

第 6 回：同時方程式モデルの推定 (2)

北村 友宏

2020 年 11 月 6 日

本日の内容

1. 前回の分析の再実行
2. 推定結果表の作成

みかんの需要・供給モデル

みかんの需要関数と供給関数をそれぞれ,

$$\text{需要} : q_{it} = \beta_{D0} + \beta_{DPP} p_{it} + \sum_{m=2}^9 \beta_m d_{mi} + u_{Dit},$$

$$\text{供給} : p_{it} = \beta_{S0} + \beta_{SQ} q_{it} + \beta_T t + \beta_{TT} t^2 + u_{Sit}.$$

- ▶ q_{it} : 取引数量
- ▶ p_{it} : 価格
- ▶ d_{mi} : 各市場ダミー
- ▶ i : 市場番号
- ▶ t : 月 (時点番号)

とする.

- ▶ gretl では説明変数にダミー変数が含まれている場合に、Arellano のクラスター頑健標準誤差を用いて推定すると、説明変数を選ぶ順番等によってダミー変数の係数の標準誤差がズレて、それに伴って t 値もズレる仕様になっている。



この授業ではこれ以降、みかんの価格と数量のパネルデータを用いたモデル推定の際に、(誤差項同士の相関等により誤った標準誤差が計算される可能性はあるが) デフォルトの標準誤差を用いる。

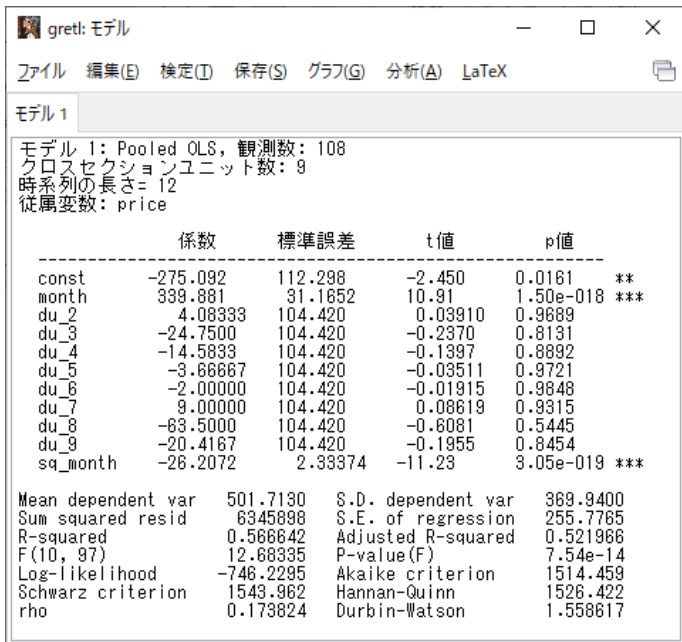
卒業論文執筆のための実証研究において、gretl でパネルデータ分析をする際、どの標準誤差を使うかについては、指導教員と相談すること。

実習 1

先に説明した定式化の下で、みかんの需要関数を2SLSで推定する。まずは第1段階推定（内生説明変数を，システムに登場する**全ての**外生変数に回帰）の結果を表示させておく。

1. gretl を起動.
2. 「ファイル」→「データを開く」→「ユーザー・ファイル」と操作.
3. orangetokyo.gdt を選択し、「開く」をクリック.
4. gretl のメニューバーから「モデル」→「通常の最小二乗法」と操作.
5. 出てきたウィンドウ左側の変数リストにある price をクリックし，3つの矢印のうち上の青い右向き矢印をクリック.
 - ▶ 推定式の左辺の変数（被説明変数，従属変数）が price（みかんの価格）となる.

6. Ctrl キーを押しながら，ウィンドウ左側の変数リストにある month, du_2, du_3, du_4, du_5, du_6, du_7, du_8, du_9, sq_month をクリックし，3つの矢印のうち真ん中の緑の右向き矢印をクリック． du_1 など，他の変数はクリックしない。
 - ▶ 推定式の右辺の変数（説明変数，独立変数）が month（月）と，du_2 から du_9（築地を除く8市場のダミー変数）と，sq_month（月の二乗）となる．
 - ▶ 最初から説明変数リストに入っている const は推定式の切片（定数項）のこと．
7. 「頑健標準誤差を使用する」にチェックが入っていれば外す．このオプションにはチェックしない。
 - ▶ デフォルトの標準誤差が計算される．
8. 「OK」をクリックすると，結果が表示される．



このような画面が表示されれば成功.

指数表示

gretl では数値の桁数や小数点以下桁数が大きい場合、指数で表示される。

- ▶ 例えば $1.50e-018$ は、

$$1.5 \times 10^{-18}$$

という意味。

- ▶ 変数 month（月）の係数の p 値は 1.5×10^{-18} 。

続いて、第2段階推定（推定したい式の内生説明変数を、第1段階で求めた予測値に変更した式をOLSで推定）の結果を表示させる。

9. gretl のメニューバーから「モデル」→「操作変数法」→「2段階最小二乗法」と操作。
10. 出てきたウィンドウ左側の変数リストにある quantity をクリックし、5つの矢印のうち一番上の青い右向き矢印をクリック。
 - ▶ 推定式の左辺の変数（被説明変数，従属変数）が quantity（みかんの取引数量）となる。
11. 説明変数（回帰変数）のリストに入っている変数のうち、month と sq_month の2つをドラッグして選択し、5つの矢印のうち上から3番目の赤い左向き矢印をクリック。
 - ▶ 選択した変数が説明変数リストから消去される。

12. ウィンドウ左側の変数リストにある price をクリックし，5つの矢印のうち上から2番目の緑の右向き矢印をクリック．

- ▶ 推定式の右辺の変数（説明変数，独立変数）が du_2 から du_9（築地を除く8市場のダミー変数）と，price（みかんの価格）となる．

13. Ctrl キーを押しながら，ウィンドウ左側の変数リストにある month, du_2, du_3, du_4, du_5, du_6, du_7, du_8, du_9, sq_month をクリックし，5つの矢印のうち上から4番目の緑の右向き矢印をクリック．**du_1 など，他の変数はクリックしない．**

- ▶ システムに登場する全ての外生変数が，month（月）と，du_2 から du_9（築地を除く8市場のダミー変数）と，sq_month（月の二乗）と定義される．

14. 「頑健標準誤差を使用する」にチェックが入っていれば**外す**。このオプションには**チェックしない**。
 - ▶ デフォルトの標準誤差が計算される。
15. 「OK」をクリックすると、結果が表示される。

gretl: モデル

ファイル 編集(E) 検定(D) 保存(S) グラフ(G) 分析(A) LaTeX

モデル 1 ✕ モデル 2 ✕

モデル 2: 二段階最小二乗法(2SLS), 観測数: 108
 従属変数: quantity
 内生変数(instrumented): price
 操作変数: const month du_2 du_3 du_4 du_5 du_6 du_7 du_8 du_9
 sq_month

	係数	標準誤差	t値	p値	
const	2782.38	620.912	4.481	2.01e-05	***
du_2	3542.55	746.112	4.748	7.02e-06	***
du_3	-277.083	746.274	-0.3713	0.7112	
du_4	-683.349	746.185	-0.9158	0.3620	
du_5	-707.034	746.111	-0.9476	0.3457	
du_6	-162.882	746.109	-0.2183	0.8276	
du_7	-878.197	746.130	-1.177	0.2420	
du_8	-829.008	747.201	-1.109	0.2699	
du_9	-1034.76	746.221	-1.387	0.1687	
price	-3.44107	0.636249	-5.408	4.50e-07	***
Mean dependent var	941.5370	S.D. dependent var	2211.738		
Sum squared resid	3.27e+08	S.E. of regression	1827.583		
R-squared	0.409814	Adjusted R-squared	0.355613		
F(9, 98)	9.429529	P-value(F)	3.25e-10		

ハウスマン(Hausman)検定 -
 帰無仮説: OLS推定値は一致性を持つ
 漸近的検定統計量: カイ二乗(1) = 22.3976
 なお、p値(p-value) = 2.21849e-006

このような画面が表示されれば成功.

第 1 段階推定結果

▶ 月の係数

- ▶ 339.881
- ▶ 有意水準 1%で、係数ゼロの H_0 棄却.

▶ 月の二乗の係数

- ▶ -26.2072
- ▶ 有意水準 1%で、係数ゼロの H_0 棄却.

⇒ 「需要関数に含まれない外生変数」とした「月」も「月の二乗」も、「需要関数の説明変数に含まれる内生変数」の「価格」と統計的に有意に相関している.

⇒ 「月」も「月の二乗」も操作変数として機能している可能性がある.

- ▶ より一般的な判断方法は、後の授業で説明する.

第2段階（需要関数）推定結果

▶ 価格の係数

- ▶ -3.44107 （符号は負）
 - ▶ 有意水準 1%で、係数ゼロの H_0 棄却。
 - ➡ 価格は取引数量と統計的に有意に相関している。
 - ➡ みかん 1kg 当たりの価格が 1 円高くなると、取引数量は平均して 3.44107t 減少する傾向がある。
- ⇒ 経済理論と整合的。

▶ OLS と 2SLS での、価格の係数推定値の違い

- ▶ OLS（前回の授業で推定）では、価格の係数は -1.82343 。
 - ➡ 価格と数量の相互依存関係により、OLS 推定値に同時方程式バイアスが生じた（需要関数と供給関数を混合したものが推定された）可能性がある。
- ▶ このバイアスが生じているかを検定する方法は、後の授業で説明する。

レポートや論文での推定結果表の作成

見やすく，理解しやすい表を載せるには，

- ▶ 表番号と表のタイトルをつける.
- ▶ 最低限，以下の情報を載せる（2SLS 推定の場合）.
 - ▶ 係数推定値
 - ▶ t 値または標準誤差または p 値のどれか
 - ▶ R^2 または \bar{R}^2 のどちらか（第1段階のみ）
 - ▶ 観測値数
- ▶ 有意性を示すアスタリスクを付けた場合は，表の下に「注（Note）」として「表中の***，**，* はそれぞれ有意水準 1%，5%，10%で統計的に有意であることを表す」などと注記する.

- ▶ 仮説検定に用いた**標準誤差の種類**や、頑健なら**何に対して頑健なのか**を、表の下に「注 (Note)」として「不均一分散に対して頑健な標準誤差を用いている」などと注記する。
- ▶ 観測値数は、表の下に「注 (Note)」として「観測値数は〇〇〇である」などと注記してもよい
 - ▶ e.g., 1つの表に複数のモデルを載せ、観測値数が全モデルについて同じ場合など。
- ▶ **変数名**は統計解析ソフトでの変数名そのままではなく、**分かりやすいように書き直す**。
- ▶ **小数の数値はあまり細かく表示せず**，小数第2～4位程度まで示せば十分。特に**係数推定値**，**標準誤差**， **t 値**， **p 値**は縦方向に見たとき，可能な限り**小数点の位置が揃うようにする**。
 - ▶ t 値は小数第2位まで， p 値， R^2 ， \bar{R}^2 は小数第3位まで示せば十分。

- ▶ 2段階最小二乗法（2SLS）での推定結果を載せる場合は、第1段階推定と第2段階推定両方の結果を載せる。
 - ▶ 第1段階推定の結果は、用いた操作変数が操作変数として機能しているかを確認するために重要。
- ▶ 2段階最小二乗法（2SLS）における第2段階の推定結果では、 R^2 や \bar{R}^2 は載せなくてよい（解釈ができないため）。

実習 2

1. Word を起動し，推定結果 11 月 6 日.docx という名前で 2020 ミクロデータ分析 2 フォルダに保存.
2. 「挿入」→「表」と操作して 13 行 4 列の表を作る.
3. 表全体をドラッグし，「参考資料」（Mac 版では「参照設定」）→「図表番号の挿入」と操作.
4. ラベルを「表」に，位置を「選択した項目の上」して OK をクリックすると，表のすぐ上の行に「表 1」と入力される.
 - ▶ ラベルに「表」がなければ，「新しいラベル...」をクリックして出てくるダイアログボックスの入力ボックスに表と入力して OK をクリック.
5. 「表 1」の後に全角スペースを入れて第 1 段階推定結果と入力し，中央揃えにする.

6. 表の 1 行 2 列目に係数, 1 行 3 列目に t 値と入力.
7. 表の 1 行 2 列目から 1 行 3 列目までをドラッグし, 「レイアウト」タブ (右端の, 色が濃いほう) から「配置」→「中央揃え」と操作.

8. 表の1列目に、以下のように入力.

- ▶ 2行1列目：大田ダミー
- ▶ 3行1列目：北足立ダミー
- ▶ 4行1列目：葛西ダミー
- ▶ 5行1列目：豊島ダミー
- ▶ 6行1列目：淀橋ダミー
- ▶ 7行1列目：世田谷ダミー
- ▶ 8行1列目：板橋ダミー
- ▶ 9行1列目：多摩ニュータウンダミー
- ▶ 10行1列目：月
- ▶ 11行1列目：月の二乗
- ▶ 12行1列目：定数項
- ▶ 13行1列目：自由度修正済み決定係数

9. 表の2行1列目から13行1列目までをドラッグし、「レイアウト」タブ（右端の、色が濃いほう）から「配置」→「中央揃え」と操作.

10. gretl で出力されていた，第 1 段階の推定結果の数値を，Word で作成した表の対応するセルにコピー・貼り付けする．数値をドラッグして選択し，右クリック→「コピー」と操作すればコピーできる．
- ▶ const は定数項．
 - ▶ 自由度修正済み決定係数は，係数の列（13 行 2 列目）に入力する．
11. 貼り付けた係数推定値と t 値について，表の数値を編集して小数第 3 位を四捨五入．小数第 2 位までの表示にする．一の位や小数第 1 位までしか表示されていない場合は，「0」を追加して小数第 2 位まで表示．自由度修正済み決定係数は小数第 4 位を四捨五入．

12. gretl の出力結果を見て、t 値の右隣のセルには、その変数の係数の p 値が 0.01 未満なら***, 0.05 未満なら**, 0.10 未満なら*と入力する.
13. 表の 2 行 2 列目から 13 行 3 列目までをドラッグし、「レイアウト」タブ（右端の、色が濃いほう）から「配置」→「**下揃え（右）**」と操作.
14. 表の 2 行 4 列目から 12 行 4 列目までをドラッグし、「レイアウト」タブ（右端の、色が濃いほう）から「配置」→「**下揃え（左）**」と操作.

15. Word で作成した表のすぐ下の行に,

(注 1) 表中の***, **はそれぞれ有意水準 1%, 5%で統計的に有意であることを表す.

(注 2) クラスタ構造に対して頑健な標準誤差を用いている.

(注 3) 観測値数は 108 である.

と入力して上書き保存.

- ▶ 「アスタリスク 1 つ (有意水準 10%)」はこの表では出てこなかったので省略.
- ▶ 観測値数は, 出力結果の「観測数」と記載されている箇所を見れば分かる.

表 1 第1段階推定結果^①

	係数 ^②	t値 ^③
大田ダム ^④	4.08 ^④	0.04 ^④
北足立ダム ^④	-24.75 ^④	-0.24 ^④
葛西ダム ^④	-14.58 ^④	-0.14 ^④
豊島ダム ^④	-3.67 ^④	-0.04 ^④
澁橋ダム ^④	-2.00 ^④	-0.02 ^④
世田谷ダム ^④	9.00 ^④	0.09 ^④
板橋ダム ^④	-63.50 ^④	-0.61 ^④
多摩ニュータウンダ ム ^④	-20.42 ^④	-0.20 ^④
月 ^④	339.88 ^④	10.91 ^④ *** ^④
月の二乗 ^④	-26.21 ^④	-11.23 ^④ *** ^④
定数項 ^④	-275.09 ^④	-2.45 ^④ ** ^④
自由度修正済み決定 係数 ^④	0.522 ^④	

(注1) 表中の***, **はそれぞれ有意水準 1%, 5%で統計的に有意であることを表す。^④

(注2) デフォルトの標準誤差を用いている。^④

(注3) 観測値数は 108 である。^④

第1段階推定結果については、このような表を作成できればよい。

実習 3

1. 推定結果 11 月 6 日.docx の（注 3）の次の行が選択されている状態で、「挿入」→「改ページ」と操作してページ区切りを挿入する。
2. 「挿入」→「表」と操作して 11 行 4 列の表を作る。
3. 表全体をドラッグし、「参考資料」（Mac 版では「参照設定」）→「図表番号の挿入」と操作。
4. ラベルを「表」に、位置を「選択した項目の上」して OK をクリックすると、表のすぐ上の行に「表 2」と入力される。
5. 「表 2」の後に全角スペースを入れて第 2 段階（需要関数）推定結果と入力し、中央揃えにする。

6. 表の 1 行 2 列目に係数, 1 行 3 列目に t 値と入力.
7. 表の 1 行 2 列目から 1 行 3 列目までをドラッグし, 「レイアウト」タブ (右端の, 色が濃いほう) から「配置」→「中央揃え」と操作.

8. 表の1列目に、以下のように入力.

- ▶ 2行1列目：価格
- ▶ 3行1列目：大田ダミー
- ▶ 4行1列目：北足立ダミー
- ▶ 5行1列目：葛西ダミー
- ▶ 6行1列目：豊島ダミー
- ▶ 7行1列目：淀橋ダミー
- ▶ 8行1列目：世田谷ダミー
- ▶ 9行1列目：板橋ダミー
- ▶ 10行1列目：多摩ニュータウンダミー
- ▶ 11行1列目：定数項

9. 表の2行1列目から11行1列目までをドラッグし、「レイアウト」タブ（右端の、色が濃いほう）から「配置」→「中央揃え」と操作.

10. gretl で出力されていた，第 2 段階の推定結果の数値を，Word で作成した表 2 の対応するセルにコピー・貼り付けする．数値をドラッグして選択し，右クリック→「コピー」と操作すればコピーできる．
 - ▶ const は定数項．

11. gretl の出力結果を見て、t 値の右隣のセルには、その変数の係数の p 値が 0.01 未満なら***, 0.05 未満なら**, 0.10 未満なら*と入力する.
12. 表の 2 行 2 列目から 11 行 3 列目までをドラッグし、「レイアウト」タブ（右端の、色が濃いほう）から「配置」→「**下揃え（右）**」と操作.
13. 表の 2 行 4 列目から 11 行 4 列目までをドラッグし、「レイアウト」タブ（右端の、色が濃いほう）から「配置」→「**下揃え（左）**」と操作.

14. Word で作成した表のすぐ下の行に,

(注 1) 表中の***は有意水準 1%で統計的に有意であることを表す.

(注 2) デフォルトの標準誤差を用いている.

(注 3) 観測値数は 108 である.

と入力して上書き保存.

- ▶ 「アスタリスク 1 つ (有意水準 10%)」と「アスタリスク 2 つ (有意水準 5%)」はこの表では出てこなかったのが省略.
- ▶ 観測値数は、出力結果の「観測数」と記載されている箇所を見れば分かる.

表 2 第 2 段階 (需要関数) 推定結果^①

②	係数 ^③	t 値 ^④	⑤
価格 ^②	-3.44 ^③	-5.41 ^④	*** ^⑤
大田ダム ^②	3542.55 ^③	4.75 ^④	*** ^⑤
北足立ダム ^②	-277.08 ^③	-0.37 ^④	
葛西ダム ^②	-683.35 ^③	-0.92 ^④	
豊島ダム ^②	-707.03 ^③	-0.95 ^④	
淀橋ダム ^②	-162.88 ^③	-0.22 ^④	
世田谷ダム ^②	-878.20 ^③	-1.18 ^④	
板橋ダム ^②	-829.01 ^③	-1.11 ^④	
多摩ニュータウンダ ミー ^②	-1034.76 ^③	-1.39 ^④	
定数項 ^②	2782.38 ^③	4.48 ^④	*** ^⑤

(注1) 表中の***は有意水準 1%で統計的に有意であることを表す。^⑥

(注2) デフォルトの標準誤差を用いている。^⑦

(注3) 観測値数は 108 である。^⑧

第 2 段階推定結果については、このような表を作成できればよい。

本日の作業はここまで.

今回は gretl のデータセットに変更を加えていない
ので, **gretl のデータセット (orangetokyo.gdt)** を上
書き保存する必要はない.