

# 健康統計学 第7回

今回は、確率・順列・組み合わせについて学習します。なお、今回はテキストを離れて、プリント教材を使用します

## テキスト

- 石村貞夫『入門はじめての統計解析』(東京書籍)

## 今回の内容

1. [確率](#)
2. [順列と組み合わせ](#)
3. [Excelで順列と組み合わせを計算](#)

# 確率

## 事象

- あることを実施して(試行)、それによって起こった結果を「事象」といい、事象 A を  $A$  と表す
  - 全体の事象のことを「全事象」といい、 $\Omega$  と表す
  - 決して起こらないことを「空事象」といい、 $\phi$  と表す
  - 事象 A または B が起こる確率を「和事象」といい、 $A \cup B$  と表す
  - 事象 A と B が同時に起こる確率を「積事象」といい、 $A \cap B$  と表す

## 確率 (Probability)

- 「確率」とは、あることが起こる結果の割合、つまり起こりやすさの目安である
  - ある事象 A が起こる確率を、 $P(A)$  と表す
  - 確率は、0 から 1 の間の値をとる

$$0 \leq P(A) \leq 1$$

- 全事象の確率は  $P(\Omega) = 1$  となる
- 空事象の確率は  $P(\phi) = 0$  となる

### 数学的確率

- あることが起こる結果が何通りあるかを元にして出す確率を、「**数学的確率**」という
- 例えば...
  - サイコロの目の出方は6通り
  - 3の目が出る確率は  $1/6$
- 事象 A の確率は、事象 A の起こる場合の数  $a$  を、すべての場合の数(何通りあるかすべて数えたもの)  $N$  で割ったものである

$$P(A) = \frac{a}{N}$$

### 統計的確率

- 実際に起こった結果を元にして出す確率を、「**統計的確率**」という
- 例えば...
  - 実際にサイコロを60回投げたら、3の目が13回出た
  - この時点での、3の目が出た確率は  $13/60$
- 事象 A の確率は、事象 A の起こった回数  $r$  を、すべての起こった回数  $n$  で割ったものである

$$P(A) = \frac{r}{n}$$

### 大数の法則

- 試行(あることを実施する)回数を増やせば増やすほど、統計的確率が数学的確率に近づいていくことを、「**大数の法則**」という
- 例えば...
  - 実際にサイコロを1,000回投げたら、3の目が160回出た
  - その結果、3の目が出た確率はほぼ  $1/6$

$$P(A) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{r}{n} = \frac{a}{N}$$

## 加法定理

### 排反前提の場合

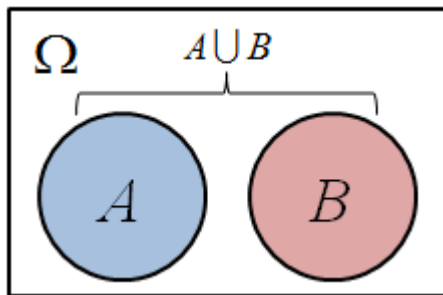
- 2つ、または2つ以上の**排反事象**(同時に起こりえない事象)が起こる確率は、それぞれの確率の和である

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B)$$

$$P(A \cup B \cup C \dots) = P(A) + P(B) + P(C) + \dots$$

- 同時に起こりえない(2つ、または2つ以上の)事象を「**排反事象**」という

$$A \cup B = \phi$$



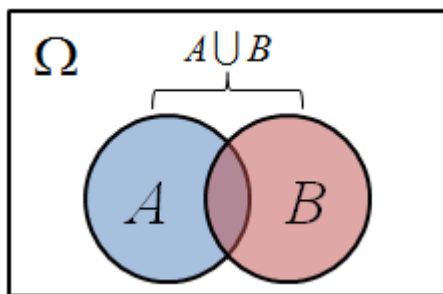
- 例: 52枚のトランプから1枚引いたとき、ハートまたはダイヤを引く確率は、次のとおり

$$\begin{aligned} P(A \cup B) &= \frac{13}{52} + \frac{13}{52} \\ &= \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \end{aligned}$$

### 一般の場合

- 2つ、または2つ以上の事象が起こる確率は、それぞれの確率の和から、それぞれの事象が同時に起こる確率を引いたもの

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$



- 例: 52枚のトランプから1枚引いたとき、ハートまたはA(エース)を引く確率は、次のとおり

$$\begin{aligned} P(A \cup B) &= \frac{13}{52} + \frac{4}{52} - \frac{1}{52} \\ &= \frac{4}{13} \end{aligned}$$

## 乗法定理

### 条件つき確率

- 「A が起こったときに B が起きる」事象を、 $B|A$  と表す
- 「A が起こったときに B が起きる」事象の確率、つまり、A が起こったという条件のもとで B が起きる確率を、「条件つき確率」といい、 $P(B|A)$  と表す

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)}$$

- 上の式の両辺に  $P(A)$  を掛けると、次のように式が変形できる

$$P(A \cap B) = P(A) \times P(B|A)$$

◦ B が A に関係なく起きる(事象 A と B が独立な事象である)場合、「乗法定理」が導き出せる

- 例:サイコロを投げて、奇数の目が出たとき(事象 A)に、それが1の目である(事象 B)確率は、次のとおり

$$\begin{aligned} P(B|A) &= \frac{P(A \cap B)}{P(A)} \\ &= \frac{1}{3} \end{aligned}$$

◦ A = 奇数の目が出る = {1, 3, 5}

◦ B = 1の目が出る = {1}

- 例:ある男女100人について結婚しているかどうか調査した結果が、次のようになった。この100人から1人を選んだとき、それが結婚している男性である確率は?

	男性	女性	合計
結婚している	26	21	47
結婚していない	29	24	53
合計	55	45	100

◦ A = 選んだ人が男性である = 55人

◦  $A \cap B$  = 結婚している男性である = 26人

$$\begin{aligned} P(B|A) &= \frac{P(A \cap B)}{P(A)} \\ &= \frac{26}{55} \end{aligned}$$

### 乗法定理

- 2つ、または2つ以上の互いに独立な事象が同時に(または続けて)起こる確率は、確率の積になる

$$P(A \cap B) = P(A) \times P(B)$$

$$P(A \cap B \cap C \dots) = P(A) \times P(B) \times P(C) \times \dots$$

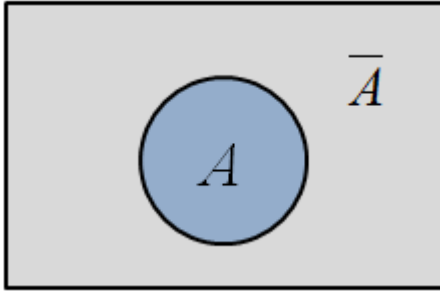
- 「独立事象」とは、ある事象の発生する確率が、他のいずれの事象の影響も受けない(他の事象に関係なく発生する事象)
- 例:サイコロを2回投げて、2回とも1の目が出る確率(1の目が出た後、1の目が出る確率)は、次のとおり

$$\begin{aligned}P(A \cap B) &= \frac{1}{6} \times \frac{1}{6} \\ &= \frac{1}{36}\end{aligned}$$

## 余事象

- ある事象Aについて、その事象がおこらないすべての場合(の事象)を「余事象」 $\bar{A}$  と表す
- 余事象が起こる確率を  $P(\bar{A})$  と表す

$$P(\bar{A}) = 1 - P(A)$$



- 例: サイコロを2回投げたとき、「**少なくとも**」1回は3の目が出る確率は、次のとおり
  - a. 「少なくとも～」の場合は、余事象の確率を考える
  - b. サイコロを1回投げて、3の目が全く出ない確率は  $5/6$
  - c. 2回目も3の目が出ない確率は、次のようになる

$$\frac{5}{6} \times \frac{5}{6} = \frac{25}{36}$$

- d. サイコロを2回目投げて何かが出る確率(=1)から、2回とも3の目が出ない確率をひけば、少なくとも1回は3の目が出る確率になる

$$1 - \frac{25}{36} = \frac{11}{36}$$

# 順列と組み合わせ

## 階乗 (factorial)

- ある数  $n$  から1ずつ少ない数を掛けあわせることを「階乗」という

$$n! = n \times (n-1) \times (n-2) \times \dots \times 2 \times 1$$

- なお、0(ゼロ)の階乗は、便宜上、1である。

## 順列 (Permutation)

- 異なる  $n$  個のものから  $r$  個を選んだ「並べ方」を、 $n$  個から  $r$  個をとる「順列」という

$$\begin{aligned} {}_n P_r &= n \times (n-1) \times (n-2) \times \dots \times (n-r+1) \\ &= \frac{n!}{(n-r)!} \end{aligned}$$

- $n$  個から  $n$  個をとる順列

$${}_n P_n = n \times (n-1) \times (n-2) \times \dots \times 2 \times 1 = n!$$

- 7 個から 3 個をとる順列

$${}_7 P_3 = 7 \times 6 \times 5 = 210$$

- また次のようなことがいえる ( $n$  個から0個をとる順列)

$${}_n P_0 = 0$$

## 組み合わせ (Combination)

- 異なる  $n$  個のものから  $r$  個を選ぶときの組み合わせを、 $n$  個から  $r$  個をとる「組み合わせ」という

$$\begin{aligned} {}_n C_r &= \frac{{}_n P_r}{r!} \\ &= \frac{n \times (n-1) \times \dots \times (n-r+1)}{r!} \\ &= \frac{n!}{r!(n-r)!} \end{aligned}$$

- 4 個から 3 個をとる組み合わせ

$${}_4 C_3 = \frac{4 \times 3 \times 2}{1 \times 2 \times 3} = 4$$

- なぜ  ${}_n C_r = {}_n P_r / r!$  となるか？

○ {a, b, c, d, e} の5つから {a, b, c} の3つを選ぶ場合を考えると...

- 順列は次の  $3! = 6$  通りとなる

{a,b,c}, {a,c,b}, {b,a,c}, {b,c,a}, {c,a,b}, {c,b,a}

- 組み合わせでは順序を考えないので、順列の結果を選び出した3つの場合の数  $3! = 6$  で割ってやればよい

- また次のようなことがいえる

$$\begin{aligned} {}_n C_0 &= 1 \\ {}_n C_1 &= n \\ {}_n C_n &= 1 \\ {}_n C_r &= {}_n C_{n-r} \end{aligned}$$

## Excelで順列と組み合わせを計算

### 階乗

- 数値の階乗を計算するには、**FACT**関数を利用します。

#### FACT(数値の階乗の値を返す)

- 書式 : FACT(数値)
- 引数 : 数値 ... : 階乗を求める正の整数 (小数点以下がある数値を指定すると小数点以下が切り捨て)
- 例 : 10の階乗を計算する

```
=FACT(10)
```

### 順列

- 順列 (異なる  $n$  個のものから  $r$  個を選んだ並べ方) を求めるには、**PERMUT**関数を利用します。

#### PERMUT(順列の値を返す)

- 書式 : PERMUT(総数, 抜き取り数)
- 引数 : 総数 ... : 選びとる対象となる全体の数
- 引数 : 抜き取り数 ... : 選びとる数
- 例 : 8個のものから3個を取る順列の値を計算する

```
=PERMUT(8, 3)
```

### 組み合わせ

- 組み合わせ (異なる  $n$  個のものから  $r$  個を選ぶときの組み合わせ) を求めるには、**COMBIN**関数を利用します。

#### COMBIN(組み合わせの値を返す)

- 書式 : COMBIN(総数, 抜き取り数)
- 引数 : 総数 ... : 抜き取る対象となる全体の数
- 引数 : 抜き取り数 ... : 抜き取る組み合わせ 1 組に含まれる項目の数
- 例 : 8個のものから3個を選ぶときの組み合わせの値を計算する

```
=COMBIN(8, 3)
```