中級計量経済学・応用計量経済学宿題（１）

以下の問いに答えなさい。提出は 11 月 14 日（火）の授業時までとする。

１．回帰モデル

$$y_i \quad = \quad \alpha + \beta x_i + \epsilon_i, \quad E(\epsilon_i|x_i) = 0,\ E(\epsilon_i^2|x_i) = \sigma^2$$

から無作為標本 $(y_1, x_1), \cdots, (y_{100}, x_{100})$ が得られたとする。また、それらについて、

$$\sum_{i=1}^{100} y_i = 100, \quad \sum_{i=1}^{100} x_i = 200$$

$$\sum_{i=1}^{100} y_i^2 = 1700, \quad \sum_{i=1}^{100} x_i^2 = 800, \quad \sum_{i=1}^{100} x_i y_i = 400$$

であったとする。

(i) y, x の相関係数を求めなさい。
(ii) (α, β) の最小二乗推定量 (a, b) を求めなさい。
(iii) σ^2 の不偏推定量 s^2 を求めなさい。
(iv) 帰無仮説 $\beta = 1$ を有意水準 10%で両側検定しなさい。
(v) この回帰の決定係数 R^2 を求めなさい。

２．$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + u_i$ から無作為標本 $(Y_i, X_i),\ i = 1, 2, \cdots, n$ が得られたとする。最小二乗法によって β_0, β_1 を推定した結果を $(\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1)$ とする。Y_i の予測値を $\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i$ とし、残差を $\hat{u}_i = Y_i - \hat{Y}_i$ とする。

(i) 最小二乗法の一階の条件を用いて、$\sum_{i=1}^n \hat{u}_i$ と $\sum_{i=1}^n X_i \hat{u}_i$ を求めなさい。
(ii) $Y_i - \bar{Y} = (Y_i - \hat{Y}_i) + (\hat{Y}_i - \bar{Y})$ と分解して、(i) の結果を用いて

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 + \sum_{i=1}^n \hat{u}_i^2$$

が成り立つことを示しなさい。
(iii) その結果、$0 \leq R^2 \leq 1$ であることを示しなさい。

３．本当の関係が $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 Z_i + \epsilon_i,\ E(\epsilon_i|X_i, Z_i) = 0$ であるにも関わらず、Z_i を含めない回帰モデル $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + u_i$ を用いて、最小二乗推定を行ってしまったとする。$E(X) = \mu_X$, $E(Z) = \mu_Z$, $Var(X) = \sigma_X^2$, $Var(Z) = \sigma_Z^2$, $Cov(X, Z) = \sigma_{XZ}$ とする。 講義ノートに書かれているように、$\beta_2 \neq 0,\ Cov(X, Z) \neq 0$ なら、欠落変数バイアスが生ずる。$\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$ それぞれについて、バイアスを上の期待値、分散、共分散を用いて表しなさい。その結果、どのような場合にバイアスが大きくなるか述べなさい。

４．線形モデル

$$y_i \quad = \quad \alpha + \beta x_i + \epsilon_i$$

から無作為標本 $(y_1, x_1), \cdots, (y_{100}, x_{100})$ が得られたとする。パラメータ α, β の推定には最小二乗法を用いればよいが、$E(\epsilon_i z_i) = 0,\ Cov(z_i, x_i) \neq 0$ を満たす操作変数 z_i が得られ、それを用いた操作変数推定を行うことを考えてみよう。なお、$E(\epsilon_i^2|z_i) = \sigma^2$ とする。

(i) β の操作変数推定量 $\tilde{\beta}$ は一致性を持つことを示しなさい。
(ii) $\tilde{\beta}$ の漸近分布を求めなさい。

５．Y, X, Z, u をすべてスカラー確率変数とし、次のモデルを考える。

$$Y = \alpha + \beta X + u,\ E(uX) = \delta \neq 0,\ E(uZ) = 0,\ Var(X) = \sigma_X^2\, Cov(Z, X) = \sigma_{ZX},\ Var(Z) = \sigma_Z^2$$

上のモデルから無作為標本 $(Y_1, X_1, Z_1), \cdots, (Y_n, X_n, Z_n)$ を得たとする。
i) $Y = \alpha + \beta X + u$ に最小二乗法を適用したとき、α, β のＯＬＳ推定量のバイアスを求めなさい。
ii) Z が操作変数であるために必要な条件を述べなさい。
iii) 上で述べた条件に基づいて操作変数推定量を導出し、それが一致性を持つことを示しなさい。
iv) $E(u^2|Z) = \sigma^2$ の意味で分散均一であったとする。操作変数推定量の漸近分布を導出しなさい。