

確率分布

3200. 対応のある 2 標本

10 人がダイエットプログラムに参加した。開始前と 4 週間後の体重 (kg) データから「このダイエットプログラムは体重が減少する」と言えるか。

今回の学習目標

対応のある 2 つの標本の t 検定

- 2 つの差に有意の差があるかどうか。

2つの標本の t 検定

2つの標本グループを比較して、変化があるのかどうかを検定したい場合、どのようにするかを考える。2つの標本グループの比較の場合、対応のある場合とない場合の2つのパターンがある。今回は対応のある場合を考える。

2つの標本の t 検定

2つの標本グループを比較して、変化があるのかどうかを検定したい場合、どのようにするかを考える。2つの標本グループの比較の場合、対応のある場合とない場合の2つのパターンがある。今回は対応のある場合を考える。

対応のある 2 標本：

- 同じ対象を 2 回測定
- 前後比較、ペアのデータ
- 例：ダイエット前後の体重
- 例：勉強前後のテスト点数

2つの標本の t 検定

2つの標本グループを比較して、変化があるのかどうかを検定したい場合、どのようにするかを考える。2つの標本グループの比較の場合、対応のある場合とない場合の2つのパターンがある。今回は対応のある場合を考える。

対応のある 2 標本：

- 同じ対象を 2 回測定
- 前後比較、ペアのデータ
- 例：ダイエット前後の体重
- 例：勉強前後のテスト点数

対応のない 2 標本：

- 異なる対象を比較
- 例：A 組は B 組より優秀？
- 例：飛行機と新幹線はどちらが快適か？

対応のある 2 標本の t 検定の考え方



対応のある 2 標本の t 検定の考え方

各ペアの**差**を計算： $d_i = (\text{後}) - (\text{前})$
差の平均 \bar{d} が 0 と異なるか検定する。

対応のある 2 標本の t 検定の考え方

各ペアの**差**を計算： $d_i = (\text{後}) - (\text{前})$
差の平均 \bar{d} が 0 と異なるか検定する。

仮説：

- $H_0 : \mu_d = 0$ (差がない)
- $H_1 : \mu_d \neq 0$ (差がある)

対応のある 2 標本の t 検定の考え方

各ペアの**差**を計算： $d_i = (\text{後}) - (\text{前})$
差の平均 \bar{d} が 0 と異なるか検定する。

仮説：

- $H_0 : \mu_d = 0$ (差がない)
- $H_1 : \mu_d \neq 0$ (差がある)

実質的には、差 d を 1 つの変数と見なして
1 標本の t 検定を行う。

対応のある 2 標本の t 検定 (5 ステップ)



対応のある 2 標本の t 検定 (5 ステップ)

Step 1: 仮説を立てる

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d > 0, \mu_d < 0, \text{ または } \mu_d \neq 0$$

有意水準 α



対応のある 2 標本の t 検定 (5 ステップ)

Step 1: 仮説を立てる

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d > 0, \mu_d < 0, \text{ または } \mu_d \neq 0$$

有意水準 α

Step 2: 各ペアの差を計算 $d_i = (\text{後の値}) - (\text{前の値})$



対応のある 2 標本の t 検定 (5 ステップ)

Step 1 : 仮説を立てる

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d > 0, \mu_d < 0, \text{ または } \mu_d \neq 0$$

有意水準 α

Step 2 : 各ペアの差を計算 $d_i = (\text{後の値}) - (\text{前の値})$

Step 3 : 差の平均と標準偏差を求める

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i, \quad s_d$$



対応のある 2 標本の t 検定 (5 ステップ)

Step 1 : 仮説を立てる

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d > 0, \mu_d < 0, \text{ または } \mu_d \neq 0$$

有意水準 α

Step 2 : 各ペアの差を計算 $d_i = (\text{後の値}) - (\text{前の値})$

Step 3 : 差の平均と標準偏差を求める

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i, \quad s_d$$

Step 4 : t 値を計算し判定

$$t = \frac{\bar{d} - 0}{s_d / \sqrt{n}} = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$



対応のある 2 標本の t 検定 (5 ステップ)

Step 1 : 仮説を立てる

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_1 : \mu_d > 0, \mu_d < 0, \text{ または } \mu_d \neq 0$$

有意水準 α

Step 2 : 各ペアの差を計算 $d_i = (\text{後の値}) - (\text{前の値})$

Step 3 : 差の平均と標準偏差を求める

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i, \quad s_d$$

Step 4 : t 値を計算し判定

$$t = \frac{\bar{d} - 0}{s_d / \sqrt{n}} = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

Step 5 : 結論を述べる

例 1 10 人がダイエットプログラムに参加した。開始前と 4 週間後の体重 (kg) は以下のとおりである。「このダイエットプログラムは体重が減少する」と言えるか。有意水準 5% で検定しなさい。

ID	前	後	差
1	68	69	+1
2	72	71	-1
3	65	66	+1
4	70	67	-3
5	75	73	-2
6	62	61	-1
7	69	68	-1
8	71	69	-2
9	66	67	+1
10	73	71	-2

例 1 10 人がダイエットプログラムに参加した。開始前と 4 週間後の体重 (kg) は以下のとおりである。「このダイエットプログラムは体重が減少する」と言えるか。有意水準 5% で検定しなさい。

Step 1 : 仮説を立てる

$$H_0 : \mu_d = 0 \quad H_1 : \mu_d < 0$$

ID	前	後	差
1	68	69	+1
2	72	71	-1
3	65	66	+1
4	70	67	-3
5	75	73	-2
6	62	61	-1
7	69	68	-1
8	71	69	-2
9	66	67	+1
10	73	71	-2

例 1 10 人がダイエットプログラムに参加した。開始前と 4 週間後の体重 (kg) は以下のとおりである。「このダイエットプログラムは体重が減少する」と言えるか。有意水準 5% で検定しなさい。

Step 1 : 仮説を立てる

$$H_0 : \mu_d = 0 \quad H_1 : \mu_d < 0$$

Step 2 : 各ペアの差を計算

ID	前	後	差
1	68	69	+1
2	72	71	-1
3	65	66	+1
4	70	67	-3
5	75	73	-2
6	62	61	-1
7	69	68	-1
8	71	69	-2
9	66	67	+1
10	73	71	-2

例 1 10 人がダイエットプログラムに参加した。開始前と 4 週間後の体重 (kg) は以下のとおりである。「このダイエットプログラムは体重が減少する」と言えるか。有意水準 5% で検定しなさい。

Step 1 : 仮説を立てる

$$H_0 : \mu_d = 0 \quad H_1 : \mu_d < 0$$

Step 2 : 各ペアの差を計算

Step 3 : 差の平均と標準偏差

$$\bar{d} = -0.9, \quad s_d = 1.45$$

ID	前	後	差
1	68	69	+1
2	72	71	-1
3	65	66	+1
4	70	67	-3
5	75	73	-2
6	62	61	-1
7	69	68	-1
8	71	69	-2
9	66	67	+1
10	73	71	-2

Step 4 : t 値を計算

$$t = \frac{-0.9}{1.45/\sqrt{10}} = \frac{-0.9}{0.459} \approx -1.96$$

Step 4 : t 値を計算

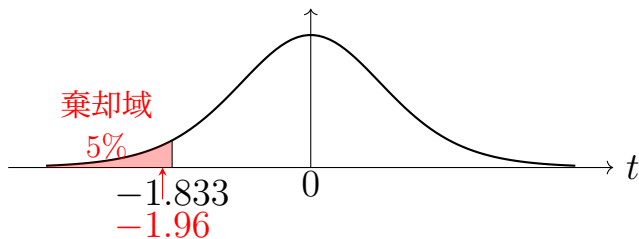
$$t = \frac{-0.9}{1.45/\sqrt{10}} = \frac{-0.9}{0.459} \approx -1.96$$

臨界値（左側検定、自由度 9）： $-t_{0.05}(9) = -1.833$

Step 4 : t 値を計算

$$t = \frac{-0.9}{1.45/\sqrt{10}} = \frac{-0.9}{0.459} \approx -1.96$$

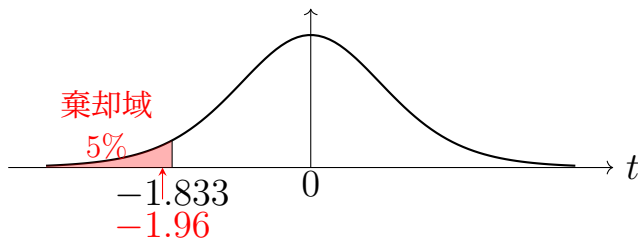
臨界値（左側検定、自由度 9）： $-t_{0.05}(9) = -1.833$



Step 4 : t 値を計算

$$t = \frac{-0.9}{1.45/\sqrt{10}} = \frac{-0.9}{0.459} \approx -1.96$$

臨界値（左側検定、自由度 9）： $-t_{0.05}(9) = -1.833$

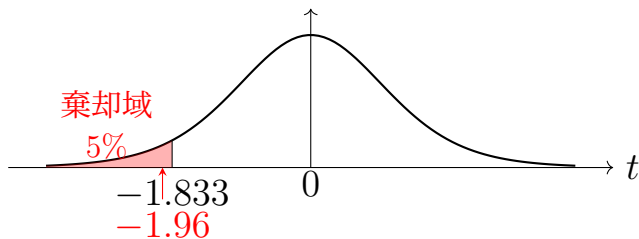


Step 5 : 結論 帰無仮説を棄却する。

Step 4 : t 値を計算

$$t = \frac{-0.9}{1.45/\sqrt{10}} = \frac{-0.9}{0.459} \approx -1.96$$

臨界値（左側検定、自由度 9）： $-t_{0.05}(9) = -1.833$



Step 5 : 結論 帰無仮説を棄却する。

答：有意水準 5% で、このダイエットプログラムには体重減少の
効果があると言える。



math-support.jp

問 1 12 人の生徒が新しい勉強法を試した。実施前と実施後のテスト点数は以下のとおりである。この新しい勉強法では成績が向上すると言えるか。有意水準 5% で検定せよ。

ID	前	後	差
1	65	76	+11
2	70	65	-5
3	62	68	+6
4	68	70	+2
5	72	63	-9
6	58	64	+6
7	75	70	-5
8	64	66	+2
9	69	76	+7
10	66	68	+2
11	71	66	-5
12	63	66	+3

問 1 12 人の生徒が新しい勉強法を試した。実施前と実施後のテスト点数は以下のとおりである。この新しい勉強法では成績が向上すると言えるか。有意水準 5% で検定せよ。

ID	前	後	差
1	65	76	+11
2	70	65	-5
3	62	68	+6
4	68	70	+2
5	72	63	-9
6	58	64	+6
7	75	70	-5
8	64	66	+2
9	69	76	+7
10	66	68	+2
11	71	66	-5
12	63	66	+3

問 1 12 人の生徒が新しい勉強法を試した。実施前と実施後のテスト点数は以下のとおりである。この新しい勉強法では成績が向上すると言えるか。有意水準 5% で検定せよ。

Step 1 : 仮説を立てる

$$H_0 : \mu_d = 0 \quad H_1 : \mu_d > 0$$

ID	前	後	差
1	65	76	+11
2	70	65	-5
3	62	68	+6
4	68	70	+2
5	72	63	-9
6	58	64	+6
7	75	70	-5
8	64	66	+2
9	69	76	+7
10	66	68	+2
11	71	66	-5
12	63	66	+3

問 1 12 人の生徒が新しい勉強法を試した。実施前と実施後のテスト点数は以下のとおりである。この新しい勉強法では成績が向上すると言えるか。有意水準 5% で検定せよ。

Step 1 : 仮説を立てる

$$H_0 : \mu_d = 0 \quad H_1 : \mu_d > 0$$

Step 2 : 各ペアの差を計算

ID	前	後	差
1	65	76	+11
2	70	65	-5
3	62	68	+6
4	68	70	+2
5	72	63	-9
6	58	64	+6
7	75	70	-5
8	64	66	+2
9	69	76	+7
10	66	68	+2
11	71	66	-5
12	63	66	+3

問 1 12 人の生徒が新しい勉強法を試した。実施前と実施後のテスト点数は以下のとおりである。この新しい勉強法では成績が向上すると言えるか。有意水準 5% で検定せよ。

Step 1 : 仮説を立てる

$$H_0 : \mu_d = 0 \quad H_1 : \mu_d > 0$$

Step 2 : 各ペアの差を計算

Step 3 : 差の平均と標準偏差

$$\bar{d} = +1.25, \quad s_d = 6.03$$

ID	前	後	差
1	65	76	+11
2	70	65	-5
3	62	68	+6
4	68	70	+2
5	72	63	-9
6	58	64	+6
7	75	70	-5
8	64	66	+2
9	69	76	+7
10	66	68	+2
11	71	66	-5
12	63	66	+3

Step 4 : t 値を計算

$$t = \frac{1.25}{6.03/\sqrt{12}} = \frac{1.25}{1.741} \approx 0.718$$



Step 4 : t 値を計算

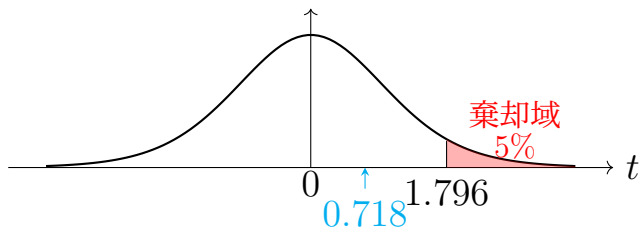
$$t = \frac{1.25}{6.03/\sqrt{12}} = \frac{1.25}{1.741} \approx 0.718$$

臨界値（右側検定）： $t_{0.05}(11) = 1.796$

Step 4 : t 値を計算

$$t = \frac{1.25}{6.03/\sqrt{12}} = \frac{1.25}{1.741} \approx 0.718$$

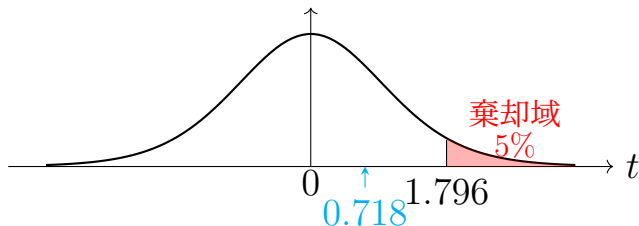
臨界値（右側検定）： $t_{0.05}(11) = 1.796$



Step 4 : t 値を計算

$$t = \frac{1.25}{6.03/\sqrt{12}} = \frac{1.25}{1.741} \approx 0.718$$

臨界値（右側検定）： $t_{0.05}(11) = 1.796$

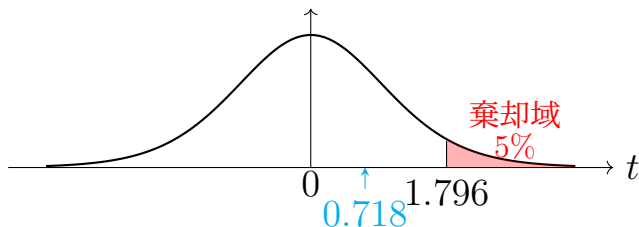


Step 5 : 結論 帰無仮説を棄却できない。

Step 4 : t 値を計算

$$t = \frac{1.25}{6.03/\sqrt{12}} = \frac{1.25}{1.741} \approx 0.718$$

臨界値（右側検定）： $t_{0.05}(11) = 1.796$



Step 5 : 結論 帰無仮説を棄却できない。

答：有意水準 5%では、この勉強法に点数向上の効果があるとは言えない。個人によって点数の変化が大きく異なる。

問 2 8 人が筋力トレーニングプログラムを 4 週間実施した。トレーニング前後の握力 (kg) は以下の表のとおりであった。この筋力トレーニングのプログラムで握力が向上したと言えるか。有意水準 5% で検定せよ。

ID	前	後	差
1	42	41	-1
2	38	38	0
3	45	46	+1
4	40	42	+2
5	43	46	+3
6	37	37	0
7	41	42	+1
8	39	40	+1

問 2 8 人が筋力トレーニングプログラムを 4 週間実施した。トレーニング前後の握力 (kg) は以下の表のとおりであった。この筋力トレーニングのプログラムで握力が向上したと言えるか。有意水準 5% で検定せよ。

ID	前	後	差
1	42	41	-1
2	38	38	0
3	45	46	+1
4	40	42	+2
5	43	46	+3
6	37	37	0
7	41	42	+1
8	39	40	+1

問 2 8 人が筋力トレーニングプログラムを 4 週間実施した。トレーニング前後の握力 (kg) は以下の表のとおりであった。この筋力トレーニングのプログラムで握力が向上したと言えるか。有意水準 5% で検定せよ。

ID	前	後	差
1	42	41	-1
2	38	38	0
3	45	46	+1
4	40	42	+2
5	43	46	+3
6	37	37	0
7	41	42	+1
8	39	40	+1

Step 1: 仮説を立てる

$$H_0 : \mu_d = 0 \quad H_1 : \mu_d > 0$$

問 2 8 人が筋力トレーニングプログラムを 4 週間実施した。トレーニング前後の握力 (kg) は以下の表のとおりであった。この筋力トレーニングのプログラムで握力が向上したと言えるか。有意水準 5% で検定せよ。

ID	前	後	差
1	42	41	-1
2	38	38	0
3	45	46	+1
4	40	42	+2
5	43	46	+3
6	37	37	0
7	41	42	+1
8	39	40	+1

Step 1: 仮説を立てる

$$H_0 : \mu_d = 0 \quad H_1 : \mu_d > 0$$

Step 2: 各ペアの差を計算

問 2 8 人が筋力トレーニングプログラムを 4 週間実施した。トレーニング前後の握力 (kg) は以下の表のとおりであった。この筋力トレーニングのプログラムで握力が向上したと言えるか。有意水準 5% で検定せよ。

ID	前	後	差
1	42	41	-1
2	38	38	0
3	45	46	+1
4	40	42	+2
5	43	46	+3
6	37	37	0
7	41	42	+1
8	39	40	+1

Step 1: 仮説を立てる

$$H_0 : \mu_d = 0 \quad H_1 : \mu_d > 0$$

Step 2: 各ペアの差を計算

Step 3: 差の平均と標準偏差

$$\bar{d} = 0.875, \quad s_d = 1.246$$

Step 4: t 値を計算

$$t = \frac{0.875}{1.246/\sqrt{8}} = \frac{0.875}{0.441} \approx 1.984$$

Step 4: t 値を計算

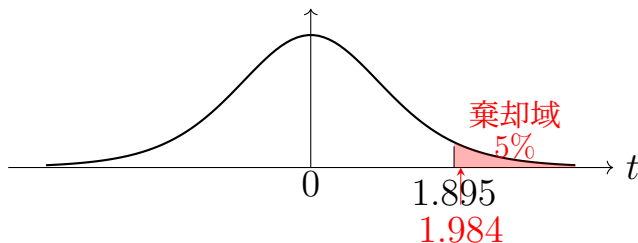
$$t = \frac{0.875}{1.246/\sqrt{8}} = \frac{0.875}{0.441} \approx 1.984$$

臨界値： $t_{0.05}(7) = 1.895$

Step 4: t 値を計算

$$t = \frac{0.875}{1.246/\sqrt{8}} = \frac{0.875}{0.441} \approx 1.984$$

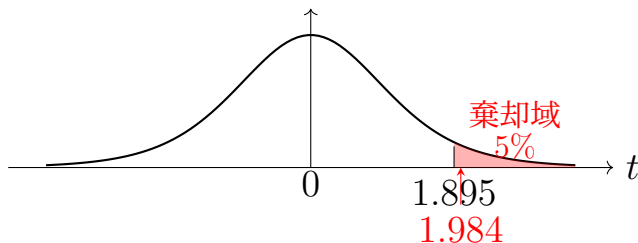
臨界値： $t_{0.05}(7) = 1.895$



Step 4: t 値を計算

$$t = \frac{0.875}{1.246/\sqrt{8}} = \frac{0.875}{0.441} \approx 1.984$$

臨界値： $t_{0.05}(7) = 1.895$

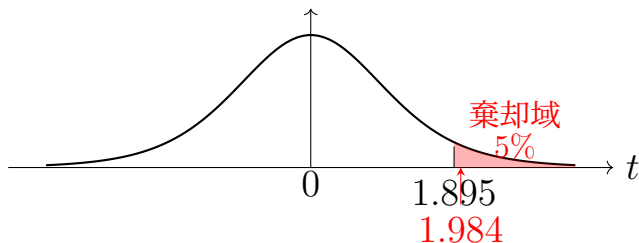


Step 5 : 結論 帰無仮説を棄却する。

Step 4: t 値を計算

$$t = \frac{0.875}{1.246/\sqrt{8}} = \frac{0.875}{0.441} \approx 1.984$$

臨界値: $t_{0.05}(7) = 1.895$



Step 5 : 結論 帰無仮説を棄却する。

答: 有意水準 5% で、このトレーニングには握力向上の効果があ
ると言える。



math-support.jp

今回の学習目標

対応のある 2 つの標本の t 検定

- 2 つの差に有意の差があるかどうか。