

Analysis of Variance

前までの章では 2 群の平均の間で有意差があるかどうかを勉強しました。3 つ以上の two sample t test は **analysis of variance (ANOVA)** と呼ばれます。我々は前章で CO を冠動脈疾患に適応したものは実際のところ、3 施設の共同のデータです。この 3 施設の結果をまとめる前に、我々はそれぞれの結果を検証しておかなくてはなりません。まず患者の呼吸機能に注目してみましょう。例えば 1 秒率が異なれば、結果も影響されます。EFV1 に関してそれぞれの施設平均を $\mu_1 \mu_2 \mu_3$ として平均が同一であるとする H_0 仮説を検証します。

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

H_A : 少なくとも 1 つの組み合わせが異なる

		Group 1	Group 2	Group k
population	mean	μ_1	μ_2		μ_k
	SD	σ_1	σ_2		σ_k
sample	mean	x_1	x_2		x_k
	SD	s_1	s_2		s_k
	Sample size	n_1	n_2		n_k

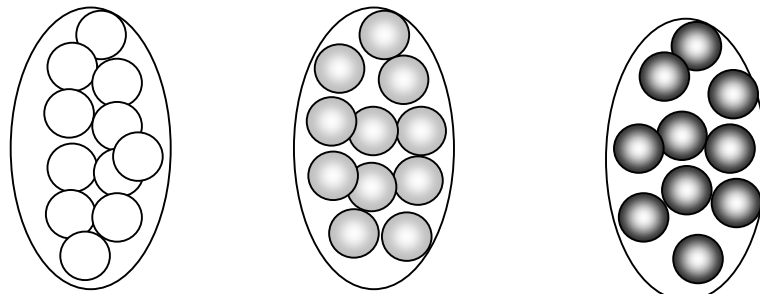
$$S_w^2 = (n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2 + (n_3 - 1)s_3^2 / n_1 + n_2 + n_3 - 3$$

まだ 3 つくらいなら良いのですが、10 個になってしまうとその組み合わせは 45 通りになってしまいます。 H_0 が 95% 正しい ($\alpha = 0.05$) 確率はそれぞれの組み合わせで 0.95 ですから、3 つの組み合わせ全てでということになると $[0.95]^3 = 0.857$ となります。ですから 1 つの組み合わせでも異なる確率は $1 - 0.857 = 0.143$ です。これは H_0 が正しいとわかっているのに reject してしまう状態なので、type I error です。これは 0.05 より 3 倍近く大きく、すなわち通常より約 3 倍の確率で type I error を発生するという事です。つまり沢山の集団について検定すると、type I error を起こしやすくなるということです。実際にはもっと複雑で我々は 1 度使用した結果をまた他でも使用するので、それぞれの結果が全て独立であるとは言えません。そこで我々は type I error を起こす確率をあらかじめ分かった μ に等しいとしたいのです。 **One way analysis** とはそんな方法です。

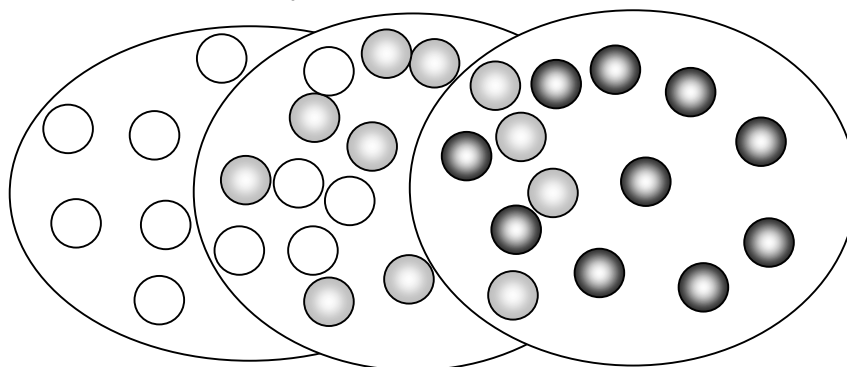
Source of Variation

名前の通り、one way analysis の variance の測定は分散 (dispersion) によります。いくつかの集団について検討するとき、個々の値とその個々が属する集団の平均値からの隔たりを示す within variation と、全体の平均からみたそれぞれの集団同志平均の

between variation ,すなわち 2 つの variances を測定しなくてはなりません。もしも k の異なった集団同士の between variability がおのおのの平均の内部での within variability より大きい時、その集団の平均は異なると考えます。



逆に between variability がおのおのの平均の内部での within variability より小さい時、その集団の平均は同じであると考えます。



$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots \dots \mu_k$$

まずそれぞれの集団でサンプルが平均の周囲のどれくらいのばらつきをもって分散しているかをみる必要があります。

$$S_w^2 = (n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2 + \dots \dots (n_k - 1)s_k^2 / n_1 + n_2 + \dots \dots n_k - k$$

仮に $n_1 + n_2 + \dots \dots n_k = k$ としますと、

$$S_w^2 = (n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2 + \dots \dots (n_k - 1)s_k^2 / n - k$$

この量は k 個のおのおのの集団のサンプル間に存在するばらつきの平均に相当します。

上記式の w は within-groups variability を示しています。

さて次に集団の平均が全体の平均の周囲にある一定のばらつきをもって分布する程度をみます。もし null hypothesis が本当で、平均が同一であれば、これは共通の σ^2 で示されます。

$$S_B^2 = n_1 (x_1 - x)^2 + n_2 (x_2 - x)^2 + \dots \dots n_k (x_k - x)^2 / k - 1$$

B は between groups を示しています。

ここでいう x は全体の平均なので

$$\bar{x} = n_1 x_1 + n_2 x_2 + \dots + n_k x_k / n$$

さて我々はここで2つの variance の出し方を導きました。そこで個々の集団内での平均の周囲のサンプルの分散具合より全体の平均の周囲の集団の平均の分散具合が大きいとすれば、個々の集団は異なるものということになります。集団の平均が同じであるという仮説は以下の統計テストで検証できます。

$$F = S_B^2 / S_w^2$$

もし S_B^2 と S_w^2 が近ければ、Fは1に近づきます。集団間(between groups)の分散の方が、集団内(within-group)の分散より大きいとFは1より大きくなります。t やz の時と同様に、その絶対値が大きくなれば、 H_0 を否定しやすくなります。逆に1より小さくなれば集団間(between groups)の分散の方が、集団内(within-group)の分散より小さいことを意味します。 H_0 仮説のもとでは $k-1, n-k$ の自由度のF distribution は分子と分母に相当します。これを F_{n_1-1, n_2-1} で表されます。もし2つの集団しかなければtwo sample t test となります。

F distribution はtの時と同様に1つではなく n_1-1, n_2-1 により決定します。しかし、F ははマイナスの値を設定できません。更に右にskewed の分布を示します。Skewed の度合いは自由度によって決定します。

$$S_w^2 = (n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2 + \dots + (n_3 - 1)s_k^2 / n - k = (21 - 1)(0.496)^2 + (16 - 1)(0.523)^2 + (23 - 1)(0.498)^2 / 21 + 16 + 23 - 3 = 0.254$$

$$\bar{x} = 21 \times 2.63 + 16 \times 3.03 + 23 \times 2.88 / 21 + 16 + 23 = 2.83$$

$$S_B^2 = n_1 (x_1 - \bar{x})^2 + n_2 (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + n_k (x_k - \bar{x})^2 / k-1 = 21 (2.63 - 2.83)^2 + 16 (3.03 - 2.83)^2 + 23 (2.88 - 2.83)^2 / 3-1 = 0.769$$

$$F = 0.769 / 0.254 = 3.028$$

$$k-1 = 2, n-k = 57$$

$0.05 < p < 0.10$ よって一応 H_0 は acceptable ということになります(3施設の結果は同じ)が、割とぎりぎりの線であるともいえます。

Multiple Comparisons Procedures

One way analysis of variance はkの集団の平均が同じである null hypothesis を検定するのに使いました。しかし、もし H_0 が否定されたらどうなるのでしょうか？この集団の平均は異なるとまでは言えますが、それ以上のことは言えません。また全てが違うのか、一部が違うのかもわかりません。ですから H_0 が否定された場合、何が問題だったかももう一歩つっこんだテストをしたくなります。

多群間比較の方法は多数あります。典型的には個々の平均のペアをテストします。いくつかの集団を検証したときに増える type I error を少なくするために工夫してみましょう。比較する集団が増えれば増えるほど α は上がってしまうわけですから、

$$\alpha^* = 0.05 / \binom{k}{2}$$

この modification は Bonferroni correction と呼ばれます。

仮に $\alpha^* = 0.10 / \binom{k}{2} = 0.033$ として、

$H_0 = \mu_1 = \mu_2$ とすると

$$t_{ij} = x_i - x_j / \sqrt{S_w^2 \{1/n_1 - 1/n_2\}}$$

前の資料のデータを用いると - 2.39 となります。t distribution に当てはめると $n - k = 60 - 3 = 57$ の自由度となり、 $p=0.02$ となりますから H_0 を否定して μ_1 と μ_2 は違うという結果になります。その他の 2 群間の比較では H_0 を否定することはできません（計算は略）。Bonferroni multiple comparisons procedure は今一つパンチに欠けるといわれています（保守的であり、相当違わないと差を検出できません）。他にもいろいろな方法があるので使い分けましょう。

STATAによるANOVAの解析

One way ANOVA analysis

りんごの木が12本あります。りんごの木は3本、3本、2本、2本と4つの異なる場所に生えています。そしてりんごの重さを比べてみましょう。「木の生えている場所が異なってもりんごの重さは同じである」という仮説を検証してみてください。

```
. list
```

	treat	wgt
1.	1	117.5
2.	1	113.8
3.	1	104.4
4.	2	48.9
5.	2	50.4
6.	2	58.9
7.	3	70.4
8.	3	86.9
9.	4	87.7
10.	4	67.3

```
. anova wgt treat
```

```
Number of obs =      10      R-squared      = 0.9147
Root MSE      = 9.07002      Adj R-squared = 0.8721
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
-----+-----					
Model	5295.54435	3	1765.18145	21.46	0.0013
treat	5295.54435	3	1765.18145	21.46	0.0013
Residual	493.591531	6	82.2652551		
-----+-----					
Total	5789.13588	9	643.23732		

10の観察数に対して mean square error (MSE), R2, adjusted R2, sum of squares (partial SS), degree of freedom (df), patial SS/df = mean square となっています。F=21.46, p = 0.0013 であり、「木の生えている場所が異なってもりんごの重さは同じである」という仮説は棄却されます。Model と treat は同じであり、model と residual を加えたものが total になっています。Total における MS の は MSE に当たります。

それではどの場所の木のりんごが一番重いでしょうか？

```
. anova, regress
```

Source	SS	df	MS	Number of obs =	10
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>					
Model	5295.54435	3	1765.18145	F(3, 6) =	21.46
Residual	493.591531	6	82.2652551	Prob > F =	0.0013
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>					
				R-squared =	0.9147
				Adj R-squared =	0.8721
Total	5789.13588	9	643.23732	Root MSE =	9.07

wgt	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>						
_cons	77.5	6.413472	12.084	0.000	61.8068	93.1932
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>						
treat						
1	34.4	8.279757	4.155	0.006	14.14017	54.65984
2	-24.76667	8.279757	-2.991	0.024	-45.0265	-4.506829
3	1.150002	9.07002	0.127	0.903	-21.04354	23.34354
4	(dropped)					

上の表では4番目の場所と他を比べています。Coef.の部分に着目してください。2の場所に生えているりんごは4に比べて相当軽く、1は相当重くなっています。3はほぼ同じ重さです。

Two-way ANOVA

多くの変数を入れて検討することができます。しかも $a*b$ は a と b の相互作用を表します。

58 人の患者さんがいます。皆疾患 1、疾患 2、ないしは疾患 3 に罹患しています。そして薬剤 1-4 のどれかを服用し、血圧の変化をみました。

. list

	drug	disease	systolic
1.	1	1	42
2.	1	1	44
3.	1	1	36
4.	1	1	13
5.	1	1	19
6.	1	1	22
7.	1	2	33
8.	1	2	26
9.	1	2	33
10.	1	2	21
11.	1	3	31
12.	1	3	-3
13.	1	3	25
14.	1	3	25
15.	1	3	24
16.	2	1	28
17.	2	1	23
18.	2	1	34
19.	2	1	42
20.	2	1	13
21.	2	2	34
22.	2	2	33
23.	2	2	31
24.	2	2	36
25.	2	3	3
26.	2	3	26
27.	2	3	28
28.	2	3	32
29.	2	3	4
30.	2	3	16
31.	3	1	1
32.	3	1	29
33.	3	1	19
34.	3	2	11
35.	3	2	9
36.	3	2	7
37.	3	2	1
38.	3	2	-6
39.	3	3	21
40.	3	3	1
41.	3	3	9
42.	3	3	3
43.	4	1	24
44.	4	1	9
45.	4	1	22
46.	4	1	-2
47.	4	1	15
48.	4	2	27
49.	4	2	12
50.	4	2	12
51.	4	2	-5
52.	4	2	16

53.	4	2	15
54.	4	3	22
55.	4	3	7
56.	4	3	25
57.	4	3	5
58.	4	3	12

```
. summarize
```

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
drug	58	2.5	1.158493	1	4
disease	58	2.017241	.8269873	1	3
systolic	58	18.87931	12.80087	-6	44

```
. tabulate drug disease
```

drug	disease			Total
	1	2	3	
1	6	4	5	15
2	5	4	6	15
3	3	5	4	12
4	5	6	5	16
Total	19	19	20	58

人数がばらばらでも STATA は問題ありません。

```
. anova systolic drug disease drug* disease
```

```
Number of obs =      58      R-squared      = 0.4560
Root MSE      = 10.5096      Adj R-squared = 0.3259
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
Model	4259.33851	11	387.212591	3.51	0.0013
drug	2997.47186	3	999.157287	9.05	0.0001
disease	415.873046	2	207.936523	1.88	0.1637


```

drug*disease | 707.266259    6  117.87771    1.07    0.3958
|
Residual | 5080.81667    46  110.452536
-----+-----
Total | 9340.15517    57  163.862371

```

薬剤の種類が異なると血圧の変化も変わります。しかし基礎疾患が異なってもあるいは疾患と薬剤の組み合わせが違ってても血圧は変動しませんでした。

下は ANOVA ではありませんが、便利な表を作ることができます。

```
. table drug disease, c(mean systolic) row col f(%8.2f)
```

```

-----+-----
|          disease
drug |    1    2    3 Total
-----+-----
1 | 29.33 28.25 20.40 26.07
2 | 28.00 33.50 18.17 25.53
3 | 16.33  4.40  8.50  8.75
4 | 13.60 12.83 14.20 13.50
|
Total | 22.79 18.21 15.80 18.88
-----+-----

```

missing data があっても計算可能です。例えば disease 1 と drug 1 のデータが全て missing だとします。

```
. anova systolic drug disease drug* disease if ~(drug==1 & disease==1)
```

```

Number of obs =    52    R-squared    = 0.4545
Root MSE      = 10.1615    Adj R-squared = 0.3215

```

```

Source | Partial SS    df    MS          F    Prob > F
-----+-----
Model | 3527.95897    10  352.795897    3.42    0.0025
|
drug | 2686.57832    3   895.526107    8.67    0.0001
disease | 327.792598    2   163.896299    1.59    0.2168

```

```

drug*disease | 703.007602    5  140.60152    1.36    0.2586
|
Residual | 4233.48333    41  103.255691
-----+-----
Total | 7761.44231    51  152.185143

```

多少R²は小さくなりましたが思った程変わりませんでした。

```
. anova systolic disease drug disease* drug, sequential
```

```

Number of obs =    58    R-squared    = 0.4560
Root MSE      = 10.5096    Adj R-squared = 0.3259

```

```

Source |   Seq. SS   df    MS        F    Prob > F
-----+-----
Model | 4259.33851   11  387.212591    3.51    0.0013
|
disease | 488.639383    2  244.319691    2.21    0.1210
drug | 3063.43286    3  1021.14429    9.25    0.0001
disease*drug | 707.266259    6   117.87771    1.07    0.3958
|
Residual | 5080.81667   46  110.452536
-----+-----
Total | 9340.15517   57  163.862371

```

疾患の種類というよりは薬剤の種類が血圧の変化に影響しているようです。

N-way analysis of variance

Variable は何個にでも増やせます。しかしそれだけマスが増えるので、標本数が十分でなくてはなりません。

Analysis of covariance

Anova command を入力すれば多くの変数を含めて解析することができましたが、すべては categorical variable でした。連続変数を含めて解析するためには continuous(varlist)を command の最後に追加します。

```
. anova systolic drug disease age disease* age, continuous(age)
```

```
Number of obs =      58      R-squared      = 0.4980
Root MSE      = 9.78196      Adj R-squared = 0.4161
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
Model	4651.50368	8	581.437961	6.08	0.0000
drug	862.49606	3	287.498687	3.00	0.0392
disease	417.780142	2	208.890071	2.18	0.1235
age	727.857125	1	727.857125	7.61	0.0082
disease*age	358.539757	2	179.269879	1.87	0.1644
Residual	4688.65149	49	95.6867651		
Total	9340.15517	57	163.862371		

上で示したように*を使用すれば categorical variable と continuous variable の間で相互作用をみることもできます。ここでは薬剤の種類に加えて年齢も血圧変化に影響する重要な因子であることが解ります。

Repeated measures analysis of variance

ANOVA におけるF testにおいて観察はお互い独立しているものを対象としています。しかしrepeated measure の場合、この仮定は無視されてしまいます。そこでrepeated measure の場合にはF test を補正してやる必要が出てきます。STATAでこれを行ないます。以下は5人のボランティアにアスピリンとゾロの薬を時間を空けて4種類投与した際の反応をスコア化してみています。まずはデータを入力してください。

```
. list
```

	person	drug	score
1.	1	1	30
2.	1	2	28
3.	1	3	16
4.	1	4	34
5.	2	1	14
6.	2	2	18
7.	2	3	10
8.	2	4	22
9.	3	1	24
10.	3	2	20
11.	3	3	18
12.	3	4	30
13.	4	1	38
14.	4	2	34
15.	4	3	20
16.	4	4	44
17.	5	1	26
18.	5	2	28
19.	5	3	14
20.	5	4	30

```
. tabdisp person drug, cellvar(score)
```

```
-----+-----  
      |           drug  
person |    1    2    3    4  
-----+-----  
    1 |   30   28   16   34  
    2 |   14   18   10   22  
    3 |   24   20   18   30  
    4 |   38   34   20   44  
    5 |   26   28   14   30  
-----+-----
```

```
. anova score person drug, repeated(drug)
```

Number of obs = 20 R-squared = 0.9244
 Root MSE = 3.06594 Adj R-squared = 0.8803

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
Model	1379.00	7	197.00	20.96	0.0000
person	680.80	4	170.20	18.11	0.0001
drug	698.20	3	232.733333	24.76	0.0000
Residual	112.80	12	9.40		
Total	1491.80	19	78.5157895		

Between-subjects error term: person

Levels: 5 (4 df)

Lowest b.s.e. variable: person

Repeated variable: drug

Huynh-Feldt epsilon = 1.0789
 *Huynh-Feldt epsilon reset to 1.0000
 Greenhouse-Geisser epsilon = 0.6049
 Box's conservative epsilon = 0.3333

Source	df	F	Prob > F			
			Regular	H-F	G-G	Box
drug	3	24.76	0.0000	0.0000	0.0006	0.0076
Residual	12					

上の表で Box は最も保守的なテストですが、それでも F test は有意差ありとでています。よって4種類の薬は全て同じではないと解釈します。

下にまとめの表を示します。

```
. table drug, c(mean score) f(%8.2f)
```

```
-----+-----  
drug | mean(score)  
-----+-----  
1 | 26.40  
2 | 25.60  
3 | 15.60  
4 | 32.00  
-----+-----
```

薬の3が劣っていそうです。

今度は3種類の薬を10人ずつに投与し反応をみています。

```
. list
```

	drug	subject	response
1.	1	1	76.25
2.	1	2	68
3.	1	3	58
4.	1	4	64.5
5.	1	5	67
6.	1	6	78.5
7.	1	7	61.25
8.	1	8	78
9.	1	9	74.75
10.	1	10	67.25
11.	2	1	72.25
12.	2	2	70
13.	2	3	85.5
14.	2	4	77.5
15.	2	5	83.5
16.	2	6	80.75
17.	2	7	82.25
18.	2	8	82
19.	2	9	65.5
20.	2	10	51
21.	3	1	89.75
22.	3	2	89.25
23.	3	3	85.75
24.	3	4	79
25.	3	5	81.75
26.	3	6	79.75
27.	3	7	79
28.	3	8	81.5
29.	3	9	76.5
30.	3	10	70.75

```
. table drug subject, c(mean response) f(%6.2f) row col center
```

```

-----+-----
      |
      |           subject
drug |  1    2    3    4    5    6    7    8    9    10 Total
-----+-----
  1 | 76.25 68.00 58.00 64.50 67.00 78.50 61.25 78.00 74.75 67.25 69.35
  2 | 72.25 70.00 85.50 77.50 83.50 80.75 82.25 82.00 65.50 51.00 75.03
  3 | 89.75 89.25 85.75 79.00 81.75 79.75 79.00 81.50 76.50 70.75 81.30
      |
Total | 79.42 75.75 76.42 73.67 77.42 79.67 74.17 80.50 72.25 63.00 75.22
-----+-----

```

. anova response subject drug, repeated(drug)

```

Number of obs =      30    R-squared      = 0.5652
Root MSE      = 7.77733    Adj R-squared = 0.2994

```

```

Source | Partial SS    df      MS          F      Prob > F
-----+-----
Model | 1415.03125    11   128.639205    2.13    0.0749
      |
subject | 700.41875     9   77.8243056    1.29    0.3091
drug | 714.6125      2   357.30625     5.91    0.0107
      |
Residual | 1088.7625    18   60.4868056
-----+-----
Total | 2503.79375   29   86.3377155

```

Between-subjects error term: subject

Levels: 10 (9 df)

Lowest b.s.e. variable: subject

Repeated variable: drug

```

Huynh-Feldt epsilon      = 0.8752
Greenhouse-Geisser epsilon = 0.7555
Box's conservative epsilon = 0.5000

```


----- Prob > F -----						
Source	df	F	Regular	H-F	G-G	Box
drug	2	5.91	0.0107	0.0146	0.0197	0.0380
Residual	18					

薬によって反応が異なるといえそうです。

22人の喘息患者さんのSO₂に対する気管支の反応性を検討しました。Baselineの呼吸機能(FEV1/FVC)により3群にstratifyしてあります。「baseline呼吸機能によりSO₂に対する反応は同じである」という仮説を検証してください。

. list

	lung	react
1.	1	20.8
2.	1	4.1
3.	1	30
4.	1	24.7
5.	1	13.8
6.	2	7.5
7.	2	7.5
8.	2	11.9
9.	2	4.5
10.	2	3.1
11.	2	8
12.	2	4.7
13.	2	28.1
14.	2	10.3
15.	2	10
16.	2	5.1
17.	2	2.2
18.	3	9.2

```

19.      3      2
20.      3      2.5
21.      3      6.1
22.      3      7.5

```

```
. anova react lung
```

```

Number of obs =      22      R-squared      = 0.3443
Root MSE      = 7.10375      Adj R-squared = 0.2753

```

```

Source | Partial SS   df      MS      F      Prob > F
-----+-----
Model | 503.548414   2  251.774207   4.99   0.0181
      |
lung  | 503.548414   2  251.774207   4.99   0.0181
      |
Residual | 958.802521  19  50.4632906
-----+-----
Total | 1462.35093  21  69.6357588

```

Fは大きく有意差があり、baseline の呼吸機能によりSO₂に対する反応率に差があるといえます。それではどれとどれの間に差がありますか？

```
. anova, regress
```

```

Source |      SS      df      MS      Number of obs =      22
-----+-----
Model | 503.548414   2  251.774207   F( 2, 19) = 4.99
Residual | 958.802521  19  50.4632906   Prob > F      = 0.0181
-----+-----
Total | 1462.35093  21  69.6357588   R-squared     = 0.3443
                                           Adj R-squared = 0.2753
                                           Root MSE     = 7.1038

```

```

-----+-----
react      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|      [95% Conf. Interval]
-----+-----
_cons          5.46   3.176894     1.719  0.102     -1.189316   12.10932
lung
      1      13.22   4.492807     2.942  0.008     3.816447   22.62355

```

```

2      3.115  3.781261    0.824  0.420    -4.799269  11.02927
3      (dropped)

```

呼吸機能が1の状態のとき、SO₂に対する反応が異なります。

下のコマンドは anova と基本的に同じです。

```
. oneway react lung
```

```

                    Analysis of Variance

```

Source	SS	df	MS	F	Prob > F
Between groups	503.548414	2	251.774207	4.99	0.0181
Within groups	958.802521	19	50.4632906		
Total	1462.35093	21	69.6357588		

```
Bartlett's test for equal variances:  chi2(2) = 4.2203  Prob>chi2 = 0.121
```

それぞれの基本的なデータが欲しければ、

```
. oneway react lung, tabulate
```

```

                    Summary of react

```

lung	Mean	Std. Dev.	Freq.
1	18.68	10.065635	5
2	8.575	6.8373474	12
3	5.4599999	3.1341665	5
Total	10.163636	8.3448043	22

```

                    Analysis of Variance

```

Source	SS	df	MS	F	Prob > F
Between groups	503.548414	2	251.774207	4.99	0.0181
Within groups	958.802521	19	50.4632906		

```
Total          1462.35093    21    69.6357588
```

```
Bartlett's test for equal variances:  chi2(2) =  4.2203  Prob>chi2 = 0.121
```

Bonferroni 補正による 2 群間の差をだすには、

```
. oneway react lung, bonferroni
```

```
Analysis of Variance
```

Source	SS	df	MS	F	Prob > F
Between groups	503.548414	2	251.774207	4.99	0.0181
Within groups	958.802521	19	50.4632906		
Total	1462.35093	21	69.6357588		

```
Bartlett's test for equal variances:  chi2(2) =  4.2203  Prob>chi2 = 0.121
```

Comparison of react by lung
(Bonferroni)

```
Row Mean-|
Col Mean |          1          2
-----|-----
2 |  -10.105
   |  0.045
   |
3 |  -13.22   -3.115
   |  0.025   1.000
```

1-2、1-3 では有意差を認めていますが、2-3 では有意差を認めていません。

```
. oneway react lung, noanova scheffe
```

Comparison of react by lung
(Scheffe)

```
Row Mean-|
Col Mean |          1          2
-----|-----
```

```

2 | -10.105
  | 0.048
  |
3 | -13.22   -3.115
  | 0.028    0.716

```

これも Bonferroni と同じ結果です。

```
. oneway react lung, noanova sidak
```

Comparison of react by lung
(Sidak)

```

Row Mean- |
Col Mean |      1      2
-----|-----
2 | -10.105
  | 0.044
  |
3 | -13.22   -3.115
  | 0.025    0.805

```

やはり同じでした。

あるポータブルの機械で1人の患者さんの血圧を測定しました。1日2回、10日間連続して測定しました。

日	血圧 (mmHg)	
	1	2
1	98	99
2	102	93
3	100	98
4	99	100
5	96	100
6	95	100
7	90	98
8	102	93
9	91	92
10	90	94

随分血圧測定の値に差があるようですが、ポータブルの問題でしょうか。それとも患者さん自身の血圧が不安定なのでしょうか？

```
. list
```

	reading	day	BP
1.	1	1	98
2.	1	2	102
3.	1	3	100
4.	1	4	99
5.	1	5	96
6.	1	6	95
7.	1	7	90
8.	1	8	102
9.	1	9	91
10.	1	10	90
11.	2	1	99
12.	2	2	93
13.	2	3	98
14.	2	4	100
15.	2	5	100
16.	2	6	100
17.	2	7	98
18.	2	8	93
19.	2	9	92
20.	2	10	94

```
. summarize
```

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
reading	20	1.5	.5129892	1	2
day	20	5.5	2.946898	1	10
BP	20	96.5	3.953679	90	102

```
. tabulate day reading
```

	reading		
day	1	2	Total

1	1	1	2
2	1	1	2
3	1	1	2
4	1	1	2
5	1	1	2
6	1	1	2
7	1	1	2
8	1	1	2
9	1	1	2
10	1	1	2
Total	10	10	20

. anova BP day reading

Number of obs = 20 R-squared = 0.5145
 Root MSE = 4.00278 Adj R-squared = -0.0250

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
Model	152.80	10	15.28	0.95	0.5329
day	152.00	9	16.8888889	1.05	0.4694
reading	.80	1	.80	0.05	0.8282
Residual	144.20	9	16.0222222		
Total	297.00	19	15.6315789		

F test は有意でなく、毎日血圧が違うのはポータブル機械自体による測定誤差と考えられます。