

6章の解答

[1]

(a) y と z の階差をとると、

$$y_t - y_{t-1} = a_{10} + (a_{11} - 1)y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt}$$

$$z_t - z_{t-1} = a_{20} + a_{21}y_{t-1} + (a_{22} - 1)z_{t-1} + \varepsilon_{zt}$$

となる。ここで、(6.21)式の条件

$$a_{11} = [(1 - a_{22}) - a_{12}a_{21}]/(1 - a_{22})$$

を変形して得られる式、 $a_{11} - 1 = -\frac{a_{12}a_{21}}{1 - a_{22}}$ 、 $a_{22} - 1 = -\frac{a_{12}a_{21}}{1 - a_{11}}$ を上二式に代入すると、

$$\Delta y_t = a_{10} - \frac{a_{12}a_{21}}{1 - a_{22}}y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt}$$

$$\Delta z_t = a_{20} + a_{21}y_{t-1} - \frac{a_{12}a_{21}}{1 - a_{11}}z_{t-1} + \varepsilon_{zt}$$

となる。従って、 $\alpha_y = -\frac{a_{12}a_{21}}{1 - a_{22}}$ 、 $\alpha_z = a_{21}$ 、 $\beta = \frac{1 - a_{22}}{a_{21}} = \frac{a_{12}}{1 - a_{11}}$ とすると、 y の階差は

$$\Delta y_t = a_{10} - \frac{a_{12}a_{21}}{1 - a_{22}}y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt}$$

$$= a_{10} + \alpha_y(y_{t-1} - \beta z_{t-1}) + \varepsilon_{yt}$$

となり、 z の階差は

$$\Delta z_t = a_{20} + a_{21}y_{t-1} - \frac{a_{12}a_{21}}{1 - a_{11}}z_{t-1} + \varepsilon_{zt}$$

$$= a_{20} + \alpha_z(y_{t-1} - \beta z_{t-1}) + \varepsilon_{zt}$$

となる。従って、誤差修正モデルの表現が導出された。

(b) $(1 - a_{22})a_{10} + a_{12}a_{20} = 0$ が成立していると仮定する。すると、(6.21)式の条件より、

$$(1 - a_{11})a_{20} + a_{21}a_{10} = (1 - [(1 - a_{22}) - a_{12}a_{21}]/(1 - a_{22}))a_{20} + a_{21}a_{10}$$

$$= \frac{(a_{20} + a_{21}a_{10})(1 - a_{22}) - a_{20}[(1 - a_{22}) - a_{12}a_{21}]}{1 - a_{22}}$$

$$= \frac{a_{20}a_{12}a_{21} + (1 - a_{22})a_{21}a_{10}}{1 - a_{22}}$$

$$= \frac{a_{21}[(1 - a_{22})a_{10} + a_{20}a_{12}]}{1 - a_{22}}$$

$$= 0$$

となる。従って、 $(1 - a_{22})a_{10} + a_{12}a_{20} = 0$ なら、 y_t と z_t は

$$y_t = [(1 - a_{11}L)(1 - a_{22}L) - a_{12}a_{21}L^2]^{-1}[(1 - a_{22}L)\varepsilon_{yt} + a_{12}L\varepsilon_{zt}]$$

$$z_t = [(1 - a_{11}L)(1 - a_{22}L) - a_{12}a_{21}L^2]^{-1}[a_{21}L\varepsilon_{yt} + (1 - a_{11}L)\varepsilon_{zt}]$$

と書ける。変数が確定トレンドを持つためには、ドリフト項が0になってはならないので、 $(1 - a_{22})a_{10} + a_{12}a_{20} = 0$ が満たされている場合、 y_t と z_t のトレンドの傾きは共に0と考えられる。また、この時、(a)で求めた誤差修正表現はそれぞれ、

$$\begin{aligned} \Delta y_t &= a_{10} + \alpha_y(y_{t-1} - \beta z_{t-1}) + \varepsilon_{yt} \\ &= -\frac{a_{12}a_{20}}{1 - a_{22}} - \frac{a_{12}a_{21}}{1 - a_{22}}(y_{t-1} - \beta z_{t-1}) + \varepsilon_{yt} \\ &= -\frac{a_{12}a_{21}}{1 - a_{22}}\left(y_{t-1} - \beta z_{t-1} + \frac{a_{20}}{a_{21}}\right) + \varepsilon_{yt} \\ &= \alpha_y\left(y_{t-1} - \beta z_{t-1} + \frac{a_{20}}{a_{21}}\right) + \varepsilon_{yt} \end{aligned}$$

と

$$\begin{aligned} \Delta z_t &= a_{20} + \alpha_z(y_{t-1} - \beta z_{t-1}) + \varepsilon_{zt} \\ &= a_{21}\left(y_{t-1} - \beta z_{t-1} + \frac{a_{20}}{a_{21}}\right) + \varepsilon_{zt} \end{aligned}$$

となる。従って、 $(1 - a_{22})a_{10} + a_{12}a_{20} = 0$ という条件は、共和分ベクトルに定数項が含まれる制約に等しい。

(c) (6.28)式は、 π がフルランクである場合の(6.27)式の長期均衡解を記述した方程式である。今回、切片項が追加されたことで、(6.27)式は

$$\Delta x_t = A_0 + \pi x_{t-1} + \varepsilon_t$$

となる。従って、 π がフルランクである場合、(6.28)式は以下のn本の独立な方程式で記述されることになる。

$$\begin{aligned} \pi_{11}x_{1t} + \pi_{12}x_{2t} + \cdots + \pi_{1n}x_{nt} &= -a_{01} \\ \pi_{21}x_{1t} + \pi_{22}x_{2t} + \cdots + \pi_{2n}x_{nt} &= -a_{02} \\ \cdots & \\ \pi_{n1}x_{1t} + \pi_{n2}x_{2t} + \cdots + \pi_{nn}x_{nt} &= -a_{0n} \end{aligned}$$

このn本の方程式を解くことで、それぞれの x_{it} の長期均衡解を決定出来る。

また、問題文の通り π のランクが1である場合、 $\Delta x_t = A_0 + \pi x_{t-1} + \varepsilon_t$ は

$$\begin{aligned} \Delta x_{1t} &= (\pi_{11}x_{1t-1} + \pi_{12}x_{2t-1} + \cdots + \pi_{1n}x_{nt-1}) + a_{01} + \varepsilon_{1t} \\ \Delta x_{2t} &= s_2(\pi_{21}x_{1t-1} + \pi_{22}x_{2t-1} + \cdots + \pi_{2n}x_{nt-1}) + a_{02} + \varepsilon_{2t} \\ \cdots & \end{aligned}$$

$$\Delta x_{nt} = s_n(\pi_{n1}x_{1t-1} + \pi_{n2}x_{2t-1} + \dots + \pi_{nn}x_{nt-1}) + a_{0n} + \varepsilon_{nt}$$

と書ける。ただし、 s_i は $\pi_{ij} = s_i\pi_{1j}$ を満たすパラメータである。ここで、新たな制約 $a_{i0} = s_i a_{10}$ を課すことにすると、

$$\Delta x_{1t} = (\pi_{11}x_{1t-1} + \pi_{12}x_{2t-1} + \dots + \pi_{1n}x_{nt-1} + a_{01}) + \varepsilon_{1t}$$

$$\Delta x_{2t} = s_2(\pi_{21}x_{1t-1} + \pi_{22}x_{2t-1} + \dots + \pi_{2n}x_{nt-1} + a_{01}) + \varepsilon_{2t}$$

...

$$\Delta x_{nt} = s_n(\pi_{n1}x_{1t-1} + \pi_{n2}x_{2t-1} + \dots + \pi_{nn}x_{nt-1} + a_{01}) + \varepsilon_{nt}$$

と上の n 本の式は変形出来る。この場合、システムから線形トレンドが排除され、定数項が共和分ベクトルに含まれている。(6.29)式の誤差修正表現との違いは、共和分ベクトルの中に切片項が存在することにある。

[2]

(a) サラスの公式より、行列式は

$$\begin{aligned} |\pi| &= 0.6 \times (-0.25) \times 0.4 + (-0.5) \times 0.1 \times 1.2 + 0.2 \times 0.3 \times (-1.0) \\ &\quad - 0.2 \times (-0.25) \times 1.2 - 0.1 \times (-1.0) \times 0.6 + 0.4 \times (-0.5) \times 0.3 \\ &= -0.06 - 0.06 - 0.06 + 0.06 + 0.06 + 0.06 \\ &= 0 \end{aligned}$$

となる。

(b) 特性多項式は

$$\begin{aligned} &\begin{vmatrix} \lambda - 0.6 & 0.5 & -0.2 \\ -0.3 & \lambda + 0.25 & -0.1 \\ -1.2 & 1.0 & \lambda - 0.4 \end{vmatrix} \\ &= (\lambda - 0.6)(\lambda + 0.25)(\lambda - 0.4) + 0.06 + 0.06 - 0.24(\lambda + 0.25) + 0.1(\lambda - 0.6) + 0.15(\lambda - 0.4) \\ &= \lambda^3 - 0.75\lambda^2 \\ &= 0 \end{aligned}$$

となる。従って、固有値の2つは0であり、3番目の固有値は0.75である。

$$(c) \begin{bmatrix} 0.6 & -0.5 & 0.2 \\ 0.3 & -0.25 & 0.1 \\ 1.2 & -1.0 & 0.4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & -2.5 & 1 \end{bmatrix} \text{を満たす} \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} \text{は、} \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2 \\ 0.1 \\ 0.4 \end{bmatrix} \text{である。}$$

もし β を x_{1t} に関して基準化したら、 $x_{1t} = 3$ より、 β の各要素はそれぞれ1/3倍の値になる。

そのため、 $\pi = \alpha\beta'$ を保つためには、 α の各要素は3倍される必要がある。従って、もし β を

$$x_{1t} \text{に関して基準化したら、} \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.6 \\ 0.3 \\ 1.2 \end{bmatrix} \text{となる。}$$

(d) 共和分ベクトル β に関する制約の検定は 6.8(381,382 ページ)において説明されている。まず、 π のランクを求めて、共和分ベクトルの数を求める。今回、 π の2行目は1行目の1/2倍、3行目は1行目の2倍であるので、 π のランクは1であるとわかる。次に、制約付きのモデルで推定された π の最大の固有値 $\hat{\lambda}_t^*$ を求める。すると、制約なしのモデルで推定された π の最大の固有値は0.75であるので、共和分ベクトル β に関する制約を検定するための尤度比検定統計量は、

$$T[\ln(1 - \hat{\lambda}_t^*) - \ln(1 - 0.75)] = T[\ln(1 - \hat{\lambda}_t) - \ln 4]$$

となる。今回、制約の数は1であるので、この尤度比検定統計量は自由度1の χ^2 分布に従う。従って、尤度比検定統計量が自由度1の χ^2 分布を超えていれば、帰無仮説を棄却すればよい。このようにして、 $\beta_1 + \beta_2 = 0$ の制約は検定することが出来る。

(e) 特性多項式は

$$\begin{aligned} & \begin{vmatrix} \lambda - 0.8 & -0.4 & 0.0 \\ -0.2 & \lambda - 0.1 & 0.0 \\ -0.75 & -0.25 & \lambda - 0.5 \end{vmatrix} \\ &= (\lambda - 0.8)(\lambda - 0.1)(\lambda - 0.5) + 0.08(\lambda - 0.5) \\ &= \lambda(\lambda - 0.9)(\lambda - 0.5) \\ &= 0 \end{aligned}$$

となる。従って、固有値は0.0、0.5、0.9であるとわかる。

$$\text{(f)} \begin{bmatrix} 0.8 & 0.4 & 0.0 \\ 0.2 & 0.1 & 0.0 \\ 0.75 & 0.25 & 0.5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.8 & 0.4 & 0.0 \\ 0.75 & 0.25 & 0.5 \end{bmatrix} \text{を満たす} \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} \end{bmatrix} \text{は、} \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0.25 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \text{である。}$$

[3]

(a) 6.5の第1段階から第3段階の内容を再現する。

[第1段階]

各変数をクリックして、「View」→「Unit Root Tests」→「Standard Unit Root Tests」を選択する。ここで、DF検定を行いたい場合はラグ0を、ADF検定を行いたい場合はラグ4を選択する。以下の表は、各変数に対するDF(ADF)検定の結果である。

まず y_t に関して検定を行う。左の表はラグなしの下での検定の結果、右の表は4期ラグの下での検定の結果である。

Null Hypothesis: Y has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 0 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
Test critical values:				
	1% level		-3.497727	
	5% level		-2.890926	
	10% level		-2.582514	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(Y)				
Method: Least Squares				
Date: 09/02/19 Time: 18:42				
Sample (adjusted): 2 100				
Included observations: 99 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Y(-1)	-0.019952	0.023967	-0.832486	0.4072
C	-0.080468	0.108511	-0.741566	0.4601
R-squared	0.007094	Mean dependent var		0.005559
Adjusted R-squared	-0.003142	S.D. dependent var		0.328892
S.E. of regression	0.329409	Akaike info criterion		0.636960
Sum squared resid	10.52547	Schwarz criterion		0.689386
Log likelihood	-29.52950	Hannan-Quinn criter.		0.658172
F-statistic	0.693033	Durbin-Watson stat		2.174083
Prob(F-statistic)	0.407180			

Null Hypothesis: Y has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 4 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
Test critical values:				
	1% level		-3.500669	
	5% level		-2.892200	
	10% level		-2.583192	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(Y)				
Method: Least Squares				
Date: 09/02/19 Time: 18:49				
Sample (adjusted): 6 100				
Included observations: 95 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Y(-1)	-0.026908	0.025712	-1.046503	0.2982
D(Y(-1))	-0.140932	0.105267	-1.338801	0.1840
D(Y(-2))	0.089881	0.105196	0.854412	0.3952
D(Y(-3))	0.207974	0.105377	1.973623	0.0515
D(Y(-4))	0.210963	0.104210	2.024400	0.0459
C	-0.109366	0.118094	-0.926096	0.3569
R-squared	0.095804	Mean dependent var		0.008551
Adjusted R-squared	0.045006	S.D. dependent var		0.330393
S.E. of regression	0.322872	Akaike info criterion		0.637957
Sum squared resid	9.277950	Schwarz criterion		0.799254
Log likelihood	-24.30294	Hannan-Quinn criter.		0.703133
F-statistic	1.885989	Durbin-Watson stat		1.938298
Prob(F-statistic)	0.104683			

次に z_t に関して検定を行う。左の表はラグなしの下での検定の結果、右の表は4期ラグの下での検定の結果である。

Null Hypothesis: Z has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 0 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
Test critical values:				
	1% level		-3.497727	
	5% level		-2.890926	
	10% level		-2.582514	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(Z)				
Method: Least Squares				
Date: 09/02/19 Time: 18:52				
Sample (adjusted): 2 100				
Included observations: 99 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Z(-1)	-0.020698	0.020862	-0.992130	0.3236
C	-0.078429	0.057929	-1.353881	0.1789
R-squared	0.010046	Mean dependent var		-0.034427
Adjusted R-squared	-0.000160	S.D. dependent var		0.370759
S.E. of regression	0.370788	Akaike info criterion		0.873625
Sum squared resid	13.33596	Schwarz criterion		0.926052
Log likelihood	-41.24444	Hannan-Quinn criter.		0.894837
F-statistic	0.984323	Durbin-Watson stat		1.939065
Prob(F-statistic)	0.323602			

Null Hypothesis: Z has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 4 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
Test critical values:				
	1% level		-3.500669	
	5% level		-2.892200	
	10% level		-2.583192	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(Z)				
Method: Least Squares				
Date: 09/02/19 Time: 18:52				
Sample (adjusted): 6 100				
Included observations: 95 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Z(-1)	-0.025842	0.022594	-1.143731	0.2558
D(Z(-1))	0.017036	0.106178	0.160452	0.8729
D(Z(-2))	0.065443	0.105199	0.622087	0.5355
D(Z(-3))	-0.115493	0.106352	-1.085946	0.2804
D(Z(-4))	0.007452	0.107471	0.069337	0.9449
C	-0.101623	0.062180	-1.634347	0.1057
R-squared	0.034407	Mean dependent var		-0.043033
Adjusted R-squared	-0.019840	S.D. dependent var		0.374830
S.E. of regression	0.378530	Akaike info criterion		0.956033
Sum squared resid	12.75236	Schwarz criterion		1.117330
Log likelihood	-39.41154	Hannan-Quinn criter.		1.021209
F-statistic	0.634268	Durbin-Watson stat		1.994559
Prob(F-statistic)	0.674077			

最後に、 w_t に関して検定を行う。左の表はラグなしの下での検定の結果、右の表は4期ラグの下での検定の結果である。

Null Hypothesis: W has a unit root Exogenous: Constant Lag Length: 0 (Fixed)				
	t-Statistic		Prob.*	
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.907811		0.3276	
Test critical values:				
1% level	-3.497727			
5% level	-2.890926			
10% level	-2.582514			
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation Dependent Variable: D(W) Method: Least Squares Date: 09/02/19 Time: 18:54 Sample (adjusted): 2 100 Included observations: 99 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
W(-1)	-0.035014	0.018353	-1.907811	0.0594
C	-0.261301	0.124967	-2.090968	0.0391
R-squared	0.036166	Mean dependent var		-0.038058
Adjusted R-squared	0.026230	S.D. dependent var		0.442285
S.E. of regression	0.436446	Akaike info criterion		1.199690
Sum squared resid	18.47704	Schwarz criterion		1.252117
Log likelihood	-57.38466	Hannan-Quinn criter.		1.220902
F-statistic	3.639743	Durbin-Watson stat		2.335880
Prob(F-statistic)	0.059373			

Null Hypothesis: W has a unit root Exogenous: Constant Lag Length: 4 (Fixed)				
		t-Statistic		Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.933501		0.3158
Test critical values:				
1% level		-3.500669		
5% level		-2.892200		
10% level		-2.583192		
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation Dependent Variable: D(W) Method: Least Squares Date: 09/02/19 Time: 18:54 Sample (adjusted): 6 100 Included observations: 95 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
W(-1)	-0.037469	0.019379	-1.933501	0.0564
D(W(-1))	-0.145993	0.101969	-1.431741	0.1557
D(W(-2))	0.087580	0.103137	0.849166	0.3981
D(W(-3))	0.023147	0.104720	0.221035	0.8256
D(W(-4))	0.203789	0.104376	1.952455	0.0540
C	-0.273756	0.135201	-2.024808	0.0459
R-squared	0.121659	Mean dependent var		-0.038241
Adjusted R-squared	0.072314	S.D. dependent var		0.445132
S.E. of regression	0.428736	Akaike info criterion		1.205122
Sum squared resid	16.35946	Schwarz criterion		1.366420
Log likelihood	-51.24331	Hannan-Quinn criter.		1.270299
F-statistic	2.465477	Durbin-Watson stat		2.000999
Prob(F-statistic)	0.038585			

以上の結果より、表 6.2 を再現することが出来る。また、3 系列とも単位根の帰無仮説を棄却できないことがわかる。

[第 2 段階]

まず、3 通りの長期関係の推定値を求め、それぞれの共和分回帰からの残差を求める。

まず、 y_t の長期関係を推定する。「Quick」→「Estimate Equation...」を選択して「y c z w」と入力し、推定を行う。推定結果は以下の通りである。

Dependent Variable: Y Method: Least Squares Date: 09/02/19 Time: 19:00 Sample: 1 100 Included observations: 100				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.048431	0.084220	-0.575060	0.5666
Z	-0.927310	0.024342	-38.09512	0.0000
W	0.976876	0.018272	53.46259	0.0000
R-squared	0.968006	Mean dependent var		-4.281073
Adjusted R-squared	0.967347	S.D. dependent var		1.414861
S.E. of regression	0.255668	Akaike info criterion		0.139670
Sum squared resid	6.340537	Schwarz criterion		0.217825
Log likelihood	-3.983517	Hannan-Quinn criter.		0.171301
F-statistic	1467.428	Durbin-Watson stat		0.860015
Prob(F-statistic)	0.000000			

次に、 z_t の長期関係を推定する。「Quick」→「Estimate Equation...」を選択して「z c y w」と入力し、推定を行う。推定結果は以下の通りである。

Dependent Variable: Z				
Method: Least Squares				
Date: 09/02/19 Time: 19:00				
Sample: 1 100				
Included observations: 100				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.058957	0.087877	0.670907	0.5039
Y	-1.010825	0.026534	-38.09512	0.0000
W	1.025489	0.015699	65.32357	0.0000
R-squared	0.978335	Mean dependent var	-2.143734	
Adjusted R-squared	0.977888	S.D. dependent var	1.795118	
S.E. of regression	0.266933	Akaike info criterion	0.225904	
Sum squared resid	6.911570	Schwarz criterion	0.304059	
Log likelihood	-8.295187	Hannan-Quinn criter.	0.257535	
F-statistic	2190.150	Durbin-Watson stat	0.866232	
Prob(F-statistic)	0.000000			

最後に、 w_t の長期関係を推定する。「Quick」→「Estimate Equation...」を選択して「w c y z」と入力し、推定を行う。推定結果は以下の通りである。

Dependent Variable: W				
Method: Least Squares				
Date: 09/02/19 Time: 19:01				
Sample: 1 100				
Included observations: 100				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.085242	0.084489	-1.008908	0.3155
Y	0.990071	0.018519	53.46259	0.0000
Z	0.953470	0.014596	65.32357	0.0000
R-squared	0.988650	Mean dependent var	-6.367795	
Adjusted R-squared	0.988416	S.D. dependent var	2.391438	
S.E. of regression	0.257389	Akaike info criterion	0.153087	
Sum squared resid	6.426179	Schwarz criterion	0.231242	
Log likelihood	-4.654348	Hannan-Quinn criter.	0.184718	
F-statistic	4224.593	Durbin-Watson stat	0.868355	
Prob(F-statistic)	0.000000			

以上の結果は、本文中の結果と等しい。

次に、それぞれの残差に関して DF 検定と ADF 検定を行う。 y_t の長期関係の推定を行った直後、コマンドウインドウに

```
genr e_y = resid
```

と打つと、 e_y に残差が保存される。 z_t と w_t の残差についても同様に保存することが出来る。これにより、[第1段階]と同様に ADF(DF)検定を行うことが出来る。

まず y_t の残差に関して検定を行う。左の表はラグなしの下での検定の結果、右の表は4期ラグの下での検定の結果である。なお、ここでは、説明変数に定数項を含めない設定で ADF 検定を行なっている。

Null Hypothesis: E_Y has a unit root				
Exogenous: None				
Lag Length: 0 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
Test critical values:			-5.174899	0.0000
1% level			-2.588530	
5% level			-1.944105	
10% level			-1.614596	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(E_Y)				
Method: Least Squares				
Date: 09/10/19 Time: 16:46				
Sample (adjusted): 2 100				
Included observations: 99 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
E_Y(-1)	-0.443011	0.085608	-5.174899	0.0000
R-squared	0.212944	Mean dependent var		0.010813
Adjusted R-squared	0.212944	S.D. dependent var		0.235636
S.E. of regression	0.209047	Akaike info criterion		-0.282464
Sum squared resid	4.282671	Schwarz criterion		-0.256251
Log likelihood	14.98197	Hannan-Quinn criter.		-0.271858
Durbin-Watson stat	1.674053			

Null Hypothesis: E_Y has a unit root				
Exogenous: None				
Lag Length: 4 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
Test critical values:			-4.074170	0.0001
1% level			-2.589531	
5% level			-1.944248	
10% level			-1.614510	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(E_Y)				
Method: Least Squares				
Date: 09/10/19 Time: 16:48				
Sample (adjusted): 6 100				
Included observations: 95 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
E_Y(-1)	-0.595254	0.146104	-4.074170	0.0001
D(E_Y(-1))	0.286123	0.138733	2.062393	0.0421
D(E_Y(-2))	0.054085	0.128137	0.422085	0.6740
D(E_Y(-3))	0.077240	0.114311	0.675700	0.5010
D(E_Y(-4))	0.041109	0.106308	0.386698	0.6999
R-squared	0.239990	Mean dependent var		0.006004
Adjusted R-squared	0.206212	S.D. dependent var		0.236377
S.E. of regression	0.210600	Akaike info criterion		-0.226519
Sum squared resid	3.991702	Schwarz criterion		-0.092104
Log likelihood	15.75965	Hannan-Quinn criter.		-0.172205
Durbin-Watson stat	1.956955			

次に z_t の残差に関して検定を行う。左の表はラグなしの下での検定の結果、右の表は4期ラグの下での検定の結果である。 y_t の残差の検定同様に、説明変数に定数項を含めない設定でADF検定を行なっている。

Null Hypothesis: E_Z has a unit root				
Exogenous: None				
Lag Length: 0 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
Test critical values:			-5.378824	0.0000
1% level			-2.588530	
5% level			-1.944105	
10% level			-1.614596	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(E_Z)				
Method: Least Squares				
Date: 09/10/19 Time: 16:49				
Sample (adjusted): 2 100				
Included observations: 99 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
E_Z(-1)	-0.451951	0.084024	-5.378824	0.0000
R-squared	0.226596	Mean dependent var		0.010221
Adjusted R-squared	0.226596	S.D. dependent var		0.246955
S.E. of regression	0.217180	Akaike info criterion		-0.206129
Sum squared resid	4.622392	Schwarz criterion		-0.179915
Log likelihood	11.20336	Hannan-Quinn criter.		-0.195523
Durbin-Watson stat	1.679913			

Null Hypothesis: E_Z has a unit root				
Exogenous: None				
Lag Length: 4 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
Test critical values:			-4.226758	0.0000
1% level			-2.589531	
5% level			-1.944248	
10% level			-1.614510	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(E_Z)				
Method: Least Squares				
Date: 09/10/19 Time: 16:49				
Sample (adjusted): 6 100				
Included observations: 95 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
E_Z(-1)	-0.593440	0.140401	-4.226758	0.0001
D(E_Z(-1))	0.283814	0.134850	2.104665	0.0381
D(E_Z(-2))	0.047727	0.125621	0.379931	0.7049
D(E_Z(-3))	0.076928	0.112220	0.685510	0.4948
D(E_Z(-4))	0.037704	0.104453	0.360966	0.7190
R-squared	0.251090	Mean dependent var		0.004827
Adjusted R-squared	0.217805	S.D. dependent var		0.247048
S.E. of regression	0.218493	Akaike info criterion		-0.152926
Sum squared resid	4.296543	Schwarz criterion		-0.018511
Log likelihood	12.26398	Hannan-Quinn criter.		-0.098612
Durbin-Watson stat	1.975900			

最後に w_t の残差に関して検定を行う。左の表はラグなしの下での検定の結果、右の表は4期ラグの下での検定の結果である。 y_t の残差の検定同様に、説明変数に定数項を含めない設定でADF検定を行なっている。

Null Hypothesis: E_W has a unit root				
Exogenous: None				
Lag Length: 0 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
Test critical values:	1% level		-5.389648	0.0000
	5% level		-2.588530	
	10% level		-1.944105	
			-1.614596	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(E_W)				
Method: Least Squares				
Date: 09/10/19 Time: 16:50				
Sample (adjusted): 2 100				
Included observations: 99 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
E_W(-1)	-0.455252	0.084468	-5.389648	0.0000
R-squared	0.227059	Mean dependent var		-0.010737
Adjusted R-squared	0.227059	S.D. dependent var		0.238379
S.E. of regression	0.209576	Akaike info criterion		-0.277415
Sum squared resid	4.304349	Schwarz criterion		-0.251201
Log likelihood	14.73203	Hannan-Quinn criter.		-0.266809
Durbin-Watson stat	1.681654			

Null Hypothesis: E_W has a unit root				
Exogenous: None				
Lag Length: 4 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
Test critical values:	1% level		-4.224797	0.0000
	5% level		-2.589531	
	10% level		-1.944248	
			-1.614510	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(E_W)				
Method: Least Squares				
Date: 09/10/19 Time: 16:50				
Sample (adjusted): 6 100				
Included observations: 95 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
E_W(-1)	-0.607110	0.143702	-4.224797	0.0001
D(E_W(-1))	0.290093	0.136643	2.122999	0.0365
D(E_W(-2))	0.058392	0.126370	0.462072	0.6451
D(E_W(-3))	0.076157	0.112914	0.674468	0.5017
D(E_W(-4))	0.035781	0.104614	0.342032	0.7331
R-squared	0.250885	Mean dependent var		-0.005677
Adjusted R-squared	0.217591	S.D. dependent var		0.238615
S.E. of regression	0.211064	Akaike info criterion		-0.222112
Sum squared resid	4.009330	Schwarz criterion		-0.087698
Log likelihood	15.55034	Hannan-Quinn criter.		-0.167799
Durbin-Watson stat	1.969474			

これらの結果は、表 6.3 と一致する。

[第 3 段階]

最後に、誤差修正モデルを推定する。「Quick」→「Estimate VAR」を選択し、内生変数として $d(y)$ $d(z)$ $d(w)$ を選び、外生変数として $ce_w(-1)$ を選び、ラグを 1 に設定する。すると、1 次のラグがある誤差修正モデルは、以下のように推定される。

Vector Autoregression Estimates			
Date: 11/26/19 Time: 19:45			
Sample (adjusted): 3 100			
Included observations: 98 after adjustments			
Standard errors in () & t-statistics in []			
	D(Y)	D(Z)	D(W)
D(Y(-1))	0.178277 (0.16469) [1.08251]	0.145939 (0.19408) [0.75195]	0.155765 (0.22754) [0.68456]
D(Z(-1))	0.312995 (0.16110) [1.94284]	0.262462 (0.18985) [1.38245]	0.301220 (0.22259) [1.35327]
D(W(-1))	-0.367720 (0.16197) [-2.27033]	-0.312628 (0.19087) [-1.63789]	-0.419531 (0.22378) [-1.87473]
C	0.006065 (0.03208) [0.18907]	-0.042215 (0.03780) [-1.11670]	-0.039801 (0.04432) [-0.89801]
E_W(-1)	0.417974 (0.15005) [2.78562]	0.074097 (0.17682) [0.41905]	-0.069076 (0.20731) [-0.33320]
R-squared	0.109769	0.037408	0.066462
Adj. R-squared	0.071480	-0.003993	0.026310
Sum sq. resid	9.234977	12.82523	17.62910
S.E. equation	0.315120	0.371357	0.435385
F-statistic	2.866822	0.903546	1.655245
Log likelihood	-23.31948	-39.41188	-55.00057
Akaike AIC	0.577949	0.906364	1.224501
Schwarz SC	0.709835	1.038251	1.356387
Mean dependent	0.010396	-0.038328	-0.032627
S.D. dependent	0.327025	0.370617	0.441228
Determinant resid covariance (dof adj.)	0.000489		
Determinant resid covariance	0.000418		
Log likelihood	-35.93322		
Akaike information criterion	1.039454		
Schwarz criterion	1.435112		
Number of coefficients	15		

以上の結果は、本文中の結果と等しい。また、誤差修正項の係数の t 統計量を見ると、(6.37)式では 2.786、(6.38)式では 0.419、(6.39)式では 0.207 となっている。従って、誤差修正項が有意であるのは、(6.37)式だけであることもわかる。

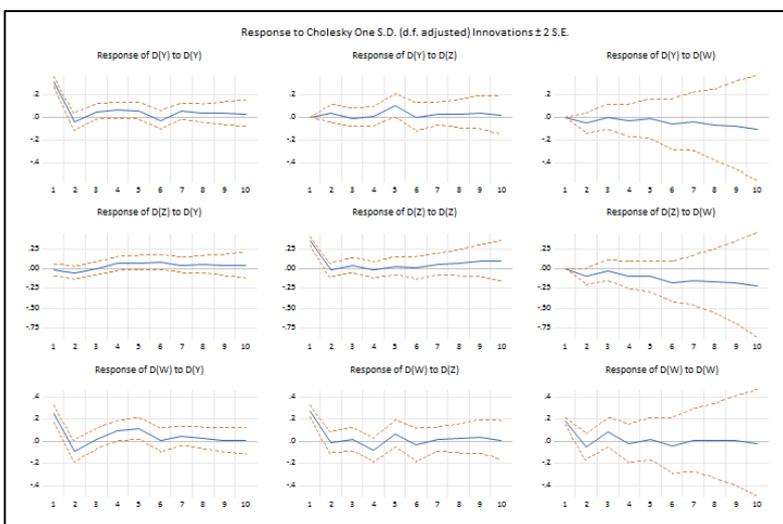
(b) まず、ラグを選択する。「Quick」→「Estimate VAR」を選択し、内生変数として $y z w$ を選び、外生変数として $ce_w(-1)$ を選び、VAR モデルの推定を行う。次に、VAR window から「View」→「Lag Structure」→「Lag Length Criteria」を選択する。ここで、ラグの最大次数を 8 とすると、以下の結果を得る。

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-41.47226	NA	0.000570*	1.043346*	1.208898*	1.110136*
1	-35.14660	11.95620	0.000604	1.102123	1.516001	1.269097
2	-31.58929	6.489167	0.000682	1.221743	1.883947	1.488901
3	-24.79647	11.94341	0.000717	1.270252	2.180784	1.637595
4	-15.76937	15.27663	0.000720	1.269657	2.428515	1.737184
5	-4.792746	17.85210*	0.000693	1.226214	2.633399	1.793926
6	-0.481966	6.726711	0.000775	1.329274	2.984786	1.997170
7	3.466449	5.900928	0.000876	1.440298	3.344136	2.208378
8	7.307983	5.487906	0.000997	1.553671	3.705836	2.421935

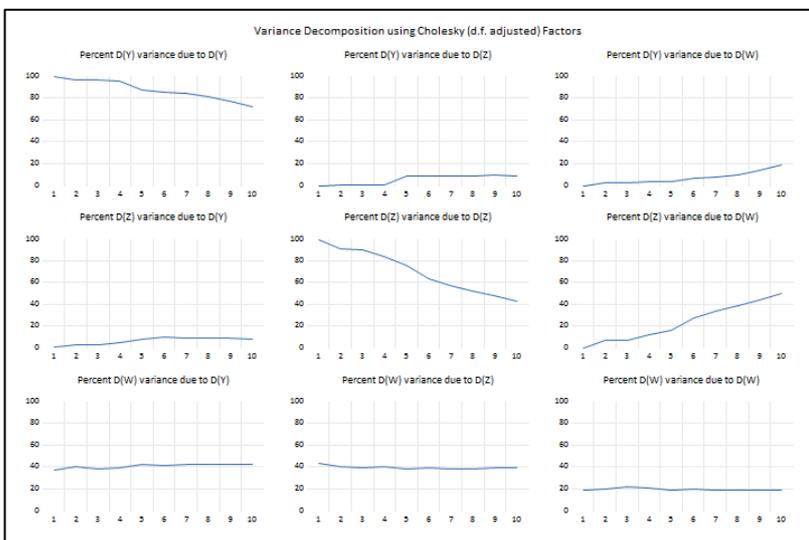
* indicates lag order selected by the criterion
 LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)
 FPE: Final prediction error
 AIC: Akaike information criterion
 SC: Schwarz information criterion
 HQ: Hannan-Quinn information criterion

ここでは、「一般からの特定」法に基づき、ラグ 5 を選択することとする。

次にインパルス応答関数を求める。まず「Quick」→「Estimate VAR」を選択し、ラグを 5 に変更して推定を行う。次に、Var Window から、「View」→「Impulse Response」を選択する。そして、デフォルトの設定のまま OK を押す。すると、以下のグラフを得る。



また、Var window にて「View」→「Variance Decomposition」を選択して、デフォルトの設定のまま OK を押す。すると、分散分解は以下のように求まる。

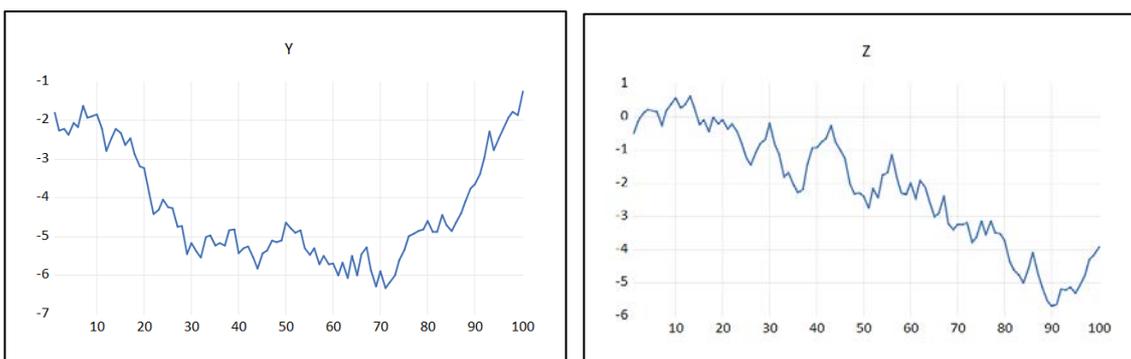


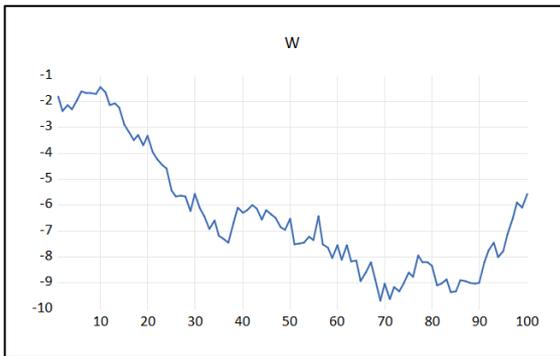
これらの結果は、変数の構成と整合的である。

(c) 6.9 の第 1 段階から第 3 段階の内容を再現する。

[第 1 段階]

(a) の [第 1 段階] にて、全ての変数についての単位根検定を行った。検定の結果は、全ての変数の単位根の帰無仮説は棄却できない、というものであった。従って、全ての変数は $I(1)$ であるため、共変分析が可能であると言える。また、それぞれの変数の線形トレンドを確認する。以下のグラフはそれぞれの変数をプロットしたものである。





これらのプロットから、各変数に線形トレンドがあるとは言えない。次に VAR モデルの次数を決定する。「Quick」→「Estimate VAR」を選択し、内生変数として yzw、外生変数として c を選び、VAR モデルの推定を行う。次に、VAR window から「View」→「Lag Structure」→「Lag Length Criteria」を選択する。ここで、ラグの最大次数を 8 とする。すると、以下の結果を得ることが出来る。従って、AIC に基づき VAR モデルのラグを 2 とする。

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-338.2097	NA	0.334196	7.417602	7.499835	7.450792
1	-33.42168	583.0727	0.000539	0.987428	1.316357*	1.120186*
2	-22.10003	20.92044	0.000513*	0.936957*	1.512583	1.169285
3	-18.01085	7.289404	0.000571	1.043714	1.866037	1.375610
4	-13.94644	6.980180	0.000638	1.151010	2.220029	1.582475
5	-7.059113	11.37907	0.000672	1.196937	2.512653	1.727971
6	4.049171	17.62836*	0.000646	1.151105	2.713517	1.781708
7	8.987193	7.514381	0.000713	1.239409	3.048518	1.969581
8	13.68942	6.848899	0.000794	1.332839	3.388645	2.162579

* indicates lag order selected by the criterion
 LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)
 FPE: Final prediction error
 AIC: Akaike information criterion
 SC: Schwarz information criterion
 HQ: Hannan-Quinn information criterion

[第 2 段階]

モデルを最尤法で推定して、 π のランクを決定する。Workfile Window で「View」→「Show」と進み、yzw を選択して OK を押すと、3 変数のグループが作られる。次に、作成した Group で「View」→「Cointegration Test」→「Johansen System Cointegration Test」を選択する。そして、2 番目の設定 (Intercept (no trend) in CE – no intercept in VAR) と 2 までのラグを選択して検定を行う。以下の表は、検定の結果である。

Date: 09/10/19 Time: 17:31
Sample (adjusted): 3 100
Included observations: 98 after adjustments
Trend assumption: No deterministic trend (restricted constant)
Series: Y Z W
Lags interval (in first differences): 1 to 1

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.325997	56.78592	35.19275	0.0001
At most 1	0.140322	18.12291	20.26184	0.0959
At most 2	0.033168	3.305551	9.164546	0.5252

Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
**Mackinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.325997	38.66301	22.29962	0.0001
At most 1	0.140322	14.81735	15.89210	0.0731
At most 2	0.033168	3.305551	9.164546	0.5252

Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
**Mackinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegrating Coefficients (normalized by b*S11*b=I):

	Y	Z	W	C
	-4.111508	-4.255550	4.178258	-0.054715
	2.314460	1.460767	-2.077255	-0.422367
	-0.038668	0.408678	-0.560490	-2.401370

Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):

	D(Y)	D(Z)	D(W)
	0.132867	0.040321	0.053254
	0.059145	0.074074	0.154895
	0.027647	-0.054267	-0.008142

1 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -33.77080

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

	Y	Z	W	C
	1.000000	1.035034	-1.016235	0.013308
		(0.03682)	(0.02704)	(0.12349)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

	D(Y)	D(Z)	D(W)
	-0.546284	-0.165782	-0.218954
	(0.12325)	(0.15364)	(0.17933)

2 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -26.36212

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

	Y	Z	W	C
	1.000000	0.000000	-0.711984	-0.488463
			(0.12512)	(0.85094)
	0.000000	1.000000	-0.293952	0.484787
			(0.12473)	(0.84827)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

	D(Y)	D(Z)	D(W)
	-0.409394	0.005659	0.139522
	(0.13848)	(0.17258)	(0.19149)
	-0.479025	-0.063385	-0.000373
	(0.13206)	(0.16457)	(0.18260)

従って、行列 π の特性根は 0.32600、0.14032、0.03317 とわかる。また、表 6.8 やそれ以降の第 2 段階の結果も再現されていることがわかる。

[第 3 段階]

第 2 段階と同様に、「View」→「Cointegration Test」→「Johansen System Cointegration Test」を選択する。そして、「VEC Restrictions」をクリックし、「VEC Coefficient Restrictions」の「Enter Restrictions」に検定したい制約を入れる。今回、共和分ベクトルの数を 1 としているため、1 番目の共和分関係の 4 つの係数、 $B(1,1), B(1,2), B(1,3), B(1,4)$ に関して制約を考

えればよい。なお、 $B(1,1)$ は y の係数 β_1 、 $B(1,2)$ は z の係数 β_2 、 $B(1,3)$ は w の係数 β_3 、 $B(1,4)$ は定数項の係数 β_0 を表している。

1 について：

定数項がないという制約 $\beta_0 = 0$ を検定する。そのためには、「Enter Restrictions」に「 $B(1,1) = -1, B(1,4) = 0$ 」と入力して、共積分検定を行えば良い。ここでは、 β_1 が -1 に基準化されているため、 $\beta_1 = -1$ という制約も課さなければならないことに注意しなければならない。この点は2でも3でも同様に注意する必要がある。検定の結果は以下の通りである。

Date: 09/17/19 Time: 20:22				
Sample (adjusted): 3 100				
Included observations: 98 after adjustments				
Trend assumption: No deterministic trend (restricted constant)				
Series: Y Z W				
Lags interval (in first differences): 1 to 1				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.325997	56.78592	35.19275	0.0001
At most 1	0.140322	18.12291	20.26184	0.0959
At most 2	0.033168	3.305551	9.164546	0.5252
Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**Mackinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.325997	38.66301	22.29962	0.0001
At most 1	0.140322	14.81735	15.89210	0.0731
At most 2	0.033168	3.305551	9.164546	0.5252
Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**Mackinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Restrictions:				
$B(1,1)=-1, B(1,4)=0$				
Tests of cointegration restrictions:				
Hypothesized No. of CE(s)	Restricted Log-likelihood	LR Statistic	Degrees of Freedom	Probability
1	-33.77641	0.011237	1	0.915579
2	-26.47095	NA	NA	NA
NA indicates restriction not binding.				
1 Cointegrating Equation(s): Convergence achieved after 3 iterations.				
Restricted cointegrating coefficients (standard error in parentheses)				
Y	Z	W	C	
-1.000000 (0.000000)	-1.036975 (0.03179)	1.018803 (0.01275)	0.000000 (0.000000)	
Adjustment coefficients (standard error in parentheses)				
D(Y)				
0.543612 (0.12323)				
D(Z)				
0.167265 (0.15346)				
D(W)				
0.217187 (0.17916)				
2 Cointegrating Equation(s): Convergence achieved after 12 iterations.				
Restricted cointegrating coefficients (not all coefficients are identified)				
Y	Z	W	C	
-1.000000 -156.1286	-6.336915 -192.0817	2.944533 170.1525	0.000000 0.873594	
Adjustment coefficients (standard error in parentheses)				
D(Y)				
-0.004220 (0.00963)		0.002648 (0.00095)		
D(Z)				
0.016354 (0.01192)		-0.000222 (0.00117)		
D(W)				
0.036384 (0.01328)		-0.001190 (0.00131)		

尤度比検定統計量は 0.011237 となり、 p 値は 0.9156 となる。従って、共和分ベクトルに定数項がない制約である $\beta_0 = 0$ は棄却されない。

2 について：

制約 $\beta_2 = -1, \beta_3 = 1$ を検定する。そのためには、「Enter Restrictions」に「 $B(1,1) = -1, B(1,2) = -1, B(1,3) = 1$ 」と入力して、共和分検定を行えば良い。検定の結果は以下の通りである。

Date: 09/17/19 Time: 20:18				
Sample (adjusted): 3 100				
Included observations: 98 after adjustments				
Trend assumption: No deterministic trend (restricted constant)				
Series: Y Z W				
Lags interval (in first differences): 1 to 1				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.325997	56.78592	35.19275	0.0001
At most 1	0.140322	18.12291	20.26184	0.0959
At most 2	0.033168	3.305551	9.164546	0.5252
Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.325997	38.66301	22.29962	0.0001
At most 1	0.140322	14.81735	15.89210	0.0731
At most 2	0.033168	3.305551	9.164546	0.5252
Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Restrictions:				
B(1,1)=-1, B(1,2)=-1, B(1,3)=1				
Tests of cointegration restrictions:				
Hypothesized No. of CE(s)	Restricted Log-likelihood	LR Statistic	Degrees of Freedom	Probability
1	-34.04754	0.553486	2	0.758249
2	-26.41163	0.099027	1	0.753000
1 Cointegrating Equation(s): Convergence achieved after 3 iterations.				
Restricted cointegrating coefficients (standard error in parentheses)				
Y	Z	W	C	
-1.000000	-1.000000	1.000000	-0.039817	
(0.000000)	(0.000000)	(0.000000)	(0.03423)	
Adjustment coefficients (standard error in parentheses)				
D(Y)	0.550808			
	(0.13361)			
D(Z)	0.126185			
	(0.16510)			
D(W)	0.144385			
	(0.19306)			
2 Cointegrating Equation(s): Convergence achieved after 12 iterations.				
Restricted cointegrating coefficients (not all coefficients are identified)				
Y	Z	W	C	
-1.000000	-1.000000	1.000000	-0.035392	
-47.42175	-60.78927	51.31152	-8.439237	
Adjustment coefficients (standard error in parentheses)				
D(Y)	0.181366	0.004959		
	(0.19200)	(0.00192)		
D(Z)	-0.263718	0.005198		
	(0.23963)	(0.00239)		
D(W)	-0.639424	0.010504		
	(0.26585)	(0.00265)		

尤度比検定統計量は 0.55349 となり、 p 値は 0.7582 となる。従って、制約 $\beta_2 = -1, \beta_3 = 1$ は棄却されない。

3 について：

制約 $\beta_0 = 0, \beta_2 = -1, \beta_3 = 1$ を検定する。そのためには、「Enter Restrictions」に「 $B(1,1) = -1, B(1,2) = -1, B(1,3) = 1, B(1,4) = 0$ 」と入力して、共和分検定を行えば良い。検定の結果は以下の通りである。

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.325997	56.78592	35.19275	0.0001
At most 1	0.140322	18.12291	20.26184	0.0959
At most 2	0.033168	3.305551	9.164546	0.5252

Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level
 * denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
 **Mackinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.325997	38.66301	22.29962	0.0001
At most 1	0.140322	14.81735	15.89210	0.0731
At most 2	0.033168	3.305551	9.164546	0.5252

Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level
 * denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
 **Mackinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Restrictions:
 $B(1,1)=-1, B(1,2)=-1, B(1,3)=1, B(1,4)=0$

Tests of cointegration restrictions:

Hypothesized No. of CE(s)	Restricted Log-likelihood	LR Statistic	Degrees of Freedom	Probability
1	-34.67721	1.812835	3	0.612146
2	-26.86941	1.014584	2	0.602124

1 Cointegrating Equation(s): Convergence achieved after 1 iterations.

Restricted cointegrating coefficients (standard error in parentheses)				
Y	Z	W	C	
-1.000000 (0.000000)	-1.000000 (0.000000)	1.000000 (0.000000)	0.000000 (0.000000)	

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(Y)	0.526490 (0.13056)
D(Z)	0.089170 (0.16103)
D(W)	0.108290 (0.18825)

2 Cointegrating Equation(s): Convergence achieved after 7 iterations.

Restricted cointegrating coefficients (not all coefficients are identified)				
Y	Z	W	C	
-1.000000 2.210812	-1.000000 1.352784	1.000000 -1.955012	0.000000 -0.392508	

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(Y)	0.584266 (0.12739)	0.081216 (0.02962)
D(Z)	0.148463 (0.15903)	0.083378 (0.03698)
D(W)	0.224844 (0.17651)	0.163842 (0.04105)

尤度比検定統計量は 1.812835 となり、 p 値は 0.612146 となる。従って、制約 $\beta_0 = 0, \beta_2 = -1, \beta_3 = 1$ は棄却されない。以上より、第 3 段階の結果は再現された。

[4]

(a) まず初めに、tbill を rs、tb1yr を rl にそれぞれ名前を変更する。次に、各変数を選択して、「View」→「Unit Root Tests」→「Standard Unit Root Tests」を選択する。また、ラグは 7 を各変数に対して選択する。以下の表は、各変数に対する ADF 検定の結果である。

まず rs_t に関して検定を行う。検定の結果は以下の通りである。

Null Hypothesis: RS has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 7 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
			-1.613035	0.4741
Test critical values:				
1% level			-3.462412	
5% level			-2.875538	
10% level			-2.574309	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(RS)				
Method: Least Squares				
Date: 09/02/19 Time: 21:01				
Sample (adjusted): 1962Q1 2012Q4				
Included observations: 204 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RS(-1)	-0.027652	0.017143	-1.613035	0.1084
D(RS(-1))	0.400050	0.069640	5.744521	0.0000
D(RS(-2))	-0.366753	0.074879	-4.897920	0.0000
D(RS(-3))	0.418952	0.078347	5.347411	0.0000
D(RS(-4))	-0.144646	0.082892	-1.745007	0.0826
D(RS(-5))	0.213610	0.078979	2.704642	0.0074
D(RS(-6))	-0.074299	0.075019	-0.990414	0.3232
D(RS(-7))	-0.198451	0.070449	-2.816945	0.0053
C	0.131619	0.099987	1.316358	0.1896
R-squared	0.293621	Mean dependent var	-0.011618	
Adjusted R-squared	0.264641	S.D. dependent var	0.759163	
S.E. of regression	0.651006	Akaike info criterion	2.022519	
Sum squared resid	82.64270	Schwarz criterion	2.168907	
Log likelihood	-197.2969	Hannan-Quinn criter.	2.081735	
F-statistic	10.13195	Durbin-Watson stat	1.965143	
Prob(F-statistic)	0.000000			

次に、 rl_t に関して検定を行う。検定の結果は以下の通りである。

Null Hypothesis: RL has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 7 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
			-1.393196	0.5851
Test critical values:				
1% level			-3.462412	
5% level			-2.875538	
10% level			-2.574309	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(RL)				
Method: Least Squares				
Date: 09/02/19 Time: 21:01				
Sample (adjusted): 1962Q1 2012Q4				
Included observations: 204 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RL(-1)	-0.023665	0.016986	-1.393196	0.1651
D(RL(-1))	0.313491	0.070101	4.472009	0.0000
D(RL(-2))	-0.296303	0.073557	-4.028180	0.0001
D(RL(-3))	0.313207	0.076512	4.093583	0.0001
D(RL(-4))	-0.024148	0.079520	-0.303292	0.7620
D(RL(-5))	0.057011	0.077147	0.738996	0.4608
D(RL(-6))	-0.006097	0.073399	-0.083083	0.9339
D(RL(-7))	-0.188391	0.070605	-2.688256	0.0083
C	0.121024	0.109143	1.108855	0.2689
R-squared	0.206334	Mean dependent var	-0.014363	
Adjusted R-squared	0.173773	S.D. dependent var	0.766494	
S.E. of regression	0.696720	Akaike info criterion	2.158248	
Sum squared resid	94.65661	Schwarz criterion	2.304636	
Log likelihood	-211.1413	Hannan-Quinn criter.	2.217465	
F-statistic	6.336904	Durbin-Watson stat	1.969037	
Prob(F-statistic)	0.000000			

従って、ADF 検定統計量の値はそれぞれ、-1.61304 と -1.39320 となる。

(b) まず「Quick」→「Estimate Equation...」を選択して「rs c rl」と入力し、 rs_t を「独立」変数として用いた場合の長期関係の推定を行う。推定結果は以下の通りである。同様に、
「Quick」→「Estimate Equation...」を選択して「rl c rs」と入力し、 rl_t を「独立」変数として用いた場合の長期関係の推定を行う。それぞれの推定結果は以下の通りである。

Dependent Variable: RS				
Method: Least Squares				
Date: 09/02/19 Time: 21:14				
Sample: 1960Q1 2012Q4				
Included observations: 212				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.186974	0.047846	-3.907876	0.0001
RL	0.935604	0.007456	125.4807	0.0000
R-squared	0.986838	Mean dependent var	5.032547	
Adjusted R-squared	0.986776	S.D. dependent var	2.993406	
S.E. of regression	0.344233	Akaike info criterion	0.714396	
Sum squared resid	24.88430	Schwarz criterion	0.746062	
Log likelihood	-73.72597	Hannan-Quinn criter.	0.727195	
F-statistic	15745.39	Durbin-Watson stat	0.582656	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Dependent Variable: RL				
Method: Least Squares				
Date: 09/02/19 Time: 21:15				
Sample: 1960Q1 2012Q4				
Included observations: 212				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.270639	0.049190	5.501950	0.0000
RS	1.054761	0.008406	125.4807	0.0000
R-squared	0.986838	Mean dependent var	5.578774	
Adjusted R-squared	0.986776	S.D. dependent var	3.178313	
S.E. of regression	0.365497	Akaike info criterion	0.834273	
Sum squared resid	28.05354	Schwarz criterion	0.865939	
Log likelihood	-86.43298	Hannan-Quinn criter.	0.847072	
F-statistic	15745.39	Durbin-Watson stat	0.576647	
Prob(F-statistic)	0.000000			

従って、問題文通り、 rs_t を左辺の変数とした場合、 $rs_t = -0.187 + 0.936rl_t$ が求められる。

(c) rs_t の長期関係の推定を行った直後、コマンドウインドウに

genr e_s = resid

と打つと、 e_s に残差が保存される。 rl_t の残差についても同様に保存することが出来る。 e_s をクリックし、「View」→「Unit Root Tests」→「Standard Unit Root Tests」と進む。ラグを6に設定した際の rs_t の残差の ADF 検定の結果は以下の通りである。なお、ここでは、説明変数に定数項を含めない設定で ADF 検定を行なっている。

Null Hypothesis: E_S has a unit root				
Exogenous: None				
Lag Length: 6 (Fixed)				
	t-Statistic	Prob.*		
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.784322	0.0000		
Test critical values:	1% level	-2.576291		
	5% level	-1.942383		
	10% level	-1.615669		
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(E_S)				
Method: Least Squares				
Date: 09/03/19 Time: 15:14				
Sample (adjusted): 1961Q4 2012Q4				
Included observations: 205 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
E_S(-1)	-0.371800	0.077712	-4.784322	0.0000
D(E_S(-1))	0.227026	0.081702	2.778709	0.0060
D(E_S(-2))	-0.029765	0.079219	-0.375733	0.7075
D(E_S(-3))	0.112752	0.077105	1.462310	0.1452
D(E_S(-4))	0.120914	0.075399	1.603655	0.1104
D(E_S(-5))	-0.001189	0.070357	-0.016906	0.9865
D(E_S(-6))	-0.155839	0.069640	-2.237790	0.0263
R-squared	0.252233	Mean dependent var	0.002181	
Adjusted R-squared	0.229574	S.D. dependent var	0.265609	
S.E. of regression	0.233136	Akaike info criterion	-0.040841	
Sum squared resid	10.76177	Schwarz criterion	0.072628	
Log likelihood	11.18616	Hannan-Quinn criter.	0.005055	
Durbin-Watson stat	1.986162			

従って、 a_1 の推定値は-0.372で、 t 統計量は-4.78であることがわかる。2変数のモデルでサ

サンプルサイズは約 200 であるため、付表 C より、有意水準 5% の臨界値は -3.368 であることがわかる。従って、共和分関係がないという帰無仮説は棄却されるため、 rs_t と rl_t の間には共和分関係があると考えられる。

また、同様に、 rl_t の残差の ADF 検定を行う。検定の結果は以下の通りである。 rs_t の残差の検定同様に、説明変数に定数項を含めない設定で ADF 検定を行なっている。

Null Hypothesis: E_L has a unit root Exogenous: None Lag Length: 6 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
			-4.443000	0.0000
Test critical values:				
1% level			-2.576291	
5% level			-1.942383	
10% level			-1.615669	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(E_L)				
Method: Least Squares				
Date: 09/03/19 Time: 15:14				
Sample (adjusted): 1961Q4 2012Q4				
Included observations: 205 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
E_L(-1)	-0.337334	0.075925	-4.443000	0.0000
D(E_L(-1))	0.195908	0.081659	2.399102	0.0174
D(E_L(-2))	-0.051852	0.078825	-0.657816	0.5114
D(E_L(-3))	0.084286	0.076981	1.094888	0.2749
D(E_L(-4))	0.101752	0.075128	1.354379	0.1772
D(E_L(-5))	-0.029091	0.070187	-0.414483	0.6790
D(E_L(-6))	-0.178310	0.069494	-2.565847	0.0110
R-squared	0.249315	Mean dependent var	-0.002483	
Adjusted R-squared	0.226567	S.D. dependent var	0.280566	
S.E. of regression	0.246743	Akaike info criterion	0.072614	
Sum squared resid	12.05470	Schwarz criterion	0.186083	
Log likelihood	-0.442974	Hannan-Quinn criter.	0.118510	
Durbin-Watson stat	1.987210			

従って、 a_1 の推定値は -0.337 で、 t 統計量は -4.44 であることがわかる。有意水準 5% の臨界値は -3.368 であるので、共和分関係がないという帰無仮説は棄却される。従って、 rs_t と rl_t の間には共和分関係があると考えられる。

(d) 「Quick」 → 「Estimate VAR」 を選択し、内生変数として $d(rs) d(rl)$ を選び、外生変数として $c e_l(-1)$ を選ぶ。デフォルトのラグで VAR モデルの推定を行った後、「View」 → 「Lag Structure」 → 「Lag Length Criteria」 を選択し、最大のラグを 10 とする。以下の表は、ラグ選択の結果である。

VAR Lag Order Selection Criteria
 Endogenous variables: D(RS) D(RL)
 Exogenous variables: C E_L(-1)
 Date: 09/03/19 Time: 15:47
 Sample: 1960Q1 2012Q4
 Included observations: 201

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-236.4861	NA	0.037521	2.392896	2.458634*	2.419497
1	-226.6619	19.25738	0.035409	2.334944	2.466419	2.388145
2	-208.3685	16.09170	0.033929	2.292224	2.489436	2.372024
3	-208.1641	19.59642	0.031899	2.230489	2.493439	2.336890
4	-204.4994	6.964827	0.032008	2.233825	2.562512	2.366826
5	-189.7821	27.67727	0.028774	2.127185	2.521610	2.286786
6	-181.2911	15.79927*	0.027521	2.082498	2.542660	2.268700*
7	-176.5417	8.742554	0.027323	2.075042	2.600941	2.287844
8	-172.1306	8.032253	0.027219*	2.070951*	2.662588	2.310353
9	-170.7842	2.424748	0.027957	2.097356	2.754730	2.363358
10	-169.2102	2.803529	0.028653	2.121494	2.844606	2.414097

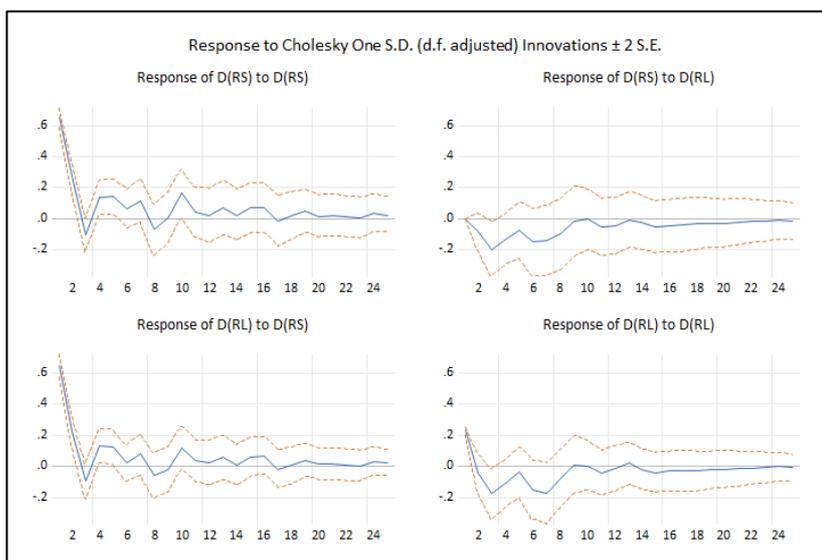
* indicates lag order selected by the criterion
 LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)
 FPE: Final prediction error
 AIC: Akaike information criterion
 SC: Schwarz information criterion
 HQ: Hannan-Quinn information criterion

今回は AIC を用いて、ラグを 8 とする。以下の表はラグを 8 とした下での誤差修正モデルの推定結果である。

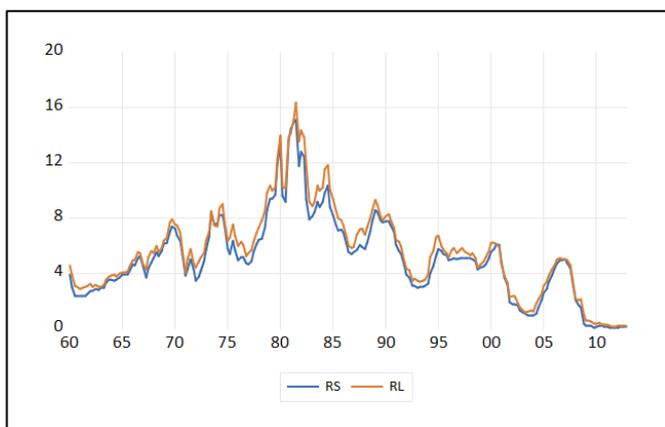
Vector Autoregression Estimates
 Date: 09/03/19 Time: 17:58
 Sample (adjusted): 1962Q2 2012Q4
 Included observations: 203 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

	D(RS)	D(RL)
D(RS(-1))	0.783767 (0.27238) [2.87742]	0.522847 (0.28943) [1.80540]
D(RS(-2))	0.254846 (0.28502) [0.94733]	0.598833 (0.28289) [1.05637]
D(RS(-3))	0.590883 (0.24270) [2.43464]	0.508492 (0.25521) [1.99244]
D(RS(-4))	0.039962 (0.23732) [0.13047]	-0.068023 (0.24955) [-0.26457]
D(RS(-5))	0.440756 (0.22005) [1.93275]	0.450090 (0.23090) [1.92233]
D(RS(-6))	0.085408 (0.22440) [0.38091]	0.263422 (0.23596) [1.11638]
D(RS(-7))	-0.075961 (0.20955) [-0.36232]	-0.102938 (0.22046) [-0.46692]
D(RS(-8))	-0.023402 (0.20737) [-0.01641]	-0.092604 (0.21807) [-0.42456]
D(RL(-1))	-0.385725 (0.26544) [-1.37778]	-0.170547 (0.27913) [-0.63249]
D(RL(-2))	-0.620017 (0.25969) [-2.38750]	-0.612411 (0.27308) [-2.24259]
D(RL(-3))	-0.205424 (0.23693) [-0.86701]	-0.166533 (0.24915) [-0.66841]
D(RL(-4))	-0.134089 (0.22427) [-0.59790]	-0.022871 (0.23582) [-0.09698]
D(RL(-5))	-0.283073 (0.21852) [-1.29305]	-0.362311 (0.23020) [-1.57386]
D(RL(-6))	-0.097006 (0.21209) [-0.45739]	-0.295712 (0.22302) [-1.32594]
D(RL(-7))	-0.178748 (0.20244) [-0.88295]	-0.120708 (0.21288) [-0.56702]
D(RL(-8))	0.125212 (0.19960) [0.62637]	0.155541 (0.21021) [0.73994]
C	-0.008874 (0.04592) [-0.19326]	-0.015938 (0.04829) [-0.33006]
E_L(-1)	0.605509 (0.23073) [2.19098]	0.162929 (0.24293) [0.67110]
R-squared	0.320307	0.209997
Adj. R-squared	0.284400	0.202479
Sum sq. resid	78.76864	87.10020
S.E. equation	0.652515	0.686157
F-statistic	5.270923	4.019750
Log likelihood	-191.9554	-202.1606
Akaike AIC	2.088526	2.189070
Schwarz SC	2.162408	2.462862
Mean dependent	-0.012956	-0.014975
S.D. dependent	0.750799	0.768338
Determinant resid covariance (dof adj.)		0.022561
Determinant resid covariance		0.018729
Log likelihood		-172.3558
Akaike information criterion		2.052776
Schwarz criterion		2.643340
Number of coefficients		36

次に、Var Window から、「View」→「Impulse Response」を選択する。そして、デフォルトの設定のまま OK を押す。すると、以下のインパルス応答関数のプロットを得る。



(e) まず、両変数をプロットして、線形トレンドの存在を確認する。Workfile Window で「View」→「Show」と進み、rs と rl を選択して OK を押すと、2 変数のグループが作られる。そのグループで「View」→「Graph...」と進み、デフォルトの設定のまま OK を押すと、以下のグラフを得る。



上のグラフから、これらの変数には線形トレンドがないと言える。

次に上で作成した Group で「View」→「Cointegration Test」→「Johansen System Cointegration Test」を選択する。そして、2 番目の設定 (Intercept (no trend) in CE – no intercept in VAR) と 7 までのラグを選択して検定を行う。以下の表は、検定の結果である。

Date: 09/03/19 Time: 16:09				
Sample (adjusted): 1962Q1 2012Q4				
Included observations: 204 after adjustments				
Trend assumption: No deterministic trend (restricted constant)				
Series: RS RL				
Lags interval (in first differences): 1 to 7				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.125574	28.52948	20.26184	0.0029
At most 1	0.005647	1.155182	9.164546	0.9301
Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.125574	27.37430	15.89210	0.0005
At most 1	0.005647	1.155182	9.164546	0.9301
Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Unrestricted Cointegrating Coefficients (normalized by b*S11*b-1):				
RS	RL	C		
5.270645	-4.801049	0.184688		
-0.928675	1.166900	-1.443046		
Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):				
D(RS)	-0.136472	-0.037851		
D(RL)	-0.067446	-0.047226		
1 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -172.9423				
Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)				
RS	RL	C		
1.000000	-0.910903	0.035041		
	(0.01274)	(0.08191)		
Adjustment coefficients (standard error in parentheses)				
D(RS)	-0.719296			
	(0.23740)			
D(RL)	-0.355482			
	(0.25042)			

ここから、固有値 0.126 と 0.006 が求まる。今回、 $T = 204$ と $n = 2$ であるから、

$$\lambda_{trace}(0) = -204[\ln(1 - 0.126) + \ln(1 - 0.006)] = 28.701$$

$$\lambda_{trace}(1) = -204\ln(1 - 0.006) = 1.228$$

$$\lambda_{max}(0) = -204\ln(1 - 0.126) = 27.474$$

$$\lambda_{max}(1) = -204\ln(1 - 0.006) = 1.228$$

と求まる。付表 D の 3 段目（共和分ベクトルに定数が含まれる場合）より、有意水準 5 パーセントの元で、 $\lambda_{trace}(1)$ の臨界値と $\lambda_{max}(1)$ の臨界値は共に 9.24 であることがわかる。また、有意水準 5 パーセントの元で、 $\lambda_{trace}(0)$ の臨界値は 19.96、 $\lambda_{max}(1)$ の臨界値は 15.67 であることがわかる。従って、共和分ベクトルがないという帰無仮説は、どちらの統計量を用いても棄却される。また、共和分ベクトルが 1 つ存在するという帰無仮説は、どちらの統計量を用いても棄却されない。従って、共和分ベクトルの数は 1 であると決定することが出来る。

[5]

(a) Command に

genr lcanpci = log(canpci)

genr lcanex = log(canex)

genr ljanpci = log(japanpci)

gener l japanex = log(japanex)

gener lswcpi = log(swcpi)

gener lswex = log(swex)

gener luscpi = log(uscpi)

と入力して、各変数を対数変換する。次に、対数変換された各変数に対して、単位根の事前検定を行う。各変数をクリックして、「View」→「Unit Root Tests」→「Standard Unit Root Tests」を選択する。以下の表は、各変数に対する ADF 検定の結果である。

Null Hypothesis: LANCPI has a unit root				
Exogenous: Constant, Linear Trend				
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=17)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
Test critical values:			-5.682866	0.0000
	1% level		-3.977413	
	5% level		-3.419270	
	10% level		-3.132212	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LANCPI)				
Method: Least Squares				
Date: 09/03/19 Time: 16:58				
Sample (adjusted): 1974M02 2013M10				
Included observations: 477 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LANCPI(-1)	-0.006596	0.001161	-5.682866	0.0000
C	0.041301	0.006031	6.847591	0.0000
@TREND("1974M01")	3.88E-06	3.62E-06	1.071659	0.2844
R-squared	0.296252	Mean dependent var		0.003366
Adjusted R-squared	0.293283	S.D. dependent var		0.004295
S.E. of regression	0.003611	Akaike info criterion		-8.403433
Sum squared resid	0.006180	Schwarz criterion		-8.377222
Log likelihood	2007.219	Hannan-Quinn criter.		-8.393127
F-statistic	99.76831	Durbin-Watson stat		1.812108
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: LKANEX has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=17)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
Test critical values:			-1.763086	0.3988
	1% level		-3.443834	
	5% level		-2.867379	
	10% level		-2.569943	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LKANEX)				
Method: Least Squares				
Date: 09/03/19 Time: 16:59				
Sample (adjusted): 1974M03 2013M11				
Included observations: 477 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LCANEX(-1)	-0.008236	0.004672	-1.763086	0.0785
D(LCANEX(-1))	0.253071	0.044355	5.705637	0.0000
C	0.001770	0.001126	1.571753	0.1167
R-squared	0.068482	Mean dependent var		0.000149
Adjusted R-squared	0.064551	S.D. dependent var		0.014267
S.E. of regression	0.013799	Akaike info criterion		-5.722188
Sum squared resid	0.090254	Schwarz criterion		-5.695977
Log likelihood	1367.742	Hannan-Quinn criter.		-5.711882
F-statistic	17.42336	Durbin-Watson stat		1.995535
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: LJAPANCI has a unit root				
Exogenous: Constant, Linear Trend				
Lag Length: 12 (Automatic - based on SIC, maxlag=17)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-3.139569	0.0984
Test critical values:	1% level		-3.977959	
	5% level		-3.419536	
	10% level		-3.132369	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LJAPANCI)				
Method: Least Squares				
Date: 09/03/19 Time: 17:00				
Sample (adjusted): 1975M02 2013M09				
Included observations: 464 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LJAPANCI(-1)	-0.008370	0.002666	-3.139569	0.0018
D(LJAPANCI(-1))	-0.015781	0.041587	-0.379478	0.7045
D(LJAPANCI(-2))	-0.156171	0.041442	-3.768416	0.0002
D(LJAPANCI(-3))	-0.041840	0.041439	-1.009678	0.3132
D(LJAPANCI(-4))	-0.043252	0.040972	-1.055655	0.2917
D(LJAPANCI(-5))	0.083171	0.040990	2.029033	0.0430
D(LJAPANCI(-6))	0.016751	0.041061	0.407963	0.6835
D(LJAPANCI(-7))	0.044795	0.040732	1.099754	0.2720
D(LJAPANCI(-8))	-0.019816	0.040319	-0.491474	0.6233
D(LJAPANCI(-9))	-0.013973	0.040267	-0.347016	0.7287
D(LJAPANCI(-10))	-0.194734	0.039427	-4.939139	0.0000
D(LJAPANCI(-11))	0.035767	0.040139	0.891079	0.3734
D(LJAPANCI(-12))	0.417153	0.039048	10.68295	0.0000
C	0.048275	0.014810	3.259726	0.0012
@TREND("1974M01")	-1.55E-06	2.29E-06	-0.676715	0.4989
R-squared	0.472398	Mean dependent var		0.001341
Adjusted R-squared	0.455947	S.D. dependent var		0.005127
S.E. of regression	0.003782	Akaike info criterion		-8.285530
Sum squared resid	0.006421	Schwarz criterion		-8.151697
Log likelihood	1937.243	Hannan-Quinn criter.		-8.232848
F-statistic	28.71572	Durbin-Watson stat		1.982831
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: LJAPANEX has a unit root				
Exogenous: Constant, Linear Trend				
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=17)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-2.167826	0.5060
Test critical values:	1% level		-3.977873	
	5% level		-3.419494	
	10% level		-3.132345	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LJAPANEX)				
Method: Least Squares				
Date: 09/03/19 Time: 17:01				
Sample (adjusted): 1974M03 2012M12				
Included observations: 466 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LJAPANEX(-1)	-0.015383	0.007096	-2.167826	0.0307
D(LJAPANEX(-1))	0.324946	0.044118	7.365322	0.0000
C	0.081907	0.039410	2.078311	0.0382
@TREND("1974M01")	-3.10E-05	2.01E-05	-1.543787	0.1233
R-squared	0.112023	Mean dependent var		-0.002228
Adjusted R-squared	0.106257	S.D. dependent var		0.027251
S.E. of regression	0.025763	Akaike info criterion		-4.471233
Sum squared resid	0.306637	Schwarz criterion		-4.435660
Log likelihood	1045.797	Hannan-Quinn criter.		-4.457233
F-statistic	19.42786	Durbin-Watson stat		1.978203
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: LSWCPI has a unit root				
Exogenous: Constant, Linear Trend				
Lag Length: 13 (Automatic - based on SIC, maxlag=17)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-0.059564	0.9954
Test critical values:	1% level		-3.977959	
	5% level		-3.419536	
	10% level		-3.132369	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LSWCPI)				
Method: Least Squares				
Date: 09/03/19 Time: 17:02				
Sample (adjusted): 1975M03 2013M10				
Included observations: 464 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LSWCPI(-1)	-0.000116	0.001939	-0.059564	0.9525
D(LSWCPI(-1))	0.156407	0.046851	3.338413	0.0009
D(LSWCPI(-2))	0.107453	0.043464	2.472200	0.0138
D(LSWCPI(-3))	-0.063234	0.043735	-1.445837	0.1489
D(LSWCPI(-4))	-0.010971	0.043651	-0.251342	0.8017
D(LSWCPI(-5))	0.018217	0.043617	0.417659	0.6764
D(LSWCPI(-6))	0.167667	0.042733	3.923549	0.0001
D(LSWCPI(-7))	0.011498	0.043173	0.266319	0.7901
D(LSWCPI(-8))	-0.141607	0.042223	-3.353834	0.0009
D(LSWCPI(-9))	-0.051692	0.042759	-1.208924	0.2273
D(LSWCPI(-10))	0.072368	0.042129	1.717776	0.0865
D(LSWCPI(-11))	0.005226	0.041694	0.125341	0.9003
D(LSWCPI(-12))	0.390185	0.041271	9.454211	0.0000
D(LSWCPI(-13))	-0.102942	0.044355	-2.320852	0.0207
C	0.001842	0.009621	0.191441	0.8483
@TREND("1974M01")	-2.36E-06	3.67E-06	-0.643546	0.5202
R-squared	0.372598	Mean dependent var		0.001585
Adjusted R-squared	0.351591	S.D. dependent var		0.003611
S.E. of regression	0.002908	Akaike info criterion		-8.808785
Sum squared resid	0.003789	Schwarz criterion		-8.666030
Log likelihood	2059.638	Hannan-Quinn criter.		-8.752592
F-statistic	17.73703	Durbin-Watson stat		1.982937
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: LSWEX has a unit root				
Exogenous: Constant, Linear Trend				
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=17)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-3.139935	0.0983
Test critical values:	1% level		-3.977413	
	5% level		-3.419270	
	10% level		-3.132212	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LSWEX)				
Method: Least Squares				
Date: 09/03/19 Time: 17:03				
Sample (adjusted): 1974M03 2013M11				
Included observations: 477 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LSWEX(-1)	-0.026579	0.008465	-3.139935	0.0018
D(LSWEX(-1))	0.295217	0.043558	6.777505	0.0000
C	0.020319	0.007766	2.616318	0.0092
@TREND("1974M01")	-4.51E-05	1.80E-05	-2.498671	0.0128
R-squared	0.101581	Mean dependent var		-0.002614
Adjusted R-squared	0.095882	S.D. dependent var		0.028855
S.E. of regression	0.027437	Akaike info criterion		-4.345522
Sum squared resid	0.356061	Schwarz criterion		-4.310574
Log likelihood	1040.407	Hannan-Quinn criter.		-4.331781
F-statistic	17.82672	Durbin-Watson stat		1.972604
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: LUSCPI has a unit root				
Exogenous: Constant, Linear Trend				
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=17)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-3.350756	0.0595
Test critical values:				
	1% level		-3.977413	
	5% level		-3.419270	
	10% level		-3.132212	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LUSCPI)				
Method: Least Squares				
Date: 09/03/19 Time: 17:07				
Sample (adjusted): 1974M03 2013M11				
Included observations: 477 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LUSCPI(-1)	-0.003567	0.001065	-3.350756	0.0009
D(LUSCPI(-1))	0.512285	0.039108	13.09931	0.0000
C	0.021118	0.005468	3.862310	0.0001
@TREND("1974M01")	5.01E-06	3.26E-06	1.537463	0.1248
R-squared	0.482091	Mean dependent var		0.003351
Adjusted R-squared	0.478806	S.D. dependent var		0.003345
S.E. of regression	0.002415	Akaike info criterion		-9.206074
Sum squared resid	0.002758	Schwarz criterion		-9.171127
Log likelihood	2199.649	Hannan-Quinn criter.		-9.192333
F-statistic	146.7626	Durbin-Watson stat		1.929378
Prob(F-statistic)	0.000000			

従って、カナダの CPI を除いた系列については、有意水準 5% の元で、単位根があるという帰無仮説を棄却することはできない。ただし、米国の CPI については、有意水準 10% の元では単位根仮説を棄却できる。米国の CPI がトレンド定常である場合、米国の系列を PPP の共和分分析に含めることは出来ない。

(b) 「Quick」 → 「Estimate Equation...」を選択して「lJapanex c lJapancpi luscpy」と入力し、推定を行う。推定結果は以下の通りである。

Dependent Variable: LJAPANEX				
Method: Least Squares				
Date: 09/03/19 Time: 17:19				
Sample (adjusted): 1974M01 2012M12				
Included observations: 468 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	9.974595	0.365929	27.25829	0.0000
LJAPANCPI	-0.104197	0.106670	-0.976814	0.3292
LUSCPI	-0.768226	0.045048	-17.05351	0.0000
R-squared	0.833613	Mean dependent var		4.947846
Adjusted R-squared	0.832897	S.D. dependent var		0.381611
S.E. of regression	0.155996	Akaike info criterion		-0.871586
Sum squared resid	11.31563	Schwarz criterion		-0.844993
Log likelihood	206.9511	Hannan-Quinn criter.		-0.861122
F-statistic	1164.844	Durbin-Watson stat		0.031157
Prob(F-statistic)	0.000000			

係数の点推定値は長期の PPP に一致しているようには見えない。長期の PPP が成立しているとするば、 $e = \frac{P}{P^*}$ (e は自国通貨建ての名目為替レート、P は自国の物価水準、P* は外国の

物価水準)が成立するため、自国(日本)と他国(米国)の消費者物価指数が与える為替レートへの影響は正反対の効果を持つはずである。しかし、自国の消費者物価指数と他国の消費者物価指数の点推定値の符号は共に負である。従って、係数の点推定値は長期の PPP と整合的ではない。

また、共和分回帰で共和分ベクトルを求めた際、共和分ベクトルのパラメータの有意性を調べるための t 統計量は一般に正規分布に従わない。従って、上の t 値から日本の CPI は有意ではないと判断してはいけない。

(c) l japanex の長期関係の推定を行った後、Command に

genr e = resid

と打つと、e に残差が保存される。次に、11 期のラグ階差を用いて e の ADF 検定を行う。e をクリックし、「View」→「Unit Root Tests」→「Standard Unit Root Tests」と進む。ラグを 11 に設定した際の残差の ADF 検定の結果は以下の通りである。なお、ここでは、説明変数に定数項を含めない設定で ADF 検定を行なっている。

Null Hypothesis: E has a unit root				
Exogenous: None				
Lag Length: 11 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-3.430520	0.0006
Test critical values:				
	1% level		-2.570043	
	5% level		-1.941519	
	10% level		-1.616233	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(E)				
Method: Least Squares				
Date: 12/01/19 Time: 18:28				
Sample (adjusted): 1975M01 2012M12				
Included observations: 456 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
E(-1)	-0.028442	0.008291	-3.430520	0.0007
D(E(-1))	0.326313	0.046552	7.009645	0.0000
D(E(-2))	-0.030768	0.049071	-0.627016	0.5310
D(E(-3))	0.073662	0.049137	1.499126	0.1346
D(E(-4))	0.028405	0.049183	0.577531	0.5639
D(E(-5))	-0.054597	0.049278	-1.107953	0.2685
D(E(-6))	-0.044013	0.049432	-0.890370	0.3737
D(E(-7))	0.006249	0.049575	0.126051	0.8997
D(E(-8))	0.109865	0.049674	2.211741	0.0275
D(E(-9))	0.054779	0.049843	1.099019	0.2724
D(E(-10))	0.012984	0.049777	0.260844	0.7943
D(E(-11))	0.142475	0.047581	2.994341	0.0029
R-squared	0.173654	Mean dependent var		0.000279
Adjusted R-squared	0.153181	S.D. dependent var		0.027737
S.E. of regression	0.025524	Akaike info criterion		-4.472409
Sum squared resid	0.289261	Schwarz criterion		-4.363922
Log likelihood	1031.709	Hannan-Quinn criter.		-4.429673
Durbin-Watson stat	1.988389			

\hat{e}_{t-1} の係数の t 統計量の値は -3.43 である。また、付表 C より、3 変数でサンプルサイズが 500 の場合の、有意水準 5% の臨界値は -3.760、有意水準 10% の臨界値は -3.464 である。従って、残差 \hat{e}_t の単位根を棄却することはできないので、変数間に共和分関係があるとは言えない。よって、長期の PPP が成立するとは言えない。

(d) (b)(c)と同じ手続きで分析をする。まず「Quick」→「Estimate Equation...」を選択して「Icanex lcanpci luscpi」と入力し、カナダと米国の長期関係の推定を行う。推定結果は以下の通りである。

Dependent Variable: LKANEX				
Method: Least Squares				
Date: 09/03/19 Time: 17:48				
Sample (adjusted): 1974M01 2013M10				
Included observations: 478 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.473626	0.074457	-6.361022	0.0000
LKANPCI	1.462156	0.122667	11.91975	0.0000
LUSCPI	-1.369746	0.121536	-11.27030	0.0000
R-squared	0.270569	Mean dependent var		0.199201
Adjusted R-squared	0.267498	S.D. dependent var		0.135708
S.E. of regression	0.116147	Akaike info criterion		-1.461662
Sum squared resid	6.407820	Schwarz criterion		-1.435493
Log likelihood	352.3373	Hannan-Quinn criter.		-1.451374
F-statistic	88.09638	Durbin-Watson stat		0.017045
Prob(F-statistic)	0.000000			

係数の点推定値は PPP と整合的に見える。次に、Icanex の長期関係の推定を行った後、Command に

```
genr e_can = resid
```

と打つと、e_can に残差が保存される。次に、10 期のラグ階差を用いて e_can の ADF 検定を行う。e_can をクリックし、「View」→「Unit Root Tests」→「Standard Unit Root Tests」と進む。ラグを 10 に設定した際の残差の ADF 検定の結果は以下の通りである。日本の場合同様、説明変数に定数項を含めない設定で ADF 検定を行なっている。

Null Hypothesis: E_CAN has a unit root				
Exogenous: None				
Lag Length: 10 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
			-1.894861	0.0555
Test critical values:				
1% level			-2.569923	
5% level			-1.941503	
10% level			-1.616244	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(E_CAN)				
Method: Least Squares				
Date: 12/01/19 Time: 18:30				
Sample (adjusted): 1974M12 2013M10				
Included observations: 467 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
E_CAN(-1)	-0.011635	0.006140	-1.894861	0.0587
D(E_CAN(-1))	0.178366	0.046412	3.843108	0.0001
D(E_CAN(-2))	0.031864	0.047093	0.676615	0.4990
D(E_CAN(-3))	0.008196	0.047014	0.174323	0.8617
D(E_CAN(-4))	0.095005	0.046915	2.025031	0.0434
D(E_CAN(-5))	-0.016727	0.047116	-0.355012	0.7227
D(E_CAN(-6))	-0.035848	0.047085	-0.761356	0.4468
D(E_CAN(-7))	-0.055004	0.046904	-1.172699	0.2415
D(E_CAN(-8))	0.058717	0.046993	1.249483	0.2121
D(E_CAN(-9))	-0.023997	0.047073	-0.509789	0.6104
D(E_CAN(-10))	0.121727	0.046455	2.620294	0.0091
R-squared	0.066508	Mean dependent var		-0.000172
Adjusted R-squared	0.046037	S.D. dependent var		0.015231
S.E. of regression	0.014876	Akaike info criterion		-5.554854
Sum squared resid	0.100912	Schwarz criterion		-5.457188
Log likelihood	1308.058	Hannan-Quinn criter.		-5.516419
Durbin-Watson stat	2.006184			

従って、 t 統計量 -1.89 を得る。有意水準 5% の臨界値は -3.760、有意水準 10% の臨界値は -3.464

であった。従って、残差 \hat{e}_t の単位根を棄却することはできないので、変数間に共和分関係があるとは言えない。よって、長期の PPP が成立するとは言えない。

次に、スイスの場合を分析する。まず「Quick」→「Estimate Equation...」を選択して「lswex lswcpi luscpi」と入力し、スイスと米国の長期関係の推定を行う。推定結果は以下の通りである。

Dependent Variable: LSWEX				
Method: Least Squares				
Date: 09/03/19 Time: 17:51				
Sample (adjusted): 1974M01 2013M10				
Included observations: 478 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.217545	0.377185	5.879200	0.0000
LSWCPI	0.762982	0.175229	4.354204	0.0000
LUSCPI	-1.018826	0.101226	-10.06490	0.0000
R-squared	0.744200	Mean dependent var		0.426652
Adjusted R-squared	0.743123	S.D. dependent var		0.295634
S.E. of regression	0.149836	Akaike info criterion		-0.952289
Sum squared resid	10.66420	Schwarz criterion		-0.926120
Log likelihood	230.5970	Hannan-Quinn criter.		-0.942001
F-statistic	690.9587	Durbin-Watson stat		0.036824
Prob(F-statistic)	0.000000			

係数の点推定値は PPP と整合的に見える。次に、lswex の長期関係の推定を行った後、Command に

```
genr e_sw = resid
```

と打つと、e_sw に残差が保存される。次に、10期のラグ階差を用いて e_sw の ADF 検定を行う。e_sw をクリックし、「View」→「Unit Root Tests」→「Standard Unit Root Tests」と進む。ラグを 10 に設定した際の残差の ADF 検定の結果は以下の通りである。日本の場合同様、説明変数に定数項を含めない設定で ADF 検定を行なっている。

Null Hypothesis: E_SW has a unit root				
Exogenous: None				
Lag Length: 10 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
Test critical values:			-3.029539	0.0025
	1% level		-2.569923	
	5% level		-1.941503	
	10% level		-1.616244	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(E_SW)				
Method: Least Squares				
Date: 12/01/19 Time: 18:30				
Sample (adjusted): 1974M12 2013M10				
Included observations: 467 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
E_SW(-1)	-0.027400	0.009044	-3.029539	0.0026
D(E_SW(-1))	0.320197	0.046222	6.927373	0.0000
D(E_SW(-2))	-0.071155	0.048538	-1.465963	0.1433
D(E_SW(-3))	0.060824	0.048547	1.252886	0.2109
D(E_SW(-4))	-0.012638	0.048490	-0.260633	0.7945
D(E_SW(-5))	-0.030711	0.048486	-0.633403	0.5268
D(E_SW(-6))	0.078358	0.048438	1.617712	0.1064
D(E_SW(-7))	-0.073463	0.048390	-1.518148	0.1297
D(E_SW(-8))	0.105083	0.048532	2.165220	0.0309
D(E_SW(-9))	-0.016830	0.048506	-0.346981	0.7288
D(E_SW(-10))	0.104473	0.046388	2.252165	0.0248
R-squared	0.122058	Mean dependent var		-0.000304
Adjusted R-squared	0.102805	S.D. dependent var		0.028706
S.E. of regression	0.027191	Akaike info criterion		-4.348606
Sum squared resid	0.337138	Schwarz criterion		-4.250941
Log likelihood	1026.399	Hannan-Quinn criter.		-4.310172
Durbin-Watson stat	1.997391			

従って、 t 統計量-3.03 を得る。有意水準 5%の臨界値は-3.760、有意水準 10%の臨界値は-3.464 であった。従って、残差 \hat{e}_t の単位根を棄却することはできないので、変数間に共和分関係があるとは言えない。よって、長期の PPP が成立するとは言えない。

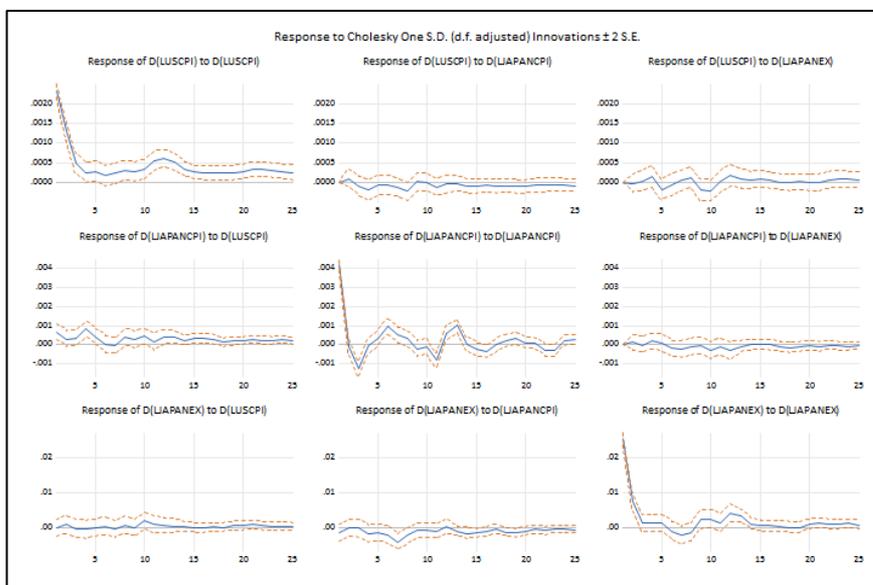
(e) 「Quick」 → 「Estimate VAR」 を選択し、内生変数として $d(\text{luscpi})$ $d(\text{ljapanapi})$ $d(\text{ljapanex})$ を選び、外生変数として c $e(-1)$ を選ぶ。また、ラグを 11 にする。すると、以下の推定結果を得る。

Vector Autoregression Estimates
Date: 12/01/19 Time: 19:31
Sample (adjusted): 1975M01 2012M12
Included observations: 456 after adjustments
Standard errors in () t-statistics in []

	D(LUSCP)	D(LJAPANCP)	D(LJAPANEX)
D(LUSCP(-1))	0.55084 (0.04917) [11.2005]	0.13171 (0.08871) [1.48212]	0.35088 (0.53375) [0.65742]
D(LUSCP(-2))	-0.094755 (0.05575) [-1.69968]	0.167185 (0.10172) [1.64352]	-0.418599 (0.60522) [-0.69165]
D(LUSCP(-3))	0.051200 (0.05575) [0.91632]	0.282402 (0.10173) [2.77590]	0.103216 (0.05227) [0.19553]
D(LUSCP(-4))	0.054484 (0.05580) [0.97535]	0.034646 (0.19183) [0.34025]	0.153715 (0.60282) [0.25373]
D(LUSCP(-5))	-0.001678 (0.05576) [-0.03009]	-0.048574 (0.10175) [-0.47739]	0.332632 (0.60536) [0.54981]
D(LUSCP(-6))	0.078900 (0.05567) [1.38385]	-0.081444 (0.10140) [-0.80322]	0.097137 (0.60327) [0.16192]
D(LUSCP(-7))	0.051646 (0.05541) [0.92821]	0.053550 (0.19153) [0.52745]	0.739975 (0.28044) [1.22503]
D(LUSCP(-8))	0.003256 (0.05543) [0.05875]	-0.121303 (0.10114) [-1.19933]	-0.160167 (0.60176) [-0.26616]
D(LUSCP(-9))	0.087401 (0.05513) [1.58549]	0.072967 (0.10059) [0.72542]	1.229199 (0.59845) [2.05399]
D(LUSCP(-10))	0.099983 (0.05491) [1.81980]	0.062518 (0.10024) [0.62367]	-0.319056 (0.59541) [-0.53496]
D(LUSCP(-11))	0.048274 (0.04938) [0.97782]	0.117973 (0.09011) [1.30928]	0.045143 (0.53609) [0.08421]
D(LJAPANCP(-1))	0.025126 (0.02895) [0.83239]	-0.023082 (0.04917) [-0.46941]	0.091407 (0.29256) [0.31244]
D(LJAPANCP(-2))	-0.033723 (0.02910) [-1.19198]	-0.301388 (0.04763) [-6.32698]	-0.055224 (0.28336) [-0.19468]
D(LJAPANCP(-3))	-0.022321 (0.02588) [-0.83049]	-0.029423 (0.04904) [-0.59996]	-0.346595 (0.29178) [-1.18785]
D(LJAPANCP(-4))	-0.006874 (0.02677) [-0.25674]	-0.001803 (0.04885) [-0.03690]	-0.237402 (0.29066) [-0.81679]
D(LJAPANCP(-5))	-0.018351 (0.02594) [-0.70733]	0.229425 (0.04734) [4.84621]	-0.545229 (0.28196) [-1.93578]
D(LJAPANCP(-6))	-0.025221 (0.02591) [-0.97428]	0.177416 (0.04742) [3.75602]	-0.935619 (0.28109) [-3.32925]
D(LJAPANCP(-7))	-0.035630 (0.02530) [-1.40846]	0.241344 (0.04616) [5.22846]	-0.340038 (0.27463) [-1.23816]
D(LJAPANCP(-8))	0.030420 (0.02814) [1.16377]	0.070750 (0.04770) [1.48334]	-0.205708 (0.28378) [-0.72490]
D(LJAPANCP(-9))	0.000907 (0.02516) [0.38095]	0.078098 (0.04591) [1.70114]	-0.062557 (0.27314) [-0.22903]
D(LJAPANCP(-10))	-0.008130 (0.02448) [-0.33217]	-0.235885 (0.04466) [-5.28805]	0.028885 (0.26572) [0.11240]
D(LJAPANCP(-11))	0.024051 (0.02445) [0.98368]	0.049063 (0.04611) [1.06973]	0.527473 (0.29543) [1.78722]
D(LJAPANEX(-1))	-0.000821 (0.00439) [-0.18674]	0.005242 (0.00802) [0.65375]	0.301178 (0.04771) [6.31331]
D(LJAPANEX(-2))	0.002332 (0.00460) [0.50703]	-0.002344 (0.00839) [-0.27927]	-0.041477 (0.04693) [-0.83070]
D(LJAPANEX(-3))	0.004566 (0.00459) [0.99556]	0.009582 (0.00837) [1.14495]	0.050884 (0.04979) [1.02215]
D(LJAPANEX(-4))	-0.011302 (0.00459) [-2.46128]	-0.000301 (0.00838) [-0.03598]	0.025543 (0.04885) [0.51237]
D(LJAPANEX(-5))	0.005259 (0.00453) [1.15839]	-0.005574 (0.00844) [-0.77848]	-0.053184 (0.05024) [-1.05858]
D(LJAPANEX(-6))	0.001294 (0.00464) [0.27889]	-0.007897 (0.00847) [-0.93273]	-0.058680 (0.05037) [-1.13056]
D(LJAPANEX(-7))	0.004091 (0.00468) [0.87722]	-0.002660 (0.00851) [-0.31257]	-0.005039 (0.05063) [-0.09951]
D(LJAPANEX(-8))	-0.010139 (0.00468) [-2.16560]	0.005970 (0.00854) [0.69877]	0.112838 (0.05083) [2.22002]
D(LJAPANEX(-9))	-0.001634 (0.00471) [-0.34685]	-0.013468 (0.00860) [-1.55553]	0.057492 (0.05118) [1.12326]
D(LJAPANEX(-10))	0.005783 (0.00472) [1.22451]	-0.001521 (0.00862) [-0.17643]	0.010974 (0.05130) [0.20810]
D(LJAPANEX(-11))	0.003122 (0.00454) [0.68750]	-0.009845 (0.00828) [-1.18640]	0.117931 (0.04929) [2.39258]
C	0.000275 (0.00022) [1.22557]	-0.000977 (0.00041) [-2.38365]	-0.000395 (0.00244) [-0.17550]
E(-1)	-0.001267 (0.00078) [-1.63373]	0.001158 (0.00142) [0.81791]	-0.029780 (0.00842) [-3.53672]
R-squared	0.516086	0.371910	0.209017
Adj. R-squared	0.476983	0.321186	0.145137
Sum sq. resid	0.002311	0.007693	0.272318
S.E. equation	0.002343	0.004275	0.025433
F-statistic	12.20451	7.331955	3.272029
Log likelihood	2132.911	1858.607	1945.471
Akaike AIC	-2013365	-7998540	-4.431890
Schwarz SIC	-8.884948	-7.682120	-4.115471
Mean dependent	0.003276	0.013160	-0.002379
S.D. dependent	0.003239	0.005188	0.027507
Determinant resid covariance (dof adj.)	6.31E-14		
Determinant resid covariance	4.97E-14		
Log likelihood	5043.376		
Akaike information criterion	-21.65655		
Schwarz criterion	-20.71029		
Number of coefficients	105		

従って、問題文の推定結果が確かめられた。

(f) Var Window から、「View」→「Impulse Response」を選択する。そして、デフォルトの設定のまま OK を押す。すると、以下のインパルス応答関数のプロットを得る。



(g) (b)の回帰式の被説明変数と説明変数を入れ替え、それぞれの回帰式の残差を用いて(c)と同じ手続きによってエンゲル＝グレンジャーの共積分検定を行う。

まず、 $\ln(JAPANCP1_t)$ を被説明変数として長期関係を推定する。「Quick」→「Estimate Equation...」を選択して「l_japancpi c l_japanex luscpi」と入力した後、OK を押せば良い。そして、command に

```
genr e_japancpi = resid
```

と入力し、残差を保存する。次に e_japancpi をクリックして、「View」→「Unit Root Tests」→「Standard Unit Root Tests」と進む。また、ADF 検定の右辺に定数項を含めない設定にして、ラグを 11 とする。すると、検定結果は以下の通りになる。

Null Hypothesis: E_JAPANCP1 has a unit root				
Exogenous: None				
Lag Length: 11 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
Test critical values:			-1.020441	0.2766
1% level			-2.570043	
5% level			-1.941519	
10% level			-1.616233	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(E_JAPANCP1)				
Method: Least Squares				
Date: 12/02/19 Time: 13:47				
Sample (adjusted): 1975M01 2012M12				
Included observations: 456 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
E_JAPANCP1(-1)	-0.003517	0.003447	-1.020441	0.3081
D(E_JAPANCP1(-1))	0.040499	0.047136	0.859197	0.3907
D(E_JAPANCP1(-2))	-0.255254	0.045876	-5.564040	0.0000
D(E_JAPANCP1(-3))	-0.001610	0.046802	-0.034408	0.9726
D(E_JAPANCP1(-4))	0.029901	0.046611	0.641512	0.5215
D(E_JAPANCP1(-5))	0.222187	0.045536	4.879411	0.0000
D(E_JAPANCP1(-6))	0.158861	0.045498	3.491584	0.0005
D(E_JAPANCP1(-7))	0.222633	0.044284	5.027433	0.0000
D(E_JAPANCP1(-8))	0.048576	0.045358	1.070951	0.2848
D(E_JAPANCP1(-9))	0.063355	0.044347	1.428612	0.1538
D(E_JAPANCP1(-10))	-0.227386	0.043399	-5.239417	0.0000
D(E_JAPANCP1(-11))	0.088483	0.043667	2.026314	0.0433
R-squared	0.245589	Mean dependent var	8.17E-05	
Adjusted R-squared	0.226899	S.D. dependent var	0.004953	
S.E. of regression	0.004355	Akaike info criterion	-8.009098	
Sum squared resid	0.008420	Schwarz criterion	-7.900612	
Log likelihood	1838.074	Hannan-Quinn criter.	-7.966363	
Durbin-Watson stat	2.090074			

\hat{e}_{t-1} の係数の t 統計量の値は-1.02 である。また、付表 C より、3 変数でサンプルサイズが 500 の場合の、有意水準 5% の臨界値は-3.760、有意水準 10% の臨界値は-3.464 である。従って、残差 \hat{e}_t の単位根を棄却することはできないので、変数間に共和分関係があるとは言えない。

次に、 $\ln(USCPI_t)$ を被説明変数として長期関係を推定する。「Quick」→「Estimate Equation...」を選択して「luscpi c l japanex l japancpi」と入力した後、OK を押せば良い。そして、command に

genr e_uscpi = resid

と入力し、残差を保存する。次に e_uscpi をクリックして、「View」→「Unit Root Tests」→「Standard Unit Root Tests」と進む。また、ADF 検定の右辺に定数項を含めない設定にして、ラグを 11 とする。すると、検定結果は以下の通りになる。

Null Hypothesis: E_USCPI has a unit root				
Exogenous: None				
Lag Length: 11 (Fixed)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-2.074000	0.0367
Test critical values:				
1% level			-2.570043	
5% level			-1.941519	
10% level			-1.616233	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(E_USCPI)				
Method: Least Squares				
Date: 12/02/19 Time: 13:48				
Sample (adjusted): 1975M01 2012M12				
Included observations: 456 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
E_USCPI(-1)	-0.012338	0.005949	-2.074000	0.0387
D(E_USCPI(-1))	0.307425	0.046593	6.598079	0.0000
D(E_USCPI(-2))	-0.078697	0.048789	-1.612995	0.1075
D(E_USCPI(-3))	0.050239	0.048893	1.027538	0.3047
D(E_USCPI(-4))	-0.018749	0.048957	-0.382961	0.7019
D(E_USCPI(-5))	0.010761	0.049056	0.219373	0.8265
D(E_USCPI(-6))	0.023615	0.049109	0.480874	0.6308
D(E_USCPI(-7))	0.026444	0.049267	0.536752	0.5917
D(E_USCPI(-8))	0.051517	0.049291	1.045160	0.2965
D(E_USCPI(-9))	0.069663	0.049132	1.417870	0.1569
D(E_USCPI(-10))	-0.031032	0.048962	-0.633810	0.5265
D(E_USCPI(-11))	0.177928	0.046517	3.825010	0.0001
R-squared	0.132736	Mean dependent var		0.000315
Adjusted R-squared	0.111250	S.D. dependent var		0.015766
S.E. of regression	0.014864	Akaike info criterion		-5.553836
Sum squared resid	0.098092	Schwarz criterion		-5.445350
Log likelihood	1278.275	Hannan-Quinn criter.		-5.511101
Durbin-Watson stat	2.033771			

$\hat{\epsilon}_{t-1}$ の係数の t 統計量の値は-2.07 である。また、付表 C より、3 変数でサンプルサイズが 500 の場合の、有意水準 5%の臨界値は-3.760、有意水準 10%の臨界値は-3.464 である。従って、残差 $\hat{\epsilon}_t$ の単位根を棄却することはできないので、変数間に共和分関係があるとは言えない。

以上の結果より、共和分検定の結果は、誤差修正項のために必要であった長期関係の回帰式の基準化に影響されないことが言える。

[6]

(a) Workfile Window で「View」→「Show」と進み、Icanex Icanncpi Iuscpi を選択して OK を押すと、3 変数のグループを作成できる。次に作成した Group で「View」→「Cointegration Test」→「Johansen System Cointegration Test」を選択する。そして、2 番目の設定 (Intercept (no trend) in CE – no intercept in VAR) と 11 までのラグを選択して検定を行う。以下の表は、検定の結果である。

Date: 09/10/19 Time: 18:38
Sample (adjusted): 1975M01 2013M10
Included observations: 466 after adjustments
Trend assumption: No deterministic trend (restricted constant)
Series: L CANEX L CANCPI L USCPI
Lags interval (in first differences): 1 to 11

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.053550	35.98645	35.19275	0.0410
At most 1	0.013768	10.33931	20.26184	0.6085
At most 2	0.008290	3.879021	9.164546	0.4304

Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.053550	25.64714	22.29962	0.0164
At most 1	0.013768	6.460287	15.89210	0.7347
At most 2	0.008290	3.879021	9.164546	0.4304

Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegrating Coefficients (normalized by b*S11*b=I):

	L CANEX	L CANCPI	L USCPI	C
	-0.948888	-6.483529	1.599531	31.65324
	-4.705497	5.680340	-5.564153	-1.563373
	5.638679	-25.18417	23.80554	9.036904

Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):

	D(L CANEX)	D(L CANCPI)	D(L USCPI)
	0.000952	0.001384	-0.000388
	0.000536	-5.63E-05	0.000217
	0.000390	-0.000153	-7.01E-05

1 Cointegrating Equation(s): Log likelihood 5579.262

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

L CANEX	L CANCPI	L USCPI	C
1.000000	6.832766 (5.59683)	-1.685690 (5.22791)	-33.35826 (7.00906)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(L CANEX)	D(L CANCPI)	D(L USCPI)
-0.000904 (0.00060)	-0.000509 (0.00015)	-0.000370 (0.00010)

2 Cointegrating Equation(s): Log likelihood 5582.492

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

L CANEX	L CANCPI	L USCPI	C
1.000000	0.000000	0.751833 (0.36630)	-4.726278 (2.29581)
0.000000	1.000000	-0.356740 (0.13068)	-4.190393 (0.81904)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(L CANEX)	D(L CANCPI)	D(L USCPI)
-0.007417 (0.00302)	-0.000244 (0.00077)	0.001690 (0.00543)
	-0.003798 (0.00137)	-0.003392 (0.00092)

従って、 λ_{trace} 統計量と λ_{max} 統計量の値は問題文の表と一致する。付表 D の 3 段目 (共和分ベクトルに定数が含まれる場合) より、有意水準 5 パーセントの元で、 $\lambda_{trace}(0)$ の臨界値は 34.91、 $\lambda_{max}(0)$ の臨界値は共に 22 であることがわかる。従って、共和分関係がないという帰無仮説は棄却される。また、有意水準 5 パーセントの元で、 $\lambda_{trace}(1)$ の臨界値は 19.96、 $\lambda_{max}(1)$ の臨界値は共に 15.67 であることがわかる。従って、共和分関係が 1 つ存在するという帰無仮説は棄却出来ない。従って、共和分ベクトルの数は 1 であることが確認出来る。

(b) 問題文の共和分ベクトルを為替レート $\ln(CANEX_t)$ について基準化すると、

$$\ln(CANEX_t) + 6.833\ln(CANCPI_t) - 1.686\ln(USCPI_t) - 33.358$$

となる。この長期関係は PPP と整合的であるとは考えられない。PPP が成立しているなら、 $\ln(CANEX_t)$ と $\ln(CANCPI_t)$ の係数の符号は異なるものであるべきである。