

Rコマンダーを用いた統計解析 (16)

担当 繁榎 算男 教授

アシスタント 森 一将

今日の演習事項

- 分散分析
 - 一元配置分散分析
 - 被験者間／対応のない分散分析(今日で最後)
 - 多重比較

データ概要

2009年10月9日

- 車の広告キャンペーンの効果測定
 - ある車メーカーが新車Aの広告キャンペーンを全国の主要都市で実施
 - 実施条件は同条件(金額/方法/回数)
 - キャンペーン実施後、アンケートで新車Aへの興味度(買いたいと思うかどうか)を調査
 - 東京、大阪、名古屋、仙台、福岡、札幌で無作為抽出を行い各9人ずつにアンケート
 - 各都市の文化差等の違いで興味度に差が生じているか?

出典: Hoaglin, D., Mosteller, F., and Tukey, J. (1991)より改変

心理学演習資料

3

データ

2009年10月9日

興味度	都市	
13.75	東京	⋮
13.75	東京	12.5 名古屋
13.5	東京	12.5 名古屋
13.5	東京	15 仙台
13	東京	14 仙台
13	東京	13.75 仙台
13	東京	13.59 仙台
12.75	東京	13.25 仙台
12.5	東京	12.97 仙台
14.25	大阪	12.5 仙台
13	大阪	12.25 仙台
12.75	大阪	11.89 仙台
12.5	大阪	14.5 福岡
12.5	大阪	14 福岡
12.4	大阪	14 福岡
12.3	大阪	13.9 福岡
11.9	大阪	13.75 福岡
11.9	大阪	13.25 福岡
14	名古屋	13 福岡
14	名古屋	12.5 福岡
13.51	名古屋	12.45 福岡
13.5	名古屋	13.5 札幌
13.5	名古屋	12.25 札幌
13.25	名古屋	12.25 札幌
13	名古屋	12 札幌
		12 札幌
		12 札幌
		11.9 札幌
		11.9 札幌

4

心理学演習資料

興味度の差の分析

2009年10月9日

- 6つの都市の興味度の母平均は等しいか？
- まずは視覚的に判断してみる

箱ひげ図による判断(1)

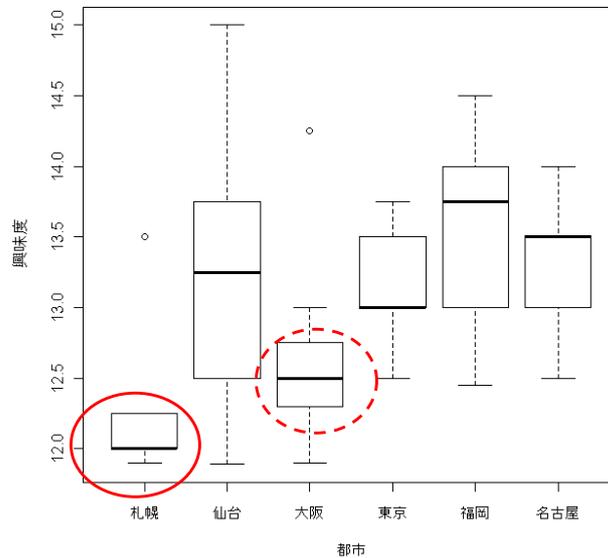
2009年10月9日

- メニュー→「グラフ」→「箱ひげ図」
- 変数は「興味度」
- 「層別プロット」で「都市」を選択

箱ひげ図による判断(2)

2009年10月9日

いくつかの都市の興味度は平均より下がる？



- 箱の上下は四分位点
- 真ん中は中央値

心理学演習資料

一元配置分散分析(被験者間／対応のない)

2009年10月9日

- 3つ以上の平均値の差の検定
- 群(グループ)ごとの母平均がすべて等しいか／等しくないか
- 群ごとと全体の平方和(分散) = バラツキを比較して判断する

心理学演習資料

一元配置分散分析

2009年10月9日

1. 帰無仮説、対立仮説を設定
2. 統計的仮説検定に用いられる標本統計量を選択
3. 棄却域、有意水準(判断の基準になる確率のしきい値)の設定
4. 実際のデータから標本統計量を計算
5. 検定統計量の値が...
 - 棄却域の値なら、帰無仮説を**棄却**(対立仮説を**採択**)する。
 - そうでなければ、帰無仮説を**保持**する。

1. 帰無仮説、対立仮説を設定

2009年10月9日

- 帰無仮説: 本来主張したい内容とは逆のもの
「すべての都市における新車Aの興味度の母平均は等しい」
- 対立仮説: 本来主張したい内容
「すべての都市における新車Aの興味度の母平均は等しいとはいえない」

2.統計的仮説検定に用いられる標本統計量 を選択

2009年10月9日

- F統計量
 - 分散分析表を用いて計算

分散分析表

2009年10月9日

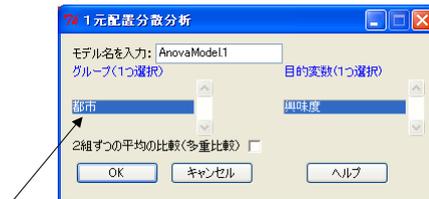
- 分散分析に必要なF統計量の計算に用いる表
- 通常は統計パッケージで計算される

要因	平方和	自由度	平均平方	F
群間	↓	↓	↓	↗
群内	↓	↓	↓	

4. 実際のデータから標本統計量を計算

2009年10月9日

- 「統計量」→「平均」→「一元配置分散分析」



何を基準に群(グループ)分けをするのか
→「要因」ともいう

13

心理学演習資料

3. 棄却域、有意水準(判断の基準になる確率のしきい値)の設定-両側検定

2009年10月9日

- よく用いられる有意水準: 5%
- 両側検定
 - (2群の母平均の差) $\neq 0$

14

心理学演習資料

4. 実際のデータから標本統計量を計算

2009年10月9日

```
Bartlett test of homogeneity of variances

data: 興味度 by 都市
Bartlett's K-squared = 6.2355, df = 5, p-value = 0.284

> AnovaModel.1 <- aov(興味度 ~ 都市, data=Dataset)

> summary(AnovaModel.1)
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
都市         5  10.9457   2.1891   4.8294 0.001175 **
Residuals   48  21.7581   0.4533
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

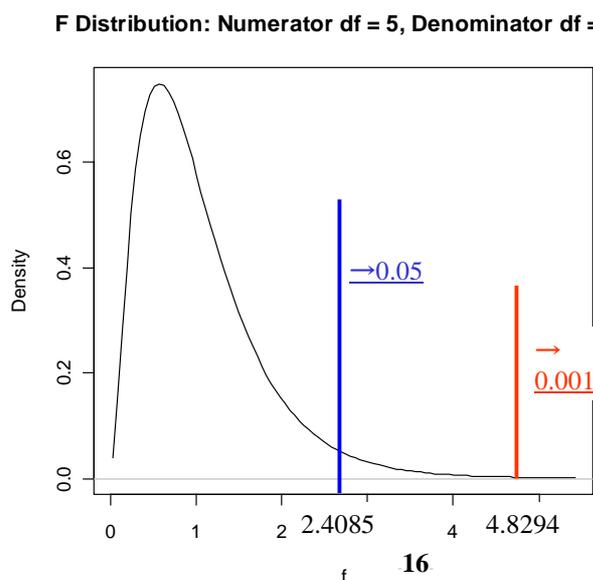
> numSummary(Dataset$興味度, groups=Dataset$都市, statistics=c("mean", "sd"))
      mean      sd n
1 2.00000 0.50000 2
2 2.00000 0.50000 2
3 2.00000 0.50000 2
4 2.00000 0.50000 2
5 2.00000 0.50000 2
```

- 計算されたF統計量の値 = 4.8294
- 自由度(5,48)のF分布モデルの当てはめ
- p値: 有意水準と比較して有意かどうかの判断基準

13

5 検定統計量の値が.

2009年10月9日



- 帰無仮説(確率モデル)の元では実際のデータの値が極端なものである
- そのような値が生じるのはまれである

帰無仮説は正しくない(棄却する)
⇒ 対立仮説が正しい

心理学演習資料

16

結論

2009年10月9日

- 仮説検定により有意差が見られた

×「すべての都市における新車Aの興味度の母平均は等しい」

- 対立仮説: 本来主張したい内容

○「すべての都市における新車Aの興味度の母平均は等しいとはいえない」

展開

2009年10月9日

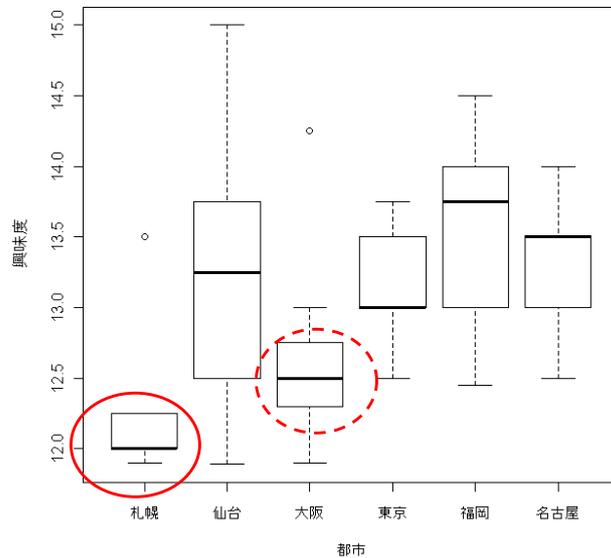
○「すべての都市における新車Aの興味度の母平均は等しいとはいえない」

- それでは、具体的にどの都市とどの都市の興味度が等しくないといえるのか？

箱ひげ図(再掲)

2009年10月9日

いくつかの都市の興味度は平均より下がる？



心理学演習資料

多重比較の導入

2009年10月9日

- 多重比較
 - 分散分析で帰無仮説が棄却された場合(優位さが出た場合)
 - どの条件に差があるかを判断するための検定。

心理学演習資料

多重比較の導入

2009年10月9日

- ここで、t検定を単純に繰り返し用いてはならない！
- 各都市間の平均値の差の比較に(対応のない)t検定を有意水準5%で用いると
 - 15通り - 東京-大阪 5%は判断を誤る可能性
 - 東京-名古屋 5%は判断を誤る可能性
 - 大阪-名古屋 5%は判断を誤る可能性
 - 京都-福岡 5%は判断を誤る可能性
 -
 - 仙台-札幌 5%は判断を誤る可能性

全体で見た有意水準は明らかに5%よりも高くなる

心理学演習資料

多重比較

2009年10月9日

1. 帰無仮説、対立仮説を設定
2. 統計的仮説検定に用いられる標本統計量を選択
3. 棄却域、有意水準(判断の基準になる確率のしきい値)の設定
4. 実際のデータから標本統計量を計算
5. 検定統計量の値が...
 - 棄却域の値なら、帰無仮説を**棄却**(対立仮説を**採択**)する。
 - そうでなければ、帰無仮説を**保持**する。

練習: 結果を見ながら対応する手順を考えてみる

心理学演習資料

多重比較の実行

2009年10月9日

- いくつかの方法がある
- 先行研究などを調べて適宜判断する
- TukeyのHSD法
 - Rguiより以下の命令を実行
 - TukeyHSD(aov(興味度~都市,data=Dataset))
 - ↑ ↑ ↑
目的変数 要因 データセット名

心理学演習資料

多重比較の実行

2009年10月9日

```
> TukeyHSD(aov(興味度~都市,data=Dataset))  
Tukey multiple comparisons of means  
95% family-wise confidence level
```

```
Fit: aov(formula = 興味度 ~ 都市, data = Dataset)
```

```
$都市  
      diff      lwr      upr      p adj  
仙台-札幌  1.04444444  0.10248449  1.9864044  0.0217928  
大阪-札幌  0.41111111 -0.53084884  1.3530711  0.7860914  
東京-札幌  0.99444444  0.05248449  1.9364044  0.0329734  
福岡-札幌  1.28333333  0.34137338  2.2252933  0.0024794  
名古屋-札幌  1.10666667  0.16470671  2.0486266  0.0127365  
大阪-仙台 -0.63333333 -1.57529329  0.3086266  0.3599444  
東京-仙台 -0.05000000 -0.99195995  0.8919600  0.9999856  
福岡-仙台  0.23888889 -0.70307106  1.1808488  0.9739595  
名古屋-仙台  0.06222222 -0.87973773  1.0041822  0.9999573  
東京-大阪  0.58333333 -0.35862662  1.5252933  0.4520106  
福岡-大阪  0.87222222 -0.06973773  1.8141822  0.0842029  
名古屋-大阪  0.69555556 -0.24640440  1.6375155  0.2606185  
福岡-東京  0.28888889 -0.65307106  1.2308488  0.9420131  
名古屋-東京  0.11222222 -0.82973773  1.0541822  0.9992262  
名古屋-福岡 -0.17666667 -1.11862662  0.7652933  0.9993038
```

調整済みのp値
簡便法で判断

心理学演習資料

多重比較の実行

2009年10月9日

- ボンフェローニの方法 データセット名
 - `attach(Dataset)` 目的変数
 - `pairwise.t.test(興味度,都市, p.adjust.method="bonferroni", paired=FALSE)` 要因
- 多重比較に用いる方法 対応の有無 (詳細は次回)

心理学演習資料

多重比較の実行

2009年10月9日

```
> attach(Dataset)
> pairwise.t.test(興味度,都市, p.adjust.method="bonferroni", paired=FALSE)
```

Pairwise comparisons using t tests with pooled SD

data: 興味度 and 都市

	札幌	仙台	大阪	東京	福岡	
仙台	0.0282	-	-	-	-	調整済みのp値 簡便法で判断
大阪	1.0000	0.7752	-	-	-	
東京	0.0442	1.0000	1.0000	-	-	
福岡	0.0028	1.0000	0.1263	1.0000	-	
名古屋	0.0158	1.0000	0.4995	1.0000	1.0000	

P value adjustment method: bonferroni

心理学演習資料

多重比較の実行

2009年10月9日

- ホルムの方法
 - `attach(Dataset)` ← データセット名
 - `pairwise.t.test(興味度,都市, p.adjust.method="holm", paired=FALSE)` ← 目的変数, 要因

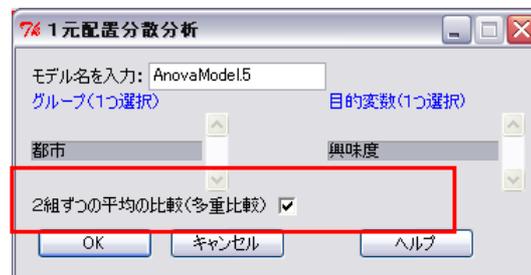
```
Pairwise comparisons using t tests with pooled SD
data: 興味度 and 都市
      札幌  仙台  大阪  東京  福岡
仙台  0.0244 -    -    -    -
大阪  1.0000 0.4851 -    -    -
東京  0.0353 1.0000 0.5781 -    -
福岡  0.0028 1.0000 0.0326 1.0000 -
名古屋 0.0148 1.0000 0.3330 1.0000 1.0000
P value adjustment method: holm
```

心理学演習資料

多重比較の実行

2009年10月9日

- 実はRコマンダーでもできる
- 「統計量」→「平均」→「一元配置分散分析」



心理学演習資料

多重比較の実行

2009年10月9日

Simultaneous Confidence Intervals

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: aov(formula = 興味度 ~ 都市, data = Dataset)

Estimated Quantile = 2.9676

95% family-wise confidence level

Linear Hypotheses:

	Estimate	lwr	upr
仙台 - 札幌 == 0	1.04444	0.10257	1.98632
大阪 - 札幌 == 0	0.41111	-0.53077	1.35299
東京 - 札幌 == 0	0.99444	0.05257	1.93632
福岡 - 札幌 == 0	1.28333	0.34145	2.22521
名古屋 - 札幌 == 0	1.10667	0.16479	2.04855
大阪 - 仙台 == 0	-0.63333	-1.57521	0.30855
東京 - 仙台 == 0	-0.05000	-0.99188	0.89188

分析法は前述の
テューキーのHSD法

P値がでないので
分かりにくい！

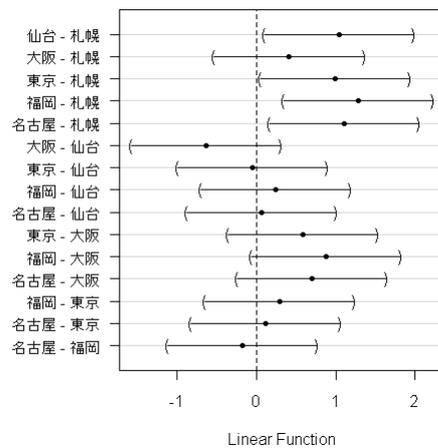
- 95%信頼区間 この区間内にゼロがはいって
なければ有意差があるとみなす

心理学演習資料

多重比較の実行

2009年10月9日

95% family-wise confidence level



- 信頼区間のグラフも出る

心理学演習資料

- 卒論を書くことを前提にすると
Rguiからの分析方法を覚えること
 - 今までの方法(簡便法)で判断を行うことができる
 - 論文の分析結果では必ずp値をのせる必要がある

Rコマンダーを用いた統計解析 (15)

担当 繁榎 算男 教授

アシスタント 森 一将

1

今日の演習事項

- 分散分析
 - 一元配置分散分析
 - 被験者間／対応のない分散分析(復習)
 - 分散分析表の書き方

2

データ概要

2009年10月9日

- 車の広告キャンペーンの効果測定
 - ある車メーカーが新車Aの広告キャンペーンを全国の主要都市で実施
 - 実施条件は同条件(金額/方法/回数)
 - キャンペーン実施後、アンケートで新車Aへの興味度(買いたいと思うかどうか)を調査
 - 東京、大阪、名古屋、仙台、福岡、札幌で無作為抽出を行い各9人ずつにアンケート
 - 各都市の文化差等の違いで興味度に差が生じているか?

出典: Hoaglin, D., Mosteller, F., and Tukey, J. (1991)より改変

心理学演習資料

3

データ

2009年10月9日

興味度	都市	
13.75	東京	⋮
13.75	東京	12.5 名古屋
13.5	東京	12.5 名古屋
13.5	東京	15 仙台
13	東京	14 仙台
13	東京	13.75 仙台
13	東京	13.59 仙台
12.75	東京	13.25 仙台
12.5	東京	12.97 仙台
14.25	大阪	12.5 仙台
13	大阪	12.25 仙台
12.75	大阪	11.89 仙台
12.5	大阪	14.5 福岡
12.5	大阪	14 福岡
12.4	大阪	14 福岡
12.3	大阪	13.9 福岡
11.9	大阪	13.75 福岡
11.9	大阪	13.25 福岡
14	名古屋	13 福岡
14	名古屋	12.5 福岡
13.51	名古屋	12.45 福岡
13.5	名古屋	13.5 札幌
13.5	名古屋	12.25 札幌
13.25	名古屋	12.25 札幌
13	名古屋	12 札幌
		12 札幌
		12 札幌
		11.9 札幌
		11.9 札幌

4

心理学演習資料

興味度の差の分析

2009年10月9日

- 6つの都市の興味度の母平均は等しいか？
- まずは視覚的に判断してみる

箱ひげ図による判断(1)

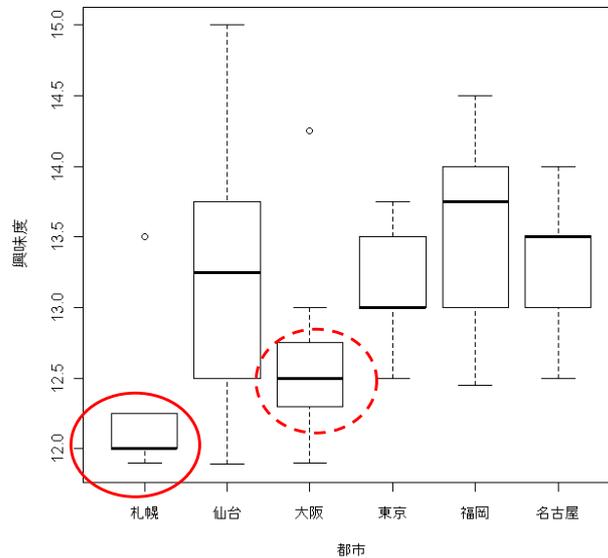
2009年10月9日

- メニュー→「グラフ」→「箱ひげ図」
- 変数は「興味度」
- 「層別プロット」で「都市」を選択

箱ひげ図による判断(2)

2009年10月9日

いくつかの都市の興味度は平均より下がる？



- 箱の上下は四分位点
- 真ん中は中央値

心理学演習資料

一元配置分散分析(被験者間／対応のない)

2009年10月9日

- 3つ以上の平均値の差の検定
- 群(グループ)ごとの母平均がすべて等しいか／等しくないか
- 群ごとと全体の平方和(分散) = バラツキを比較して判断する

心理学演習資料

一元配置分散分析

2009年10月9日

1. 帰無仮説、対立仮説を設定
2. 統計的仮説検定に用いられる標本統計量を選択
3. 棄却域、有意水準(判断の基準になる確率のしきい値)の設定
4. 実際のデータから標本統計量を計算
5. 検定統計量の値が...
 - 棄却域の値なら、帰無仮説を**棄却**(対立仮説を**採択**)する。
 - そうでなければ、帰無仮説を**保持**する。

1. 帰無仮説、対立仮説を設定

2009年10月9日

- 帰無仮説: 本来主張したい内容とは逆のもの
「すべての都市における新車Aの興味度の母平均は等しい」
- 対立仮説: 本来主張したい内容
「すべての都市における新車Aの興味度の母平均は等しいとはいえない」

2.統計的仮説検定に用いられる標本統計量 を選択

2009年10月9日

- F統計量
 - 分散分析表を用いて計算

分散分析表

2009年10月9日

- 分散分析に必要なF統計量の計算に用いる表
- 通常は統計パッケージで計算される
- 仕組みの理解のため各項目の計算をEXCELで実施

要因	平方和	自由度	平均平方	F
群間				
群内				



分散分析表

2009年10月9日

- 手順
 - データの準備
 - 群平均を計算
 - 群内平方和を計算
 - 全体平均を計算
 - 群間平方和を計算
 - 分散分析表への入力
 - F値の計算

13

心理学演習資料

データの準備

2009年10月9日

- データをタテ列に並び替え
- 間を6列空ける

14

心理学演習資料

群平均を計算

2009年10月9日

- 入力データの下に平均を計算させる
- 関数: Average(範囲)
- 次の列に値をコピー
- Excelの絶対参照(F4キー)を活用

15

心理学演習資料

群内平方和を計算

2009年10月9日

- 次の列に計算
- 群内平方和
= (データの値 - 群平均)²の合計
- Excelの絶対参照(F4キー)を活用し、
(データの値 - 群平均)²を計算
- 最後に平方和を計算

16

心理学演習資料

全体平均を計算

2009年10月9日

- 関数: Average(範囲)
- 複数の範囲指定はカンマで区切る
- 次の列にコピー
- Excelの絶対参照(F4キー)を活用

17

心理学演習資料

群間平方和を計算

2009年10月9日

- 次の列に計算
- 群間平方和
= (群平均 - 全体平均)²の合計
- Excelの絶対参照(F4キー)を活用し、
(データの値 - 群平均)²を計算
- 最後に平方和を計算

18

心理学演習資料

分散分析表への入力

2009年10月9日

- 群内平方和、群間平方和を入力
- 自由度
 - 群内: (各群におけるデータ数-1)の合計
 - 群間: (群の数-1)
- 平均平方 = 平方和 ÷ 自由度

要因	平方和	自由度	平均平方	F
群間	10.94567	5	2.189133	
群内	21.75813	48	0.453294	

F値の計算

2009年10月9日

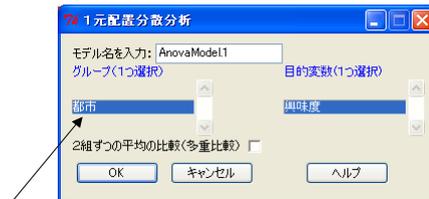
- 群間の平均平方 ÷ 群内の平均平方

要因	平方和	自由度	平均平方	F
群間	10.94567	5	2.189133	4.8294
群内	21.75813	48	0.453294	

4. 実際のデータから標本統計量を計算

2009年10月9日

- 「統計量」→「平均」→「一元配置分散分析」



何を基準に群(グループ)分けをするのか
→「要因」ともいう

3. 棄却域、有意水準(判断の基準になる確率のしきい値)の設定-両側検定

2009年10月9日

- よく用いられる有意水準: 5%
- 両側検定
 - (2群の母平均の差) $\neq 0$

4. 実際のデータから標本統計量を計算

2009年10月9日

```
Bartlett test of homogeneity of variances

data: 興味度 by 都市
Bartlett's K-squared = 6.2355, df = 5, p-value = 0.284

> AnovaModel.1 <- aov(興味度 ~ 都市, data=Dataset)

> summary(AnovaModel.1)
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
都市         5  10.9457   2.1891   4.8294 0.001175 **
Residuals   48  21.7581   0.4533
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

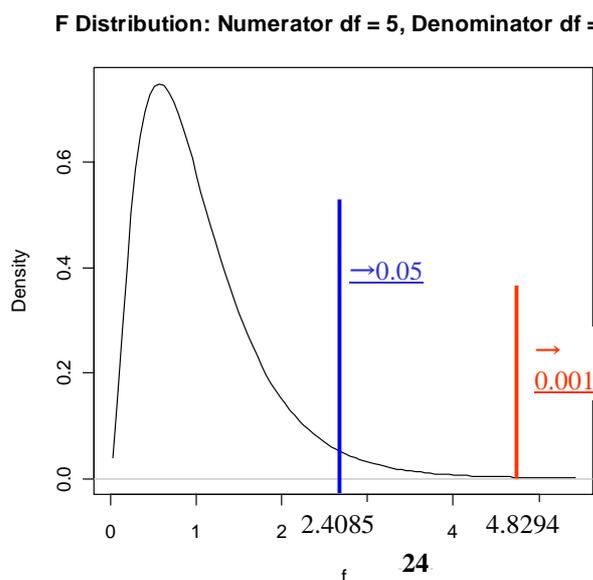
> numSummary(Dataset$興味度, groups=Dataset$都市, statistics=c("mean", "sd"))
      mean      sd n
1 2.00000 0.50000 2
2 2.00000 0.50000 2
3 2.00000 0.50000 2
4 2.00000 0.50000 2
5 2.00000 0.50000 2
```

- 計算されたF統計量の値=4.8294
- 自由度(5,48)のF分布モデルの当てはめ
- p値:有意水準と比較して有意かどうかの判断基準

43

5 検定統計量の値が.

2009年10月9日



- 帰無仮説(確率モデル)の元では実際のデータの値が極端なものである
- そのような値が生じるのはまれである

帰無仮説は正しくない(棄却する)
⇒対立仮説が正しい

心理学演習資料

24

結論

2009年10月9日

- 仮説検定により有意差が見られた

×「すべての都市における新車Aの興味度の母平均は等しい」

- 対立仮説: 本来主張したい内容

○「すべての都市における新車Aの興味度の母平均は等しいとはいえない」

展開

2009年10月9日

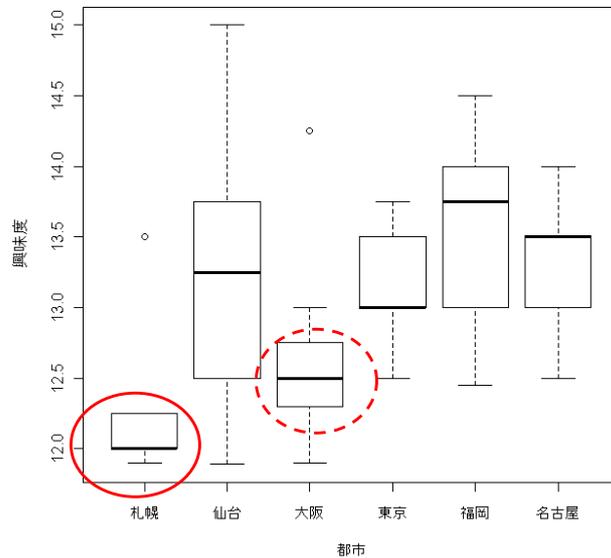
○「すべての都市における新車Aの興味度の母平均は等しいとはいえない」

- それでは、具体的にどの都市とどの都市の興味度が等しくないといえるのか？

箱ひげ図(再掲)

2009年10月9日

いくつかの都市の興味度は平均より下がる？



心理学演習資料

多重検定の導入

2009年10月9日

- 実際の統計的判断は多重検定を用いて行います。
- t検定の応用となりますが、使い方には注意が必要です。
- 詳細は次回演習します。

心理学演習資料