

## arch - ARCH 系モデル 【評価版】

arch コマンドは ARCH, GARCH 等、種々の ARCH 系モデルに対応した推定コマンドで、ボラティリティをモデル化する機能を提供します。

1. ARCH 系モデル	
2. ARCH/GARCH	Example 1
	Example 2
3. 非対称モデル	Example 3
	Example 4
4. 誤差分布	Example 5
5. 制約付きの ARCH モデル	Example 6

## 1. ARCH 系モデル

時系列の変動性 (volatility) は時間的に一定とは言えません。変動の小さい時期と変動の大きな時期とがそれぞれある程度の期間持続することは経済系、特に金融系の時系列で良く見られる傾向です。ARCH (autoregressive conditional heteroskedasticity) 系のモデルはこの時間依存の volatility を観測された過去の volatility の関数として表現しようとするものです。実際、変動のモデルの方が条件付き平均値のモデルよりも高い関心と呼ぶケースもあります。さらに arch コマンドで実装されているように、回帰変数を用いることによって volatility 中の構造的成分をモデル化することもできます。

arch は各種 ARCH 系のモデルを条件付き最尤法 (conditional maximum likelihood) を用いてフィットさせます。“条件付き”という意味は、イノベーション (innovations) の 2 乗値  $\epsilon_t^2$ 、及び分散  $\sigma_t^2$  に対し仮定された、あるいは推定された値 (priming values) に基づき尤度の計算が行われることによるものです。

Engle (1982) によって提唱された ARCH( $m$ ) モデルの基本形は次のように表現されます。

$$y_t = \mathbf{x}_t\boldsymbol{\beta} + \epsilon_t \quad (\text{conditional mean}) \quad (1a)$$

$$\sigma_t^2 = \gamma_0 + \gamma_1\epsilon_{t-1}^2 + \gamma_2\epsilon_{t-2}^2 + \cdots + \gamma_m\epsilon_{t-m}^2 \quad (\text{conditional variance}) \quad (1b)$$

ただし  $\epsilon_t^2$  は残差 (または innovations) の 2 乗であり、 $\gamma_i$  は ARCH パラメータを意味します。このモデルの特徴は条件付き平均と条件付き分散の双方がモデル化されている点です。特に後者は過去の予測されない innovation の大きさ、すなわち  $\epsilon_t^2$  の関数として表現されています。

(1) 式に対し条件付き分散のラグ項を追加することによって次の GARCH( $m, k$ ) モデルが構成されます。

$$y_t = \mathbf{x}_t \boldsymbol{\beta} + \epsilon_t \quad (2a)$$

$$\sigma_t^2 = \gamma_0 + \gamma_1 \epsilon_{t-1}^2 + \gamma_2 \epsilon_{t-2}^2 + \cdots + \gamma_m \epsilon_{t-m}^2 + \delta_1 \sigma_{t-1}^2 + \delta_2 \sigma_{t-2}^2 + \cdots + \delta_k \sigma_{t-k}^2 \quad (2b)$$

ただし  $\gamma_i$  は ARCH パラメータであり、 $\delta_i$  は GARCH パラメータを表します。

評価版では割愛しています。

## 2. ARCH/GARCH

### ▷ Example 1: ARCH/GARCH モデル

ここでは Example データセット wpi1.dta を用いて ARCH/GARCH モデルのフィットを行います。

```
. use http://www.stata-press.com/data/r14/wpi1.dta *1
```

このデータセット中には米国の卸売物価指数 (wholesale price index) に関するデータが 1960q1 から 1990q4 にわたり四半期ごとに記録されています。なお、変数 ln\_wpi の表す値は  $\ln(\text{wpi})$  を意味します。

```
. list if _n <= 4 | _n >= (_N - 3), separator(4) *2
```

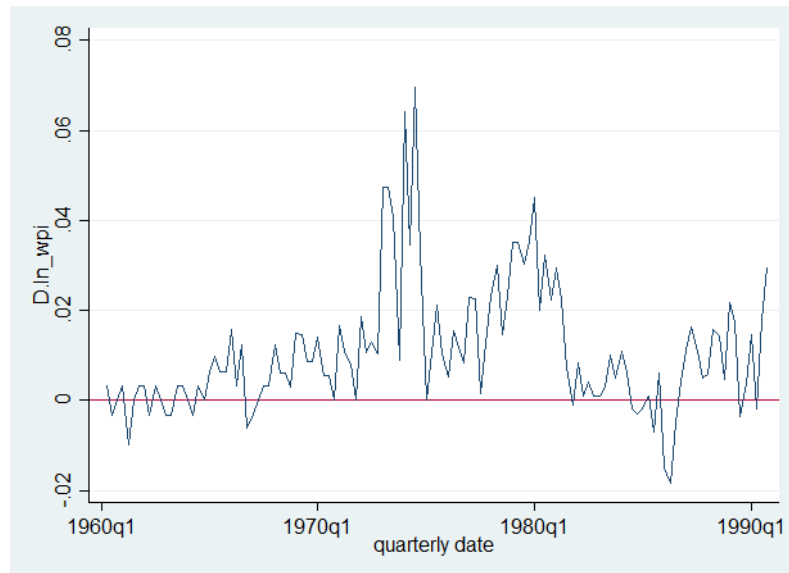
	wpi	t	ln_wpi
1.	30.7	1960q1	3.424263
2.	30.8	1960q2	3.427515
3.	30.7	1960q3	3.424263
4.	30.7	1960q4	3.424263
121.	111	1990q1	4.70953
122.	110.8	1990q2	4.707727
123.	112.8	1990q3	4.725616
124.	116.2	1990q4	4.755313

\*1 メニュー操作 : File ▷ Example Datasets ▷ Stata 14 manual datasets と操作、Time-Series Reference Manual [TS] の arch の項よりダウンロードする。

\*2 メニュー操作 : Data ▷ Describe data ▷ List data

ここで  $D.\ln\_wpi$  ( $\ln\_wpi$  の 1 階差分) についてプロットしてみます。

```
. twoway (line D.\ln_wpi t), yline(0) *3
```



このプロットより価格変動 (volatility) の大きい時期と比較的平穏な時期が混在していることが見て取れます。

評価版では割愛しています。

ARCH 効果の存在が確認できたところで GARCH(1, 1) モデルのフィットを行って見ます。なお、 $D.\ln\_wpi$  を  $y_t$  と書いた場合、ARCH(1) モデルは (1) 式より

$$\begin{cases} y_t = \mathbf{x}_t\boldsymbol{\beta} + \epsilon_t \\ \sigma_t^2 = \gamma_0 + \gamma_1\epsilon_{t-1}^2 \end{cases} \quad (3)$$

のように書けるのに対し、それを拡張した GARCH(1, 1) モデルは (2) 式より

$$\begin{cases} y_t = \mathbf{x}_t\boldsymbol{\beta} + \epsilon_t \\ \sigma_t^2 = \gamma_0 + \gamma_1\epsilon_{t-1}^2 + \delta_1\sigma_{t-1}^2 \end{cases} \quad (4)$$

のように表現される点にご注意ください。

- Statistics ▷ Time series ▷ ARCH/GARCH ▷ ARCH and GARCH models と操作
- Model タブ: Dependent variable:  $D.\ln\_wpi$   
Specify maximum lags: ARCH maximum lag: 1  
GARCH maximum lag: 1

\*3 メニュー操作 : Graphics ▷ Twoway graph (scatter, line, etc.)

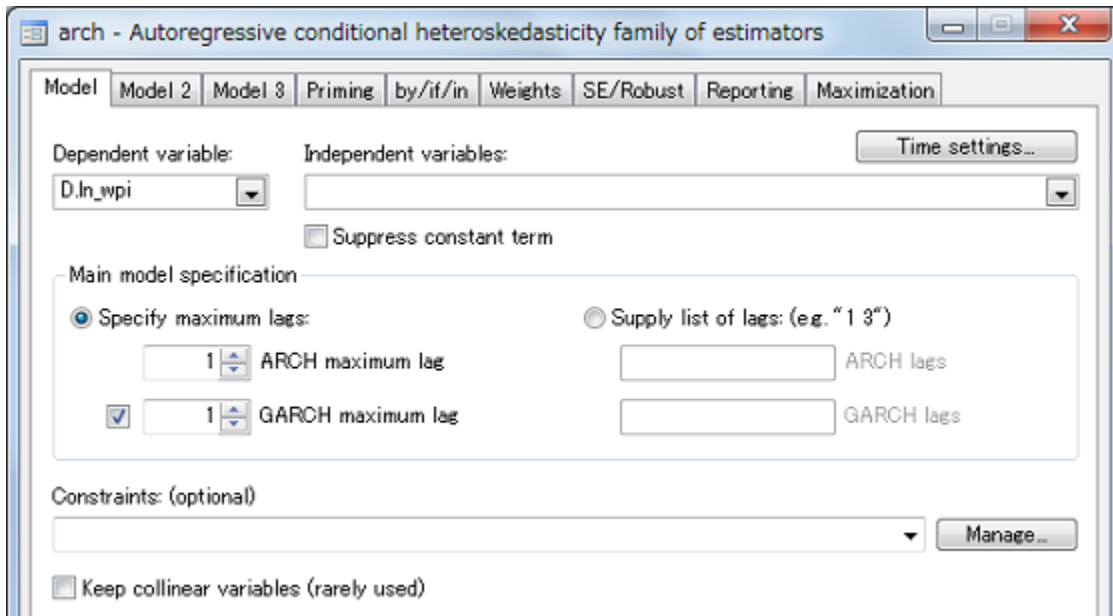


図2 arch ダイアログ - Model タブ

```
. arch D.ln_wpi, arch(1/1) garch(1/1)

(setting optimization to BHHH)
Iteration 0:  log likelihood = 355.23458
Iteration 1:  log likelihood = 365.64586
Iteration 2:  log likelihood = 366.89268
Iteration 3:  log likelihood = 369.65205
Iteration 4:  log likelihood = 370.42566
(switching optimization to BFGS)
Iteration 5:  log likelihood = 372.41703
Iteration 6:  log likelihood = 373.11099
Iteration 7:  log likelihood = 373.1894
Iteration 8:  log likelihood = 373.23277
Iteration 9:  log likelihood = 373.23394
Iteration 10: log likelihood = 373.23397

ARCH family regression

Sample: 1960q2 - 1990q4          Number of obs   =       123
Distribution: Gaussian          Wald chi2(.)    =         .
Log likelihood = 373.234        Prob > chi2     =         .
```

D.ln_wpi	OPG				
	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
ln_wpi					
_cons	.0061167	.0010616	5.76	0.000	.0040361 .0081974
ARCH					
arch					
L1.	.4364123	.2437428	1.79	0.073	-.0413147 .9141394
garch					
L1.	.4544606	.1866606	2.43	0.015	.0886127 .8203086
_cons	.0000269	.0000122	2.20	0.028	2.97e-06 .0000508

arch コマンドの出力より (4) 式中のパラメータは次のように推定されたことが読み取れます。

平均の式：  $\hat{\beta}_0 = 0.0061$

分散の式：  $\hat{\gamma}_0 = 0.000$   $\hat{\gamma}_1 = 0.436$   $\hat{\delta}_1 = 0.454$

評価版では割愛しています。

▷ Example 2: ARMA 過程を伴うモデル

評価版では割愛しています。

### 3. 非対称モデル

▷ Example 3: EGARCH

評価版では割愛しています。

▷ Example 4: PGARCH

評価版では割愛しています。

### 4. 誤差分布

評価版では割愛しています。

▷ Example 5: 非正規な誤差分布

評価版では割愛しています。

