

IBM SPSS Statistics による 統計解析

【初級編 C】 分散分析と多重比較法



1

1元配置分散分析

分散分析 analysis of variance, ANOVA は、平均値の差を検定するための統計解析手法です。t検定では2群の比較を行うことができますが、3群以上の比較を行う場合は分散分析を用います。

ここでは、比較する要因(因子)を1つだけ含む**1元配置分散分析** one-way ANOVA の一般的な特徴とその仮定について説明し、実際の分析の実行と結果の解釈方法を確認します。

Contents

- 分散分析の概要
- 要因と水準
- 被験者間要因
- 1元配置分散分析
- 多重比較法
- 記述統計
- 1元配置分散分析の実行と結果の解釈
- 多重比較の実行と結果の解釈
- クラスカル-ウォリス検定の実行と結果の解釈

Keyword

分散分析 / 要因(因子) / 水準 / 被験者間因子 / 1元配置分散分析 / ウェルチ検定 / 多重比較法 / Tukey / Sheffe / Dunnett / Bonferroni / クラスカル-ウォリス検定 / ノンパラメトリック検定 /

§1.1.1 分散分析の概要

分散分析 analysis of variance, **ANOVA**は、質的変数(因子/要因)が定めるカテゴリ(水準)間で量的変数の平均値を比較する分析手法です。平均値の差の検定手法として、実験研究や観察研究などにおいてよく利用されています。平均値を**分散** variance に基づいて分析するため分散分析と呼ばれます。

例えば、治療法による検査値に差が認められるかどうかを分析する場合、治療法は質的変数(カテゴリ変数)、検査値は連続変数(スケール変数)です。



Figure1.1.1 比較する要因が1つ含まれる場合

この例で、2つの治療法を比較する場合は t 検定を適用し、3つ以上の治療法を比較する場合は分散分析を適用します。比較のための要因の数が1つの場合の分散分析は、**1元配置分散分析** one-way ANOVA と呼ばれます。

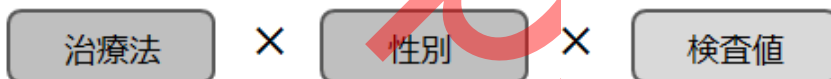


Figure1.1.2 比較する要因が2つ含まれる場合

上記のように要因の数が2つの場合の分散分析は、**2元配置分散分析** two-way ANOVA と呼ばれます。2元配置分散分析では要因の組み合わせによる**交互作用** interaction を分析することができます。この例では、治療法による検査値について性別による差異が認められるかなどを調べることができます。

§1.1.2 要因と水準

実験研究や調査研究において、分析の目的となる変数を**従属変数** dependent variable と呼びます。例えば、コレステロール値に影響を及ぼす薬の効果を調べる場合、コレステロール値が従属変数になります。

測定値である従属変数に影響を与える変数を**要因(因子)** factor と呼びます。要因は**独立変数** independent variable と呼ばれます。要因を構成する要素を**水準** level と呼びます。例えば、性別が要因の場合、データとして含まれる男性および女性の2つのカテゴリがそれぞれ水準となります。

下記の図の例では、薬が**要因**で、投薬された薬の種類(A/B/C)が**水準**です。つまり、この因子は3つの水準を持ちます。この場合、薬が独立変数、測定値が従属変数と考えられます。1要因に基づく差は**主効果** main effect と呼ばれます。また、要因には水準の対応の有無が考えられません。

要因(因子)	従属変数
薬	測定値
A	8.5
B	6.2
C	4.5

Figure1.1.3 対応のないデータの要因と水準

POINT

測定値に影響を与える変数を**要因**または**因子**と呼び、要因を構成する要素を**水準**と呼びます。

POINT

1要因に基づく差は**主効果**と呼ばれます。

§1.4.1 1元配置分散分析と多重比較の実行

3つの治療法による測定値に有意な差が認められるかどうかを分散分析で調べます。この例では、因子が1つだけ含まれるため**1元配置分散分析** one-way ANOVA の適用になります。また、**多重比較法** multiple comparison procedure を用いて、具体的どの治療法の間有意差が認められるかを検定します。

操作手順

1. 分析メニュー > 平均の比較 > 一元配置分散分析を選択します。

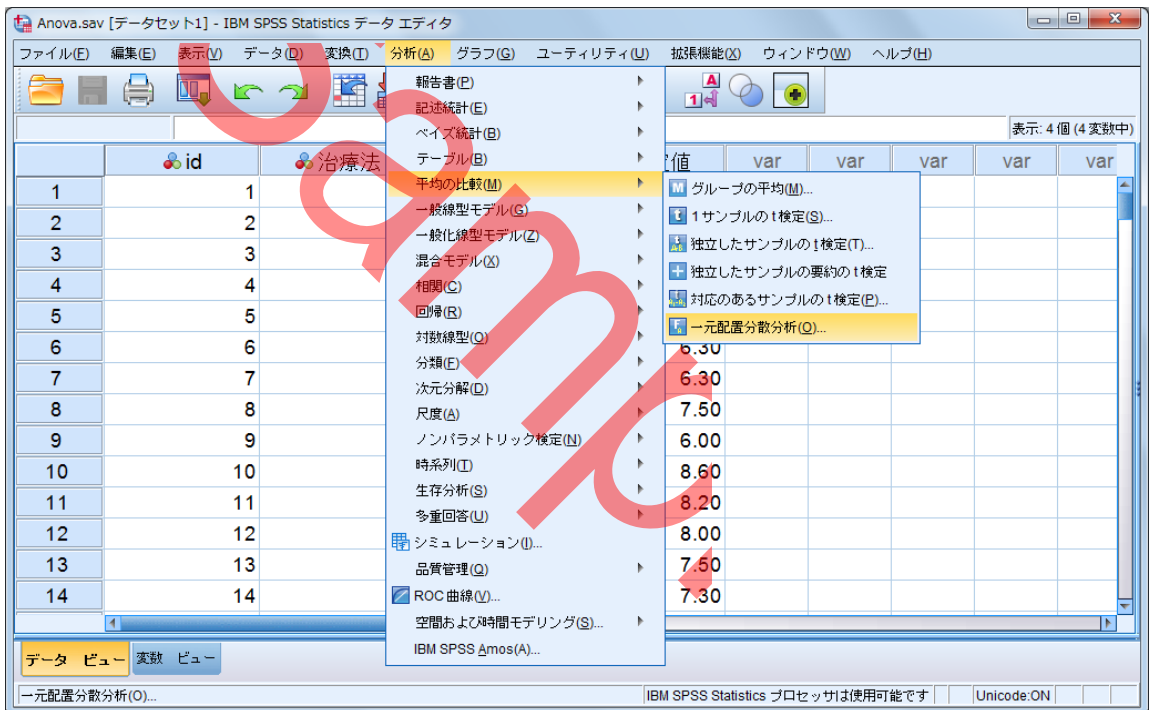


Figure1.4.1 一元配置分散分析メニュー

POINT

この分析例での従属変数は**測定値**、因子(要因)は**治療法**です。

操作手順

2. 従属変数リストに測定値を移動します。
3. 因子に治療法を移動します。

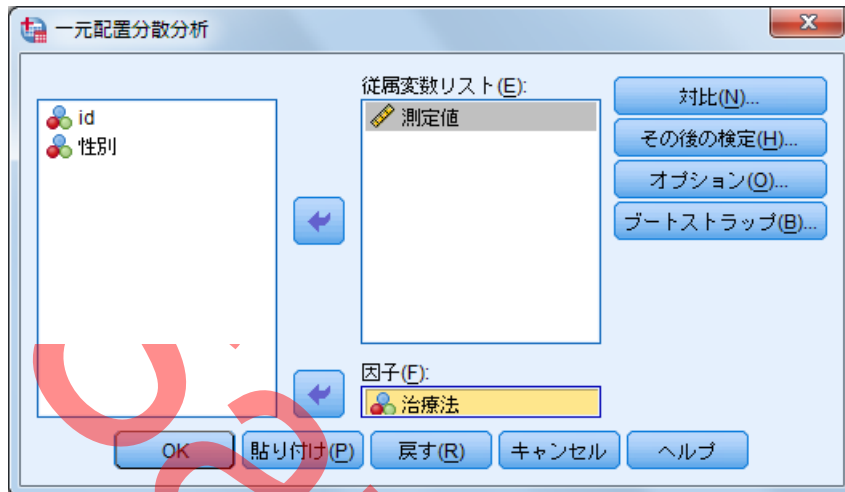


Figure1.4.2 一元配置分散分析の変数の指定

従属変数リストには、連続変数(スケール変数)を指定します。リストとして複数の従属変数を同時に指定することもできます。

因子には質的変数(カテゴリ変数)を指定します。一元配置分散分析のメニューでは、因子は1つしか含めることができません。

TIPS

分析メニュー > 一般線型モデル > 1変数メニューを利用すると、2つ以上の因子を含めた分析を実行することができます。

操作手順

4. オプションボタンをクリックします。

操作手順

5. **記述統計量、等分散性の検定、Welch**のチェックボックスを選択します。

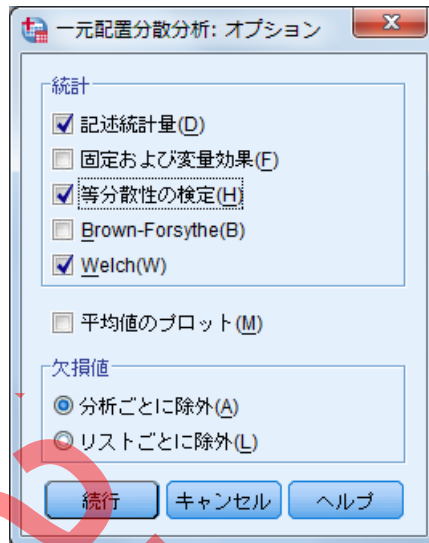


Figure1.4.3 一元配置分散分析のオプションの設定

記述統計量を選択すると、各水準の平均値や標準偏差などの統計量を出力します。

等分散性の検定は、各水準の散らばりが等しいかどうかを調べるレーベン検定 Levene test が実行されます。

Welchは、等分散を仮定しない平均値の差の検定です。等分散性を仮定できない場合は、一元配置分散分析ではなく、ウェルチ検定を用います。

POINT

分散分析は、 t 検定と同じように**等分散性**を仮定する統計手法です。等分散ではない場合は、分散分析ではなく**ウェルチ検定** Welch test のほうがより適切な手法です。

操作手順

6. **続行**ボタンをクリックします。

操作手順

7. **その後の検定** ボタンをクリックします。
8. **Tukey、Games-Howell**を選択します。

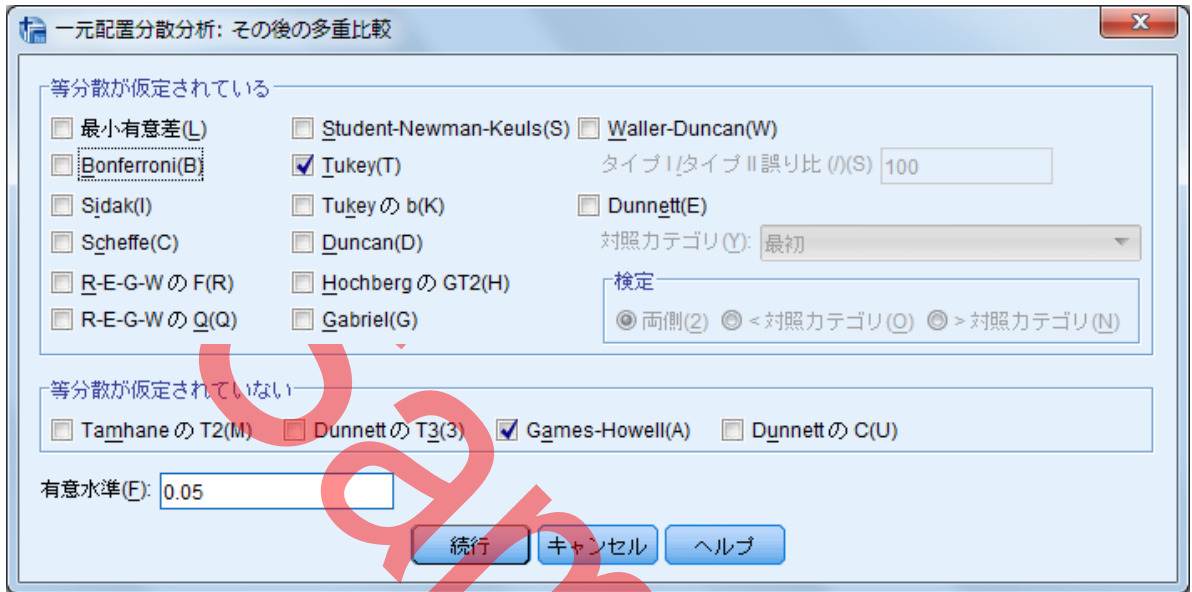


Figure1.4.4 多重比較法の指定をダイアログボックス

その後の検定 post hoc は、個別の水準間の差を検定するための方法です。慣習的に、分散分析の後に実行されるためその後の検定と表示されています。

Tukeyは、正規性と等分散性を仮定する多重比較法で、もっともよく利用される方法です。**Games-Howell**は、正規性を仮定しますが等分散性を仮定しない多重比較法です。

この例では使用しませんが、**Bonferroni**は、検定回数によって有意確率を調整する多重比較法であらゆる検定で適用可能です。また、**Dunnett**は対照群を設定する場合の多重比較法として使用することができます。

操作手順

9. **続行** ボタンをクリックします。
10. **OK** ボタンをクリックします。

§1.4.2 1元配置分散分析の結果の解釈

1元配置分散分析の結果を確認します。

記述統計

測定値	度数	平均値	標準偏差	標準誤差	平均値の95%信頼区間		最小値	最大値
					下限	上限		
A	51	7.5216	.79456	.11126	7.2981	7.7450	5.60	9.20
B	58	6.6793	.80148	.10524	6.4686	6.8900	5.30	9.00
C	59	6.3763	.83032	.10810	6.1599	6.5927	4.80	8.20
合計	168	6.8286	.93509	.07214	6.6861	6.9710	4.80	9.20

Figure1.4.5 記述統計の表

記述統計テーブルは、各水準の要約情報が出力されます。出力されるのは、度数、平均値、標準偏差、標準誤差、信頼区間、最小値、最大値です。これらの要約は、探索的分析で既に確認したとおりです。

POINT

標準偏差 standard deviation は、**SD**と表記されることが多く、標本平均値に対して測定データがどの程度散らばっているかを示す**記述統計量**です。基本的に、収集したデータの特徴を解釈・説明する場合に用います。

POINT

標準誤差 standard error of mean は、**SE**または**SEM**と表記されることが多く、標本平均値に基づいて母平均を推定した場合の推定値のばらつきを表す統計量です。基本的に、母集団の真の値を推定した結果を解釈・説明する場合に用います。

等分散性の検定

		Levene 統計量	自由度 1	自由度 2	有意確率
測定値	平均値に基づく	.010	2	165	.990
	中央値に基づく	.002	2	165	.998
	中央値と調整済み自由度に基づく	.002	2	163.699	.998
	トリム平均値に基づく	.007	2	165	.993

Figure 1.4.6 等分散性を評価するためのレーベンの検定表

等分散性の検定テーブルには、等分散性の検定として**レーベン検定 Levene test**の結果が要約されています。この検定の帰無仮説は「水準間の分散は等しい(等分散である)」です。有意確率 $P=0.990$ であり、帰無仮説は棄却されません。すなわち、水準間の分散は等しく等分散性を仮定できると解釈されます。

等分散性を仮定できる場合は分散分析を用い、等分散性を仮定できない場合は**ウェルチ検定**を用います。

POINT

レーベン検定 Levene test は、等分散性を検定するための手法です。この検定は正規性の逸脱に頑健な性質を持ちますが、正規性の検定など他の検定手法と同じようにサンプルサイズの影響を受けるため使用には注意が必要です。

POINT

等分散を仮定することができる場合は**1元配置分散分析**、等分散を仮定することができない場合は**ウェルチ検定**を用います。ただし、ウェルチ検定は等分散を仮定しない場合にも適用できるため、等分散かどうかを問わずにウェルチ検定を適用することができます。

TIPS

等分散性の検定は、サンプルサイズが大きくなると帰無仮説が棄却されやすく、等分散ではないとの判定になりやすい性質を持ちます。

分散分析

測定値	平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
グループ間	37.855	2	18.927	28.872	.000
グループ内	108.168	165	.656		
合計	146.023	167			

Figure1.4.7 分散分析表

分散分析テーブルには、分散分析の結果が出力されています。この検定は、グループ内(水準内)の変動に対するグループ間(水準間)の変動の比に基づいて計算されるF値に基づいており、検定結果としては**有意確率**を参照します。

分散分析の帰無仮説は「すべての水準の平均値が等しい」です。有意確率 $P < 0.001$ であり、帰無仮説は棄却されます。

すなわち、治療法A、治療法B、治療法Cの3つの治療法による測定値について、有意差が認められると解釈することができます。

ただし、分散分析では要因全体の差を調べることはできますが、具体的にどの水準間に有意な差が認められるかは分かりません。そこで、水準間の差を調べるために多重比較の結果を参照します。

POINT

分散分析の帰無仮説が棄却された場合は、要因について水準全体で有意な差があることが確認できるのみです。

POINT

等分散を仮定することができない場合は、分散分析の結果ではなく、**ウェルチ検定**(平均値同等性の耐久性検定テーブルの有意確率)の結果に基づいて解釈します。