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

第１部　基礎

1. 統計の基礎・・・・・1.1 宝くじの期待値と分散、**1.2 サイコロの目の数の期待値と分散**

1.3 分散の加法性・中心極限定理・正規分布、1.4 統計的推測、1.5 モデル

2. １組のデータの解析　2.1 データの特徴の記述、2.2 データのグラフ表示と外れ値

2.3 対数変換と対数正規分布、2.4 平均に関する推測（母標準偏差 σ 既知）

2.5 分散に関する推測、2.6 平均に関する推測（母標準偏差 σ 未知）

3. ２組のデータの解析　3.1 データのグラフ化、3.2 平均値の差の t 検定、3.3 分散の違いの検定

3.4 分散が異なる場合の平均値の差の比較

3.5 対応のある場合の平均値の差の t 検定、3.6 検出力と n の決め方

3.7 ノンパラメトリック検定

4. 相関・回帰・・・・・4.1 散布図、4.2 相関係数、4.3 回帰モデルとモデルの推定

4.4 誤差を考慮した推定、4.5 回帰分析適用上の諸問題

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

使用するファイル

Excel ファイル「基本改1.xls」

サイエンティスト社ホームページからダウンロード

JMP 10.0.2 の出力を表示（本節では使用しない）

★プレゼンテーションの
スピーカーノートを、
PDF の注釈に変換してあります

（1）確率

サイコロの目の出る「確率」

宝くじの賞金とサイコロの目の賞金

●前節　宝くじ

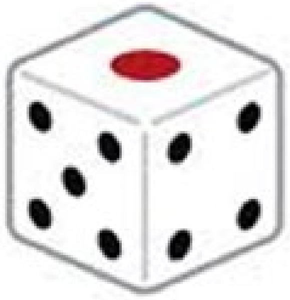
宝くじの賞金の期待値、分散、標準偏差を求めた（§1.1）
全部の宝くじを買い占めたとして１本当たりの賞金を計算

i) 宝くじの本数の合計 N、i 等ごとの本数 n_i を使用

ii) i 等ごと（１等、２等・・・）の当選率 $\pi_i = n_i/N$（確率） を使用

賞金は 10,000 円？
1,000円？
100 円？
0 円？

●本節　サイコロ



サイコロを１回投げて、出た目の数だけの賞金を得る（はずれなし）
賞金の期待値、分散、標準偏差を求める
サイコロは何回でも投げられるため、
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）
目の出る確率 π_i を使用

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

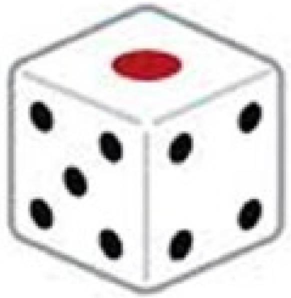
$$\pi = \frac{1}{6}$$ （正しいサイコロと仮定）

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 はギリシャ文字、アルファベット p に相当 p.46 参照）

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

●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）

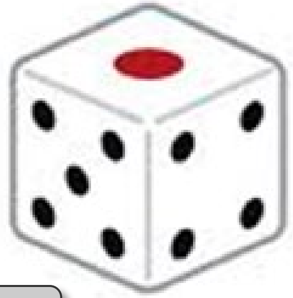
60回投げたら、１の目が必ず 10 回出るということではない

●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

実験で確かめる



●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 はギリシャ文字、アルファベット p に相当 p.46 参照）

サイコロの目	1	2	3	4	5	6
賞金（円）	1	2	3	4	5	6

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回投げて、その目を記録する実験

n 回（$100 \leqq n \leqq 1000$）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, 2, 3, 4, 5, 6 の整数が同じ確率（1/6）で現れる乱数を利用

Excel の分析ツールによる

1～6 の整数が
同じ割合（1/6）で
含まれる集団

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

ランダムに
1つ取り出す

3を得る

1回投げる

3が出る

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

p.13

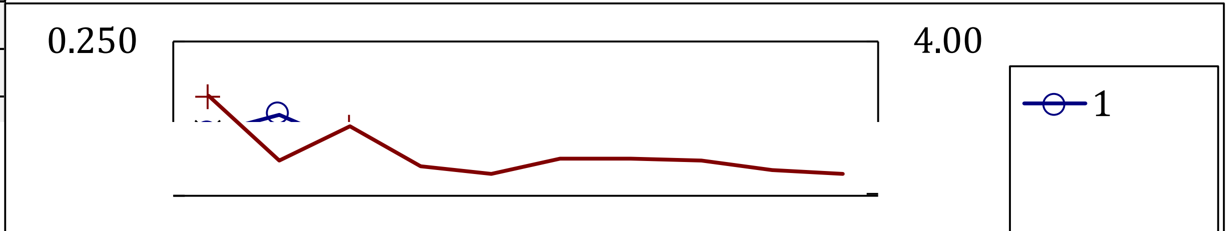
●Excel のワークシート

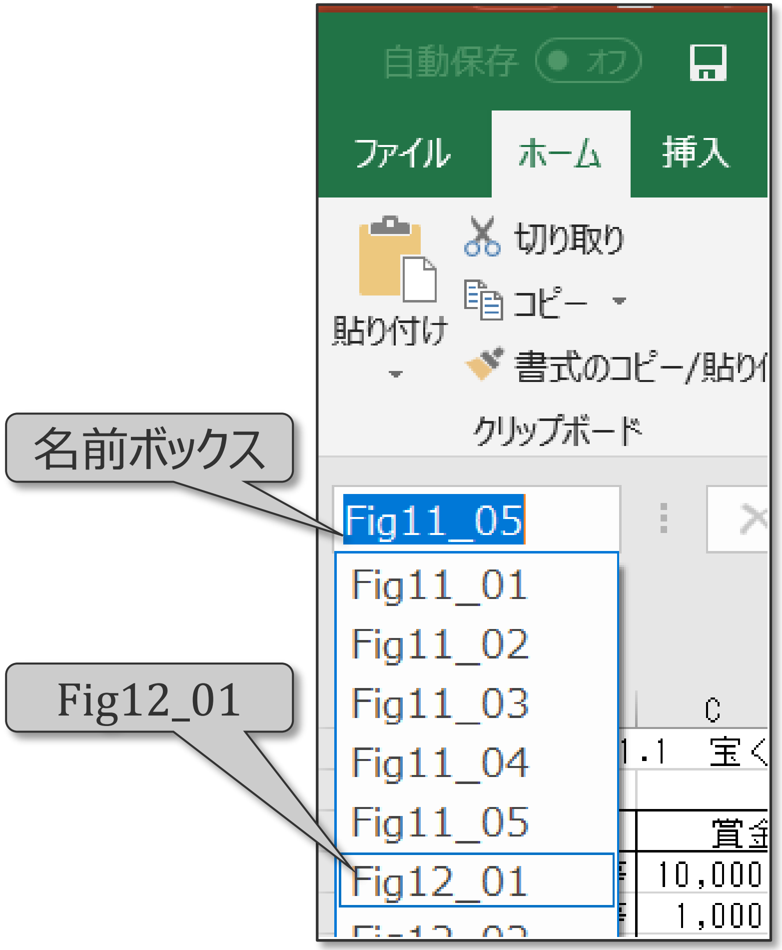
Excel ファイル「基礎改3.xls」を読み込み

名前ボックスから「表示1.2.1」（Fig12_01）を選択

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													





サイコロを投げる実験（シミュレーション）

表示1.2.1

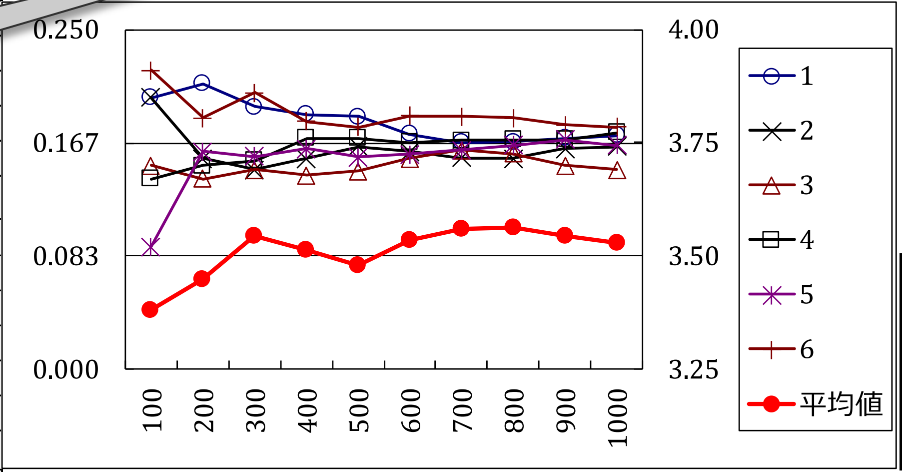
列名

行番号

セル A8

セル範囲
B3:K8

	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													



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

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
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

セルの相対参照

セル番地に「$」を付けず参照
参照するセルをコピーすると
相対的に列名と行番号が変化
「=B3」

セルの絶対参照

セル番地に「$」を付けて参照
参照するセルをコピーしても
列名と行番号は変化しない
「=B3」「=$B3」「=B$3」

相対参照と絶対参照を適切に
使い分ける

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

p.14

表示1.2.1

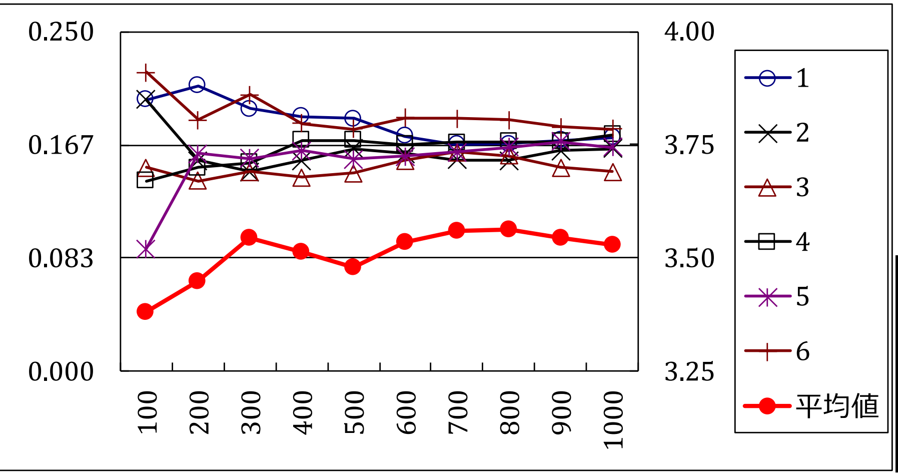
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000		
3	1	0.200	0.210	0.193	0.188	0.186	0.173	0.167	0.168	0.170	0.172		
4	2	0.200	0.155	0.147	0.155	0.164	0.160	0.156	0.155	0.162	0.164		
5	3	0.150	0.140	0.147	0.143	0.146	0.155	0.161	0.159	0.150	0.147		
6	4	0.140	0.150	0.153	0.170	0.170	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													
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		

投げる回数

目が出た割合

目の数

目の平均値



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

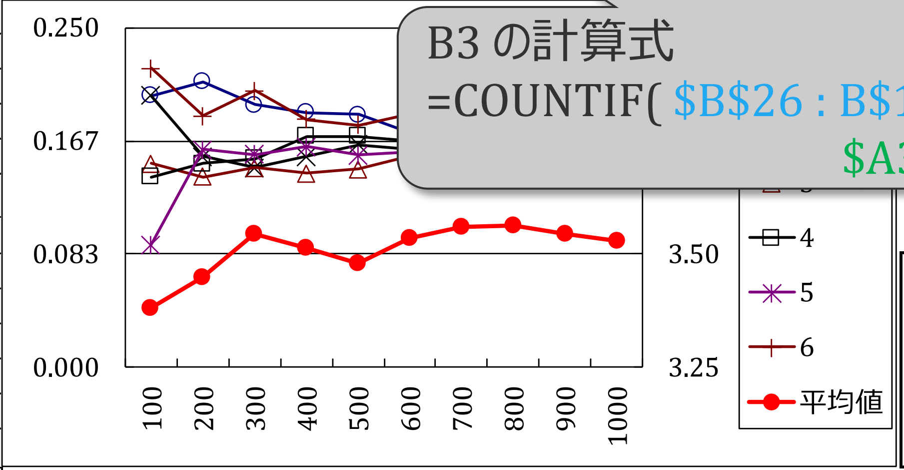
目の数と確率
1/6=0.1667
（乱数発生を制御）

乱数(1～6 の整数)
100 行×10 列=1000 個
（サイコロの出た目）

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

表示1.2.1

	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	[illegible]	0.147	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]	[illegible]	0.170	0.167	0.169	0.169	0.169	0.174		
7	5	0.090	0.160	0.157	[illegible]	[illegible]	0.158	0.161	0.165	0.169	0.165		
8	6	0.220	0.185	0.203	0.183	[illegible]	[illegible]	0.186	0.185	0.180	0.178		
9													
10	平均値	3.380	3.450	3.543	3.513	3.480	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	3.530		



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

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
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

投げる回数

目が出た割合

目の数

B3 の計算式

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

$A3 の個数 / 100 個

B26 : B$125

100 行 × 1 列

乱数(1～6 の整数)

100 行×10 列=1000 個

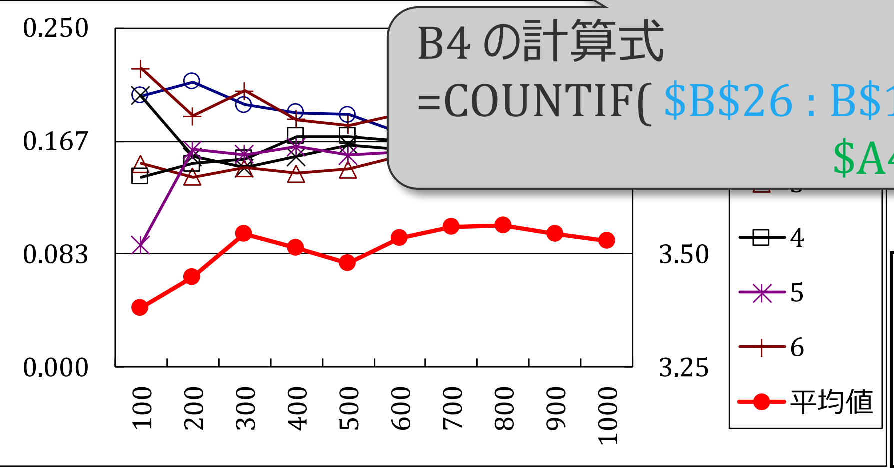
（サイコロの出た目）

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

p.14

表示1.2.1

	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	[illegible]	0.147	0.143	0.146	0.155	0.161	0.159	0.150	0.147		
6	4	0.140	0.150	[illegible]	[illegible]	0.170	0.167	0.169	0.169	0.169	0.174		
7	5	0.090	0.160	0.157	[illegible]	[illegible]	0.158	0.161	0.165	0.169	0.165		
8	6	0.220	0.185	0.203	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.186	0.185	0.180	0.178		
9													
10	平均値	3.380	3.450	3.543	3.513	3.480	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	3.530		
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

B4 の計算式
=COUNTIF(B26 : B$125, $A4) / COUNT （$B$26 :B$125)
$A4 の個数 / 100 個

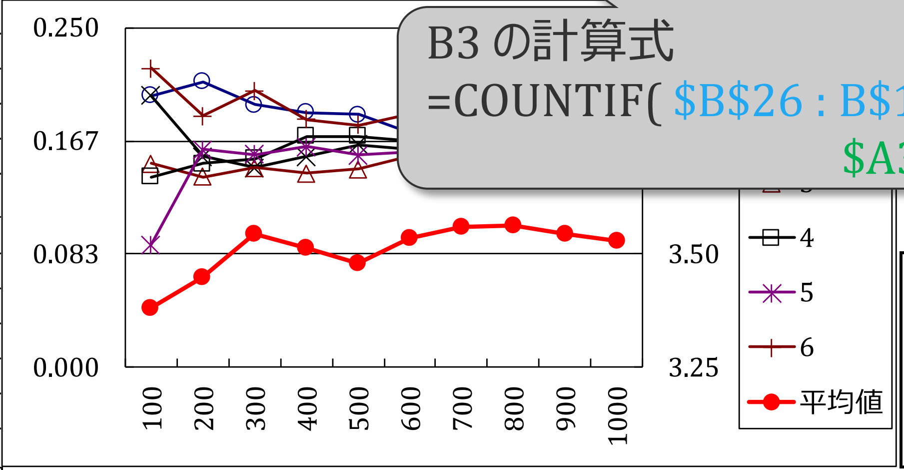
B26 : B$125
100 行 × 1 列

乱数(1～6 の整数)
100 行×10 列=1000 個
（サイコロの出た目）

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

表示1.2.1

	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	[illegible]	0.147	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	0.153	[illegible]	0.170	0.167	0.169	0.169	0.169	0.174		
7	5	0.090	0.160	0.157	[illegible]	[illegible]	0.158	0.161	0.165	0.169	0.165		
8	6	0.220	0.185	0.203	0.183	[illegible]	[illegible]	0.186	0.185	0.180	0.178		
9													
10	平均値	3.380	3.450	3.543	3.513	3.480	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	3.530		
11													



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

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
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

投げる回数

目が出た割合

目の数

B3 の計算式
=COUNTIF(B26 : B$125, $A3) / COUNT （$B$26 :B$125)
$A3 の個数 / 100 個

B26 : B$125
100 行 × 1 列

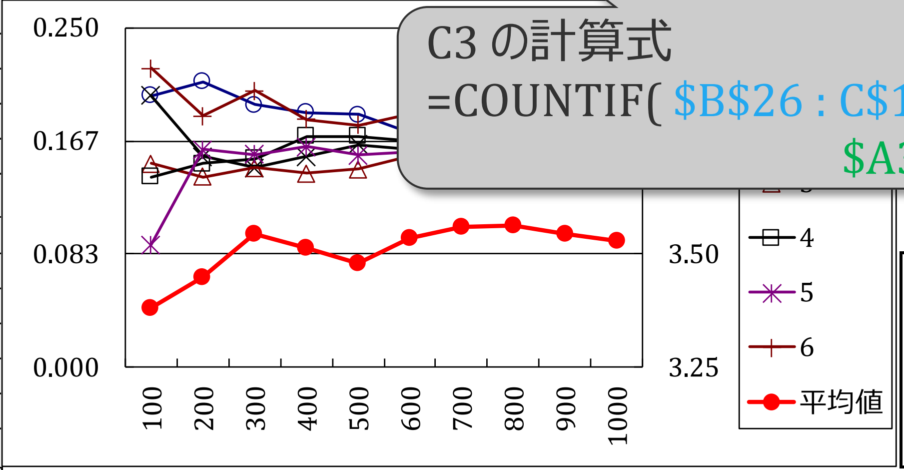
乱数(1～6 の整数)
100 行×10 列=1000 個
（サイコロの出た目）

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

p.14

表示1.2.1

	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	[illegible]	0.143	0.146	0.155	0.161	0.159	0.150	0.147		
6	4	0.140	0.150	0.153	[illegible]	0.170	0.167	0.169	0.169	0.169	0.174		
7	5	0.090	0.160	0.157	[illegible]	[illegible]	0.158	0.161	0.165	0.169	0.165		
8	6	0.220	0.185	0.203	0.183	[illegible]	[illegible]	0.186	0.185	0.180	0.178		
9													
10	平均値	3.380	3.450	3.543	3.513	3.480	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	3.530		



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

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
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

投げる回数

目が出た割合

目の数

C3 の計算式
=COUNTIF(B26 : C$125, $A3) / COUNT (B26 :C$125)
$A3 の個数 / 200 個

B26 : C$125
100 行 × 2 列

乱数(1～6 の整数)
100 行×10 列=1000 個
（サイコロの出た目）

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

p.14

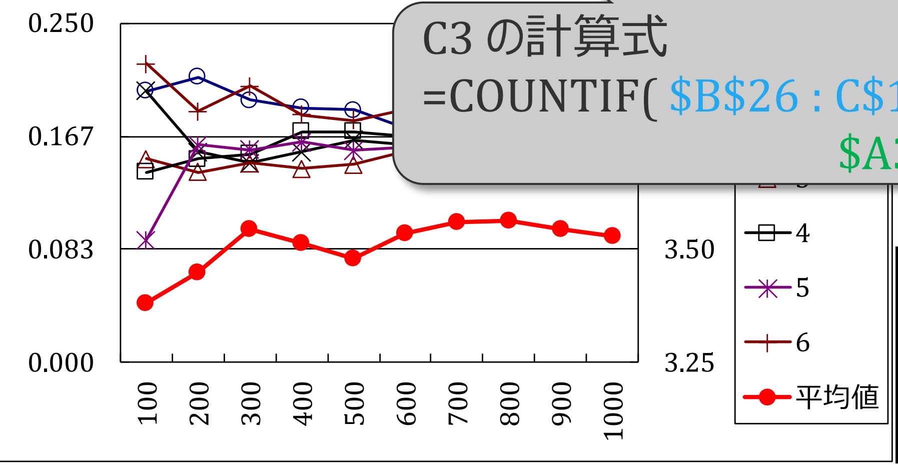
表示1.2.1

	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]	[illegible]	0.146	0.155	0.161	0.159	0.150	0.147		
6	4	0.140	0.150	0.153	[illegible]	[illegible]	0.167	0.169	0.169	0.169	0.174		
7	5	0.090	0.160	0.157	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.161	0.165	0.169	0.165		
8	6	0.220	0.185	0.203	0.183	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.185	0.180	0.178		
9													
10	平均値	3.380	3.450	3.543	3.513	3.480	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	3.530		

投げる回数

目が出た割合

目の数



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

C3 の計算式
=COUNTIF(B26 : C$125, $A3) / COUNT (B26 :C$125)
$A3 の個数 / 200 個

セル B3 で参照したセル範囲

B26 : B$125
100行 ×1 列

セル C3 で参照したセル範囲

B26 : C$125
100行 ×2 列

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
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

乱数(1～6 の整数)
100 行×10 列=1000 個
（サイコロの出た目）

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

p.14

表示1.2.1

	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	[illegible]	0.161	0.165	0.169	0.165		
8	6	0.220	0.185	0.203	0.183	0.178	[illegible]	[illegible]	0.185	0.180	0.178		
9													
10	平均値	3.380	3.450	3.543	3.513	3.480	3.537	[illegible]	[illegible]	[illegible]	3.530		

投げる回数

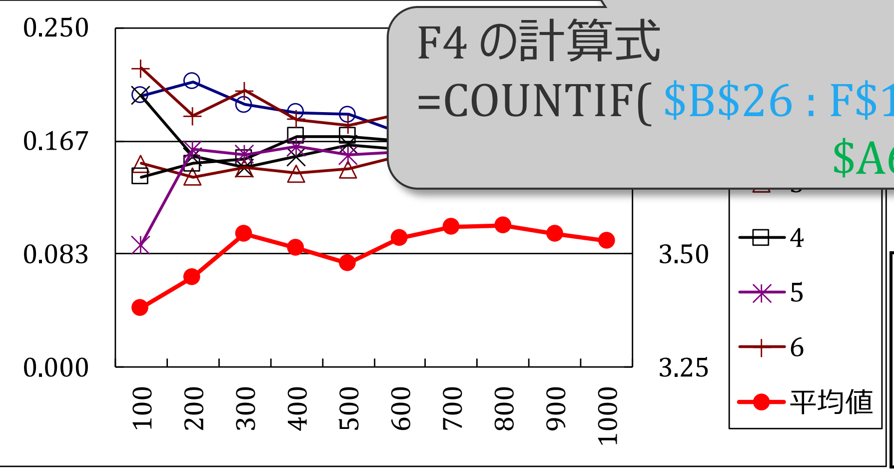
目が出た割合

目の数

F4 の計算式

=COUNTIF(B26 : F$125, $A6) / COUNT (B26 :F$125)

$A6 の個数 / 500 個



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

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
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

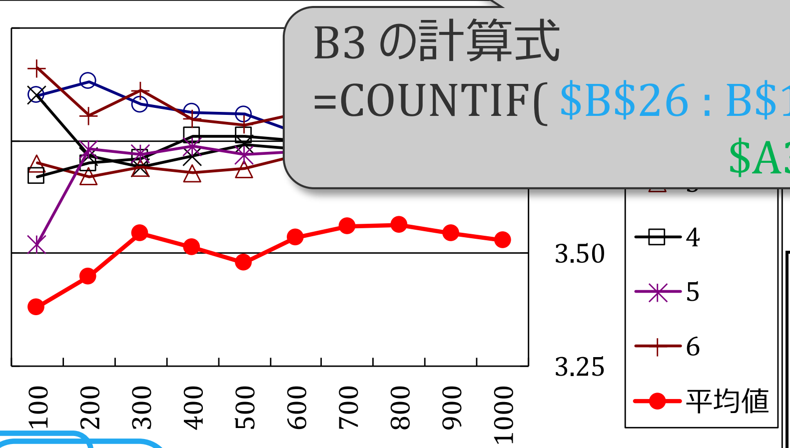
B26 : F$125
100行 ×5 列

乱数(1～6 の整数)
100 行×10 列=1000 個
（サイコロの出た目）

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

p.14

表示1.2.1



	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	[illegible]	0.147	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]	[illegible]	0.170	0.167	0.169	0.169	0.169	0.174
7	5	0.090	0.160	0.157	[illegible]	[illegible]	0.158	0.161	0.165	0.169	0.165
8	6	0.220	0.185	0.203	0.183	[illegible]	[illegible]	0.186	0.185	0.180	0.178
9											
10	平均値	3.380	3.450	3.543	3.513	3.480	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	3.530
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

B3 の計算式
=COUNTIF(B26 : B$125, $A3) / COUNT　(B26 :B$125)
$A3 の個数 / 100 個

B26 : B$125
100 行 × 1 列
～
B26 : K$125
100 行 × 10 列

乱数(1～6 の整数)
100 行×10 列=1000 個
（サイコロの出た目）

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

p.14

表示1.2.1

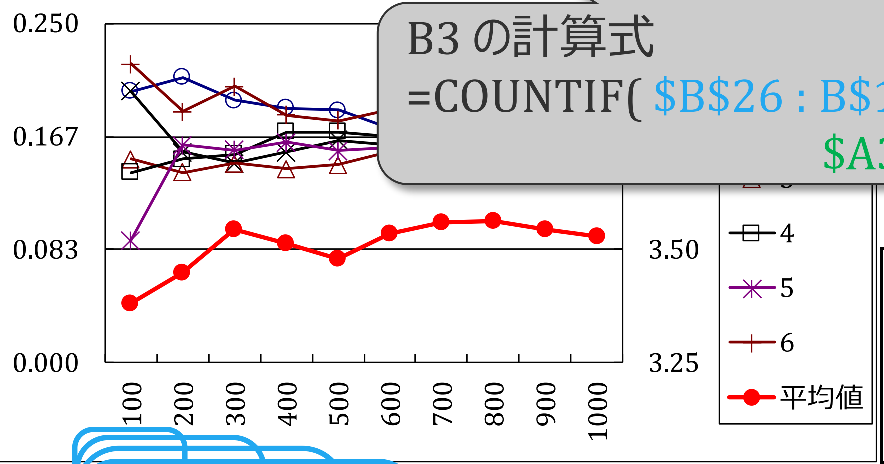
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
3	1	0.200	0.210	0.193	0.188	0.186	0.173	0.167	0.168	0.170	0.172
4	2	0.200	[illegible]	0.147	0.155	0.164	0.160	0.156	0.155	0.162	0.164
5	3	0.150	[illegible]	[illegible]	0.143	0.146	0.155	0.161	0.159	0.150	0.147
6	4	0.140	0.150	[illegible]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

投げる回数

目が出た割合

目の数

B3 の計算式
=COUNTIF(B26 : B$125, $A3) / COUNT (B26 :B$125)
$A3 の個数 / 100 個



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

ワークシート作成には
相対参照と絶対参照の
適切な使い分けと
セルのコピーは不可欠

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
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
～
B26 : K$125
100 行 × 10 列

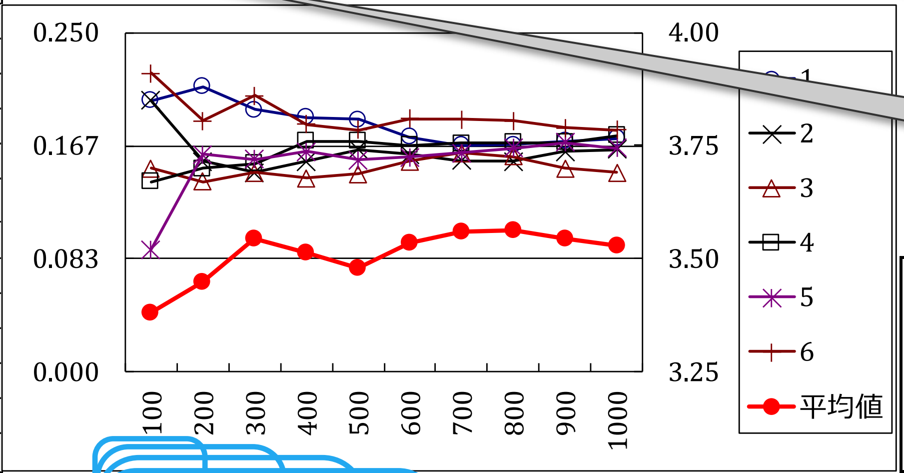
乱数(1～6 の整数)
100 行×10 列=1000 個
（サイコロの出た目）

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

p.14

表示1.2.1

	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		
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

K10 の計算式
=AVERAGE(B26 : K$125)

B10 の計算式
=AVERAGE(B26 : B$125)

B26 : B$125
100 行 × 1 列
～
B26 : K$125
100 行 × 10 列

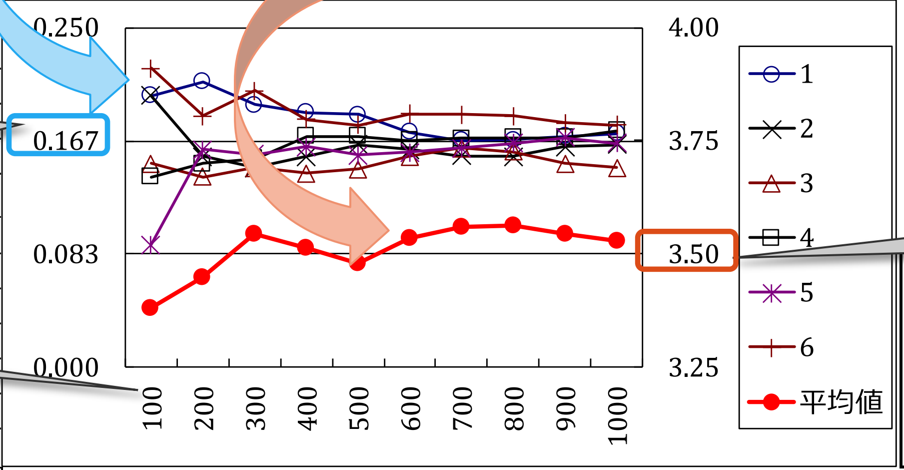
乱数(1～6 の整数)
100 行×10 列=1000 個
（サイコロの出た目）

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

p.14

表示1.2.1

	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		



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

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
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

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 に近づくことが
確認できた

目の平均 3.50 に
近づくことが確認できた

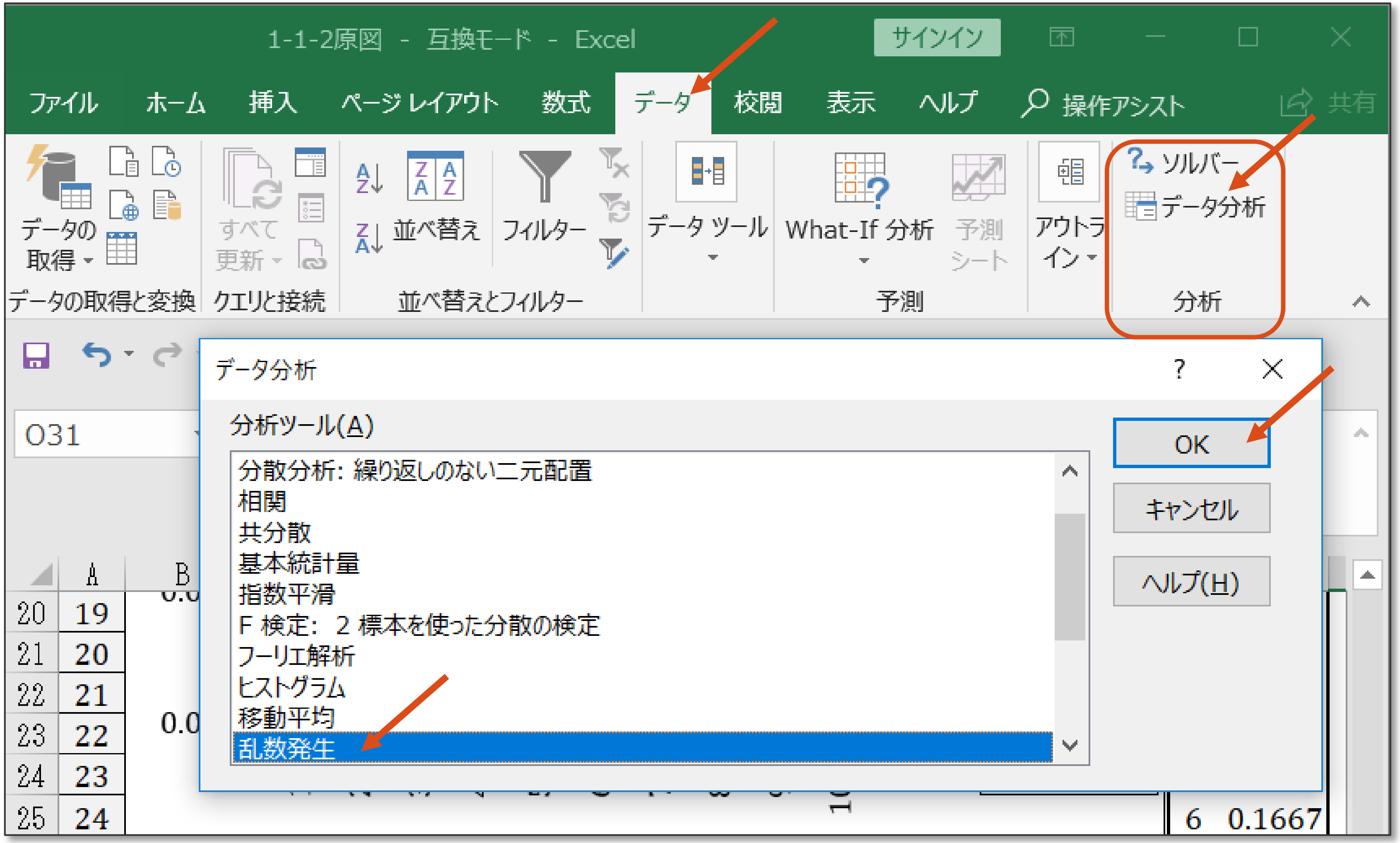
投げる回数

乱数(1～6 の整数)
100 行×10 列=1000 個
(サイコロの出た目)

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

● シミュレーション

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
（演習1.2.1　p.16 ）



● 乱数発生

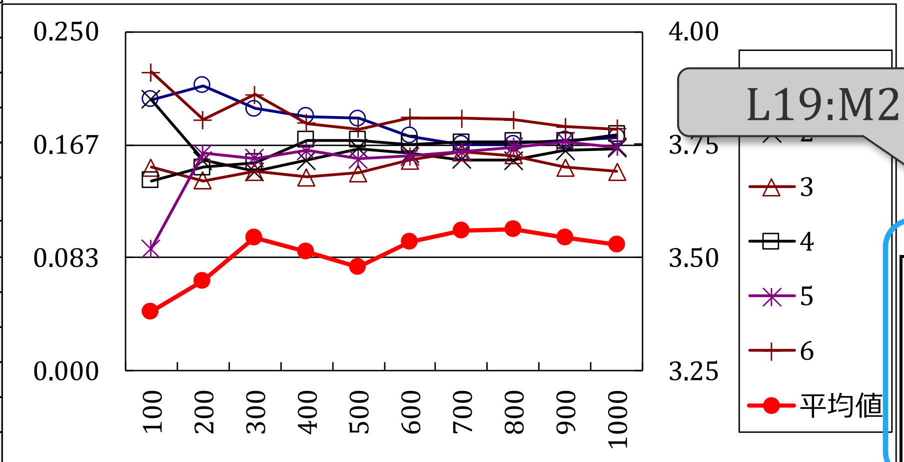
[データ]> [分析]>
[データ分析]> [乱数発生]

［データ分析］が表示されない
場合、Excel の設定を変更
（§1.0 、p 87 参照）

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

p.14

	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		

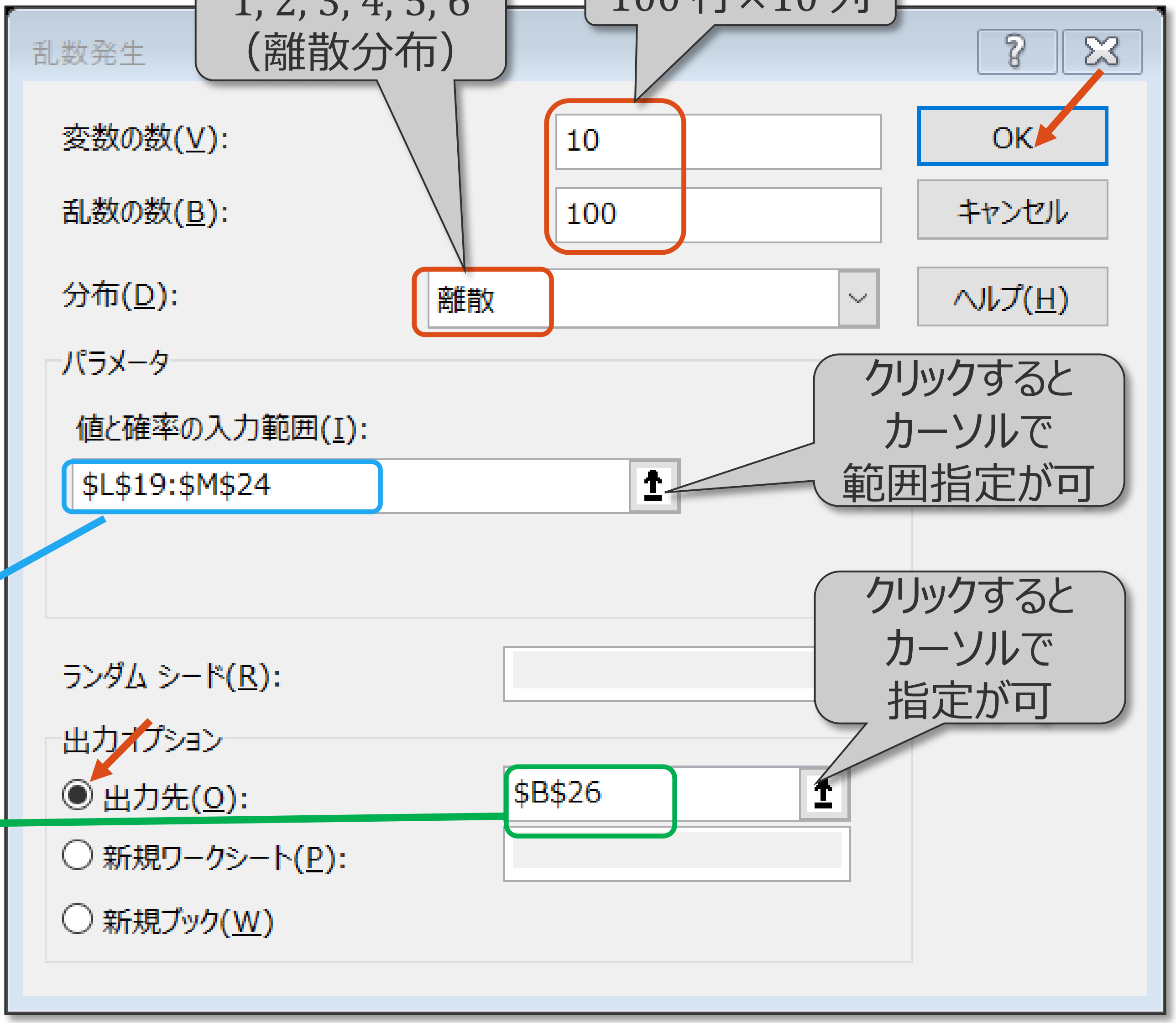


L19:M24

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

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
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：出力先の左上隅のセル



1, 2, 3, 4, 5, 6
（離散分布）

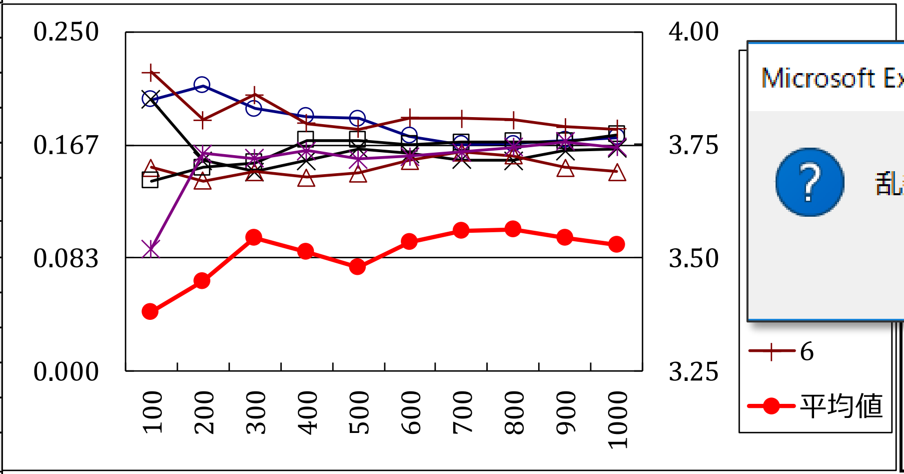
100 行×10 列

クリックすると
カーソルで
範囲指定が可

クリックすると
カーソルで
指定が可

サイコロを投げる実験（シミュレーション）

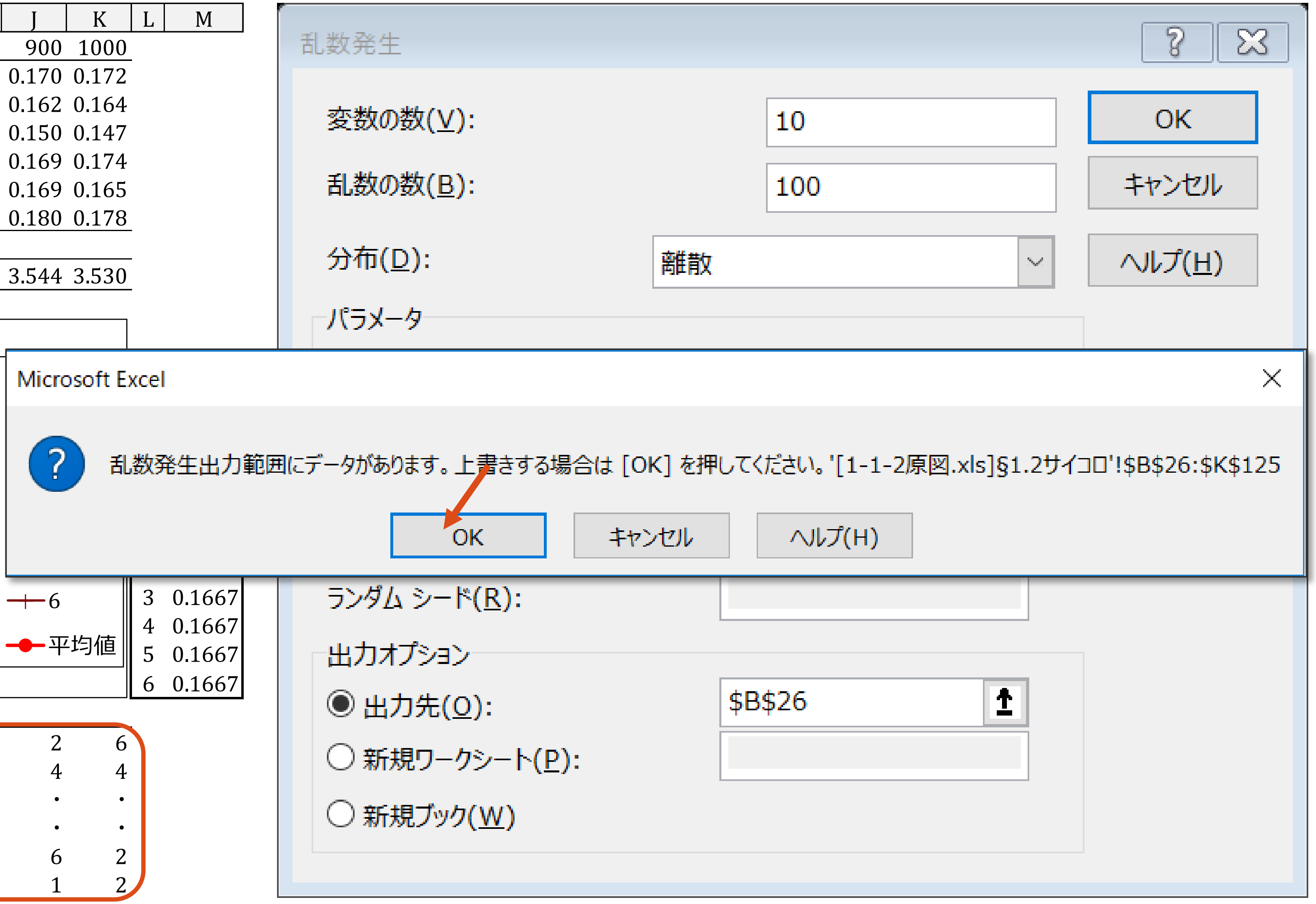
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000		
3	1	0.200	0.210	0.193	0.188	0.186	0.173	0.167	0.168	0.170	0.172		
4	2	0.200	0.155	0.147	0.155	0.164	0.160	0.156	0.155	0.162	0.164		
5	3	0.150	0.140	0.147	0.143	0.146	0.155	0.161	0.159	0.150	0.147		
6	4	0.140	0.150	0.153	0.170	0.170	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		



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				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

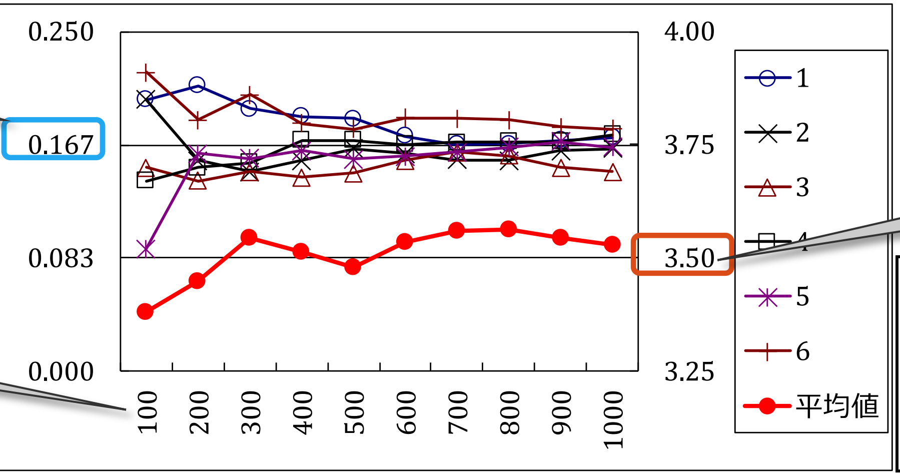


サイコロを投げる実験（シミュレーション）

p.14

表示1.2.1

	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		



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

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
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

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 に近づく
ことが確認できた

目の平均 3.50 に
近づくことが確認できた

目の数と確率
1/6=0.1667
（乱数発生を制御）

投げる回数

乱数(1～6 の整数)
100 行×10 列=1000 個
（サイコロの出た目）

サイコロの実験の代わりに
Excel を使って
シミュレーションを実施
きわめて有効な手段

（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（$\mathrm{E}[x]$）

p.15

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

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

賞金ごとの割合

$$= 1\frac{r_1}{n} + 2\frac{r_2}{n} + \cdots + 6\frac{r_6}{n} = 1p_1 + 2p_2 + \cdots + 6p_6 = \sum_{x=1}^{6} xp_x$$

サイコロを n 回投げて
x の目が出たら
x 円の賞金を獲得

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

p は π になる

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

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

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 回投げたときの賞金の平均（目1が r_1 回、目2が r_2 回･･･、目6が r_6 回）

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

賞金ごとの割合

$$= 1\frac{r_1}{n} + 2\frac{r_2}{n} + \cdots + 6\frac{r_6}{n} = 1p_1 + 2p_2 + \cdots + 6p_6 = \sum_{x=1}^{6} xp_x$$

サイコロを n 回投げて
x の目が出たら
x 円の賞金を獲得

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

p は π になる

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

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

期待値 E[x]
平均値 μ

1回当たりの賞金の平均（$\bar{x}$）と期待値（$\mathrm{E}[x]$）

p.15

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

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

賞金ごとの割合

$$= 1\frac{r_1}{n} + 2\frac{r_2}{n} + \cdots + 6\frac{r_6}{n} = 1p_1 + 2p_2 + \cdots + 6p_6 = \sum_{x=1}^{6} x p_x$$

サイコロを n 回投げて
x の目が出たら
x 円の賞金を獲得

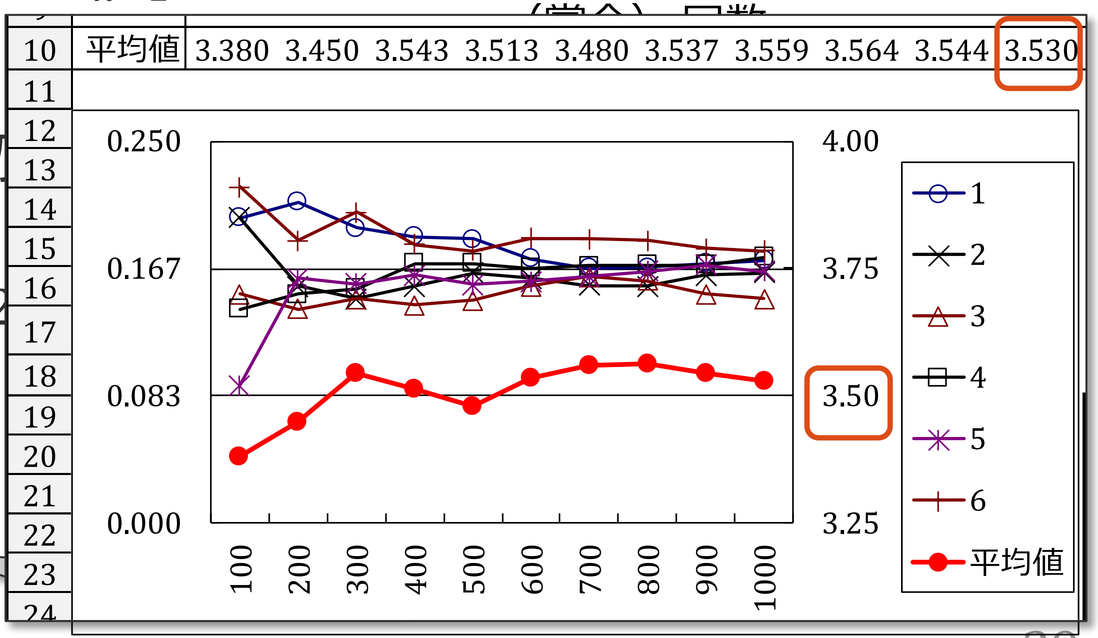
目の数　出た　賞金　割合

●サイコロを無限回投げたときの1回当たりの

p は π になる

$$\mathrm{E}[x] = 1\pi_1 + 2\pi_1 + \cdots + 6\pi_6 = \sum_{x=1}^{6} x\pi_x \quad (1.2$$

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



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 回投げたときの賞金の平均（目1が r_1 回、目2が r_2 回･･･、目6が r_6 回）

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

賞金ごとの割合

$$= 1\frac{r_1}{n} + 2\frac{r_2}{n} + \cdots + 6\frac{r_6}{n} = 1p_1 + 2p_2 + \cdots + 6p_6 = \sum_{x=1}^{6} x p_x$$

●サイコロを無限回投げたときの1回当たりの期待値

p は π になる

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

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

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（§1.1）
期待値（μ, $E[x]$）は平均的な賞金
実際に得られる賞金 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	$x*\pi_x$	$x - \mu = d$	$\pi_x * d$	d^2	$\pi_x * d^2$
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

● 分散

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

偏差の 2 乗とその確率の積の和

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

$V[x] = E[d^2]$

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

偏差の 2 乗とその確率の積の和（§1.1）

表示1.2.2　サイコロの目の期待値と分散の計算

x	π_x	$x{*}\pi_x$	$x - \mu = d$	$\pi_x{*}d$	d^2	$\pi_x{*}d^2$
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

- 分散と標準偏差

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

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

$$\mathrm{D}[x] = \sqrt{\mathrm{V}[x]} = \sqrt{2.917} = 1.708 \qquad (1.2.3)$$

- 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がある（「分散の加法性」も一例）
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

p.17

（4）確率変数と離散変数の分布

離散型の確率変数：サイコロの目（1, 2, 3, 4, 5, 6）
連続型の確率変数：事項 (5) で説明

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（確率）に従って変化する値

確率分布：確率変数 x に対応する確率の分布（確率変数がある値を取る確率と値の関係）

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（確率）に従って変化する値

確率分布：確率変数 x に対応する確率の分布（確率変数がある値を取る確率と値の関係）

●離散変数の確率分布

例えば、サイコロの目

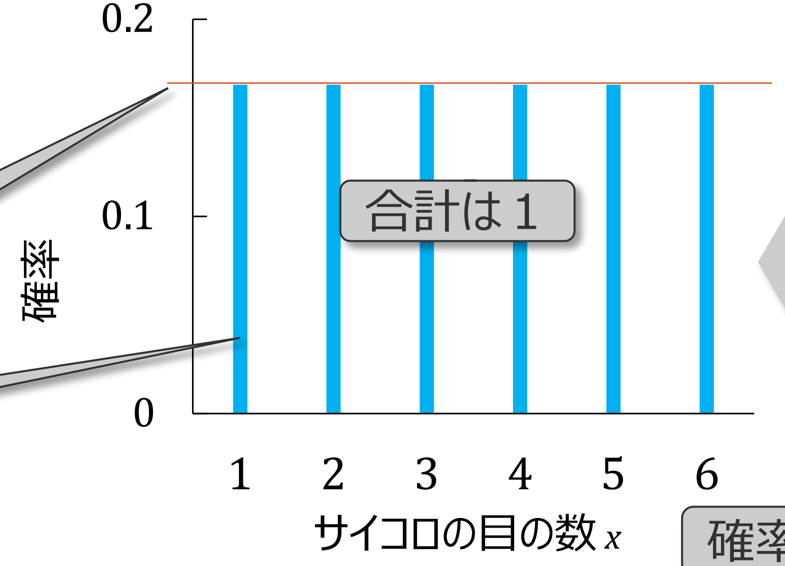
x は 1～6 の整数値だけ取る

それぞれの値に確率が対応

（正しいサイコロはすべて 1/6）

離散型の確率変数（離散変数）

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]

確率分布

p.18

（5）連続変数の分布

離散型の確率変数：サイコロの目（1, 2, 3, 4, 5, 6）
連続型の確率変数：本項で説明

連続変数

p.18

●連続型の確率変数

確率と紐づいた連続変数

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

（§1.0 ）

連続変数

●連続型の確率変数

確率と紐づいた連続変数

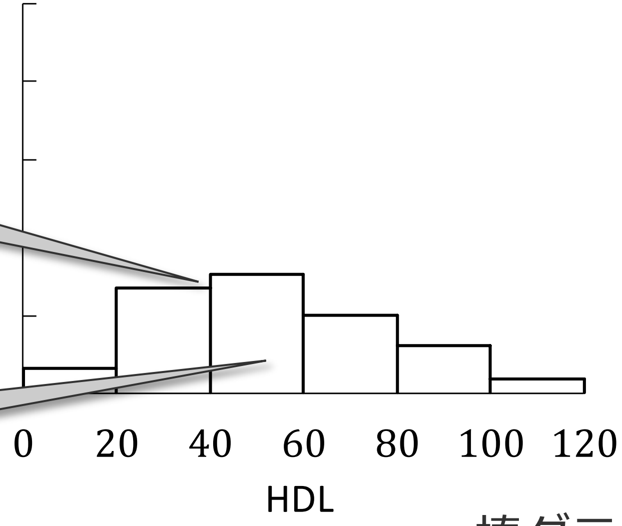
量的変数	離散変数	とびとびの値をとる変数	サイコロの出る目
	連続変数	連続した値をとる変数	重さ、長さ、温度
質的変数			男女、処理区

（§1.0）

●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



幅を持った柱
隣の柱と密着

柱の面積は
区間の割合

20刻みの区間

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

棒グラフと度数表（§2.2）

連続変数

●連続型の確率変数

確率と紐づいた連続変数

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

（§1.0 ）

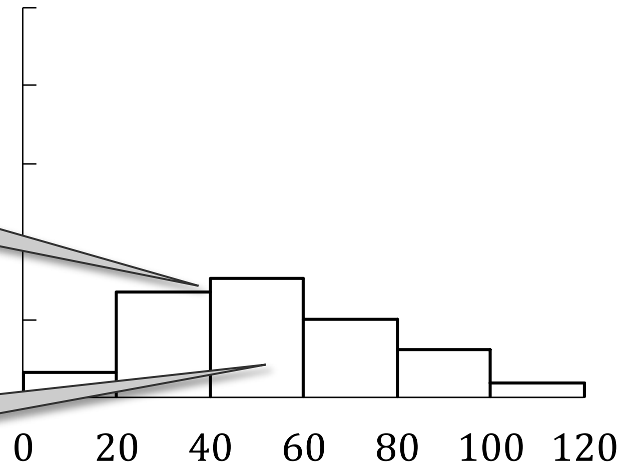
●連続変数の例

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

幅を持った柱
隣の柱と密着

柱の面積は
区間の割合



HDL

20刻みの区間

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

ヒストグラムと度数表（ §2.2 ）

連続変数

p.18

●連続型の確率変数

確率と紐づいた連続変数

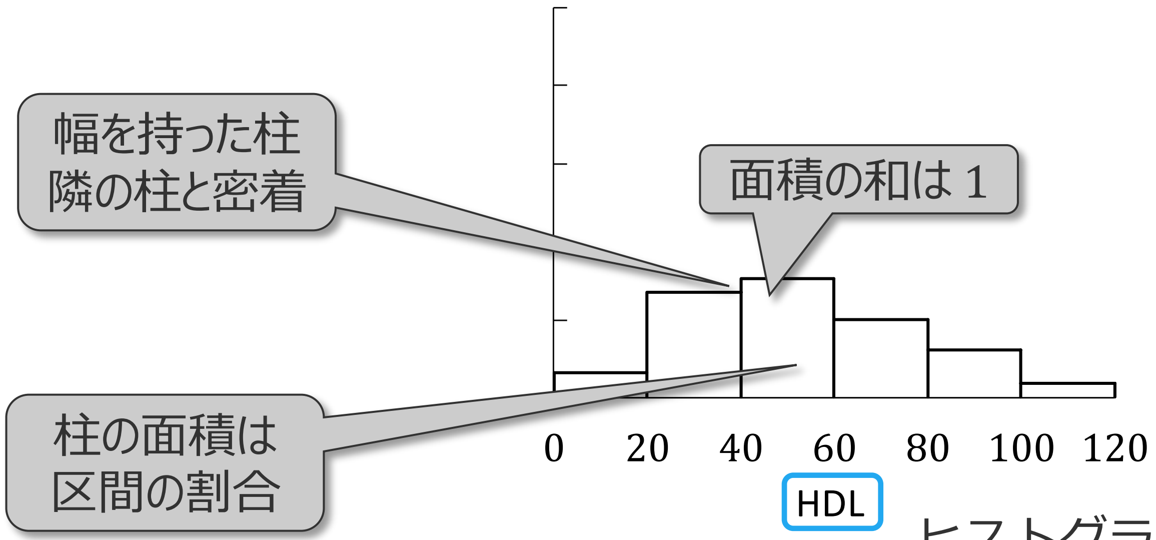
量的変数	離散変数	とびとびの値をとる変数	サイコロの出る目
	連続変数	連続した値をとる変数	重さ、長さ、温度
質的変数			男女、処理区

（§1.0）

●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



20刻みの区間

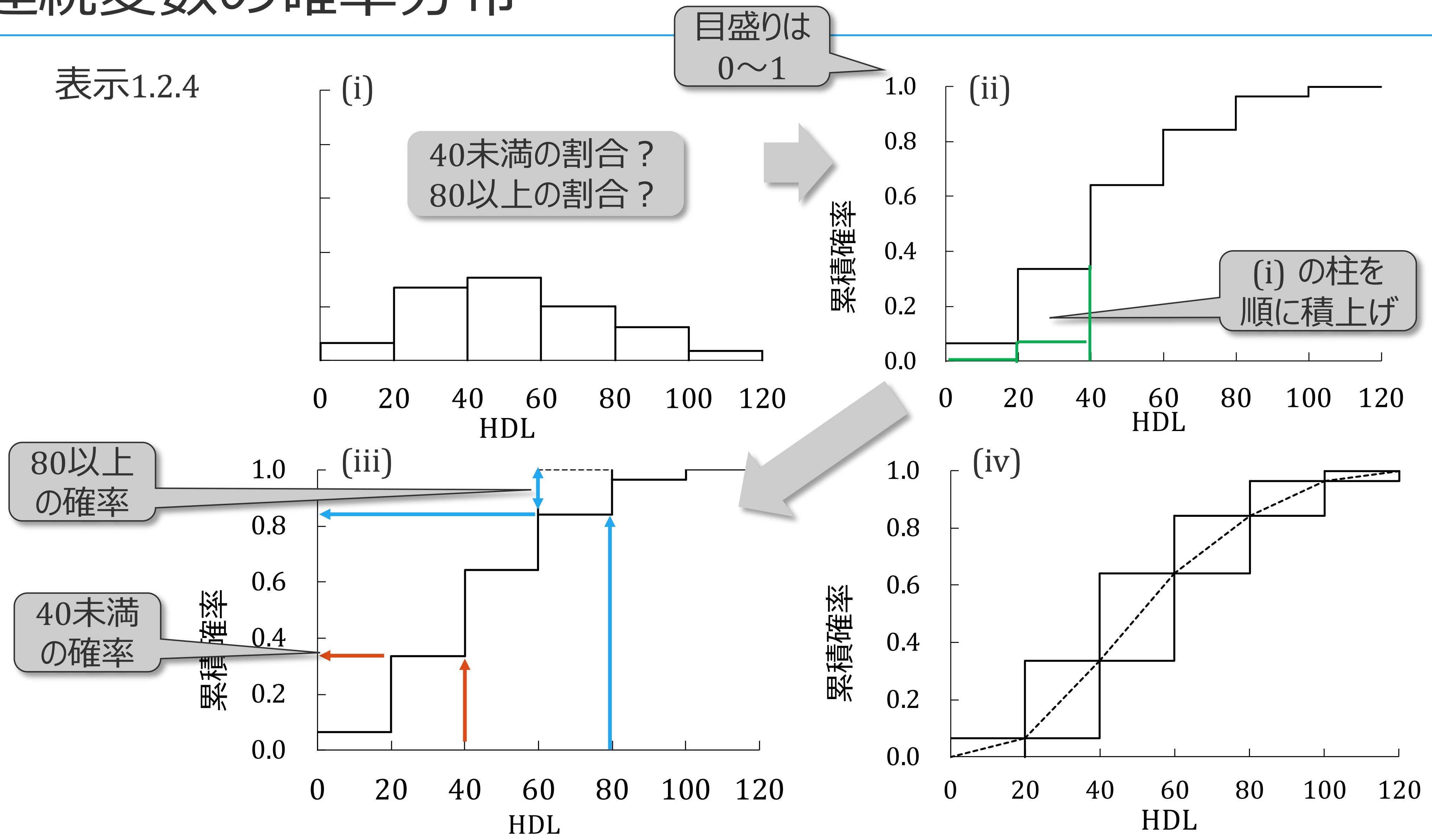
HDL	人数	割合
0～ 20	18	0.065
20～ 40	75	0.271
40～ 60	85	0.307
60～ 80	55	0.199
80～100	34	0.123
100～120	10	0.036
計	277	1

割合の和は 1

ヒストグラムと度数表（§2.2）

連続変数の確率分布

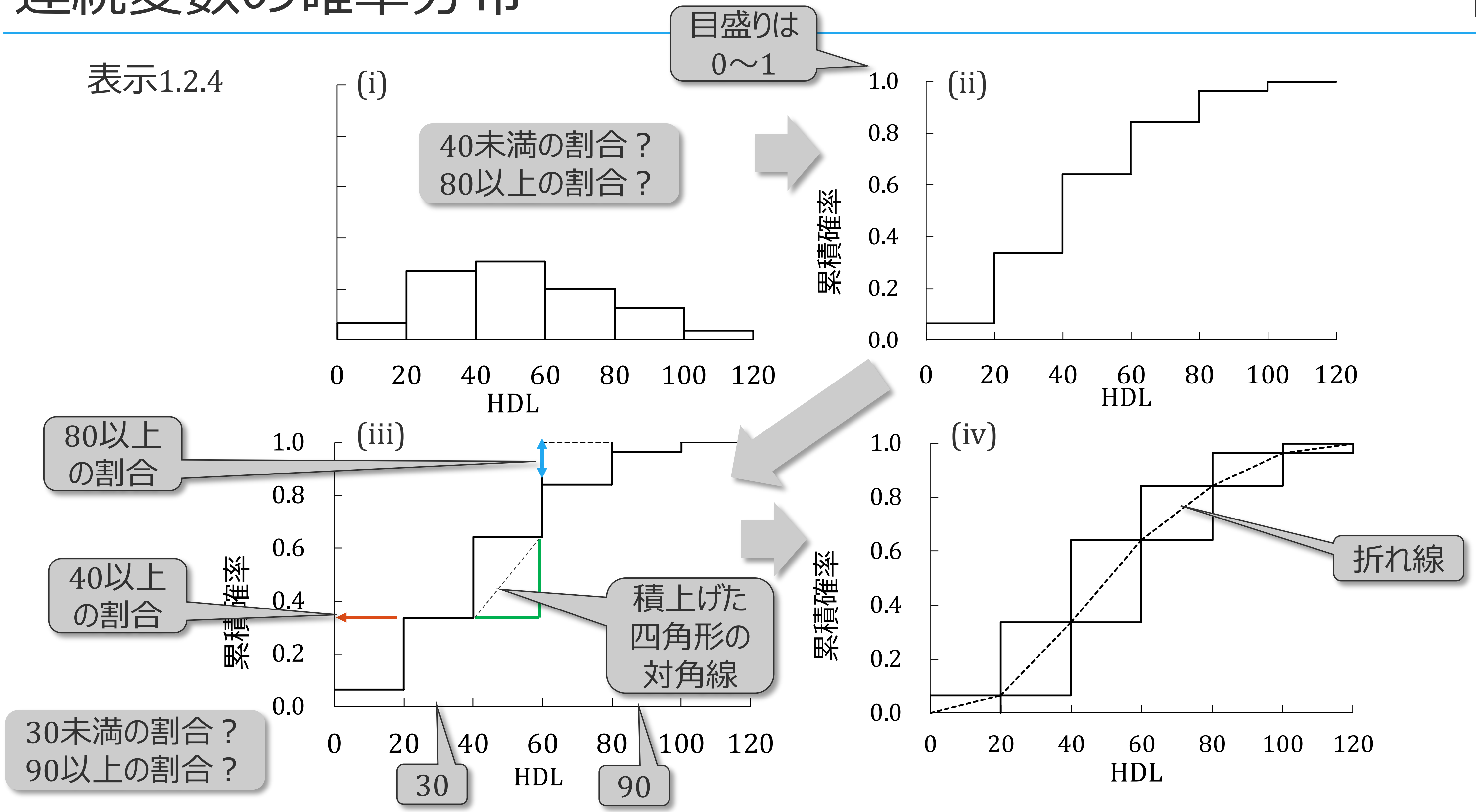
表示1.2.4



連続変数の確率分布

p.18

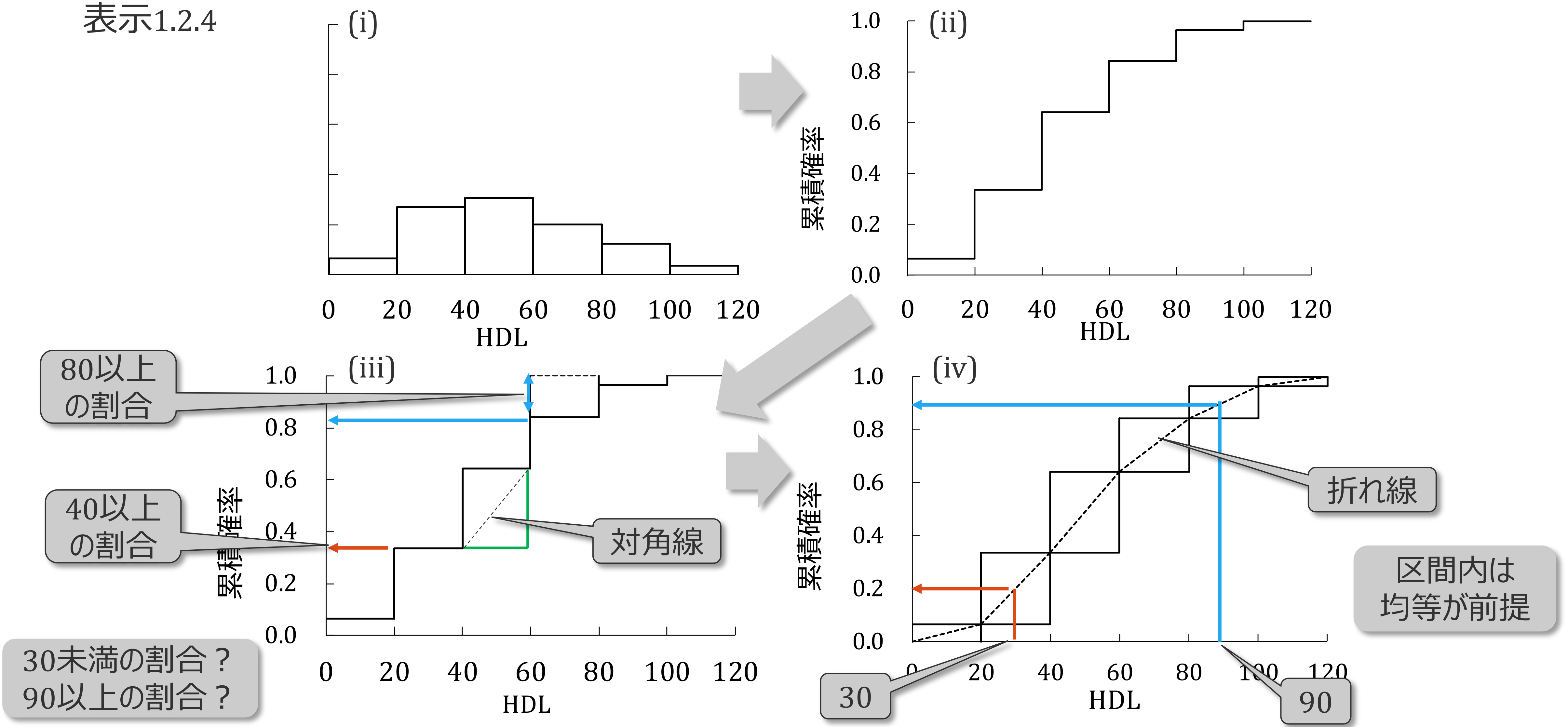
表示1.2.4



連続変数の確率分布

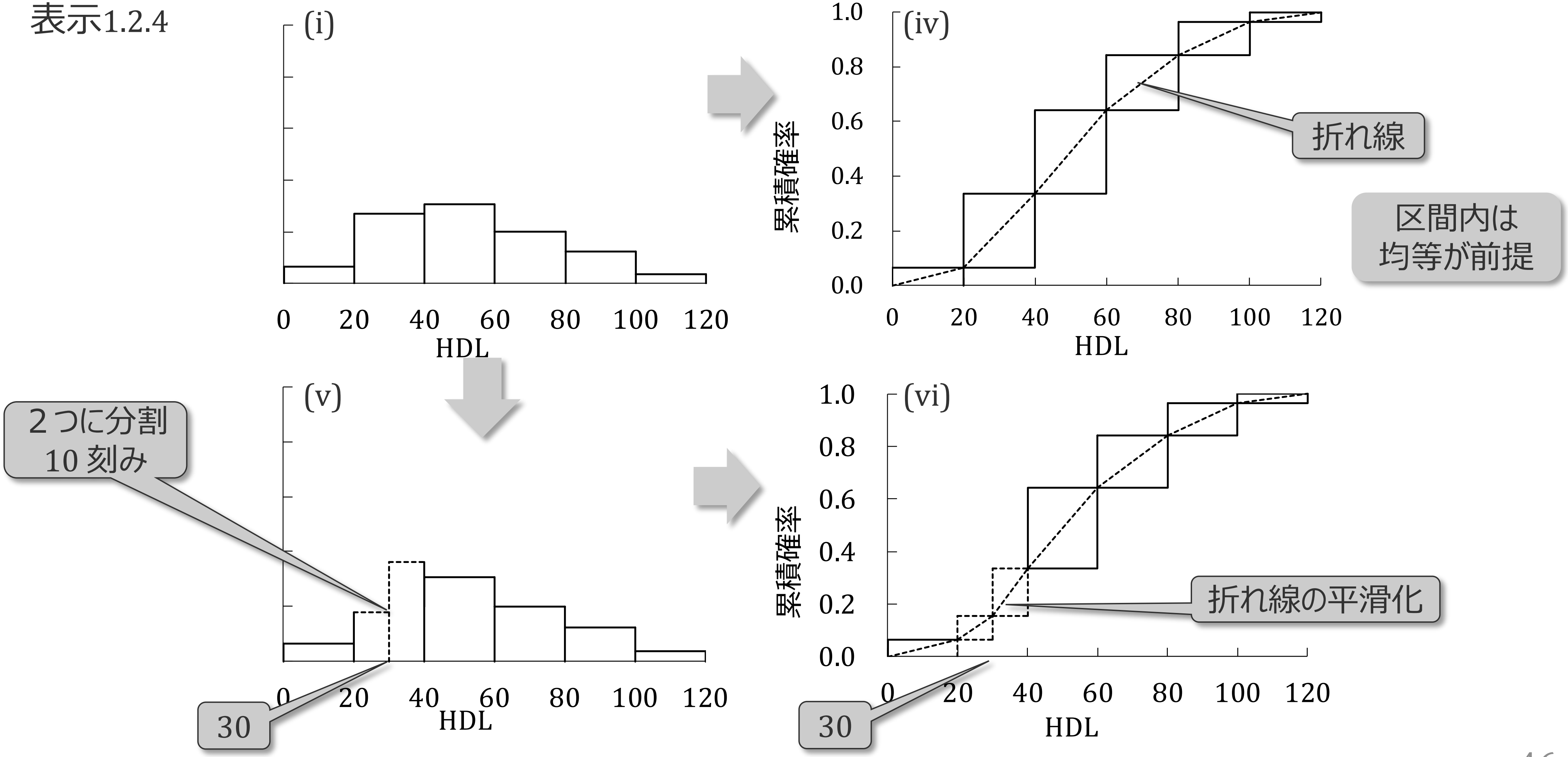
p.18

表示1.2.4



連続変数の確率分布

表示1.2.4

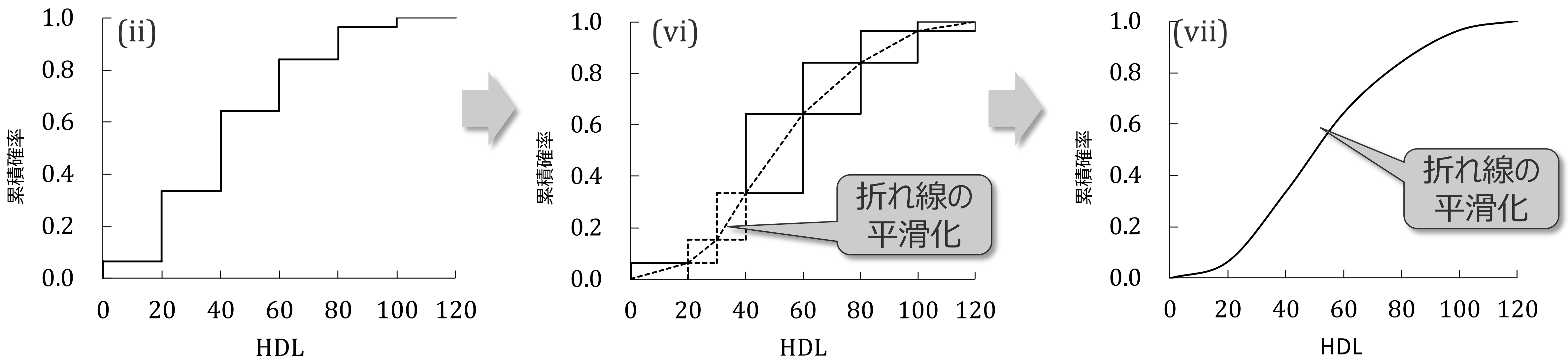


連続変数の確率分布

p.19

● 折れ線の平滑化

20～40 の区間を 2 つに分割して、間隔を狭くしたグラフを作成（図 vi）
折れ線の交点での傾斜の変化が小さくなり，折れ線が平滑化する
全体に区間をより狭くしていくと、柱の幅が狭くなり，滑らかな曲線になる（図 vii）
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
応用統計家は得られたデータから (ii)を導き、滑らかな曲線 (vii) にすることを考える



連続変数の確率分布（確率密度関数と分布関数）

p.19

- 確率密度関数 $f(x)$ と累積分布関数 $F(x)$

x と $(x+\varepsilon)$ の間に入る確率

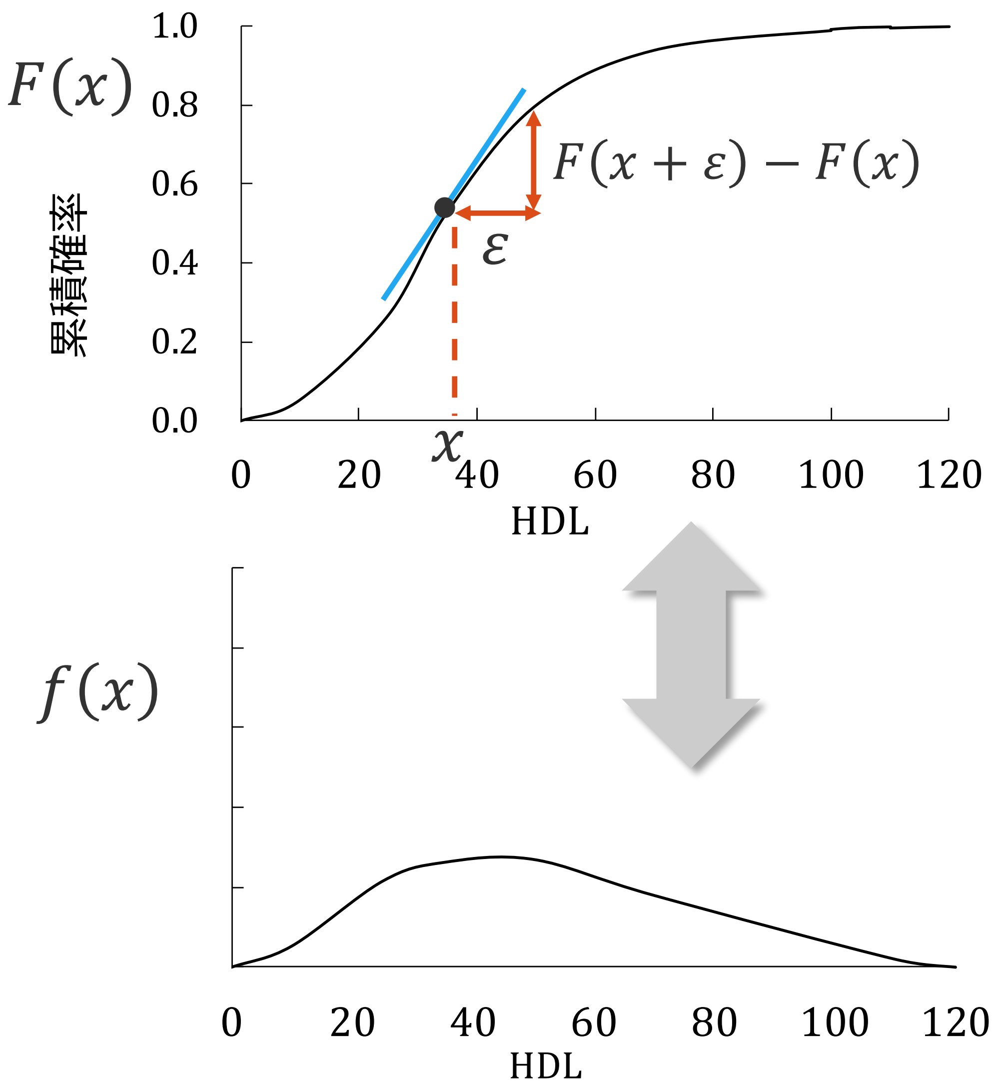
$$F(x+\varepsilon)-F(x)$$

x の単位当たりの平均的な確率

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

ε を無限に小さくしたときの極限

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



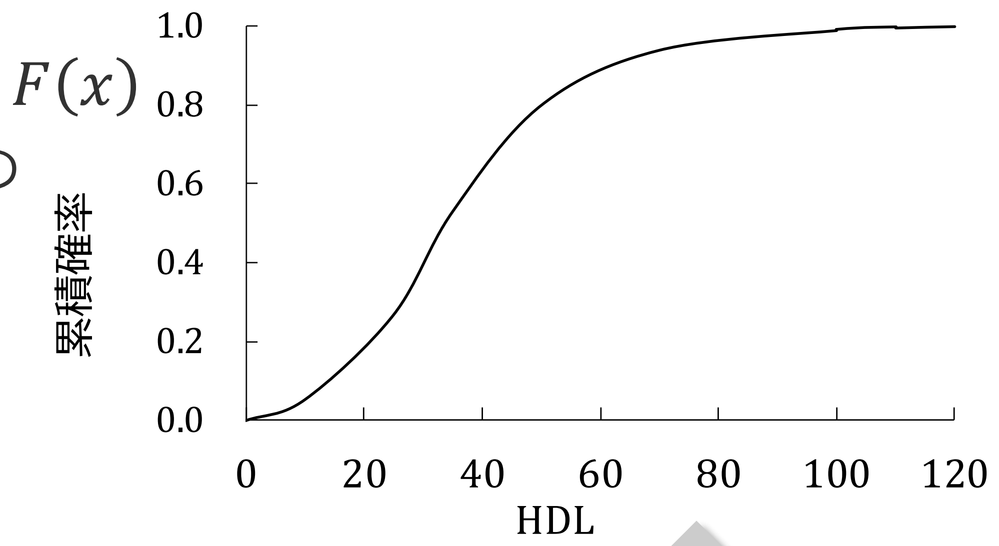
連続変数の確率分布（確率密度関数と分布関数）

p.19

●分布関数（累積分布関数）

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

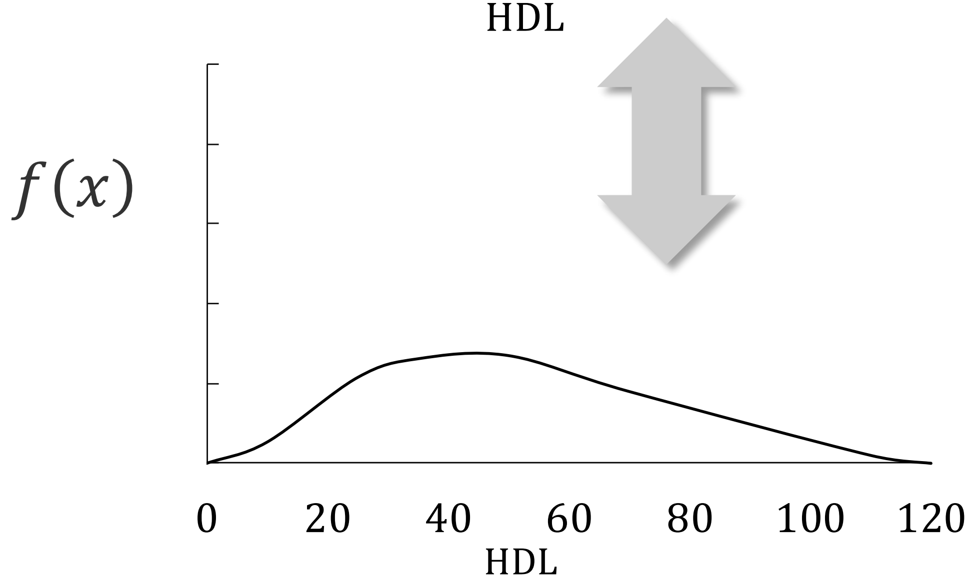
$$F(x) = \int_{-\infty}^{x} f(x)dx \qquad (1.2.4)$$



●確率密度関数

分布関数 $F(x)$ を x で微分したもの

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



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（累積分布関数）

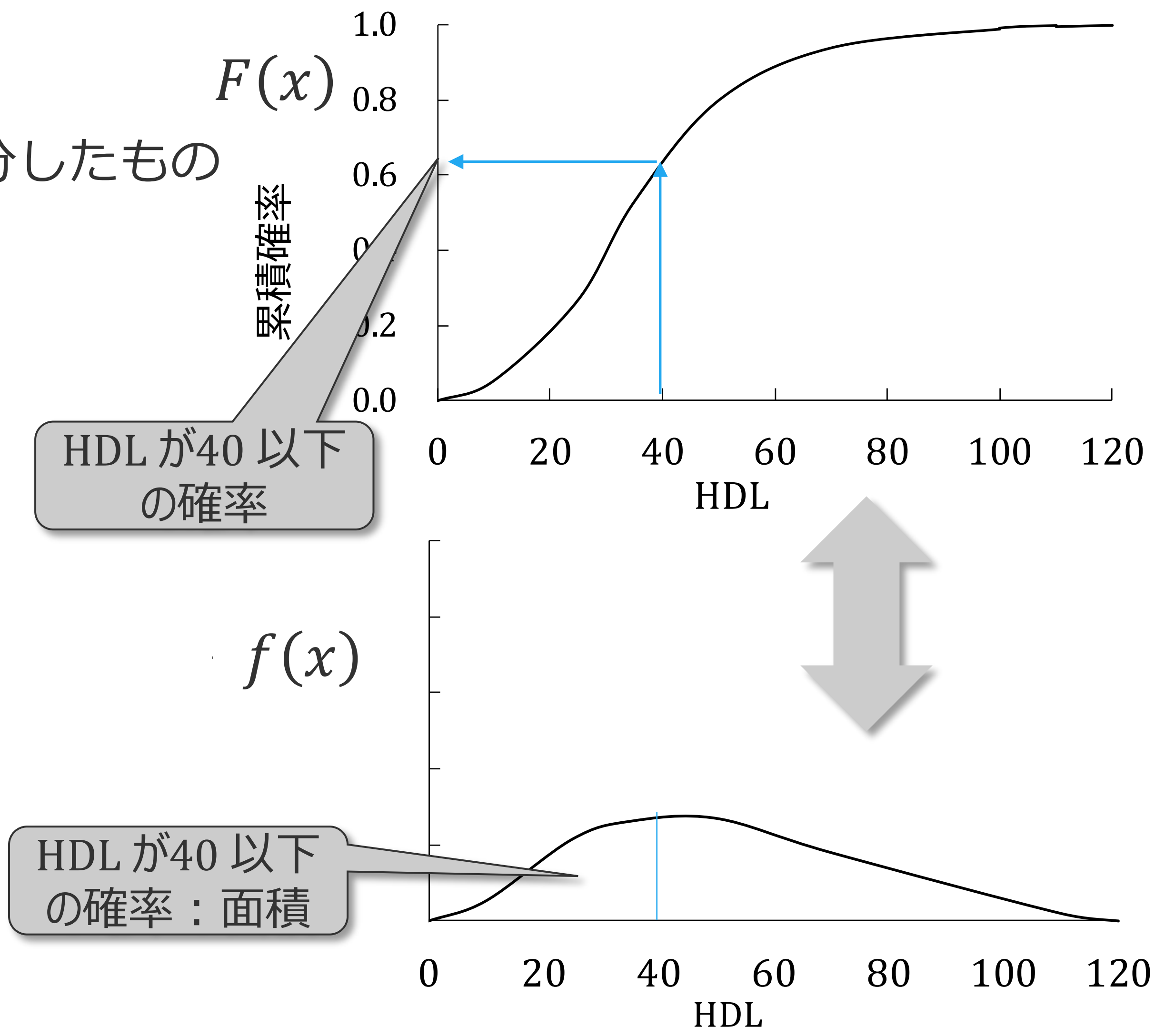
確率密度関数 $f(x)$ を $-\infty$から x まで積分したもの

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

●確率密度関数

分布関数 $F(x)$ を x で微分したもの

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



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（累積分布関数）

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

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

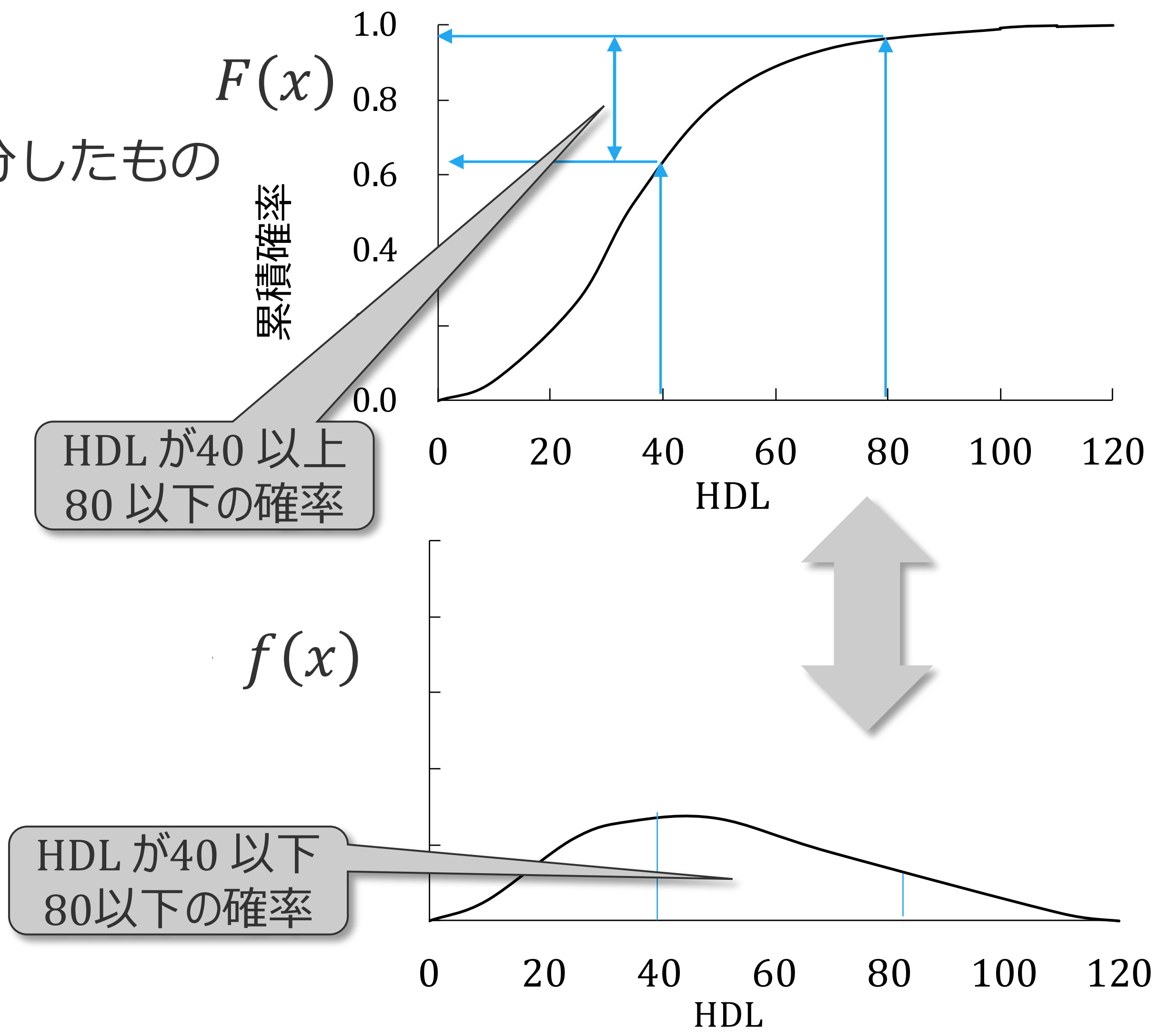
●確率密度関数

分布関数 $F(x)$ を x で微分したもの

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

確率について §2.1 で説明

連続変数の期待値、分散などは §2.1 で説明



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）・・・・期待値、分散は§ 2.1 で説明

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、2024年7月17日