

# 2014年度 森林統計学

第11回 7月1日 推定 (+第10回までの  
のまとめ)  
講義資料

高知大学農学部 森林科学コース主  
担当 鈴木保志

# 定理2(中心極限定理)

定理2.  $x$ が平均 $\mu$ 、標準偏差 $\sigma$ のある分布に従うとき、大きさ $n$ の無作為標本に基づく標本平均 $\bar{x}$ は、 $n$ が無限に大きくなるとき、平均 $\mu$ 、標準偏差 $\sigma/\sqrt{n}$ の正規分布に近づく。

- 要点:  $\bar{x}$ の分布は ( $n$ が大きければ正規分布に従い、)

①  $\bar{x} \doteq \mu$

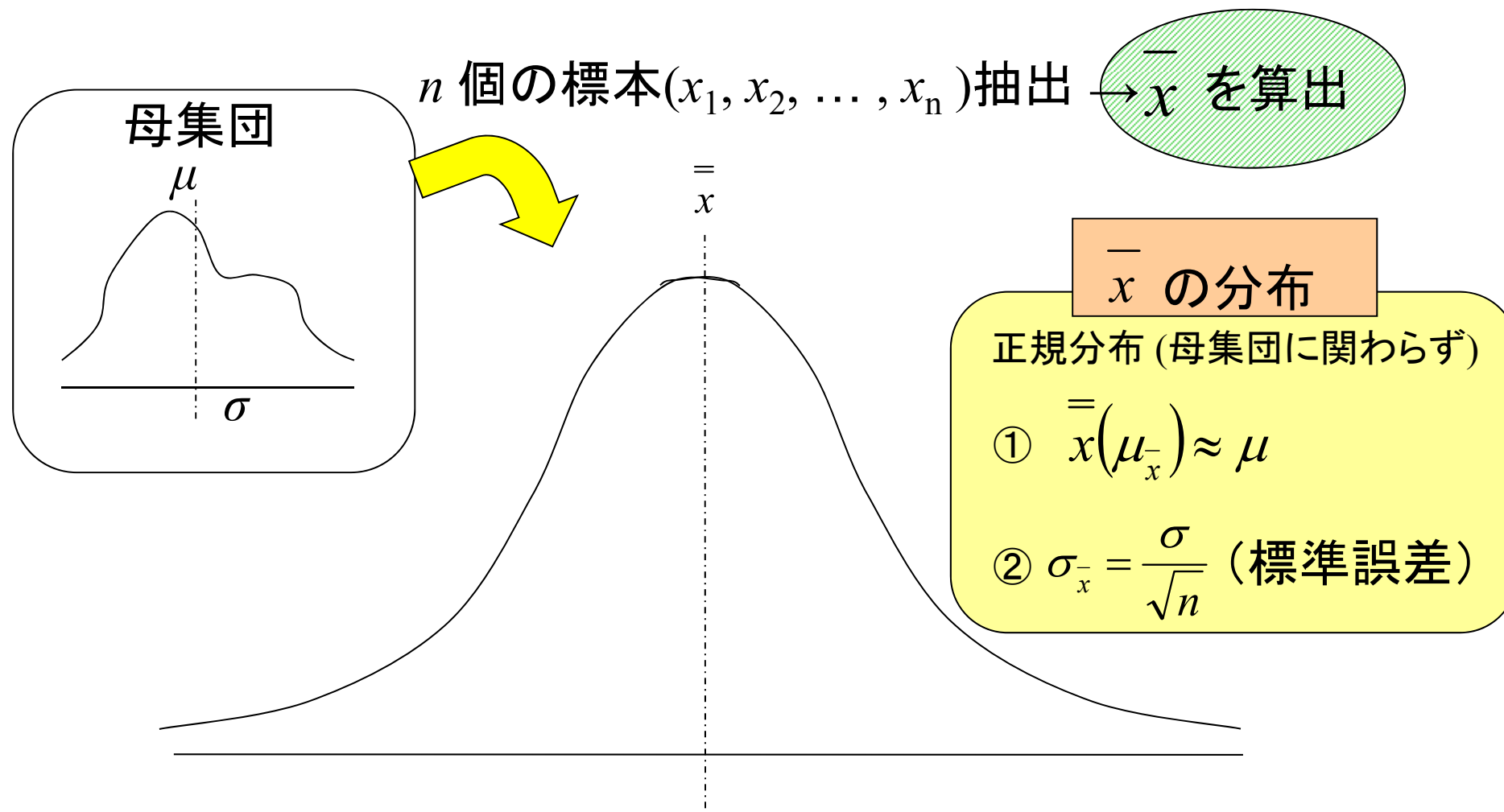
②  $s_{\bar{x}} \approx \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

となる

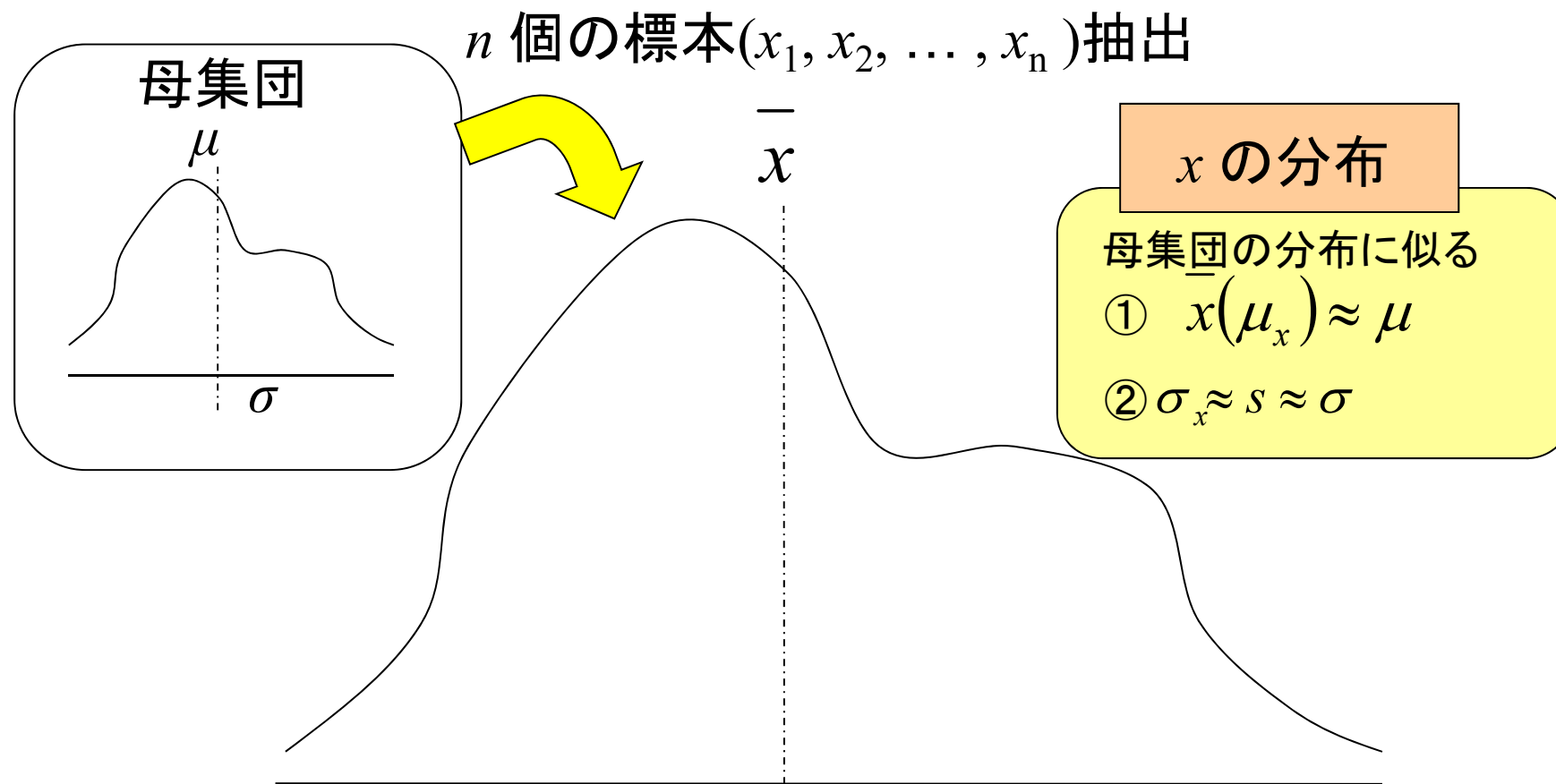
•  $n$ が大きくなるほど $\mu$ の推定精度が高くなる。

• 実は標本抽出の回数には関係ない(どの標本も同じ確度)

# 定理2 のイメージ

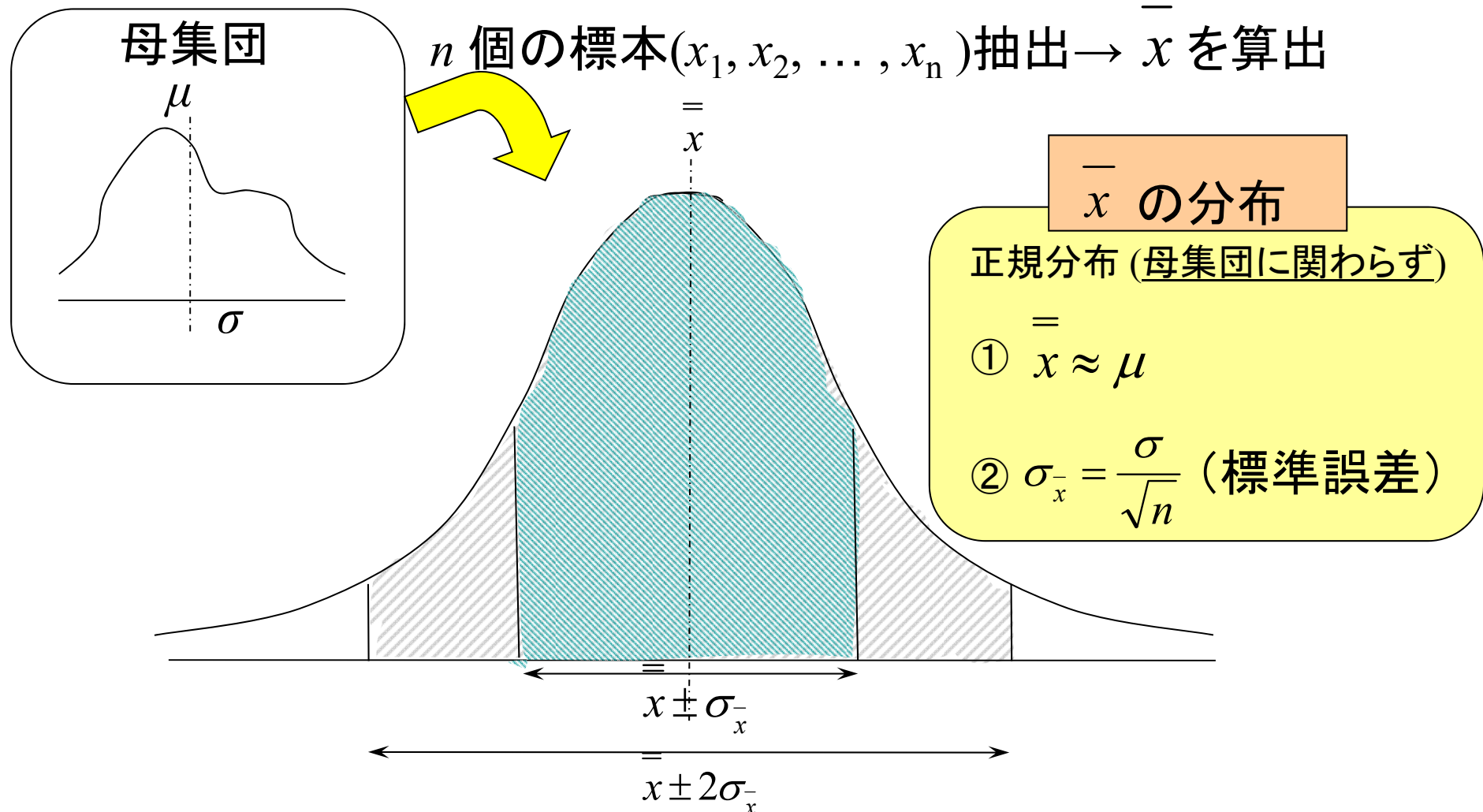


# 単なる $x$ の分布だと...



- 課題4 だと、抽出した標本で作ったヒストグラムがこれに相当する

# 定理2 のイメージ



- 正規分布なので、平均値  $\pm$  標準偏差に入る確率は正規分布表に従う  $\rightarrow$  推定に正規分布表を利用できる

# 推定の要点

- 母平均の信頼区間を求める

- 母平均の点推定値は標本平均 (信頼区間の中心)

$$\bar{x} \doteq \mu$$

- 信頼区間  $e$  は 標準誤差  $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  の  $z$  倍

$$\bar{x} \pm e \quad (e = z \cdot \sigma_{\bar{x}})$$

まとめて書くと

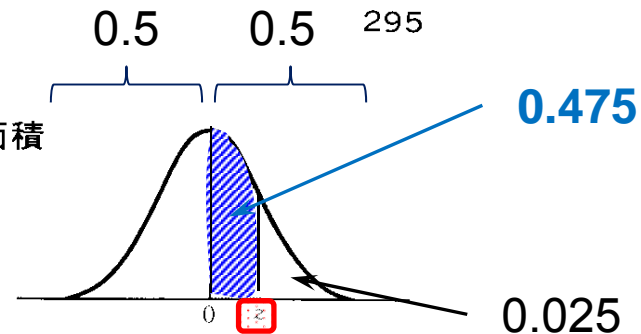
$$\bar{x} \pm z \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

- 標準誤差  $\sigma/\sqrt{n}$  は標本平均  $\bar{x}$  の標準偏差
    - $z$  は約2 (標準偏差の $\pm 2$ 倍の範囲内に約9割が入る)
      - 正確には信頼確率95%とすると  $z = 1.96$  (表IVから)


# 正規分布表の見方

表 IV 標準正規分布の面積

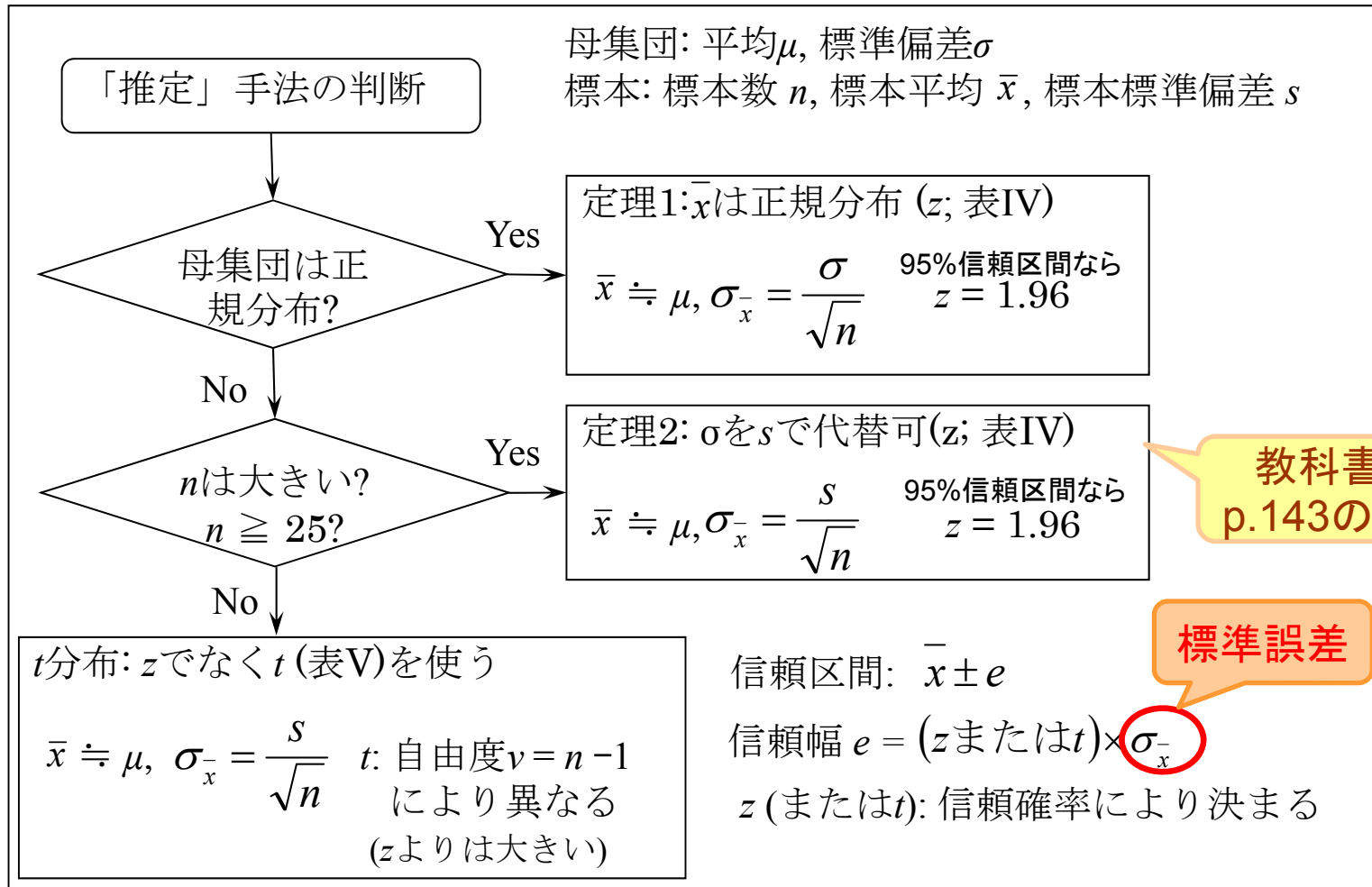
表の中の数字は  $z=0$  から  $z$  の正值までの曲線下の部分の面積である。  $z$  の負値に対する面積は対称性を利用して求めればよい。



z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.0000	.0040	.0080	.0120	.0160	.0199	.0239	.0279	.0319	.0359
0.1	.0398	.0438	.0478	.0517	.0557	.0596	.0636	.0675	.0714	.0753
0.2	.0793	.0832	.0871	.0910	.0948	.0987	.1026	.1064	.1103	.1141
0.3	.1179	.1217	.1255	.1293	.1331	.1368	.1406	.1443	.1480	.1517
0.4	.1554	.1591	.1628	.1664	.1700	.1736	.1772	.1808	.1844	.1879
0.5	.1915	.1950	.1985	.2019	.2054	.2088	.2123	.2157	.2190	.2224
0.6	.2257	.2291	.2324	.2357	.2389	.2422	.2454	.2486	.2517	.2549
0.7	.2580	.2611	.2642	.2673	.2703	.2734	.2764	.2794	.2823	.2852
0.8	.2881	.2910	.2939	.2967	.2995	.3023	.3051	.3078	.3106	.3133
0.9	.3159	.3186	.3212	.3238	.3264	.3289	.3315	.3340	.3365	.3389
1.0	.3413	.3438	.3461	.3485	.3508	.3531	.3554	.3577	.3599	.3621
1.1	.3643	.3665	.3686	.3708	.3729	.3749	.3770	.3790	.3810	.3830
1.2	.3849	.3869	.3888	.3907	.3925	.3944	.3962	.3980	.3997	.4015
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1.8	.4641	.4649	.4656	.4664	.4671	.4678	.4686	.4693	.4699	.4706
1.9	.4713	.4719	.4726	.4732	.4738	.4744	.4750	.4756	.4761	.4767
2.0	.4772	.4778	.4783	.4788	.4793	.4798	.4803	.4808	.4812	.4817
2.1	.4821	.4826	.4830	.4834	.4838	.4842	.4846	.4850	.4854	.4857

- 両側の棄却域が5%となる  $z$  は?
- 片側は2.5% (0.025)
- 正規分布は左右対称
-  の部分は  $0.5 - 0.025 = 0.475$
- $z$  は 1.96

# 信頼区間の推定手法



# 推定の要点

- 普通は、教科書p.150 例1. の(d)のパターン [推定フローチャートの一番下のパターン] が多い
  - 母平均 $\mu$ ・母標準偏差 $\sigma$ 不明で標本数も多くない
  - $\sigma$ を $s$  (標本標準偏差) で置きかえた定理2を適用
  - $z$  (正規分布) でなく  $t$  分布を使う

- 母平均の点推定値は標本平均

- 信頼区間は

$$\bar{x} \pm t \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

信頼幅  $e$

- $t$  は  $t$  分布表から求める (自由度 $\nu = n - 1$ )

「標本平均  $\bar{x} \pm$  信頼幅  $e$ 」という形式はこれまでと同じ

信頼幅に使う記号が  $z$  でなく  $t$  なのは正規分布でなく  $t$  分布を使うため

信頼幅  $e$  は 分布表からの値  $\times$  標準誤差  $(s / \sqrt{n})$  でやはり他の推定と同形式

# 例題 (p.150) で練習

- 車の燃費

- 母集団(これまでの車):  $\mu = 18.0, \sigma = 2.0$

- 標本(添加物実験):  $n = 25, \bar{x} = 18.5, s = 2.2$

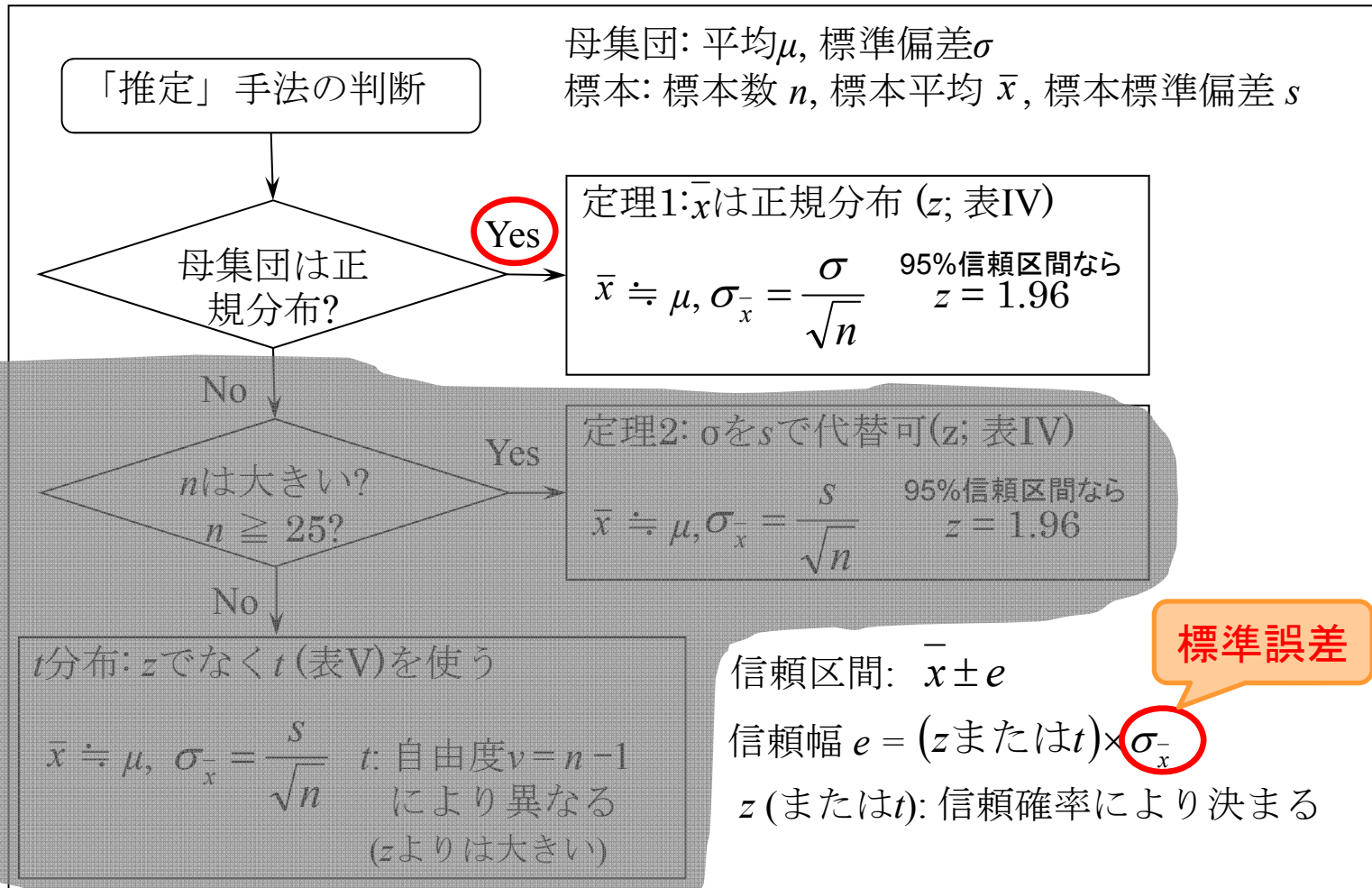
(a), (c)  $n = 25$  の標本平均の信頼区間は?

- 母集団から標本をとることを考えて区間推定

- その中に 18.5 が入っているなら添加物の効果はない

- 各自解いてみる (この間に課題4を回収)

# 信頼区間の推定手法



# 例題 (p.150) で練習

- 車の燃費

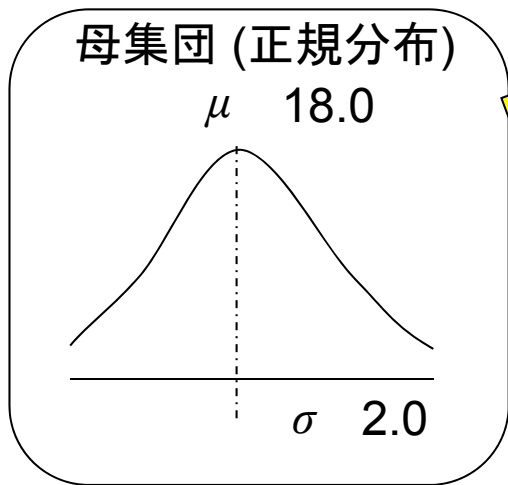
- 母集団(これまでの車):  $\mu = 18.0, \sigma = 2.0$

- 標本(添加物実験):  $n = 25, \bar{x} = 18.5, s = 2.2$

(a), (c)  $n = 25$  の標本平均の信頼区間は?

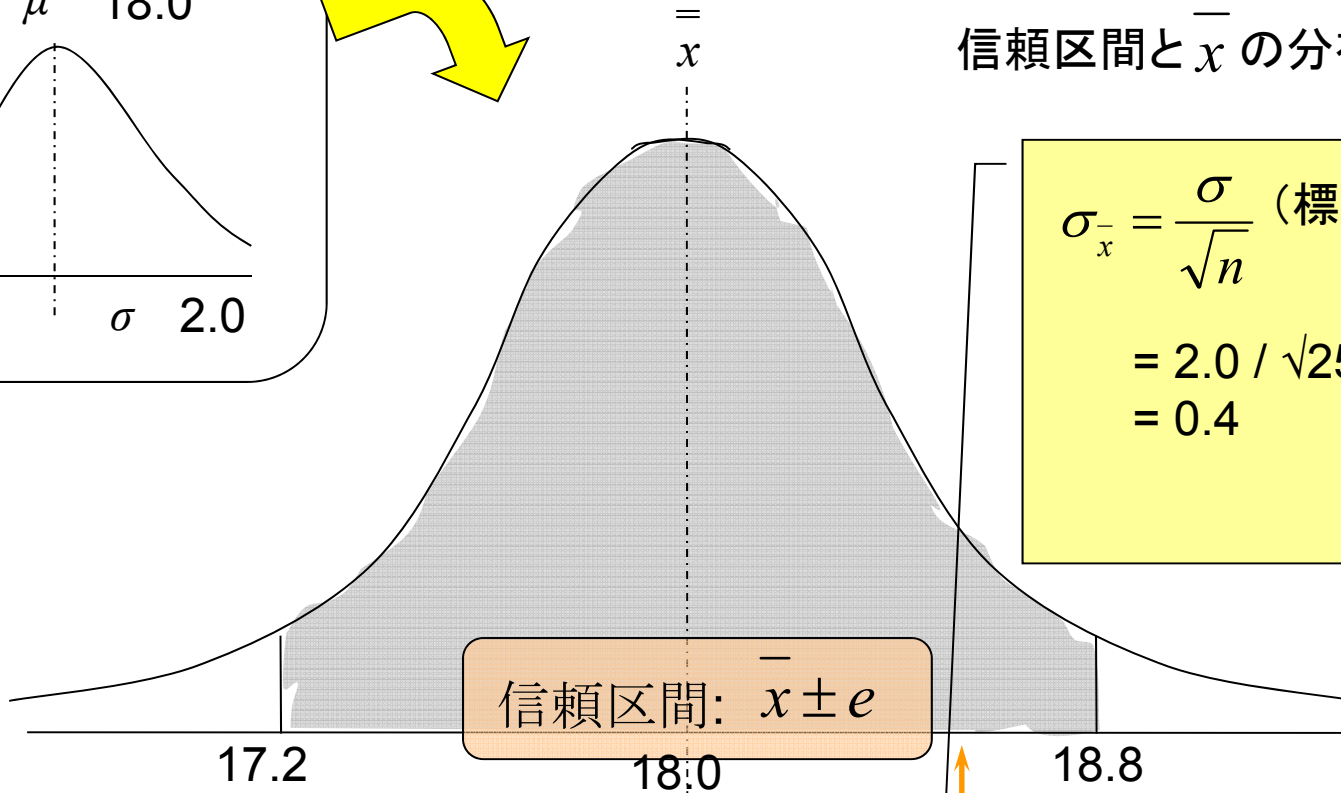
- 母集団から標本をとることを考えて区間推定

- その中に 18.5 が入っているなら添加物の効果はない



標本  $n = 25$

信頼区間と  $\bar{x}$  の分布



$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \text{ (標準誤差)}$$

$$= 2.0 / \sqrt{25}$$

$$= 0.4$$

信頼幅  $e = (z \text{ または } t) \times \sigma_{\bar{x}} = 1.96 \times 0.4 = 0.78$

信頼確率 0.95  $\rightarrow z = 1.96$

95%

標本の 18.5 はこの範囲内  
 $\therefore$  添加物の効果がなくても、よくあることといえる

# 例題 (p.150) で練習

- 車の燃費

- 母集団(これまでの車):  $\mu = 18.0, \sigma = 2.0$

- 標本(添加物実験):  $n = 25, \bar{x} = 18.5, s = 2.2$

(b) 信頼幅が0.5 (信頼区間が1.0) より狭くなるようにするには、 $n$  をいくつにすればよいか?

- 現状( $n = 25$ ) の信頼幅は0.78; もっと精度よく、添加物実験車の母平均( $\mu'$ )を推定したい

## (b) 信頼幅 $e < 0.5$ となる $n$ ?

- 信頼幅  $e$  が 0.5 以下になるためには...

$$e = z \cdot \sigma_x = z \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad e < z \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

- $e$  (0.5),  $\sigma$  (2.0),  $z$  (1.96) はわかっている、 $n$  が不明

$$n > \left( \frac{z \cdot \sigma}{e} \right)^2 \quad n > \left( \frac{1.96 \cdot 2.0}{0.5} \right)^2 = 61.5$$

- $n$  を 62以上にすればよい
  - 今  $n = 25$  なので、標本を37個追加すればよい

# 例題 (p.150) で練習

- 車の燃費

- 母集団(これまでの車):  $\mu = 18.0, \sigma = 2.0$

- 標本(添加物実験):  $n = 25, \bar{x} = 18.5, s = 2.2$

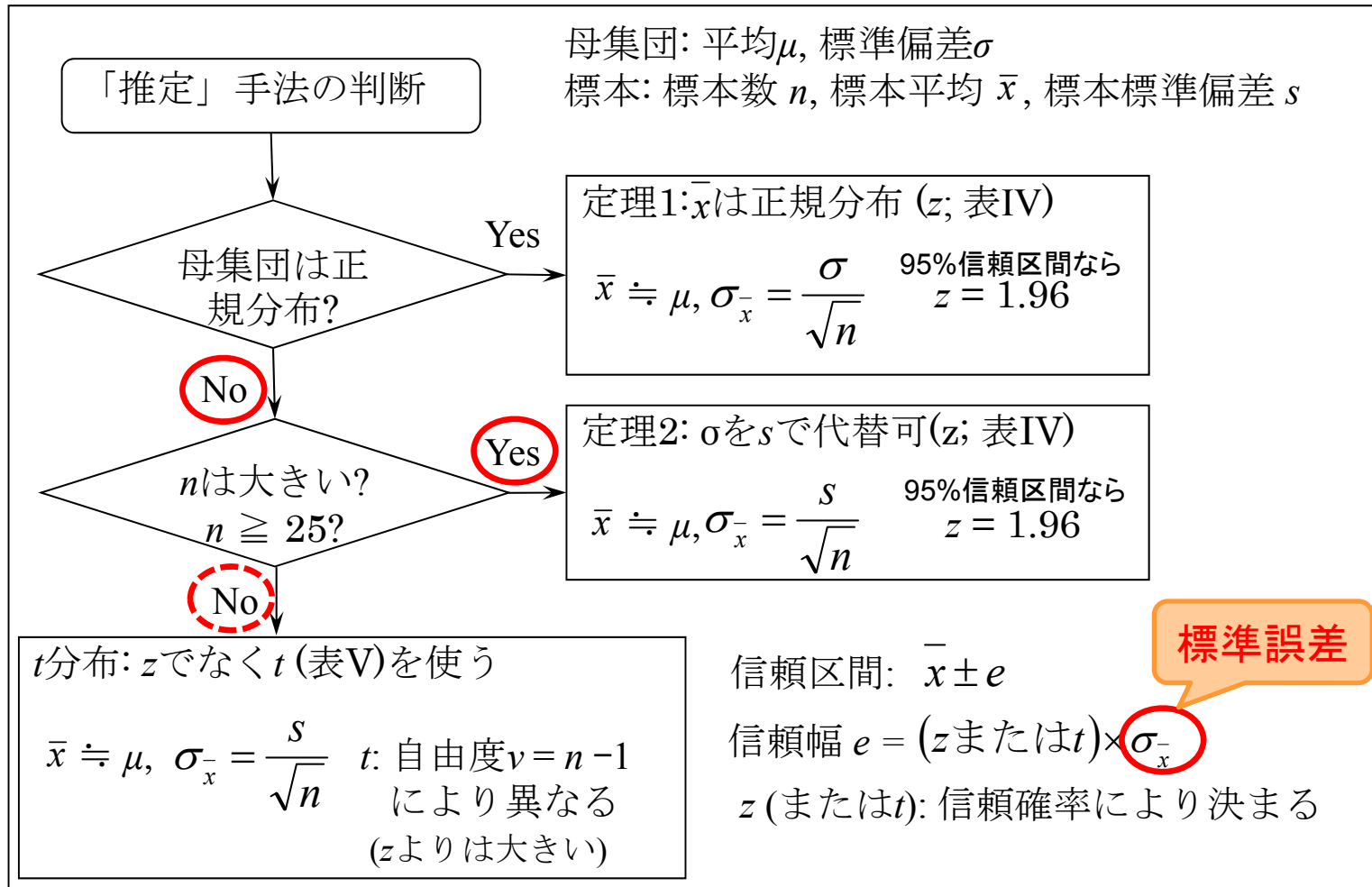
(d) 添加物実験車の母平均の信頼区間は?

- 添加物車はこれまでの車と違うとして、母集団の値は知らないものとして実験車の  $n, \bar{x}, s$  から  $\mu'$  を推定してみる

- その区間にこれまでの車の  $\mu$  がなければ、 $\mu$  と  $\mu'$  は異なるということになる

- $n = 25$  だが小標本法として  $t$  分布を使用する

# 信頼区間の推定手法



# 例題 (p.150) で練習

- 車の燃費

- 母集団(これまでの車):  $\mu = 18.0, \sigma = 2.0$

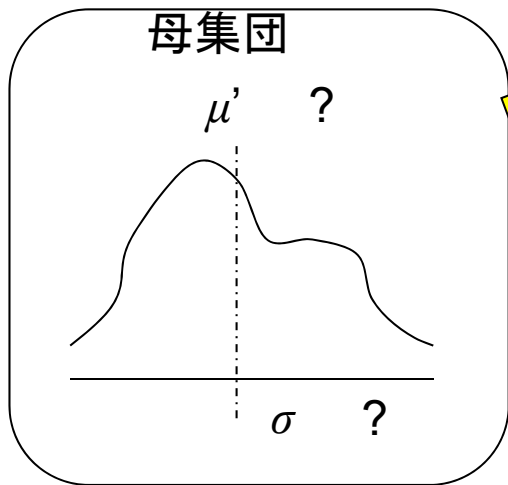
- 標本(添加物実験):  $n = 25, \bar{x} = 18.5, s = 2.2$

(d) 添加物実験車の母平均の信頼区間は?

- 添加物車はこれまでの車と違うとして、母集団の値は知らないものとして実験車の  $n, \bar{x}, s$  から  $\mu'$  を推定してみる

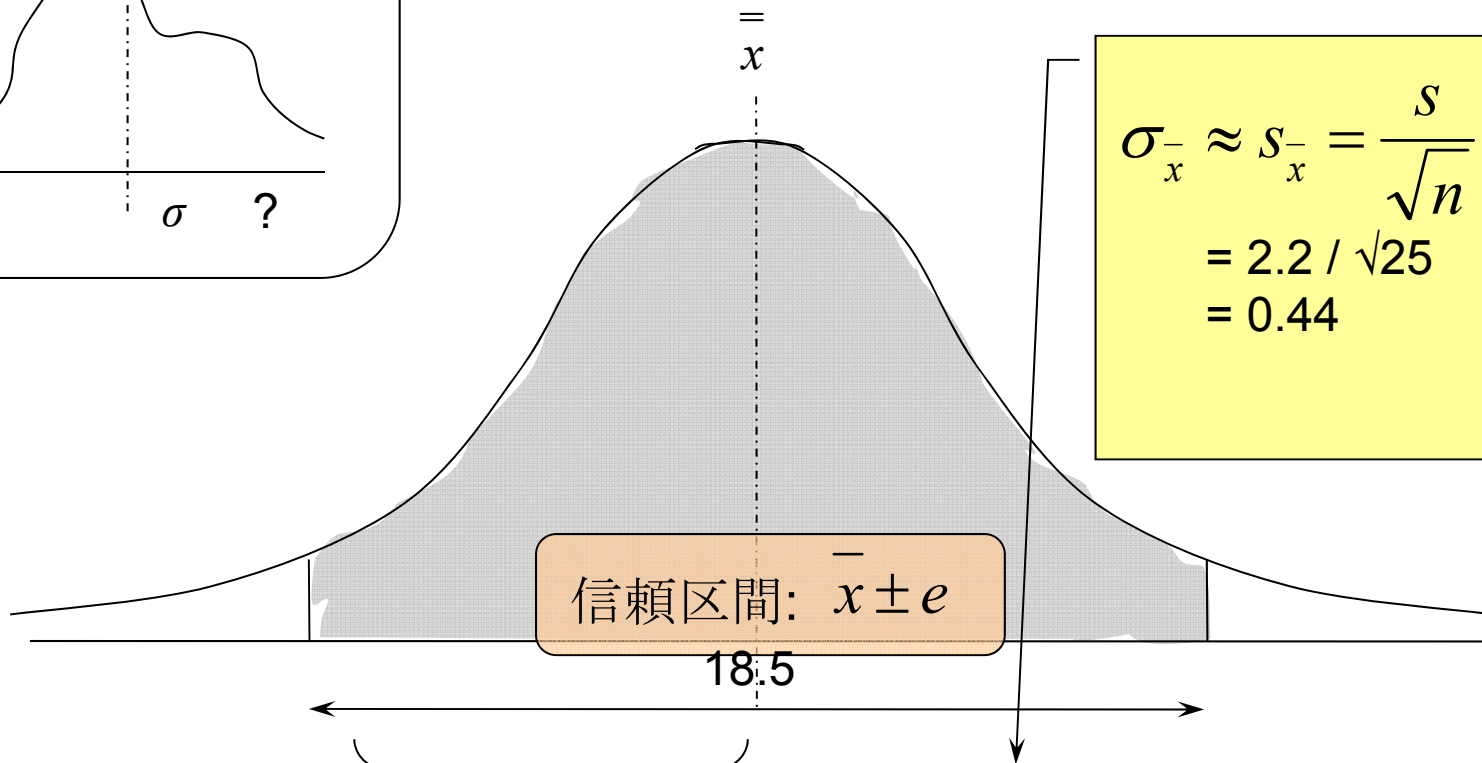
- その区間にこれまでの車の  $\mu$  がなければ、 $\mu$  と  $\mu'$  は異なるということになる

- $n = 25$  だが小標本法として  $t$  分布を使用する



標本  $n = 25, \bar{x} = 18.5, s = 2.2$

小標本法 ( $t$ 分布を使用)



$$\begin{aligned} \sigma_{\bar{x}} &\approx s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \\ &= 2.2 / \sqrt{25} \\ &= 0.44 \end{aligned}$$

信頼幅  $e = (z \text{ または } t) \times \sigma_{\bar{x}}$

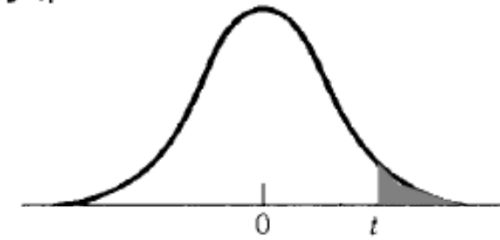
信頼確率 0.95  $\rightarrow t = 2.064$

自由度  $\nu = 25 - 1 = 24$

危険率  $P = (1 - \text{信頼率}) / 2$   
 信頼率: 0.95

表 V スチューデントの  $t$  分布

表側の数字は自由度 ( $\nu$ ) を表わす、表頭の数字は  $t$  が表の中の数値を超える確率 ( $P$ ) を表わす。負の  $t$  の値に対しては分布の対称性を利用すればよい。

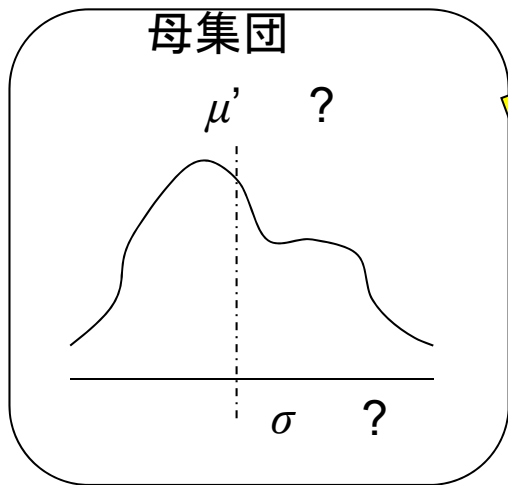


$P \backslash \nu$	.10	.05	.025	.01	.005
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771

自由度  $\nu$ (ニュー) は  $n - 1$

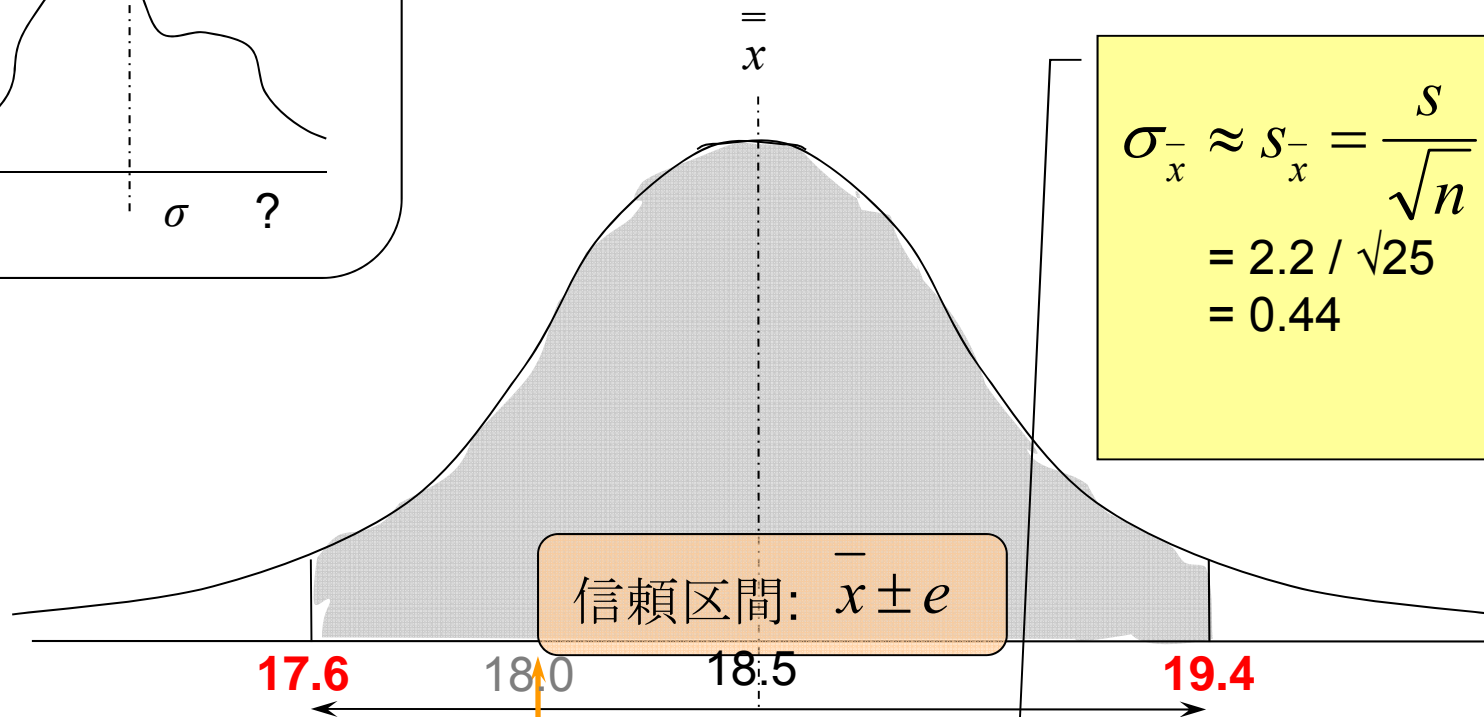
24

2.064



標本  $n = 25, \bar{x} = 18.5, s = 2.2$

小標本法 ( $t$ 分布を使用)



$$\sigma_{\bar{x}} \approx s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$= 2.2 / \sqrt{25}$$

$$= 0.44$$

信頼幅  $e = (z \text{ または } t) \times \sigma_{\bar{x}} = 2.06 \times 0.44 = 0.90$

信頼確率 0.95  $\rightarrow t = 2.0639$

自由度  $\nu = 25 - 1 = 24$

無添加母集団の  $\mu = 18.0$  はこの範囲内  
 $\therefore$  添加物の効果がなくても、よくあることといえる

# 第7章の問題の推奨問題

- 2節(母平均  $\mu$  の推定): 1., 3., 4.
- 3節(大標本法 –  $\sigma$  の不偏推定値  $s$  の利用): 9., 12., 13.
- 5節(小標本法 –  $t$  分布): 25, 26, 28., 29.
  - 問題25: 小標本法による推定(標準的問題)
  - 問題26: 大標本法と小標本法の比較
    - 小標本法( $t$  分布)は精度が低くなる(信頼区間の幅が広がる)ので、可能ならば  $n$  を大きくして大標本法(正規分布)が使えるようにしたほうがよい
- 一般問題: 30.