

重力と威厳：
国境パズルへの解決策

Anderson, J. E., & Van Wincoop, E. (2003)
American Economic Review

資料作成: 田中鮎夢

2025-10-04

講義の目的

本講義では、国際貿易における「国境効果」を正しく測定する方法を学ぶ。

主要なポイント：

- ▶ 従来の重力方程式の問題点
- ▶ 理論的に正しい推定方法
- ▶ McCallum の国境パズルの解決

1. はじめに：国境パズルとは？

McCallum (1995) の驚くべき発見

- ▶ カナダの州間貿易は、米国州とカナダ州の間の貿易の **22 倍**
- ▶ これは「国境パズル」と呼ばれる

問題：この推定値は正しいのか？

2. 重力方程式の基本

従来の McCallum 型重力方程式

$$\ln x_{ij} = \alpha_1 + \alpha_2 \ln y_i + \alpha_3 \ln y_j + \alpha_4 \ln d_{ij} + \alpha_5 \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

変数の説明：

- ▶ x_{ij} ：地域 i から地域 j への輸出
- ▶ y_i, y_j ：各地域の GDP
- ▶ d_{ij} ：地域間の距離
- ▶ δ_{ij} ：国境ダミー（同じ国なら 1）

3. 従来の方法の問題点

2つの重要な欠陥

1. 除外変数バイアス

- ▶ 多国間抵抗変数が欠落している

2. 比較静学分析が不可能

- ▶ 国境の真の効果を計算できない

4. 理論的重力方程式の導出

CES 効用関数からの導出

消費者は以下を最大化：

$$\left(\sum_i \beta_i^{(1-\sigma)/\sigma} c_{ij}^{(\sigma-1)/\sigma} \right)^{\sigma/(\sigma-1)}$$

予算制約：

$$\sum_i p_{ij} c_{ij} = y_j$$

5. 多国間抵抗の概念

重力方程式（理論版）

$$x_{ij} = \frac{y_i y_j}{y^W} \left(\frac{t_{ij}}{P_i P_j} \right)^{1-\sigma}$$

新しい要素：多国間抵抗 P_i, P_j

$$P_j^{1-\sigma} = \sum_i P_i^{\sigma-1} \theta_i t_{ij}^{1-\sigma}$$

6. 多国間抵抗とは何か？

直感的な理解

P_i は地域 i が直面する「平均的な貿易障壁」

- ▶ すべての貿易相手国との障壁を反映
- ▶ 国境だけでなく距離も含む
- ▶ 一般均衡効果を捉える

7. 重要な理論的含意

含意 1：大国間の貿易への影響

貿易障壁は小国間よりも**大国間の貿易**をより削減する

含意 2：国内貿易への影響

貿易障壁は大国内よりも**小国内の貿易**をより増加させる

含意 3：相対的效果

貿易障壁は、国 1 の国内貿易と国 1 および国 2 間の国際貿易の規模調整済み比率を、国 1 が小さく、国 2 が大きいほど、より大きく上昇させる

つまり、小国ほど、国内貿易/国際貿易の比率が大きくなる

8. なぜこうなるのか？

カナダ（小国）の場合

1. 国境が多く、貿易相手との障壁を作る
2. 多国間抵抗 P_{CA} が大きく上昇
3. 相対的に国内貿易が魅力的になる
4. 州間貿易が **6 倍** 増加

米国（大国）の場合

1. 主な貿易は国内（障壁なし）
2. 多国間抵抗 P_{US} はわずかに上昇
3. 州間貿易は **1.25 倍** のみ増加

9. 推定方法

非線形最小二乗法

$$\ln z_{ij} = k + a_1 \ln d_{ij} + a_2(1 - \delta_{ij}) - \ln P_i^{1-\sigma} - \ln P_j^{1-\sigma} + \varepsilon_{ij}$$

手順：

1. パラメータ a_1, a_2 を仮定
2. 41 個の方程式から $P_i^{1-\sigma}$ を解く
3. 誤差の二乗和を最小化

10. 推定結果（表2）

国境障壁パラメータ

国ペア	$(1 - \sigma) \ln b$
米国-カナダ	-1.59
米国-ROW	-1.68
カナダ-ROW	-2.31
ROW-ROW	-1.66

カナダ-ROW の障壁 (-2.31) が他よりも高いという点が重要。

11. 多国間抵抗の推定値（表3）

表3： $P^{1-\sigma}$ の平均値

	US	Canada	ROW
多国モデル			
国境障壁あり (BB)	1.55(0.01)	4.67(0.09)	2.97(0.07)
国境なし (NB)	1.39(0.00)	1.91(0.04)	1.54(0.01)
比率 (BB/NB)	1.12(0.01)	2.44 (0.09)	1.93(0.06)

注：括弧内は標準誤差。

重要な発見：国境障壁があると、ないときと比べて、カナダの多国間抵抗が最も大きく上昇（2.44倍）している。

12. 国境の真の効果（表4）

表4：国境障壁が二国間貿易に与える影響

	US-US	CA-CA	US-CA	US-ROW	CA-ROW	ROW-ROW
比率 BB/NB	1.25	5.96	0.56	0.40	0.46	0.71
二国間抵抗による	1.0	1.0	0.20	0.19	0.10	0.19
多国間抵抗による	1.25	5.96	2.72	2.15	4.70	3.71

注：表は推定された国境障壁 (BB) がある場合の貿易と国境のない貿易 (NB) の下での貿易の比率を報告している。この比率は、二国間抵抗 ($t_{ij}^{1-\sigma}$) を通じた影響と、多国間抵抗 ($P_i^{\sigma-1} P_j^{\sigma-1}$) を通じた影響に分解されている。

表4：主要な発見

貿易への影響（変化率）：

- ▶ 国内貿易：米国州間 +25% ($= 1.25 - 1$)、カナダ省間+496% ($= 5.96 - 1$)
- ▶ 国際貿易：米加間 -44% ($= 1 - 0.56$)、ROW 間 -29% ($= 1 - 0.71$)

二国間 vs 多国間抵抗の効果：

- ▶ 二国間障壁は米加貿易を 80%削減 ($1 - 0.20 = 0.8$)
- ▶ しかし多国間抵抗の上昇が 2.72 倍の相殺効果
- ▶ 結果として実際の減少は 44% ($1 - 0.56 = 0.44$) にとどまる

13. McCallum パラメータの分解

表5：国境が国内貿易対国際貿易に与える影響（多国モデル）

	カナダ	米国
理論的に一貫した推定値	10.7	2.24
理論が示唆する McCallum パラメータ	14.8	1.63

注：最初の行は、カナダと米国の両方について、国際貿易に対する国内貿易への国境障壁の影響に関する理論的に一貫した推定値を報告している。2行目は、モデルによって示唆される McCallum の国境パラメータを報告しており、これは国際貿易に対する国内貿易の比率への国境の影響の偏った推定値を提供する。

解釈

真の効果 vs McCallum の推定値:

- ▶ **カナダ**: 真の効果 10.7 倍 → McCallum 推定 14.8 倍 (**38%過大評価**)
- ▶ **米国**: 真の効果 2.24 倍 → McCallum 推定 1.63 倍 (**27%過小評価**)

バイアスの原因:

1. **多国間抵抗の除外** (除外変数バイアス)
2. **誤った比較静学** (国境なし時の多国間抵抗変化を考慮せず)

14. 視覚的理解：国境効果の分解

式 (23) の分解

$$\frac{\text{貿易（国境あり）}}{\text{貿易（国境なし）}} = \underbrace{b_{ij}^{1-\sigma}}_{\text{直接効果}} \times \underbrace{\frac{P_i^{\sigma-1} P_j^{\sigma-1}}{\tilde{P}_i^{\sigma-1} \tilde{P}_j^{\sigma-1}}}_{\text{多国間抵抗効果}}$$

米加貿易の場合：

- ▶ 直接効果：-80%
- ▶ 多国間抵抗効果：+172%
- ▶ 合計効果：-44%

15. 実務的含意

政策評価への応用

1. 関税同盟の効果測定
 - ▶ 正しい一般均衡効果を計算可能
2. 為替制度の影響
 - ▶ 通貨統合の貿易効果を推定
3. 国境障壁の削減効果
 - ▶ FTA の真の効果を予測

16. 主要な教訓

3つの重要ポイント

1. 理論的基礎が重要

- ▶ 除外変数バイアスを回避

2. 一般均衡効果を考慮

- ▶ 多国間抵抗を含める

3. 国の規模が重要

- ▶ 小国ほど国境効果が大きく見える

17. 結論

Anderson & Van Wincoop の貢献

国境パズルの解決：

- ▶ McCallum の 22 倍 → 真の効果は 10.7 倍
- ▶ 国際貿易の減少：20-50%（穏健）

方法論的貢献：

- ▶ 重力方程式の理論的基礎を確立
- ▶ 正しい推定・比較静学の方法を提示

参考文献

- ▶ Anderson, J. E., & Van Wincoop, E. (2003). Gravity with gravitas: A solution to the border puzzle. *American Economic Review*, 93(1), 170-192.
- ▶ McCallum, J. (1995). National borders matter: Canada-US regional trade patterns. *American Economic Review*, 85(3), 615-623.

練習問題

1. 多国間抵抗とは何か、簡潔に説明せよ
2. なぜ小国ほど国境効果が大きく見えるのか
3. McCallum の推定値が過大評価である理由を2つ挙げよ

練習問題：模範解答

問1：多国間抵抗とは何か

定義：

ある地域がすべての貿易相手国と直面する**平均的な貿易障壁**

$$P_j^{1-\sigma} = \sum_i P_i^{\sigma-1} \theta_i t_{ij}^{1-\sigma}$$

重要な性質：

- ▶ すべての二国間障壁に依存（自国以外も含む）
- ▶ 他国との障壁が高い→多国間抵抗上昇
- ▶ 多国間抵抗が高い→特定相手国との貿易が相対的に魅力的

他国との貿易が困難な国ほど、特定の貿易相手に依存

問2：なぜ小国ほど国境効果が大きいのか

$$dP_i = \left(\frac{1}{2} - \theta_i + \frac{1}{2} \sum_k \theta_k^2 \right) dt$$

小国の場合：

- ▶ 貿易の大部分が国外→国境障壁の影響大
- ▶ 多国間抵抗 P_i が大幅上昇
- ▶ 相対的貿易抵抗 t_{ii}/P_i^2 が大きく低下
- ▶ 国内貿易が大幅増加

大国の場合：

- ▶ 貿易の大部分が国内→国境障壁の影響小
- ▶ 多国間抵抗わずかに上昇
- ▶ 国内貿易の増加は限定的

問2：数値例

20%国境障壁導入時：

国	所得シェア	P_i 上昇	国内貿易増加
カナダ	10%	16%	約6倍
米国	90%	0.2%	25%

→ カナダの国内/国際貿易比率が極端に大きくなる

問3：McCallum 過大評価の理由

理由 1：除外変数バイアス

McCallum 式：

$$\ln x_{ij} = \alpha_1 + \alpha_2 \ln y_i + \alpha_3 \ln y_j + \alpha_4 \ln d_{ij} + \alpha_5 \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

問題：多国間抵抗項 $\ln P_i, \ln P_j$ が欠落

→ 国境係数 α_5 が上方バイアス

問3：McCallum 過大評価の理由（続き）

理由2：誤った比較静学

McCallum 計算：

$$Border_{Canada} = (b_{US,CA})^{\sigma-1} \frac{P_{CA}^{\sigma-1}}{P_{US}^{\sigma-1}}$$

問題：

- ▶ 国境「あり」時の多国間抵抗を使用
- ▶ 距離要因だけで $P_{CA} > P_{US}$
- ▶ 国境なしでも $Border > 1$ に

正解：国境あり/なしの貿易比率を計算すべき

問3：結果の比較

国	McCallum	真の効果	差
カナダ	14.8	10.7	+38%
米国	1.63	2.24	-27%

多国間抵抗の無視により

- ▶ 小国（カナダ）：過大評価
- ▶ 大国（米国）：過小評価