

パネルデータモデル

1 線形回帰モデル

1. xtreg コマンドは

$$y_{it} = \mathbf{x}_{it}\beta + \nu_i + \epsilon_{it} \quad (16.1)$$

という形で表現されるモデル式に対してフィットを行います。誤差項に個体固有の効果 (individual effects) ν_i が加わる点が通常の線形回帰モデルと異なります。この ν_i を推定可能な固定値とみなすアプローチが固定効果モデル (FE: fixed effect model)、ランダムな確率変数とみなして推定を行うアプローチが変量効果モデル (RE: random effect model) です。xtreg ではこの各々のモデルに対し次のような推定法を用意しています。

- FE 推定法 (within estimator)
- BE 推定法 (between estimator)
- GLS RE 推定法
- ML RE 推定法

詳細については [XT] xtreg (*mwp-017*) をご参照ください。

2. xtregar コマンド ([XT] xtregar 参照) は (16.1) 式の ϵ_{it} が 1 次の自己回帰過程、すなわち AR(1) 過程に従うとされる場合の推定法を提供します。推定法としては

- FE 推定法 (within estimator)
- GLS RE 推定法

の 2 種類が用意されています。

3. xtivreg コマンド ([XT] xtivreg 参照) は一部の共変量が内生変数であるようなモデルに対してフィットを行います。推定法としては

- between-2SLS estimator
- within-2SLS estimator
- first-differenced-2SLS estimator
- GLS random-effects-2SLS estimators

が用意されています。

4. `xtmixed` コマンドは `xtreg` を一般化したものと言えます。モデル式は複雑な形となりますが、説明変数が 1 つの場合について記しておくようになります。

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{it} + u_{0i} + u_{1i} z_{it} + \epsilon_{it} \quad (16.2)$$

個体に固有の変量効果部分に $u_{0i} + u_{1i} z_{it}$ という構造が持ち込まれている点に特徴があります。この場合、 u_{0i} はランダム切片 (random intercept)、 u_{1i} はランダム傾き (random slope) と呼ばれます。さらに `xtmixed` では多段構成のパネルデータの扱い、共分散構造の選択が可能です。詳細については [XT] `xtmixed` (*mwp-018*) をご参照ください。

5. `xtabond` コマンド ([XT] `xtabond` 参照) は動的パネルデータモデル — 従属変数のラグ項を含むモデル — に対して使用されます。推定に使用される Arellano-Bond 推定法は一般化モーメント法 (GMM: generalized method of moments) に基づくもので、次のタイプが選択できます。

- 1 段階推定法
- 1 段階ロバスト推定法
- 2 段階推定法

また `xtabond` からは Sargan 検定と自動相関検定の結果も出力されます。

6. `xtdpdsys` コマンド ([XT] `xtdpdsys` 参照) は `xtabond` を拡張したもので、AR 過程の係数値が大きな値のときでもよりバイアスの小さい推定値をもたらします。また `xtabond` に比べてより効率的 (efficient) な推定法でもあります。また `xtabond` では誤差の階差に基づくモーメント条件が用いられるわけですが、`xtdpdsys` の場合にはレベルの値もモーメント条件として使用されます。

7. `xtdpd` コマンド ([XT] `xtdpd` 参照) は `xtdpdsys` を拡張したもので、より広範な種類の動的パネルデータモデルについてパラメータ値の推定を行うことができます。また `xtabond` の場合、個体固有の誤差 (idiosyncratic errors) に関して系列相関 (serial correlation) がないことを前提としているわけですが、`xtdpd` ではそれを許容したモデルのフィットを行うことができます。また既定変数の構造はより複雑なものであっても扱うことができます。

8. `xtgls` コマンド ([XT] `xtgls` 参照) は

$$y_{it} = \mathbf{x}_{it}\boldsymbol{\beta} + \epsilon_{it} \quad (16.3)$$

というモデル式を前提に一般化最小 2 乗法 (GLS: generalized least-squares) に基づく推定を行います。その際、 ϵ_{it} については種々の分散構造が規定できます。 i 方向についてはデフォルトの i.i.d. (independently and identically distributed) の他に、不均一分散 (heteroskedasticity)、横断的相関 (cross-sectional correlation) を選択するオプションが用意されています。一方、 t 方向についてはデフォルトの無相関の他に AR(1) 自己相関の存在を仮定することが可能です*1。

9. `xtpcse` コマンド ([XT] `xtpcse` 参照) は擾乱 (disturbances) が i.i.d. とはみなせないときに、`xtgls` に代る推定法として利用されます。パラメータ値は OLS、または Prais-Winsten 回帰によって算出されますが、その標準誤差はパネル修正された形 (PCSE: panel-corrected standard error) で算出されます。

*1 AR(1) の係数値としてはパネル間で共通とするオプションの他に、パネル固有の係数値を想定するオプションも選択できます。

10. `xtreg` によってフィットされる RE モデルの場合、 i 内において交換可能な相関構造 (exchangeable correlation) を有するわけですが、これは `xtgls` のカバレッジには含まれません。これに対し `xtgee` ではその扱いが可能です。

`xtgee` ([XT] `xtgee` 参照) は PA (population-averaged) モデルに対するフィットを行います。また分散に関するロバストな推定も可能です。 `xtgee` を使用した場合には交換可能なもの以外にさまざまな相関構造を指定することができます。特に無構造 (unstructured) という選択を行った場合には、パネル内相関は何らの制約を課さない形で推定されることとなります。 `xtgee` については対象が線形モデルに限定されないため、別途セクション 3 で説明を行います。

11. `xttaylor` コマンド ([XT] `xttaylor` 参照) は

$$y_{it} = \mathbf{X}_{1it}\beta_1 + \mathbf{X}_{2it}\beta_2 + \mathbf{Z}_{1i}\delta_1 + \mathbf{Z}_{2i}\delta_2 + u_i + e_{it} \quad (16.4)$$

というモデル式で表現される変量効果モデルに対し推定を行う操作変数 (instrumental variables) 法ベースの推定法です。この場合、個体効果 u_i は説明変数 \mathbf{X}_{2it} と \mathbf{Z}_{2i} とは相関を有するものの、 \mathbf{X}_{1it} と \mathbf{Z}_{1i} に対しては無相関であることが仮定されます。なお、 \mathbf{Z}_1 と \mathbf{Z}_2 はパネル内で一定であるとしします。

12. `xtfrontier` コマンド ([XT] `xtfrontier` 参照) はパネルデータに対し確率的フロンティアモデル (stochastic frontier models) をフィットさせます。線形モデルのパラメータを推定するわけですが、擾乱項は 2 つの成分から構成されるとする点に特徴があります。第 1 の成分は非負の分布に従うものとされるのに対し、第 2 の成分の分布は対称形であることが仮定されます。計量経済の分野ではこの非負の成分を非効率項 (inefficiency term) と呼びます。非効率項については時間非依存の形でパラメータ化するアプローチの他に、時間変化を伴う形でのパラメータ化も可能です。

2 途中打ちりを伴う線形回帰モデル

1. `xttobit` コマンド ([XT] `xttobit` 参照) は変量効果 tobit モデルのフィットを行います。モデル式は (16.1) 式と変わらず、

$$y_{it} = \mathbf{x}_{it}\beta + \nu_i + \epsilon_{it} \quad (16.5)$$

のように表現されますが、左打ちりされた (left-censored) データの場合には $y_{it} \leq y_{it}^o$ であることを示す y_{it}^o という値が、右打ちりされた (right-censored) データの場合には $y_{it} \geq y_{it}^o$ であることを示す y_{it}^o という値が観測値として与えられることとなります。

2. `xtintreg` コマンド ([XT] `xtintreg` 参照) は変量効果区間回帰 (interval regression) の機能を提供します。 `xtintreg` の場合には开区間のみならず閉区間も許容されます。

3 一般化線形回帰モデル

一般化線形モデル (GLM: generalized linear model) のモデル式は次のように表現されます。

$$g\{E(y_j)\} = \mathbf{x}_j\boldsymbol{\beta}, \quad y_j \sim F \quad (16.6)$$

ここに $g()$ はリンク関数 (link function)、 F は指数型分布族のメンバを表し、これらを選択した上で推定が行われることとなります。この GLM をパネルデータにも対応できるように拡張する方法には 2 通りがあります。一般化線形混合モデル (GLMM: generalized linear mixed model) と一般化推定方程式 (GEE: generalized estimation equations) と呼ばれるアプローチがそれです。

GLMM の場合には変量効果 (random effects) を用いてパネル内相関がモデル化されます。該当するコマンドには次のものがあります。

- `xtmixed` ([XT] `xtmixed` (*mwp-018*) 参照)
- `xtmelogit` ([XT] `xtmelogit` (*mwp-020*) 参照)
- `xtmepoisson` ([XT] `xtmepoisson` 参照)

これに対して GEE の場合には作業相関構造 (working correlation structure) を用いてパネル内相関がモデル化されます。該当するコマンドには次のものがあります。

- `xtgee` ([XT] `xtgee` 参照)

4 質的従属変数モデル

1. `xtprobit` ([XT] `xtprobit` 参照) は最尤法により変量効果プロビット回帰を実行します。PA (population-averaged) モデルに対するフィット機能もサポートしていますが、それは `xtgee` で二項分布族、プロビットリンク、exchangeable な誤差構造を指定したものに他なりません。
2. `xtlogit` ([XT] `xtlogit` (*mwp-019*) 参照) は最尤法により変量効果ロジスティック回帰を実行します。それはまた条件付き固定効果モデルのフィットが行えると共に、`xtprobit` の場合と同様、GEE に基づく PA モデルのフィットも行えます。
3. `xtcloglog` ([XT] `xtcloglog` 参照) は最尤法により変量効果 cloglog (complementary log-log) 回帰を実行します。それはまた GEE に基づく PA モデルのフィットもサポートしています。
4. `xtmelogit` ([XT] `xtmelogit` (*mwp-020*) 参照) は二値アウトカムのパネルデータを対象に多段混合効果モデル (multilevel mixed-effects models) をフィットさせます。
5. `xtmepoisson` ([XT] `xtmepoisson` 参照) はカウント型アウトカムのパネルデータを対象に多段混合効果モデルをフィットさせます。

5 カウント型従属変数モデル

1. `xtpoisson` ([XT] `xtpoisson` 参照) は最尤法に基づき、2 種類の異なる変量効果ポアソン回帰モデルをフィットさせることができます。すなわち変量効果の分布としてはガンマ分布と正規分布の選択が可能です。それはまた条件付き固定効果モデルのフィットと GEE に基づく PA モデルのフィットもサポートしています。後者は `xtgee` でポアソン分布族、対数リンク、exchangeable な誤差構造を指定したものに他なりません。
2. `xtnbreg` ([XT] `xtnbreg` 参照) は最尤法に基づき負の二項回帰モデルをフィットさせます。その場合、変量効果の分布としてはベータ分布が仮定されます。それはまた条件付き固定効果モデルのフィットと GEE に基づく PA モデルのフィットもサポートしています。

6 ランダム係数モデル

`xtrc` ([XT] `xtrc` 参照) は Swamy のランダム係数線形回帰モデル (random-coefficients linear regression model) のフィットを行います。このモデルにおいては切片がグループ間で異なるだけでなく、係数値もグループごとに異なることが許容されます。`xtrc` は `xtmixed` の特殊ケースに過ぎません。

■