異文化言語評価論ＩA　　平成 26 年 6 月 11 日

第 6 章　分散分析の応用（共分散分析と多変量分散分析）

報告者：　C.O.
T.N.

§ 6 － 1 共分散分析とは

共分散分析(analysis of covariance: ANCOVA)：共変量を用いて、より正確なグループ間の比較を行う分析方法。

■6-1-1　共変量

共変量(covariate)：従属変数に影響を与える独立変数とは別に影響を及ぼしていると考えられる要因で、観測変数(observed variable)の誤差を小さくするための変量。

観測変数の分散＝真の分散＋系統的誤差分散＋偶然誤差分散

→系統的誤差分散が共変量であり、共変量を取り除くことで、より真の分散に近い結果を出すことができる。

■6-1-2　共分散分析の前提

(1) 共変量と独立変数の独立性：共変量が本来対象とする独立変数の影響を受けない変数である。

→分散分析か *t* 検定で、共変量を従属変数にして、独立変数の各グループ間に有意差がないかを調べる。有意差があれば、使用するのに適切でない。

（例）独立変数「授業数」、従属変数「期末テストの得点」、共変量「学習動機」とした場合、学習動機が高いと勉強量が増え、期末テストの得点が高くなることが考えられる。

→「学習動機」を取り除くと、「授業数」によって説明される「期末テストの得点」の分散まで取り除かれてしまい、正確な結果が出せない。

(2) 回帰直線の平行性の検定（各水準の回帰直線の傾きが等しい）：独立変数と共変量の間に交互作用が存在せず、各水準の回帰直線が平行である。(p.114　図 6.1)

→独立変数と共変量の間の交互作用の有意確立を調べる。5%水準で有意であれば、使用するのに適切でない。

→平行であれば、共変量が各水準に同じように影響を与えているということがわかる。

(3) 回帰の優位性の検定：回帰直線の傾き（回帰係数）が有意である。

→回帰係数がゼロであるという帰無仮説を検証し、回帰係数が 5%水準で有意でなければ、使用するのに適切でない。

§ 6 － 3 多変量分散分析とは

多変量分散分析(multivariate analysis of variance: MANOVA)：2 つ以上の従属変数（変量）を同時に取り上げて、グループ間の平均値差を調べ、主効果や交互作用を調べることがで

きる。
（例）独立変数「早期英語教育経験」、従属変数「英語学習へのやる気」「コミュニケーション能力」「異文化理解への態度」「リスニング力」などとし、「早期英語教育の必要性」に関して調査する。
→複数の従属変数を一度に分析に含めることで、複数の側面から検討することができる。

■6-3-1　多変量分散分析の利点
(1) 独立変数からの影響を受けやすい従属変数を効率的に特定できる。
　→複数の従属変数を一度に分析デザインに含めることで、1 変量分散分析を何度も行うことなく、影響を受けやすい従属変数を特定できる。
(2) 第 1 種の過誤(Type I error)を防ぐことができる。
　←1 変量分散分析を使ってそれぞれの従属変数に対する分析を行うと、第 1 種の過誤を犯す確率が高くなる。ボンフェローニの調整方法で防ぐこともできるが、従属変数が多い場合、第 2 種の過誤(Type II error)を犯す可能性も出てくる。
(3) 球面性(sphericity)の前提がない。
　→対応あり要因を含む 1 変量分散分析で球面性に問題がある場合に、その変量の各水準を従属変数と見なして、多変量に切り替えて分析できる。

■6-3-2　多変量分散分析の前提
(1) 多変量正規性(multivariate normality)：各要因のそれぞれの水準における複数の従属変数のデータが正規分布している。
　←外れ値に繊細なため、気がつかないうちに第 1 種あるいは第 2 種の過誤を引き起こす可能性がある。
※SPSS では、多変量正規性を調べることができないので、各水準のサンプルサイズをそろえるなどして、分散分析の正規性を満たしておく必要がある。
(2) 分散共分散行列の等質性(homogenecity of variance-convariance matrices)：それぞれの従属変数において、各水準の分散・共分散が等しい。
※分散共分散行列の等質性の前提が満たされにくい場合
①従属変数の数が多い場合
②サンプルサイズの不機構なグループを比較した場合
③サンプルサイズが小さく分散が大きい場合
④1 つのグループ内のデータが、従属変数の数より少しだけ多い場合

・Box の M 検定(Box's M Test)：分散共分散行列の等質性を調べる検定で、検定結果が有意でなければ、グループ間は同質でこの前提が満たされていると判断する。
※有意であっても、各グループのサンプルサイズが同じであれば頑健性が保たれるので、

多変量検定法の統計量として、Pillai のトレース、2 水準の場合は Hottelling のトレースの結果を使用できる。

■6-3-3　多変量分散分析の流れ

p.122 図 6.14 参照

■6-3-4　多変量分散分析の検定と検定力

(1) 多変量分散分析の検定法

多変量分散分析では、4 種類の多変量検定法（Pillai のトレース、Wilks のラムダ、Hottelling のトレース、Roy の最大根）による統計量が示され、それぞれの検定はデータの質によって検定力や頑健性(robustness)が異なる。

検定力の高さ：

Roy の最大根(Roy's largest root)＞Hottelling のトレース＞Wilks のラムダ(Wilks' lambda)

※サンプルサイズがそろっていない場合は、Roy の最大根は不安定な結果をもたらす場合がある。

→比較的小さなサンプルサイズでも正規性に頑健とされる Pillai のトレースを使う方がよい(Olson [1976];Stevens [1980])。

(2) 多変量分散分析の特徴と 1 変量分散分析との比較

1 変量分散分析よりも有意になりにくく、以下の 4 つの特徴がある。

特徴①：従属変数間が強い負の相関、または正負どちらの方向でもよいので中程度（$|r|$＝.60）の相関→うまく機能する

従属変数間がかなり弱い正の相関のときや無相関→検定力が下がる(Tabachnick & Fidell [2007])

特徴②：かなり強い相関（r＝.90 程度以上）のときは、2 つ目の従属変数の分散が 1 つ目の従属変数と重なり、分析の邪魔をする。

→2 つの従属変数を合わせて主成分得点(component score)にするか、どちらか 1 つを削除して再分析を行う。

特徴③：サンプルサイズが小さいと検定力が下がり、分散共分散行列の等質性の前提も満たされない。

特徴④：従属変数同士の関係だけでなく、1 つの従属変数が独立変数から強い影響を受ける場合は検定力が高くなる。

※グループ間の差があることを確実に検証したいのであれば、ボンフェローニの調整で有意水準を厳しくすることで、第 1 種の過誤の可能性がない状態を主張するか、従属変数が有意であった場合の多重比較は、比較的優位になりにくいシェフェの検定を使うことが望ましい(Harris [1975]; Tabachnick & Fidell [2007])。

【考察】

・多変量分散分析の利点で、1 変量分散分析において球面性の前提が満たされなかった場合に、代わりに多変量分散分析を用いることで、各水準を従属変数とみなして、多変量に切り替えて分析できるとあるが、これはつまり 1 変量分散分析時の、従属変数と独立変数を置き換えて分析に利用しているということである、と解釈した。

【疑問点】

検定力の高さに関して、サンプルサイズにむらがある場合は、Roy の最大根よりも Pillai のトレースを使用することが推奨されているが、サンプルサイズにむらがあり、尚且つサンプルサイズが大きい場合は、Roy の最大根の次に検定力の高い Hottelling のトレースを使うべきなのか、サンプルサイズを小さくして Pillai のトレースを使う方が良いのか。