

DP/25-4

経済財政分析ディスカッション・ペーパー

米国の財貿易の決定要因
—重力モデルに基づく構造分析—

荒木 健伍

Economic Research Bureau

CABINET OFFICE

内閣府政策統括官（経済財政分析担当）付

本稿は、政策統括官（経済財政分析担当）のスタッフ及び外部研究者による研究成果を取りまとめたもので、学界、研究機関等、関連する方々から幅広くコメントを頂くことを意図している。ただし、本稿の内容や意見は、執筆者個人に属するものである。

目次

1. はじめに	1
2. モデルの説明	1
(1) 国際貿易の重力モデルについて	1
(2) 最小二乗法による重力モデルの推定	2
(3) ポアソン疑似最尤推定法による重力モデルの推定	2
3. 実証分析のデータとモデル	4
(1) データ	4
(2) 実証分析① (全ての国の財貿易を対象とした分析)	4
(2) 実証分析② (米国の財貿易額を対象とした分析)	5
(3) 実証分析③ (米国の財輸入を対象とした分析)	6
4. 実証分析の結果と考察	8
(1) 実証分析① (全ての国の財貿易を対象とした分析) の結果と考察	8
(2) 実証分析② (米国の財貿易額を対象とした分析) の結果と考察	9
(3) 実証分析③ (米国の財輸入を対象とした分析)	11
5. まとめ	15
参考1 最小二乗法による推定結果	16
参考2 ポアソン疑似最尤推定法による推定結果	18
参考文献	20

米国の財貿易の決定要因*
—重力モデルに基づく構造分析—

荒木 健伍†

【要旨】

本稿では、国際貿易の重力モデルを用いて、米国の財貿易の構造について分析を行った。

全ての国の財貿易を対象とした分析の結果から、①財貿易額は輸入国の GDP 及び輸出国の GDP とそれぞれ正の相関があること、②貿易国同士で公用語が共通である方が財貿易額が大きくなること、③貿易国同士で FTA を締結している方が財貿易額が大きくなること、④貿易国間の距離が近いほど財貿易額が大きくなることを確認した。そして、これらの傾向は、米国の財貿易総額を対象とした分析でも成り立つことを確認した。

その上で、米国からの財輸入額が大きい上位 10 か国・地域に焦点を当て、それらの国・地域が米国との財貿易額が大きくなる要因について分析した。分析結果から、米国との距離の近さ（カナダ、メキシコ）、経済規模の大きさ（中国、ドイツ、日本、インド）、距離が近く共通言語（アイルランド）、製造業を中心に比較優位をもつ（ベトナム、台湾、韓国）といった、国・地域ごとのそれぞれ異なる要因から、米国の主要輸入相手先となっていることが確認できた。

* 本稿の作成においては、内閣府大臣官房審議官（経済財政分析担当）の茂呂賢吾氏、内閣府経済社会総合研究所総括政策研究官（前・内閣府政策統括官（経済財政分析担当）付参事官（総括担当））の多田洋介氏に有益なコメントを頂いた。ここに記して感謝を申し上げる。ただし、本稿に残された誤りは言うまでもなく筆者の責に帰すものである。また、本稿で示された見解は筆者個人によるものであり、必ずしも内閣府の見解を示すものではない。

† 内閣府政策統括官（経済財政分析担当）付参事官（海外担当）付政策企画専門職

1. はじめに

米国のトランプ大統領は、2025年1月20日の就任直後から複数の大統領令¹に署名を行い、第一次トランプ政権と比較してより幅広い国及び品目に対して追加関税を課してきた。品目別、国別の関税措置に加え、2025年4月2日には、ほぼ全ての国を対象に、一律10%の基本税率部分と国・地域ごとに異なる上乗せ税率で構成される「相互関税」(Reciprocal Tariff)と称する、広範な関税措置を発表した。こうした関税措置を米国のような大国が行うことは、米国経済のみならず世界経済全体に影響を与える可能性があり、特に、米国との財貿易額が大きい国には大きな影響を与える可能性がある。

本稿では、国際貿易の重力モデル(Gravity Model)を用いて、米国の財貿易の特徴を分析する。実証分析としては、「①全ての国の財貿易を対象とした分析」「②米国の財貿易額を対象とした分析」「③米国の財輸入を対象とした分析」の3種類を行う。①で各国の財貿易にみられる一般的な傾向を確認したのち、②で米国の財貿易にみられる特徴を確認する。そして、③で米国からの財輸入額が大きい上位10か国・地域に焦点を当て、それらの国・地域が米国との財貿易額が大きくなる要因について分析する。

本稿の構成としては、第2節では、国際貿易における重力モデルを概観したのち、重力モデルを最小二乗法で推定する方法、さらには、より精度の高い推定結果が得られるポアソン疑似最尤推定法で推定する方法について解説する。第3節では、実証分析に用いるデータと3種類の実証分析のモデルについて説明する。第4節では、モデルの推定結果を示したのち、推定結果から得られる示唆を考察し、第5節でまとめとする。

2. モデルの説明

(1) 国際貿易の重力モデルについて

国際貿易の重力モデルは、物理学の万有引力の法則(二つの物体間に働く力は二つの物体の質量の積に比例し、二つの物体間の距離の二乗に反比例するという法則)を国家間の貿易額に応用したモデルである。オランダの経済学者ヤン・ティンバーゲン(Jan Tinbergen)が重力方程式を国際貿易に初めて適用(Tinbergen(1962))して以来、国際貿易における重力モデルに関する多くの研究がなされている²。

国際貿易における重力モデルでは、二国間の貿易額は二国の経済規模(GDP等)の積に比例し、二国間の距離に反比例すると仮定する。ただし、その関係は、厳密に成り立つものではなく、多くのサンプルが存在する時に、平均的に成り立つものと理解される。 t 年の国

¹ Executive Order (行政命令)、Presidential Memorandum (大統領覚書)、Presidential Proclamation (大統領布告)等を指す。

² 国際貿易における重力モデルの詳細については、Yotov et al. (2016)、田中 (2015)、藪 (2023)を参照。

i と国 j との間の財の貿易額を $Trade_{ijt}$ 、国 i と国 j との間の地理的距離を $Dist_{ij}$ 、国 i と国 j のGDPをそれぞれ GDP_{it} 、 GDP_{jt} 、誤差項を u_{ijt} とすると、

$$Trade_{ijt} = A \frac{GDP_{it}^{\beta_1} GDP_{jt}^{\beta_2}}{Dist_{ij}^{\beta_3}} + u_{ijt} \quad (1)$$

と表すことができる。ここで、 $A, \beta_1, \beta_2, \beta_3 > 0$, $E[u_{ijt}] = 0$ 。

(2) 最小二乗法による重力モデルの推定

式(1)を最小二乗法(Ordinary least squares, OLS)で推定するために、以下の式変形を行う。

$$Trade_{ijt} = A \frac{GDP_{it}^{\beta_1} GDP_{jt}^{\beta_2}}{Dist_{ij}^{\beta_3}} \eta_{ijt} \quad (2)$$

ただし、

$$\eta_{ijt} = 1 + \frac{1}{A} \times \frac{Dist_{ij}^{\beta_3}}{GDP_{it}^{\beta_1} GDP_{jt}^{\beta_2}} u_{ijt} \quad (3)$$

式(2)の両辺の対数をとると、以下のとおり書くことができる。

$$\ln Trade_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln GDP_{jt} - \beta_3 \ln Dist_{ij} + \varepsilon_{ijt} \quad (4)$$

ただし、

$$\beta_0 = \ln A, \quad \varepsilon_{ijt} = \ln \eta_{ijt} = \ln \left(1 + \frac{1}{A} \times \frac{Dist_{ij}^{\beta_3}}{GDP_{it}^{\beta_1} GDP_{jt}^{\beta_2}} u_{ijt} \right) \quad (5)$$

式(4)を線形回帰式とみなし、最小二乗法によりパラメータ $(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3)$ を推定する。具体的には、式(4)の残差に基づく二乗和を目的関数として定義した式(6)を最小化することで、これらのパラメータを推定する。

$$\sum_{i,j,t} \{ \ln Trade_{ijt} - (\beta_0 + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln GDP_{jt} - \beta_3 \ln Dist_{ij}) \}^2 \quad (6)$$

(3) ポアソン疑似最尤推定法による重力モデルの推定

Silva and Tenreiro (2006) は、式(6)のような最小二乗法による重力モデルの推定には、2つの問題点があると指摘している。

1点目は、最小二乗法による推定では、貿易額 $Trade_{ijt}$ の対数をとることから、貿易額が0の時に定義できない点である。

2点目は、説明変数 $(GDP_{it}, GDP_{jt}, Dist_{ij})$ と誤差項 ε_{ijt} との間に相関が生じ得る点である。仮に、誤差項 u_{ijt} と説明変数が無相関であったとしても、式(5)から、誤差項 ε_{ijt} が説明変

数 ($GDP_{it}, GDP_{jt}, Dist_{ij}$) の関数と表されることから、誤差項 ε_{ijt} と説明変数との間に相関が生じ得る。このため、最小二乗法による式 (6) の推定結果には、バイアスが生じ得る。

これらの問題点に対処するため、Silva and Tenreyro (2006) は、ポアソン疑似最尤推定法 (Poisson pseudo-maximum likelihood, PPML) を重力モデルの推定に用いることを提案した。ポアソン疑似最尤推定法は、貿易額 $Trade_{ijt}$ がポアソン分布に従うと疑似的に仮定し、ポアソン回帰の枠組みを用いた推計を行う手法である。

貿易額 $Trade_{ijt}$ について、期待値が

$$\mu_{ijt} = \exp(\beta_0) \frac{GDP_{it}^{\beta_1} GDP_{jt}^{\beta_2}}{Dist_{ij}^{\beta_3}} = \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln GDP_{jt} - \beta_3 \ln Dist_{ij}) \quad (7)$$

であり、ポアソン分布に従うと仮定すると、確率密度関数は、

$$\Pr(Trade_{ijt} = k_{ijt} | \mu_{ijt}) = \frac{\exp(-\mu_{ijt}) \mu_{ijt}^{k_{ijt}}}{k_{ijt}!} \quad (8)$$

と表すことができる。

ここで、式 (7) の対数をとると、

$$\ln(\mu_{ijt}) = \ln(E[Trade_{ijt}]) = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln GDP_{jt} - \beta_3 \ln Dist_{ij} \quad (9)$$

と表すことができる。

式 (8) の尤度関数は、

$$L(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3 | \{\mu_{ijt}\}) = \prod_{i,j,t} \frac{\exp(-\mu_{ijt}) \mu_{ijt}^{k_{ijt}}}{k_{ijt}!} \quad (10)$$

と表すことができることから³、式 (10) の対数をとった対数尤度関数は、

$$l(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3 | \{\mu_{ijt}\}) = \sum_{i,j,t} (-\mu_{ijt} + k_{ijt} \ln \mu_{ijt}) \quad (11)$$

と表すことができる⁴。ここで、式 (7) 及び式 (9) を式 (11) に代入すると、

$$l(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3) = \sum_{i,j,t} \{-\exp(\beta_0 + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln GDP_{jt} - \beta_3 \ln Dist_{ij}) + k_{ijt}(\beta_0 + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln GDP_{jt} - \beta_3 \ln Dist_{ij})\} \quad (12)$$

と表すことができる。式 (12) の対数尤度関数を最大化するパラメータ ($\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$) を求めることにより、ポアソン疑似最尤推定法によるパラメータを得ることができる。

Gourieroux et al. (1984)は、期待値の関数形 (式 (7)) が正しく指定されていれば、被説明変数 $Trade_{ijt}$ がポアソン分布に従っておらず、また、整数値ではなく連続値のデータの場合でも、ポアソン疑似最尤推定法による推定結果が一致性をもつことを示している。

³ ここで、 $\{\mu_{ijt}\}$ は確率変数 μ_{ijt} 全体の集合を表す。すなわち、国全体の集合を C 、年全体の集合を T とすると、 $\{\mu_{ijt}\}$ は、 $\{\mu_{ijt} | i, j \in C, t \in T\}$ を表す。

⁴ 対数尤度関数の $-\ln k_{ijt}!$ という項は、パラメータ ($\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$) に依存しないことから、ここでは省略している。

式（１）の期待値をとると、 $E[u_{ijt}] = 0$ から、式（７）と同じ式を得ることができることから、重力モデルをポアソン疑似最尤推定法で推定することにより一致推定量を得ることができる⁵。

３．実証分析のデータとモデル

（１） データ

フランス国際経済予測研究センター（CEPII）が提供する重力モデルを推定するためのデータベース（CEPII Gravity Database）（以下「CEPIIデータベース」という。）を用いて推定する。データ期間は、CEPIIデータベースで財貿易のデータが得られる1962年～2020年。

（２） 実証分析①（全ての国の財貿易を対象とした分析）

CEPIIデータベースに登録されている全ての国・地域⁶の財貿易のデータを用いて、最小二乗法を用いた推定式（式（４））、ポアソン疑似最尤推定法を用いた推定式（式（９））のそれぞれについて推定を行う。なお、貿易国同士で公用語が共通か否か、貿易国同士でFTAを締結しているか否か、年ごとの各国・地域共通の要因を捉えるために、対応するダミー変数を設定した⁷。推定式は、以下のとおり⁸。

<最小二乗法による推定>

$$\ln Trade_{ijt} = \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln GDP_{jt} + \beta_3 \ln Dist_{ij} + \beta_4 Comlang_{ij} + \beta_5 FTA_{ijt} + \sum_{y=1962}^{2020} \gamma_y Year_{yt} + \varepsilon_{ijt} \quad (13)$$

<ポアソン疑似最尤推定法による推定>

$$\ln(E[Trade_{ijt}]) = \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln GDP_{jt} + \beta_3 \ln Dist_{ij} + \beta_4 Comlang_{ij} + \beta_5 FTA_{ijt} + \sum_{y=1962}^{2020} \gamma_y Year_{yt} \quad (14)$$

⁵ ただし、ポアソン分布における分散の仮定（平均＝分散）が満たされない可能性があることから、通常の標準誤差を用いると真の標準誤差を過小評価するおそれがあるため、頑健な標準誤差（Eicker (1963)、White (1980)）を用いることが望ましい。本稿の実証分析では、頑健な標準誤差を用いて統計的な有意性を確認している。

⁶ CEPIIデータベースのうち貿易額のデータが得られる248か国・地域を対象に推計を行っている。ただし、一部の国・地域については、データの欠損から一部の年の値のみ推計対象としている。なお、CEPIIデータベースでは、現在は統一されている国についても、統一前の国がそれぞれカウントされており、例えば、1990年以前の東ドイツはDDR、西ドイツはDEU.1、1990年以降のドイツはDEU.2として、それぞれ異なる国・地域としてカウントされている。

⁷ 具体的には、式（１）における比例定数 A を、 $\exp(\beta_4 Comlang_{ij} + \beta_5 FTA_{ijt} + \sum_{y=1962}^{2020} \gamma_y Year_{yt})$ と置き換えている。

⁸ 年ダミー $Year_{yt}$ を全ての年に入れていることから、任意の年 $t = y$ において γ_y が切片の役割を果たすことから、 β_0 は入っていない。

各変数の定義は以下のとおり。

変数名	定義
$Trade_{ijt}$	t 年の国 i の国 j からの財輸入額 ⁹
GDP_{it}, GDP_{jt}	t 年の国 i 、国 j のGDP
$Dist_{ij}$	国 i と国 j との地理的距離 ¹⁰
$Comlang_{ij}$	国 i が国 j と公用語が共通の場合に1をとるダミー変数
FTA_{ijt}	t 年に国 i が国 j と自由貿易協定を締結している場合に1をとるダミー変数
$Year_{yt}$	t 年 = y 年 ($y = 1962, 1963, \dots, 2020$)の時に1をとるダミー変数

(2) 実証分析② (米国の財貿易額を対象とした分析)

CEPIIデータベースから米国の財貿易のデータのみを取り出し、最小二乗法を用いた推定式(式(4))、ポアソン疑似最尤推定法を用いた推定式(式(9))のそれぞれについて推定を行う。なお、実証分析①と同様、米国の貿易相手国の公用語が英語か否か、米国と貿易相手国とでFTAを締結しているか否か、年ごとの各国・地域共通の要因を捉えるために、対応するダミー変数を設定した。加えて、米国との財貿易額(輸出額と輸入額の和)が大きい上位10か国・地域¹¹(メキシコ、カナダ、中国、ドイツ、日本、韓国、台湾、ベトナム、英国、インド)により焦点を当てて分析するために、上位10か国・地域別の固定効果をみるためのダミー変数も設定した¹²。推定式は、以下のとおり¹³。

<最小二乗法による推定>

$$\begin{aligned} \ln Trade_{jt} = & \beta_2 \ln GDP_{jt} + \beta_3 \ln Dist_j + \beta_4 Comlang_j + \beta_5 FTA_{jt} \\ & + \sum_{y=1962}^{2020} \gamma_y Year_{yt} + \sum_{c=1}^{10} \delta_c Country_{cjt} + \varepsilon_{ijt} \end{aligned} \quad (15)$$

⁹ 輸入には関税がかかる場合があることから、各国の税関は輸入の情報をより正確に調査・記録している可能性が高く、一般に、輸入国側の統計の方が輸出国側の統計よりも精度が高いと考えられる。このため、ここでは、輸入国側の統計を用いている。なお、輸出国側の統計を用いた場合も、おおむね同様の結果が得られる。

¹⁰ $Dist_{ij}$ は、国 i の最も人口の多い都市と国 j の最も人口の多い都市との間の地理的距離を表す。

¹¹ 2024年の米国の財貿易総額(輸出額と輸入額の和)を用いて順位を計算。なお、台湾、香港については、中国とは別に扱い順位を計算した。

¹² 具体的には、式(1)における比例定数 A を、 $\exp(\beta_4 Comlang_j + \beta_5 FTA_{jt} + \sum_{y=1962}^{2020} \gamma_y Year_{yt} + \sum_{c=1}^{10} \delta_c Country_{cjt})$ と置き換えている。

¹³ 年ダミー $Year_{yt}$ を全ての年に入れていることから、米国のGDP(t にのみ依存)を説明変数として入れる場合、多重共線性が生じることから、米国のGDPは説明変数として入れていない。

<ポアソン疑似最尤推定法による推定>

$$\ln(E[Trade_{jt}]) = \beta_2 \ln GDP_{jt} + \beta_3 \ln Dist_j + \beta_4 Comlang_j + \beta_5 FTA_{jt} + \sum_{y=1962}^{2020} \gamma_y Year_{yt} + \sum_{c=1}^{10} \delta_c Country_{cjt} \quad (16)$$

各変数の定義は以下のとおり。

変数名	定義
$Trade_{jt}$	t 年の米国の国 j との財貿易額（輸出額と輸入額の和）
GDP_{jt}	t 年の国 j のGDP
$Dist_j$	米国と国 j との地理的距離
$Comlang_j$	国 j の公用語が英語の場合に1をとるダミー変数
FTA_{ijt}	t 年に米国が国 j と自由貿易協定を締結している場合に1をとるダミー変数 ¹⁴
$Year_{yt}$	t 年 = y 年 ($y = 1962, 1963, \dots, 2020$)の時に1をとるダミー変数
$Country_{cjt}$	国 j が米国の米国との財貿易額上位10か国・地域 ($c = 1, 2, \dots, 10$) の場合に1をとるダミー変数 ¹⁵

(3) 実証分析③（米国の財輸入を対象とした分析）

CEPIIデータベースから米国の各国からの輸入のデータのみを取り出し、最小二乗法を用いた推定式（式（4））、ポアソン疑似最尤推定法を用いた推定式（式（9））のそれぞれについて推定を行う。なお、実証分析①及び②と同様、米国の貿易相手国の公用語が英語か否か、米国と貿易相手国とでFTAを締結しているか否か、年ごとの各国共通の要因を捉えるために、対応するダミー変数を設定した。加えて、米国との財輸入額が大きい上位10か国・地域¹⁶（メキシコ、中国、カナダ、ドイツ、日本、ベトナム、韓国、台湾、アイルランド、イ

¹⁴ $FTA_{jt} = 1$ となる国は、米国とFTAを締結している国（オーストラリア、バーレーン、チリ、コロンビア、イスラエル、ヨルダン、モロッコ、オマーン、パナマ、ペルー、シンガポール、韓国）、米国・中米・ドミニカ共和国自由貿易協定（DR-CAFTA）の加盟国（コスタリカ、ドミニカ共和国、エルサルバドル、グアテマラ、ホンジュラス、ニカラグア）、北米自由貿易協定（NAFTA）及び米国・メキシコ・カナダ協定（USMCA）の加盟国（カナダ、メキシコ）の計20か国。

¹⁵ 財貿易額上位10か国・地域は、メキシコ、カナダ、中国、ドイツ、日本、韓国、台湾、ベトナム、英国、インドを指す。なお、ベトナムについては、2007年1月のベトナムのWTO加盟後、米国のベトナムとの財貿易額が増加していることを踏まえ、ベトナムにおける $Country_{cjt}$ は、2007年以降の値のみ1をとるダミー変数を設定している。

¹⁶ 2024年の米国の輸入額を用いて順位を計算。なお、台湾、香港については、中国とは別に扱い順位を計算した。

ンド) により焦点を当てて分析するために、上位10か国・地域別の固定効果をみるためのダミー変数も設定した¹⁷。推定式は、以下のとおり。

<最小二乗法による推定>

$$\ln Import_{jt} = \beta_2 \ln GDP_{jt} + \beta_3 \ln Dist_j + \beta_4 Comlang_j + \beta_5 FTA_{jt} + \sum_{y=1962}^{2020} \gamma_y Year_{yt} + \sum_{c=1}^{10} \delta_c Country_{cjt} + \varepsilon_{ijt} \quad (17)$$

<ポアソン疑似最尤推定法による推定>

$$\ln(E[Import_{jt}]) = \beta_2 \ln GDP_{jt} + \beta_3 \ln Dist_j + \beta_4 Comlang_j + \beta_5 FTA_{jt} + \sum_{y=1962}^{2020} \gamma_y Year_{yt} + \sum_{c=1}^{10} \delta_c Country_{cjt} \quad (18)$$

各変数の定義は以下のとおり。

変数名	定義
<i>Import_{jt}</i>	<i>t</i> 年の米国の国 <i>j</i> からの財輸入額
<i>GDP_{jt}</i>	<i>t</i> 年の国 <i>j</i> のGDP
<i>Dist_j</i>	米国と国 <i>j</i> との地理的距離
<i>Comlang_j</i>	国 <i>j</i> の公用語が英語の場合に1をとるダミー変数
<i>FTA_{jt}</i>	<i>t</i> 年に米国が国 <i>j</i> と自由貿易協定を締結している場合に1をとるダミー変数
<i>Year_{yt}</i>	<i>t</i> 年 = <i>y</i> 年 (<i>y</i> = 1962, 1963, ..., 2020)の時に1をとるダミー変数
<i>Country_{cjt}</i>	国 <i>j</i> が米国の財輸入上位10か国・地域 (<i>c</i> = 1, 2, ..., 10) の場合に1をとるダミー変数 ¹⁸

¹⁷ 具体的には、式(1)における比例定数*A*を、 $\exp(\beta_4 Comlang_j + \beta_5 FTA_{jt} + \sum_{y=1962}^{2020} \gamma_y Year_{yt} + \sum_{c=1}^{10} \delta_c Country_{cjt})$ と置き換えている。

¹⁸ 財輸入上位10か国・地域は、メキシコ、中国、カナダ、ドイツ、日本、ベトナム、韓国、台湾、アイルランド、インドを指す。なお、ベトナムについては、2007年1月のベトナムのWTO加盟後、米国のベトナムからの輸入額が増加していることを踏まえ、実証分析②と同様、ベトナムにおける*Country_{cjt}*は、2007年以降の値のみ1をとるダミー変数を設定している。

4. 実証分析の結果と考察

(1) 実証分析①(全ての国の財貿易を対象とした分析)の結果と考察
最小二乗法による式(13)の推定結果は、以下のとおり¹⁹。

$$\begin{aligned} \ln \widehat{Trade}_{ijt} = & 0.99^{***} \ln GDP_{it} + 1.16^{***} \ln GDP_{jt} - 1.09^{***} \ln Dist_{ij} + 1.00^{***} Comlang_{ij} \\ & + 1.09^{***} FTA_{ijt} + \sum_{y=1962}^{2020} \hat{\gamma}_y Year_{yt} \end{aligned} \quad (19)$$

また、ポアソン疑似最尤推定法による式(14)の推定結果は、以下のとおり。

$$\begin{aligned} \ln(\widehat{Trade}_{ijt}) = & 0.84^{***} \ln GDP_{it} + 0.83^{***} \ln GDP_{jt} - 0.60^{***} \ln Dist_{ij} + 0.38^{***} Comlang_{ij} \\ & + 0.28^{***} FTA_{ijt} + \sum_{y=1962}^{2020} \hat{\gamma}_y Year_{yt} \end{aligned} \quad (20)$$

式(19)及び式(20)の結果をみると、最小二乗法、ポアソン疑似最尤推定法の結果ともに、各係数において、統計的に有意な結果が得られた。また、係数の符号についても、重力モデルが想定している符号と一致している。

Silva and Tenreyro (2006)は、最小二乗法による推計結果にはバイアスが生じる可能性があり、ポアソン疑似最尤推定法を用いることが望ましいことをシミュレーションにより示している。このため、各係数の解釈に当たっては、一致推定量であるポアソン疑似最尤推定法の結果を参照する。

ポアソン疑似最尤推定法の推計結果である式(20)の各係数の解釈としては、以下のとおり。

$\hat{\beta}_1 = 0.84$: 輸入する国のGDPが1%増加すると、その国の輸入額が0.84%増加。

$\hat{\beta}_2 = 0.83$: 輸出する国のGDPが1%増加すると、その国の輸出額が0.83%増加。

$\hat{\beta}_3 = -0.60$: 貿易を行う国同士の距離が1%離れると、輸入額(輸出額)が0.60%減少。

$\hat{\beta}_4 = 0.38$: 貿易を行う国同士の公用語が共通の場合、

輸入額(輸出額)が46% (= $100 \times (\exp(0.38) - 1)$) 増加。

$\hat{\beta}_5 = 0.28$: 貿易を行う国同士が自由貿易協定を締結している場合、

輸入額(輸出額)が32% (= $100 \times (\exp(0.28) - 1)$) 増加。

¹⁹ *** : 1%、** : 5%、* : 10%の有意水準で統計的に有意であることを示す。頑健な標準誤差を用いて統計的有意性を確認している。

以上から、

- ① 財貿易額は、輸入国のGDP及び輸出国のGDPとそれぞれ正の相関がある
 - ② 輸入国と輸出国との間で公用語が共通である方が財貿易額が大きくなる
 - ③ 輸入国と輸出国との間でFTAが締結されている方が財貿易額が大きくなる
 - ④ 輸入国と輸出国との間の距離が近い方が財貿易額が大きくなる
- という重力モデルが想定している係数の方向性と一致する結果が確認された。

(2) 実証分析②(米国の財貿易額を対象とした分析)の結果と考察
 最小二乗法による式(15)の推定結果は、以下のとおり。

$$\ln \widehat{Trade}_{jt} = 1.03^{***} \ln GDP_{jt} - 0.95^{***} \ln Dist_j + 1.01^{***} Comlang_j + 1.29^{***} FTA_{jt} + \sum_{y=1962}^{2020} \hat{\gamma}_y Year_{yt} + \sum_{c=1}^{10} \hat{\delta}_c Country_{cjt} \quad (21)$$

また、ポアソン疑似最尤推定法による式(16)の推定結果は、以下のとおり。

$$\ln(\widehat{Trade}_{jt}) = 0.77^{***} \ln GDP_{jt} - 0.37^{***} \ln Dist_j + 0.59^{***} Comlang_j + 0.37^{***} FTA_{jt} + \sum_{y=1962}^{2020} \hat{\gamma}_y Year_{yt} + \sum_{c=1}^{10} \hat{\delta}_c Country_{cjt} \quad (22)$$

式(21)及び式(22)の結果をみると、最小二乗法、ポアソン疑似最尤推定法の結果ともに、各係数において、統計的に有意な結果が得られた。また、係数の符号についても、重力モデルが想定している符号と一致している。

ポアソン疑似最尤推定法の推計結果である式(22)の各係数の解釈としては、以下のとおり。

- $\hat{\beta}_2 = 0.77$: 貿易相手国のGDPが1%増加すると、米国とその国との貿易額が0.77%増加。
- $\hat{\beta}_3 = -0.37$: 貿易相手国との距離が1%離れると、米国とその国との貿易額が0.37%減少。
- $\hat{\beta}_4 = 0.59$: 貿易相手国の公用語が英語の場合、米国とその国との貿易額が80% (= $100 \times (\exp(0.59) - 1)$) 増加。
- $\hat{\beta}_5 = 0.37$: 貿易相手国が米国と自由貿易協定を締結している場合、米国とその国との貿易額が45% (= $100 \times (\exp(0.37) - 1)$) 増加。

以上の結果から、米国との距離が近いほど、経済規模が大きいほど、米国との財貿易額が大きくなることが確認できた。

ここで、米国の2024年の財貿易額（財輸出と財輸入の総額）の相手国別の順位をみると、上から順に、メキシコ、カナダ、中国、ドイツ、日本となっている（図表1）。

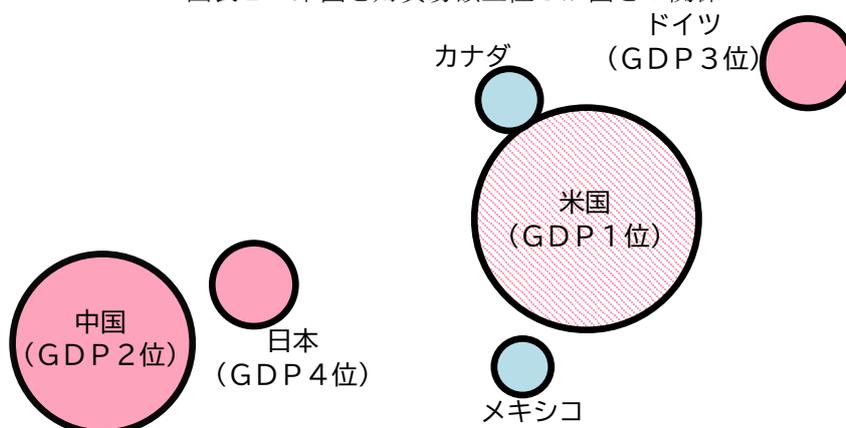
図表1 米国との財貿易額上位5か国の輸出入、GDP、距離（2024年）

米国との貿易取引額			米国の輸出額		米国の輸入額		名目GDP		米国との距離
順位	国	億ドル	順位	億ドル	順位	億ドル	順位	兆ドル	km
1	メキシコ	8,396	2	3,340	1	5,055	13	1.9	3,359
2	カナダ	7,618	1	3,499	3	4,119	9	2.2	556
3	中国	5,820	3	1,432	2	4,387	2	18.7	11,883
4	ドイツ	2,361	7	757	4	1,604	3	4.7	6,402
5	日本	2,273	6	790	5	1,484	4	4.0	10,872

（備考）米国商務省、IMF、フランス国際経済予測研究センター（CEPII）により作成。

重力モデルによって得られた結果を直感的に理解するために、米国の財貿易額上位5か国を円（各国の円の面積は各国のGDPに比例）として世界地図の配置に沿って描画した図を確認すると（図表2）、メキシコとカナダは米国との距離が近い一方、中国、ドイツ、日本は世界のGDPの2位、3位、4位と経済規模が大きい（円の面積が大きい）。よって、重力モデルに基づく推定結果が示している①距離が近いほど財貿易額が増える（メキシコ、カナダ）、②貿易相手国のGDPが大きいほど財貿易額が増える（中国、ドイツ、日本）という結果と整合的に説明ができる。

図表2 米国と財貿易額上位5か国との関係



- （備考）1. IMFにより作成。各国の円の面積は各国の2024年のGDP（ドルベース）に比例。
 2. 各国の最も人口の多い都市の緯度・経度に基づき、各国の円を配置。ただし、各国の円が重ならないように一部の国の配置を調整している。

(3) 実証分析③ (米国の財輸入を対象とした分析)

最小二乗法による式 (17) の推定結果は、以下のとおり。

$$\begin{aligned} \ln \widehat{Import}_{jt} = & 1.11^{***} \ln GDP_{jt} - 0.76^{***} \ln Dist_j + 1.04^{***} Comlang_j + 1.32^{***} FTA_{jt} \\ & + \sum_{y=1962}^{2020} \hat{\gamma}_y Year_{yt} + \sum_{c=1}^{10} \hat{\delta}_c Country_{cjt} \end{aligned} \quad (23)$$

次に、ポアソン疑似最尤推定法による式 (18) の推定結果は、以下のとおり。

$$\begin{aligned} \ln(\widehat{Import}_{jt}) = & 0.76^{***} \ln GDP_{jt} - 0.12^{***} \ln Dist_j + 0.27^{***} Comlang_j + 0.28^{***} FTA_{jt} \\ & + \sum_{y=1962}^{2020} \hat{\gamma}_y Year_{yt} + \sum_{c=1}^{10} \hat{\delta}_c Country_{cjt} \end{aligned} \quad (24)$$

式 (23) 及び式 (24) の結果をみると、最小二乗法、ポアソン疑似最尤推定法の結果ともに、各係数において、統計的に有意な結果が得られた。また、係数の符号についても、重力モデルが想定している符号と一致している。

ポアソン疑似最尤推定法の推計結果である式 (24) の各係数の解釈としては、以下のとおり。

- $\hat{\beta}_2 = 0.76$: 輸入相手国のGDPが1%増加すると、その国からの米国の輸入額が0.76%増加。
- $\hat{\beta}_3 = -0.12$: 輸入相手国との距離が1%離れると、その国からの米国の輸入額が0.12%減少。
- $\hat{\beta}_4 = 0.27$: 輸入相手国の公用語が英語の場合、その国からの米国の輸入額が31% (= $100 \times (\exp(0.27) - 1)$) 増加。
- $\hat{\beta}_5 = 0.28$: 輸入相手国が米国と自由貿易協定を締結している場合、その国からの米国の輸入額が33% (= $100 \times (\exp(0.28) - 1)$) 増加。

また、国・地域別固定効果の係数 $\hat{\delta}_c$ については、ベトナム、台湾、韓国ともに統計的に有意な正の値が得られていることから、説明変数として設定したGDP、距離、共通言語、FTAの有無²⁰以外のその国・地域特有の要因から、米国のその国・地域からの財輸入が増えていることが示唆される (背景については後述)。

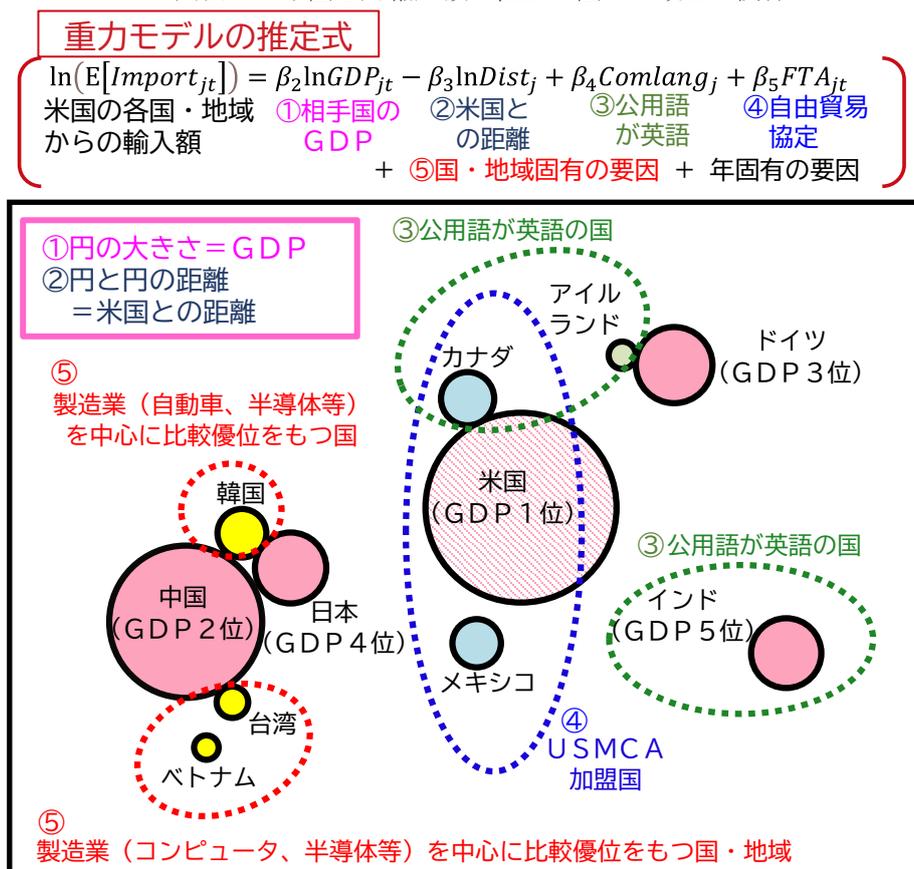
ここで、係数を実証分析① (全ての国の財貿易を対象とした分析) の結果と比較すると、米国の輸入の方が全世界の貿易と比較して、距離の係数 ($\hat{\beta}_3$) の絶対値が小さく、また、共通言語ダミーの係数 ($\hat{\beta}_4$) も小さいことが分かる。また、実証分析② (米国の財貿易額を対象とした分析) の結果と比較すると、米国の輸入の方が米国の貿易全体と比較して、距離の

²⁰ 後述のとおり、韓国については米国とFTAを締結している。

係数 ($\widehat{\beta}_3$) の絶対値が小さく、また、共通言語ダミーの係数 ($\widehat{\beta}_4$) も小さいことが分かる。これは、米国では港湾・航空等の輸送インフラが発達しており、輸送インフラが未発達な国と比べ相対的に輸送コストが小さくなっていることが要因の一つとして考えられる。また、米国の多国籍企業は、世界各地に子会社や関連会社をもち、現地の言語や文化に対応できる体制を整えていることから、言語の影響を相対的に受けにくいと考えられる。特に、輸入については、距離や言語を問わず、米国が生産に必要な不可欠な品目を輸入していると考えられる。

重力モデルによる推定結果を踏まえ、米国の財輸入額上位10か国・地域それぞれの輸入額の決定要因を整理する。図表3では、米国の財輸入額上位10か国・地域を円（各国・地域の円の面積は各国・地域のGDPに比例）として世界地図の配置に沿って描画しており、図表4では米国の財輸入額上位10か国・地域の基本情報を示している。

図表3 米国と財輸入額上位10か国・地域との関係



(備考) 1. IMF、フランス国際経済予測研究センター (CEPII) により作成。
2. 各国・地域の円の面積は各国・地域の2024年のGDP（ドルベース）に比例。各国・地域の最も人口の多い都市の緯度・経度に基づき、各国・地域の円を配置。ただし、各国・地域の円が重ならないように一部の国・地域の配置を調整している。

図表4 米国の財輸入額上位10か国・地域の
貿易額、GDP、距離、公用語、FTA（2024年）

米国の財輸入額(輸入相手国・地域別)			名目GDP		距離	公用語が 英語か	FTA の有無
順位	国・地域	額(億ドル)	順位	額(兆ドル)	(km)		
1	メキシコ	5,055	13	1.9	3,359	×	○
2	中国	4,387	2	18.7	11,883	×	×
3	カナダ	4,119	9	2.2	556	○	○
4	ドイツ	1,604	3	4.7	6,402	×	×
5	日本	1,484	4	4.0	10,872	×	×
6	ベトナム	1,365	34	0.5	14,306	×	×
7	韓国	1,316	12	1.9	11,077	×	○
8	台湾	1,163	22	0.8	12,555	×	×
9	アイルランド	1,033	26	0.6	5,129	○	×
10	インド	873	5	3.9	11,771	○	×

(備考) 米国商務省、IMF、フランス国際経済予測研究センター（CEPII）により作成。

メキシコやカナダについては、米国との距離の近さ、米国との自由貿易協定（USMCA）を活かし、米国の同国からの財輸入が大きいと考えられる。メキシコとカナダは米国向けの自動車・同部品供給網が立地しており、米国の自動車・同部品の輸入の1位はメキシコ、2位はカナダとなっている。また、カナダと米国との間には原油・天然ガスを供給するパイプラインが形成されており、カナダから多くの原油・天然ガスが米国に輸出されている。こうした米国のメキシコ、カナダからの財輸入は、米国との距離の近さや米国とのUSMCAの存在が寄与していると言える。

また、中国、ドイツ、日本、インドについては、それぞれ、世界2位、3位、4位、5位の経済規模をもつ国であり、経済規模の大きさが米国の財輸入の大きさにつながっていると言える。具体的な品目としては、中国からは携帯電話、玩具、衣類等の消費財や、コンピュータ・同周辺機器等の資本財を輸入している。ドイツ、日本からは、自動車・同部品、工業用機械、医薬品等を輸入している。インドからは、携帯電話や医薬品等の消費財を主に輸入している。これらの経済規模の大きい4か国からは、それぞれの国が強みとする品目について、米国が輸入をしていると言える。

アイルランドについては、米国との距離の近さや公用語が英語であることもあり、米国のアイルランド向けの直接投資額が大きい。特に、製薬会社がアイルランドに多数立地することから、米国の医薬品の輸入額の1位はアイルランドとなっている。

ベトナム、台湾、韓国については、他の輸入上位国と比較して経済規模も小さく、米国との距離も遠く、公用語も英語ではないにも関わらず、米国の財輸入額上位6位、7位、8位となっており、重力モデルの説明変数とは別の要因から米国からの財輸入額が大きいと考えられる。ベトナム、台湾、韓国は、製造業を中心に比較優位をもつ国・地域である。特に、ベトナム、台湾からは、コンピュータ・同周辺機器、半導体等、韓国からは、自動車・同部

品、半導体等の輸入が多く、これらの品目は、これら3か国・地域にそれぞれ国際競争力の高い企業が存在することに加え、米国にとってもサプライチェーン上必要不可欠な品目でもあることから、経済規模や米国との距離の遠さにも関わらず、これらの国・地域からの輸入が大きいと考えられる。また、強靱なサプライチェーン構築の多様化を進めるため、中国以外の代替的な生産拠点の確保（いわゆる「チャイナ・プラスワン」）の動きが進んでいることも、これらの国・地域の財輸入増加につながっている可能性がある。

5. まとめ

本稿では、重力モデルを用いて、米国の貿易相手国の決定要因の整理を行った。今回行った分析から、米国との距離の近さを活かし自動車・同部品等を取引しているカナダ、メキシコ、経済規模の大きさから米国の主要な貿易相手国となっている中国、ドイツ、日本、インド、距離の近さと英語圏であることなどから米国の直接投資先及び医薬品の主要輸入先となっているアイルランド、製造業を中心に比較優位をもつベトナム、台湾、韓国といった、国・地域ごとのそれぞれ異なる要因から米国の主要輸入相手先となっていることが分かる。

米国の第二次トランプ政権が広範な関税措置を導入する中、本稿で説明された米国と貿易相手国との間の関係がどのように変容するのかが注目される。関税措置が貿易構造に与える影響を分析する手法としては、貿易コストとして関税を含めた重力モデルを推定する²¹などの方法が考えられるところ、今後の研究課題としたい。

²¹ WTO による構造重力モデルを用いた通商政策を分析するガイドブック (Yotov et al. (2016)) の中では、貿易コストとして関税を含めた重力モデルについて紹介されている。

参考1 最小二乗法による推定結果

(実証分析①：全ての国の財貿易を対象とした分析)

係数	推定値	標準誤差	有意性
β_1	0.985	0.0012	***
β_2	1.164	0.0012	***
β_3	-1.093	0.0034	***
β_4	1.002	0.0074	***
β_5	1.088	0.0089	***

※「標準誤差」は、頑健な標準誤差。***：1%、**：5%、*：10%の有意水準で統計的に有意であることを示す。ここでは、頑健な標準誤差を用いて統計的有意性を確認している。上記のほかにも、年ダミーも変数に加えている。

(実証分析②：米国の財貿易額を対象とした分析)

係数	推定値	標準誤差	有意性
β_2	1.031	0.0060	***
β_3	-0.952	0.0316	***
β_4	1.009	0.0257	***
β_5	1.293	0.0371	***

※「標準誤差」は、頑健な標準誤差。***：1%、**：5%、*：10%の有意水準で統計的に有意であることを示す。ここでは、頑健な標準誤差を用いて統計的有意性を確認している。上記のほかにも、年ダミー、国・地域ダミーも変数に加えている。

(実証分析③)：米国の財輸入を対象とした分析)

係数	推定値	標準誤差	有意性
β_2	1.113	0.0090	***
β_3	-0.764	0.0501	***
β_4	1.037	0.0403	***
β_5	1.321	0.0640	***

国・地域ダミー	推定値	標準誤差	有意性
メキシコ	0.884	0.0823	***
中国	-0.567	0.4842	
カナダ	-1.226	0.1595	***
ドイツ	0.319	0.1045	***
日本	0.876	0.0623	***
ベトナム	3.481	0.0831	***
韓国	1.501	0.0908	***
台湾	2.632	0.0715	***
アイルランド	0.346	0.1089	***
インド	-0.756	0.0825	***

※「標準誤差」は、頑健な標準誤差。***：1%、**：5%、*：10%の有意水準で統計的に有意であることを示す。ここでは、頑健な標準誤差を用いて統計的有意性を確認している。上記のほかにも、年ダミーも変数に加えている。

参考2 ポアソン疑似最尤推定法による推定結果

(実証分析①：全ての国の財貿易を対象とした分析)

係数	推定値	標準誤差	有意性	100 × (exp (推定値) -1)
β_1	0.836	0.0051	***	-
β_2	0.829	0.0041	***	-
β_3	-0.604	0.0083	***	-
β_4	0.379	0.0200	***	46.121
β_5	0.278	0.0199	***	32.066

※「標準誤差」は、頑健な標準誤差。***：1%、**：5%、*：10%の有意水準で統計的に有意であることを示す。ここでは、頑健な標準誤差を用いて統計的有意性を確認している。上記のほかにも、年ダミーも変数に加えている。

(実証分析②：米国の財貿易額を対象とした分析)

係数	推定値	標準誤差	有意性	100 × (exp (推定値) -1)
β_2	0.771	0.0085	***	-
β_3	-0.368	0.0492	***	-
β_4	0.586	0.0468	***	79.666
β_5	0.374	0.0331	***	45.383

※「標準誤差」は、頑健な標準誤差。***：1%、**：5%、*：10%の有意水準で統計的に有意であることを示す。ここでは、頑健な標準誤差を用いて統計的有意性を確認している。上記のほかにも、年ダミー、国・地域ダミーも変数に加えている。

(実証分析③：米国の財輸入を対象とした分析)

係数	推定値	標準誤差	有意性	100 × (exp (推定値) -1)
β_2	0.760	0.0077	***	-
β_3	-0.119	0.0669	*	-
β_4	0.271	0.0395	***	31.079
β_5	0.285	0.0440	***	32.973

国・地域ダミー	推定値	標準誤差	有意性
メキシコ	1.988	0.0726	***
中国	1.495	0.0668	***
カナダ	1.575	0.1829	***
ドイツ	0.595	0.0469	***
日本	0.853	0.0544	***
ベトナム	1.932	0.1049	***
韓国	0.911	0.0538	***
台湾	1.524	0.0632	***
アイルランド	1.208	0.0703	***
インド	-0.113	0.0584	*

※「標準誤差」は、頑健な標準誤差。***：1%、**：5%、*：10%の有意水準で統計的に有意であることを示す。ここでは、頑健な標準誤差を用いて統計的有意性を確認している。上記のほかにも、年ダミーも変数に加えている。

参考文献

- 田中鮎夢 (2015) 『新々貿易理論とは何かー企業の異質性と 21 世紀の国際経済ー』ミネルヴァ書房、第 6 章、91–118 ページ.
- 藪友良 (2023) 『入門 実践する計量経済学』東洋経済新報社、第 12 章補足資料.
- Eicker, F. (1963) “Asymptotic normality and consistency of the least squares estimators for families of linear regressions,” *The Annals of Mathematical Statistics*, *34*(2), 447–456.
- Gourieroux, C., A. Monfort, and A. Trognon (1984) “Pseudo maximum likelihood methods: Theory,” *Econometrica*, *52*(3), 681–700.
- Silva, J. S. and S. Tenreyro (2006) “The Log of Gravity,” *Review of Economics and Statistics*, *88*(4), 641–658.
- Tinbergen, J. (1962) *Shaping the World Economy Suggestions for an International Economic Policy*, New York: Twentieth Century Fund.
- White, H. (1980) “A Heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity,” *Econometrica*, *48*(4), 817–838.
- Yotov, Y. V., R. Piermartini, J.-A. Monteiro, and M. Larch (2016) *An advanced guide to trade policy analysis: The structural gravity model*, World Trade Organization, Geneva.