

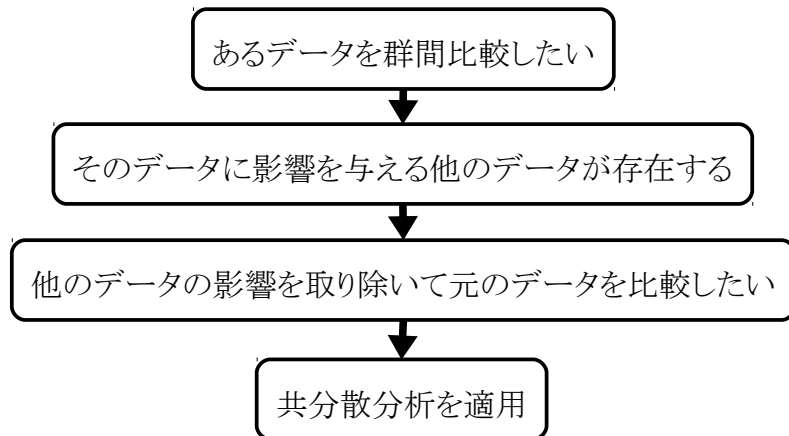
4. 共分散分析

4. 共分散分析

4.1 共分散分析の原理

共分散分析は共変数の影響を取り除いて平均値を比較する手法

(1) 共分散分析



共分散分析(ANCOVA:analysis of covariance、アコバ)は分散分析に回帰分析の原理を応用し、他のデータの影響を考慮して目的のデータを総合的に群間比較する手法。影響を考慮する他のデータのことを**共変数**という。

(2) 共分散分析の適用例

2種類の降圧剤AとBの降圧効果を比べるために、高血圧症患者20人を2群に分けてそれぞれA剤とB剤を投与した。そして投与前後における収縮期血圧を測定したところ、表4.1のような結果になった。

<表 4.1 薬剤投与前後の収縮期血圧>

| 症例 No. | 薬剤 | 投与前 | 投与後 | 変化量 |
|--------|----|-----|-----|-----|
| 1 | A | 140 | 126 | -14 |
| 2 | A | 140 | 132 | -8 |
| 3 | A | 145 | 127 | -18 |
| 4 | A | 145 | 132 | -13 |
| 5 | A | 150 | 130 | -20 |
| 6 | A | 150 | 135 | -15 |
| 7 | A | 155 | 132 | -23 |

4. 共分散分析

| | | | | |
|----|---|-----|-----|-----|
| 8 | A | 160 | 140 | -20 |
| 9 | B | 160 | 142 | -18 |
| 10 | B | 165 | 152 | -13 |
| 11 | B | 165 | 155 | -10 |
| 12 | B | 165 | 150 | -15 |
| 13 | B | 170 | 155 | -15 |
| 14 | B | 170 | 150 | -20 |
| 15 | B | 170 | 148 | -22 |
| 16 | B | 175 | 155 | -20 |
| 17 | B | 175 | 150 | -25 |
| 18 | B | 180 | 157 | -23 |
| 19 | B | 180 | 160 | -20 |
| 20 | B | 185 | 158 | -27 |

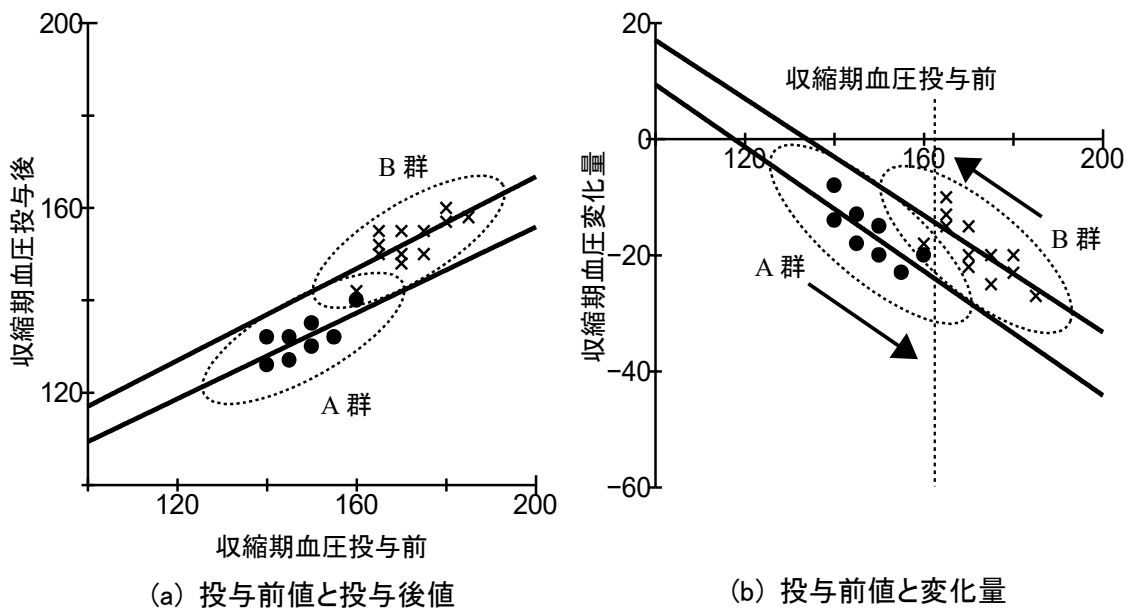


図 4.1 収縮期血圧の群別散布図

図 4.1(b) より血圧は投与前値が高いほどよく低下する

A 群よりも B 群の方が投与前値が高い

共分散分析によって投与前値の影響を取り除いて降圧効果を比較する必要がある

4. 共分散分析

4.2 共分散分析結果の解釈

共分散分析では共変数の影響の仕方によって結果の解釈が変わる

(1) 計算結果

=== 共分散分析 (analysis of covariance, ANCOVA) ===

[DANS V7.0]

データ名: 表4.1

群項目 : 薬剤 (1:A 2:B)
 集計項目 y : 収縮期血圧 変化量
 共変数 x 1 : 収縮期血圧 投与前

・ 群 1: 薬剤 (1:A 2:B)=1

| | | | |
|-----------|-------------|--------------|--------------|
| x 1: 例数=8 | 平均値=148.125 | 標準偏差=7.03943 | 標準誤差=2.48881 |
| y : 例数=8 | 平均値=-16.375 | 標準偏差=4.80885 | 標準誤差=1.70018 |

群別回帰式: $y = 62.8919 - 0.535135x_1$
 共通回帰式: $y = 59.8173 - 0.514378x_1$
 群別回帰式の寄与率 $r^2 = 0.613649$ $r = -0.783358$ 有意確率 $p = 0.0214684^*$

・ 群 2: 薬剤 (1:A 2:B)=2

| | | | |
|------------|-------------|--------------|--------------|
| x 1: 例数=12 | 平均値=171.667 | 標準偏差=7.48736 | 標準誤差=2.16142 |
| y : 例数=12 | 平均値=-19 | 標準偏差=5.0272 | 標準誤差=1.45123 |

群別回帰式: $y = 67.2973 - 0.502703x_1$
 共通回帰式: $y = 69.3016 - 0.514378x_1$
 群別回帰式の寄与率 $r^2 = 0.560568$ $r = -0.748711$ 有意確率 $p = 0.00508183^{**}$

・ 全体

| | | | |
|------------|------------|--------------|--------------|
| x 1: 例数=20 | 平均値=162.25 | 標準偏差=13.8103 | 標準誤差=3.08807 |
| y : 例数=20 | 平均値=-17.95 | 標準偏差=4.9892 | 標準誤差=1.11562 |

群別回帰式: $y = 17.5222 - 0.218627x_1$
 共通回帰式: $y = 65.5079 - 0.514378x_1$
 群別回帰式の寄与率 $r^2 = 0.366228$ $r = -0.605167$ 有意確率 $p = 0.0046958^{**}$

| 要因 | 共分散分析表 (ANCOVA table) | | | F値 | 有意確率p値 |
|------|-----------------------|-----|---------|---------|----------------|
| | 平方和 | 自由度 | 平均平方和 | | |
| 群差 | 33.075 | 1 | 33.075 | 2.86514 | 0.109895 |
| 共通回帰 | 254.939 | 1 | 254.939 | 22.0842 | 0.000241152*** |
| 修正群差 | 114.806 | 1 | 114.806 | 9.94519 | 0.00614858** |
| 全体回帰 | 173.207 | 1 | 173.207 | 15.0042 | 0.00134685** |

4. 共分散分析

| | | | | | |
|---------------|---------------------|----------|---------------------|-----------|----------|
| 非平行性 残差 | 0.233514 184.703 | 1 16 | 0.233514 11.5439 | 0.0202283 | 0.888677 |
| 全体 | 472.95 | 19 | | | |
| ・修正群差の95%信頼区間 | | | | | |
| 群 | - 群 | 修正群差 | 区間幅 | 下限 | 上限 |
| 1 | - 2 | -9.48432 | 6.37553 | -15.8599 | -3.10879 |

(2) 各種パラメーターの意味

・群別回帰式…群ごとに計算した普通の回帰式

A 群の群別回帰式: $y(\text{収縮期血圧変化量})=62.8919-0.535135x_1(\text{収縮期血圧投与前})$

B 群の群別回帰式: $y(\text{収縮期血圧変化量})=67.2973-0.502703x_1(\text{収縮期血圧投与前})$

・共通回帰式…2 群の回帰直線が平行と仮定した時の回帰式

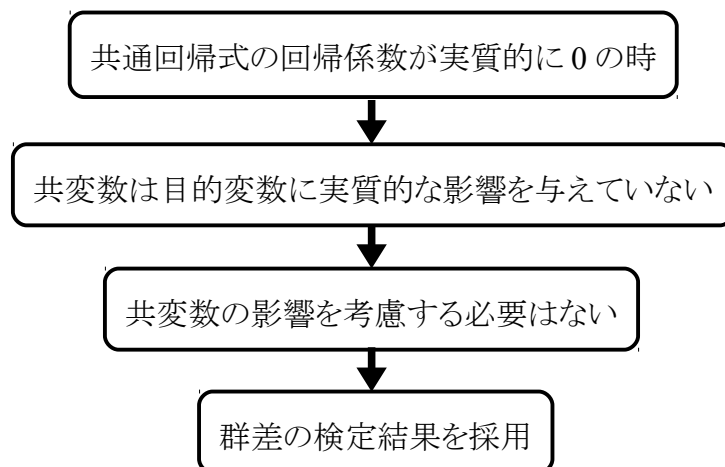
A 群の共通回帰式: $y=59.8173-0.514378x_1$

B 群の共通回帰式: $y=69.3016-0.514378x_1$

2 群の回帰係数の値が同じ→回帰直線が平行

・共分散分析表の共通回帰…共通回帰式の回帰係数が 0 かどうかの検定

有意確率 p 値が検定結果。通常は有意性検定のため、検定結果よりも共通回帰式を実質科学的に解釈し、共変数(投与前値)が目的変数(変化量)に医学的に影響していると言えるかどうかを検討することが大切。



4. 共分散分析

・共分散分析表の**群差**…共変数の影響を考慮しない時、2群の平均値が等しいかどうかの検定
通常の一元配置分散分析における要因Aの検定とほぼ同じで、A群の変化量平均値-16.375とB群の変化量平均値-19が等しいかどうかの検定。

・共分散分析表の**全体回帰**…2群を合わせて計算した回帰式の回帰係数が0かどうかの検定
これは共分散分析の計算のためのもので、実質的な意味はない。

・共分散分析表の**修正群差**…共変数の影響を補正した時、2群の平均値が等しいかどうかの検定

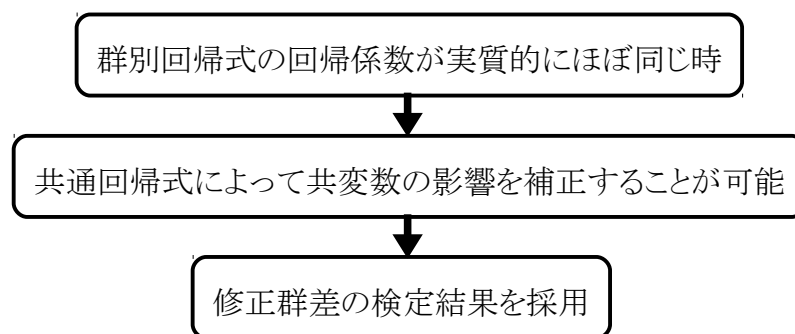
2群の修正平均値、つまり共通回帰直線にそって2群の平均値を全体の平均値の位置までずらした時の平均値が等しいかどうかの検定。→図4.1(b)参照

2群の共通回帰直線は平行だから、2群の修正平均値の差は共変数(投与前値)がいくつでも一定で、それは共通回帰式の定数の差 $59.8173 - 69.3016 = -9.4843$ と一致する。

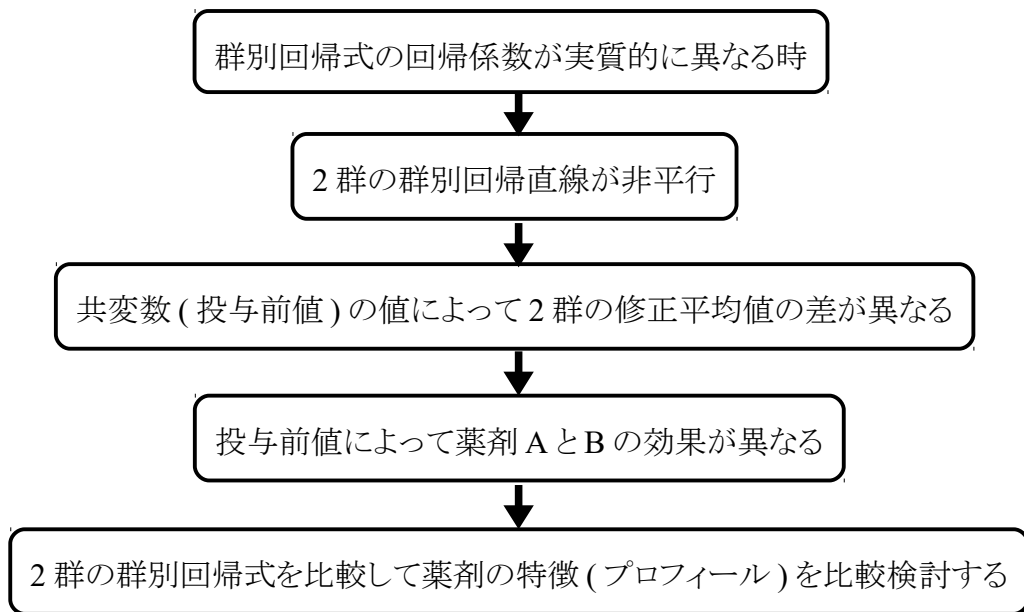
※共変数の平均値が2群ともほぼ同じでも、目的変数のデータの変動から共変数による変動を取り除いて検定するため、修正群差の検定は一元配置分散分析の群の検定よりも効率が高くなる。

・共分散分析表の**非平行性**…2群の群別回帰式が平行かどうか、つまり回帰係数が等しいかどうかの検定

通常は有意性検定のため、検定結果よりも2群の群別回帰式を実質科学的に比較し、回帰係数が医学的にほぼ同じと言えるかどうかを検討することが大切。



4. 共分散分析



この時、群によって共変数の影響が異なるため、「群と共変数の間に交互作用がある」と表現する。

・修正群差の95%信頼区間…修正群差の推定結果

修正群差について実質科学的に考察するための情報。

(3) 共分散分析結果の見方

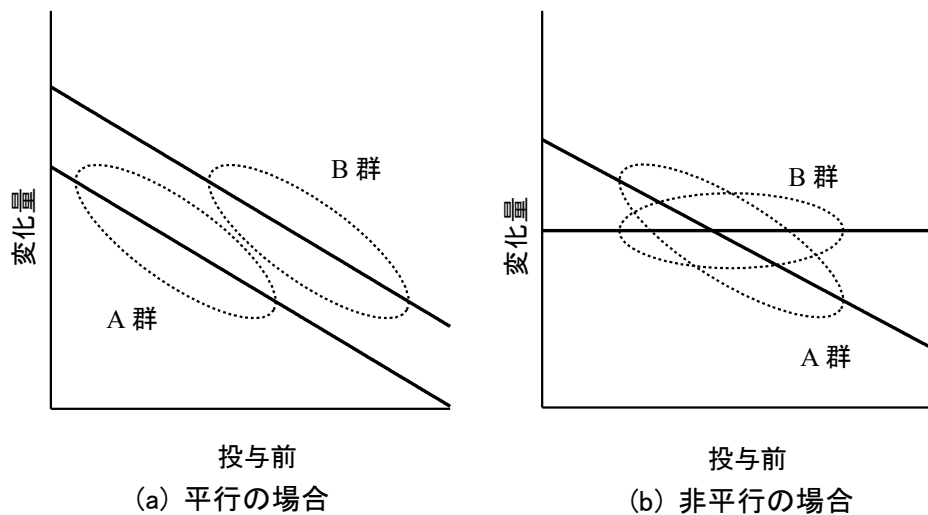
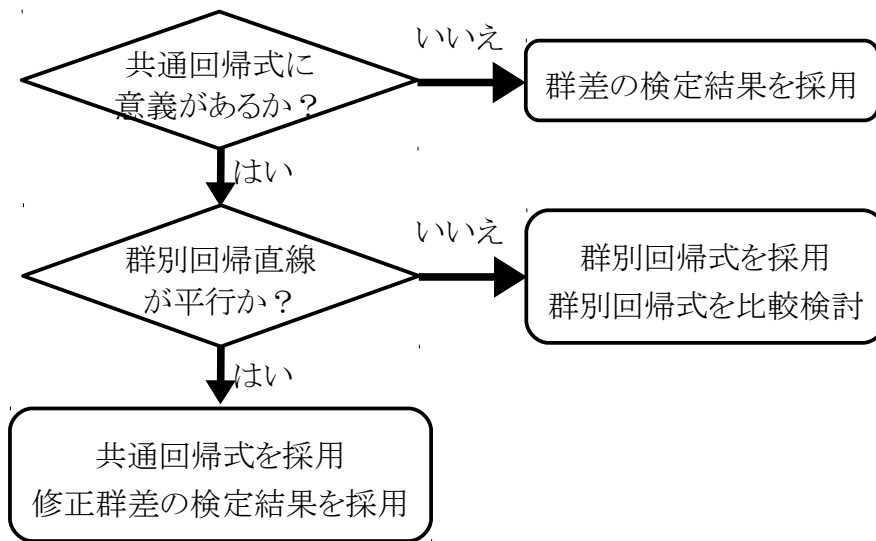


図 4.2 回帰直線の平行性

4. 共分散分析



4. 共分散分析

4.3 交絡因子と共変数

疫学分野の交絡因子は共変数に相当する

(1) 交絡因子

疫学分野では原因項目(疫学用語で**暴露**)と関連があり、結果項目(疫学用語で**帰結**)に影響を与える危険因子で、しかも原因無群と原因有群でその危険因子の大きさが異なっているものを**交絡因子**と呼ぶ。これは共分散分析の共変数に相当する。

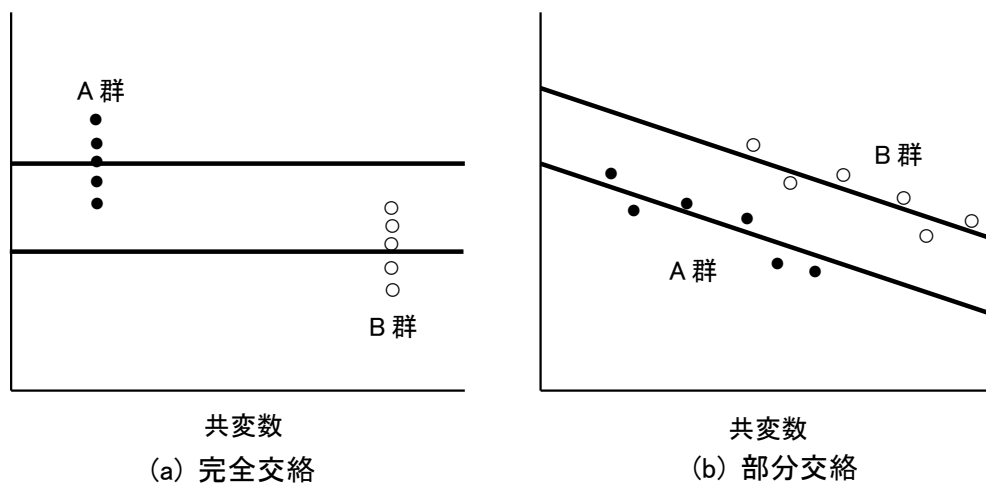
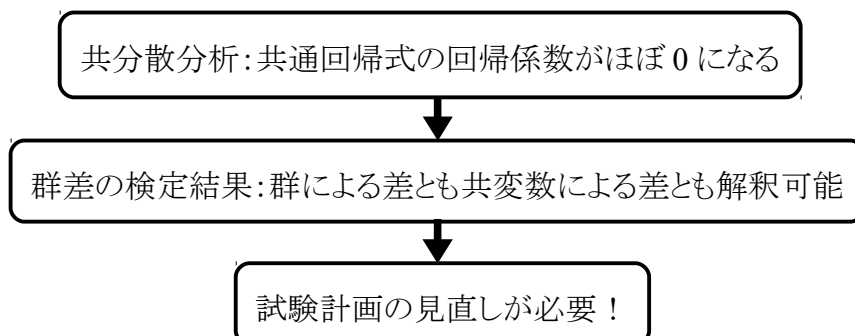


図 4.3 共変数と交絡

- 交絡…2つの要因が重なっている状態
- 完全交絡…2つの要因が完全に重なっている状態 = 図 4.3(a) → 2つの要因を分離できない



4. 共分散分析

・部分交絡…2つの要因が部分的に重なっている状態＝図 4.3(b)→2つの要因を分離できる

共分散分析: 群による差と共変数による影響を分離して検討可能

ただし本来は共変数の値をほぼ同じにすることが理想

(2) 背景因子

背景因子は交絡因子になり得る代表的な因子

無作為化比較対照試験 (RCT : Randomized Controlled Trial)
によって2群の背景因子をほぼ均等にする

共分散分析によって背景因子によるデータの変動を取り除くことが可能

データの誤差が減り、検定効率が高くなる

2群の背景因子がほぼ均等でも
重要な背景因子を共変数にした共分散分析で効率良く分析することが可能

4. 共分散分析

4.4 共分散分析と層別解析

層別解析よりも共分散分析を行う方が合理的

(1) 層別解析

背景因子の影響を取り除くために、ある特定の背景因子を持つ対象——例えば男だけ、または女だけを取り出して解析することを層別解析という。

しかし層別解析よりも共分散分析の方が合理的。

<層別解析の例>

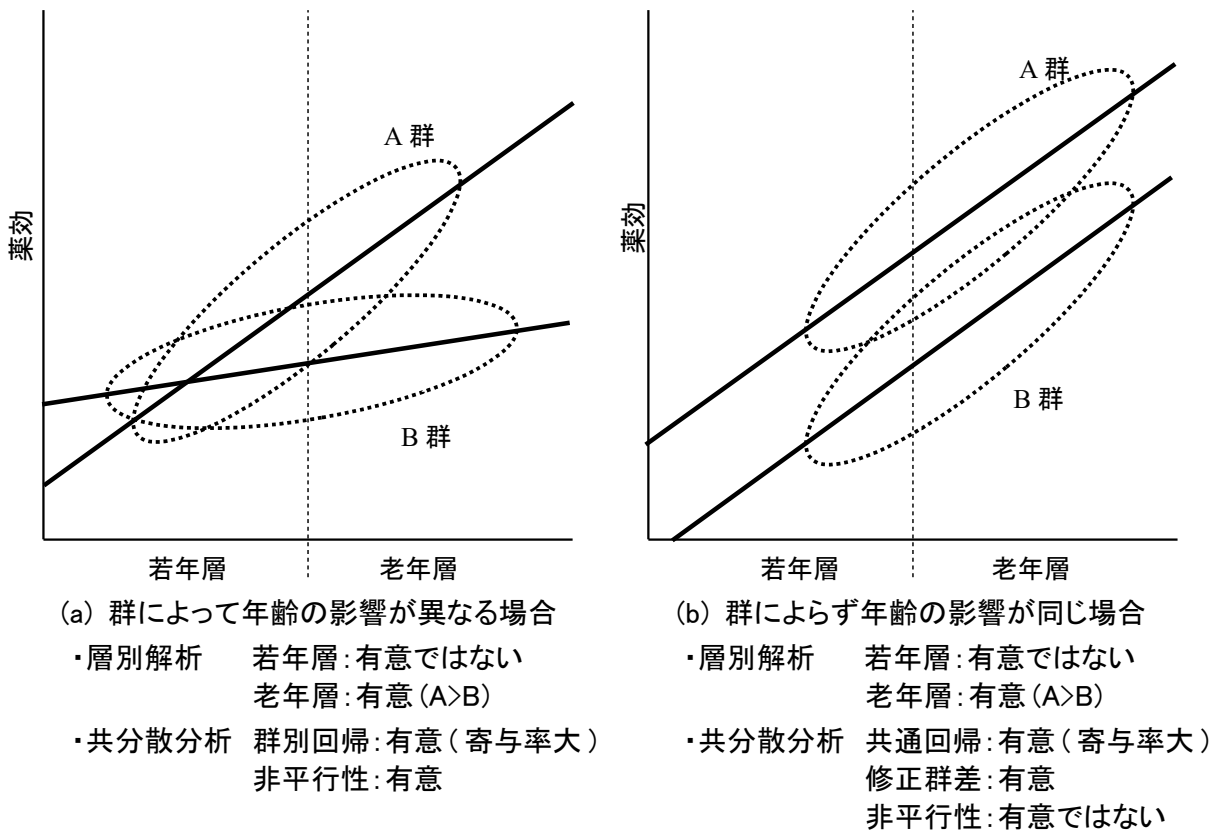
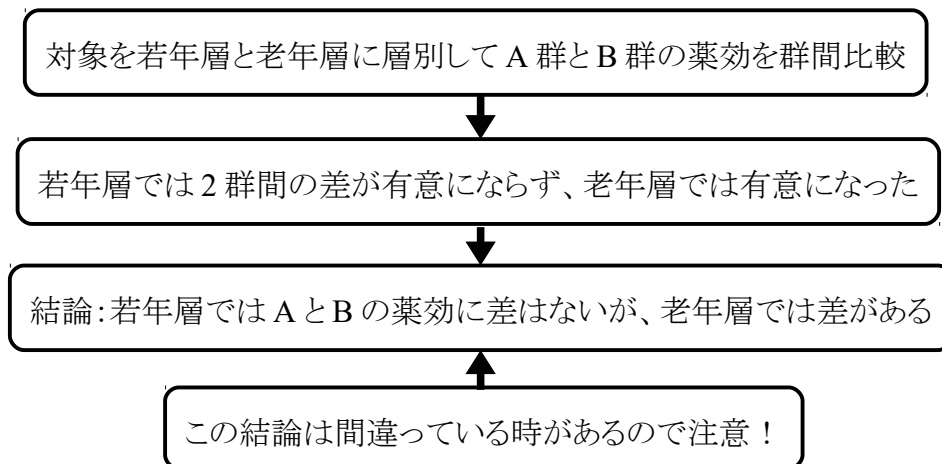


図 4.4 層別解析と共分散分析

4. 共分散分析



- ・図 4.4(a)の場合…群によって年齢の影響が異なる→上の結論は正しい
- ・図 4.4(b)の場合…年齢の影響はどちらの群も同じだが、若年層は例数が少ないため有意にならず、老年層は例数が多いため有意になった→上の結論は間違い

共分散分析はこれら 2 つの場合を区別することが可能。

<層別解析の非合理性>

- ・図 4.4(a)と(b)を区別できない
→共分散分析は区別可能
- ・背景因子同士に相関がある時、その相関を考慮した解析ができない
例:喫煙率は男性の方が高い→性で層別した結果に喫煙の影響が入り込んでしまう
→共変数を複数にした共分散分析は共変数同士の相関を考慮して計算
- ・**層別解析は後知恵である**→層別解析を行うつもりなら、最初から層別無作為化する
例:男を無作為に 2 群に分けて薬剤 A と B を割り付け、
女を無作為に 2 群に分けて薬剤 A と B を割りつける
→これは共分散分析にも当てはまるので注意!

4. 共分散分析

4.5 共分散分析と重回帰分析の関係

共分散分析は説明変数に計量データと分類データが混ざった重回帰分析に相当

(1) ダミー変数を利用した重回帰分析

共分散分析と重回帰分析の関係を見るために、表 4.1 の薬剤を「0:A 1:B」というダミー変数で表して、薬剤と投与前の最高血圧を説明変数にし、投与前後の変化量を目的変数にした重回帰分析を適用する。

＜表 4.2 ダミー変数を利用したデータ＞

| 症例 No. | 薬剤 (0:A 1:B) | 投与前 | 投与後 | 変化量 |
|--------|--------------|-----|-----|-----|
| 1 | 0 | 140 | 126 | -14 |
| 2 | 0 | 140 | 132 | -8 |
| 3 | 0 | 145 | 127 | -18 |
| 4 | 0 | 145 | 132 | -13 |
| 5 | 0 | 150 | 130 | -20 |
| 6 | 0 | 150 | 135 | -15 |
| 7 | 0 | 155 | 132 | -23 |
| 8 | 0 | 160 | 140 | -20 |
| 9 | 1 | 160 | 142 | -18 |
| 10 | 1 | 165 | 152 | -13 |
| 11 | 1 | 165 | 155 | -10 |
| 12 | 1 | 165 | 150 | -15 |
| 13 | 1 | 170 | 155 | -15 |
| 14 | 1 | 170 | 150 | -20 |
| 15 | 1 | 170 | 148 | -22 |
| 16 | 1 | 175 | 155 | -20 |
| 17 | 1 | 175 | 150 | -25 |
| 18 | 1 | 180 | 157 | -23 |
| 19 | 1 | 180 | 160 | -20 |
| 20 | 1 | 185 | 158 | -27 |

＜計算結果＞

4. 共分散分析

=== 重回帰分析 (multiple regression analysis) ===

[DANS V7.0]

データ名: 表4.2

目的変数y : 収縮期血圧 変化量

説明変数x 1: 薬剤 (0:A 1:B)

説明変数x 2: 収縮期血圧 投与前

・各変数の基礎統計量

| | | | |
|------------|------------|---------------|--------------|
| x 1: 例数=20 | 平均値=0.6 | 標準偏差=0.502625 | 標準誤差=0.11239 |
| x 2: 例数=20 | 平均値=162.25 | 標準偏差=13.8103 | 標準誤差=3.08807 |
| y 1: 例数=20 | 平均値=-17.95 | 標準偏差=4.9892 | 標準誤差=1.11562 |

・相関行列 (correlation coefficient matrix)

| | x 1 | x 2 | y 1 |
|-----|--------|--------|--------|
| x 1 | 1 | 0.857 | -0.264 |
| x 2 | 0.857 | 1 | -0.605 |
| y 1 | -0.264 | -0.605 | 1 |

・全変数を選択した結果

| 変数 | 偏回帰係数 | 標準誤差 | 標準 偏回帰係数 | 偏相関係数 | 偏F値 | 有意確率 p値 |
|-----|-----------|----------|-------------|-----------|---------|----------------|
| 定数 | 59.8173 | 15.7822 | | | 14.3654 | 0.00146172** |
| x 1 | 9.48432 | 2.91951 | 0.955475 | 0.618883 | 10.5534 | 0.00472607** |
| x 2 | -0.514378 | 0.106255 | -1.42382 | -0.761296 | 23.4349 | 0.000153042*** |

| 変数 | 偏回帰係数 | 95%信頼区間幅 | 下限 | 上限 |
|-----|-----------|----------|-----------|-----------|
| 定数 | 59.8173 | 33.2976 | 26.5197 | 93.1149 |
| x 1 | 9.48432 | 6.15962 | 3.3247 | 15.6439 |
| x 2 | -0.514378 | 0.224179 | -0.738558 | -0.290199 |

重寄与率 (決定係数) $R^2=0.608973$ 自由度調整済重寄与率 (決定係数) $R'^2=0.56297$
 重相関係数 $R = 0.780367$ 自由度調整済重相関係数 $R' = 0.750313$

| 要因 | 平方和 | 分散分析表 (ANOVA table) | | F値 | 有意確率p値 |
|----|---------|---------------------|---------|---------|----------------|
| | | 自由度 | 平均平方和 | | |
| 回帰 | 288.014 | 2 | 144.007 | 13.2376 | 0.000341788*** |
| 残差 | 184.936 | 17 | 10.8786 | | |
| 全体 | 472.95 | 19 | | | |

重回帰式の変数 x_1 (薬剤) に 0 または 1 を代入した時の重回帰式は、それぞれ A 群または B

群の x_2 (収縮期血圧投与前) と y (収縮期血圧変化量) の回帰式になる。

4. 共分散分析

重回帰式: $y=59.8173+9.48432x_1-0.514378x_2$

・A 群… $x_1=0$ を代入

$y=59.8173+9.48432 \times 0-0.514378x_2=59.8173-0.514378x_2 \leftarrow$ A 群の共通回帰式に一致

・B 群… $x_1=1$ を代入

$y=59.8173+9.48432 \times 1-0.514378x_2=69.3016-0.514378x_2 \leftarrow$ B 群の共通回帰式に一致

(2) 非平行性を残差にプールした共分散分析

表 4.1 のデータに共分散分析を適用し、非平行性を残差にプールする。これは 2 群の群別回帰式は平行という前提で、非平行性を無視して計算した結果になる。

| 要因 | 共分散分析表 (非平行性プール) | | | F値 | 有意確率p値 |
|------|------------------|-----|---------|---------|----------------|
| | 平方和 | 自由度 | 平均平方和 | | |
| 群差 | 33.075 | 1 | 33.075 | 3.04037 | 0.0992717+ |
| 共通回帰 | 254.939 | 1 | 254.939 | 23.4349 | 0.000153042*** |
| 修正群差 | 114.806 | 1 | 114.806 | 10.5534 | 0.00472607** |
| 全体回帰 | 173.207 | 1 | 173.207 | 15.9218 | 0.000947069*** |
| 残差 | 184.936 | 17 | 10.8786 | | |
| 全体 | 472.95 | 19 | | | |

この共分散分析表と前述の重回帰分析の結果を比べると、

- ・修正群差の検定結果が重回帰分析の x_1 の検定結果と一致→共変数の影響を補正した薬剤差
- ・共通回帰の検定結果(有意確率 p 値)が重回帰分析の x_2 の検定結果と一致→共変数の影響

(3) 薬剤×投与前項目も含めた重回帰分析

表 4.2 に薬剤×投与前という項目を追加して重回帰分析を適用する。

<表 4.3 薬剤×投与前項目を追加したデータ>

| 症例 No. | 薬剤 (0:A 1:B) | 投与前 | 投与後 | 薬剤×投与前 | 変化量 |
|--------|--------------|-----|-----|--------|-----|
| 1 | 0 | 140 | 126 | 0 | -14 |
| 2 | 0 | 140 | 132 | 0 | -8 |
| 3 | 0 | 145 | 127 | 0 | -18 |
| 4 | 0 | 145 | 132 | 0 | -13 |
| 5 | 0 | 150 | 130 | 0 | -20 |

4. 共分散分析

| | | | | | |
|----|---|-----|-----|-----|-----|
| 6 | 0 | 150 | 135 | 0 | -15 |
| 7 | 0 | 155 | 132 | 0 | -23 |
| 8 | 0 | 160 | 140 | 0 | -20 |
| 9 | 1 | 160 | 142 | 160 | -18 |
| 10 | 1 | 165 | 152 | 165 | -13 |
| 11 | 1 | 165 | 155 | 165 | -10 |
| 12 | 1 | 165 | 150 | 165 | -15 |
| 13 | 1 | 170 | 155 | 170 | -15 |
| 14 | 1 | 170 | 150 | 170 | -20 |
| 15 | 1 | 170 | 148 | 170 | -22 |
| 16 | 1 | 175 | 155 | 175 | -20 |
| 17 | 1 | 175 | 150 | 175 | -25 |
| 18 | 1 | 180 | 157 | 180 | -23 |
| 19 | 1 | 180 | 160 | 180 | -20 |
| 20 | 1 | 185 | 158 | 185 | -27 |

<計算結果>

=== 重回帰分析(multiple regression analysis) ===

[DANS V7.0]

データ名:表4.3

目的変数y :収縮期血圧 変化量
 説明変数x 1:薬剤 (0:A 1:B)
 説明変数x 2:収縮期血圧 投与前
 説明変数x 3:薬剤×収縮期血圧 投与前

・各変数の基礎統計量

| | | | |
|-----------|------------|---------------|--------------|
| x 1:例数=20 | 平均値=0.6 | 標準偏差=0.502625 | 標準誤差=0.11239 |
| x 2:例数=20 | 平均値=162.25 | 標準偏差=13.8103 | 標準誤差=3.08807 |
| x 3:例数=20 | 平均値=103 | 標準偏差=86.4718 | 標準誤差=19.3357 |
| y 1:例数=20 | 平均値=-17.95 | 標準偏差=4.9892 | 標準誤差=1.11562 |

・相関行列(correlation coefficient matrix)

| | x 1 | x 2 | x 3 | y 1 |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| x 1 | 1 | 0.857 | 0.998 | -0.264 |
| x 2 | 0.857 | 1 | 0.882 | -0.605 |
| x 3 | 0.998 | 0.882 | 1 | -0.302 |
| y 1 | -0.264 | -0.605 | -0.302 | 1 |

4. 共分散分析

・全変数を選択した結果

| 変数 | 偏回帰係数 | 標準誤差 | 標準 偏回帰係数 | 偏相関係数 | 偏F値 | 有意確率 p値 |
|-----|-----------|----------|-------------|-----------|-----------|--------------|
| 定数 | 62.8919 | 27.0487 | | | 5.40624 | 0.0335438* |
| x 1 | 4.40541 | 35.8366 | 0.443812 | 0.0307181 | 0.0151119 | 0.903693 |
| x 2 | -0.535135 | 0.182427 | -1.48127 | -0.591374 | 8.60492 | 0.00974086** |
| x 3 | 0.0324324 | 0.228034 | 0.562112 | 0.0355341 | 0.0202283 | 0.888677 |

| 変数 | 偏回帰係数 | 95%信頼区間幅 | 下限 | 上限 |
|-----|-----------|----------|-----------|-----------|
| 定数 | 62.8919 | 57.3408 | 5.5511 | 120.233 |
| x 1 | 4.40541 | 75.9702 | -71.5648 | 80.3756 |
| x 2 | -0.535135 | 0.386729 | -0.921864 | -0.148406 |
| x 3 | 0.0324324 | 0.483411 | -0.450979 | 0.515844 |

重寄与率(決定係数) $R^2=0.609467$ 自由度調整済重寄与率(決定係数) $R'^2=0.536242$
 重相関係数 $R=0.780684$ 自由度調整済重相関係数 $R'=0.732285$

| 要因 | 平方和 | 分散分析表 (ANOVA table) | | F値 | 有意確率p値 |
|----|---------|---------------------|---------|---------|--------------|
| | | 自由度 | 平均平方和 | | |
| 回帰 | 288.247 | 3 | 96.0824 | 8.32321 | 0.00145894** |
| 残差 | 184.703 | 16 | 11.5439 | | |
| 全体 | 472.95 | 19 | | | |

重回帰式の変数 x_1 に 0 または 1 を代入した時の回帰式

$$\text{重回帰式: } y=62.8919+4.40541x_1-0.535135x_2+0.0324324x_3(=x_1 \times x_2)$$

・A 群… $x_1=0$ を代入

$$y=62.8919+4.40541 \times 0-0.535135x_2+0.0324324 \times 0 \times x_2$$

$$=62.8919-0.535135x_2 \leftarrow \text{A 群の群別回帰式に一致}$$

・B 群… $x_1=1$ を代入

$$y=62.8919+4.40541 \times 1-0.535135x_2+0.0324324 \times 1 \times x_2$$

$$=62.2973-0.502703x_2 \leftarrow \text{B 群の群別回帰式に一致}$$

・ x_3 の検定結果が共分散分析の非平行性の検定結果と一致 ← 薬剤 × 投与前 = 非平行性

この重回帰分析は 2 群の群別回帰式が非平行という前提で計算した結果になる。

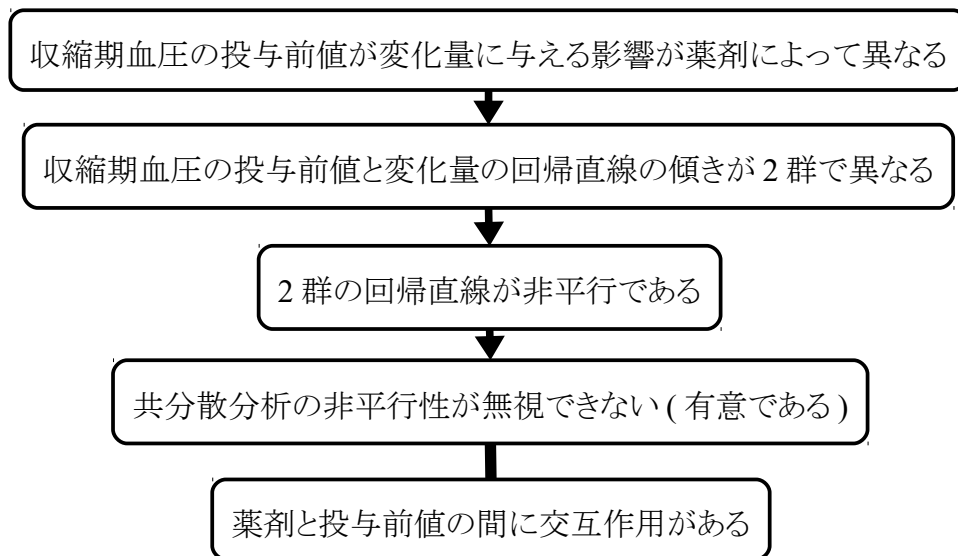
4. 共分散分析

4.6 交互作用

共分散分析の非平行性は群と共変数の交互作用に相当する

(1) 交互作用項目

薬剤×投与前のような項目を「薬剤と投与前収縮期血圧の交互作用の項目」といい、投与前収縮期血圧が変化量に与える影響が薬剤によって異なっている程度を表す。



交互作用は一方が名義尺度のデータで他方が計量尺度のデータという時に限らず、計量尺度のデータ同士、名義尺度のデータ同士でも全く同じようにして計算することができる。

交互作用項目を含めない重回帰分析は、説明変数同士の交互作用はないという暗黙の前提で計算している。

(2) 相乗効果と相加効果と相殺効果

目的変数 y が薬効の指標で、説明変数 x_1 が薬剤の有無、共変数 x_2 が食事療法の有無で、薬剤群別回帰直線が非平行の時、薬剤と食事療法の間に交互作用(相乗効果または相殺効果)がある。

・プラセボ効果=2、薬剤効果=10、食事療法効果=5 とすると

$$\text{重回帰式: } y = 2 + 10 \cdot x_1 + 5 \cdot x_2 + b \cdot x_1 \cdot x_2$$

$b=2$ の時: 薬剤も食事療法有=19 → **相乗効果** = 交互作用有、交互作用の符号は正

4. 共分散分析

b=0 の時: 薬剤も食事療法有=17→相乗効果=交互作用無、2 群の回帰直線は平行

b=-2 の時: 薬剤も食事療法有=15→相殺効果=交互作用有、交互作用の符号は負

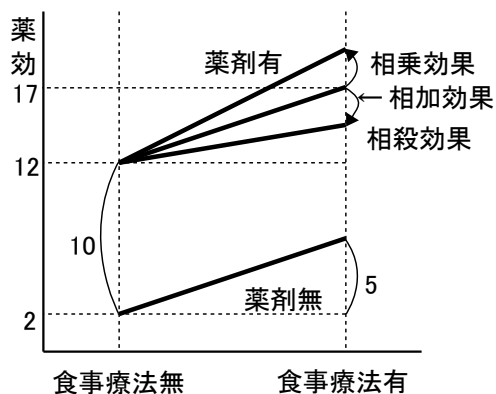


図 4.5 相乗効果と相加効果と相殺効果

(3) 気づきにくい交互作用の例

•BMI(Body Mass Index): 体重(kg) / 身長(m)² ≡ 単位体表面積あたりの体重

[例] 体重=60kg、身長=160cm=1.6m の時: BMI=60/1.6²=23.4375

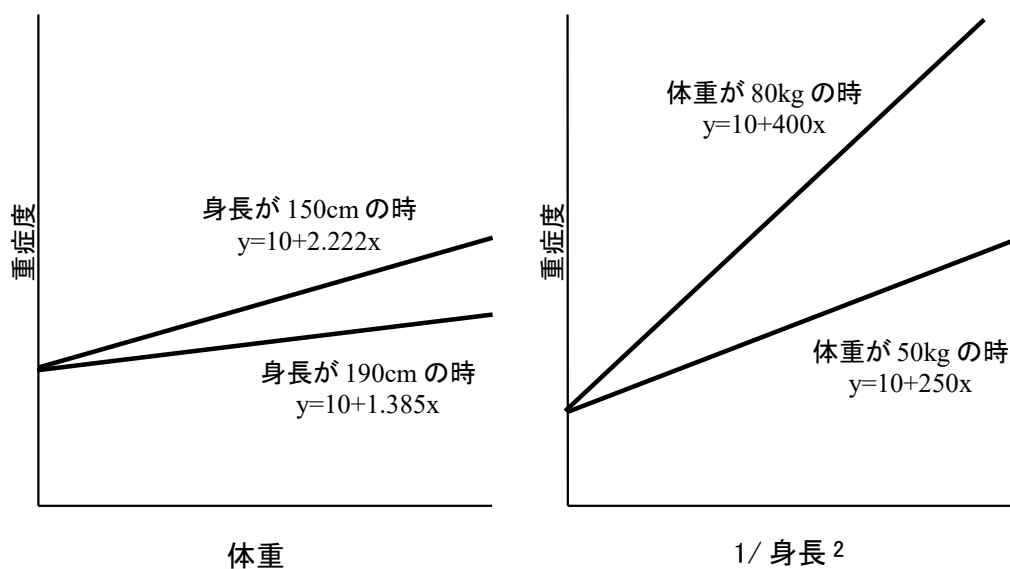


図 4.6 体重・身長と重症度の関係

重症度 y と BMI の間の因果関係が次のような回帰直線で近似できる時、

$$y=10+5 \times \text{BMI}=10+5 \times (\text{体重} / \text{身長}^2)$$

4. 共分散分析

- ・身長が 150cm の時…回帰式に身長値として 1.5 を代入

$$y=10+5\times(\text{体重}/1.5^2)=10+2.222\times\text{体重}$$

- ・身長が 190cm の時…回帰式に身長値として 1.9 を代入

$$y=10+5\times(\text{体重}/1.9^2)=10+1.385\times\text{体重}$$

- ・体重が 50kg の時…回帰式に体重値として 50 を代入

$$y=10+5\times(50/\text{身長}^2)=10+250\times(1/\text{身長}^2)$$

- ・体重が 80kg の時…回帰式に体重値として 80 を代入

$$y=10+5\times(80/\text{身長}^2)=10+400\times(1/\text{身長}^2)$$

