1 統計の基礎

1.2 サイコロの目の数の期待値と分散

テキスト

芳賀敏郎（2011）医薬品開発のための統計解析
第１部　基礎　改訂版、サイエンティスト社、p.275

1.2 サイコロの目の数の期待値と分散

p.13

テキストの
該当ページ

（1）確率
（2）期待値
（3）分散、標準偏差
（4）確率変数と離散変数の分布
（5）連続変数の分布

（1）確率

サイコロの目の出る「確率」

サイコロの目と賞金

p.13

●前節　宝くじ

１本当たりの賞金額（期待値）、分散、標準偏差を求めた

全部の宝くじを買い占めたとして計算（N, n_iを設定）

宝くじ 00352

●本節　サイコロの出た目の数が賞金（はずれなし）

１回投げて得られる賞金額（期待値）、分散、標準偏差を求める

サイコロは何回でも投げられる

（宝くじの買占めに相当することが不可、N, n_iは設定不可）

確率 π_i を直接使って計算

サイコロの目	1	2	3	4	5	6
賞金（円）	1	2	3	4	5	6

確率 π と割合 p

p.13

●サイコロを投げたとき、１の目が出る確率 π

$$\pi = \frac{1}{6}$$ （正しいサイコロと仮定）

60回投げたら、１の目が必ず10回出るということではない

●サイコロを n 回投げたとき、１の目が出た回数 r とその割合 p

$$p = \frac{r}{n}$$

p の値は実験ごとに異なるが、n が大きくなると $\pi = 1/6$ に近付く

→ 確かめる

●確率 π と割合 p

１の目の出る確率 π、１の目の出た割合 p、両者を区別

（π はアルファベット p に相当するギリシャ文字　p.46参照）

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

p.13

●サイコロを100～1000回投げる実験

n 回（100≦n≦1000）のうち１の目が出た回数 r、割合 $p = r/n$

p の値は n が大きくなると π=1/6 に近付くことを確認したい

●サイコロを投げる代わりに、乱数によるシミュレーションを利用

１～６の整数が同じ確率（1/6）で現れる乱数を利用

Excel の分析ツール

6, 3, 6, 3, 2, 5,
6, 1, 2, 6 ,2, 1,
1, 6, 6, 1, 2・・・

1

1～6が同じ割合（1/6）で
含まれる集団

1

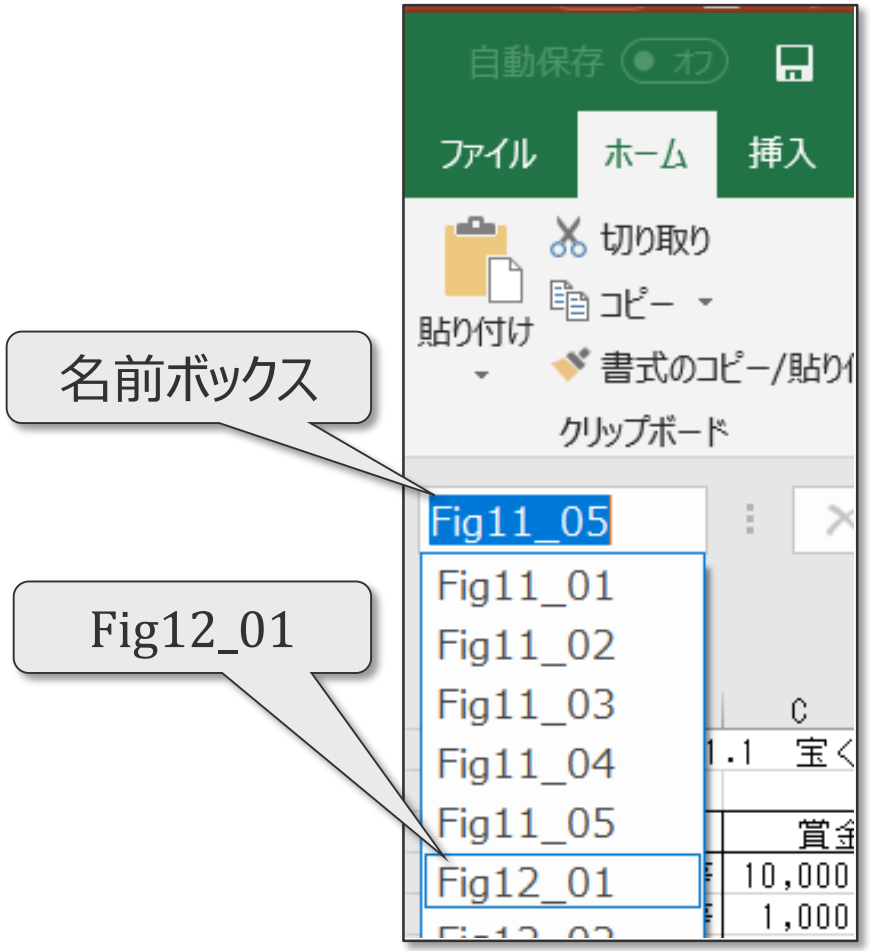
サイコロを投げる実験（シミュレーション）

- Excelファイル「基本改1.xls」を読み込み

  表示1.2.1　を表示

表示1.2.1　サイコロで１～６の目の出る割合
とサイコロの目の平均

	100	200	300	400	500	600	700
1	0.200	0.210	0.193	0.188	0.186	0.173	0.167
2	0.200	0.155	0.147	0.155	0.164	0.160	0.156
3	0.150	0.140	0.147	0.143	0.146	0.155	0.161
4	0.140	0.150	0.153	0.170	0.170	0.167	0.169
5	0.090	0.160	0.157	0.163	0.156	0.158	0.161
6	0.220	0.185	0.203	0.183	0.178	0.187	0.186
平均値	3.380	3.450	3.543	3.513	3.480	3.537	3.559

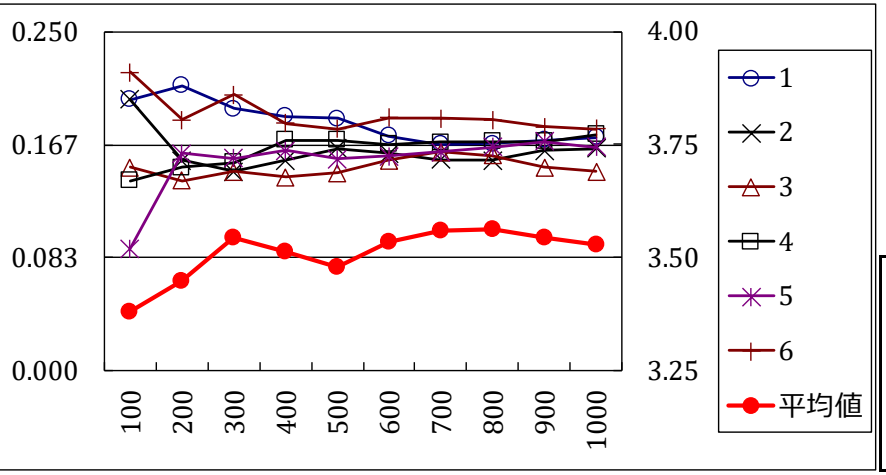


サイコロを投げる実験（シミュレーション）

表示1.2.1 サイコロで
1～6の目の出る割合と
サイコロの目の平均

目の数

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000		
3	1	0.200	0.210	0.193	0.188	0.186	0.173	0.167	0.168	0.170	0.172		
4	2	0.200	0.155	0.147	0.155	0.164	0.160	0.156	0.155	0.162	0.164		
5	3	0.150	0.140	0.147	0.143	0.146	0.155	0.161	0.159	0.150	0.147		
6	4	0.140	0.150	0.153	0.170	0.170	0.167	0.169	0.169	0.169	0.174		
7	5	0.090	0.160	0.157	0.163	0.156	0.158	0.161	0.165	0.169	0.165		
8	6	0.220	0.185	0.203	0.183	0.178	0.187	0.186	0.185	0.180	0.178		
9													
10	平均値	3.380	3.450	3.543	3.513	3.480	3.537	3.559	3.564	3.544	3.530		
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26	1	6	3	6	3	2	5	6	1	2	6		
27	2	2	1	6	6	1	2	3	1	4	4		
	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・		
	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・		
124	99	2	6	2	4	1	2	2	6	6	2		
125	100	6	4	2	5	5	2	3	4	1	2		



1	0.1667
2	0.1667
3	0.1667
4	0.1667
5	0.1667
6	0.1667

投げる回数

目が出た割合

目の平均値

目の数と確率
1/6=0.1667

乱数(1～6)
100行×10列
=1000

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

表示1.2.1 サイコロで
1～6の目の出る割合と
サイコロの目の平均

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000		
3	1	0.200	0.210	0.193	0.188	0.186	0.173	0.167	0.168	0.170	0.172		
4	2	0.200	0.155	0.147	0.155	0.164	0.160	0.156	0.155	0.162	0.164		
5	3	0.150	0.140	0.147	0.143	0.146	0.155	0.161	0.159	0.150	0.147		
6	4	0.140	0.1[illegible]	0.153	0.170	0.170	0.167	0.169	0.169	0.169	0.174		
7	5	0.090	0.16[illegible]	0.157	0.163	0.156	0.158	0.161	0.165	0.169	0.165		
8	6	0.220	0.185	[illegible]203	0.183	0.178	0.187	0.186	0.185	0.180	0.178		
9													
10	平均値	3.380	3.450	[illegible]	3.513	3.480	3.537	3.559	3.564	3.544	3.530		
11													

投げる回数

目が出た割合

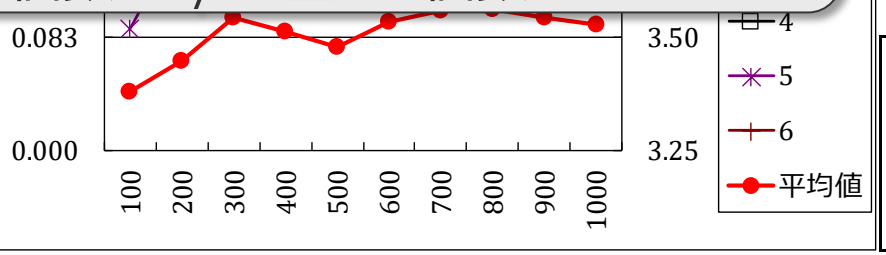
目の数

目の平均値

B3 の内容

=COUNTIF(B26 : B$125, $A3) / COUNT(B26 : B$125)

$A3 の個数　/　全ての個数



1	0.1667
2	0.1667
3	0.1667
4	0.1667
5	0.1667
6	0.1667

目の数と確率
1/6=0.1667

26	1	6	3	6	3	2	5	6	1	2	6
27	2	2	1	6	6	1	2	3	1	4	4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
124	99	2	6	2	4	1	2	2	6	6	2
125	100	6	4	2	5	5	2	3	4	1	2

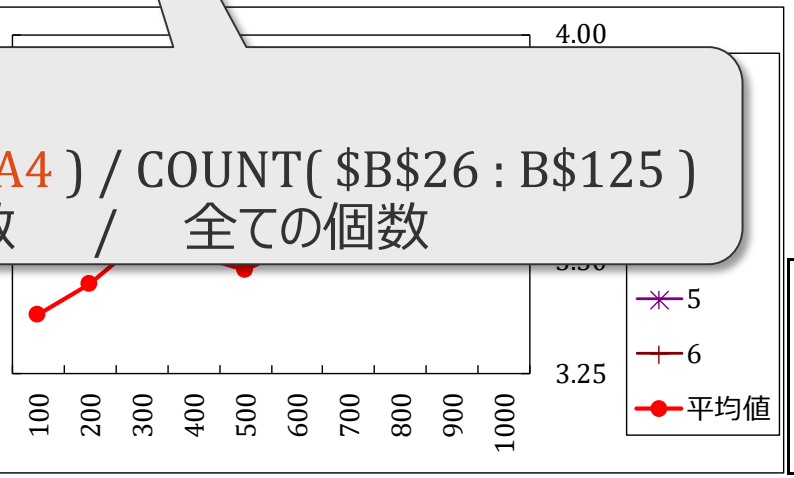
B26 : B$125
100行 ×1列

乱数(1～6)
100行×10列
=1000

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

表示1.2.1 サイコロで
1～6の目の出る割合と
サイコロの目の平均

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000		
3	1	0.200	0.210	0.193	0.188	0.186	0.173	0.167	0.168	0.170	0.172		
4	2	0.200	0.155	0.147	0.155	0.164	0.160	0.156	0.155	0.162	0.164		
5	3	0.150	0.140	0.147	0.143	0.146	0.155	0.161	0.159	0.150	0.147		
6	4	0.140	0.150	0.153	0.170	0.170	0.167	0.169	0.169	0.169	0.174		
7	5	0.090	0.1[illegible]	0.157	0.163	0.156	0.158	0.161	0.165	0.169	0.165		
8	6	0.220	0.18[illegible]	0.203	0.183	0.178	0.187	0.186	0.185	0.180	0.178		
9													
10	平均値	3.380	3.450	[illegible]43	3.513	3.480	3.537	3.559	3.564	3.544	3.530		
11													
12													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26	1	6	3	6	3	2	5	6	1	2	6		
27	2	2	1	6	6	1	2	3	1	4	4		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
124	99	2	6	2	4	1	2	2	6	6	2		
125	100	6	4	2	5	5	2	3	4	1	2		



1	0.1667
2	0.1667
3	0.1667
4	0.1667
5	0.1667
6	0.1667

投げる回数

目が出た割合

目の平均値

目の数

B4 の内容

=COUNTIF(B26 : B$125, $A4) / COUNT(B26 : B$125)

$A4 の個数　/　全ての個数

目の数と確率
1/6=0.1667

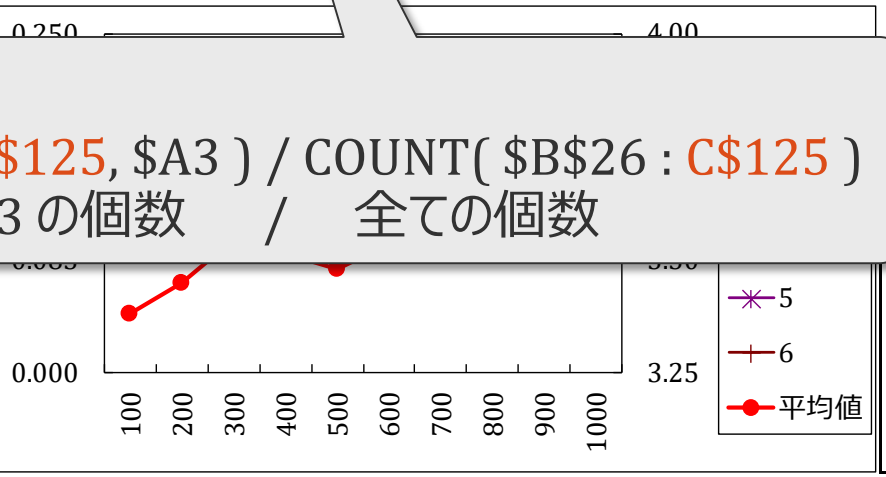
B26 : B$125
100行 ×1列

乱数(1～6)
100行×10列
=1000

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

表示1.2.1 サイコロで
1～6の目の出る割合と
サイコロの目の平均

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000		
3	1	0.200	0.210	0.193	0.188	0.186	0.173	0.167	0.168	0.170	0.172		
4	2	0.200	0.155	[illegible]	0.155	0.164	0.160	0.156	0.155	0.162	0.164		
5	3	0.150	0.140	[illegible]	0.143	0.146	0.155	0.161	0.159	0.150	0.147		
6	4	0.140	0.150	[illegible]	0.170	0.170	0.167	0.169	0.169	0.169	0.174		
7	5	0.090	0.160	[illegible]	0.163	0.156	0.158	0.161	0.165	0.169	0.165		
8	6	0.220	0.185	[illegible]	[illegible]	0.178	0.187	0.186	0.185	0.180	0.178		
9													
10	平均値	3.380	3.450	3.543	[illegible]	3.480	3.537	3.559	3.564	3.544	3.530		
11													
12													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26	1	6	3	6	3	2	5	6	1	2	6		
27	2	2	1	6	6	1	2	3	1	4	4		
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
124	99	2	6	2	4	1	2	2	6	6	2		
125	100	6	4	2	5	5	2	3	4	1	2		



1	0.1667
2	0.1667
3	0.1667
4	0.1667
5	0.1667
6	0.1667

投げる回数

目が出た割合

目の平均値

目の数

C3 の内容

=COUNTIF(B26 : C$125, $A3) / COUNT(B26 : C$125)

$A3 の個数　/　全ての個数

目の数と確率
1/6=0.1667

B26 : C$125
100行 ×2列

乱数(1～6)
100行×10列
=1000

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

表示1.2.1 サイコロで
1～6の目の出る割合と
サイコロの目の平均

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000		
3	1	0.200	0.210	0.193	0.188	0.186	0.173	0.167	0.168	0.170	0.172		
4	2	0.200	0.155	0.147	0.155	0.164	0.160	0.156	0.155	0.162	0.164		
5	3	0.150	0.140	0.147	0.143	0.146	0.155	0.161	0.159	0.150	0.147		
6	4	0.140	0.150	0.153	0.170	0.170	0.167	0.169	0.169	0.169	0.174		
7	5	0.090	0.160	0.157	0.163	0.156	0.158	0.161	0.165	0.169	0.165		
8	6	0.220	0.185	0.203	0.183	0.178	0.187	0.186	0.185	0.180	0.178		
9													
10	平均値	3.380	3.450	3.543	3.513	3.480	3.537	3.559	3.564	3.544	3.530		
11													

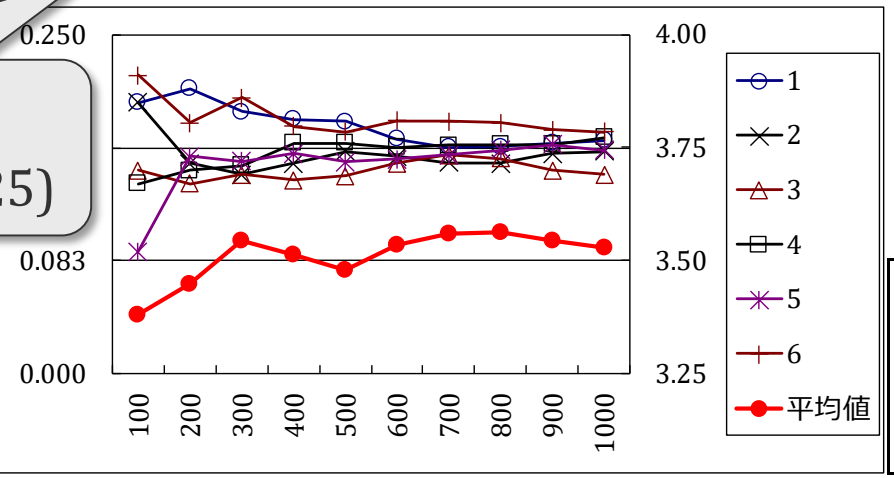
投げる回数

目が出た割合

目の数

目の平均値

B10の内容
=AVERAGE(B26 : B$125)



1	0.1667
2	0.1667
3	0.1667
4	0.1667
5	0.1667
6	0.1667

目の数と確率
1/6=0.1667

26	1	6	3	6	3	2	5	6	1	2	6
27	2	2	1	6	6	1	2	3	1	4	4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
124	99	2	6	2	4	1	2	2	6	6	2
125	100	6	4	2	5	5	2	3	4	1	2

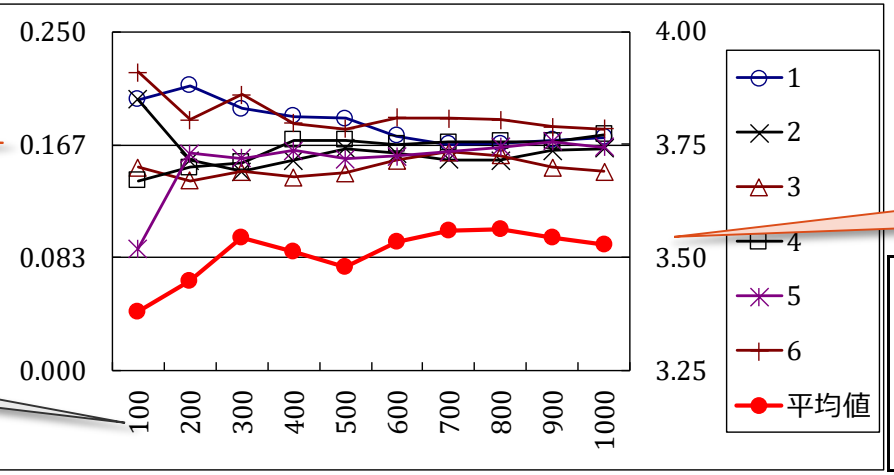
B26 : B$125
100行 ×1列

乱数(1～6)
100行×10列
=1000

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

表示1.2.1 サイコロで
1～6の目の出る割合と
サイコロの目の平均

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000		
3	1	0.200	0.210	0.193	0.188	0.186	0.173	0.167	0.168	0.170	0.172		
4	2	0.200	0.155	0.147	0.155	0.164	0.160	0.156	0.155	0.162	0.164		
5	3	0.150	0.140	0.147	0.143	0.146	0.155	0.161	0.159	0.150	0.147		
6	4	0.140	0.150	0.153	0.170	0.170	0.167	0.169	0.169	0.169	0.174		
7	5	0.090	0.160	0.157	0.163	0.156	0.158	0.161	0.165	0.169	0.165		
8	6	0.220	0.185	0.203	0.183	0.178	0.187	0.186	0.185	0.180	0.178		
9													
10	平均値	3.380	3.450	3.543	3.513	3.480	3.537	3.559	3.564	3.544	3.530		
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26	1	6	3	6	3	2	5	6	1	2	6		
27	2	2	1	6	6	1	2	3	1	4	4		
	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・		
	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・		
124	99	2	6	2	4	1	2	2	6	6	2		
125	100	6	4	2	5	5	2	3	4	1	2		



1	0.1667
2	0.1667
3	0.1667
4	0.1667
5	0.1667
6	0.1667

目の数

投げる回数

目が出た割合

目の平均値

目が出た割合
1/6=0.167

目の平均値
3.50

投げる回数

目の数と確率
1/6=0.1667

乱数(1～6)
100行×10列
=1000

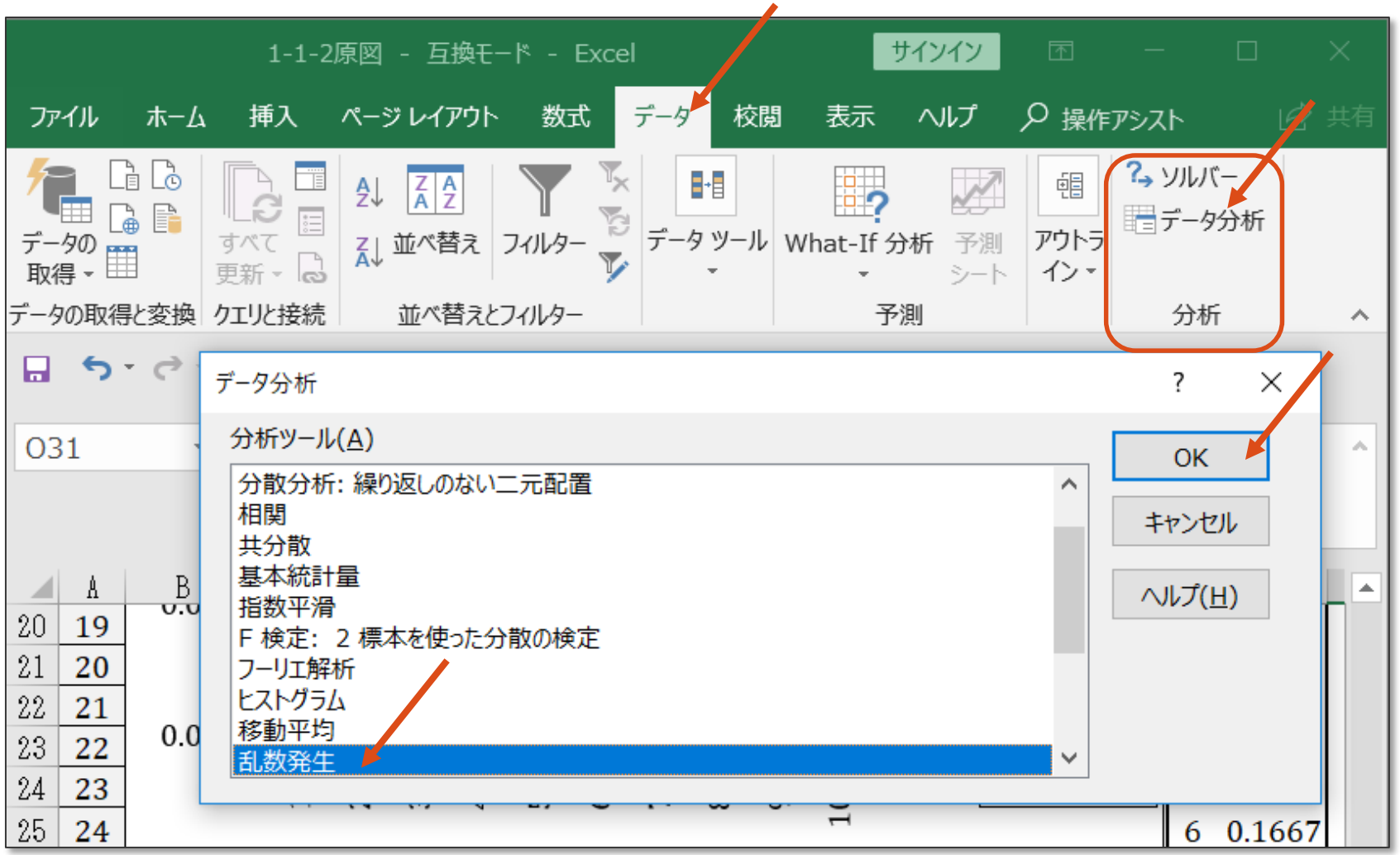
サイコロを投げる実験（シミュレーション）

- 演習1.2.1 （p.16 ）

  Excelファイル「基本改1.xls」
  表示1.2.1 を利用
  乱数を発生させて
  シミュレーションを行う

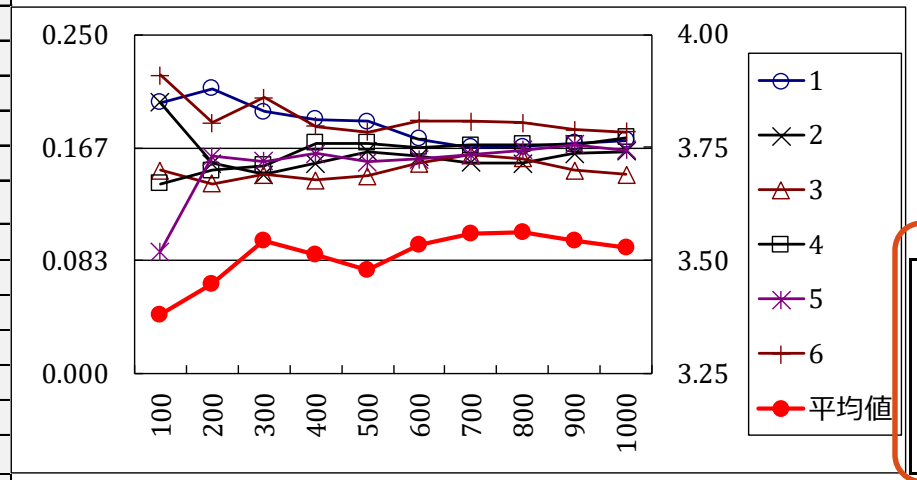
- 乱数発生

  [データ]＞[分析]＞
  [データ分析]＞[乱数発生]



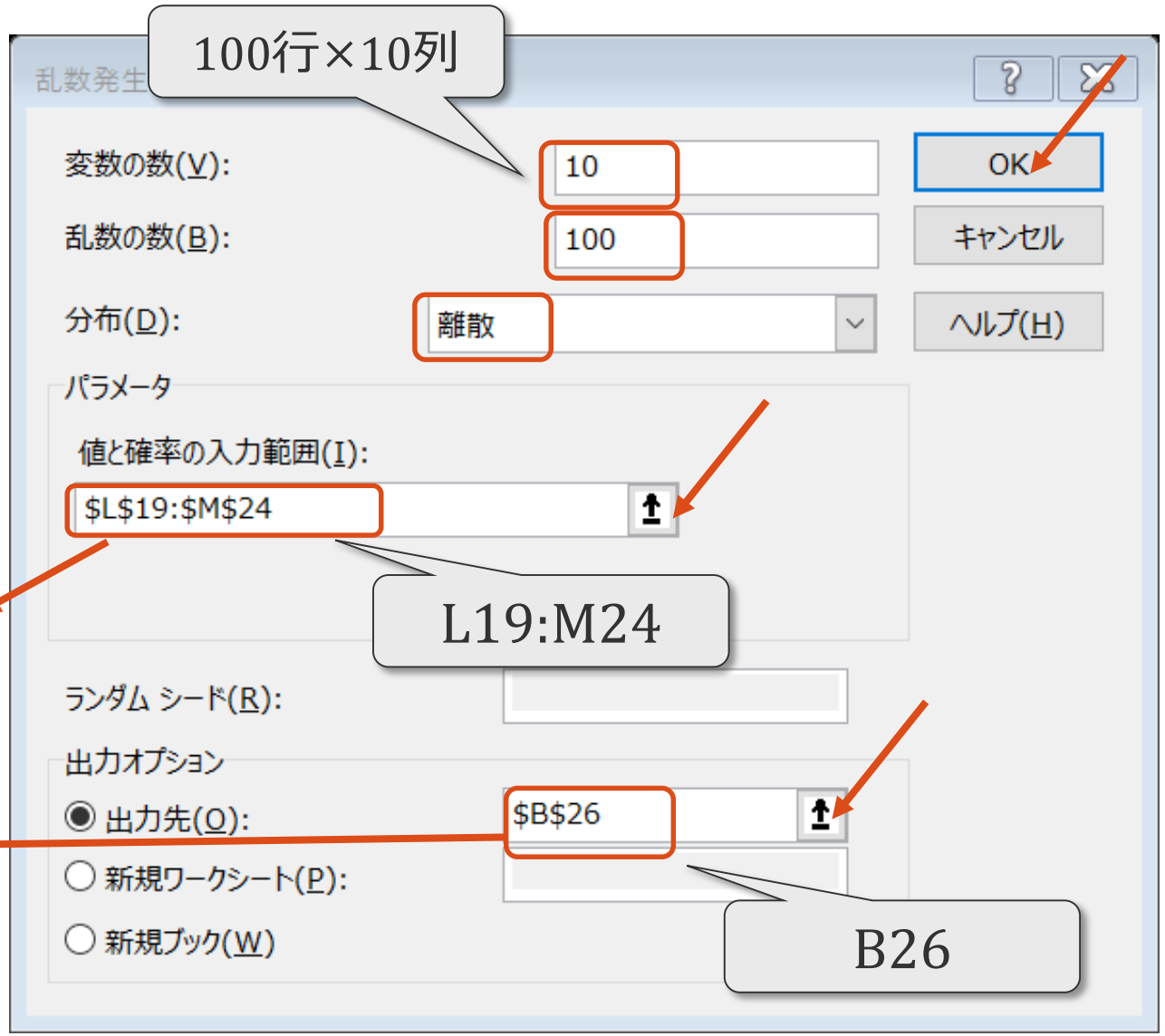
サイコロを投げる実験（シミュレーション）

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
3	1	0.200	0.210	0.193	0.188	0.186	0.173	0.167	0.168	0.170	0.172
4	2	0.200	0.155	0.147	0.155	0.164	0.160	0.156	0.155	0.162	0.164
5	3	0.150	0.140	0.147	0.143	0.146	0.155	0.161	0.159	0.150	0.147
6	4	0.140	0.150	0.153	0.170	0.170	0.167	0.169	0.169	0.169	0.174
7	5	0.090	0.160	0.157	0.163	0.156	0.158	0.161	0.165	0.169	0.165
8	6	0.220	0.185	0.203	0.183	0.178	0.187	0.186	0.185	0.180	0.178
9											
10	平均値	3.380	3.450	3.543	3.513	3.480	3.537	3.559	3.564	3.544	3.530



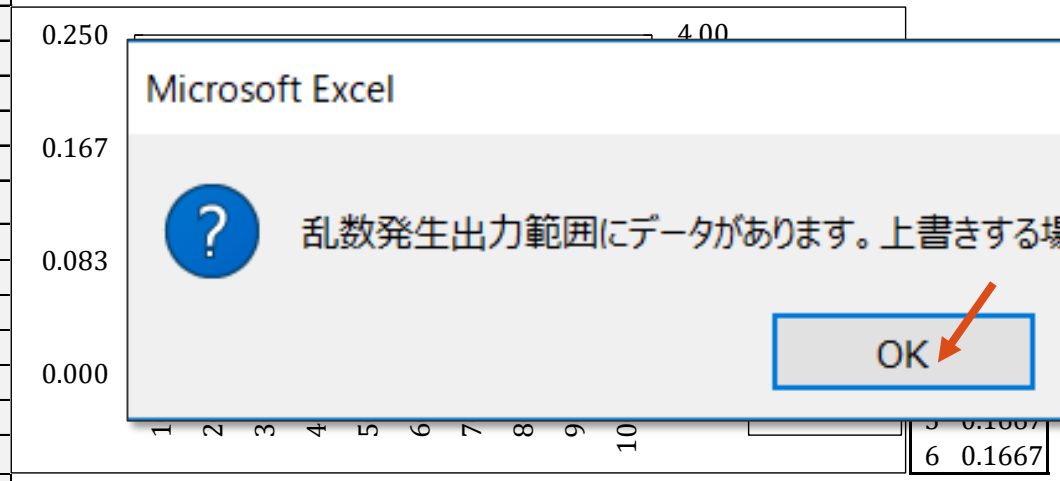
1	0.1667
2	0.1667
3	0.1667
4	0.1667
5	0.1667
6	0.1667

26	1	6	3	6	3	2	5	6	1	2	6
27	2	2	1	6	6	1	2	3	1	4	4
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
124	99	2	6	2	4	1	2	2	6	6	2
125	100	6	4	2	5	5	2	3	4	1	2



サイコロを投げる実験（シミュレーション）

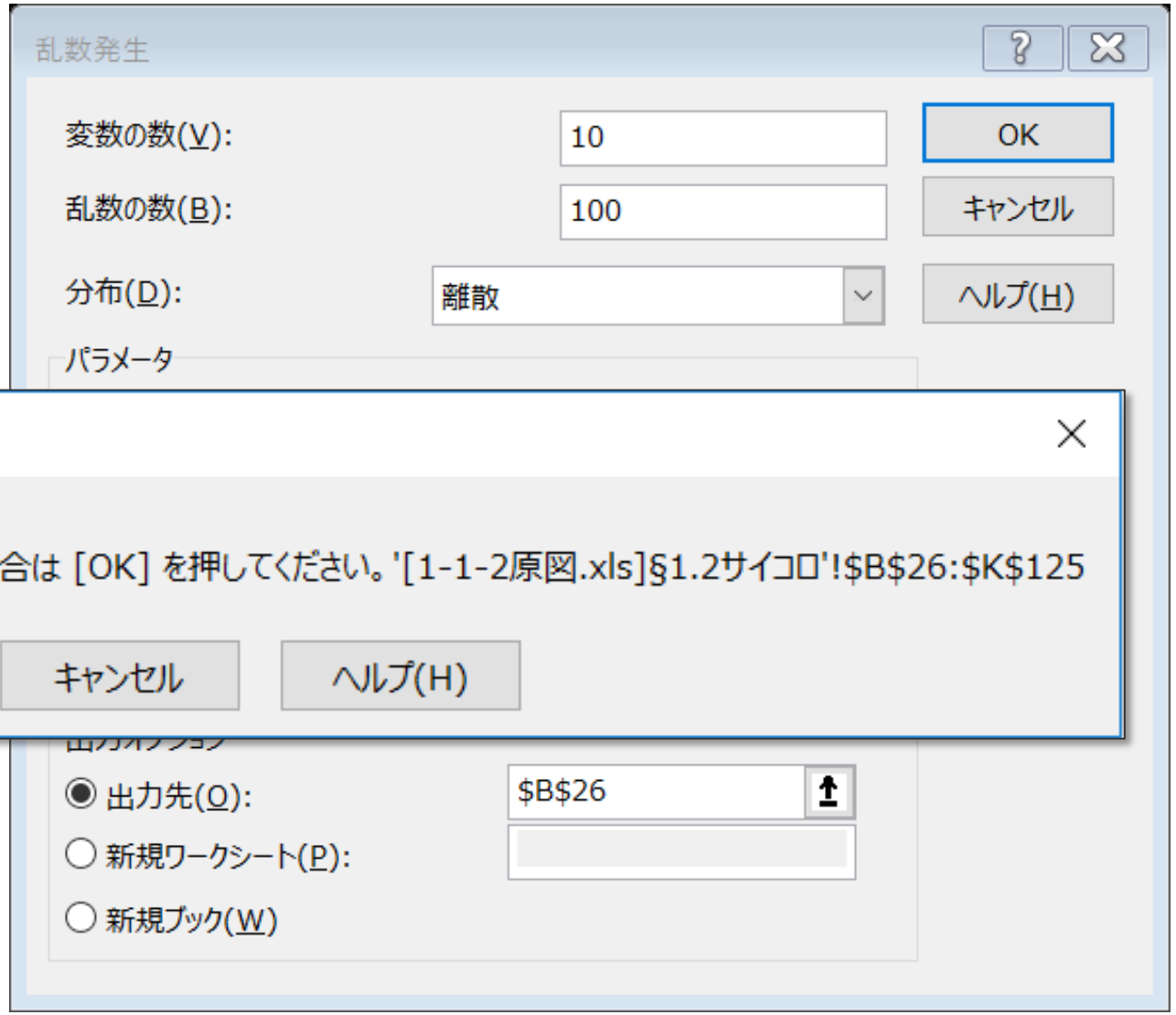
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
3	1	0.200	0.210	0.193	0.188	0.186	0.173	0.167	0.168	0.170	0.172
4	2	0.200	0.155	0.147	0.155	0.164	0.160	0.156	0.155	0.162	0.164
5	3	0.150	0.140	0.147	0.143	0.146	0.155	0.161	0.159	0.150	0.147
6	4	0.140	0.150	0.153	0.170	0.170	0.167	0.169	0.169	0.169	0.174
7	5	0.090	0.160	0.157	0.163	0.156	0.158	0.161	0.165	0.169	0.165
8	6	0.220	0.185	0.203	0.183	0.178	0.187	0.186	0.185	0.180	0.178
9											
10	平均値	3.380	3.450	3.543	3.513	3.480	3.537	3.559	3.564	3.544	3.530

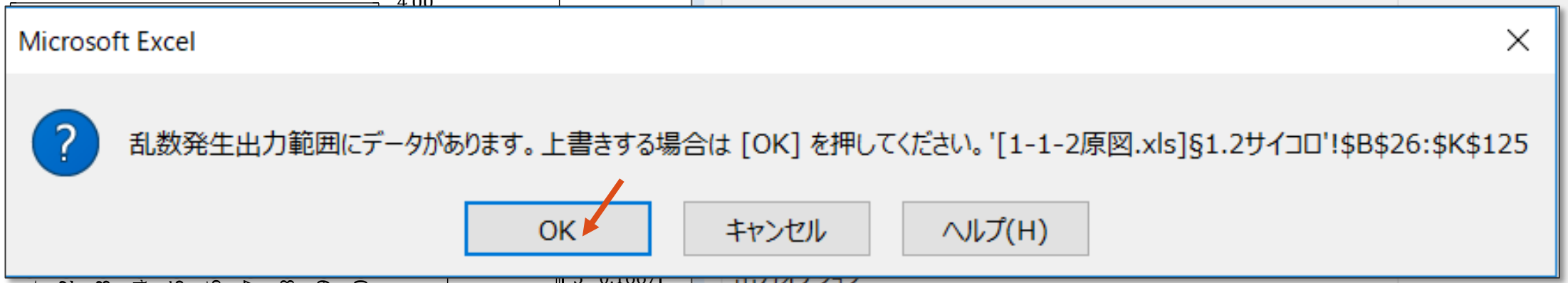


5	0.1667	
6	0.1667	

26	1	6	3	6	3	2	5	6	1	2	6
27	2	2	1	6				3	1	4	4
	⋮	⋮	⋮	⋮				⋮	⋮	⋮	⋮
124	99	2	6	2	4	1	2	2	6	6	2
125	100	6	4	2	5	5	2	3	4	1	2

上書き

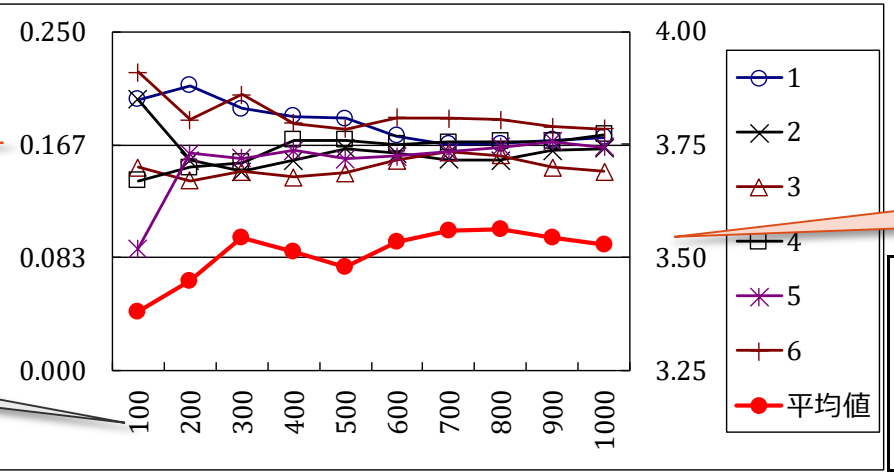




サイコロを投げる実験（シミュレーション）

表示1.2.1 サイコロで
1～6の目の出る割合と
サイコロの目の平均

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000		
3	1	0.200	0.210	0.193	0.188	0.186	0.173	0.167	0.168	0.170	0.172		
4	2	0.200	0.155	0.147	0.155	0.164	0.160	0.156	0.155	0.162	0.164		
5	3	0.150	0.140	0.147	0.143	0.146	0.155	0.161	0.159	0.150	0.147		
6	4	0.140	0.150	0.153	0.170	0.170	0.167	0.169	0.169	0.169	0.174		
7	5	0.090	0.160	0.157	0.163	0.156	0.158	0.161	0.165	0.169	0.165		
8	6	0.220	0.185	0.203	0.183	0.178	0.187	0.186	0.185	0.180	0.178		
9													
10	平均値	3.380	3.450	3.543	3.513	3.480	3.537	3.559	3.564	3.544	3.530		
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26	1	6	3	6	3	2	5	6	1	2	6		
27	2	2	1	6	6	1	2	3	1	4	4		
	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・		
	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・		
124	99	2	6	2	4	1	2	2	6	6	2		
125	100	6	4	2	5	5	2	3	4	1	2		



1	0.1667
2	0.1667
3	0.1667
4	0.1667
5	0.1667
6	0.1667

投げる回数

目が出た割合

目の数

目の平均値

目が出た割合
1/6=0.167

目の平均値
3.50

投げる回数

目の数と確率
1/6=0.1667

乱数(1～6)
100行×10列
=1000

（2）期待値

サイコロの目の期待値

１回当たりの賞金の平均（$\bar{x}$）と期待値（E[x]）

p.15

●サイコロを n 回投げたときの平均（1が r_1 回、2が r_2 回･･･、6が r_6 回）

$$\bar{x} = \frac{r_1 + 2r_2 + 3r_3 + 4r_4 + 5r_5 + 6r_6}{n} = \sum_{x=1}^{6} \frac{xr_x}{n} = \sum_{x=1}^{6} x\frac{r_x}{n}$$

$$= 1p_1 + 2p_2 + \cdots + 6p_6 = \sum_{x=1}^{6} xp_x$$

目の数（賞金）（x）	出た回数（r）	賞金（xr）	割合（p）
1	r_1	r_1	r_1/n
2	r_2	$2r_2$	r_2/n
3	r_3	$3r_3$	r_3/n
4	r_4	$4r_4$	r_4/n
5	r_5	$5r_5$	r_5/n
6	r_6	$6r_6$	r_6/n
合計	n		

●サイコロを無限回投げたときの１回当たりの期待値

$$\mathrm{E}[x] = 1\pi_1 + 2\pi_1 + \cdots + 6\pi_6 = \sum_{x=1}^{6} x\pi_x \quad (1.2.1)$$

$$= \sum_{x=1}^{6} x\frac{1}{6} = (1+2+3+4+5+6)\frac{1}{6} = 3.5$$

１回当たりの賞金の平均（$\bar{x}$）と期待値（E[x]）

p.15

●サイコロを n 回投げたときの平均（1が r_1 回、2が r_2 回･･･、6が r_6 回）

$$\bar{x} = \frac{r_1 + 2r_2 + 3r_3 + 4r_4 + 5r_5 + 6r_6}{n} = \sum_{x=1}^{6} \frac{xr_x}{n} = \sum_{x=1}^{6} x\frac{r_x}{n}$$

$$= 1p_1 + 2p_2 + \cdots + 6p_6 = \sum_{x=1}^{6} xp_x$$

●サイコロを無限回投げたときの１回当たりの期待値

$$\mathrm{E}[x] = 1\pi_1 + 2\pi_1 + \cdots + 6\pi_6 = \sum_{x=1}^{6} x\pi_x \quad (1.2.1)$$

$$= \sum_{x=1}^{6} x\frac{1}{6} = (1+2+3+4+5+6)\frac{1}{6} = 3.5$$

期待値 E[x]
平均値 μ

目の数（賞金）（x）	出た回数（r）	賞金（xr）	割合（p）
1	r_1	r_1	r_1/n
2	r_2	$2r_2$	r_2/n
3	r_3	$3r_3$	r_3/n
4	r_4	$4r_4$	r_4/n
5	r_5	$5r_5$	r_5/n
6	r_6	$6r_6$	r_6/n
合計	n		

１回当たりの賞金の平均（$\bar{x}$）と期待値（E[x]）

p.16

●サイコロを n 回投げたときの平均（1が r_1 回、2が r_2 回･･･、6が r_6 回）

$$\bar{x} = \frac{r_1 + 2r_2 + 3r_3 + 4r_4 + 5r_5 + 6r_6}{n} = \sum_{x=1}^{6} \frac{xr_x}{n} = \sum_{x=1}^{6} x\frac{r_x}{n}$$

$$= 1p_1 + 2p_2 + \cdots + 6p_6 = \sum_{x=1}^{6} xp_x$$

●サイコロを無限回投げたときの１回当たりの期待値

$$\mathrm{E}[x] = 1\pi_1 + 2\pi_1 + \cdots + 6\pi_6 = \sum_{x=1}^{6} x\pi_x \quad (1.2.1)$$

$$= \sum_{x=1}^{6} x\frac{1}{6} = (1+2+3+4+5+6)\frac{1}{6} = 3.5$$

各賞金額とその確率の積の和

表示1.2.2 サイコロの目の期待値と分散の計算

x	π_x	$x^*\pi_x$
1	1/6	1/6
2	1/6	2/6
3	1/6	3/6
4	1/6	4/6
5	1/6	5/6
6	1/6	6/6
合計	6/6	21/6
	1	3.5
	必ず１	E[x]

（3）分散、標準偏差

サイコロの目の分散と標準偏差

分散

●偏差

偏差（期待値と実際に得られる値との差）

$\mu, E[x]$は期待される金額

実際に得られる賞金額 x はこれよりも大きいときも、小さいときもある

期待値と実際の値との差 d

$$d = x - \mu$$

各賞金ごとに－2.5～2.5

この平均的な大きさを求める

宝くじの場合と同様に考えて、

分散 V[x] を求める

表示1.2.2　サイコロの目の期待値と分散の計算

x	π_x	$x*\pi_x$	$x - \mu = d$	π_x*d	d^2	π_x*d^2
1	1/6	1/6	-2.5	-2.5/6	6.25	6.25/6
2	1/6	2/6	-1.5	-1.5/6	2.25	2.25/6
3	1/6	3/6	-0.5	-0.5/6	0.25	0.25/6
4	1/6	4/6	0.5	0.5/6	0.25	0.25/6
5	1/6	5/6	1.5	1.5/6	2.25	2.25/6
6	1/6	6/6	2.5	2.5/6	6.25	6.25/6
合計	6/6	21/6		0.0		17.5/6
	1	3.5				2.917
	必ず 1	E[x]		必ず0		V[x]

分散

p.17

$$\mathrm{V}[x] = \mathrm{E}[d^2] = \sum_{x=1}^{6} \pi_x d^2 \qquad (1.2.2)$$

$$= \frac{1}{6} \times \{(-2.5)^2 + (-1.5)^2 + (-0.5)^2 + 0.5^2 + 1.5^2 + 2.5^2\} = 2.917$$

$$\mathrm{V}[x] = \mathrm{E}[d^2]$$

$$= \sum_{i=1}^{m} (d_i^2 \pi_i) \qquad (1.1.5)$$

表示1.2.2　サイコロの目の期待値と分散の計算

x	π_x	$x*\pi_x$	$x - \mu = d$	π_x*d	d^2	π_x*d^2
1	1/6	1/6	-2.5	-2.5/6	6.25	6.25/6
2	1/6	2/6	-1.5	-1.5/6	2.25	2.25/6
3	1/6	3/6	-0.5	-0.5/6	0.25	0.25/6
4	1/6	4/6	0.5	0.5/6	0.25	0.25/6
5	1/6	5/6	1.5	1.5/6	2.25	2.25/6
6	1/6	6/6	2.5	2.5/6	6.25	6.25/6
合計	6/6	21/6		0.0		17.5/6
	1	3.5				2.917
	必ず 1	E[x]		必ず0		V[x]

分散と標準偏差

p.17

●分散と標準偏差

$$\mathrm{V}[x] = E[d^2] = \sum_{x=1}^{6} \pi_x d^2 \qquad (1.2.2)$$

$$= \frac{1}{6} \times \{(-2.5)^2 + (-1.5)^2 + (-0.5)^2 + 0.5^2 + 1.5^2 + 2.5^2\} = 2.917$$

$$\mathrm{D}[x] = \sqrt{\mathrm{V}[x]} = 1.708 \qquad (1.2.3)$$

●分散と標準偏差の表し方

分散　$\mathrm{V}[x]$　σ^2　　標準偏差　$\mathrm{D}[x]$　σ

●分散と標準偏差の使い分け

分散　　数理統計学で、ばらつきを表す基本的な役割を果たす

標準偏差　元の値と同じ単位、データの解析報告書など、統計を応用する場面で利用

（4）確率変数と離散変数の分布

離散変数の確率分布

●確率変数と確率分布

確率変数：ある規則に従って変化する値

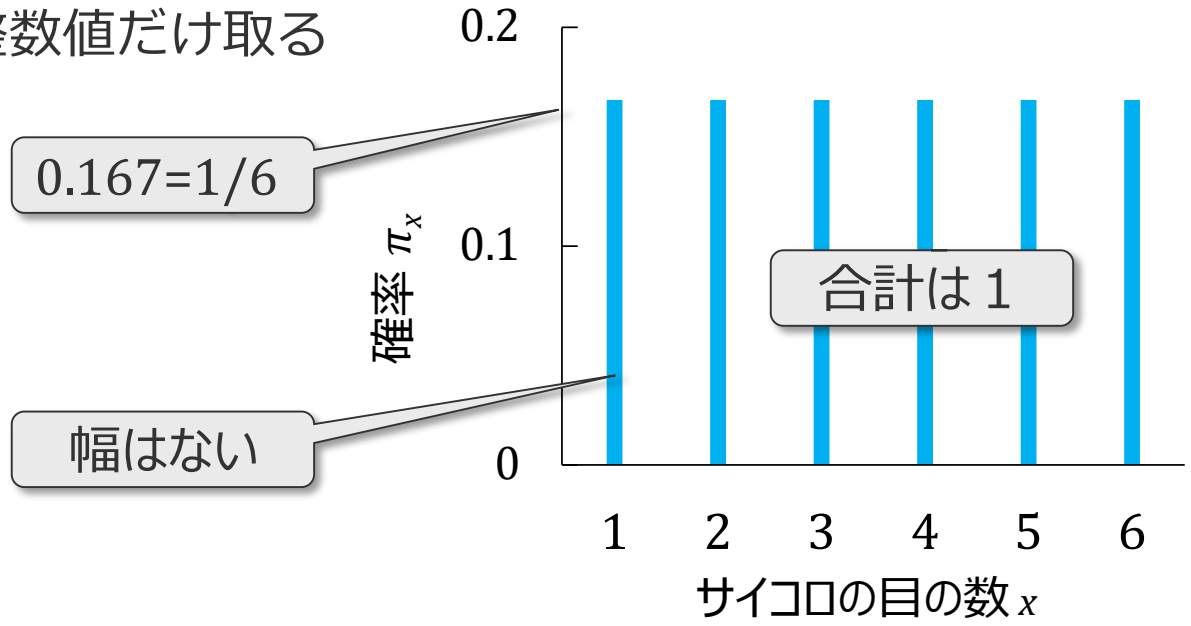
確率分布：確率変数がある値を取る確率と値との関係

●離散変数の確率分布

サイコロの目

xは１～６の整数値だけ取る

表示1.2.3
サイコロの目の数の分布



表示1.2.2
サイコロの目の
期待値と分散の計算

x	π_x	$x*\pi_x$
1	1/6	1/6
2	1/6	2/6
3	1/6	3/6
4	1/6	4/6
5	1/6	5/6
6	1/6	6/6
合計	6/6	21/6
	1	3.5
	必ず１	E[x]

（5）連続変数の分布

連続変数

p.18

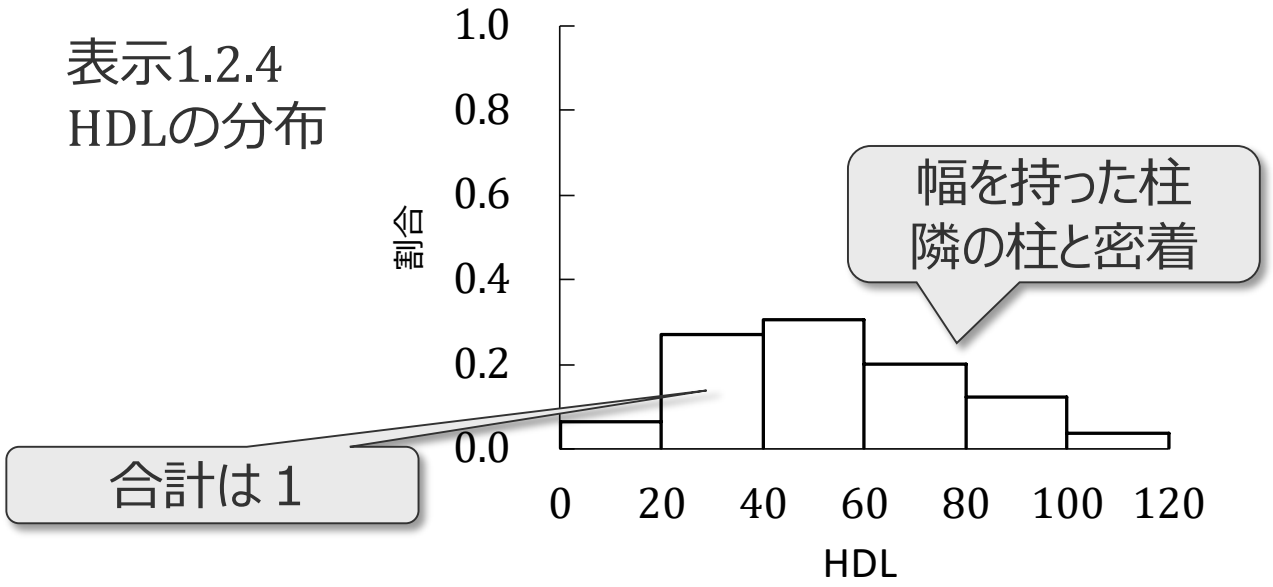
●離散変数と連続変数

量的変数	離散変数	とびとびの値をとる変数	サイコロの出る目
	連続変数	連続した値をとる変数	重さ、長さ、温度
質的変数			男女、処理区

●連続変数の例

ある成人男子集団277人の、血液中HLDコレステロール値

表示1.2.4
HDLの分布

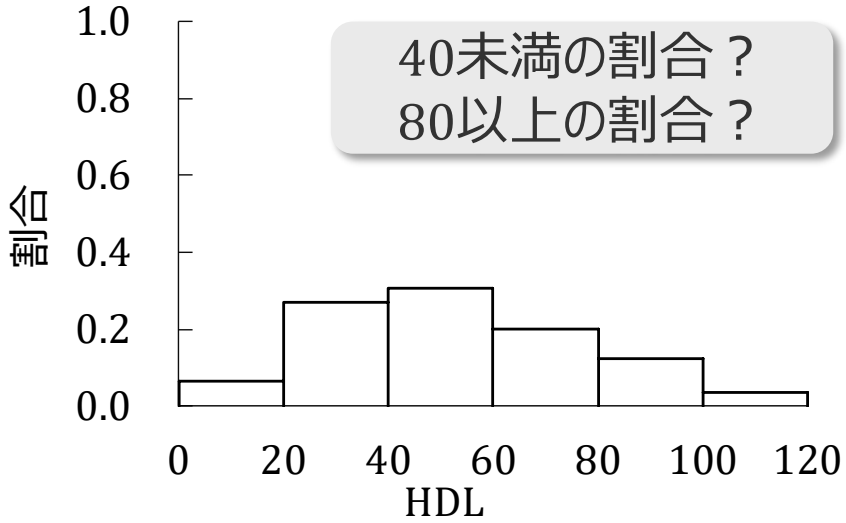


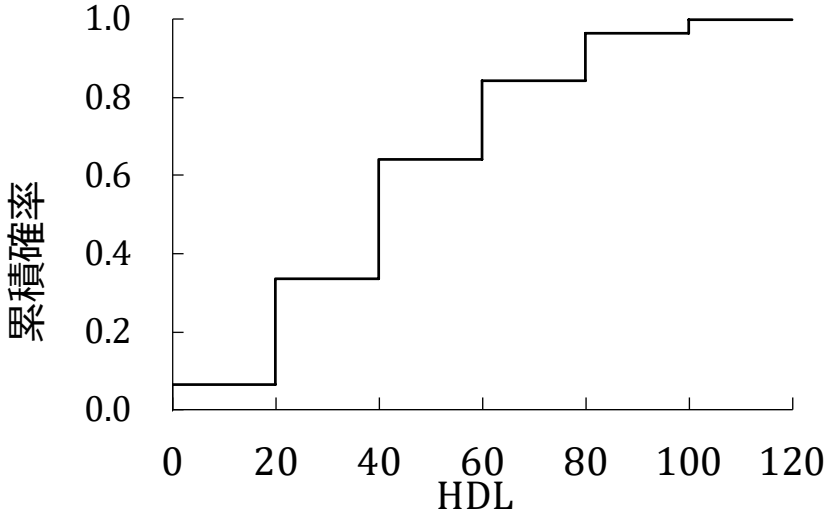
0 以上20未満

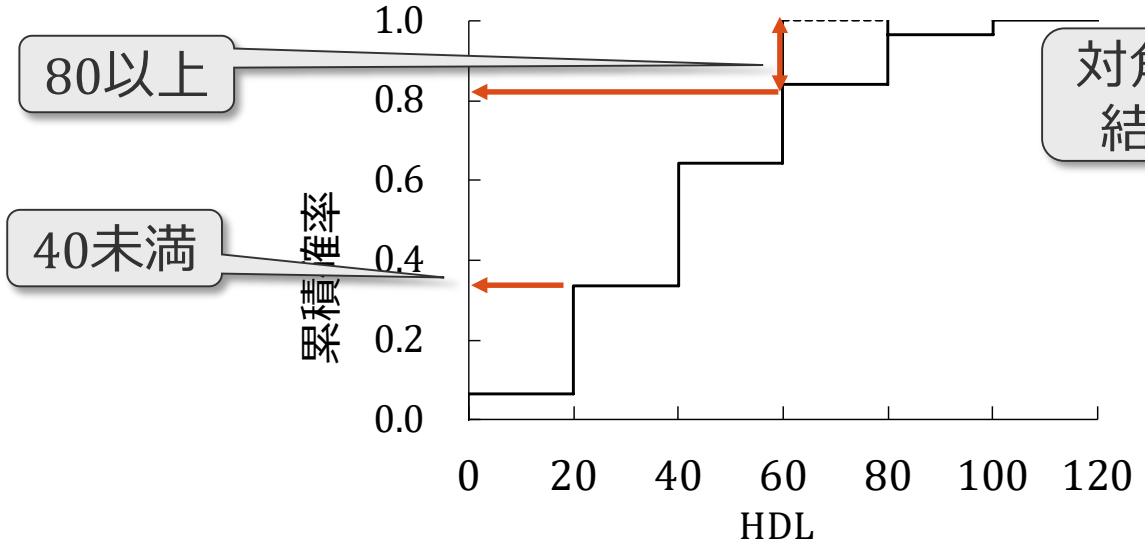
HDL	人数	割合
0～ 20	18	0.065
20～ 40	75	0.271
40～ 60	85	0.307
60～ 80	55	0.199
80～100	34	0.123
100～120	10	0.036
計	277	1

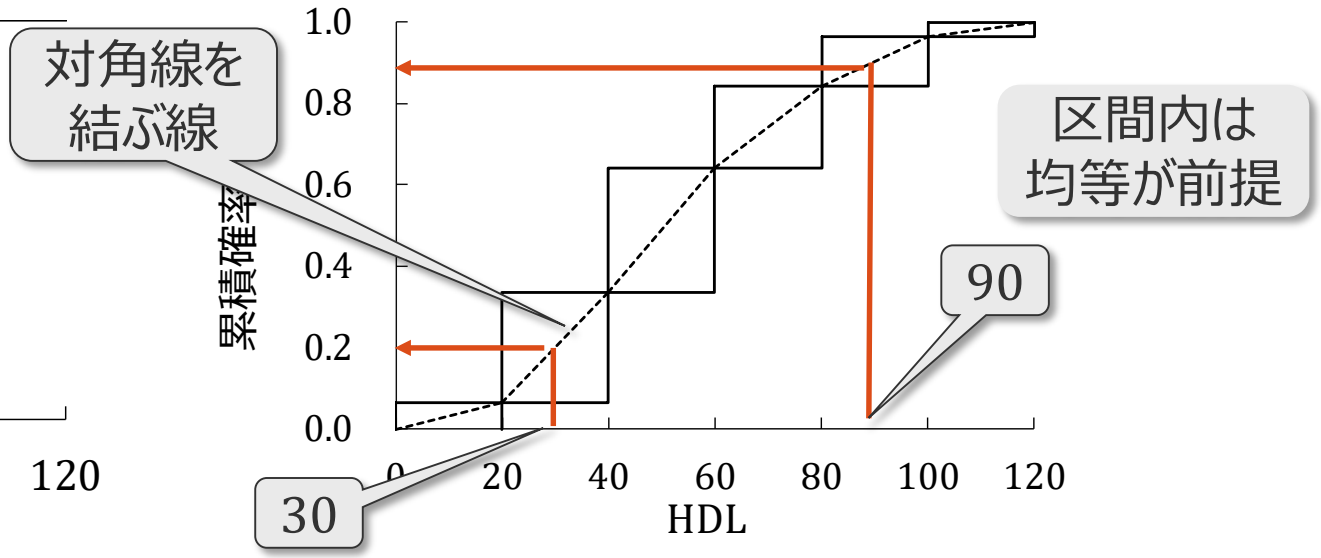
連続変数の確率分布

表示1.2.4
HDLの分布



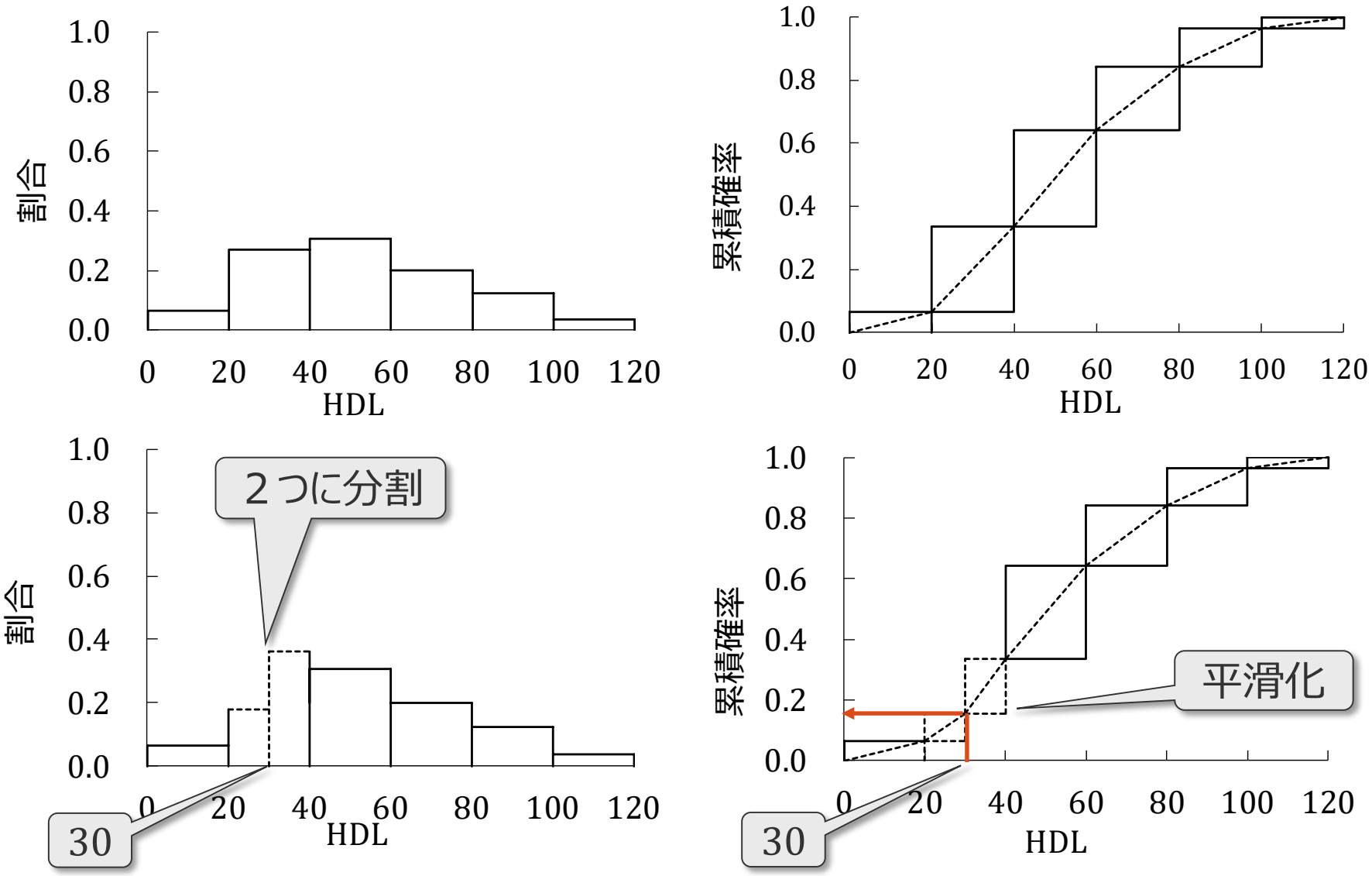






連続変数の確率分布

表示1.2.4
HDLの分布



連続変数の確率分布

p.19

●刻みの間隔をより狭くする

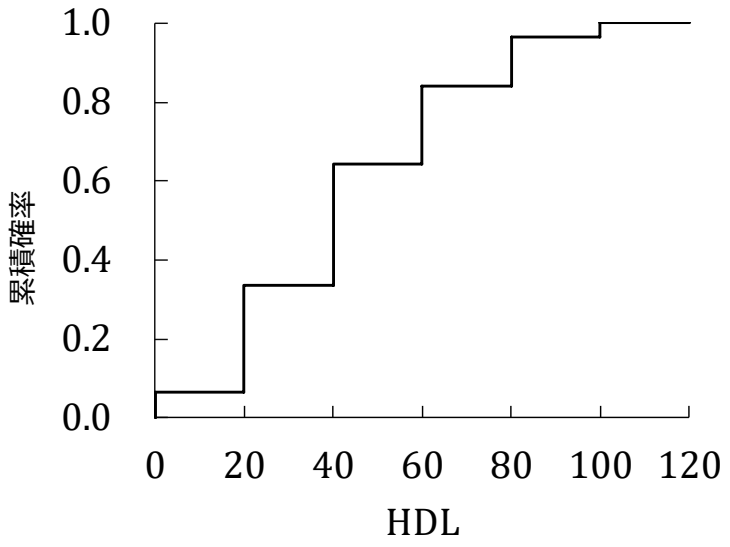
20～40 の区間を2 つに分けて、10 刻みのグラフを作成（下図、中）

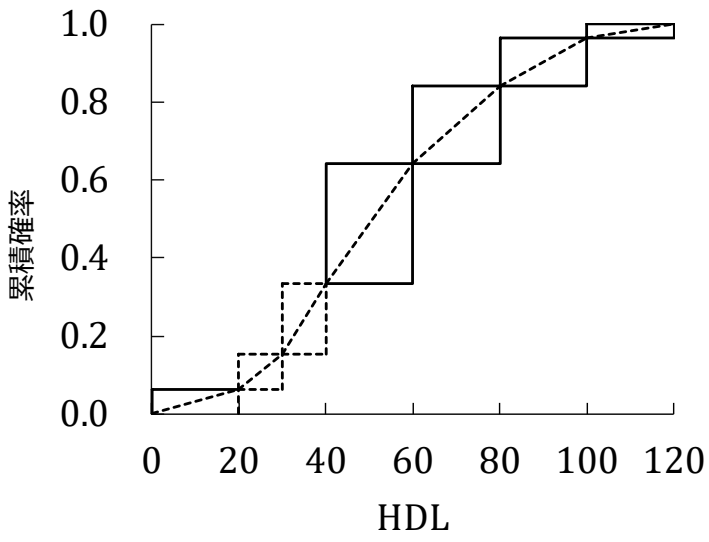
x = 20, 40 の点を結ぶ点線は，x = 20, 30, 40 の点を結ぶ線に置き換わる

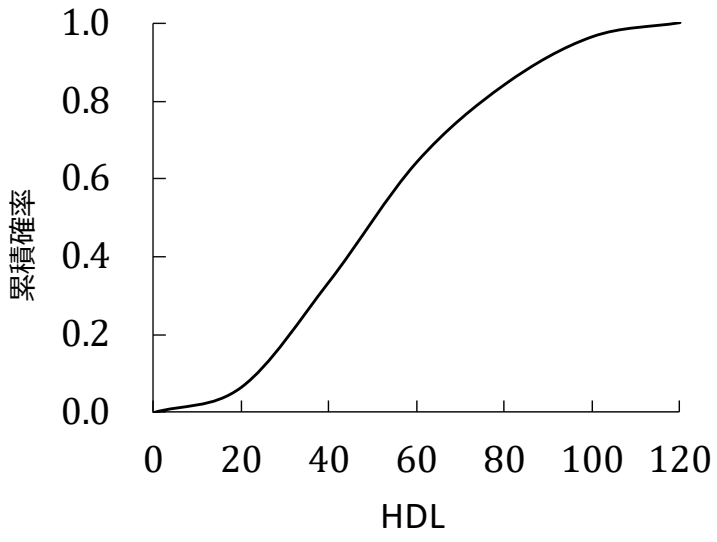
折れ線の交点での傾斜の変化が小さくなり，滑らかになる

刻みの間隔をより狭くすると、柱の幅が狭くなり，線は滑らかになる（下図、右）

実際は、測定器に限界があるので、刻みを無限に小さくすることは不可能







連続変数の確率分布（確率密度関数と分布関数）

p.19

- x と $x+\varepsilon$ の間に入る割合（確率）

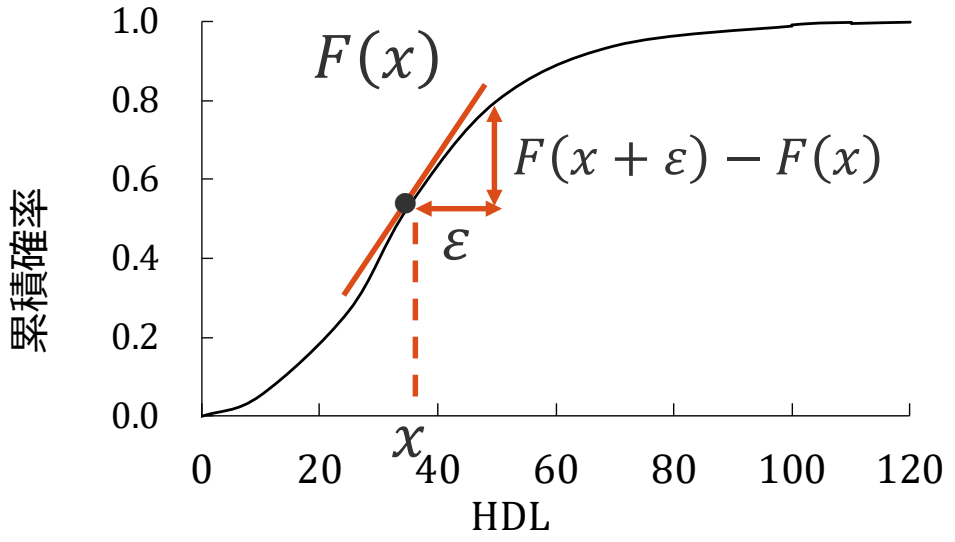
$$F(x+\varepsilon)-F(x)$$

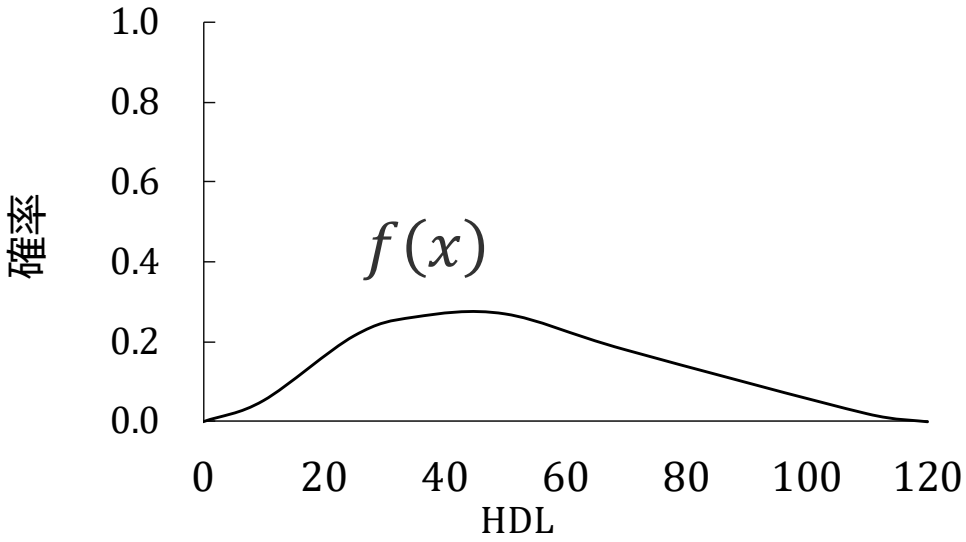
- x の単位当たりの平均的な割合（傾き）

$$\frac{F(x+\varepsilon)-F(x)}{\varepsilon}$$

- ε を無限に小さくしたときの極限

$$f(x)=\lim_{\varepsilon\to\infty}\frac{F(x+\varepsilon)-F(x)}{\varepsilon}$$





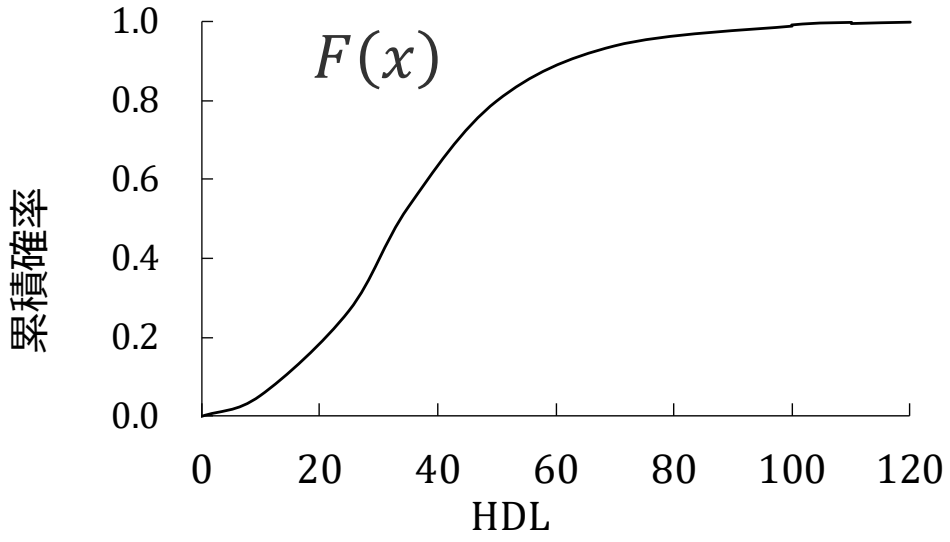
連続変数の確率分布（確率密度関数と分布関数）

p.19

●分布関数

確率密度関数 $f(x)$ を $-\infty$ から x まで積分したもの

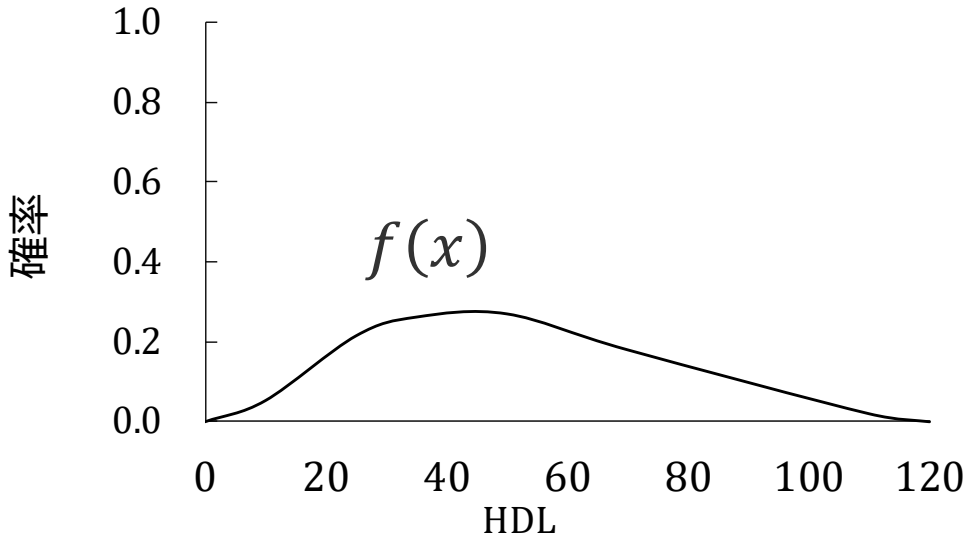
$$F(x) = \int_{-\infty}^{x} f(x)dx \qquad (1.2.4)$$



●確率密度関数

分布関数 $F(x)$ を x で微分したもの

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx} \qquad (1.2.5)$$



まとめ

p.20

●期待値、分散、標準偏差

宝くじの例（前節）

サイコロの目の例（本節）

●確率変数と確率分布

離散変数 : 宝くじ（前節）、サイコロの目（本節）

確率分布

連続変数 : 血液のHDL-コレステロール値（本節）

確率分布（確率密度関数、累積分布関数）

ここで説明した内容は，統計の勉強を進めた後に読み返すと理解が深まる

- 作成　　片瀬雅彦
- 監修　　松本一彦、長谷文雄
- 作成時期　　2018年8月21日
- 改訂　　2019年3月19日