第3章 重力方程式を用いた2国間貿易の分析

2021年7月

Chapter 3

Analyzing bilateral trade using the gravity equation

https://vi.unctad.org/tpa/web/vol1/ch3.html

In WTO and UNCTAD (2012) A Practical Guide to Trade Policy Analysis

本章で扱うトピックス

- ゼロ貿易
- 非関税障壁
- WTOの貿易へのインパクト
- 貿易創出効果

1. 重力方程式の基礎

基本形

国iから国jへの輸出X_{ij}:

$$X_{ij} = GS_iM_j\phi_{ij}$$

G: 輸出国・輸入国どちらにも依存しない世界の貿易自由化の程度など

S: 輸出国要因

M: 輸入国要因

ϕ_{ij}: 2国間の貿易費用

線形対数化

$$\ln X_{ij} = \ln G + \ln S_i + \ln M_j + \ln \phi_{ij}$$

多角的貿易抵抗（MTR）

2国間の貿易は、相対的な貿易費用に左右される。

例えば、他の条件が一定であれば、独仏が近くにあるためにベルギーとオランダの貿易は、NZとオーストラリアのように海に囲まれていた場合よりも相対的に小さくなる。

MTR (multilateral trade resistance) を考慮すべき。

Anderson and van Wincoop (2003)

理論的に導出された重力方程式：

$$X_{ij} = \frac{Y_i Y_j}{Y} \left(\frac{t_{ij}}{\Pi_i P_j} \right)^{1-\sigma} \tag{3.2}$$

Y: 世界のGDP、Y_i: 輸出国のGDP、Y_j: 輸入国のGDP

t_{ij}: 1+関税率相当分。貿易費用。$\sigma > 1$: 代替の弾力性

Π_i: 輸出国貿易抵抗、P_j: 輸入国貿易抵抗

2. 推定方法

線形対数化

$$\ln X_{ij} = a_0 + a_1 \ln Y_i + a_2 \ln Y_j + a_3 \ln t_{ij} + a_4 \ln \Pi_i + a_5 \ln P_j + \varepsilon_{ij}$$

MRTを輸入国ダミー、輸出国ダミーとして推定すると、

$$\ln X_{ij} = a_0 + a_1 l_i + a_2 l_j + a_3 \ln t_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

l_i: 輸出国ダミー、l_j: 輸入国ダミー

貿易コスト

重力の文献では、一般的に貿易コストが次のような形であると仮定:

$$t_{ij} = d_{ij}^{\delta_1} \cdot \exp\left(\delta_2 \,\mathrm{cont}_{ij} + \delta_3 \,\mathrm{lang}_{ij} + \delta_4 \mathrm{ccol}_{ij} + \delta_5 \mathrm{col}_{ij} + \delta_6 \text{ landlock }_{ij} + \delta_7 \mathrm{RTA}_{ij}\right)$$

cont_{ij}: 国境を接するか否か。lang_{ij}: 言語が同じか否か。

ccol_{ij}: 宗主国が同じか否か。col_{ij}: 宗主国/植民地の関係にあったか否か。

$\mathrm{landlock}_{ij}$: いずれかもしくは両方の国が内陸国か否か。

RTA_{ij}: 地域貿易協定結んでいるか否か。

In STATA

```
* generate importer and exporter dummies
tab (importer), gen(importer_)
tab (exporter), gen(exporter_)
reg lnexports lndist cont lang ccol col landlock RTA importer_* exporter_*, robust

*alternatively

xi: reg lnexports lndist cont lang ccol col landlock RTA i.importer i.exporter, robust
```

注意点

重力方程式は、様々な面で不均一な可能性のある観測値を扱う。

個々のオブザベーションに影響を与えるすべての撹乱が共通の分布から引き出されるという誤差項の均一分散の仮定が破られる可能性があるため、頑健標準誤差を体系的に使用する必要がある。

パネルデータ

パネルデータの場合の重力方程式：

$$\ln X_{ijt} = a_0 + a_1 l_{it} + a_2 l_{jt} + a_3 \ln t_{ijt} + a_4 l_t + u_{ijt}$$

ここで、tは時間。

l_{it}: 時間可変な輸出国ダミー、l_{jt}: 時間可変な輸出国ダミー

l_t: 年ダミー

距離などの推定

- 単一のクロスセクションでは、国ペアの貿易傾向は観測された国ペアの特徴（共通言語、共通通貨など）でしかコントロールできない。
- パネルでは国ペアの固定効果を用いることで国ペアの異質性をコントロールすることができる。
- ただし、研究の目的が二国間の時変係数（例：距離の係数）の推定にある場合、完全な共線性があるため、固定効果推定は実行可能なオプションではない。
- この場合、研究者はランダム効果を用いてコントロールしたいと考えるだろう。
- ランダム効果モデルが適切なオプションであるかどうかをテストするために、Hausman検定を使用することができる。

In STATA

```
tab (year), gen (year_)
gen impyear = group(importer year)
gen expyear = group(exporter year)
tab (impyear), gen (impyear__)
tab (expyear), gen (expyear__)
xtreg lnexports lndist cont lang ccol col
```

or with random effects

```
xtreg lnexports lndist cont lang ccol col landlock RTA impyear_*
expyear_* year_*, re robust
```

RTAの推定

対象となる二国間変数が、同じ地域貿易協定（RTA）に加盟しているかどうかを示すダミーのように時間的に変化する場合、固定効果（国ペア効果）をコントロールすることができる。

xtreg lnexports **RTA** impyear_* expyear_* year_*, **fe** robust

or with random effects

xtreg lnexports **lndist cont lang ccol col landlock RTA** impyear_* expyear_* year_*, **re** robust

短いパネルの場合

- 比較的短い期間であれば、時間変動のない輸出国と輸入国の国別効果を使用し、輸入国と輸出国のGDPなどの国別要因をコントロールするとよい。

Box 3.1 重力モデルによる貿易創出と貿易転換の推定

- 重力方程式は、貿易の流れを事後的に分析することで、貿易の転換の証拠を探す方法を提供する。

- 例えば、iとjは共通のRTAに属しているが、kはそうではないとする。RTAが形成された後、iがjからの輸入を増やし、kからの輸入を減らした場合、貿易転換の可能性がある。

- 反対に、i国がj国とk国からの輸入量が多ければ、貿易創出が起こる。ここでは、この推測を経験的に検証する方法を説明する。

メルコスール

- メルコスールが貿易を転換させているのか、貿易を創出しているのかを調べることに興味があるとしよう。ここで，Ｍ を MERCOSUR とすると，２ つのダミー変数を作成する。

- BothinM = t時点でiとjが共にMERCOSURに加盟している場合は1、そうでない場合は0

- OneinM = 輸入国(i)がMERCOSURに加盟しているが、輸出国(j)が加盟していない場合は1である。

拡張重力方程式

- そして、拡張重力方程式を推定する。

$$
\begin{aligned}
\ln X_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 I_{it} + \beta_2 I_{jt} + \beta_3 \ln(\mathrm{dist}_{ij}) + \beta_4 \mathrm{cont}_{ij} \\
+\beta_5 \mathrm{lang}_{ij} + \beta_6 ccol_{ij} + \beta_7 col_{ij} \\
+\beta_8 \mathrm{landlock}_{ij} + \beta_9 \mathrm{OneinM}_{ijt} + \beta_{10} \mathrm{BothinM}_{ijt} + \epsilon_{ijt}
\end{aligned}
$$

- β９とβ１０の両方の係数が正（かつ有意）であれば、貿易創出を示唆
- Ｂ９の係数が負でβ１０の係数が正であれば、貿易転換を示唆。

重力モデルの限界

- RTAの影響を推定するために重力モデルを使用することに関連する2つの重要な制限がある。
- 第一に、RTA は内生変数である可能性がある。つまり、RTAの形成と貿易の流れの間の因果関係は、後者から前者へと進む可能性があり、RTAは貿易の流れを決定するのではなく、決定されるのである。このことは、従来の重力に基づく推定に影響を与え、そのバイアスの程度は非常に大きくなる可能性がある。
- 第二に、最近の文献には、地域統合協定が他の非貿易的な目標を追求するために形成されたモデル（例えば、Limao, 2006を参照）や、「非伝統的な」利益を得るために形成されたモデル（Ethier, 1998を参照）がたくさんある。実際、南-南協定は、純粋な貿易自由化の次元よりも、共通資源の管理のような非貿易の次元で成功している。したがって、RTA の完全な分析は、加盟国の福祉にとって重要な問題であるにもかかわらず、貿易の転換や創出の測定に限定することは避けるべきである。

固定効果推定の欠点

- 上述の国別効果アプローチは、重力モデルの係数を不偏的に推定するが、国別説明変数の部分効果を直接推定できないという重大な欠点がある。

- 例えば、多くの重力研究では、インフラの質、制度の質、規制システムの貿易への影響を推定しようとしている。これらの変数は、国別のダミーと完全に共線性がある。

- ここでは、この問題に対処するための2つのオプション、すなわち、(1)短いサンプル期間で時間不変な輸出国と輸入国のダミーを使用する方法と、(2)遠隔地性変数を計算する方法について説明する。

短いサンプル期間における輸出国と輸入国のダミー

- 例えば、貿易の流れを決定する上で、国のGDPの関連性を検証することに興味があると仮定しよう。
- $\ln X_{ijt} = a_0 + a_1 \ln\left(\mathrm{GDP}_{it}\right) + a_2 \ln\left(\mathrm{GDP}_{jt}\right) + a_3 \ln\left(t_{ij}\right) + a_4 l_i + a_5 l_j + a_6 l_t + u_{jit}$
- この式はMRT が時系列で変化する可能性がある場合、完全ではない。しかし、合理的に短いサンプル期間であれば、MRTが大きく変化することはないだろう（Baldwin and Taglioni, 2006の議論を参照）。
- なお、この基本方程式には、制度の質やインフラの質など、多くのコントロール変数やその他の興味ある変数を加えることができる。

In STATA

```
gen lnGDPexp= ln (GDPexp)
gen lnGDPimp= ln (GDPimp)
xtreg lnexports lnGDPexp lnGDPimp lndist importer_* exporter_*
year_*, robust
```

遠隔性の測定

- 輸出国と輸入国の多国間抵抗項（MRT）をコントロールするためによく使われる方法は、「遠隔性」と呼ばれるMRTの代理を含めることである。これはしばしば次のように計算される。

$$\mathrm{Rem}_i = \sum_j \frac{dist_{ij}}{GDP_j/GDP_W}$$

これは、一国の貿易相手国からの平均加重距離を測定する数式である（Head, 2003）

加重は相手国の世界GDP（GDP_Wと表記）に対する国jのGDPのシェアである。

How to calculate remoteness in STATA?

```
*Compute the share of GDP in world GDP
bys exporter year: egen gdptotal = sum(gdp)

gen gdpshare = gdp / gdptotal

*Compute the spatially weighted GDP share
bys exporter year: egen remoteness = total(dist*gdpshare)


*Compute the spatially weighted GDP share according to Head (2003)
bys exporter year: egen Remoteness_head=total(dist/gdpshare)
```

「遠隔性」への批判

- 「遠隔性」には批判もある。
- 一つは、貿易障壁の種類として距離しか捉えられていないため、理論的に正しくないという批判である(Anderson and van Wincoop, 2003)。
- もう一つは、内部距離の適切な測定方法に関するもので、合計値を求めるためには、その国の自国からの距離も特定する必要があるからである（Head and Mayer, 2000 は、その国の面積の平方根に約 0.4 を乗じた値を使用することを提案している）。

Baier and Bergstrand (2009)

- Baier and Bergstrand (2009) は、Anderson and van Wincoop (2003) で用いられた非線形手続きを避けて、多国間抵抗項の線形近似（一次のテイラー級数展開による）を推定することを提案している。

- この方法によれば，OLSの誘導形重力方程式は次のようになる。

$$\ln X_{ij} = \beta_0 + \ln GDP_i + \ln GDP_j - (\sigma - 1)\ln t_{ij} + (\sigma - 1)\left[\sum_j \theta_j \ln t_{ij} - \frac{1}{2}\sum_i \sum_j \theta_i \theta_j \ln t_{ij}\right] +$$

$$+(\sigma - 1)\left[\sum_i \theta_i \ln t_{ij} - \frac{1}{2}\sum_i \sum_j \theta_i \theta_j \ln t_{ij}\right]$$

Baldwin and Taglioni (2006)

- 理論的に根拠のある重力方程式を導き出そうとする経済理論の最近の取り組みでは、伝統的なアプローチにおける3つの典型的な間違いが指摘されている。Baldwin and Taglioni (2006)は、これらの誤りをそれぞれ金、銀、銅の誤りと呼んでいる。

- 金メダルの間違い。伝統的に、重力方程式は lnSi と lnMj のプロキシとして対数 GDP（場合によっては他の変数も）を用い、Anderson と van Wincoop が多国間抵抗項と呼ぶものや、Head (2003) と Baier and Bergstrand (2007) が「遠隔地」と呼ぶものを省略している。これらの省略された項は、貿易コストと相関している。そのため、推定値には偏りがある。

銀/銅メダルのミス

- 銀メダルの間違い。往復の貿易の流れを平均化すること。理論的に確立された重力モデルでは、貿易は好ましくはそれぞれの方法で別々に扱われるべきであることを示唆する（時間tにおけるiからjへの輸出は1つの観測であり、時間tにおけるjからiへの輸出は別の観測である）。

- 銅メダルのミス：貿易の流れの不適切なデフレーション、典型的には米国の総合物価指数によるデフレーション。重力は、名目GDPを名目輸入に割り当てる支出関数であるため、不適切なデフレーションは、おそらく偽の相関を介してバイアスを生じさせる。しかし、時間ダミーや国別効果はこの点を考慮しているため、時間ダミーや国ダミーを加えることで解決される。

3. 発展的事項

a. ゼロ貿易

- 従来、ゼロ貿易を扱うには、3つの方法が用いられてきた。
- (i)貿易額がゼロのオブザベーションを削除してサンプルを切り詰める
- (ii)対数を取る前に貿易額に小さな定数（例えば1ドル）を加える
- (iii)レベルでモデルを推定する。

(i)貿易額がゼロのオブザベーションを削除

- 最初の方法論は、ゼロがランダムに分布している場合、例えば、ゼロがランダムな欠損データやランダムな丸め誤差である場合には正しい。

- しかし、データで報告されているゼロ貿易が本当にゼロ貿易である場合や、非常に小さな貿易フローに関連した体系的な丸め誤差を反映している場合、ゼロ貿易フローをサンプルから除外すると、有用な情報が失われ、一貫性のない結果となってしまう。

- 例えば、ゼロ貿易が、距離や内陸性、関係する経済の小ささなどによる禁止された輸送コストを反映している場合、ゼロの観測値の密度の塊は、この場合、情報を提供しており、そのように扱われるべきである。

戦略(ii)と(iii)

- ゼロの貿易フローをサンプルに残すには、適切な推定手法を用いる必要がある。
- 戦略(ii)と(iii)は、OLS推定を用いた場合、正しくない。
- 第一に、モデルからのオブザベーションの脱落を防ぐために小さな値を代入することは、その場しのぎであり、基本的な期待値を反映しているという保証はないため、一致性のない推定値が得られる。
- 第二に、レベルでのOLS推定の使用は、乗法形式を提示する理論的に確立された重力方程式によってサポートされていない。

Tobit推定量

- よく使われるアプローチの一つは、貿易の対数に定数を加えたものにゼロで裾切りされたTobit推定量を採用することである。
- しかし、ゼロ貿易の問題を解決するためのこのアプローチの妥当性は疑問視されている。トビットモデルは、一部の観測値が打ち切られ（観測不能）、ゼロとして記録される状況を反映している。
- このモデルは、貿易の小さな値がゼロに丸められたり、実際のゼロ貿易が「望ましい」マイナス貿易を反映しているような状況に適用される。
- ある正の値以下の貿易フローを打ち切ることは、一部の国にとってはもっともな仮定であるが、貿易データが非常に高い精度で報告されている他の国にとっては信じがたいことである。したがって、この観点からは、Tobit 推定の使用は部分的にしか正当化されない。

Pseudo Poisson maximum likelihood (ML) estimator

- もう一つの方法は、（疑似）ポアソン最尤（ML）推定法を用いることである。
- この方法は、貿易のレベルに適用することができるため、ゼロ貿易を含めて、重力モデルの非線形形式を直接推定することができる。
- Santos Silva and Tenreyro (2006) による影響力のある論文では、（貿易データによく見られるような）不均一分散性が存在する場合、PPMLがロバストなアプローチであることが強調されている。
- この手法は、Westerlund and Wilhelmsson (2006)など、多くの重力方程式の推定に用いられている。

In Stata

- 横断面データの場合、これらの技術を実装するためのSTATAコマンドは:
- gen lnexports1=ln(exports+1)
  tobit ln(exports1) lndist cont lang ccol col landlock RTA exporter_* importer_*, ll(0) robust
- Or
- **poisson** exports lndist cont lang ccol col landlock RTA exporter_* importer_*, robust
- パネルデータの場合，コマンドはxtobitとxtpoissonである．この場合、固定効果オプション(fe)を使うことで、国別ペア固定効果を考慮することができる。

ヘックマン・アプローチ

- 最も重要なことは、2つの国の間で貿易がプラス（ゼロではない）になる確率が、その国のペアの観察されていない特性と相関している可能性があるということである。
- もしそうであれば、ヘックマンのような選択モデルが必要となる。この文脈では、ゼロ貿易フローは、企業が特定の市場に輸出しないという決定から生じる。
- したがって、適切な推定手順は、これらの決定をモデル化し、貿易量の推定値をこの選択バイアスに対して補正することである。サブセクション3bでさらに議論するように、サンプル選択バイアスを解決するためにヘックマン・アプローチを使用する際の重要な制限は、ある市場に輸出するかしないかという企業の決定を説明するが、貿易量には影響を与えない変数を特定した場合にのみ、結果に確信を持てるということである。

Box 3.2 分解されたデータによる重力モデルの注意点

- 重力方程式の論理をセクター別の貿易の流れ（ある特定の財の貿易）に適用することは、完全には単純ではない。

- 独占的競争モデルでは、大国はより多くの種類の財を生産し、それが貿易の増加に寄与する。つまり、必ずしも各財の貿易量が多いわけではなく、より多くの財を貿易しているということだ。

- したがって、ある部門kにおけるiとjの間の貿易フローがiのGDPに比例して増加するという考えは、必ずしも正当化されるものではない。

- 最近の実証研究（例えば、Hummels and Klenow, 2005）によると、経済が成長すると、貿易は外延（製品数の増加）と内延（製品ごとの数量の増加）の両方で拡大する。したがって、輸出国のGDPに対する有意でない係数を発見するリスクはあるものの、特定の商品の貿易を予測するために重力フレームワークを使用することは大体において正当化される。

Box 3.2 （続）

- 部門別の貿易フローを見るとき、貿易障壁は特に重要である。もちろん集約レベルでも貿易障壁は重要であるが、貿易障壁を全体的な指標に集計すると多くの有用な情報が失われてしまうため、集計的な重力方程式に貿易障壁が含まれていないことが正当化される（貿易障壁は国別固定効果や誤差項にまとめられる）。

- セクター別の貿易フローを分析する場合には、集計の悪い口実はもはや存在しないので、貿易障壁は方程式に明示的に含まれるべきである。実際、セクターレベルでは、重力方程式は、貿易障壁がどのように貿易フローに影響を与えるかを分析するのに適した手段となる。

- ケーススタディでは、関税障壁と非関税障壁が同時に方程式に含まれていることを利用して、貿易フローに対する観測された効果に基づいて、後者の関税相当額を導き出す。

Box 3.2 （続）

- 概して、セクター別の貿易フローに関するデータベースの構築と推定に関する問題は、集約的な貿易フローを用いた前回のケーススタディと同様である。
- ただし、セクターレベルでは、GDPは必ずしも需要と供給の良い指標ではない。
- 国別固定効果を含める場合には、セクター・ダミーとの相互作用を考慮する必要がある。

Box 3.2 （続）

- ゼロ貿易と異質性という2つの問題は特に注目に値する。
- もちろん、ゼロ貿易の問題は、総計よりもセクター別の貿易フローでより頻繁に発生すると思われる。これらの問題をどのように扱うべきかは判断に迷うところである。例えば、かさばる商品の場合、貿易のない国のペアが頻繁に出現するのは、距離が長すぎるために輸送コストが高くつくことや、関係する経済の規模が小さいことを反映している場合がある。
- オブザベーションの密度がゼロであることは、この場合、有益であり、そのように扱われるべきである（例えば、ポアソンやトビットを使用する）。

Box 3.2（続）

- 例えばバナナのように生産に特定の地域条件を必要とする農産品の場合、非貿易国ペアは単にどちらの国もその商品の生産に適していないという事実を反映している。
- 例えば、ノルウェーとスウェーデンがバナナを取引していないという事実には何の情報もない。このような国のペアは、情報を失うことなくサンプルから完全に削除することができる。
- 最後に、貿易フローがゼロになるのは、特定の仕向地への輸出にかかる固定費が高いために、企業が輸出部門から自己選択した結果である可能性がある。この場合、Heckmanモデル、または企業レベルの情報が利用可能であれば、企業固有の打ち切りレベルを持つTobitモデル（Crozet et al.2009で提案されている）を用いる。打ち切り値がオブザベーションごとに変わることを可能にするために、STATAの cnr (censored normal regression)コマンドを使用する。

cnreg/intreg

- cnregは引き続き動作するが、Stata 11以降、Stataの公式な一部ではなくなった。cnregの代替としてintregがある。

Box 3.2 （続）

- 最後に、セクター別の貿易フローは、セクターの特殊性が平均化されている総計よりも不均質である可能性が高いため、外れ値や不均一分散の扱いには特に注意が必要である。

b. ゼロ貿易と異質性

- 一般的な貿易理論では、企業は同一であり、その行動は代表企業によって特徴づけられると仮定している。このようなモデルでは、ゼロ貿易フローを測定誤差や情報の欠落、あるいは法外な貿易コストの結果としてのみ説明することになるが、これらの要因ではデータにおけるゼロ貿易フローの顕著な存在を説明することはできない。

- Helpman, Melitz and Rubinstein (HMR, 2008)は、企業の生産性が異なり、輸出にかかる固定費が存在する異質な企業を用いたモデルで、各国間のゼロ貿易フローを説明している。

- このモデルでは、変動的な貿易コストは輸出企業の輸出量を減少させ、固定的な参入コストは企業が輸出を決定する確率を減少させることになる。ゼロ貿易は、二国間の貿易の固定費が高いことと関連している。このモデルのもう一つの興味深い特徴は、国ペア間の非対称な貿易フローを説明できることである。

Helpman, Melitz and Rubinstein (HMR, 2008)

- HMRは、Melitz (2003)が開発した異質な企業の独占的競争モデルを基に、2段階の手続きを経て貿易額の一致推定値を得ることができるモデルを構築した。

- 第1段階では、プロビット方程式を用いて、重力方程式の非観測変数である企業の輸出市場への参入の程度を推定する。

第一段階のプロビット

- 第一段階のプロビットは次のように推定される:

$$\rho_{ij} = \Pr\left(T_{ij} = 1\right) = \Theta\left(\gamma_0 + \xi_j + \zeta_i - \gamma d_{ij} - \kappa\phi_{ij}\right)$$

.ξ_j: 輸入国ダミー(xi)、ζ_i: 輸出国ダミー(zeta)

.d_{ij}: 可変貿易費用、ϕ_{ij}: 二国間の参入固定コスト

国iとjの間に正の貿易フローが発生する確率 ρ は、輸入国jと輸出国iのダミー（ξ, ζ）と二国間の貿易コスト（d, ϕ）に依存する。

HMRの第2段階の方程式(1)

- HMRの第2段階の方程式は、正の貿易額の重力モデルである。
- 第1段階の結果を用いて、ゼロの貿易フローを除外することで生じるサンプル選択バイアスを補正する（標準的なヘックマン補正項、ミルの比率の逆数）。
- また、第1段階の結果を用いて、輸出市場に選択される企業の（観察されない）シェアを説明変数に用いる。

HMRの第2段階の方程式(2)

- 国iからjへの輸出をx_{ij}とすると、補強された重力方程式は以下の通り。

$$x_{ij} = \beta_0 + l_j + l_i - \gamma d_{ij} + \ln \left\{ \exp \left[\delta \left(z_{ij} + \eta_{ij} \right) \right] - 1 \right\} + \beta_\eta \eta_{ij} + e_{ij}$$

  - l_j: 輸入国ダミー、l_i: 輸出国ダミー、d_{ij}: 可変貿易費用
  - $\left\{ \exp \left[\delta \left(z_{ij} + \eta_{ij} \right) \right] - 1 \right\}$: 国jへ輸出する企業のシェア
  - η_{ij}: 逆ミルズ比、z: 第1段階のプロビットからの潜在変数 (latent variable) のfitted variable

- 式は、δにおいて非線形であるため、非線形最小二乗法を用いて推定する。

HMR法の推定上の問題1

- なお、HMR法の使用には、いくつかの推定上の問題がある。
- 第一に，固定効果を用いたプロビット法を第一段階の推定に用いると、いわゆる「付随的パラメータ問題」（“incidental parameters problems”）を引き起こす可能性があり、特に短いパネルではモデルのすべてのパラメータの推定で一致性がなくなる。
- この問題への一つの可能な解決策は、ランダム効果を用いることである（Cameron and Trivedi, 2005, p.786参照）。

HMR法の推定上の問題2

- 第二に、HMRモデルの推定には、識別を助けるためにexclusion restrictions（第一段階には入るが、第二段階の方程式には入らないコスト変数）が必要である。これは、回帰変数が貿易の外延と内延に対して異なる効果を持つことが許されるためである。

- HMRは企業参入の規制コストや宗教の共同性の度合いを表す変数を用いることを提案している。しかし、最近の研究では、HMRのプロビット・モデルの定式化は適切ではないことが示唆されている（Santos Silva and Tenreyro, 2009を参照）。

HMR法の推定上の問題3

- 第三に、第二段階の回帰の推定では、輸出国と輸入国のダミーが多数必要となるため、大規模なサンプルでは問題となる可能性がある。
- この問題を解決するためには、Stata以外の他のソフトウェアを使用する必要があるかもしれない。

STATA commands 1

```
*輸出ダミー
gen rho = 1 if limports ~= .
	replace rho = 0 if limports == .
	label var rho "1 if positive trade flows"
*輸出国・輸入国ダミー
quietly tabulate exporter, gen(zeta)
quietly tabulate importer, gen(xi)
```

STATA commands 2

/* first stage, probit */

dprobit rho ldist contig colony comlang_off onein bothin religion xi2-xi20 zeta2-zeta194, robust

*** Compute the inverse Mills ratio**

predict z_hat, xb

predict pr, pr

gen pdf_z_hat = normalden(z_hat)

gen cdf_z_hat = normprob(z_hat)

gen **eta_hat** = pdf_z_hat / cdf_z_hat

STATA commands 3

/* Second stage, non-linear estimation*/

nl (limport = {constant} + {ldist}*ldist + {contig}*contig + {colony}*colony + {comlang_off}*comlang_off + {onein}*onein + {bothin}*bothin + /*

/ {xb: xi1-xi21 zeta1-zeta80} /

*/ + {etastar}*eta_hat + ln(exp(exp({delta=1})*(z_hat_eta_hat)) - 1)), vce(robust)

*notice the variable religion, the identifier, is not in the second stage

c. 全体的な貿易コストの測定と非関税障壁の関税相当額の算出

- 重力方程式は通常、貿易コストが二国間の貿易フローに与える影響を測定するために使用されるが、逆に二国間の貿易コストを測定したり、貿易コストを関税と非関税の要素に分解するために使用することもできる(Head and Ries, 2001; Jacks et al., 2008; Novy, 2009)。

- これは、貿易フローの代わりに貿易コストの項について理論的な重力方程式を解き、これらのコストを観測可能な貿易データの関数として表現するというものである。国境を越えた価格差や貿易コストの直接測定に基づいた別のアプローチと比較した場合のこのアプローチの利点は、必要なデータが少ないことである。多くの貿易コストの構成要素を確認するだけでなく、様々な国で比較可能な商品の信頼できる価格データを入手することは実際には困難である。

国iの国内貿易の式

- 代数的には、貿易コストの式は容易に得ることができる。まず、重力方程式(3.2)を用いて、国iの国内貿易の式を求める。

$$X_{ii} = \frac{Y_i Y_i}{Y}\left(\frac{t_{ii}}{\Pi_i P_i}\right)^{1-\sigma} \tag{3.14}$$

- ここで tii は、国内輸送コストなどの国内貿易コストを表す。特に、式(3.14)は、国内貿易は国の経済規模だけでなく、多国間の抵抗にも依存することを示唆している。特に、ある経済が近ければ近いほど、域内貿易は増加する。

導出1

- 第二のステップは、Xijの重力方程式(3.2)に、反対方向の貿易フローXjiに対応する重力方程式$X_{ji} = Y_j Y_i / Y \left(t_{ji} / \Pi_j P_i \right)^{1-\sigma}$を乗じることである。
-

導出2

- $X_{ii} = \frac{Y_i Y_i}{Y}\left(\frac{t_{ii}}{\Pi_i P_i}\right)^{1-\sigma}, X_{jj} = \frac{Y_j Y_j}{Y}\left(\frac{t_{jj}}{\Pi_j P_j}\right)^{1-\sigma}$
- $X_{ij} = Y_i Y_j / Y \left(t_{ij}/\Pi_i P_j\right)^{1-\sigma}, X_{ji} = Y_j Y_i / Y \left(t_{ji}/\Pi_j P_i\right)^{1-\sigma}$
- 上記4つの式より
- $\left(\frac{X_{ii}X_{jj}}{X_{ij}X_{ji}}\right)^{1/(\sigma-1)} = \frac{\frac{Y_i Y_i}{Y}\left(\frac{t_{ii}}{\Pi_i P_i}\right)^{1-\sigma} \frac{Y_j Y_j}{Y}\left(\frac{t_{jj}}{\Pi_j P_j}\right)^{1-\sigma}}{Y_i Y_j / Y \left(t_{ij}/\Pi_i P_j\right)^{1-\sigma} Y_j Y_i / Y \left(t_{ji}/\Pi_j P_i\right)^{1-\sigma}} = \frac{t_{ij}t_{ji}}{t_{ii}t_{jj}}$

貿易コストの式

- この式を貿易コストについて再整理する。その結果、貿易コストの式は以下のように変形できる。

$$\frac{t_{ij}t_{ji}}{t_{ii}t_{jj}} = \left(\frac{X_{ii}X_{jj}}{X_{ij}X_{ji}}\right)^{1/(\sigma-1)} \qquad (3.15)$$

二国間貿易コストの関税相当額

- 国内の貿易コストに対する二国間貿易コストの関税相当額は、両方向の貿易障壁の幾何学的平均値として表すことができる:
- $\tau = \left(\frac{t_{ij}t_{ji}}{t_{ii}t_{jj}}\right)^{1/2} - 1$
- ここでt*tと２乗の形になっているので、平方根をとっている。また、1を引くことで関税率としている。
- この式は、国際貿易が国内貿易よりもコストが高い度合い、すなわち国内貿易コストに対する二国間貿易コストを表す。このアプローチでは、全体の貿易コストは、コスト関数を課すことなく、重力方程式から導かれる。
- さらに、国内の貿易コストがゼロであることや、国ごとに同じであること（tiiはtjjと異なる可能性がある）、二国間の貿易コストが対称であること（tijはtjiと異なる可能性がある）などは想定していない。

Novy (2009)

- Novy (2009) は、様々なモデルから同様の貿易コスト指標が得られることを示している。

- モデル間の違いは、暗示された貿易コストの貿易フローに対する感度にある。

- これは、Anderson and van Wincoop (2003)モデルでは製品の差別化の度合いに依存しているのに対し、Ricardianモデルでは各国の相対的な生産性の不均一性に依存し、異質な企業モデルでは企業の不均一性の度合いに依存している。

貿易コストの推定値

- 貿易フローのデータを用いれば、式(3.15)を用いて、関税障壁と非関税障壁の両方を含めた全体の貿易コストを推定することができる。

- ただし、貿易コストの水準の正確な推定値は、代替弾性率のパラメータσ（または、企業間や国ごとの生産性の不均一性の度合いを示すパラメータ）に依存するが、時間的な変化には依存しないことに注意が必要である。

- これらのパラメータの正確な値については文献上でコンセンサスが得られていないため（一般的には、5から10の範囲に収まると想定されている-Anderson and van Wincoop, 2004を参照）、弾性率の変化を別にして、弾性率のレベルに影響されない貿易コストの経年変化を見た方が議論の余地がないかもしれない。

国内貿易の数値

- 式(3.15)を計算する上で難しいのは、国内貿易の数値を得ることである。
- 一つのアプローチとして、生産と輸出の差としてこれらの数値を推定する方法がある（Wei, 2006 と Novy, 2009 を参照）。
- 生産データではなくGDPを使用すると、GDPに占めるサービスの割合が増加しており、ほとんどが非貿易的であるため、国内貿易、ひいては貿易コストが過大評価される傾向にある。

関税と非関税要素

- 国内の貿易コストがゼロであり、二国間の貿易コストが対称的である（二国間の貿易コストの指標として幾何平均を取ることで示唆される）という特定の仮定の下では、例えば式（3.6）の対数線形版のような任意の貿易コスト関数を仮定することによって、（式（3.15）から算出される）全体の貿易コストを様々なコスト要素に分解することも可能である。

- 例えば、以下を推定することで、全体の貿易コストを関税と非関税の構成要素に分解することができる。

- $\ln \tau_{ij} = \delta_1 \ln\left(\text{distance}_{ij}\right) + \delta_2 \ln\left(1 + \text{tariff}_{ij}\right) + \delta_3\, \text{N}TB_{ij} + \varepsilon_{ij}$