九州大学 工学部地球環境工学科
船舶海洋システム工学コース

海事統計学　第11回　（担当:木村）

仮説検定（1）

授業の資料等は

http://sysplan.nams.kyushu-u.ac.jp/gen/index.html

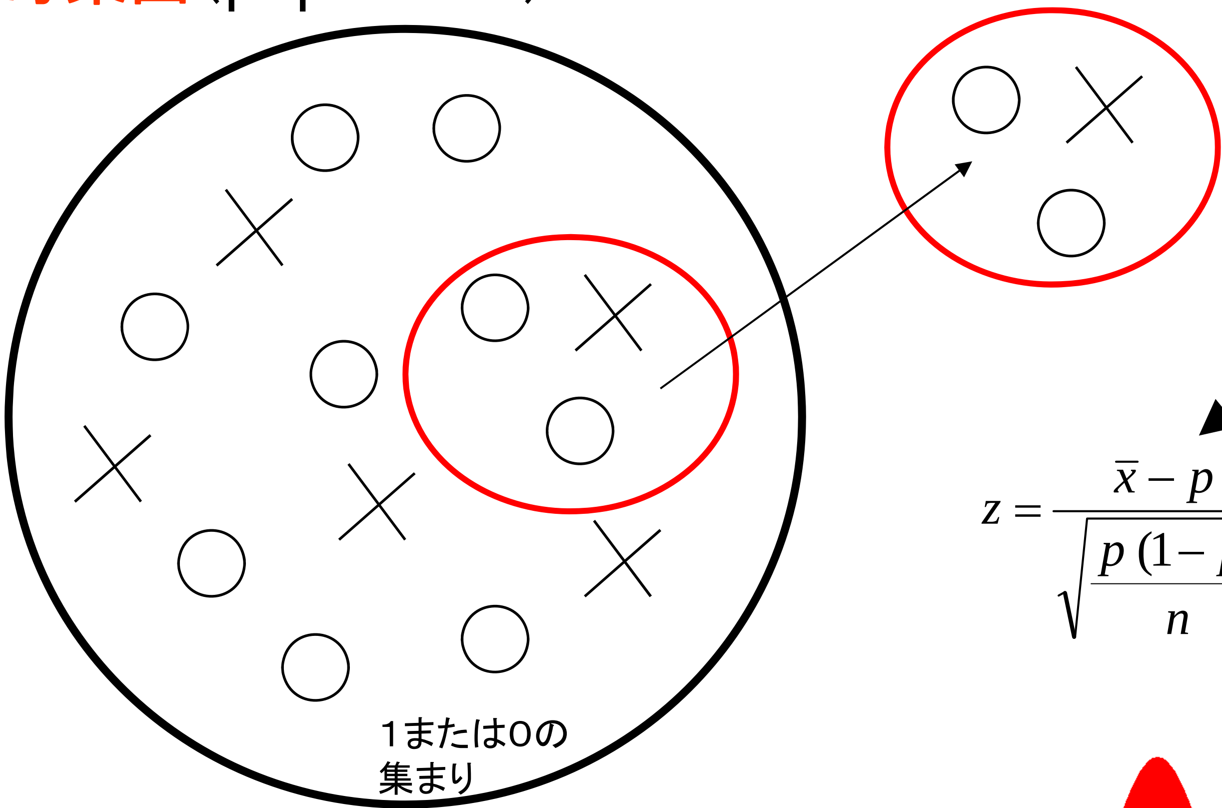
【復習】母比率の大標本

調べる対象となる全体の集団:
母集団(population)

標本(sample)
$x_1, x_2, \cdots, x_n$

確率ｐで1をとり、
それ以外では0を
とるような確率変数

x_i ベルヌイ分布
期待値 p
分散 $p(1-p)$



母数(母比率) p
集団中で1の占める割合

標本平均(標本比率)

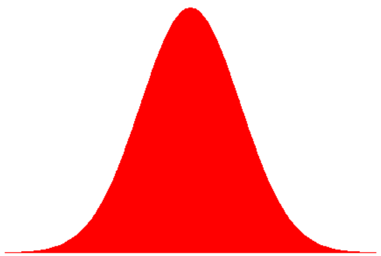
$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots, + x_n}{n}$$

標準化

$$z = \frac{\bar{x} - p}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}}$$

の分布は $N(0,1)$
(標準正規分布)

(ただしnは大きな数)



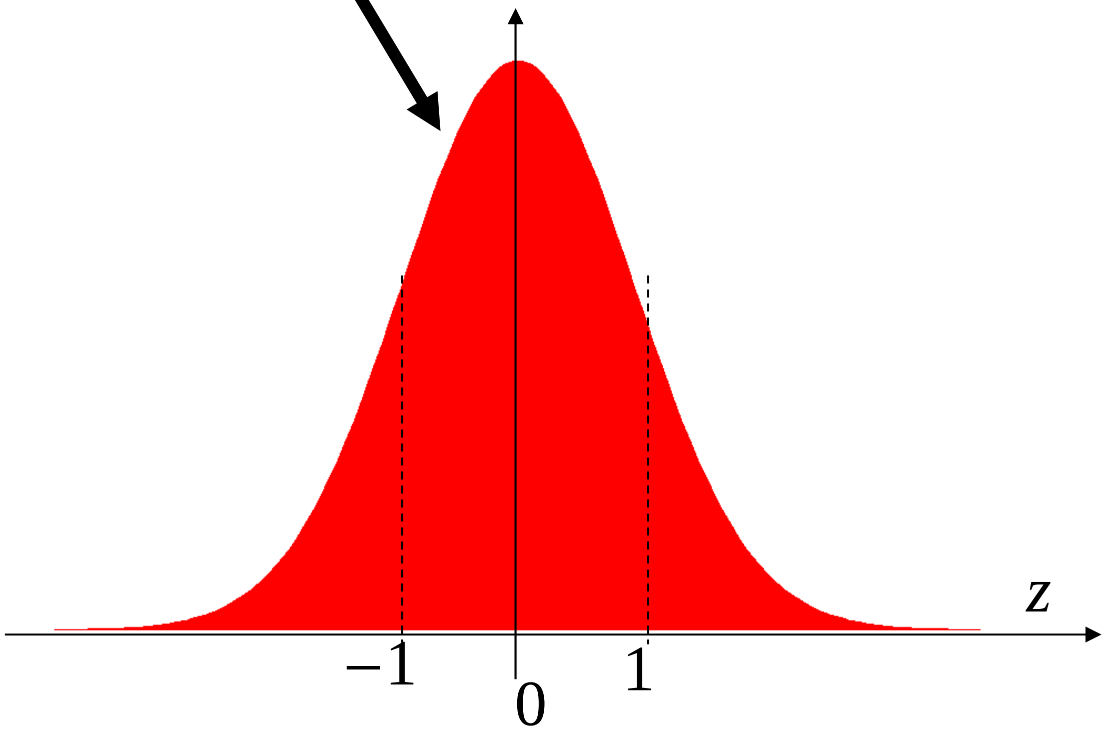
【問題】

ある工場で生産される製品の不良率は4%である。
ある日、製品から2400個を無作為に抽出して検査したところ、
120個が不良品であった。**製造工程に異常が生じたと判断すべきか？**

母比率 $p = 0.04$ で、

確率変数 $z = \dfrac{\bar{x} - p}{\sqrt{\dfrac{p(1-p)}{n}}}$ は

標準正規分布 $N(0,1)$ に従うはず



実際に得られた標本平均（標本比率）

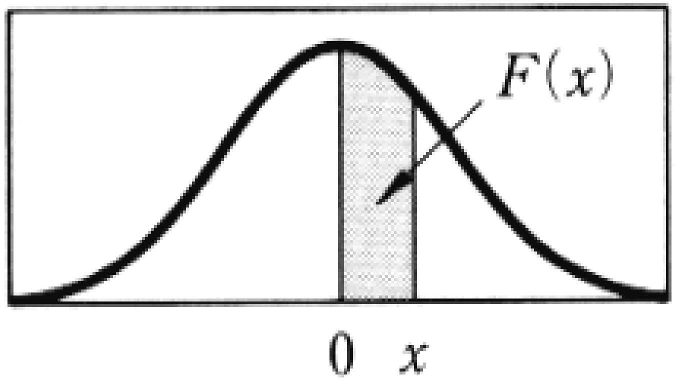
$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots, + x_n}{n} = \frac{120}{2400} = 0.05$$

代入

$$z = \frac{\bar{x} - p}{\sqrt{\dfrac{p(1-p)}{n}}}$$

$$= \frac{0.05 - 0.04}{\sqrt{\dfrac{0.04(1-0.04)}{2400}}} = \underline{2.5}$$

正規分布表



カゲの部分の確率 $F(x)$ を示す。

x	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.0000	.0040	.0080	.0120	.0160	.0199	.0239	.0279	.0319	.0359
.1	.0398	.0438	.0478	.0517	.0557	.0596	.0636	.0675	.0714	.0753
.2	.0793	.0832	.0871	.0910	.0948	.0987	.1026	.1064	.1103	.1141
.3	.1179	.1217	.1255	.1293	.1331	.1368	.1406	.1443	.1480	.1517
.4	.1554	.1591	.1628	.1664	.1700	.1736	.1772	.1808	.1844	.1879
.5	.1915	.1950	.1985	.2019	.2054	.2088	.2123	.2157	.2190	.2224
.6	.2257	.2291	.2324	.2357	.2389	.2422	.2454	.2486	.2517	.2549
.7	.2580	.2611	.2642	.2673	.2704	.2734	.2764	.2794	.2823	.2852
.8	.2881	.2910	.2939	.2967	.2995	.3023	.3051	.3078	.3106	.3133
.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
1.3	.4032	.4049	.4066	.4082	.4099	.4115	.4131	.4147	.4162	.4177
1.4	.4192	.4207	.4222	.4236	.4251	.4265	.4279	.4292	.4306	.4319
1.5	.4332	.4345	.4357	.4370	.4382	.4394	.4406	.4418	.4429	.4441
1.6	.4452	.4463	.4474	.4484	.4495	.4505	.4515	.4525	.4535	.4545
1.7	.4554	.4564	.4573	.4582	.4591	.4599	.4608	.4616	.4625	.4633
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
2.2	.4861	.4864	.4868	.4871	.4875	.4878	.4881	.4884	.4887	.4890
2.3	.4893	.4896	.4898	.4901	.4904	.4906	.4909	.4911	.4913	.4916
2.4	.4918	.4920	.4922	.4925	.4927	.4929	.4931	.4932	.4934	.4936
2.5	.4938	.4940	.4941	.4943	.4945	.4946	.4948	.4949	.4951	.4952
2.6	.4953	.4955	.4956	.4957	.4959	.4960	.4961	.4962	.4963	.4964
2.7	.4965	.4966	.4967	.4968	.4969	.4970	.4971	.4972	.4973	.4974
2.8	.4974	.4975	.4976	.4977	.4977	.4978	.4979	.4979	.4980	.4981
2.9	.4981	.4982	.4982	.4983	.4984	.4984	.4985	.4985	.4986	.4986
3.0	.4987	.4987	.4987	.4988	.4988	.4989	.4989	.4989	.4990	.4990
3.1	.4990	.4991	.4991	.4991	.4992	.4992	.4992	.4992	.4993	.4993
3.2	.4993	.4993	.4994	.4994	.4994	.4994	.4994	.4995	.4995	.4995
3.3	.4995	.4995	.4995	.4996	.4996	.4996	.4996	.4996	.4996	.4997
3.4	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4998

【問題】

ある工場で生産される製品の不良率は4%である。
ある日、製品から2400個を無作為に抽出して検査したところ、
120個が不良品であった。**製造工程に異常が生じたと判断すべきか？**

母比率　$p = 0.04$　で、

確率変数　$z = \dfrac{\bar{x} - p}{\sqrt{\dfrac{p\,(1-p)}{n}}}$　は

標準正規分布　$N(0,1)$　に従うはず

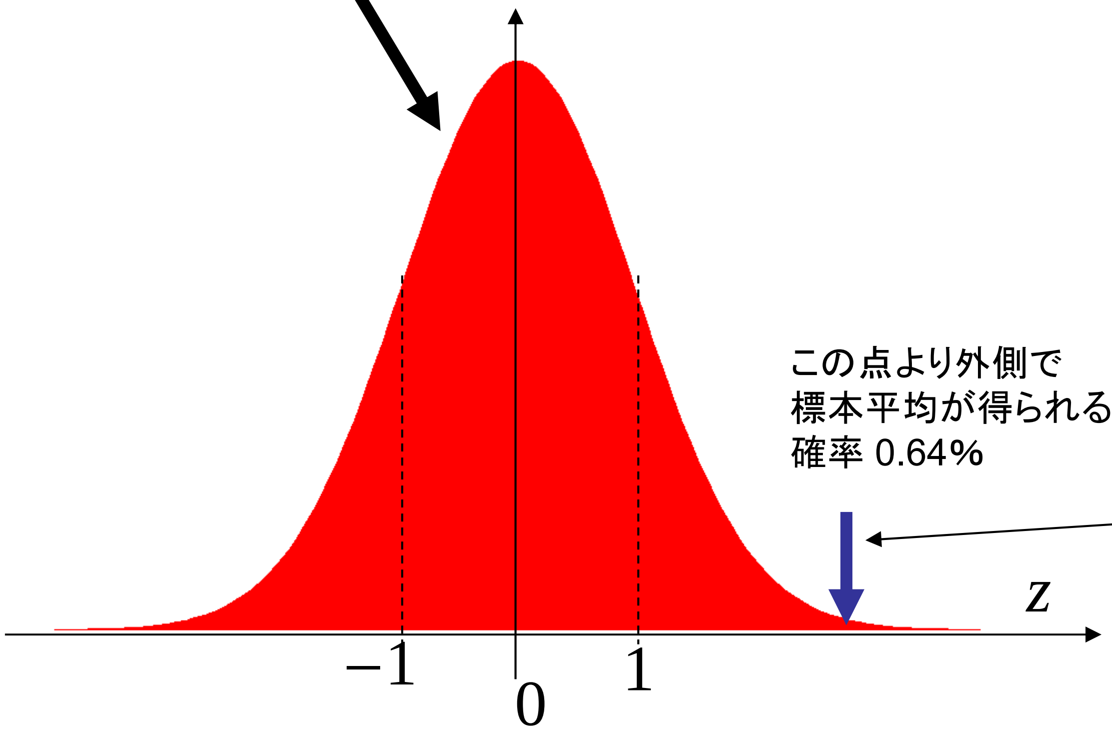
実際に得られた標本平均（標本比率）

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots, + x_n}{n} = \frac{120}{2400} = 0.05$$

代入

$$z = \frac{\bar{x} - p}{\sqrt{\dfrac{p\,(1-p)}{n}}}$$

$$= \frac{0.05 - 0.04}{\sqrt{\dfrac{0.04\,(1-0.04)}{2400}}} = 2.5$$



この点より外側で
標本平均が得られる
確率 0.64%

めったに起きない事象が起こった？

【問題】

ある工場で生産される製品の不良率は4%である。
ある日、製品から2400個を無作為に抽出して検査したところ、
120個が不良品であった。**製造工程に異常が生じたと判断すべきか？**

母比率　$p = 0.04$　で、

確率変数　$z = \dfrac{\bar{x} - p}{\sqrt{\dfrac{p(1-p)}{n}}}$　は

標準正規分布　$N(0,1)$　に従うはず

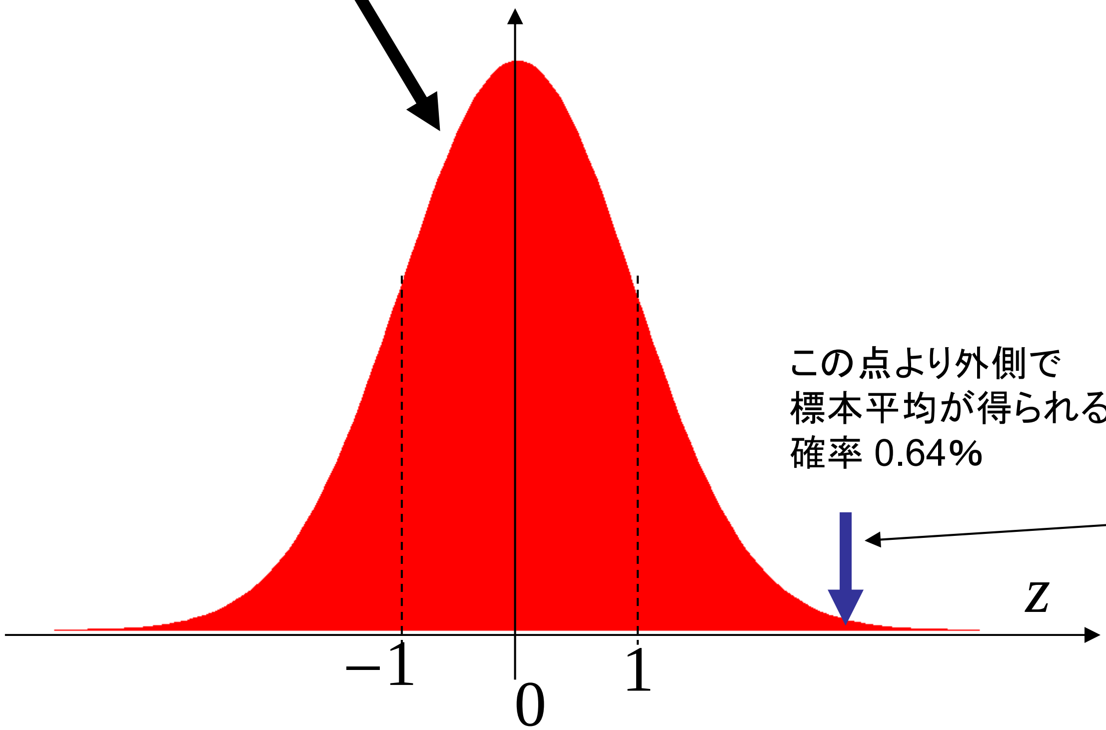
実際に得られた標本平均（標本比率）

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots, + x_n}{n} = \frac{120}{2400} = 0.05$$

代入

$$z = \frac{\bar{x} - p}{\sqrt{\dfrac{p(1-p)}{n}}}$$

$$= \frac{0.05 - 0.04}{\sqrt{\dfrac{0.04(1-0.04)}{2400}}} = 2.5$$



この点より外側で
標本平均が得られる
確率 0.64%

~~めったに起きない事象が起こった？~~

$p = 0.04$ という仮定か正しくない！
→製造工程に異常と診断

検定とは？
Hypothesis Testing

標本から得られる情報に基づき、仮説を否定すべきかどうかを判断する統計的方法（仮説検定）

不良品の例題

・母集団に関する仮定 ＝ 統計的仮説

- 否定したい仮説 ― 異常なし 母比率 $p = 0.04$
- 認めたい仮説 ― 異常あり 母比率 $p > 0.04$ または $p \neq 0.04$

・検定により、仮説が正しくないと判断してこれを否定する ＝

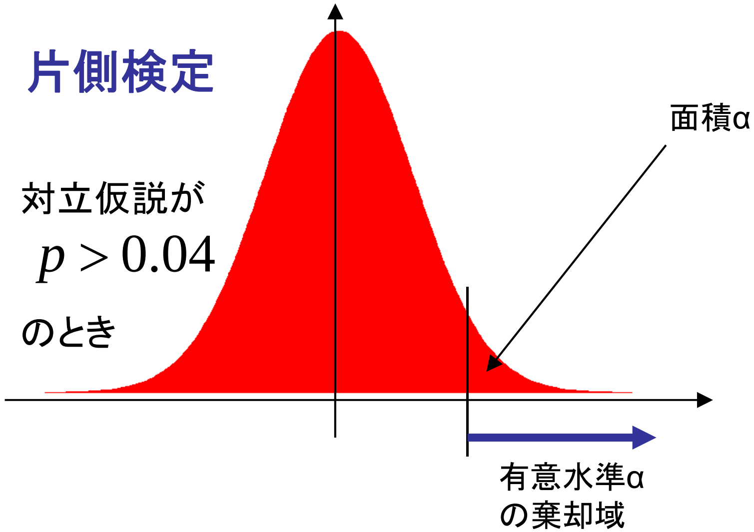
・「めったに起きない事象」として棄却を判断する基準となる確率 α ＝

αとしては 0.05 や 0.01 をとることが多い

・有意水準に対し、仮説のもとでは実現しにくい標本値の範囲 ＝ 有意水準 α の

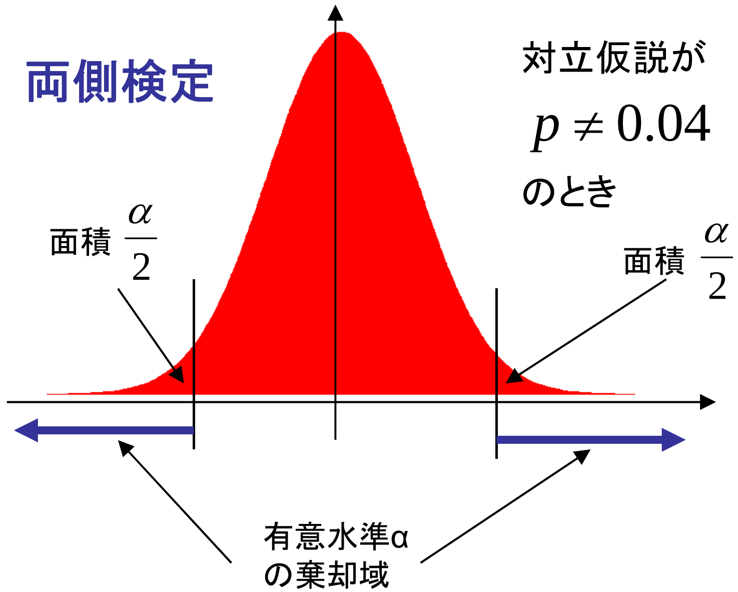
片側検定

対立仮説が $p > 0.04$ のとき



両側検定

対立仮説が $p \neq 0.04$ のとき



検定とは？
Hypothesis Testing

標本から得られる情報に基づき、仮説を否定すべきかどうかを判断する統計的方法（仮説検定）

- 母集団に関する仮定　＝　統計的仮説
  - **帰無仮説** ← 否定したい仮説
  - **対立仮説** ← 認めたい仮説

不良品の例題

異常なし　母比率　$p = 0.04$

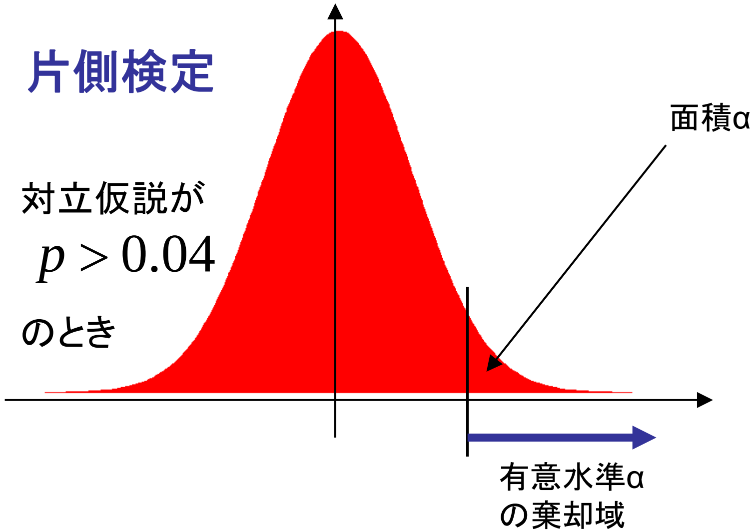
異常あり　母比率　$p > 0.04$　または $p \neq 0.04$

- 検定により、仮説が正しくないと判断してこれを否定する　＝　**仮説の棄却**
- 「めったに起きない事象」として棄却を判断する基準となる確率 α ＝ **有意水準（危険率）**

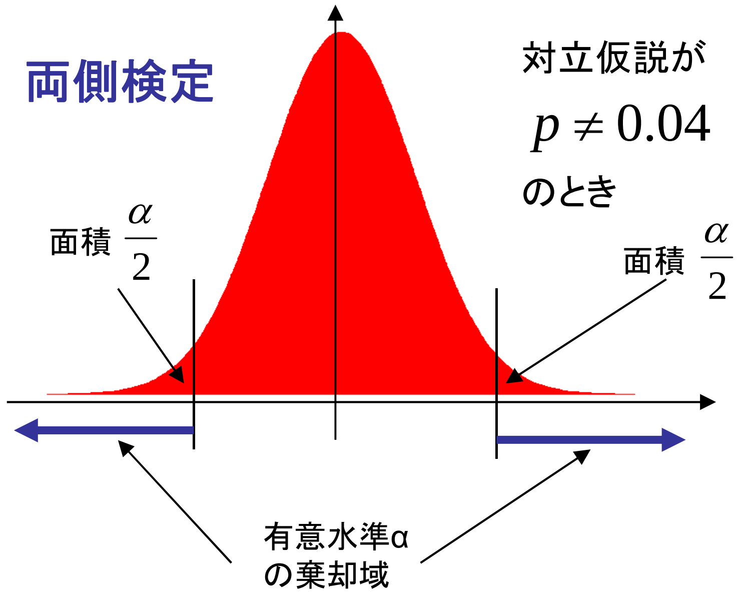
αとしては 0.05 や 0.01 をとることが多い

- 有意水準に対し、仮説のもとでは実現しにくい標本値の範囲　＝　有意水準 α の **棄却域**

片側検定



両側検定



検定における「2種類の誤り」

・本当は仮説が正しいのに、これを棄却してしまう誤り　＝　第1種の誤り
誤りが生じる確率　＝　α

・本当は仮説が誤っているのにこれを棄却できない誤り　＝　第2種の誤り

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="2">真実（母集団の状態）</td></tr>
<tr><td>仮説が正しい</td><td>仮説が誤り</td></tr>
<tr><td rowspan="2">検定の結論</td><td>仮説を
否定できない</td><td>正</td><td></td></tr>
<tr><td>仮説を否定</td><td></td><td>正</td></tr>
</table>

検定における「非対称性」

仮説が偽であることを立証することはできるが、
真であることを積極的に立証することはできない

検定における「2種類の誤り」

・本当は**仮説が正しい**のに、これを**棄却してしまう誤り**　＝　第1種の誤り
誤りが生じる確率　＝　α

・本当は**仮説が誤っている**のにこれを**棄却できない誤り**　＝　第2種の誤り

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="2">真実（母集団の状態）</td></tr>
<tr><td>仮説が正しい</td><td>仮説が誤り</td></tr>
<tr><td rowspan="2">検定の結論</td><td>仮説を
否定できない</td><td>正</td><td>第2種の誤り</td></tr>
<tr><td>仮説を否定</td><td>第1種の誤り</td><td>正</td></tr>
</table>

検定における「非対称性」

仮説が偽であることを立証することはできるが、
真であることを積極的に立証することはできない

仮説が棄却されなくても、
標本数を増やせば
棄却される可能性がある

検定によってどんなことが判定できるか？

・比率の検定

（1） 母比率 p が、ある値 p_0 に等しいといえるか？

（2） 比率の差の検定： 2つの異なる母集団の間で、母比率に差があるといえるか？

・平均値の検定

（1） 母集団の平均値 μ が、ある値 μ_0 に等しいといえるか？

（2） 平均値の差の検定： 2つの異なる母集団の間で、母平均に差があるといえるか？

・分散の検定

（1） **正規母集団**の分散 σ^2 が、ある値 σ_0^2 に等しいといえるか？

（2） 分散の差の検定： 2つの異なる**正規母集団**の間で、分散に差があるといえるか？

・適合度の検定

（1） 観察されたデータが、特定の分布に一致しているといえるか？

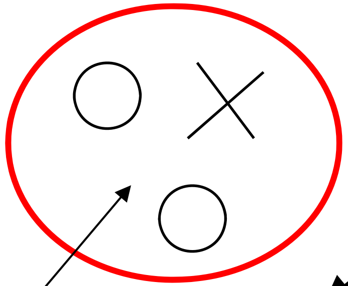
（2） 2つの母集団の確率分布が異なるものであるかどうか？

分布の種類を問わない
（ノンパラメトリック）
コルモゴロフ･スミルノフ検定

比率の検定

（1） 母比率 p がある値 p_0 に等しいといえるかどうか？

標本 $x_1, x_{2,} \cdots, x_n$



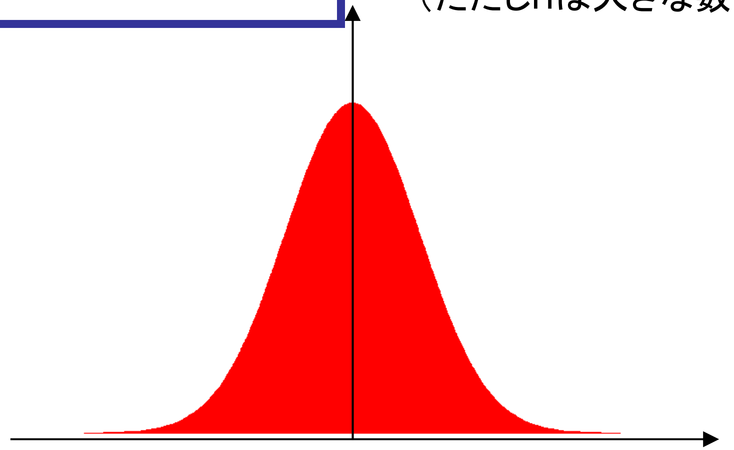
標本平均（標本比率）

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots, + x_n}{n}$$

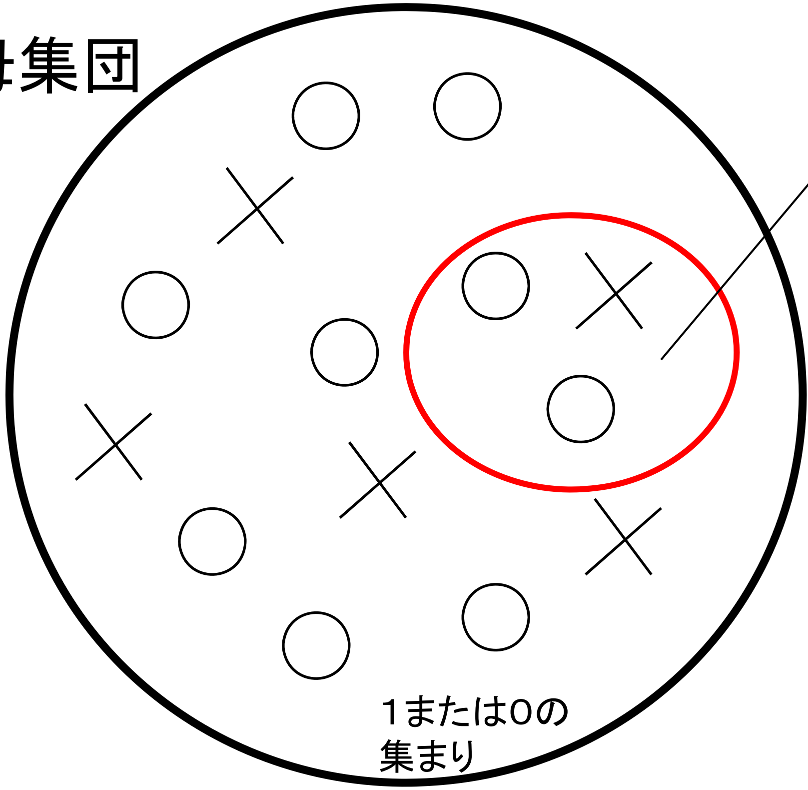
標準化

の分布は $N(0,1)$
（標準正規分布）

（ただしnは大きな数）



母集団



母比率 $p = p_0$ ← 帰無仮説
集団中で1の占める割合

対立仮説

$p > p_0$ （または $p < p_0$） → 片側検定

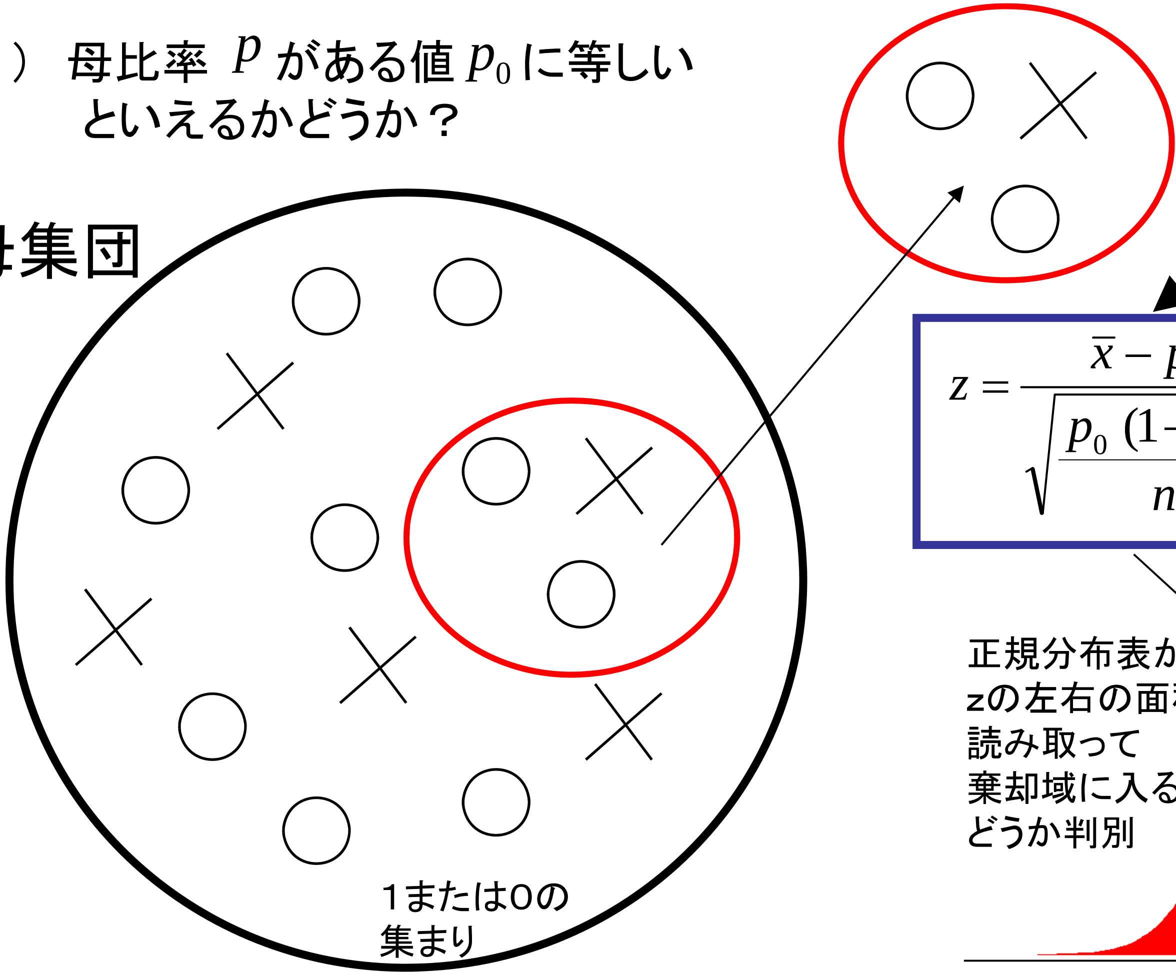
$p \neq p_0$ → 両側検定

比率の検定

標本 $x_1, x_2, \cdots, x_n$

（1） 母比率 p がある値 p_0 に等しい
といえるかどうか？

母集団



標本平均（標本比率）

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots, + x_n}{n}$$

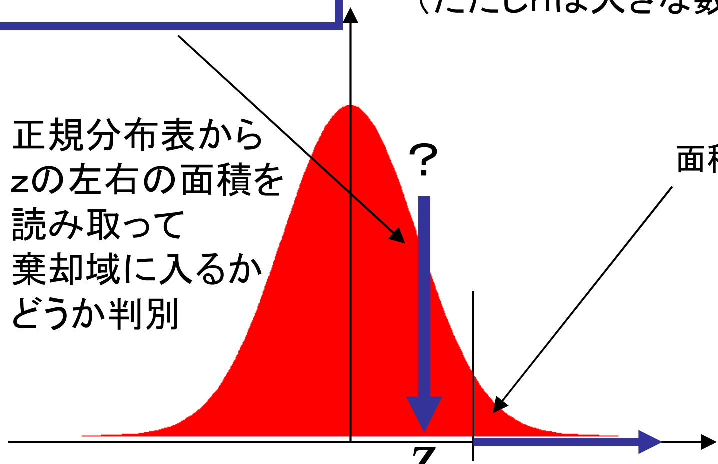
標準化

$$\boxed{z = \frac{\bar{x} - p_0}{\sqrt{\dfrac{p_0(1 - p_0)}{n}}}}$$

の分布は $N(0,1)$
（標準正規分布）

（ただしnは大きな数）

正規分布表から
zの左右の面積を
読み取って
棄却域に入るか
どうか判別



母比率 $p = p_0$ ← **帰無仮説**
集団中で1の占める割合

対立仮説

$p > p_0$ （または $p < p_0$） → **片側検定**

$p \neq p_0$ → **両側検定**

有意水準αを設定し、標本から得られたz
が正規分布の棄却域に入るかどうか判定
棄却域に入ったら帰無仮説を棄却する

【参考】
サンプル数が少ない場合は
二項分布を用いて計算

1回の試行で、ある事象の起こる確率が p
この試行を n 回行う

確率変数 x ： **事象の起こった回数**
確率分布 P(x) → **二項分布** B（n,p）

（例） 3回サイコロを投げたときの1の目が出る回数 ＝ x

x	0	1	2	3
$P(x)$	$\left(\frac{5}{6}\right)^3=\frac{125}{216}$	$3\left(\frac{1}{6}\right)\left(\frac{5}{6}\right)^2=\frac{75}{216}$	$3\left(\frac{1}{6}\right)^2\left(\frac{5}{6}\right)=\frac{15}{216}$	$\left(\frac{1}{6}\right)^3=\frac{1}{216}$

一般に、確率 p を持つ事象が n 回の試行中 x 回おこることを考えると、

$$\underbrace{\bigcirc\ \bigcirc\ \cdots\ \bigcirc}_{x\text{ 回}}\quad \underbrace{\times\ \times\ \cdots\ \times}_{n-x\text{ 回}}$$

このときの確率は $\boxed{p^x(1-p)^{n-x}}$

n 回の試行中に x 回起こるパターンの組合せ（combination）は、

$${}_nC_x=\frac{n!}{x!(n-x)!}$$

よって $P(x)={}_nC_x\ p^x(1-p)^{n-x}=\boxed{\frac{n!}{x!(n-x)!}p^x(1-p)^{n-x}}$

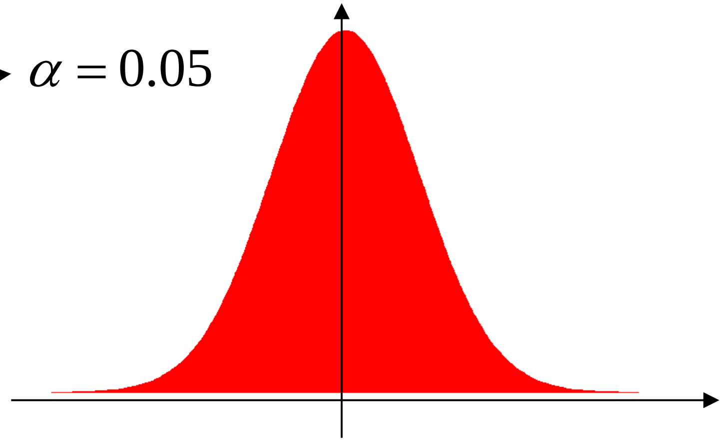
【練習問題】

貨物船による輸送においては、船舶の30%において貨物が水による何らかのダメージを受けるといわれる。 ランダムに抽出した36隻の貨物船において聞き取りを行ったところ、15隻において貨物に水による何らかのダメージが生じたとの回答が得られた。
最初の30%という仮説の数字は修正すべきか？有意水準 5%で検定せよ。

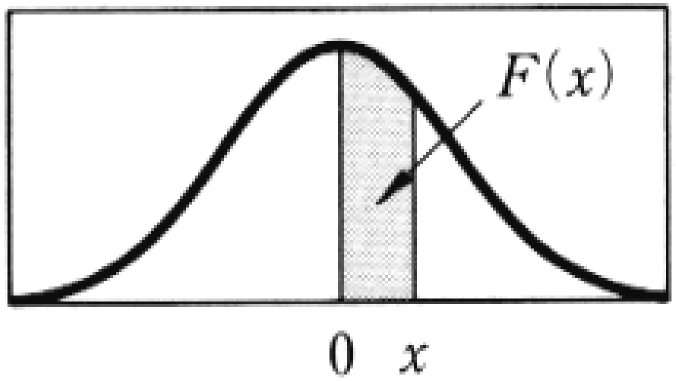
ただし $\sqrt{21} = 4.58$　　$\dfrac{15}{36} = 0.42$　　として計算せよ。

帰無仮説： $p_0 = 0.3$

対立仮説： $p_0 \neq 0.3$ → $\alpha = 0.05$



正規分布表



カゲの部分の確率 $F(x)$ を示す。

x	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.0000	.0040	.0080	.0120	.0160	.0199	.0239	.0279	.0319	.0359
.1	.0398	.0438	.0478	.0517	.0557	.0596	.0636	.0675	.0714	.0753
.2	.0793	.0832	.0871	.0910	.0948	.0987	.1026	.1064	.1103	.1141
.3	.1179	.1217	.1255	.1293	.1331	.1368	.1406	.1443	.1480	.1517
.4	.1554	.1591	.1628	.1664	.1700	.1736	.1772	.1808	.1844	.1879
.5	.1915	.1950	.1985	.2019	.2054	.2088	.2123	.2157	.2190	.2224
.6	.2257	.2291	.2324	.2357	.2389	.2422	.2454	.2486	.2517	.2549
.7	.2580	.2611	.2642	.2673	.2704	.2734	.2764	.2794	.2823	.2852
.8	.2881	.2910	.2939	.2967	.2995	.3023	.3051	.3078	.3106	.3133
.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
1.3	.4032	.4049	.4066	.4082	.4099	.4115	.4131	.4147	.4162	.4177
1.4	.4192	.4207	.4222	.4236	.4251	.4265	.4279	.4292	.4306	.4319
1.5	.4332	.4345	.4357	.4370	.4382	.4394	.4406	.4418	.4429	.4441
1.6	.4452	.4463	.4474	.4484	.4495	.4505	.4515	.4525	.4535	.4545
1.7	.4554	.4564	.4573	.4582	.4591	.4599	.4608	.4616	.4625	.4633
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
2.2	.4861	.4864	.4868	.4871	.4875	.4878	.4881	.4884	.4887	.4890
2.3	.4893	.4896	.4898	.4901	.4904	.4906	.4909	.4911	.4913	.4916
2.4	.4918	.4920	.4922	.4925	.4927	.4929	.4931	.4932	.4934	.4936
2.5	.4938	.4940	.4941	.4943	.4945	.4946	.4948	.4949	.4951	.4952
2.6	.4953	.4955	.4956	.4957	.4959	.4960	.4961	.4962	.4963	.4964
2.7	.4965	.4966	.4967	.4968	.4969	.4970	.4971	.4972	.4973	.4974
2.8	.4974	.4975	.4976	.4977	.4977	.4978	.4979	.4979	.4980	.4981
2.9	.4981	.4982	.4982	.4983	.4984	.4984	.4985	.4985	.4986	.4986
3.0	.4987	.4987	.4987	.4988	.4988	.4989	.4989	.4989	.4990	.4990
3.1	.4990	.4991	.4991	.4991	.4992	.4992	.4992	.4992	.4993	.4993
3.2	.4993	.4993	.4994	.4994	.4994	.4994	.4994	.4995	.4995	.4995
3.3	.4995	.4995	.4995	.4996	.4996	.4996	.4996	.4996	.4996	.4997
3.4	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4998

【練習問題】

貨物船による輸送においては、船舶の30%において貨物が水による何らかのダメージを受けるといわれる。 ランダムに抽出した36隻の貨物船において聞き取りを行ったところ、15隻において貨物に水による何らかのダメージが生じたとの回答が得られた。
最初の30%という仮説の数字は修正すべきか？有意水準 5%で検定せよ。

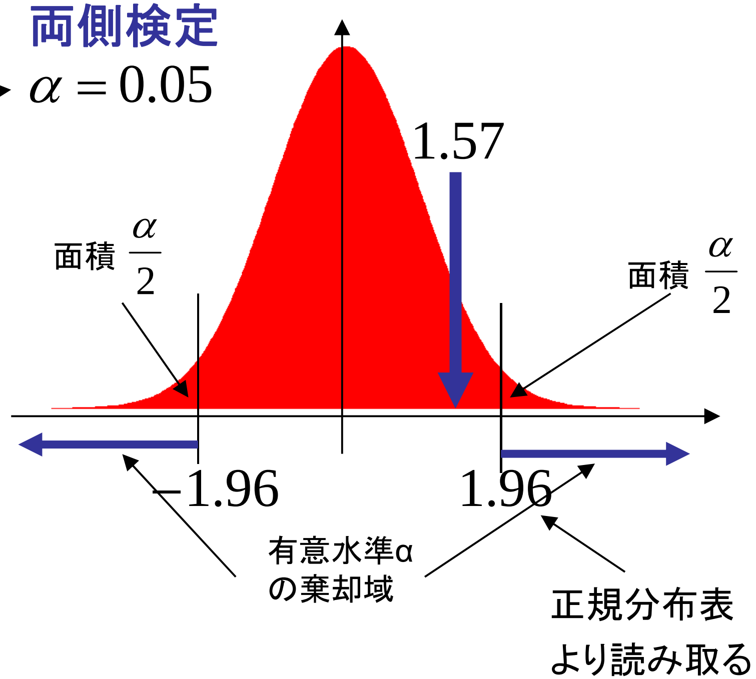
ただし $\sqrt{21} = 4.58$ $\quad \dfrac{15}{36} = 0.42$ として計算せよ。

帰無仮説： $p_0 = 0.3$

対立仮説： $p_0 \neq 0.3$

両側検定

$\alpha = 0.05$



$$z = \frac{\overline{x} - p_0}{\sqrt{\dfrac{p_0(1-p_0)}{n}}}$$

$$= \frac{\dfrac{15}{36} - 0.3}{\sqrt{\dfrac{0.3 \times (1-0.3)}{36}}} \approx \frac{0.42 - 0.3}{\sqrt{\dfrac{3 \times 7}{6 \times 6 \times 10 \times 10}}} \approx 1.57$$

【練習問題】

貨物船による輸送においては、船舶の30%において貨物が水による何らかのダメージを受けるといわれる。 ランダムに抽出した36隻の貨物船において聞き取りを行ったところ、15隻において貨物に水による何らかのダメージが生じたとの回答が得られた。
最初の30%という仮説の数字は修正すべきか？有意水準 5%で検定せよ。

ただし $\sqrt{21} = 4.58$ $\quad \dfrac{15}{36} = 0.42$ として計算せよ。

帰無仮説： $p_0 = 0.3$

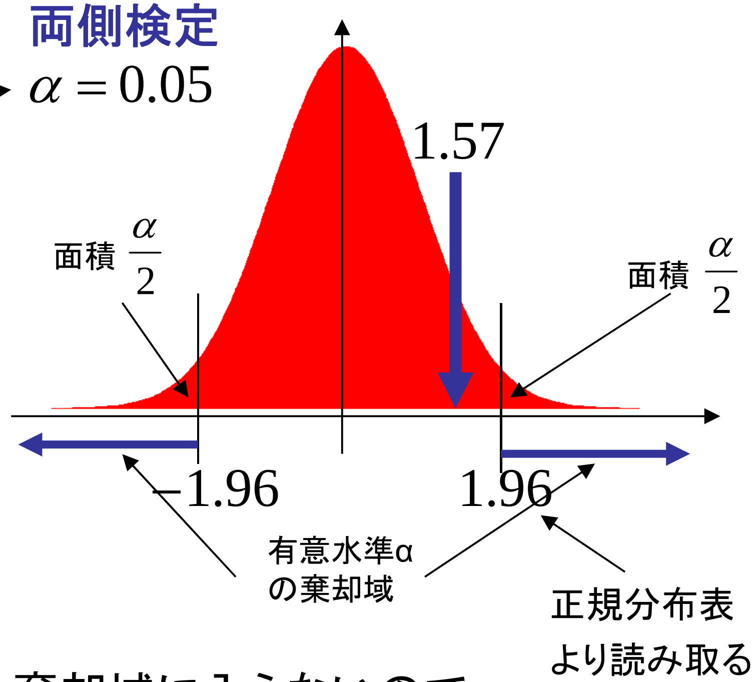
対立仮説： $p_0 \neq 0.3$

両側検定

$\alpha = 0.05$

$$z = \frac{\overline{x} - p_0}{\sqrt{\dfrac{p_0(1-p_0)}{n}}}$$

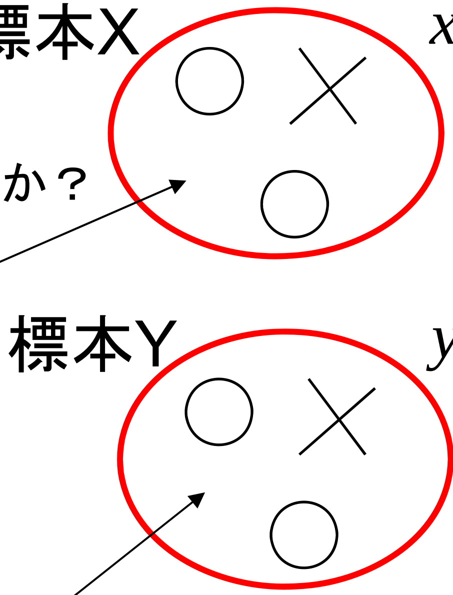
$$= \frac{\dfrac{15}{36} - 0.3}{\sqrt{\dfrac{0.3 \times (1-0.3)}{36}}} \approx \frac{0.42 - 0.3}{\sqrt{\dfrac{3 \times 7}{6 \times 6 \times 10 \times 10}}} \approx 1.57$$



棄却域に入らないので、
仮説は棄却できない
＝仮説は修正すべきでない

比率の検定

（2） 異なる2つの母集団の間で、
母比率に差があるといえるかどうか？



$x_1, x_2, \cdots, x_m$

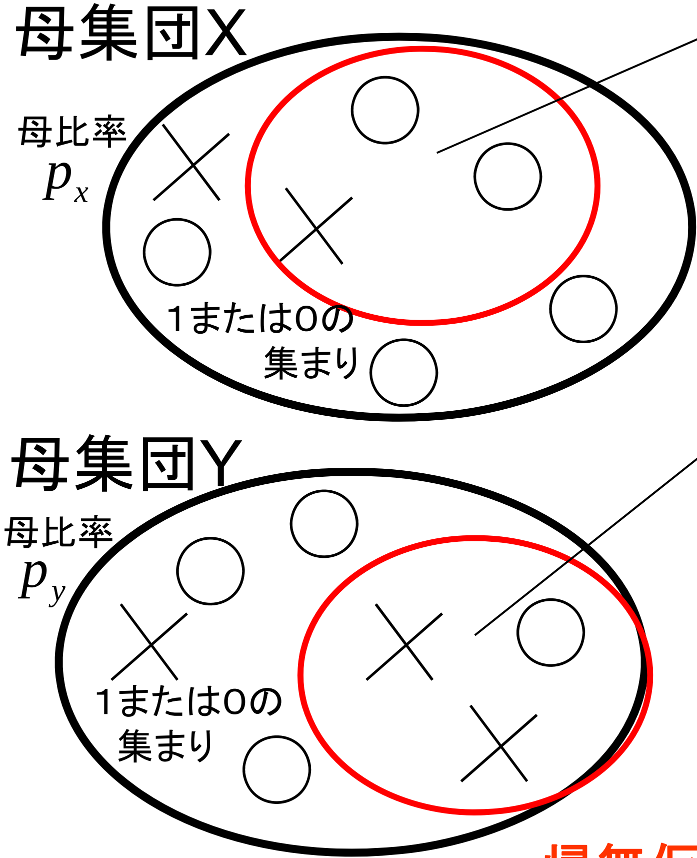
標本平均（標本比率）

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots, + x_m}{m}$$

$y_1, y_2, \cdots, y_n$

標本平均（標本比率）

$$\bar{y} = \frac{y_1 + y_2 + \cdots, + y_n}{n}$$



母比率　$p_x = p_y = p$
ただし p は未知なので

とする

帰無仮説

このとき $\bar{x} - \bar{y}$ は
期待値 $p_x - p_y$ 分散 $\dfrac{p_x(1-p_x)}{m} + \dfrac{p_y(1-p_y)}{n}$
の正規分布になる

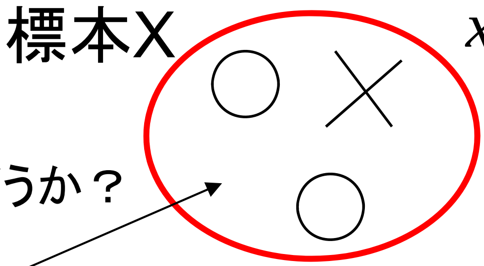
帰無仮説より $p_x = p_y = p$ を代入して
標準化

の分布は $N(0,1)$
（標準正規分布）
（ただしm，nは大きな数）

有意水準αを設定し、標本から得られたz
が正規分布の棄却域に入るかどうか判定
棄却域に入ったら帰無仮説を棄却する

比率の検定

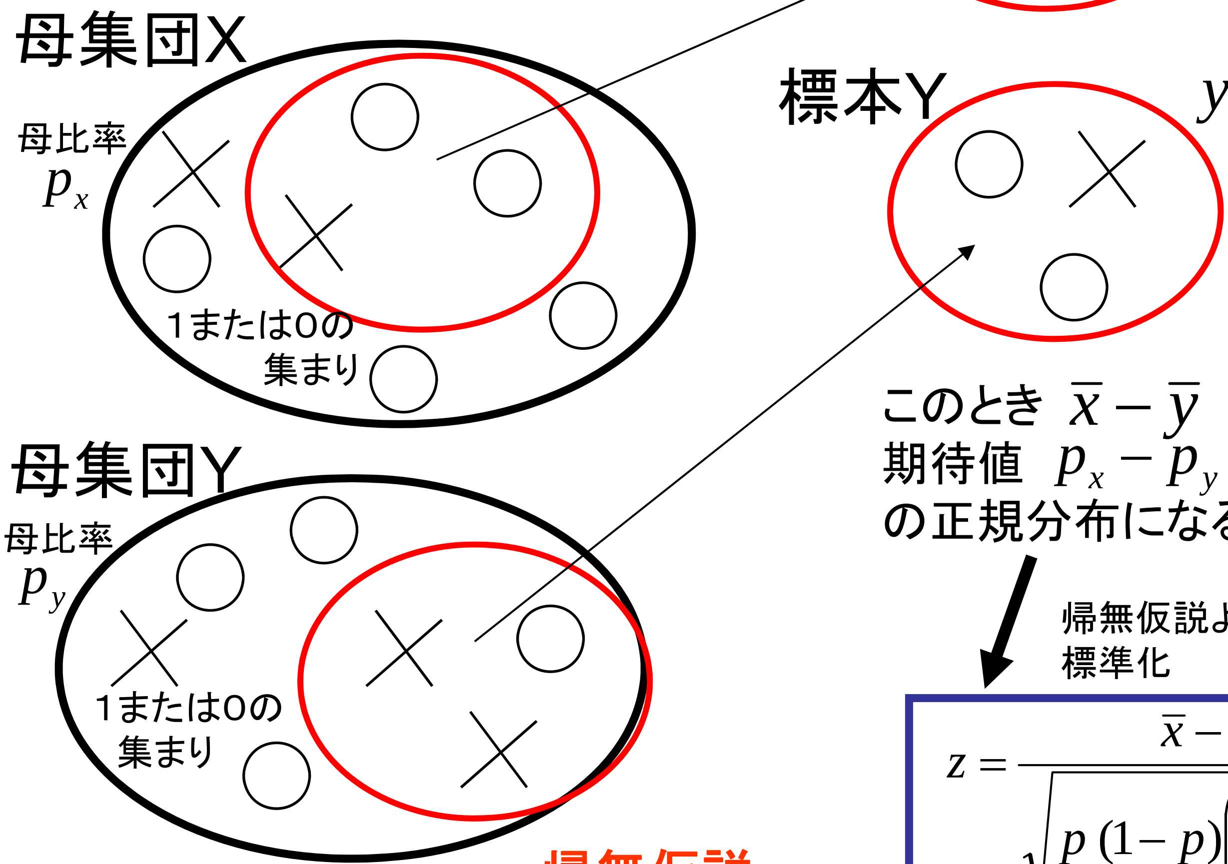
（2） 異なる2つの母集団の間で、
母比率に差があるといえるかどうか？



$x_1, x_2, \cdots, x_m$

標本平均（標本比率）

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots, + x_m}{m}$$



$y_1, y_2, \cdots, y_n$

標本平均（標本比率）

$$\bar{y} = \frac{y_1 + y_2 + \cdots, + y_n}{n}$$

このとき $\bar{x} - \bar{y}$ は
期待値 $p_x - p_y$ 分散 $\dfrac{p_x(1-p_x)}{m} + \dfrac{p_y(1-p_y)}{n}$
の正規分布になる

帰無仮説より $p_x = p_y = p$ を代入して
標準化

$$\boxed{z = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{p(1-p)\left(\frac{1}{m} + \frac{1}{n}\right)}}}$$

の分布は $N(0,1)$
（標準正規分布）
（ただしm，nは大きな数）

母比率 $p_x = p_y = p$
ただし p は未知なので

$$\boxed{p = \frac{m\bar{x} + n\bar{y}}{m + n}}$$ とする

帰無仮説

有意水準αを設定し、標本から得られたz
が正規分布の棄却域に入るかどうか判定
棄却域に入ったら帰無仮説を棄却する

【練習問題】

43.3%

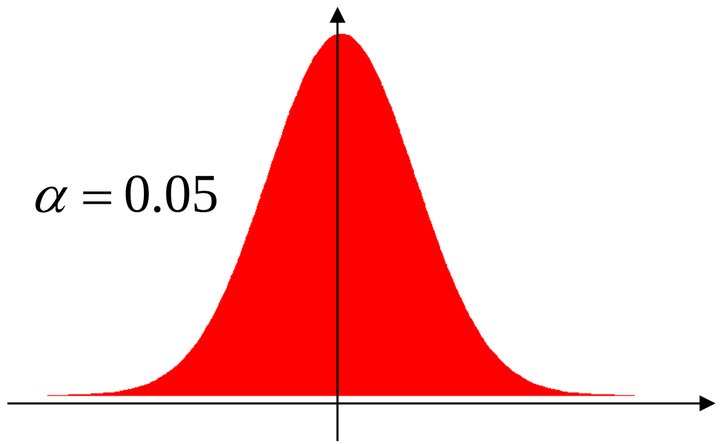
ある貨物船で鋼板を輸送したところ、60回の運行において積荷の鋼板における輸送ダメージのクレームが26件であった。 そのため、ある装置を導入して対策を講じたところ、その後の40回の運行において積荷ダメージに対するクレームが14件であった。対策を講じた効果があったと判断すべきか？有意水準5%で検定せよ。

35%

ただし $\frac{10}{12} = 0.833$ として計算せよ。

帰無仮説: $p_x = p_y = p$
（効果が無い）

対立仮説:
（効果がある）



【練習問題】

ある貨物船で鋼板を輸送したところ、60回の運行において積荷の鋼板における輸送ダメージのクレームが26件であった。 そのため、ある装置を導入して対策を講じたところ、その後の40回の運行において積荷ダメージに対するクレームが14件であった。対策を講じた効果があったと判断すべきか？有意水準5%で検定せよ。

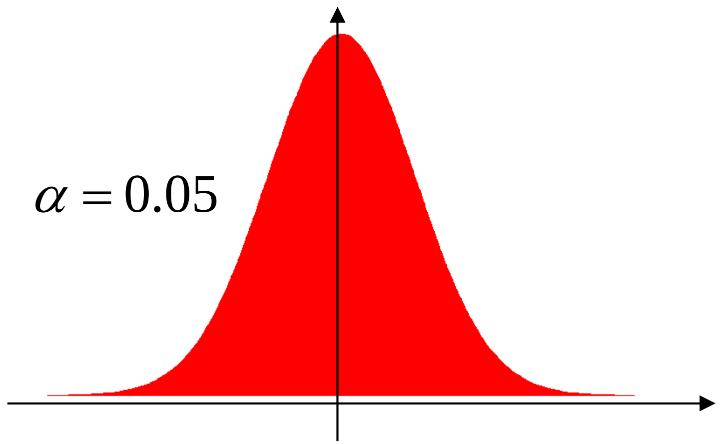
ただし $\frac{10}{12} = 0.833$ として計算せよ。

帰無仮説： $p_x = p_y = p$ $\quad p = \frac{26+14}{60+40} = 0.4$

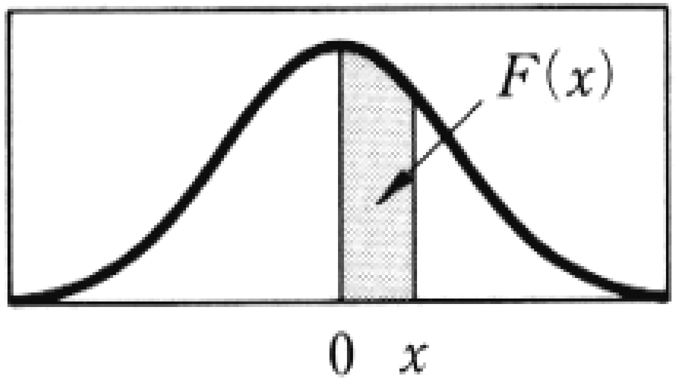
（効果が無い）

対立仮説： $p_x > p_y$ → $\alpha = 0.05$

（効果がある）



正規分布表



カゲの部分の確率 $F(x)$ を示す。

x	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.0000	.0040	.0080	.0120	.0160	.0199	.0239	.0279	.0319	.0359
.1	.0398	.0438	.0478	.0517	.0557	.0596	.0636	.0675	.0714	.0753
.2	.0793	.0832	.0871	.0910	.0948	.0987	.1026	.1064	.1103	.1141
.3	.1179	.1217	.1255	.1293	.1331	.1368	.1406	.1443	.1480	.1517
.4	.1554	.1591	.1628	.1664	.1700	.1736	.1772	.1808	.1844	.1879
.5	.1915	.1950	.1985	.2019	.2054	.2088	.2123	.2157	.2190	.2224
.6	.2257	.2291	.2324	.2357	.2389	.2422	.2454	.2486	.2517	.2549
.7	.2580	.2611	.2642	.2673	.2704	.2734	.2764	.2794	.2823	.2852
.8	.2881	.2910	.2939	.2967	.2995	.3023	.3051	.3078	.3106	.3133
.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
1.3	.4032	.4049	.4066	.4082	.4099	.4115	.4131	.4147	.4162	.4177
1.4	.4192	.4207	.4222	.4236	.4251	.4265	.4279	.4292	.4306	.4319
1.5	.4332	.4345	.4357	.4370	.4382	.4394	.4406	.4418	.4429	.4441
1.6	.4452	.4463	.4474	.4484	.4495	.4505	.4515	.4525	.4535	.4545
1.7	.4554	.4564	.4573	.4582	.4591	.4599	.4608	.4616	.4625	.4633
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
2.2	.4861	.4864	.4868	.4871	.4875	.4878	.4881	.4884	.4887	.4890
2.3	.4893	.4896	.4898	.4901	.4904	.4906	.4909	.4911	.4913	.4916
2.4	.4918	.4920	.4922	.4925	.4927	.4929	.4931	.4932	.4934	.4936
2.5	.4938	.4940	.4941	.4943	.4945	.4946	.4948	.4949	.4951	.4952
2.6	.4953	.4955	.4956	.4957	.4959	.4960	.4961	.4962	.4963	.4964
2.7	.4965	.4966	.4967	.4968	.4969	.4970	.4971	.4972	.4973	.4974
2.8	.4974	.4975	.4976	.4977	.4977	.4978	.4979	.4979	.4980	.4981
2.9	.4981	.4982	.4982	.4983	.4984	.4984	.4985	.4985	.4986	.4986
3.0	.4987	.4987	.4987	.4988	.4988	.4989	.4989	.4989	.4990	.4990
3.1	.4990	.4991	.4991	.4991	.4992	.4992	.4992	.4992	.4993	.4993
3.2	.4993	.4993	.4994	.4994	.4994	.4994	.4994	.4995	.4995	.4995
3.3	.4995	.4995	.4995	.4996	.4996	.4996	.4996	.4996	.4996	.4997
3.4	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4998

【練習問題】

ある貨物船で鋼板を輸送したところ、60回の運行において積荷の鋼板における輸送ダメージのクレームが26件であった。 そのため、ある装置を導入して対策を講じたところ、その後の40回の運行において積荷ダメージに対するクレームが14件であった。対策を講じた効果があったと判断すべきか？有意水準5%で検定せよ。

ただし $\dfrac{10}{12}=0.833$ として計算せよ。

帰無仮説： $p_x = p_y = p$ $\qquad p=\dfrac{26+14}{60+40}=0.4$

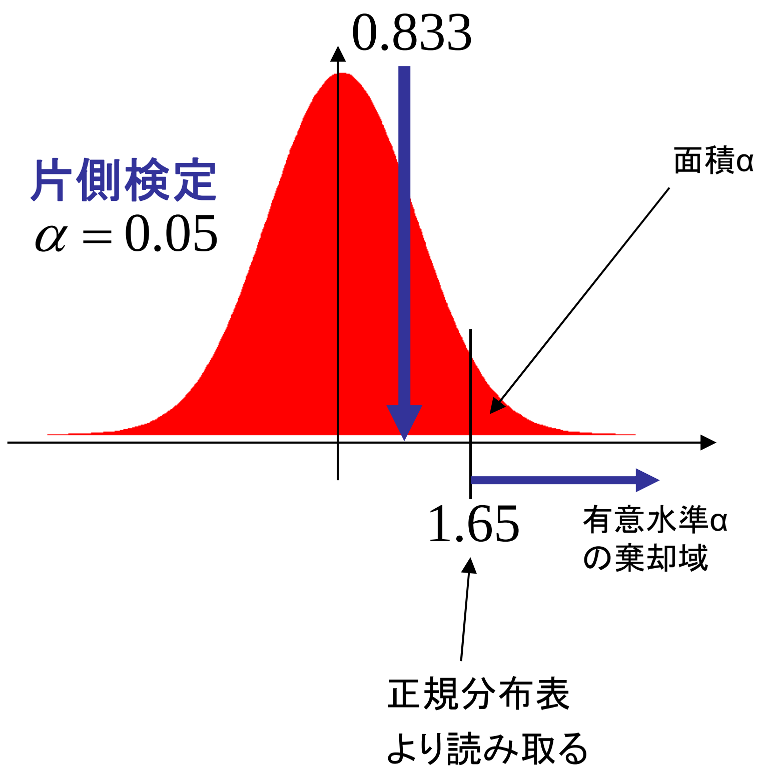
（効果が無い）

対立仮説： $p_x > p_y$

（効果がある）

$$z=\frac{\bar{x}-\bar{y}}{\sqrt{p\,(1-p)\left(\dfrac{1}{m}+\dfrac{1}{n}\right)}}$$

$$=\frac{\dfrac{26}{60}-\dfrac{14}{40}}{\sqrt{0.4\times(1-0.4)\left(\dfrac{1}{60}+\dfrac{1}{40}\right)}}=\frac{10}{12}\approx 0.833$$



【練習問題】

ある貨物船で鋼板を輸送したところ、60回の運行において積荷の鋼板における輸送ダメージのクレームが26件であった。 そのため、ある装置を導入して対策を講じたところ、その後の40回の運行において積荷ダメージに対するクレームが14件であった。対策を講じた効果があったと判断すべきか？有意水準5%で検定せよ。

ただし $\dfrac{10}{12} = 0.833$ として計算せよ。

帰無仮説：$p_x = p_y = p$ $\qquad p = \dfrac{26+14}{60+40} = 0.4$

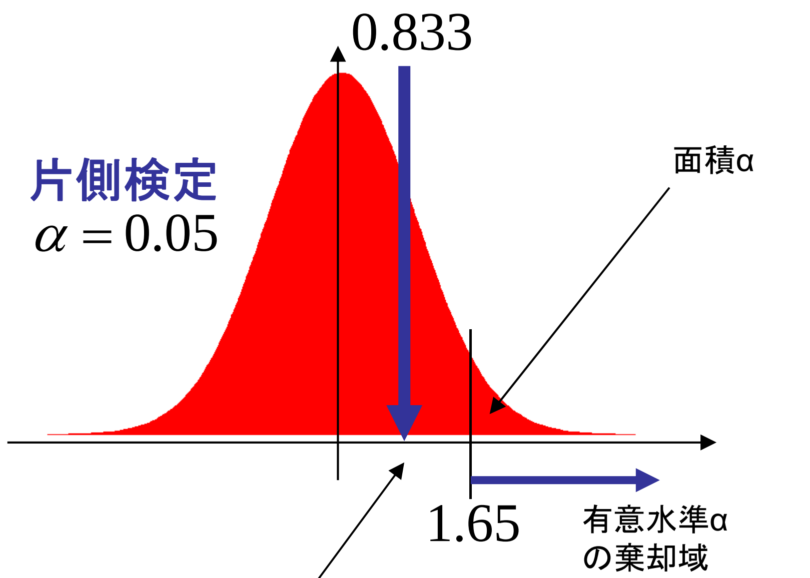
（効果が無い）

対立仮説：$p_x > p_y$

（効果がある）

片側検定

$\alpha = 0.05$

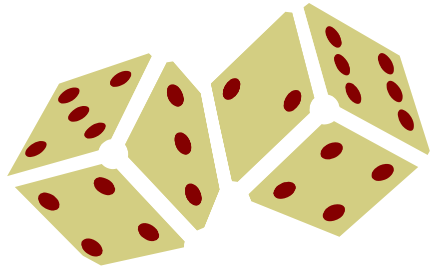


$$z = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{p\,(1-p)\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{n}\right)}}$$

$$= \frac{\dfrac{26}{60} - \dfrac{14}{40}}{\sqrt{0.4 \times (1-0.4)\left(\dfrac{1}{60} + \dfrac{1}{40}\right)}} = \frac{10}{12} \approx 0.833$$

観測されたデータは帰無仮説の分布の棄却域に入らないので、
帰無仮説（効果が無い）は棄却できない
＝効果があるとはいえない

【レポート課題】　2018.05.15



レポート題目:「変形サイコロの検定」

1）　講義にて各自に配布した変形サイコロを振り、各目の出現回数について集計せよ。
　少なくとも100回以上サイコロを振ってデータを取得せよ。

2）　上記変形サイコロの、正方形端面（白い数字）の出る割合について、
　信頼係数 95% で区間推定せよ。

3）　上記変形サイコロが、立方体サイコロと違うかどうか検定したい。
　正方形端面（白い数字）の出る割合 p =1／3 = 0.3333 を帰無仮説として
　有意水準1%で検定せよ。

【注意事項】

・配布した変形サイコロは別の課題でも使用し、**使用後回収するので大切に保管すること**。
・10点満点で採点し期末試験の点に加える。試験に自信が無ければ必ず提出すること。
・レポートには**A4用紙片面**を使用し、**レポートの表題**と**学籍番号・氏名・サイコロ番号**を明記する。
　複数枚数で構成される場合は**ホチキスで留める**こと。（散逸し採点できないため）
　A4用紙でないもの、複数枚がホチキス留めでないものは提出しても0点なので注意

提出期限：　2018年　5月29日（火）　午後4時まで　　提出先：W2-6F　634号室

55.8%

【演習問題】　2018.05.15　　学籍番号　　　　　　　　氏名

ある造船所Aで作業員240名に聞き取り調査を行ったところ、作業中にヒヤリとした経験をした人が134名であった。別の造船所Bにおいて作業員160名に聞き取り調査を行ったところ、同様の回答をした人が106名であった。
造船所AとBでは安全対策の効果に差があるといえるか？有意水準5％で検定せよ。

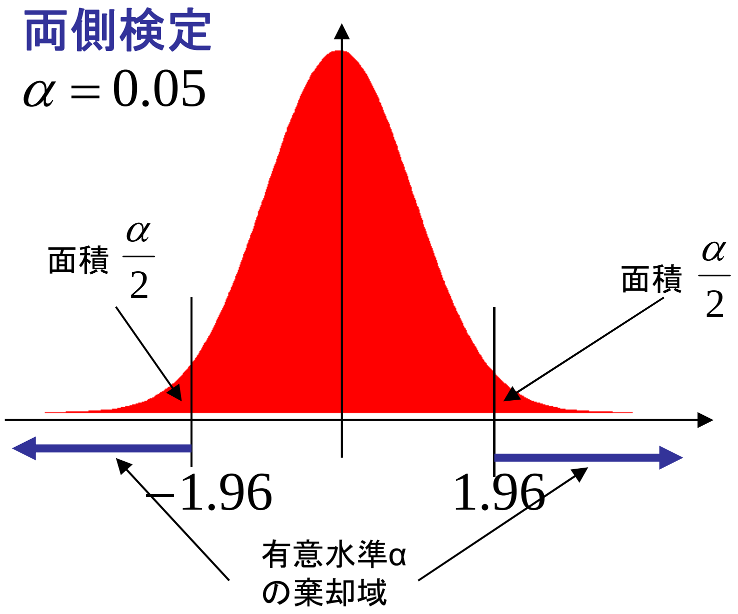
66.3%

【演習問題】　　　　　　　　　　　　　　　学籍番号　　　　　　　　氏名

ある造船所Aで作業員240名に聞き取り調査を行ったところ、作業中にヒヤリとした経験をした人が134名であった。別の造船所Bにおいて作業員160名に聞き取り調査を行ったところ、同様の回答をした人が106名であった。
造船所AとBでは安全対策の効果に差があるといえるか？有意水準5%で検定せよ。

帰無仮説： $p_x = p_y = p$ 　　 $p = \dfrac{134+106}{240+160} = 0.6$

対立仮説： $p_x \neq p_y$ →



$$z = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{p\,(1-p)\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{n}\right)}}$$

$$= \frac{\dfrac{134}{240} - \dfrac{106}{160}}{\sqrt{0.6 \times (1-0.6)\left(\dfrac{1}{240} + \dfrac{1}{160}\right)}} = -\frac{50}{24} \approx -2.08$$

【演習問題】　　　　　　　　　　学籍番号　　　　　　　氏名

ある造船所Aで作業員240名に聞き取り調査を行ったところ、作業中にヒヤリとした経験をした人が134名であった。別の造船所Bにおいて作業員160名に聞き取り調査を行ったところ、同様の回答をした人が106名であった。
造船所AとBでは安全対策の効果に差があるといえるか？有意水準5%で検定せよ。

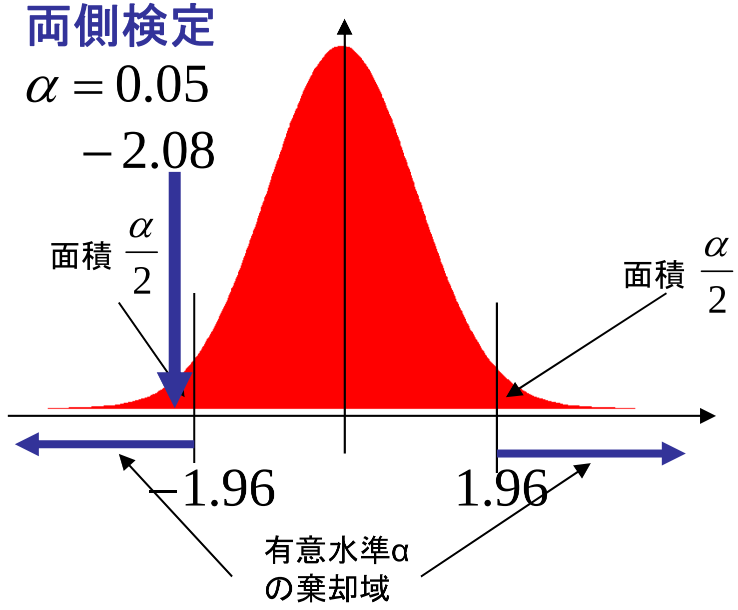
もし片側検定の場合、
棄却域は 1.65 < z

帰無仮説： $p_x = p_y = p$　　$p = \dfrac{134+106}{240+160} = 0.6$

対立仮説： $p_x \neq p_y$ ⟶

両側検定

$\alpha = 0.05$



$$z = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{p\,(1-p)\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{n}\right)}}$$

$$= \frac{\dfrac{134}{240} - \dfrac{106}{160}}{\sqrt{0.6 \times (1-0.6)\left(\dfrac{1}{240} + \dfrac{1}{160}\right)}} = -\frac{50}{24} \approx -2.08$$

棄却域に入るので、
仮説は棄却される
＝効果に差がある