

実務と統計(9)

—多元配置分散分析—

山内俊平[†]（豊橋市立看護専門学校 非常勤講師，
豊橋市食肉衛生検査所 元所長）



一つの要因について、主に3群以上の平均差を調べるのが一元配置分散分析（実務と統計（8）79巻7号）で、2つ以上の要因を同時にみるのが多元配置分散分析です。同分析では、“複数の要因が結果にどう影響するか”を、主効果と交互作用に分けて調べます。

例：学習法（動画／テキスト）と性別（男／女）の2つの要因が、どう点数に影響するのか？

	男性	女性
動画	60点	70点
テキスト	80点	90点

主効果の直感的イメージ

学習法の主効果

男女を区別せず平均すると動画 65 点、テキスト 85 点です。つまり“性別に関係なく全体としてテキスト学習が高得点”といえそうです。これが学習法の主効果です。

性別の主効果

学習法を区別せず平均すると男性 70 点、女性 80 点です。“学習法に関係なく、全体として女性の方が高得点”といえそうです。これが性別の主効果です。

交互作用の直感的イメージ

一方の要因の効果が、もう一方の条件によって変わることを、交互作用といいます。

例示のパターンでは、「動画→テキスト」で男女ともに+20点、「男性→女性」でみると、動画、テキストともに+10点です。つまり、学習法による効果は男女でほぼ同じです。“交互作用があるとはいえない”となります。

〈交互作用ありの例〉

	男性	女性
動画	60点	80点
テキスト	95点	85点

このパターンだと、動画→テキストで男性+35点で女性+5点（男性→女性でみると、動画+20点でテキスト-10点）で、学習法の効果が男女で異なります。これが“交互作用あり”のイメージです。

以上、主効果と交互作用の直感的イメージを述べましたが、標本の偶然変動で、たまたまこのような結果が得られただけかもしれません。そこで“この結果は偶然の差ではないといえるのか”を統計検定（仮説検定）で調べます。これが多元配置分散分析です。

分析結果の解釈における注意点

交互作用が非有意の場合は、一般には主効果を中心に解釈しますが、交互作用の大きさやデータの傾向も確認する必要があります。一方、交互作用が有意となった場合は、主効果単独での優先評価は避ける必要があります。

例えば次のパターンだと、平均すると全部 70 点で主効果を見出せません。

	男性	女性	(平均)
動画	60点	80点	70
テキスト	80点	60点	70
(平均)	70	70	

一方で、動画→テキストは男性+20点で、女性-20点（男性→女性は動画+20点で、テキスト-20点）、差の方向が真逆の強い交互作用があります。実際は男性ではテキストが圧倒的有利、女性では動画圧勝です。このようなケースでは“全体平均（主効果は見出せない）にとらわれると真実を見失う”ことになります。

[†] 連絡責任者：山内俊平（豊橋市立看護専門学校 非常勤講師，豊橋市食肉衛生検査所 元所長）

多元配置分散分析 (例)

次の仮想数字 (n = 各 8) を置いて展開します。

学習法	性 別	得 点	平均 (標準偏差)
動 画	男 性	48	55 (6.32)
動 画	男 性	64	
動 画	男 性	58	
動 画	男 性	46	
動 画	男 性	56	
動 画	男 性	62	
動 画	男 性	52	
動 画	男 性	54	
動 画	女 性	62	60 (6.37)
動 画	女 性	57	
動 画	女 性	56	
動 画	女 性	69	
動 画	女 性	65	
動 画	女 性	52	
動 画	女 性	53	
動 画	女 性	66	
テキスト	男 性	52	50 (6.37)
テキスト	男 性	58	
テキスト	男 性	55	
テキスト	男 性	41	
テキスト	男 性	50	
テキスト	男 性	53	
テキスト	男 性	40	
テキスト	男 性	51	
テキスト	女 性	72	70 (6.41)
テキスト	女 性	80	
テキスト	女 性	63	
テキスト	女 性	61	
テキスト	女 性	72	
テキスト	女 性	65	
テキスト	女 性	73	
テキスト	女 性	74	

件はおおむね満たされていると判断できます。

多元配置分散分析 multi-way ANOVA

EZR にデータを取り込む (実務と統計 (4) 79 巻 2 号参照)。

統計解析

→ 連続変数の解析

→ 複数の因子での平均値の比較

(多元配置分散分析 multi-way ANOVA)

複数の因子での平均値の比較
(多元配置分散分析 multi-way ANOVA)

モデル名を入力: AnovaModel.1

複数の選択は Ctrl キーを押しながらクリック

目的変数 (1 つ選択)
得点

因子 (1 つ以上選択)

学習法

性別

得点

☒ 交互作用の解析も行う (群別変数が 3 個以下の場合)
 群別する変数が 3 個以上の場合にはグラフは表示されません
☐ モデル解析用に解析結果をアクティブモデルとして残す
 . . .

結 果

Anova Table (Type III tests)				
Response: 得点				
	Sum Sq	Df	F value	Pr (>F)
(Intercept)	110450	1	2722.3592	<2.2e-16 ***
Factor1. 学習法	50	1	1.2324	0.276385
Factor2. 性別	1250	1	30.8099	0.000006172 ***
Factor1. 学習法:Factor2. 性別	450	1	11.0915	0.002443 **
Residuals	1136	28		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				

*ANOVA は線形モデル化できます。(Intercept) は同モデル式の切片の意味ですが、通常 ANOVA では問題となりません。主効果と交互作用をみます。

学習法の主効果

P = 0.276385 (非有意) → あるとはいえない。

性別の主効果

P = 0.000006172 (有意) → あり (女性の方が高得点)

交 互 作 用

P = 0.002443 (有意) → あり

ANOVA 前提条件の確認

観測データは、各々独立で、極端な外れ値もなく、分散に大きな差もありません。サンプル (n) が小さいためデータからの正規性診断は難しいところがありますが、ヒストグラムや Q-Q プロットなどを参考に大きな逸脱を認めないのでおおむね正規 (正規分布を大きく外れてはいない) とみなせそうです。独立性・等分散性・正規性 (厳密には残差の正規性) の ANOVA の前提条

— 375 —

交互作用が有意ということは、“どちらの学習法が良いか”という問いに対する答えが男女で異なることを意味します。主効果単独での解釈には注意が必要となります。

単純主効果分析

交互作用が有意な場合、主効果だけで結論を出すことは適切ではなく、単純主効果の検討を行います。条件ごとに結果を比較（単純主効果分析）します。

- ① 男性で動画 (55 点) vs テキスト (50 点) の比較
- ② 女性で動画 (60 点) vs テキスト (70 点) の比較
- ③ 動画で男性 (55 点) vs 女性 (60 点) の比較
- ④ テキストで男性 (50 点) vs 女性 (70 点) の比較

厳密には ANOVA モデルから単純主効果を検定するのですが、やや難解なので、ここでは理解を優先して Welch t 検定（実務と統計 (4) 79 巻 2 号）で確認することとします。

結 果

本来は信頼区間や効果量も重要ですが、ここでは P 値のみを示します。

- ① $P=0.137$ (非有意)
- ② $P=0.0074$ (有意)
- ③ $P=0.137$ (非有意)
- ④ $P=0.000021$ (有意)

結 論

男性では、動画とテキストで明確な得点差は確認できないが、女性ではテキスト学習で高得点であった。また、動画学習では男女差は確認できなかったが、テキスト条件では女性の方が高得点であった。

補 足

①～④の t 検定を繰り返すと、多重性の問題（実務と統計 (8) 79 巻 7 号参照）が生じます。そのため有意水準を調整して検定する方法（Bonferroni 法など）も一般的に用いられます。今回の例では 4 回検定しているので、例えば Bonferroni 補正なら有意水準は $0.05 \div 4 = 0.0125$ となりますが、②と④は補正後も有意と判断されます。

実 務 的 判 断

P 値を連続的な指標として捉える視点も必要です。例えば、 $P=0.048$ (有意) と $P=0.051$ (非有意) では、結論は違うが実質的にはほぼ同じです。仮に交互作用が統計的には非有意であっても P 値がかなり小さい場合（有意水準付近）は、主効果中心の判断は必ずしも適正とはいえない場合もあります。P 値だけでなく、効果量や平均差、信頼区間などをあわせて解釈することが望まれます。