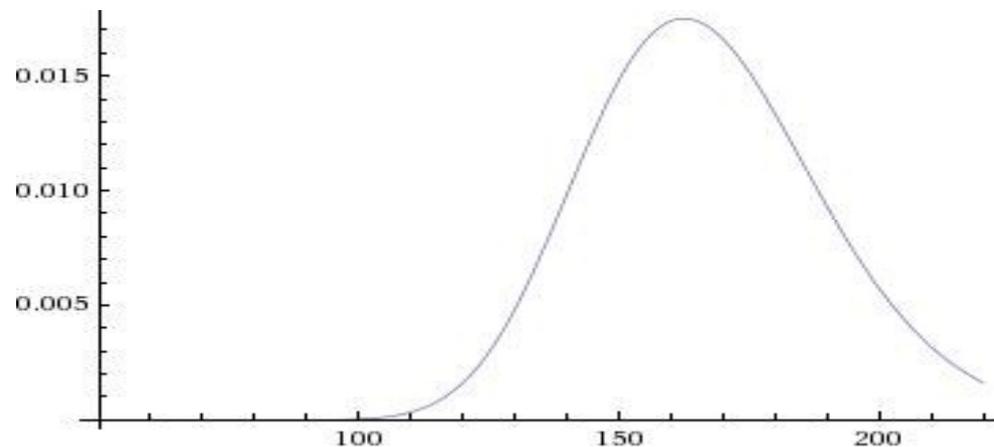
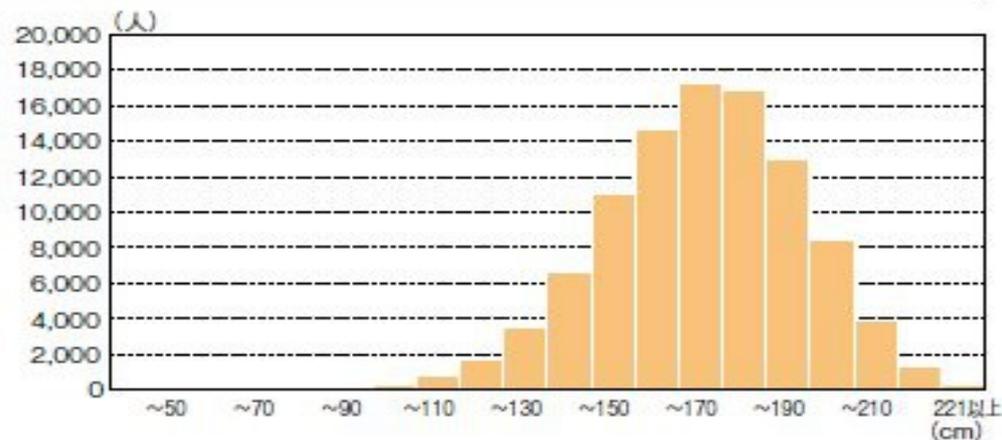
### ● 男子

生徒数	平均値	標準偏差
106,573人	195.31cm	25.57



### ● 女子

生徒数	平均値	標準偏差
100,004人	166.47cm	23.24

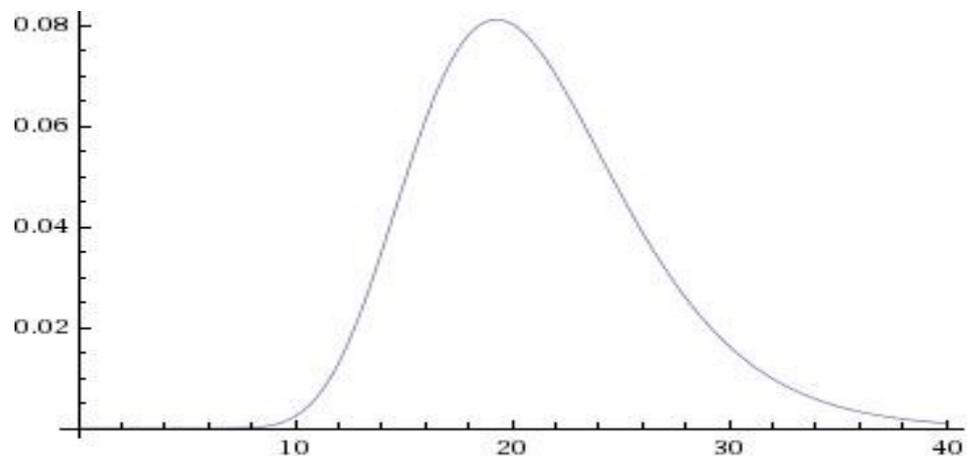
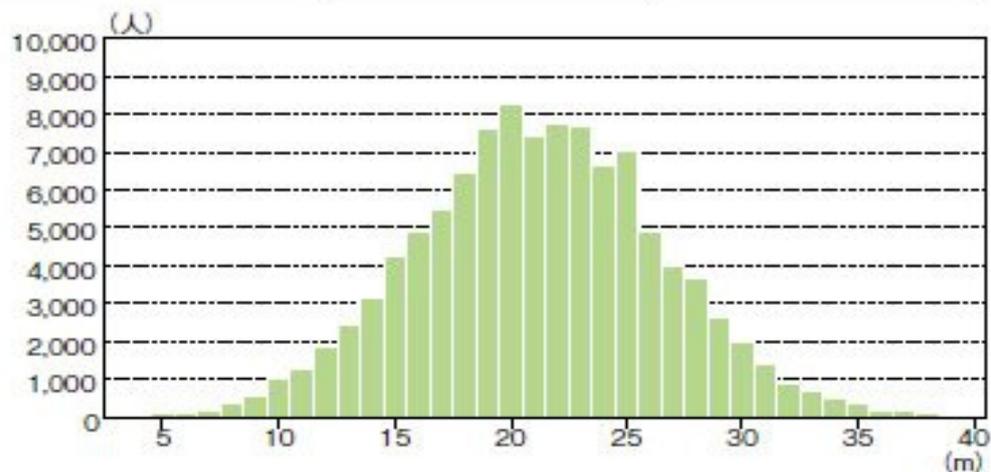


# 中学校 ボール投げ

## ハンドボール投げ

● 男子

生徒数	平均値	標準偏差
106,016人	21.18m	5.31



● 女子

生徒数	平均値	標準偏差
99,843人	13.20m	3.98

