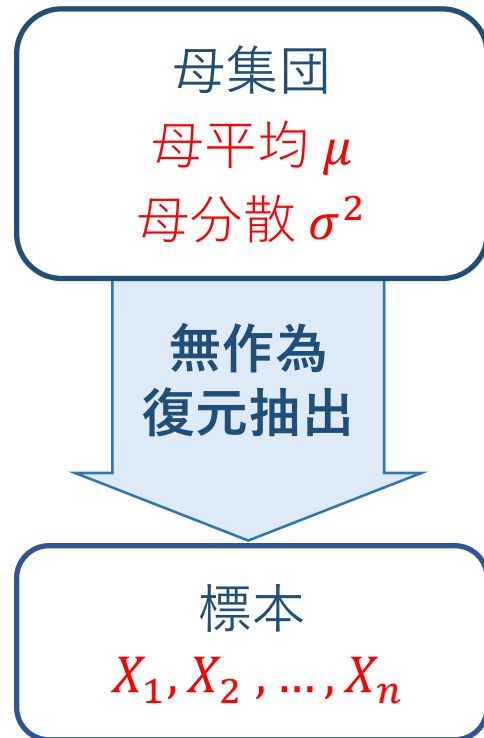


Lecture 8

区間推定

母平均の点推定 (復習)



母平均 μ の点推定量として

標本平均 $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k$

が最も基本的である

理由

(1) [不偏性] $E[\bar{X}] = \mu$

(2) [一致性] $P\left(\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{X} = \mu\right) = 1$

大数の法則

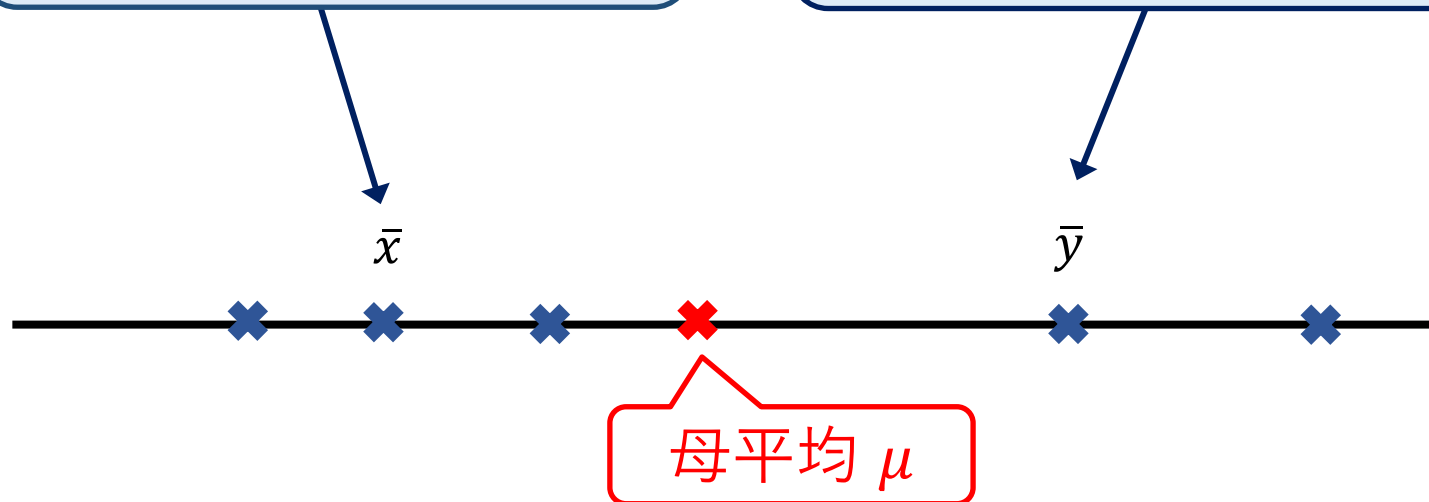
点推定の問題点

標本平均

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k$$

sample 1:
 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \rightarrow \bar{x}$

sample 2:
 $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n \rightarrow \bar{y}$

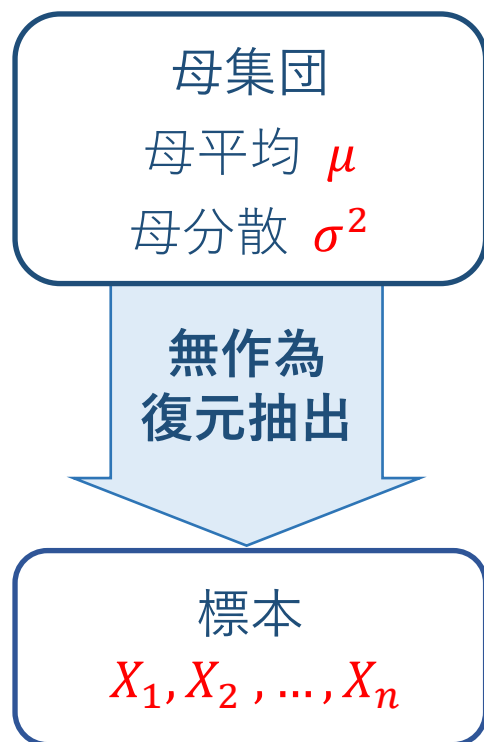


1回の標本調査で得られる標本平均 $\bar{x}$ が
母平均 μ に近いかどうか全く不明である.

信頼性の問題

※ 得られた標本平均と母平均の差を確率的に評価

標本平均の分布（復習）



標本平均 $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k$

基本：標本平均の分布は

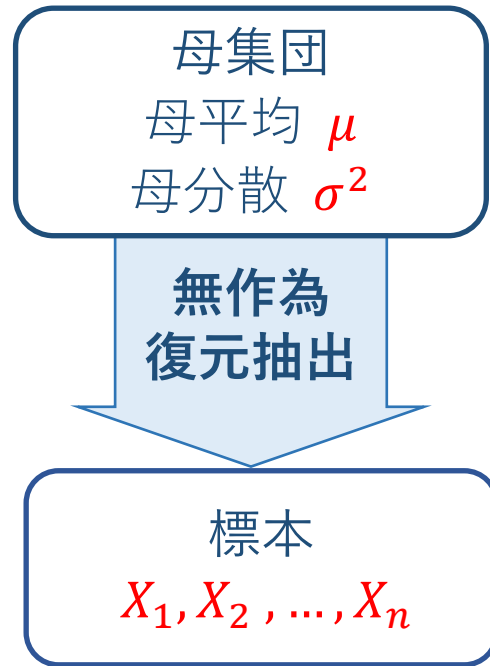
$$\bar{X} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right)$$

- (1) 正規母集団なら厳密に成り立つ.
- (2) 一般の母集団なら, n が大きいとき近似的に成り立つ.

以降, 標準化して扱う

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0,1)$$

母平均の区間推定

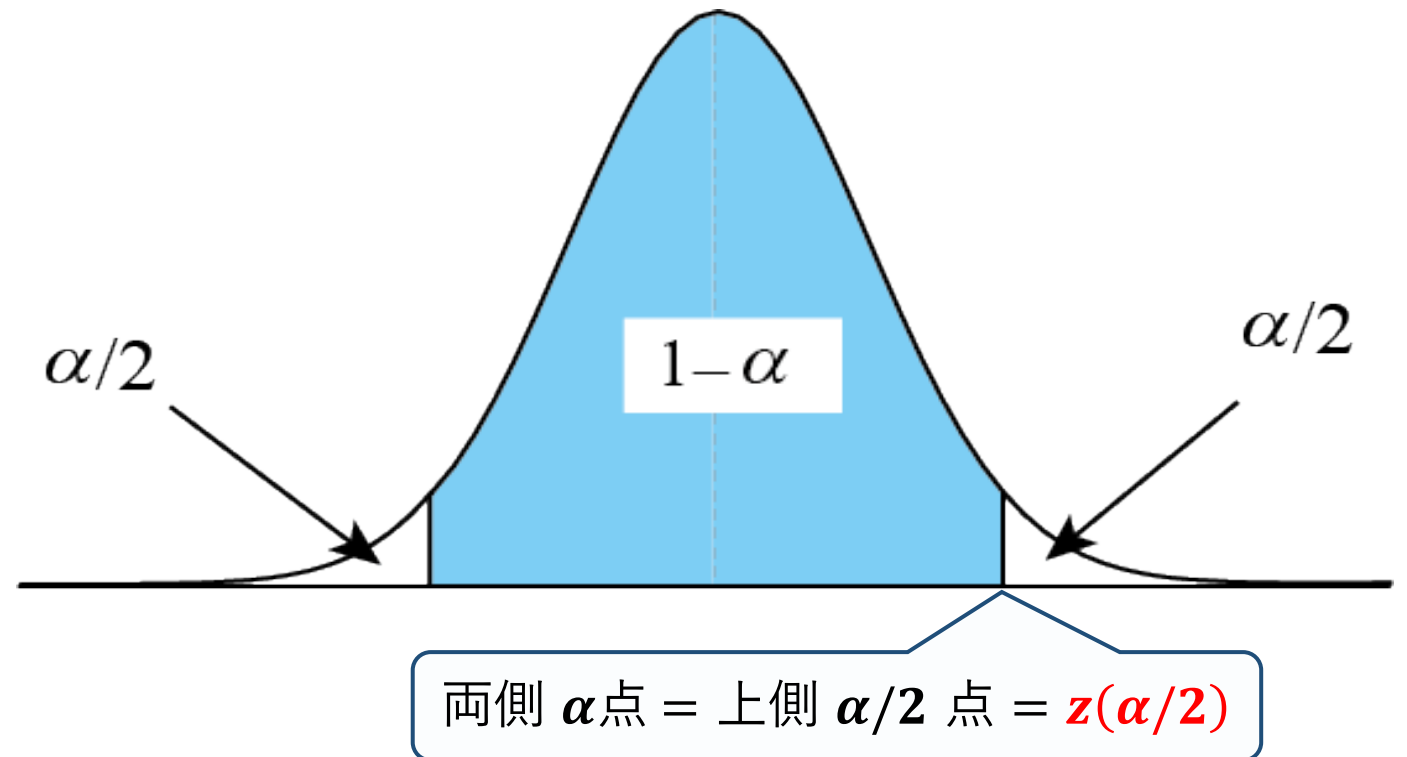


標本平均 $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k$

標準化 $Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0,1)$

$Z \sim N(0,1)$ の意味

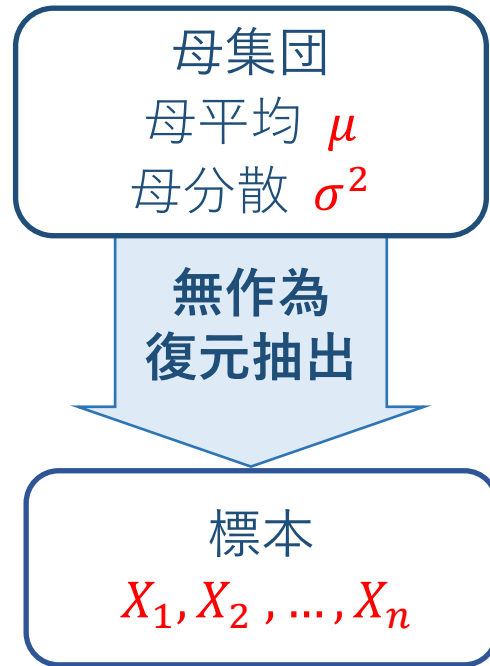
$$0 < \alpha < 1$$



$$P(|Z| \leq z(\alpha/2)) = 1 - \alpha$$

※ 文献によっては
 $z(\alpha)$ = 両側 α 点

母平均の区間推定



標本平均 $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k$

標準化 $Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0,1)$

$P(|Z| \leq z(\alpha/2)) = 1 - \alpha$ を変形する

$$|Z| \leq z(\alpha/2)$$

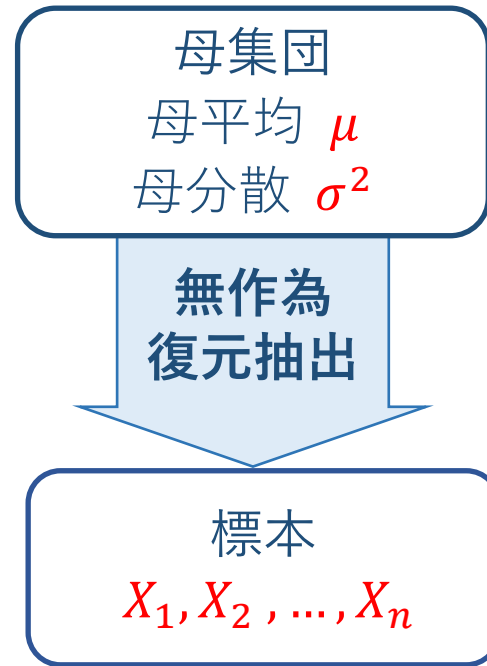
$$\Leftrightarrow -z(\alpha/2) \leq \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \leq z(\alpha/2)$$

$$\Leftrightarrow -z(\alpha/2) \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \bar{X} - \mu \leq z(\alpha/2) \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\Leftrightarrow \bar{X} - z(\alpha/2) \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + z(\alpha/2) \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

母平均 μ は区間 $\bar{X} \pm z(\alpha/2) \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ の中に
確率 $1 - \alpha$ で見つかる

母平均の区間推定



標本平均 $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k$

標準化 $Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0,1)$

母平均 μ は区間 $\bar{X} \pm z(\alpha/2) \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ の中に
確率 $1 - \alpha$ で見つかる

$$P\left(\bar{X} - z(\alpha/2) \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + z(\alpha/2) \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \alpha$$

定義：信頼区間

母平均 μ に対する信頼係数 $1 - \alpha$ の信頼区間

$$\bar{X} \pm z(\alpha/2) \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

例題 8.1

母分散が $\sigma^2 = 5^2$ である正規母集団から 10 個の無作為標本を抽出して標本平均 $\bar{x} = 12.8$ を得た. 母平均の 95% 信頼区間を求めよ.

例題 8.1

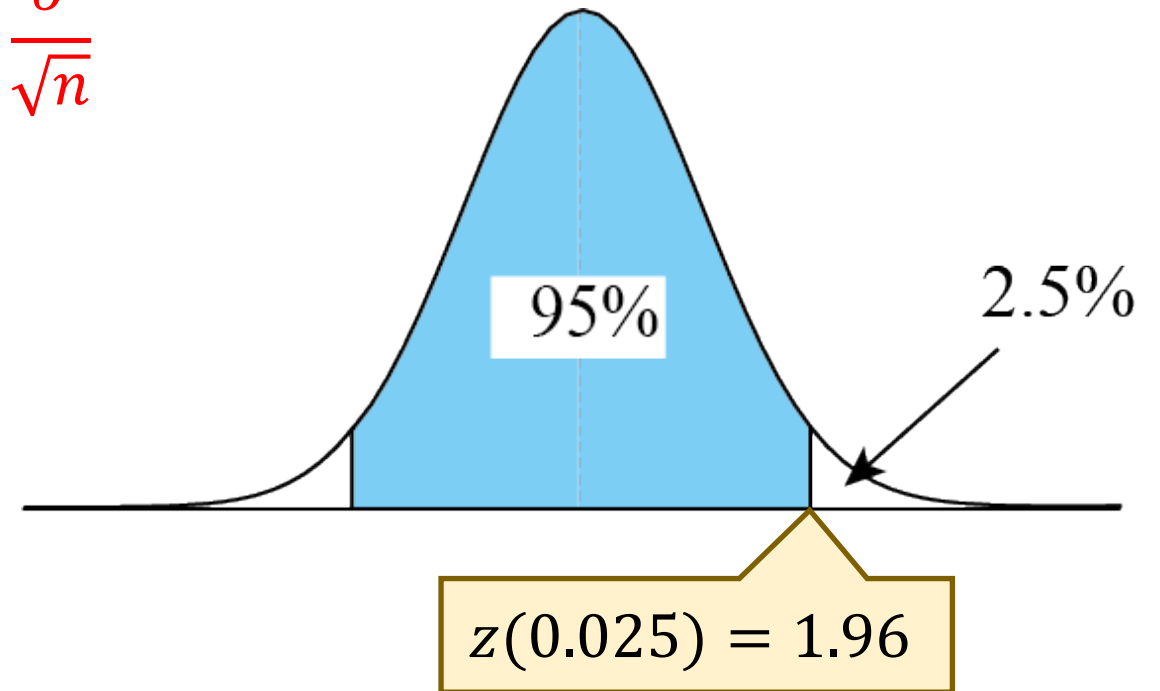
母分散が $\sigma^2 = 5^2$ である正規母集団から 10 個の無作為標本を抽出して標本平均 $\bar{x} = 12.8$ を得た. 母平均の 95% 信頼区間を求めよ.

信頼係数 $1 - \alpha$ の信頼区間は $\bar{X} \pm z(\alpha/2) \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

信頼係数 95% $\Rightarrow \alpha = 0.05$

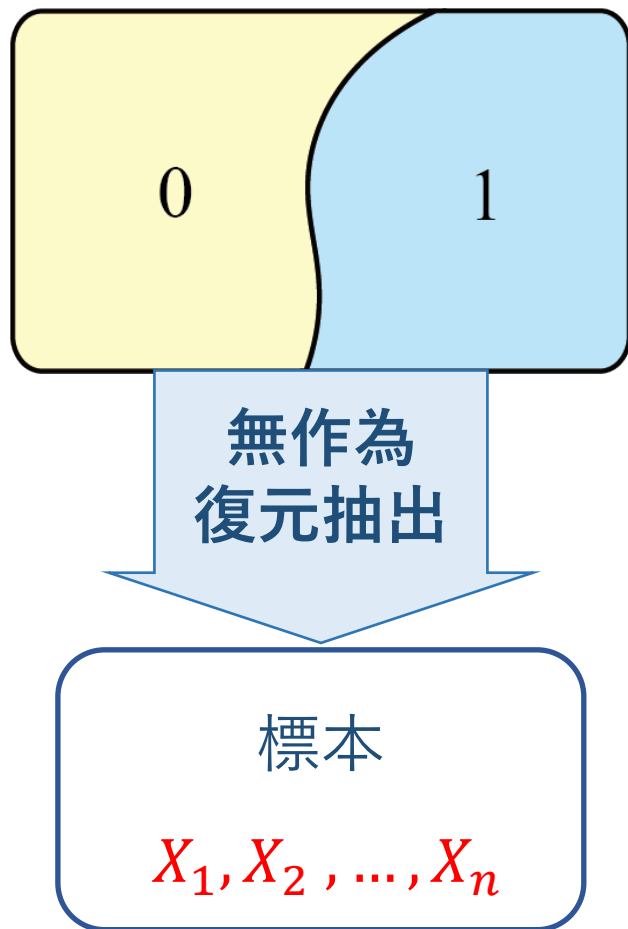
求めるべき信頼区間は

$$12.8 \pm 1.96 \times \frac{5}{\sqrt{10}} = 12.8 \pm 3.1$$



上側 2.5% 点 = 両側 5% 点

二項母集団の母比率の区間推定



➤ 二項母集団とは, 0 と 1 からなる母集団

➤ 1 の割合を母比率 p という

母集団分布について

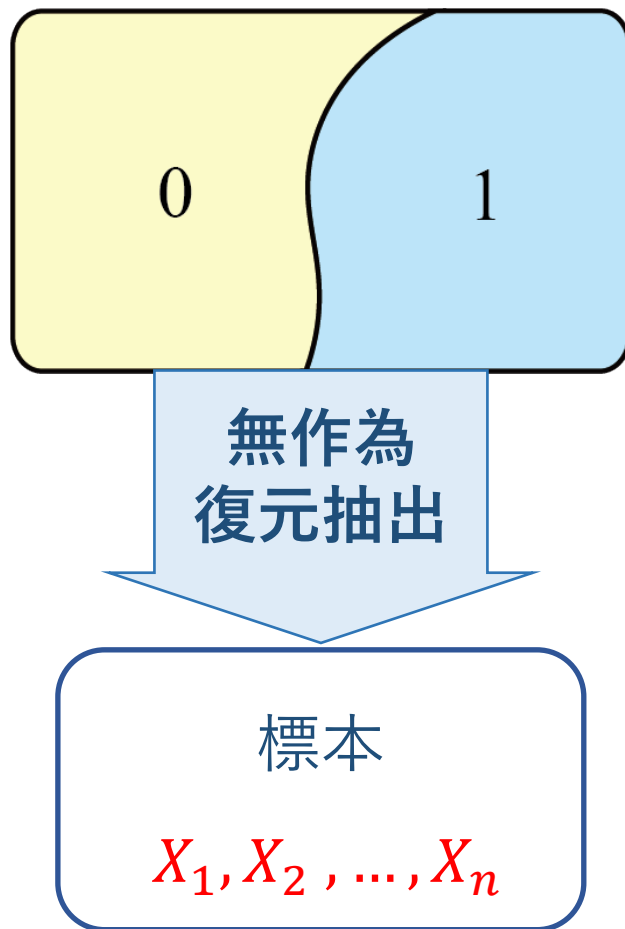
母平均 $\mu = p$

母分散 $\sigma^2 = p(1 - p)$

標本平均

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k = \hat{p} \quad \text{標本比率という}$$

二項母集団の母比率の区間推定



母平均 = 母比率 $\mu = p$

母分散 $\sigma^2 = p(1 - p)$

標本平均 = 標本比率 $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k = \hat{p}$

【一般論】 $\bar{X} \pm z(\alpha/2) \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

【大数の法則】 $\sigma^2 = p(1 - p) \approx \hat{p}(1 - \hat{p})$

母比率 p に対する信頼係数 $1 - \alpha$ の信頼区間

$$\hat{p} \pm z(\alpha/2) \sqrt{\frac{\hat{p}(1 - \hat{p})}{n}}$$

例題 8.2 (視聴率調査)

ビデオリサーチ社：関東地区（ドラマ）

順位	番組タイトル	放送局	視聴率
1	連続テレビ小説・なつぞら（4/10）	NHK総合	23.1 %
2	特捜9（4/10）	テレビ朝日	15.2 %
2	木曜ドラマ・緊急取調室（4/11）	テレビ朝日	15.2 %
4	ラジエーションハウス・放射線科の診断レポート（4/8）	フジテレビ	12.7 %
5	日曜プライム「ドラマスペシャル アガサ・クリスティ 予告殺人」（4/14）	テレビ朝日	11.5 %
6	金曜ドラマ・インハンド（4/12）	TBS	11.3 %
7	白衣の戦士！（4/10）	日本テレビ	10.3 %
8	緊急取調室（4/11）	テレビ朝日	9.9 %
9	いだてん～東京オリムピック噺～（4/14）	NHK総合	9.6 %
10	特捜9[再]（4/10）	テレビ朝日	9.5 %

※ 関東地区の視聴率調査は 600 世帯を対象にしている。

順位	番組タイトル	放送局	視聴率
1	連続テレビ小説・なつぞら (4/10)	NHK総合	23.1 %
2	特捜9 (4/10)	テレビ朝日	15.2 %
.			
9	いだてん～東京オリムピック噺～ (4/14)	NHK総合	9.6 %
10	特捜9[再] (4/10)	テレビ朝日	9.5 %

95%信頼区間

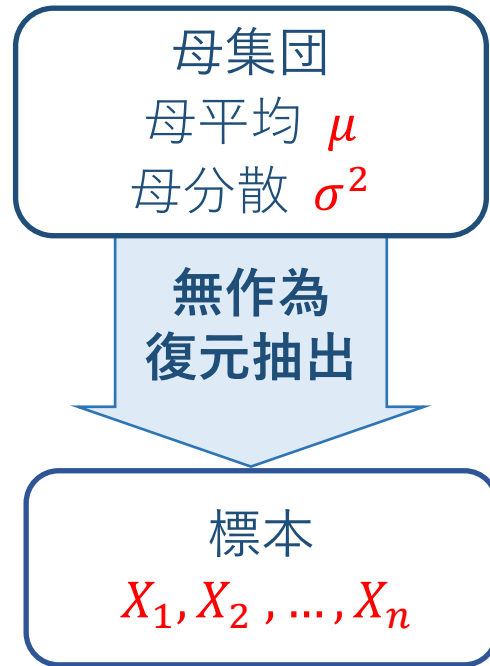
例

$$\hat{p} \pm z(\alpha/2) \sqrt{\frac{\hat{p}(1 - \hat{p})}{n}}$$

$$0.231 \pm 1.96 \times \sqrt{\frac{0.231(1 - 0.231)}{600}} = 0.231 \pm 0.034$$

$$0.095 \pm 1.96 \times \sqrt{\frac{0.095(1 - 0.095)}{600}} = 0.095 \pm 0.023$$

ここまでのまとめ



標本平均 $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k$

標準化 $Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0,1)$

信頼区間

母平均 μ に対する信頼係数 $1 - \alpha$ の信頼区間

$$\bar{X} \pm z(\alpha/2) \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

σ^2 が既知でないと使えない

二項母集団 $\sigma^2 = p(1 - p) \approx \hat{p}(1 - \hat{p})$

※ σ^2 が未知のとき, σ^2 も標本から推定する

⇒ 不偏分散を用いる $U^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X})^2$

定理 (t -変換) **重要**

$X_1, X_2, \dots, X_n$: 正規母集団 $N(\mu, \sigma^2)$ から取り出された n 個の無作為標本

$$\text{標本平均: } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k \quad \text{不偏分散: } U^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X})^2$$

このとき, $T = \frac{\bar{X} - \mu}{U/\sqrt{n}}$ は自由度 $n-1$ の t -分布 t_{n-1} に従う.

証明の流れ

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0,1), \quad Y = \frac{1}{\sigma^2} \sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X})^2 = \frac{(n-1)U^2}{\sigma^2} \sim \chi_{n-1}^2$$

Z と Y は独立なので, t -分布 t_{n-1} の定義から $\frac{Z}{\sqrt{\frac{Y}{n-1}}} \sim t_{n-1}$

$$\frac{Z}{\sqrt{\frac{Y}{n-1}}} = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \times \frac{\sigma}{U} = \frac{\bar{X} - \mu}{U/\sqrt{n}} \quad \text{なので} \quad \frac{\bar{X} - \mu}{U/\sqrt{n}} \sim t_{n-1}$$

t 分布

自由度 n の t_n - 分布の密度関数

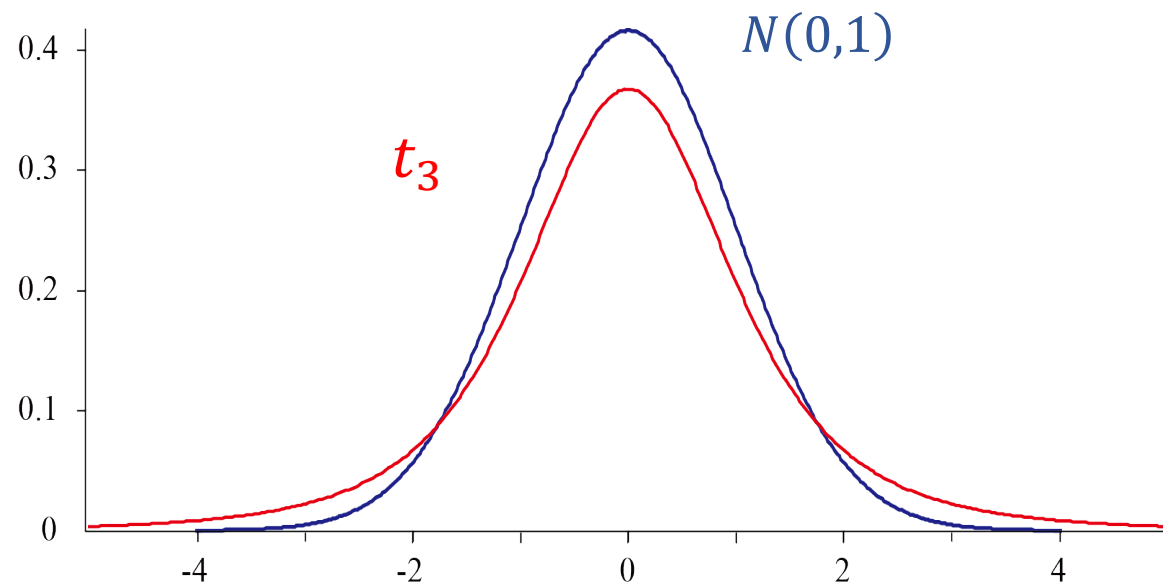
$$f(t) = \frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\sqrt{n\pi} \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \left(1 + \frac{t^2}{n}\right)^{-\frac{n+1}{2}}$$

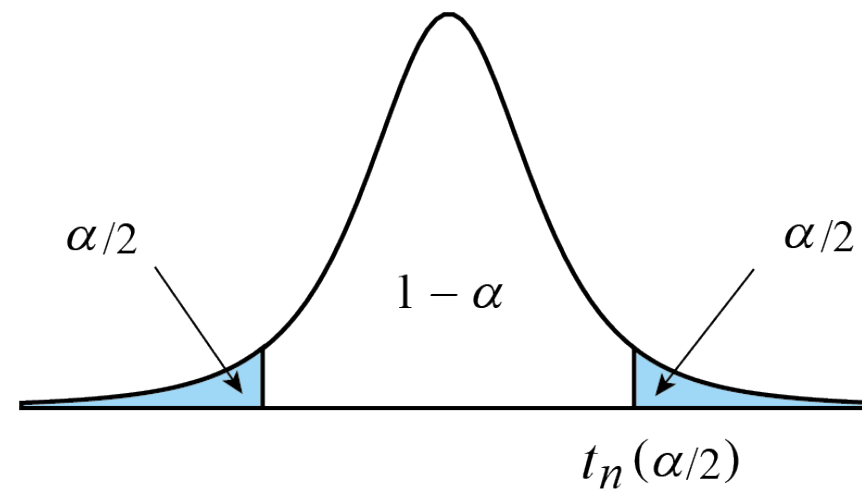
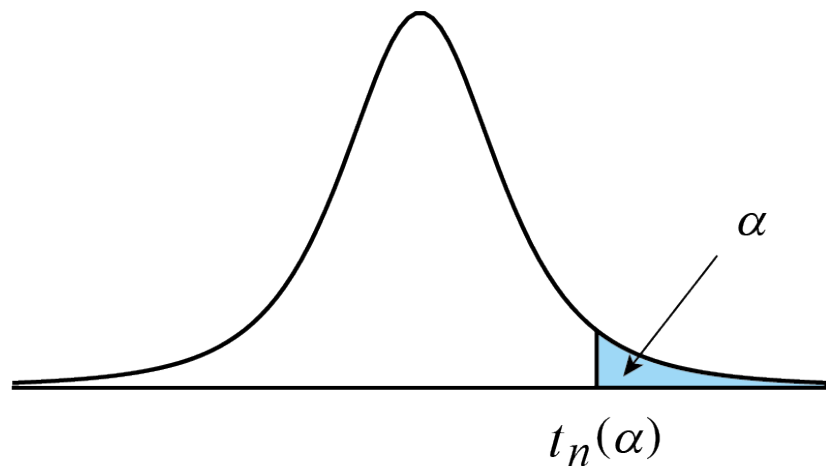
- $N(0,1)$ に比べて, すそ野が厚い.

- 自由度 $n \rightarrow \infty$ で t_n -分布は標準正規分布 $N(0,1)$ に一致する.

- 実用上, $n \geq 30$ で標準正規分布 $N(0,1)$ で代用.

- 確率変数 X, Y が独立であり, $X \sim N(0,1)$, $Y \sim \chi_n^2$ であれば, $T = \frac{X}{\sqrt{Y/n}} \sim t_n$



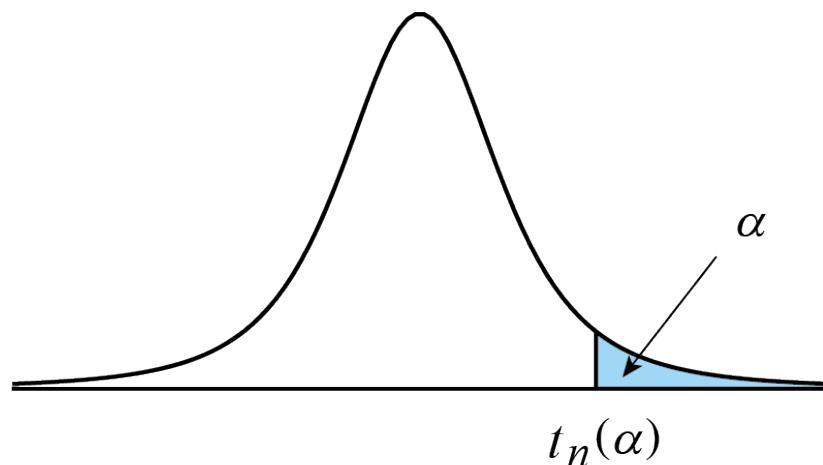
上側 α 点 $t_n(\alpha)$ 

※ 文献によっては $t_n(\alpha) =$ 両側 α 点

$$P(|T| \geq t_n(\alpha/2)) = \alpha$$

$$\Leftrightarrow P(|T| \leq t_n(\alpha/2)) = 1 - \alpha$$

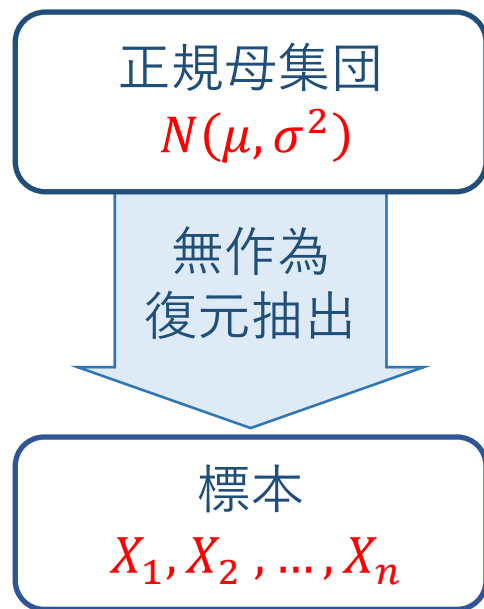
t 分布の上側 α 点



例

$$t_7(0.05) = 1.895$$

α n	0.250	0.200	0.150	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005	0.001
1	1.00000	1.37638	1.96261	3.07768	6.31375	12.70620	31.82052	63.65674	318.30884
2	0.81650	1.06066	1.38621	1.88562	2.91999	4.30265	6.96456	9.92484	22.32712
3	0.76489	0.97847	1.24978	1.63774	2.35336	3.18245	4.54070	5.84091	10.21453
4	0.74070	0.94096	1.18957	1.53321	2.13185	2.77645	3.74695	4.60409	7.17318
5	0.72669	0.91954	1.15577	1.47588	2.01505	2.57058	3.36493	4.03214	5.89343
6	0.71756	0.90570	1.13416	1.43976	1.94318	2.44691	3.14267	3.70743	5.20763
7	0.71114	0.89603	1.11916	1.41492	1.89458	2.36462	2.99795	3.49948	4.78529
8	0.70639	0.88889	1.10815	1.39682	1.85955	2.30600	2.89646	3.35539	4.50079
9	0.70272	0.88340	1.09972	1.38303	1.83311	2.26216	2.82144	3.24984	4.29681
10	0.69981	0.87906	1.09306	1.37218	1.81246	2.22814	2.76377	3.16927	4.14370
11	0.69745	0.87553	1.08767	1.36343	1.79588	2.20099	2.71808	3.10581	4.02470
12	0.69548	0.87261	1.08321	1.35622	1.78229	2.17881	2.68100	3.05454	3.92963
13	0.69383	0.87015	1.07947	1.35017	1.77093	2.16037	2.65031	3.01228	3.85198
14	0.69242	0.86805	1.07628	1.34503	1.76131	2.14479	2.62449	2.97684	3.78739
15	0.69120	0.86624	1.07353	1.34061	1.75305	2.13145	2.60248	2.94671	3.73283
16	0.69013	0.86467	1.07114	1.33676	1.74588	2.11991	2.58349	2.92078	3.68615
17	0.68920	0.86328	1.06903	1.33338	1.73961	2.10982	2.56693	2.89823	3.64577
18	0.68836	0.86205	1.06717	1.33039	1.73406	2.10092	2.55238	2.87844	3.61048
19	0.68762	0.86095	1.06551	1.32773	1.72913	2.09302	2.53948	2.86093	3.57940
20	0.68695	0.85996	1.06402	1.32534	1.72472	2.08596	2.52798	2.84534	3.55181
21	0.68635	0.85907	1.06267	1.32319	1.72074	2.07961	2.51765	2.83136	3.52715
22	0.68581	0.85827	1.06145	1.32124	1.71714	2.07387	2.50832	2.81876	3.50499
23	0.68531	0.85753	1.06034	1.31946	1.71387	2.06866	2.49987	2.80734	3.48496
24	0.68485	0.85686	1.05932	1.31784	1.71088	2.06390	2.49216	2.79694	3.46678
25	0.68443	0.85624	1.05838	1.31635	1.70814	2.05954	2.48511	2.78744	3.45019
26	0.68404	0.85567	1.05752	1.31497	1.70562	2.05553	2.47863	2.77871	3.43500
27	0.68368	0.85514	1.05673	1.31370	1.70329	2.05183	2.47266	2.77068	3.42103
28	0.68335	0.85465	1.05599	1.31253	1.70113	2.04841	2.46714	2.76326	3.40816
29	0.68304	0.85419	1.05530	1.31143	1.69913	2.04523	2.46202	2.75639	3.39624
30	0.68276	0.85377	1.05466	1.31042	1.69726	2.04227	2.45726	2.75000	3.38518
35	0.68156	0.85201	1.05202	1.30621	1.68957	2.03011	2.43772	2.72381	3.34005
40	0.68067	0.85070	1.05005	1.30308	1.68385	2.02108	2.42326	2.70446	3.30688
45	0.67998	0.84968	1.04852	1.30065	1.67943	2.01410	2.41212	2.68959	3.28148
50	0.67943	0.84887	1.04729	1.29871	1.67591	2.00856	2.40327	2.67779	3.26141
∞	0.67449	0.84162	1.03643	1.28155	1.64485	1.95996	2.32635	2.57583	3.09023



標本平均

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k$$

不偏分散

$$U^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X})^2$$

➤ 母分散 σ^2 が既知なら

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0,1)$$

が使えるが、未知なら σ^2 の代わりに U^2 で置き換えて、

$$T = \frac{\bar{X} - \mu}{U/\sqrt{n}} \sim t_{n-1}$$

自由度 $n-1$ の t -分布

正規母集団

$$N(\mu, \sigma^2)$$

無作為
復元抽出

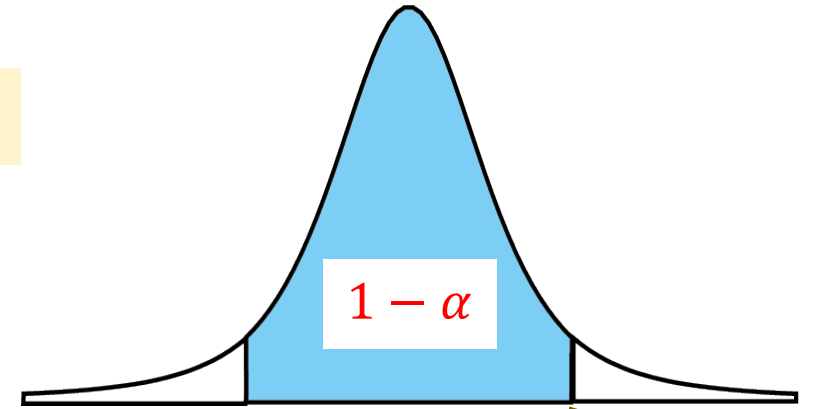
標本

$$X_1, X_2, \dots, X_n$$

標本平均

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k$$

$$T = \frac{\bar{X} - \mu}{U/\sqrt{n}} \sim t_{n-1}$$

自由度 $n-1$ の t -分布

$$P(|T| \leq t_{n-1}(\alpha/2)) = 1 - \alpha$$

上側 $\alpha/2$ 点 $= t_{n-1}(\alpha/2)$

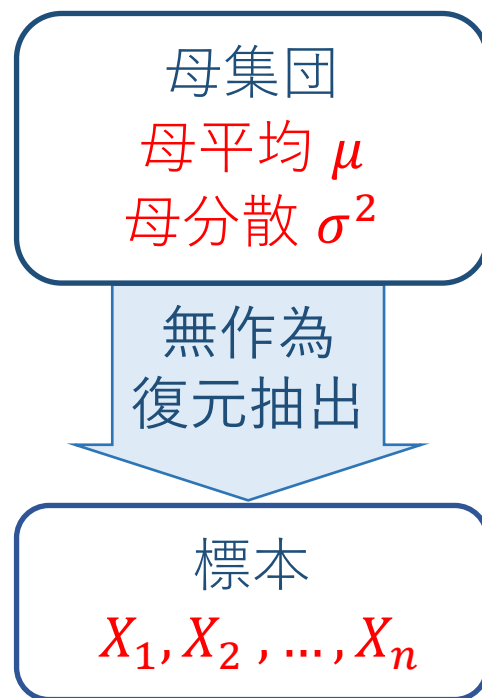
$$\bar{X} - t_{n-1}(\alpha/2) \frac{U}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{n-1}(\alpha/2) \frac{U}{\sqrt{n}}$$

信頼区間

母平均 μ に対する信頼係数 $1 - \alpha$ の信頼区間

$$\bar{X} \pm t_{n-1}(\alpha/2) \frac{U}{\sqrt{n}}$$

まとめ



$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k$$

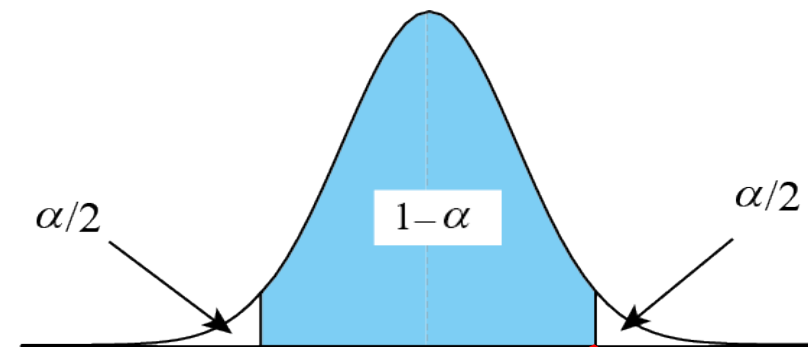
$$U^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X})^2$$

母平均 μ に対する 信頼係数 $1 - \alpha$ の信頼区間	
σ^2 が既知	σ^2 が未知
正規母集団または、 一般の母集団で n が大きい (二項母集団も可)	正規母集団
$\frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0,1)$	$\frac{\bar{X} - \mu}{U/\sqrt{n}} \sim t_{n-1}$
$\bar{X} \pm z(\alpha/2) \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	$\bar{X} \pm t_{n-1}(\alpha/2) \frac{U}{\sqrt{n}}$

信頼係数と信頼区間の幅

$$\bar{X} \pm z(\alpha/2) \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\bar{X} \pm t_{n-1}(\alpha/2) \frac{U}{\sqrt{n}}$$



上側 $\alpha/2$ 点
 $= z(\alpha/2)$ または $t_{n-1}(\alpha/2)$

信頼係数 $1 - \alpha$	0	小		大	1
α	1	大		小	0
信頼区間の幅	0	小		大	無限大 ∞

点推定

何も言わない

William Sealy Gosset (1876-1937)



VOLUME VI

MARCH, 1908

No. 1

BIOMETRIKA.

THE PROBABLE ERROR OF A MEAN.

By STUDENT.

Introduction.

ANY experiment may be regarded as forming an individual of a "population" of experiments which might be performed under the same conditions. A series of experiments is a sample drawn from this population.

Now any series of experiments is only of value in so far as it enables us to form a judgment as to the statistical constants of the population to which the experiments belong. In a great number of cases the question finally turns on the value of a mean, either directly, or as the mean difference between the two quantities.

If the number of experiments be very large, we may have precise information as to the value of the mean, but if our sample be small, we have two sources of uncertainty:—(1) owing to the "error of random sampling" the mean of our series of experiments deviates more or less widely from the mean of the population, and (2) the sample is not sufficiently large to determine what is the law of distribution of individuals. It is usual, however, to assume a normal distribution, because, in a very large number of cases, this gives an approximation so close that a small sample will give no real information as to the manner in which the population deviates from normality: since some law of distribution must be assumed it is

1899年 ギネスビール社

ダブリン醸造所に就職

1906-07年 カール・ピアソンに学ぶ

1908年 有名な論文

スチューデントの t 分布

1935年 新設のロンドン醸造所に転勤

- 小標本の問題を扱う
(フィッシャーが高く評価)
- 当時の主流「大標本主義」
(ゴルトン、ピアソンら)

例題 8.3

正規母集団から, 無作為標本を抽出して次のような 24 個のデータを得た.
母平均の 95% 信頼区間を求めよ.

35.9	43.9	51.2	35.3	36.7	49.4	39.5	59.6
43.8	32.9	36.0	43.0	41.9	44.6	47.2	56.2
45.6	47.7	38.1	51.8	42.3	46.6	35.5	32.4

例題 8.3 正規母集団から, 無作為標本を抽出して次のような 24 個のデータを得た.
母平均の 95% 信頼区間を求めよ.

35.9	43.9	51.2	35.3	36.7	49.4	39.5	59.6
43.8	32.9	36.0	43.0	41.9	44.6	47.2	56.2
45.6	47.7	38.1	51.8	42.3	46.6	35.5	32.4

信頼係数 $1 - \alpha$ の信頼区間 $\bar{X} \pm t_{n-1}(\alpha/2) \frac{U}{\sqrt{n}}$

$$\bar{x} = \frac{1}{24} \sum x_i = 43.19 \quad u^2 = \frac{1}{23} \sum (x_i - \bar{x})^2 = 54.231 = 7.36^2$$

95% 信頼区間 $43.19 \pm t_{23}(0.025) \times \frac{7.36}{\sqrt{24}} = 43.19 \pm 2.069 \times \frac{7.36}{\sqrt{24}} = 43.19 \pm 4.22$

例題 8.4

ある製品の検査の所要時間は正規分布に従うといわれている. 大きさ 10 の無作為標本について, 次のデータを得た. 母平均の 95 % 信頼区間と 90% 信頼区間を求めよ.

12.4 13.5 12.7 14.1 13.8 14.1 12.0 12.8 13.1 15.4

例題 8.4

ある製品の検査の所要時間は正規分布に従うといわれている. 大きさ 10 の無作為標本について, 次のデータを得た. 母平均の 95 % 信頼区間と 90% 信頼区間を求めよ.

12.4 13.5 12.7 14.1 13.8 14.1 12.0 12.8 13.1 15.4

$$\bar{x} = \frac{1}{10} \sum x_i = 13.39 \quad \sum (x_i - \bar{x})^2 = 9.049 \quad u^2 = \frac{1}{9} \sum (x_i - \bar{x})^2 = 1.0054 = 1.0027^2$$

信頼係数 $1 - \alpha$ の信頼区間は, $\bar{X} \pm t_{n-1}(\alpha/2) \frac{U}{\sqrt{n}}$

95 % 信頼区間

$$\bar{x} \pm t_9(0.025) \times \frac{1.0027}{\sqrt{10}} = 13.39 \pm 2.262 \times 0.317 = 13.39 \pm 0.717$$

90 % 信頼区間

$$\bar{x} \pm t_9(0.05) \times \frac{1.0027}{\sqrt{10}} = 13.39 \pm 1.833 \times 0.317 = 13.39 \pm 0.581$$

例題 8.5 世論調査により, ある候補者の支持率を信頼度 95% で推定したいとき, 信頼区間の幅が 0.05 以下になるようにするには標本数をいくらとらなければならないか.

例題 8.5 世論調査により, ある候補者の支持率を信頼度 95% で推定したいとき, 信頼区間の幅が 0.05 以下になるようにするには標本数をいくらとらなければならないか.

信頼係数 $1 - \alpha$ の信頼区間 $\hat{p} \pm z(\alpha/2) \sqrt{\frac{\hat{p}(1 - \hat{p})}{n}}$

95% 信頼区間のためには $z(0.025) = 1.96$

信頼区間の幅 $2z(\alpha/2) \sqrt{\frac{\hat{p}(1 - \hat{p})}{n}} = 2 \times 1.96 \sqrt{\frac{\hat{p}(1 - \hat{p})}{n}} \leq 0.05$

$0 \leq \hat{p} \leq 1$ なので, $\hat{p}(1 - \hat{p}) \leq \frac{1}{4}$

$2 \times 1.96 \sqrt{\frac{1/4}{n}} \leq 0.05$ を解いて $\sqrt{n} \geq \frac{1.96}{0.05}$ よって, $n \geq 1537$

Python を試してみる

➤ 信頼区間の意味

- ・ 正規母集団 $N(m, s^2)$ を扱う.
- ・ 大きさ n の標本によって, 母平均に対する信頼係数 $1 - \alpha$ の信頼区間を求める.

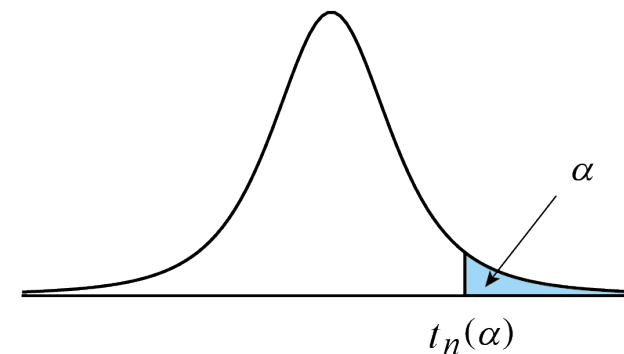
$$X_1, X_2, \dots, X_n \quad \Rightarrow \quad \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k \quad \Rightarrow \quad \bar{X} \pm z(\alpha/2) \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

[ConfidenceInterval - Jupyter Notebook.pdf](#)

➤ t -分布の計算

- ・ 分布関数 $F(x) = P(T \leq x)$
- ・ 上側 α 点 $P(T \geq t(\alpha)) = \alpha \quad \Longleftrightarrow \quad P(T \leq t(\alpha)) = 1 - \alpha$

[t Distribution - Jupyter Notebook.pdf](#)



Lecture 8

区間推定

おわり