



高知工科大学 経済・マネジメント学群

統計学 2

6. シミュレーション

やない ゆう き
矢内 勇生



<https://yukiyanai.github.io>



yanai.yuki@kochi-tech.ac.jp



このトピックの目標

- 乱数生成の方法を理解する！
- for ループを理解する
- 中心極限定理を理解する！
 - ▶ なぜ正規分布（標準正規分布）ばかり使うのか？

乱数を利用する

乱数 (random numbers)

- 確率・統計を理解するには、乱数を使うのが一番
 - ▶ 実際に実験する
 - サイコロを振る、コインを投げる、etc.
 - ▶ 乱数表を使う
 - ▶ **Rで乱数を生成する**

Rで乱数を作る

- Rを乱数生成器 (random number generator) として使う
 - ▶ Rで作れるのは擬似乱数 (pseudo-random numbers)
 - ▶ メルセンヌ・ツイスタ (Mersenne Twister) が利用されている

Rで生成できる乱数の例 (1)

★ 基本形は r (random) + 分布名の最初の数文字

- 二項分布 (binomial distribution) : `rbinom()`
- 正規分布 (normal distribution) : `rnorm()`
- 一様分布 (uniform distribution) : `runif()`
- カイ二乗分布 (chi-squared distribution) : `rchisq()`
- t 分布 (Student's t distribution) : `rt()`

Rで生成できる乱数の例 (2)

★ 特定の対象の集合から無作為（ランダム）に引く関数

`sample()`

for ループ

for ループとは？

- Rで特定の計算を繰り返し行う場合に用いる方法の1つ
- 長所
 - ▶ コードがわかりやすい
 - ▶ 入れ子にできる
- 短所
 - ▶ コードが長くなる
 - ▶ 実行速度が遅くなりがち

for ループの例

- 3行4列の行列Aの要素を順番に表示 (print) する
- for を使って、i行j列を順番に表示
 - ▶ まず、i を1に固定
 - j を 1, 2, 3, 4 と順番に動かす
 - ▶ 次に、i を2に固定
 - j を 1, 2, 3, 4 と動かす
 - ▶ 最後に、i を 3 に固定
 - j を 1, 2, 3, 4 と動かす

```
A <- matrix(1:12, nrow = 3)
```

```
for (i in 1:3) {  
  for (j in 1:4) {  
    print(A[i, j])  
  }  
}
```

繰り返しの実行

- for ループ以外にも繰り返しを実現する方法はある
 - ▶ while ループ
 - ▶ apply, map などの関数（Rらしい関数）
 - 詳しくは、副読本の「[Rプログラミングの基礎](#)」の章を参照

中心極限定理

正規分布ばかり使うのはなぜか

- 確率分布は、正規分布だけではない
 - 例) 一様分布、二項分布
- なぜ正規分布を使って統計的推定・検定を行うのか？

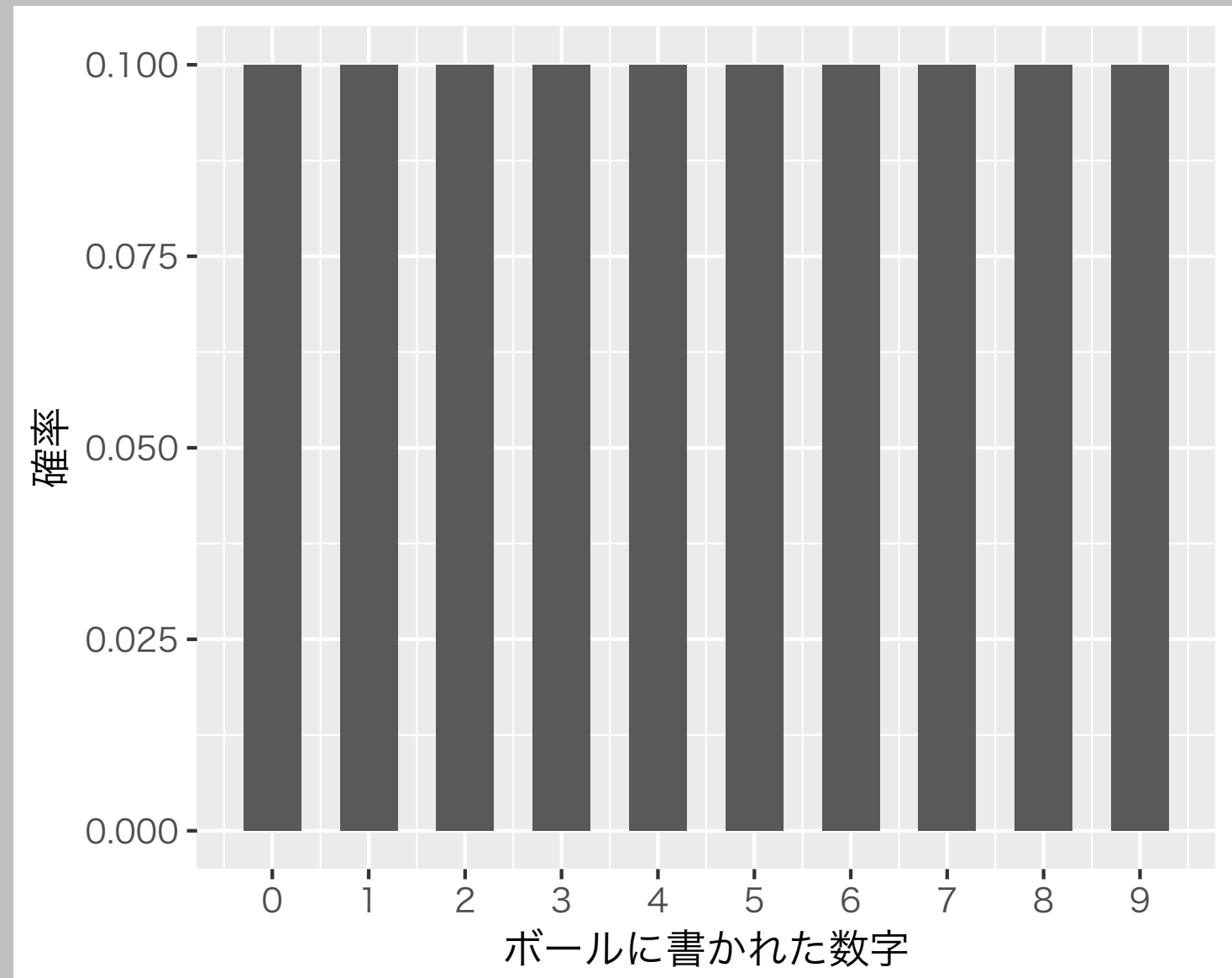
➡中心極限定理

中心極限定理 (Central Limit Theorem; CLT)

- 標本サイズ N が十分大きければ、元の確率分布がどんなものであっても、誤差は近似的に正規分布に従う
 - ▶ 正規分布以外の確率分布に従う変数であっても、 N が大きければ、正規分布を利用することができる
- ★ シミュレーションで示す

離散一様分布

- バッグの中に番号が書かれたボールが10個入っている
 - 番号：0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
- この分布の平均 = $(9-0)/2 = 4.5$



平均値の推定

- バッグ内のボールに書かれた数を知らないとする
- バッグからボールを引いて、平均を当てたい（推定したい）
- バッグからボールを N 回引き、出た数の平均値を推定に使う
- ただし、1度引いたボールはすぐにバッグの中に戻す（復元抽出法）

例：ボールを2回選ぶ

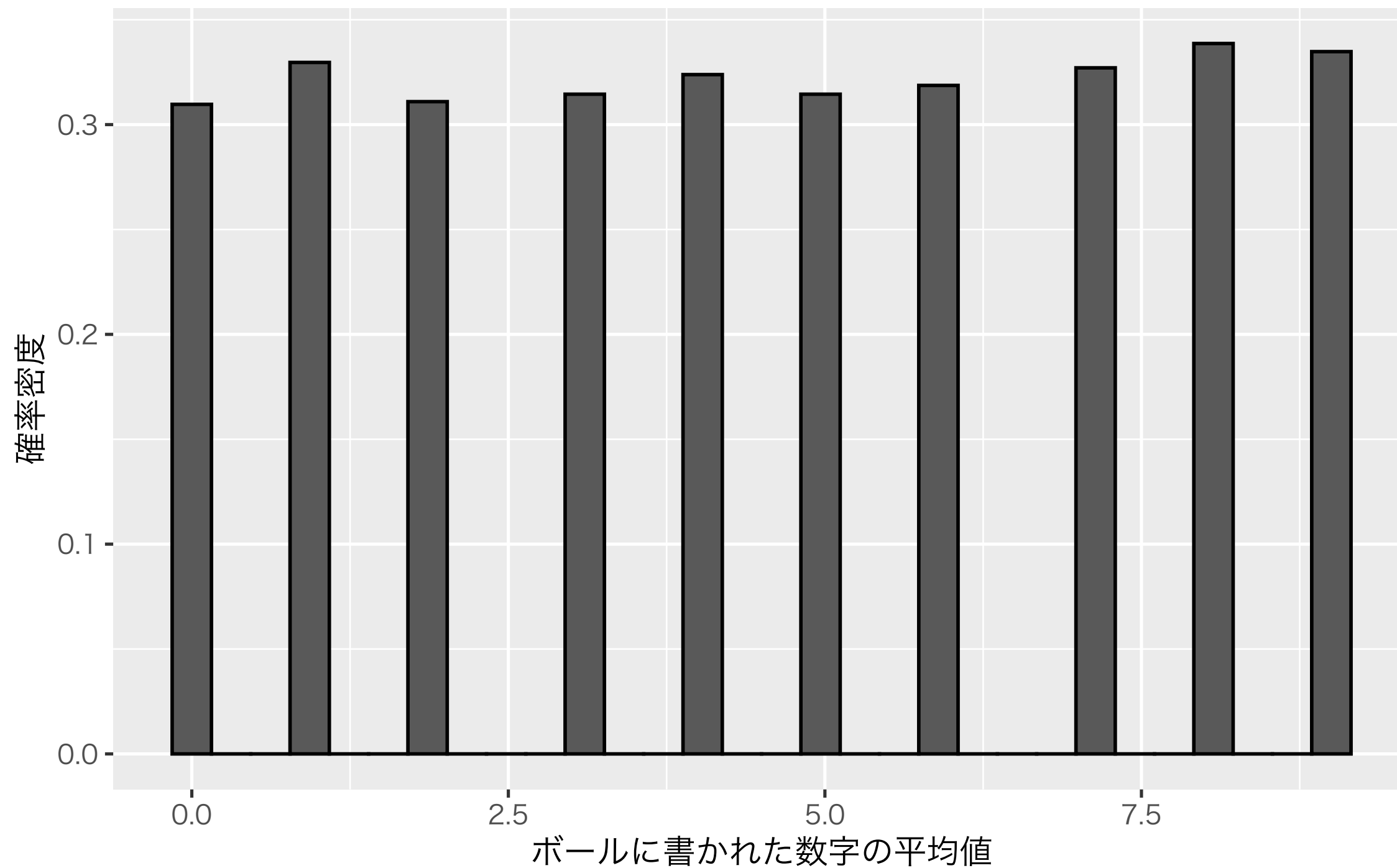
- ・ 1回目の選び方：10通り
- ・ 2回目の選び方：10通り
- ➡ 選び方は全部で $10 \times 10 = 100$ 通り
- ・ 2個のボールの合計：0 から18までの19通り
- ・ 平均 = 合計 / 2 : {0, 0.5, 1, ..., 9} の19通り

合計	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
平均	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9
確率	1/ 100	2/ 100	3/ 100	4/ 100	5/ 100	6/ 100	7/ 100	8/ 100	9/ 100	10/ 100	9/ 100	8/ 100	7/ 100	6/ 100	5/ 100	4/ 100	3/ 100	2/ 100	1/ 100

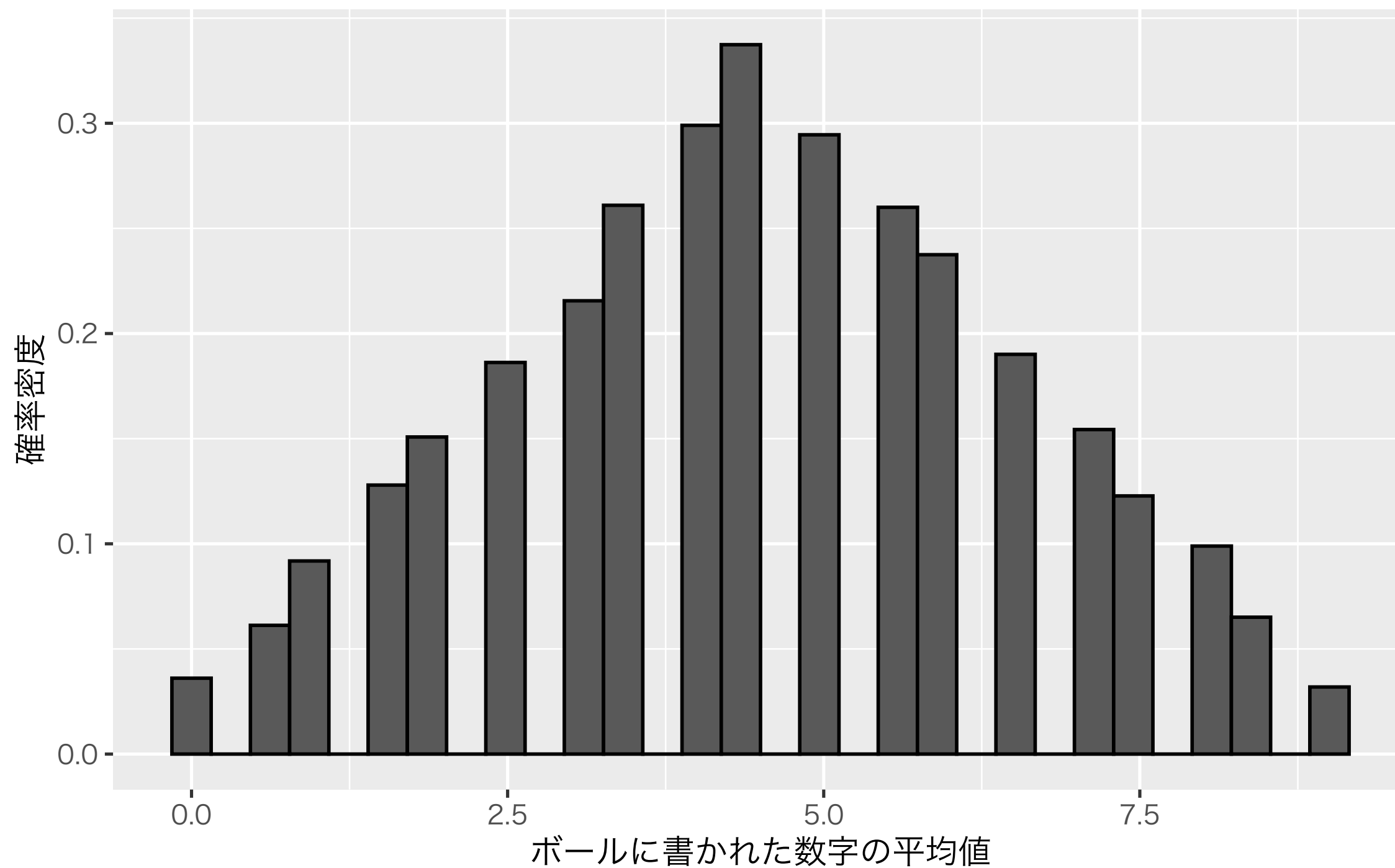
シミュレーション

- 「ボールを N 個選んで平均値を求める」という作業を 10,000 回繰り返してみる
- 平均値（推定値）の分布はどのような形になる？
- 1回ごとに選ぶ個数 (N) を増やすとどうなる？

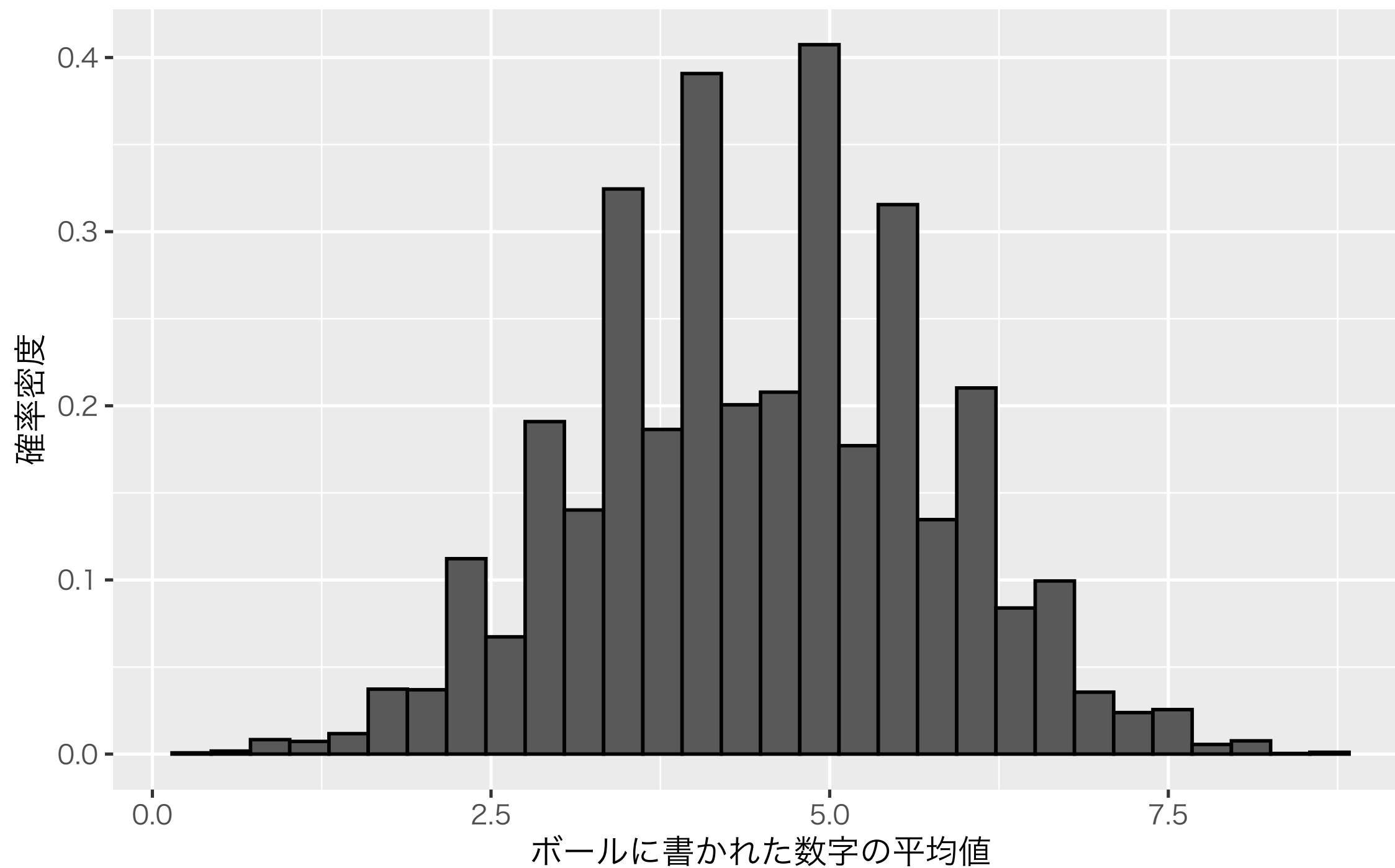
N = 1 の場合



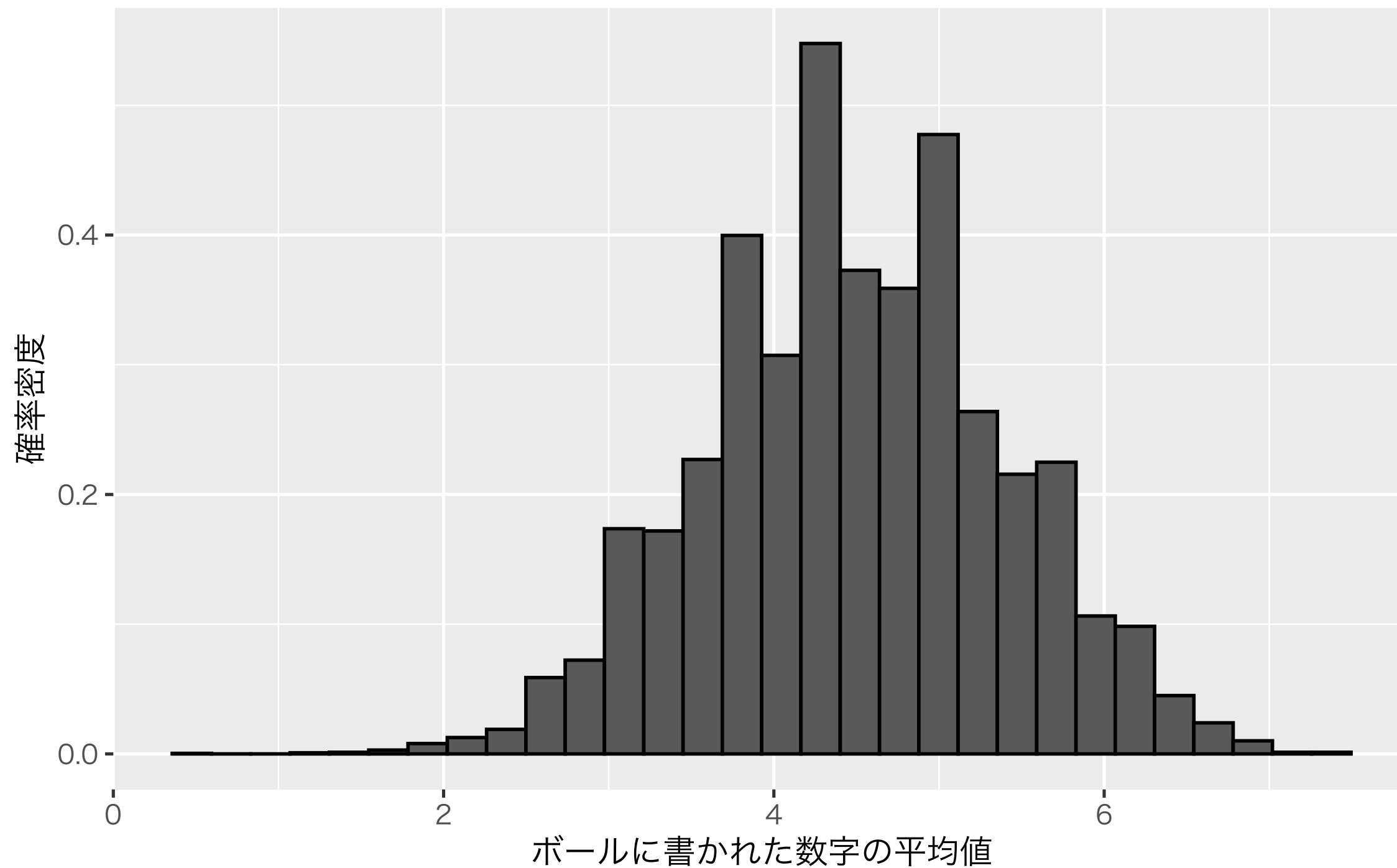
N = 2の場合



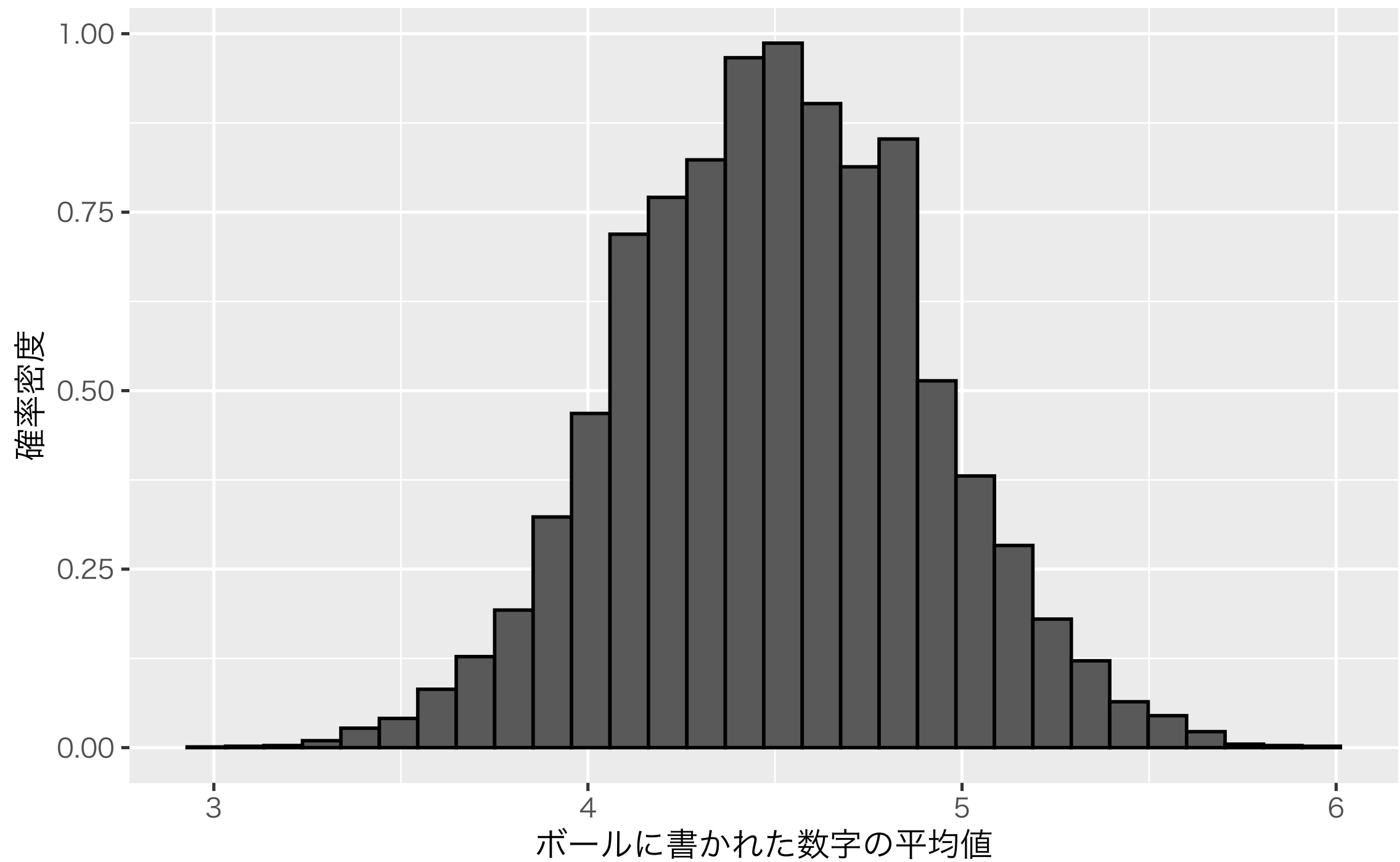
N = 5の場合



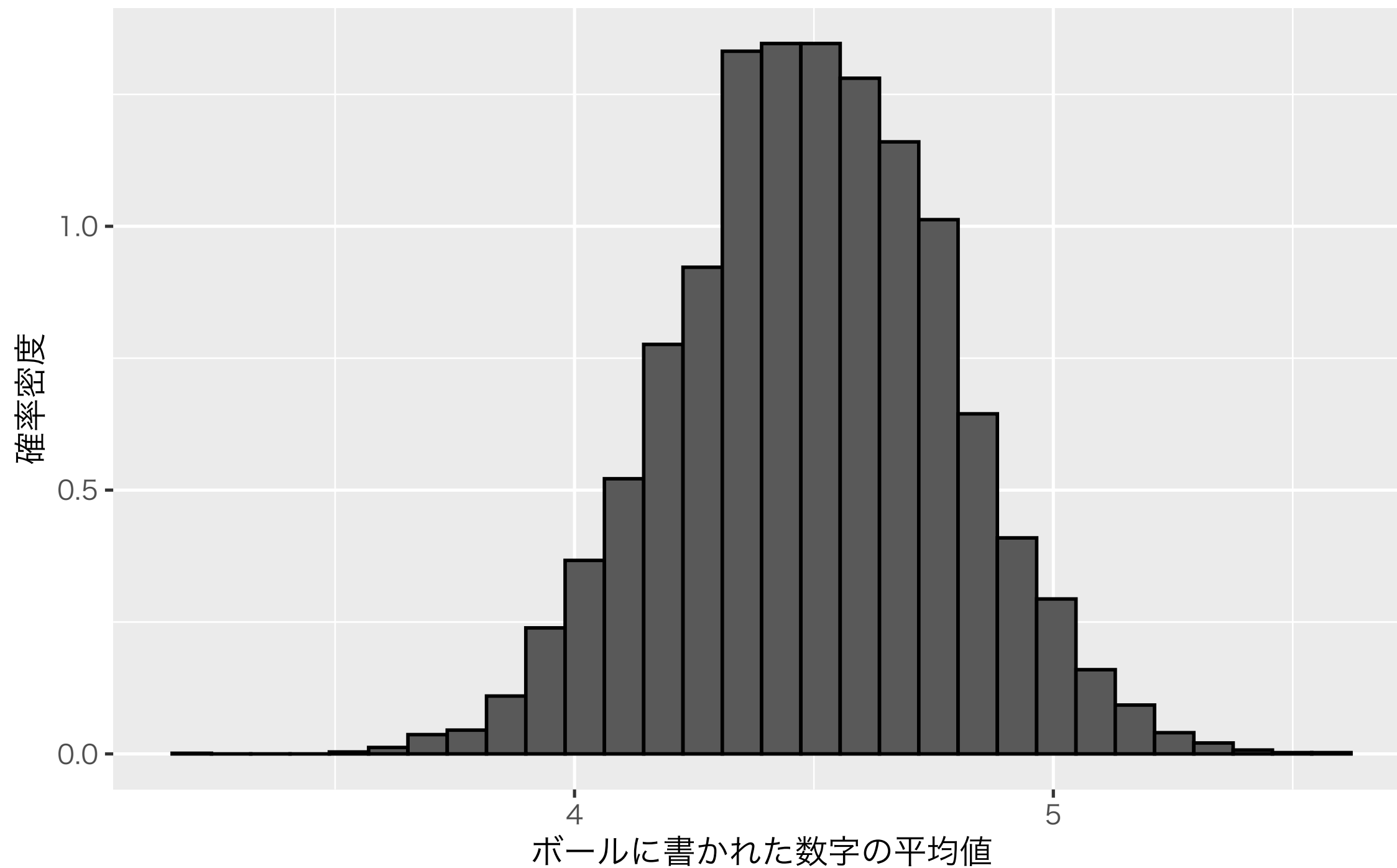
N = 10の場合



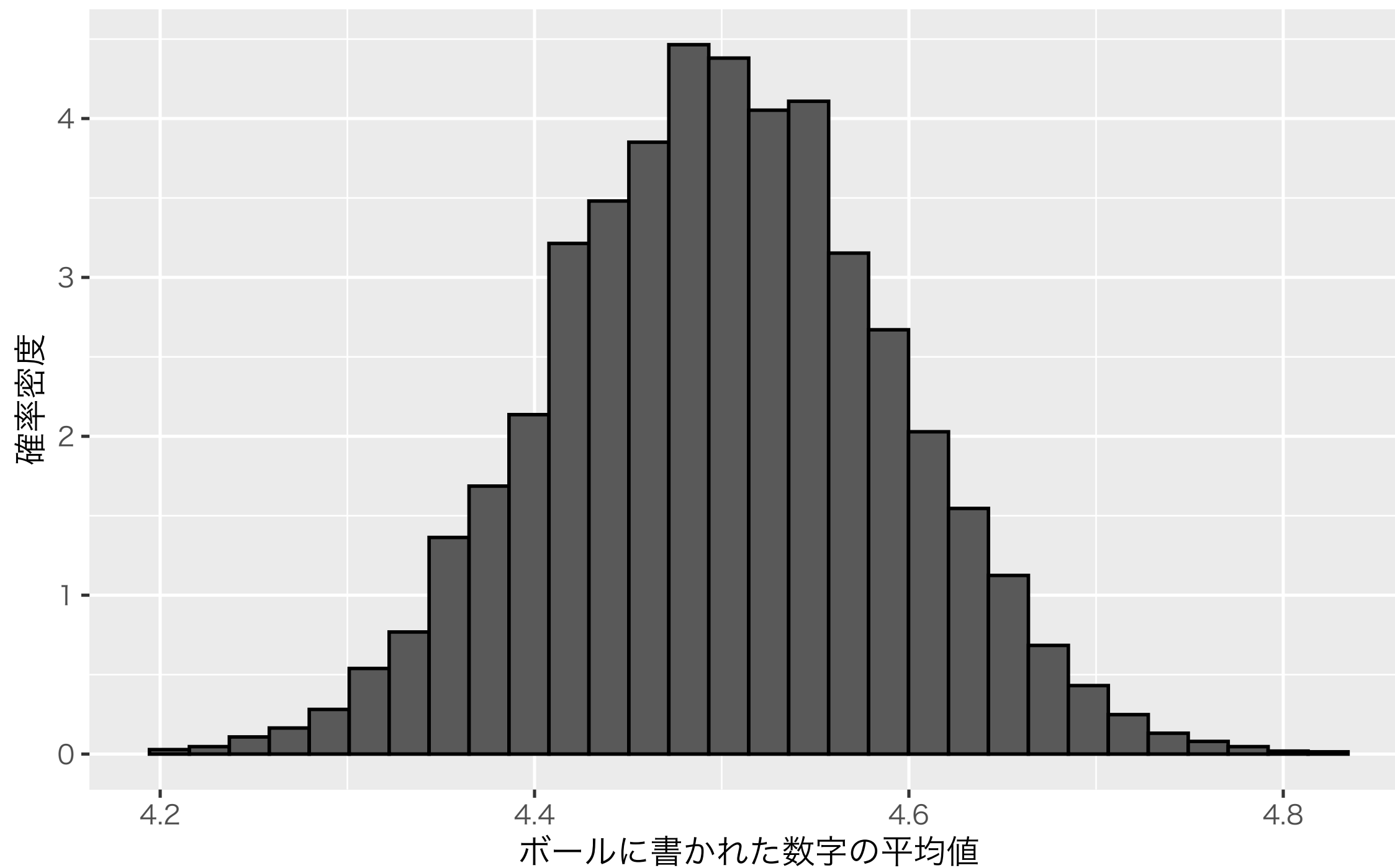
N = 50の場合



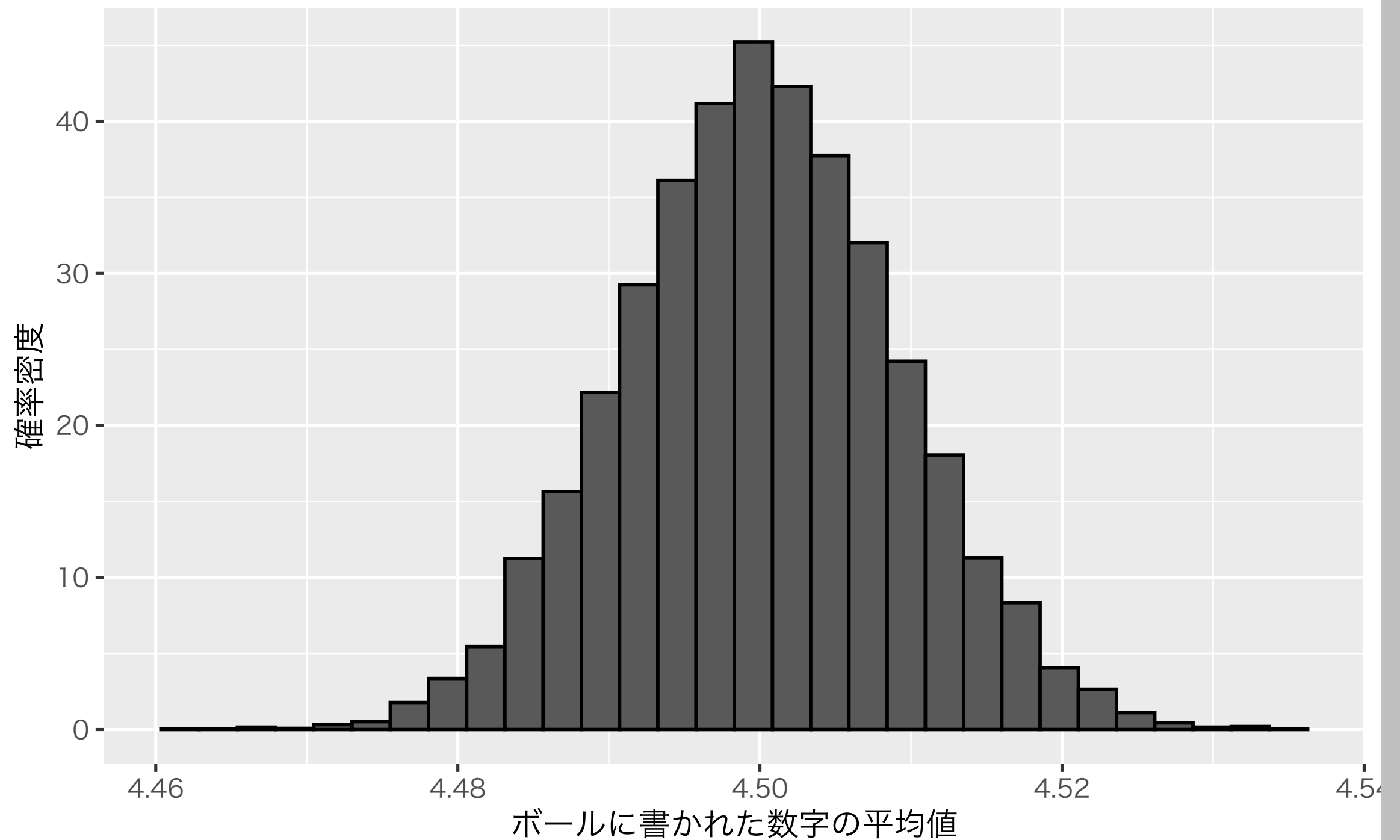
N = 100の場合



N = 1000の場合

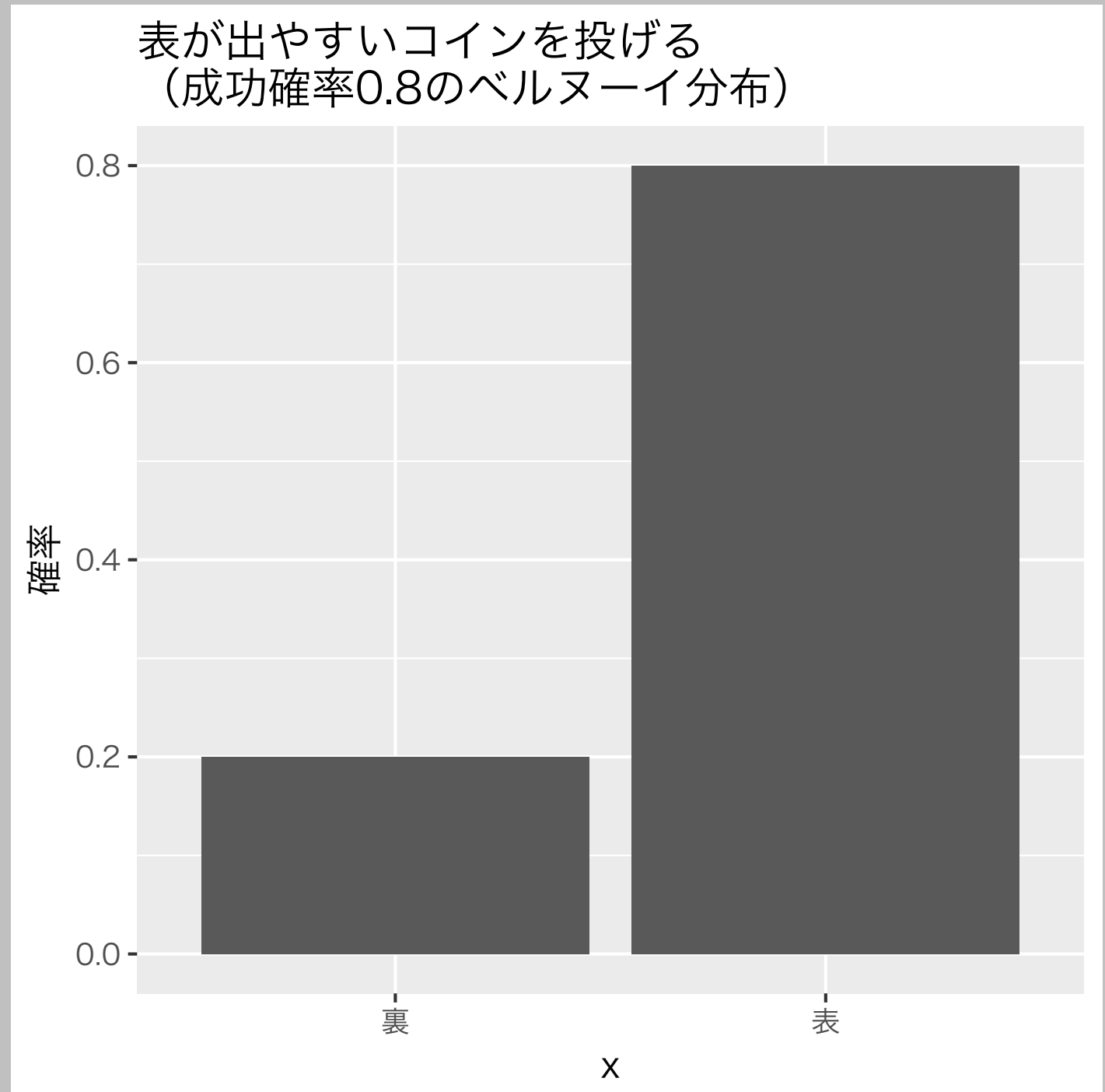


N = 1e+05の場合



ベルヌーイ分布

- コインを1回投げる
- 表が出る確率 p は、 $p = 0.8$
- 裏が出る確率 $1 - p$ は
 $1 - p = 0.2$



表が出る確率の推定

- 表が出る確率を知らないとする
- コインを N 回投げ、表が出た割合を p の推定値として使う

例：コインを2回投げる

- 1回目の結果：2通り

(表 or 裏)

- 2回目の結果：2通り

(表 or 裏)

➡ 選び方は全部で $2 \times 2 = 4$ 通り

- 表が出る回数：{0, 1, 2} の3通り

- 割合 = 「表の回数 / 2」 :

{0, 0.5, 1} の3通り

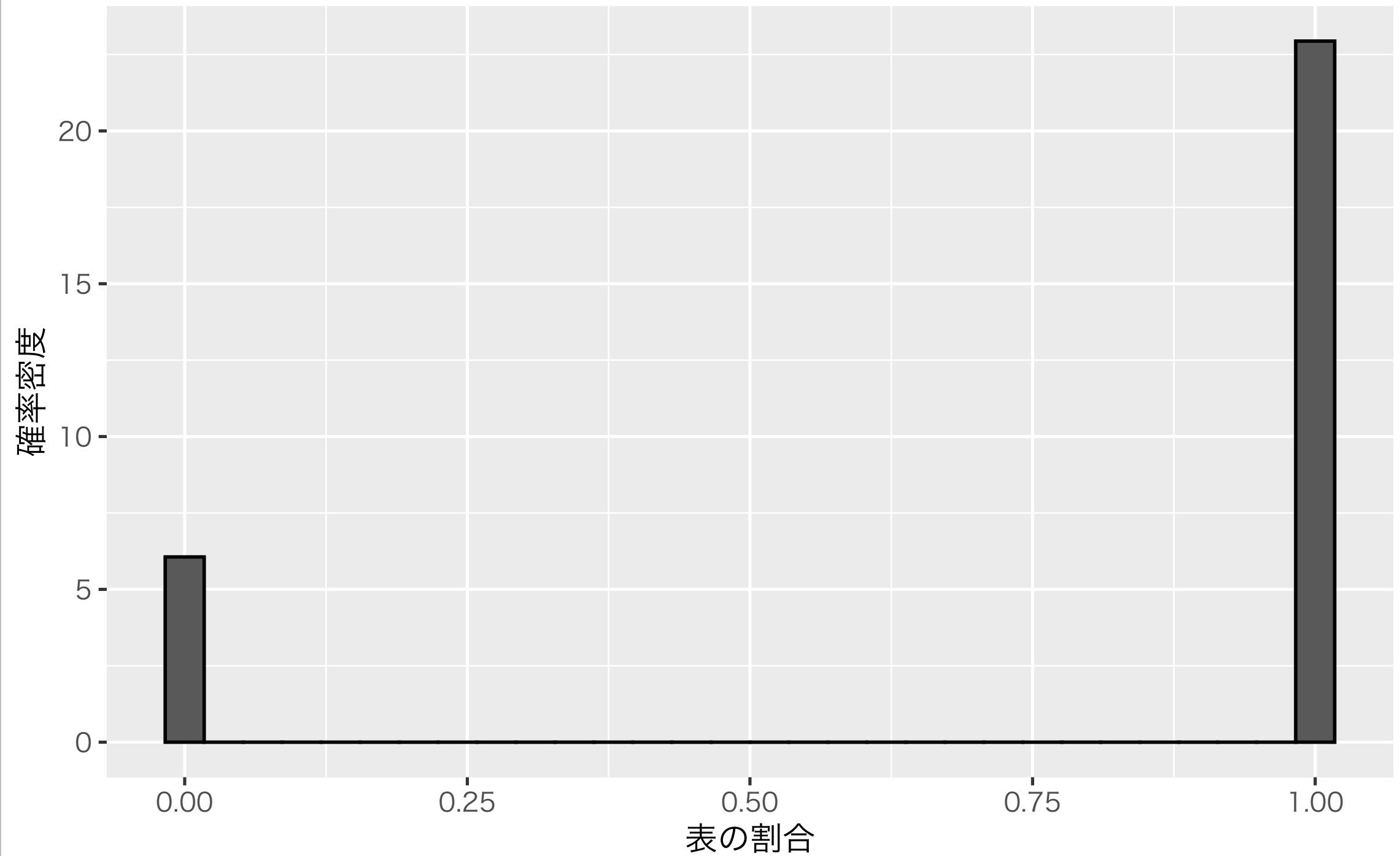
表が出る確率 $p=0.8$

1回目	裏	裏	表	表
2回目	裏	表	裏	表
表の回数	0	1	2	
平均	0	0.5	1	
確率	0.2×0.2 =0.04	$0.2 \times 0.8 + 0.8 \times 0.2$ =0.32	0.8×0.8 =0.64	

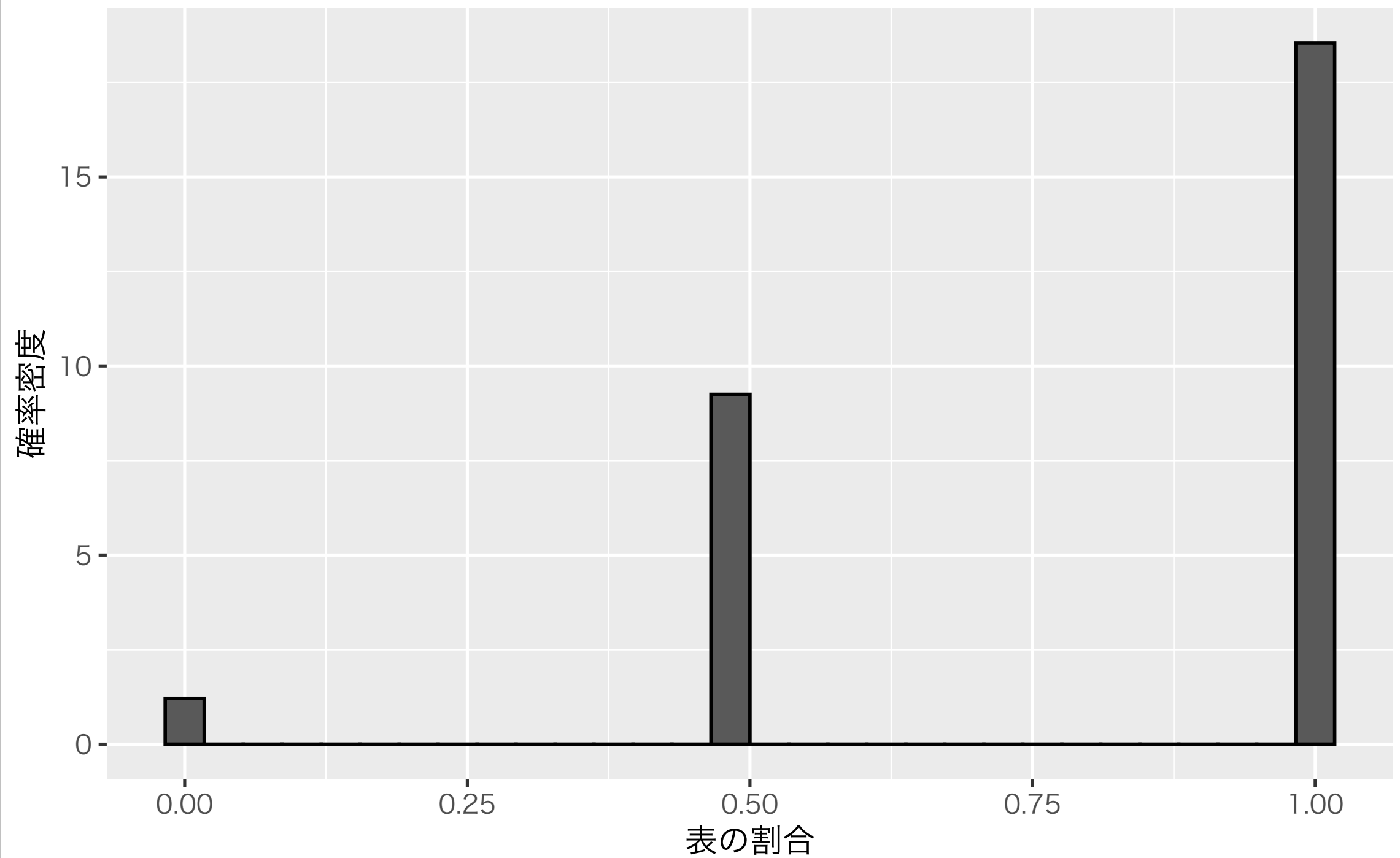
シミュレーション

- 「コインを N 回投げて表の割合を求める」という作業を10,000回繰り返してみる
- 平均値（推定値）の分布はどのような形になる？
- 1回ごとに投げる回数 (N) を増やすとどうなる？

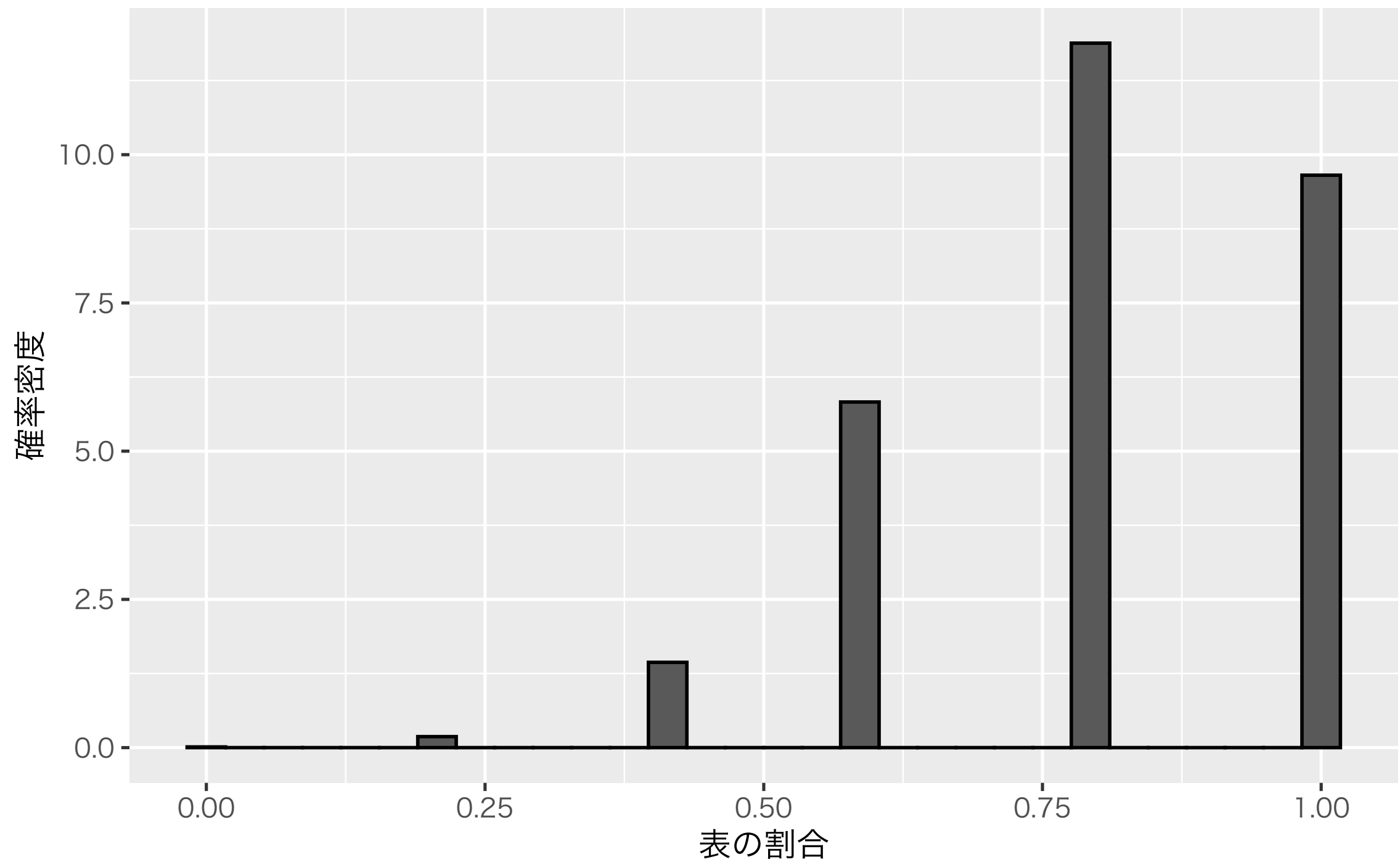
N = 1の場合



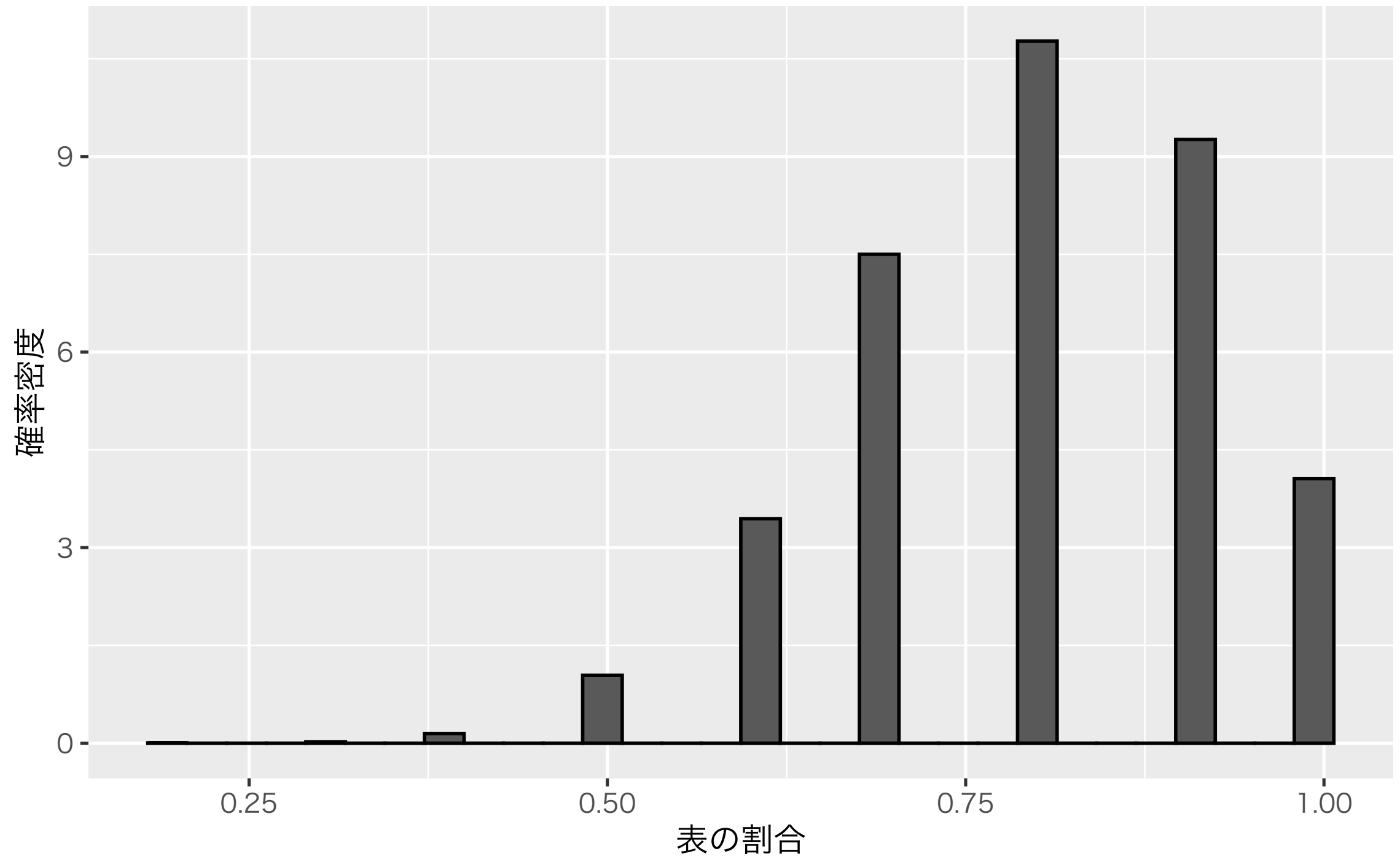
N = 2の場合



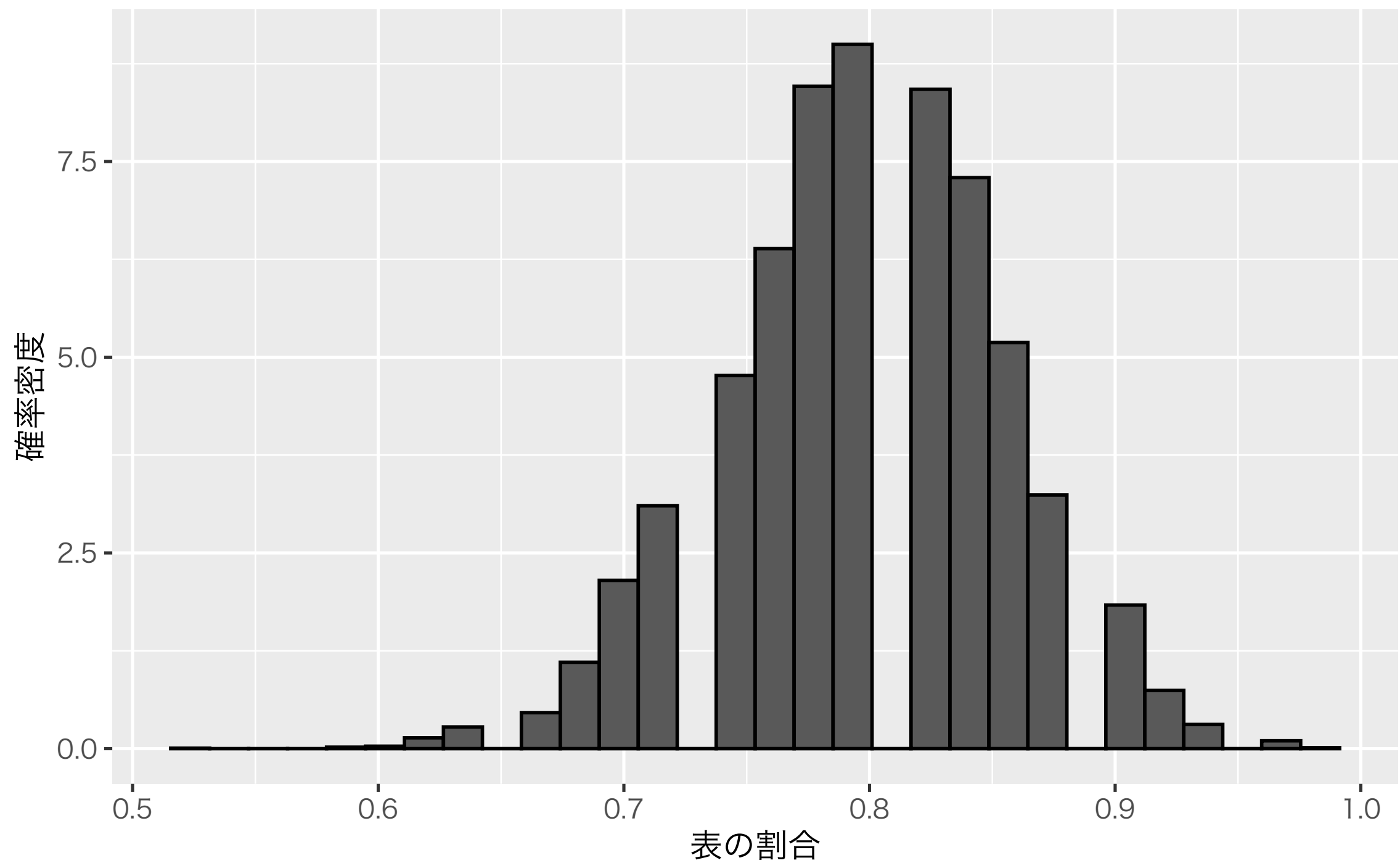
N = 5の場合



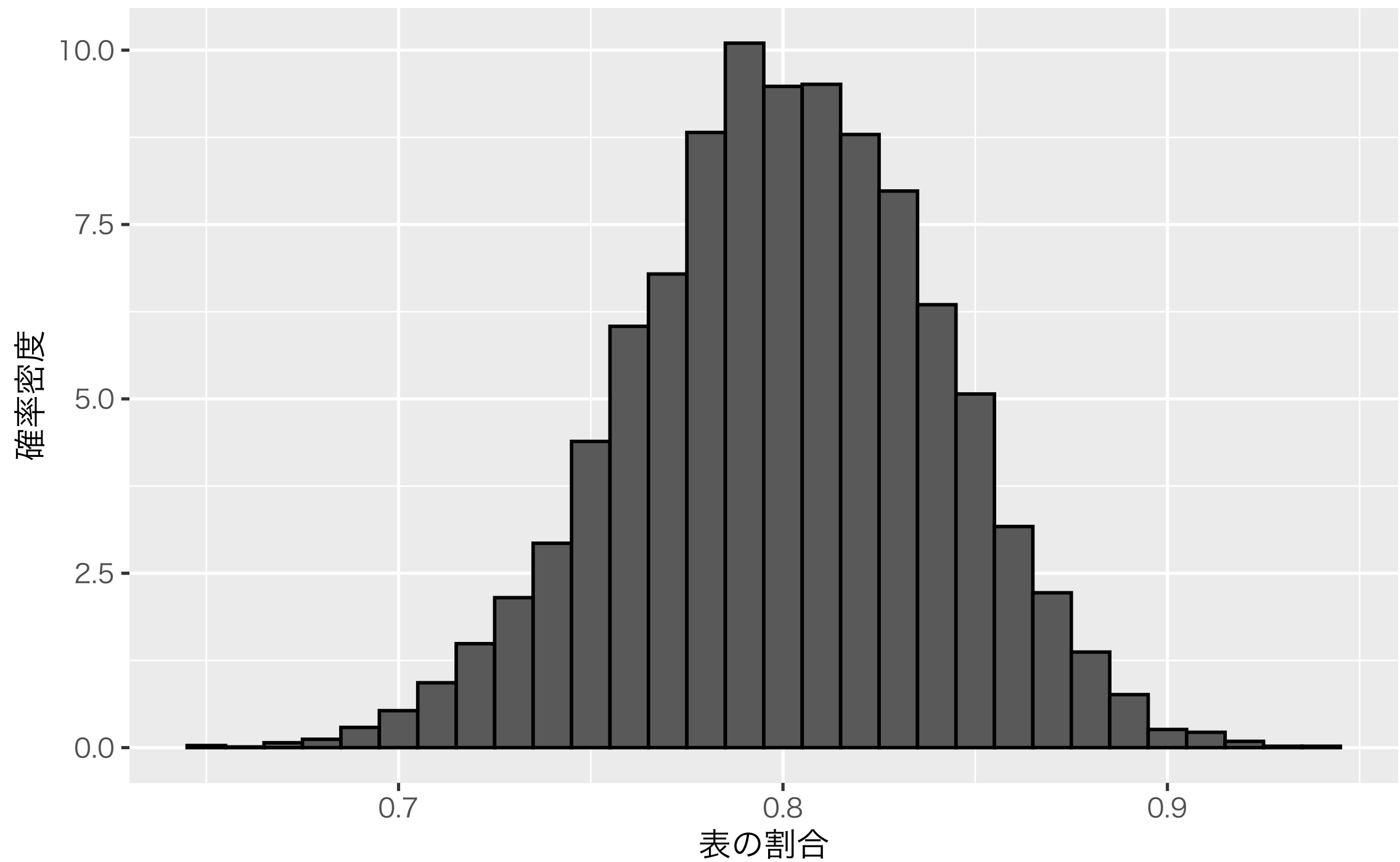
N = 10の場合



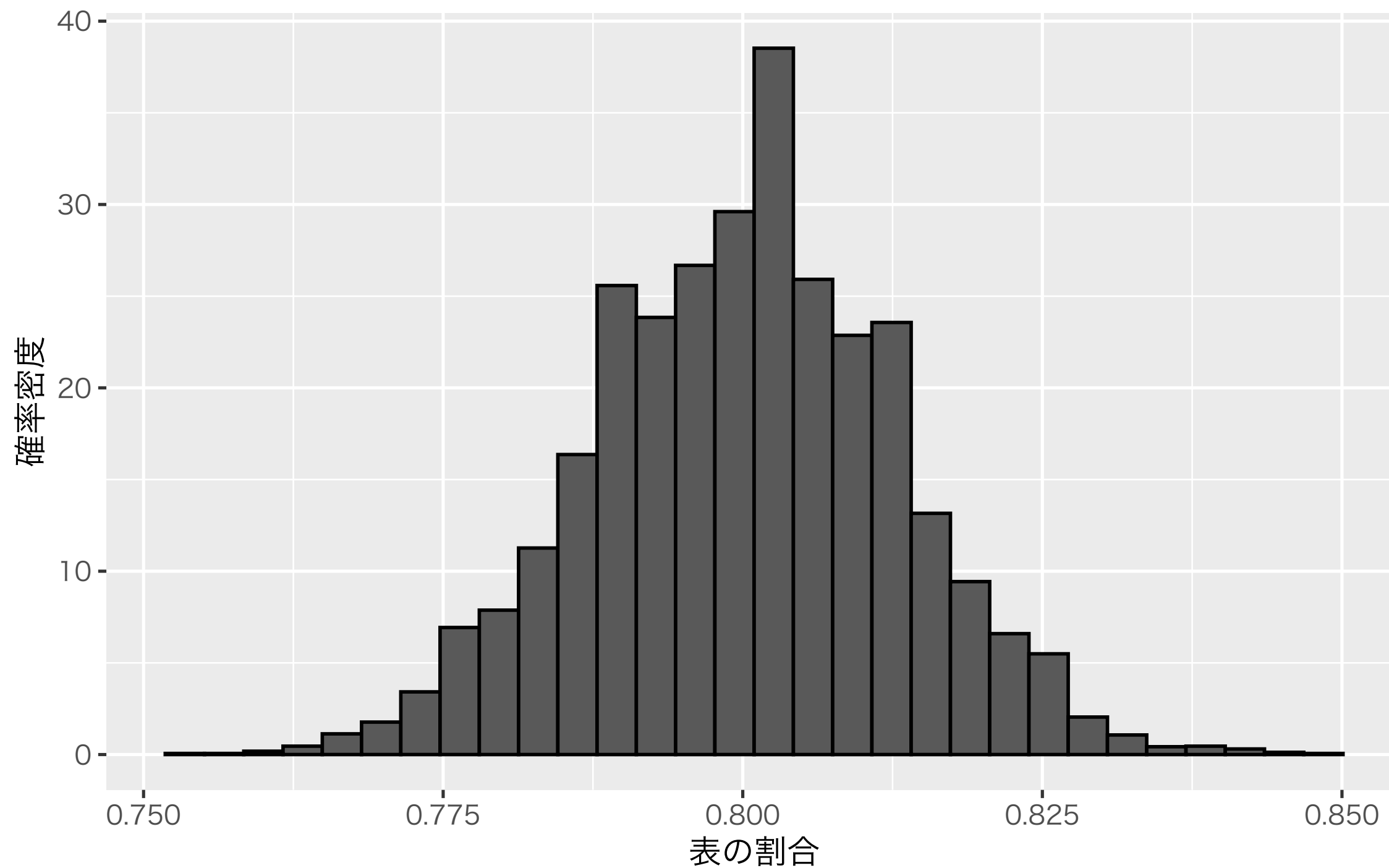
N = 50の場合



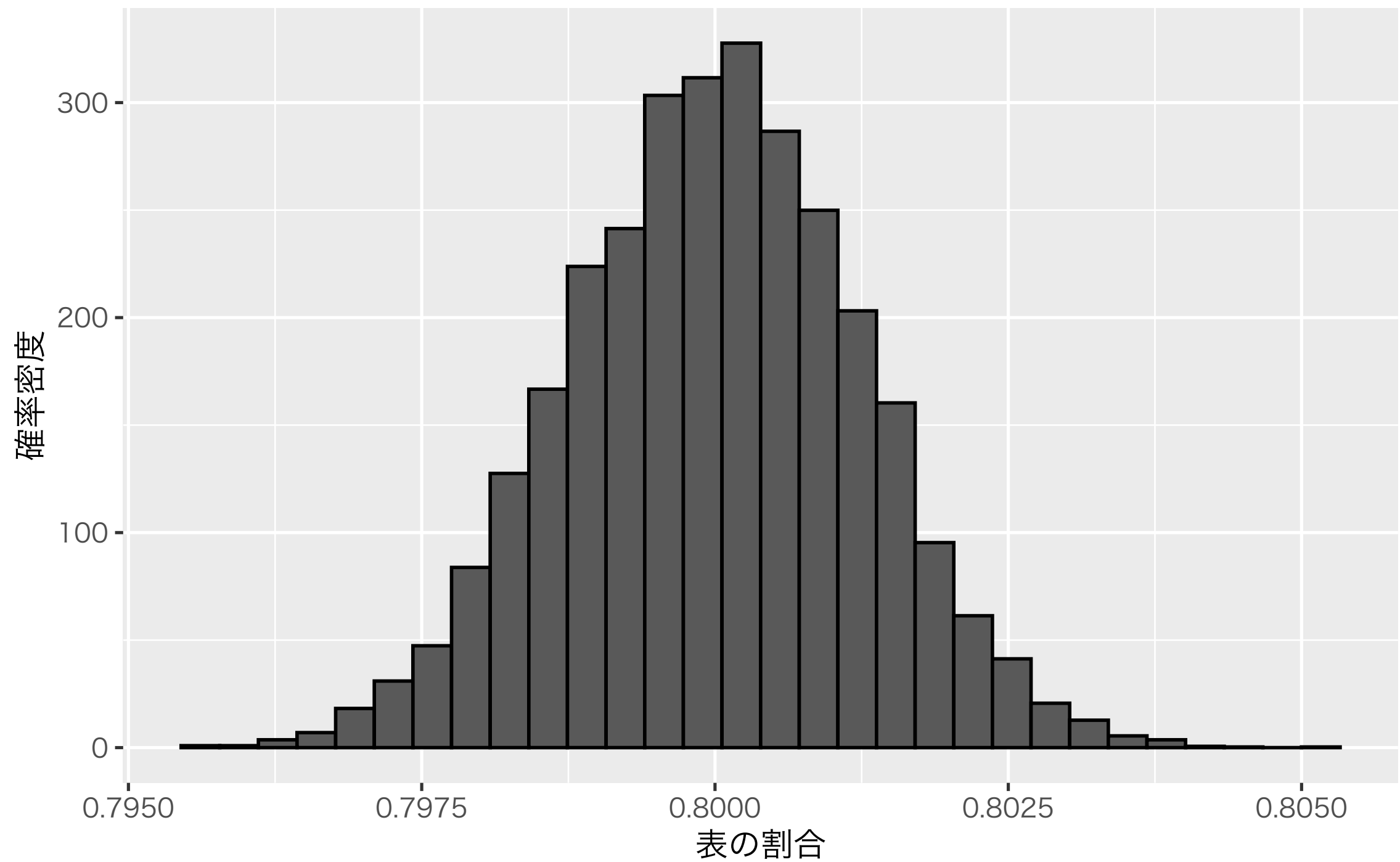
N = 100の場合



N = 1000の場合



N = 1e+05の場合



このトピックのまとめ

- Rを使うと、様々な方法で乱数を生成することができる
 - ▶ 確率・統計分布の理解に役立つ
 - ▶ シミュレーションができる
- 中心極限定理のおかげで正規分布を使った推論ができる

Rで実際にやってみよう！

- 授業のウェブページ
 - ▶ 乱数生成と中心極限定理
 - <https://yukiyanai.github.io/jp/classes/stat2/contents/R/rng-n-clt.html>

次回予告

7. 統計的推定と 仮説検定の基礎