

## 2 つ平均を比べる (t 検定)

### 1. 対応のない t 検定 (1 つのテストを 2 つのグループが受けた場合)

同じグループ (組) の生徒が 2 回受験した場合には「対応がある」t 検定を行ったが、ここでは「対応のない (対象としているグループが別である)」場合の t 検定を行ってみよう。

	A	B
1	女子	男子
2	32	44
3	44	37
4	40	44
5	37	45
6	42	36
7	41	38
8	39	47
9	41	26
10	44	27
11	40	47
12	25	36
13	51	39
14	38	49
15	29	33
16	33	39
17	37	36
18	34	45
19	30	32
20	35	47

#### 【例】

60 点満点のテストを実施したところ、女子の平均点は **40.48 点 (SD = 6.63)** であり、男子の平均点は **40.35 点 (SD = 6.15)** でした。

この **2** つのグループの点数の差は統計的に有意だろうか？

※このような分析をするときには、テストの信頼性などの基礎統計の確認を行ってからであることを必ず覚えておきましょう。

#### 1.1. Excel の関数を使って分析する

「関数の挿入」⇒「関数」⇒関数の分類 (C) : 之中的「統計」⇒「TTEST」を選ぶ。

The screenshot shows an Excel spreadsheet with two columns of data: '女子' (Female) in column A and '男子' (Male) in column B. The data points are: 43, 48, 37, 31, 40, 51, 38, 40, 44, 45, 53, 46, 42, 44, 38 for females and 41, 46, 39, 46, 48, 45, 49, 46, 47, 33, 40, 49, 43, 49, 46, 40, 29 for males. A dialog box titled '関数の挿入' (Insert Function) is open, showing '統計' (Statistical) selected under '関数の分類' (Function category). The list of functions includes TINV, TREND, TRIMMEAN, TTEST, VAR, VARA, and VARP. Below the dialog box, in cell B52, the formula '=TTEST(A2:A19, B2:B19, 2, 2)' is entered, with the result '0.999999' displayed. Cell B53 contains the text 't値 ='. A pink circle highlights the formula bar area.

まずは、確率の計算を行います。あとでわかりやすいように、このように「確率 (p)」と「t 値」などというふうに計算するセルの近くを書いておきましょう。

以下のようなボックスが出てきたら、配列 1 に「女子」の列を、配列 2 に「男子」の列を選んで入れます（列の先頭のラベルは入れない）。

関数の引数

TTEST

配列1 A2:A45 = {32.4; 40.3742; 41.39}

配列2 B2:B49 = {44.374; 45.36; 38.47}

尾部 2 = 2

検定の種類 2 = 2

数式的結果 = 0.926590718

この関数のヘルプ(H)

OK キャンセル

確率 (p) = {B2:B49,2,2}

t 値 =

関数の挿入

関数の検索: 何がしたいかを簡単に入力して、[検索開始]をクリックしてください。 [検索開始]

関数の分類: 統計

関数名: STEYX, TDIST, TINV, TREND, TRIMMEAN, TTEST, VAR, TINV(確率自由度)

数式的結果 = 0.926590718

t 値 =

この関数のヘルプ

OK キャンセル

「尾部」と「検定の種類」は、以下のような決まりがあります。

尾部	片側検定なら 1、両側検定なら 2
検定の種類	1 対をなすデータの $t$ 検定
	2 等分散（分散が等しい）の 2 標本を対象とする $t$ 検定
	3 非等分散の（分散が等しくない）2 標本を対象とする $t$ 検定

「尾部」は対応のある  $t$  検定のとおりのように、**2** を選んで両側検定にしておけば間違いありません。「検定の種類」は、2 つのグループ（別々の人）が 1 つのテストを受験しているのだから、**2** 等分散（分散が等しい）の 2 標本を対象とする  $t$  検定」になります。

次に、 $t$  値のセルには、**=TINV(確率(上記で求めた p の入ったセルを選ぶ), 自由度\*(女子の数-1)+(男子の数-1))** すなわち、**=TINV(B52,90)** と入力します。TINV 関数は  $t$  値を算出する関数ですが、この図のように、「関数の挿入」からも選ぶことができます。

関数の挿入

TINV

確率 B52 = 0.926590718

自由度 90 = 90

数式的結果 = 0.092393549

この関数のヘルプ(H)

OK キャンセル

説明使用データ <http://www.mizumot.com/stats/t.xls>

※対応のない  $t$  検定のときの自由度（それぞれの数から  $-1$  したものを足す）

⇒「自由度」はサンプルの数（上のケースでは生徒数）から  $1$  を引いたもの。

今回は、女子  $44$  名、男子  $48$  名なので、女子  $(44-1)$  + 男子  $(48-1)$  となり、「 $90$ 」が自由度になることに注意する。

結果は以下のようになりました。

	A	B
1	女子	男子
36	40	48
37	51	45
38	40	46
39	44	47
40	45	33
41	53	40
42	46	49
43	42	43
44	44	49
45	38	46
46		38
47		40
48		46
49		29
50		
51		
52	確率 (p) =	0.926590718
53	t 値 =	0.092393549
54		

#### 【結果の報告方法】

「(ある) テストの女子と男子の平均点の差が統計的に有意かを確かめるために、有意水準  $5\%$  で両側検定の  $t$  検定を行ったところ、 $t(90) = 0.09, p = .93$  であり、女子と男子の平均点の差に有意差は見られなかった。」

※ $t$  のあとの括弧には自由度を書き、

$t(90) =$  の後には  $t$  値を書きます。

そして、 $p = .93$  と  $p$  値を書いておきましょう。

$t$  や  $p$  は小文字イタリックで書くことに注意。

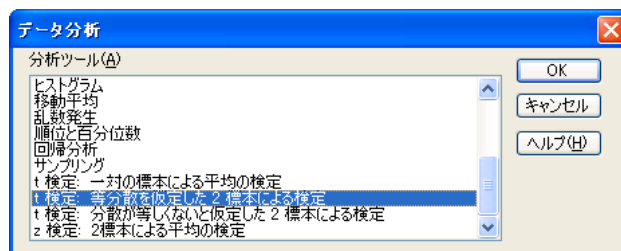
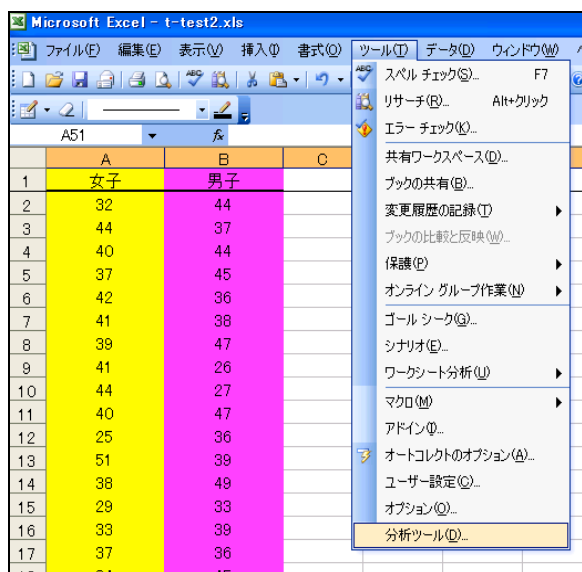
$t$  検定の結果を報告する際に書いておくべきもの

両側検定か片側検定か ⇒ 両側検定（書いておくと丁寧）

$t$  値                       自由度 ( $df$ )                        $p$  値

## 1.2. Excel の分析ツールを使って分析する

「ツール」の「分析ツール」を選び、「 $t$  検定：等分散を仮定した  $2$  標本による検定」<sup>1</sup>を選んで「OK」。



<sup>1</sup> データが等分散かどうかを確認したければ、Excel だと「ツール」→「分析ツール」→「F 検定 2 標本を使った分散の検定」を選んで、このページの  $t$  検定と同じように  $2$  つのデータを選択すると実施できます。その場合、 $p$  の値が  $0.05$  以上なら、 $2$  つのデータは等分散であるとわかります。

- ① 以下のような画面になったら、「変数 1 の入力範囲」に「女子」の点数が入力されている列を選択する（以下の例では A 列）。同様に「変数 2 の入力範囲」に「男子」の点数が入力されている列を選択する。仮説平均との差異は 0 にしておきましょう。
- ② 「女子 (A1 のセル)」や「男子 (B1 のセル)」などの列のラベルまでを入力範囲にすることも可能です。α は 0.05 のままにしておきます。
- ③ 最後に出力先を自分で選択するか、別のワークシートに出力するように指定して、「OK」を押す。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	女子	男子							
2	32	44							
3	44	37							
4	40	44							
5	37	45							
6	42	36							
7	41	38							
8	39	47							
9	41	26							
10	44	27							
11	40	47							
12	25	36							
13	51	39							
14	38	49							
15	29	33							
16	33	39							
17	37	36							
18	34	45							
19	30	32							

**t 検定: 等分散を仮定した 2 標本による検定**

入力元

変数 1 の入力範囲(1): \$A\$2:\$A\$45

変数 2 の入力範囲(2): \$B\$2:\$B\$49

仮説平均との差異(0): 0

ラベル(L)

α(A): 0.05

出力オプション

出力先(O): \$D\$3

新規又は次のワークシート(P)

新規ブック(W)

OK  
キャンセル  
ヘルプ(H)

結果は以下のようになりました。関数で計算した場合と結果が同じであることを確認してください。

t-検定：等分散を仮定した2標本による検定		
	変数 1	変数 2
平均	40.47727	40.35417
分散	43.9297	37.85062
観測数	44	48
プールされた分散	40.75507	
仮説平均との差異	0	
自由度	90	
t	0.092394	
P(T<=t) 片側	0.463295	
t 境界値 片側	1.661961	
P(T<=t) 両側	0.926591	
t 境界値 両側	1.986674	

#### 【結果の報告方法】

「(ある) テストの女子と男子の平均点の差が統計的に有意かを確認するために、有意水準 5% で両側検定の  $t$  検定を行ったところ、 $t(90) = 0.09$ 、 $p = .93$  であり、女子と男子の平均点の差に有意差は見られなかった。」

※ $t$ のあとの括弧には自由度を書き、 $t(90) =$  の後には  $t$  値を書きます。そして、 $p = .93$  と  $p$  値を書いておきましょう。

説明使用データ <http://www.mizumot.com/stats/t.xls>

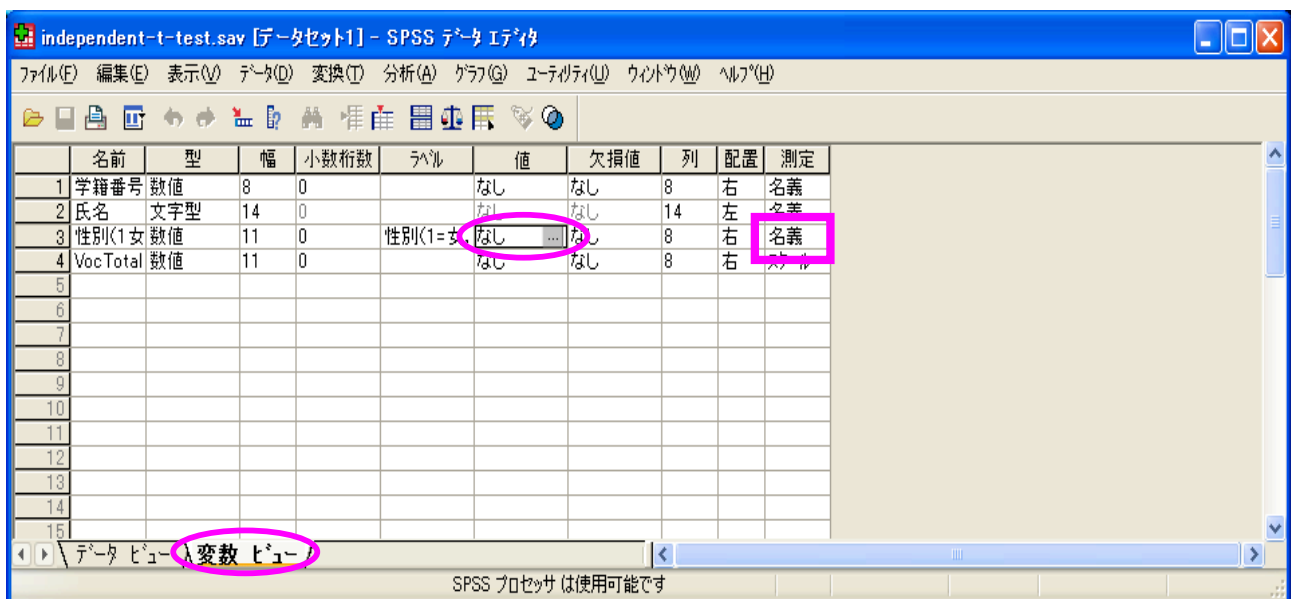
### 1.3. SPSS を使って分析する

SPSS で対応のない  $t$  検定を行うときには、Excel と同じデータ入力形式ではこの分析はできないので、以下のように、1 つの列に性別を表す数字<sup>2</sup>（女子が 1，男子が 2）を入れます。

このデータの入力方法は分散分析でも同じなので、SPSS を使う人は慣れておきましょう。

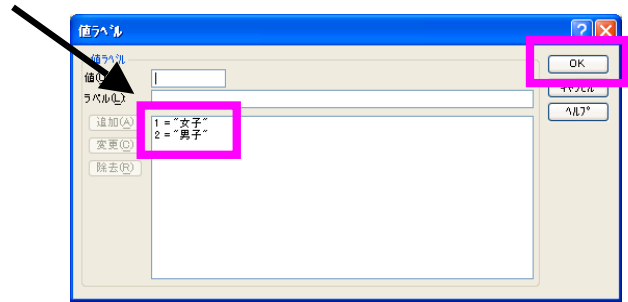
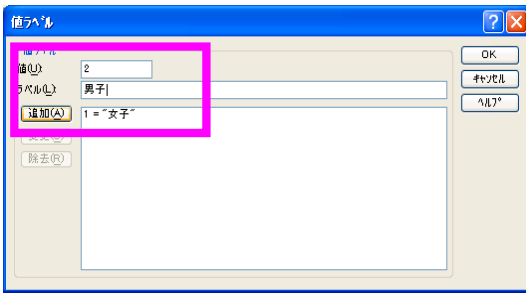
	A	B	C	D
1	学籍番号	氏名	性別(1=女, 2=男)	VocTotal
2	200704	長澤まさみ	1	32
3	200706	松嶋菜々子	1	44
4	200707	天海祐希	1	40
5	200711	水野真紀	1	37
6	200712	宮崎あおい	1	42
7	200716	森口博子	1	41
8	200718	宇多田ヒカル	1	39
9	200720	松田聖子	1	41
10	200722	田中麗奈	1	44
11	200725	木村カエラ	1	40
12	200726	蛭原友里	1	25
13	200794	木村佳乃	1	38
14	200703	島田紳助	2	44
15	200705	渡辺謙	2	37
16	200708	桑田佳祐	2	44
17	200709	稲垣吾郎	2	45
18	200710	郷ひろみ	2	36
19	200713	浜田雅功	2	38
20	200714	ビートたけし	2	47
21	200715	大久保嘉人	2	26
22	200717	伊集院光	2	27
23	200719	小田和正	2	47
24	200721	木村拓哉	2	36
25	200723	新庄剛志	2	39
26	200724	山本太郎	2	49

SPSS に上のように入力できたら、「変数ビュー」を選んで、性別のデータが入っている部分の値のセルをクリックして、1 が女子で、2 が男子を表していることを指定します。また、「測定」は「名義」にしておきましょう。

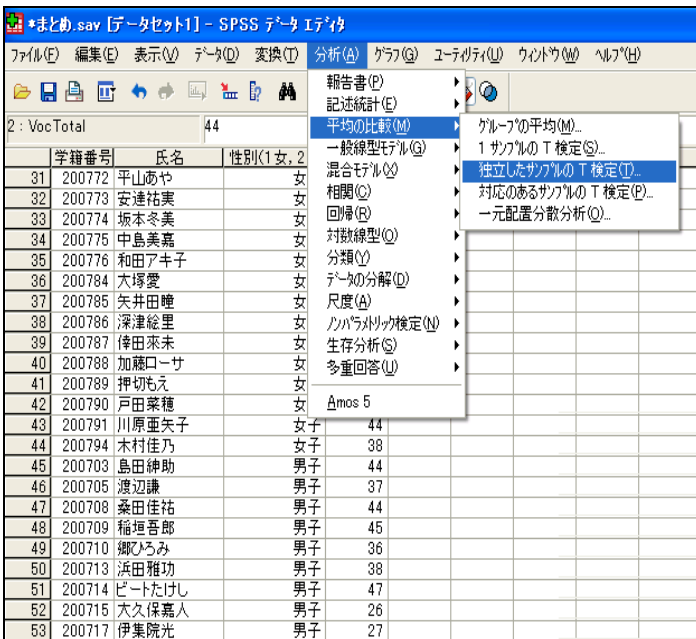


<sup>2</sup> この数字は何でもかまいません。男子が 1，女子が 2 でも良いわけです。カテゴリーを表すものだと考えてください。

「値」に「1」を「ラベル」に「女子」と書いて、「追加」を押します。男子も同様に、「値」に「2」を「ラベル」に「男子」と書いて「追加」。両方このように設定できたら「OK」。

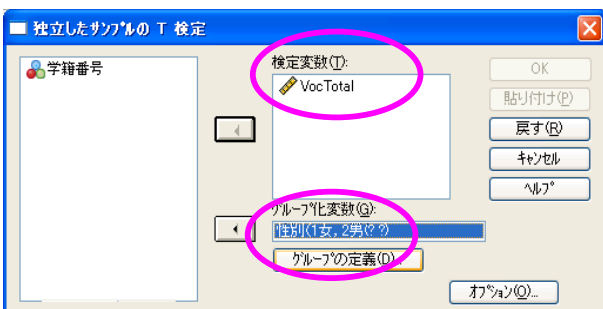


「分析」の「平均の比較」の中から「独立したサンプルの T 検定」を選びます。

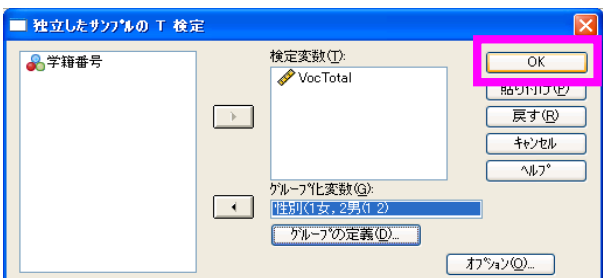
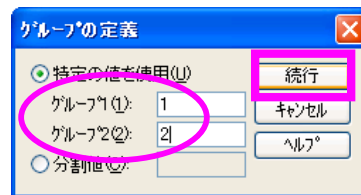


左側のボックスがあらわれたら「独立変数」に「VocTotal」を移動させる。

そして「グループ化変数」に「性別」を移動させ、「グループの定義」をクリックする。



女性が1、男性が2だったので、グループ1に1を、2に2と書いて「続行」



以上の設定ができて、左のボックスに戻ったら、「OK」を押す。

説明使用データ <http://www.mizumot.com/stats/t.xls>

結果は以下のようになりました。t 値, 自由度, 有意確率の部分をチェックして, 報告しましょう。

性別(1=女, 2=男)	N	平均値	標準偏差	平均値の標準誤差
VocTotal 女子	44	40.48	6.628	.999
男子	48	40.35	6.152	.888

		等分散性のための Levene の検定		2つの母平均の差の検定						
		F 値	有意確率	t 値	自由度	有意確率 (両側)	平均値の差	差の標準誤差	差の 95% 信頼区間	
									下限	上限
VocTotal	等分散を仮定する。	.043	.836	.092	90	.927	.123	1.332	-2.524	2.770
	等分散を仮定しない。			.092	87.697	.927	.123	1.337	-2.534	2.780

このアウトプットの中で、「等分散性のための Levene の検定」という部分があります。

この検定はデータの等分散性を確認するためのものです。もし  $F$  値の有意確率が  $p > .05$  で、**有意でなければ等分散性があると仮定**されます。今回のケースでは、有意確率が  $p = .836$  なので、等分散を仮定しても良いことがわかります。この場合、 $t$  値や自由度は「等分散を仮定する。」の方を報告します。もし、 $p$  が  $.05$  以下だった場合には、「等分散を仮定しない。」という方を報告することになります。

t 検定の結果を報告する際に書いておくべきもの

- 両側検定か片側検定か ⇒ 両側検定 (書いておく丁寧)
- t 値                       自由度 (df)                       p 値

**【 結果の報告 】**

「(ある) テストの女子と男子の平均点の差が統計的に有意かを確かめるために、有意水準 5% で両側検定の  $t$  検定を行ったところ、 $t(90) = 0.09$ ,  $p = .93$  であり、女子と男子の平均点の差に有意差は見られなかった。」

$t$  のあとの括弧には自由度を書き、 $t(90) =$  の後には  $t$  値を書きます。そして、 $p = .93$  と  $p$  値を書いておきましょう。 $t$  や  $p$  は小文字イタリックで書くことに注意。

## 2. 対応（繰り返し）のある $t$ 検定（同じ生徒が 2 回テストを受けた場合）

	A	B	E	F
1	学籍番号	氏名	指導前	指導後
2	200703	島田紳助	13	18
3	200704	長澤まさみ	9	16
4	200705	渡辺謙	9	16
5	200706	松嶋菜々子	12	17
6	200707	天海祐希	14	18
7	200708	桑田佳祐	14	18
8	200709	稲垣吾郎	14	18
9	200710	郷ひろみ	11	17
10	200711	水野真紀	10	18
11	200712	宮崎あおい	13	17
12	200713	浜田雅功	13	16
13	200714	ビートたけし	16	17
14	200715	大久保嘉人	9	9
15	200716	森口博子	11	17
16	200717	伊集院光	8	13
17	200718	宇多田ヒカル	12	17
18	200719	小田和正	14	19
19	200720	松田聖子	12	17
20	200721	木村拓哉	11	14
21	200722	田中麗奈	14	18
22	200723	新庄剛志	12	15
23	200724	山本太郎	15	18
24	200725	木村カエラ	11	17

### 【例】

今学期から音読を中心とした授業を始めました。  
この指導法の効果を検証するために、あるテスト（20 点満点）を「指導前」（黄色部分）と「指導後」（ピンク部分）に行いました。この平均点を比較してみて、指導の効果があったかどうかを検証してみましょう。

指導前の平均点は **12.04** 点（ $SD = 2.64$ ）であり、指導後の平均点は **16.74** 点（ $SD = 2.10$ ）でした。

これら 2 つの点数の差は統計的に有意でしょうか？

※このような分析をするときには、テストの信頼性などの基礎統計の確認を行ってからであることを必ず覚えておきましょう。

### 2.1. Excel の関数を使って分析する

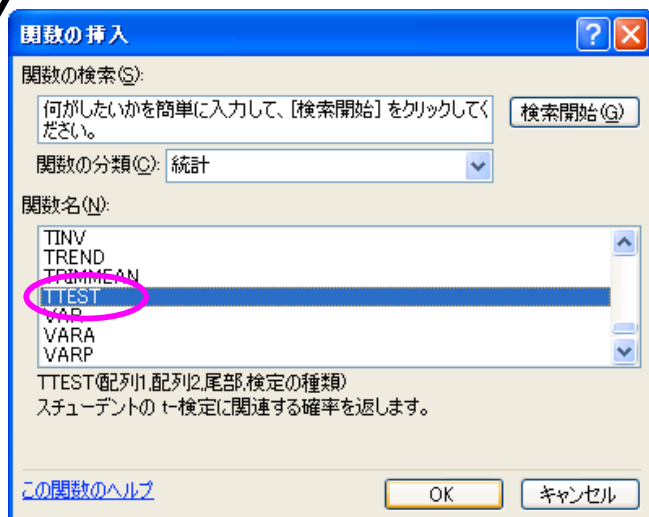
「関数の挿入」⇒「関数」⇒関数の分類（C）：の中の「統計」⇒「TTEST」を選ぶ。

	A	B	E	F
72	200773	安達祐実	14	20
73	200774	坂本冬美	9	15
74	200775	中島美嘉	8	15
75	200776	和田アキ子	11	15
76	200777	妻夫木聡	11	18
77	200778	岸谷五朗	19	18
78	200779	福山雅治	12	16
79	200780	高橋克典	16	18
80	200781	中居正広	15	18
81	200782	寺島進	13	17
82	200783	寺脇康文	11	16
83	200784	大塚愛	19	20
84	200785	矢井田瞳	12	17
85	200786	深津絵里	13	18
86	200787	倅田来未	15	19
87	200788	加藤ローサ	16	19
88	200789	押切もえ	14	18
89	200790	戸田菜穂	9	16
90	200791	川原亜矢子	12	18
91	200792	竹中直人	14	20
92	200793	三村マサカズ	5	15
93	200794	木村佳乃	12	15
94				
95		確率 (p) =		
96		t値 =		
97				

まずは、確率の計算を行います。

あとでわかりやすいように、

このように「確率 (p)」と「 $t$  値」などと計算するセルの近くにおきましょう。





以下のようなボックスが出てきたら、配列 1 に「指導前」の列を、配列 2 に「指導後」の列を選んで入れる（列の先頭のラベルは入れない）。

	A	B	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	学籍番号	氏名	指導前	指導後							
81	200782	寺島進	13	17							
82	200783	寺脇康文	11	16							
83	200784	大塚愛	19	20							
84	200785	矢井田瞳	12	17							
85	200786	深津絵里	13	18							
86	200787	伴田来未	15	19							
87	200788	加藤ローサ	16	19							
88	200789	押切もえ	14	18							
89	200790	戸田菜穂	9	16							
90	200791	川原亜矢子	12	18							
91	200792	竹中直人	14	20							
92	200793	三村マサカズ	5	15							
93	200794	木村佳乃	12	15							
94											
95			確率 (p) =	F93,2,1)							
96			t値 =								
97											

※「尾部」と「検定の種類」について

尾部	片側検定なら 1，両側検定なら 2
検定の種類	1 対をなすデータの $t$ 検定 2 等分散（分散が等しい）の 2 標本を対象とする $t$ 検定 3 非等分散の（分散が等しくない）2 標本を対象とする $t$ 検定

これの説明だけではよくわかりにくいですね。

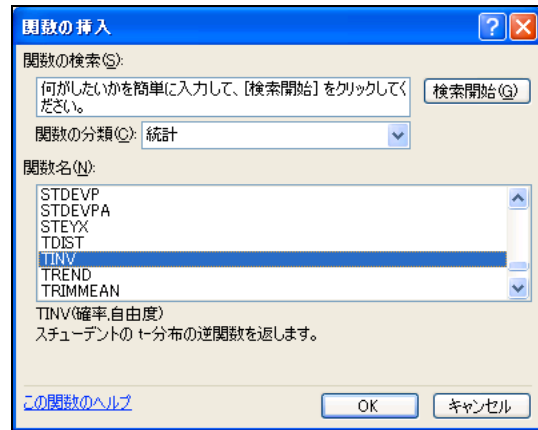
「尾部」は私たちの扱うデータでは、**2** を選んで両側検定にしておけば間違いありません。

「検定の種類」は、今回の場合、同じ人がテストを指導の前後に **2** 回受けているので

「**1** 対をなすデータの  $t$  検定」になります。

確率が  $5.19736E-36$  と出力されました。この **E** は指数と呼ばれるものの略で、今回の場合では「**5.19736** に **10** のマイナス **36** 乗を掛けた数字」という意味なので、限りなく **0** に近い数字であるとわかります。これは  $p < .05$  の水準をはるかに上回っているので、「指導前と指導後の点数の差は統計的に有意である」という解釈になります。

学籍番号	氏名	指導前	指導後
200782	寺島進	13	17
200783	寺脇康文	11	16
200784	大塚愛	19	20
200785	矢井田瞳	12	17
200786	深津絵里	13	18
200787	倅田来未	15	19
200788	加藤ローサ	16	19
200789	押切もえ	14	18
200790	戸田菜穂	9	16
200791	川原亜矢子	12	18
200792	竹中直人	14	20
200793	三村マサカズ	5	15
200794	木村佳乃	12	15
	確率 (p) =	5.19736E-36	
	t値 =		



次に、 $t$  値のセルには、`=TINV(確率(上記で求めた 5.19736E-36 のセルを選ぶ), 自由度* (生徒数-1))` すなわち、`=TINV(E95,91)` と入力します。TINV 関数は  $t$  値を算出する関数ですが、右のように、「関数の挿入」からも選ぶことができます。

### ※対応のある $t$ 検定のときの自由度

⇒ サンプルの数（上のケースでは生徒数）から 1 を引いたもの。

上のケースでは 92 名の生徒が指導の前後にテストを受験しているため、 $92 - 1 = 91$  が自由度になる。統計値は 91 個がわかっているため、残りの 1 個は自動的に値がわかります。そこで、残りの 91 個は「自由に値を取る」ことができるため、自由度と呼ばれます。

結果は以下のようになりました。

	A	B	E	F
1	学籍番号	氏名	指導前	指導後
81	200782	寺島進	13	17
82	200783	寺脇康文	11	16
83	200784	大塚愛	19	20
84	200785	矢井田瞳	12	17
85	200786	深津絵里	13	18
86	200787	倅田来未	15	19
87	200788	加藤ローサ	16	19
88	200789	押切もえ	14	18
89	200790	戸田菜穂	9	16
90	200791	川原亜矢子	12	18
91	200792	竹中直人	14	20
92	200793	三村マサカズ	5	15
93	200794	木村佳乃	12	15
94				
95		確率 (p) =	5.19736E-36	
96		t値 =	20.58862244	

#### 【結果の報告方法】

「指導前の平均点と指導後の平均点の差が統計的に有意か確かめるために、有意水準 5% で両側検定の  $t$  検定を行ったところ、 $t(91) = 20.59, p < .01$  であり、指導の前後の平均点の差は有意であることがわかった。」

※  $t$  のあとの括弧には自由度を書き、

$t(91) =$  の後には  $t$  値を書きます。

そして、 $p < .05$  などのように、 $p$  値を書いておけば完璧です。 $t$  や  $p$  は小文字イタリックで書くことに注意。

$t$  検定の結果を報告する際に書かなければならないもの

両側検定か片側検定か ⇒ 両側検定（書いておくと丁寧）

$t$  値

自由度 ( $df$ )

$p$  値



結果は以下のようになりました。関数で計算した場合と結果が同じであることを確認してください。  
結果の報告方法は同じです。

t-検定：一対の標本による平均の検定ツール		
	変数 1	変数 2
平均	12.04348	16.73913
分散	6.9871	4.392738
観測数	92	92
ピアソン相関	0.59515	
仮説平均との差異	0	
自由度	91	
t	-20.5886	
P(T<=t) 片側	2.6E-36	
t 境界値 片側	1.661771	
P(T<=t) 両側	5.2E-36	
t 境界値 両側	1.986377	

【結果の報告】

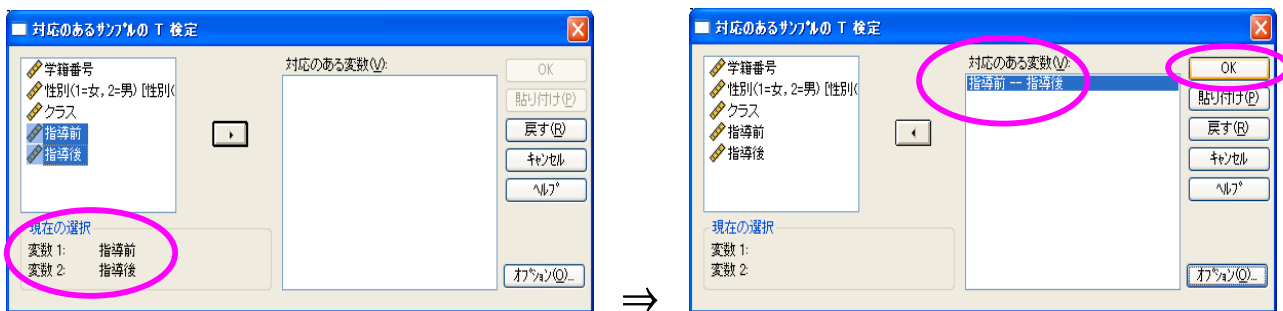
「指導前の平均点と指導後の平均点の差が統計的に有意か確かめるために、有意水準 5%で両側検定の  $t$  検定を行ったところ、 $t(91) = 20.59, p < .01$  であり、指導の前後の平均点の差は有意であることがわかった。」

### 2.3. SPSS を使って分析する

「分析」⇒「平均の比較」⇒「対応のあるサンプルの T 検定」を選ぶ。



左側のボックスがあらわれたら「指導前」「指導後」をそれぞれクリックして、「現在の選択」のなかの「変数 1:」と「変数 2:」に選択されたら右のボックスへ移して「OK」。



結果は以下のようになりました。t 値，自由度，有意確率の部分をチェックして，報告しましょう。

対応サンプルの統計量					
変数		平均値	N	標準偏差	平均値の標準誤差
変数 1	指導前	12.04	92	2.643	.276
	指導後	16.74	92	2.096	.219

対応サンプルの相関係数				
変数		N	相関係数	有意確率
変数 1	指導前 & 指導後	92	.595	.000

対応サンプルの検定									
変数		対応サンプルの差		差の 95%信頼区間		t 値	自由度	有意確率 (両側)	
		平均値	標準偏差	平均値の標準誤差	下限				上限
変数 1	指導前 - 指導後	-4.696	2.188	.228	-5.149	-4.243	-20.589	91	.000

**【結果の報告】**

「指導前の平均点と指導後の平均点の差が統計的に有意か確かめるために、有意水準 5%で両側検定の t 検定を行ったところ、 $t(91) = 20.59, p < .01$ であり、指導の前後の平均点の差は有意であることがわかった。」