

現代的な重力方程式のパネル推定 **with** `fixest`

田中 鮎夢

2024-03-14

Table of Contents

はじめに	1
貿易データ	2
重力方程式の定式化	3
最小二乗法（OLS）推定	3
StataによるOLS推定	4
ポアソン擬似最尤（PPML）推定	4
StataによるPPML推定	5
Rで結果を見る	5
結果をLaTeXにエクスポートする	6
参考文献	6

はじめに

Anderson and Van Wincoop (2003)

が指摘した多角的貿易抵抗指数（物価効果）を制御するために、1時点のクロスセクションの貿易データであれば、輸出国のGDPの代わりに輸出国固定効果、輸入国のGDPの代わりに輸入国固定効果を説明変数に加えれば良い。2時点以上のパネルの貿易データであれば、毎年GDPや物価は変化するので、GDPの代わりに輸出国（輸入国）固定効果と年次固定効果の交差項を説明変数に加えることで、時変の輸出国（輸入国）属性を制御する。このように、GDPの代わりに、輸出国（輸入国）固定効果を用いるアプローチを「**固定効果アプローチ**」と呼んでいる。

さらに、重力方程式に、貿易ペアの固定効果を含めることがある。例えば、イギリスとアメリカという貿易国ペア、日本とアメリカという貿易国ペアごとにダミー変数を作成して、重力方程式の説明変数に加えるということである。これにより、貿易ペア固有の時間不変の要因を制御できる。貿易ペアの固定効果を推定に加えることは、計量経済学のテキストで「**固定効果法**」と呼ばれているパネルデータ推定法と同じである。ここでいう「**固定効果法**」は、先に述べた多角的貿易抵抗指数を制御するための「**固定効果アプローチ**」とは意味が違うことに注意が必要である。

このように、時変の輸出国（輸入国）固定効果、貿易ペアの固定効果、さらには年次固定効果を加えて、重力方程式をポワソン擬似最尤（PPML）で推定するのが、現代の重力方程式の標準的な推定方法である。多数の固定効果(ダミー変数)を含むため、Base Rでは計算上困難であるため、本ページでは、Berge and McDermott (2023)によって開発された`fixest`パッケージを用いる。

パッケージのインストールのインストールは以下のコードで行われる。

```
install.packages("fixest")
```

パッケージの読み込みを行う。

```
# パッケージの読み込み  
library(fixest)
```

貿易データ

`gravity_rta.csv`には、フランスの研究機関CEPIIが作成している、Gravityという無料のデータベースから、2国間の貿易額やRTAの有無など必要最小限のデータを抜き出している。`gravity_rta.csv`には、2010-2018年の9年間の世界の2国間の貿易額が収録されている。Gravityデータベースは定期的に更新されている。本ページで用いるデータは、「Gravity_dta_V202211」版であり、2024年3月に入手した。

- year: Year
- rta: 1 = RTA (source: WTO)
- tradeflow_baci: Trade flow, 1000 USD (source: BACI)
- pair group(iso3_o iso3_d)
- origin Origin ISO3 alphabetic
- destination Destination ISO3 alphabetic

Rは大規模なデータの読み込みには非常に時間がかかる。事実上読み込めないことがある。今回使うデータは、`readxl`パッケージの`read_excel`ではexcel形式で読み込めない。そのため、Dowle et al. (2019)が開発した大規模なデータの読み込みに対応している`data.table`パッケージをまずインストールする。

```
install.packages("data.table")
```

そして、`data.table`パッケージの`fread`関数でcsvファイルを読み込む。

```
library(data.table)  
gravity_rta <- fread("gravity_rta.csv")  
head(gravity_rta)
```

```
##      year iso3_o iso3_d   rta tradeflow_baci pair
##      <int> <char> <char> <int>          <num> <int>
## 1:  2017   ABW   AFG     0      160.164     2
## 2:  2018   ABW   AFG     0      1023.860     2
## 3:  2010   ABW   AGO     0     50257.141     3
## 4:  2011   ABW   AGO     0         0.142     3
## 5:  2012   ABW   AGO     0         0.329     3
## 6:  2013   ABW   AGO     0        25.000     3
```

重力方程式の定式化

我々は、貿易に対するRTA（regional trade agreement）の効果を検証するために、重力モデルを推定することにする。従属変数は二国間の貿易水準であり、独立変数は二国間のRTAダミーである。以下のように定式化する：

$$E(\text{Trade}_{i,j,t}) = \gamma_{i,t}^{\text{Exporter}} \times \gamma_{j,t}^{\text{Importer}} \times \gamma_t^{\text{Year}} \times \text{RTA}_{ij,t}^{\beta}$$

ここで、添え字*i*、*j*、*t*はそれぞれ輸出国、輸入国、年を表し、 γ はこれらのグループの固定効果である。ここで β は注目される処置効果である。

Silva and Tenreyro (2006)

に従い、ポワソン擬似最尤（PPML）推定を用いて重力方程式を推定することを考える。これは次の関係を導く：

$$E(\text{Trade}_{i,j,t}) = \exp(\gamma_{i,t}^{\text{Exporter}} + \gamma_{j,t}^{\text{Importer}} + \gamma_t^{\text{Year}} + \beta \times \text{RTA}_{ij,t})$$

最小二乗法（OLS）推定

まずは、OLSで推定する。線形で推定するために、変数を対数にする必要がある：

```
gravity_ols = feols(log(trade_flow_baci) ~ rta | iso3_o^year + iso3_d^year + pair, vcov = ~ iso3_o + iso3_d, data = gravity_rta)
```

結果はprintもしくはsummaryで直接表示できる：

```
print(gravity_ols)

## OLS estimation, Dep. Var.: log(trade_flow_baci)
## Observations: 282,673
## Fixed-effects: iso3_o^year: 2,017, iso3_d^year: 2,017, pair: 40,237
## Standard-errors: Clustered (iso3_o & iso3_d)
##      Estimate Std. Error  t value Pr(>|t|)
## rta 0.040042    0.044688 0.896029 0.37119
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
## RMSE: 1.32381      Adj. R2: 0.894409
##                  Within R2: 5.43e-6
```

StataによるOLS推定

Stataで同じ推定を行うには`reghdfe`をインストールする。

```
ssc install reghdfe
```

データを読み込んだ上で、以下のコードを実行して、対数をとる。

```
import delimited using https://ayumu-
tanaka.github.io/teaching/gravity_rta.csv, clear
g lntraderflow_baci=ln(traderflow_baci)
```

さらに、文字変数を`absorb`で指定することができないので、輸出国（輸入国）ISOコードを数値変数に変換しておく。

```
encode iso3_o, gen(origin)
encode iso3_d, gen(destination)
```

最小二乗法の実行は、以下の通りである。

```
reghdfe lntraderflow_baci rta, absorb(i.origin##i.year i.destination##i.year
i.pair) vce(cluster origin destination)
```

Stataでは、`A##B`は、Aの固定効果、Bの固定効果、AとBの交差項の固定効果全てを使うことを意味する。

ポアソン擬似最尤（PPML）推定

ポアソン尤度を用いたモデルの推定は以下の通りである：

```
gravity_pois = fepois(traderflow_baci ~ rta | iso3_o^year + iso3_d^year +
pair, vcov = ~ iso3_o + iso3_d, data = gravity_rta)
```

結果は`print`もしくは`summary`で直接表示できる：

```
print(gravity_pois)

## Poisson estimation, Dep. Var.: traderflow_baci
## Observations: 282,673
## Fixed-effects: iso3_o^year: 2,017, iso3_d^year: 2,017, pair: 40,237
## Standard-errors: Clustered (iso3_o & iso3_d)
##      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
## rta 0.078878    0.020277 3.89005 0.00010022 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
## Log-Likelihood: -2.797e+9 Adj. Pseudo R2: 0.99451
##                  BIC: 5.594e+9 Squared Cor.: 0.995649
```

`print`は、係数推定値と標準誤差、およびいくつかの他の情報を報告する。適合度の情報のうち、二乗相関は従属変数と予測変数の相関に対応し、OLS推定におけるR2乗の考え方を反映している。

StataによるPPML推定

Stataで同じ推定を行うには次のコードをppmlhdfcをインストールする。

```
ssc install ppmlhdfc
```

データを読み込み、以下のコードで、PPML推定を行う。

```
import delimited using https://ayumu-  
tanaka.github.io/teaching/gravity_rta.csv,clear  
  
encode iso3_o,gen(origin)  
encode iso3_d,gen(destination)  
  
ppmlhdfc tradeflow_baci rta,absorb(i.origin##i.year i.destination##i.year  
i.year i.pair) vce(cluster origin destination)
```

Rで結果を見る

ここで、いくつかの推定結果をコンパクトに概観するため、関数`etable`を使う。この関数は、複数の固定効果推定の結果を`data.frame`に要約する。推定結果をまとめて見るには、次のようにタイプするだけでよい:

```
etable(gravity_ols, gravity_pois,  
       vcov = ~ iso3_o + iso3_d,  
       headers = c("OLS", "PPML"))
```

	gravity_ols	gravity_pois
	OLS	PPML
## Dependent Var.: log(tradeflow_baci)		tradeflow_baci
##		
## rta	0.0400 (0.0447)	0.0789*** (0.0203)
## Fixed-Effects: -----		-----
## iso3_o-year	Yes	Yes
## iso3_d-year	Yes	Yes
## pair	Yes	Yes
##		
## Family	OLS	Poisson
## S.E.: Clustered by: iso3_o & iso3_d	by: iso3_o & iso3_d	
## Observations	282,673	282,673
## Squared Cor.	0.91095	0.99565
## Pseudo R2	0.41574	0.99451
## BIC	1,516,456.0	-2,147,483,648.1

```
## ---  
## Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

結果をLaTeXにエクスポートする

これまで、複数の推定結果をRコンソールで報告する方法を見てきた。ここで、同じ関数 `etable` を使用して、結果を LaTeX 形式の表にエクスポートすることができる。

```
etable(gravity_ols, gravity_pois, cluster = ~iso3_o + iso3_d, file =  
"Tables2.tex", replace = TRUE)
```

この例では、2つの推定結果を含む1つの表がLaTeXの表に直接エクスポートされ、“Tables2.tex”というファイルに格納されている。引数ファイルが存在する場合、LaTeXフォーマットがデフォルトになるため、引数 `tex=TRUE` を使用する必要がない。このファイルは、`replace=TRUE` という引数のおかげで、毎回再作成される。

参考文献

Anderson, James E, and Eric Van Wincoop. 2003. “Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle.” *American Economic Review* 93 (1): 170–92.

<https://doi.org/10.1257/000282803321455214>.

Berge, Laurent, and Grant McDermott. 2023. “Fast Fixed-Effects Estimation: Short Introduction.” https://cran.r-project.org/web/packages/fixest/vignettes/fixest_walkthrough.html.

Dowle, Matt, Arun Srinivasan, Jan Gorecki, Michael Chirico, Pasha Stetsenko, Tom Short, Steve Lianoglou, et al. 2019. “Package ‘Data. Table’.” *Extension of ‘Data. Frame* 596. <https://rdatatable.gitlab.io/data.table/>.

Silva, JMC Santos, and Silvana Tenreyro. 2006. “The Log of Gravity.” *The Review of Economics and Statistics* 88 (4): 641–58. <https://doi.org/10.1162/rest.88.4.641>.