

生産日数を考慮した Antràs 上流度拡張 Extension of Antràs Upstreamness by Considering Production Dates

楊 小龍[†] 齊藤 和巳[†]
Xiaolong Yang Kazumi Saito

1. はじめに

最近の数十年の世界の経済では、国境を超え、生産のフラグメント化は大きな特徴となっている。例えば、今日の国際貿易に占められる多国籍企業による企業内の貿易の割合が高い。生産はいくつかの国の、複数のサプライヤーから部品調達が必要となり、消費者（あるいは最終需要）に近い生産などを分担し、下流に位置する国もあり、比較的に上流に位置する国もある。このような生産ラインに対するポジションを測定するため、定量尺度として、Antràs らは上流度(Upstreamness)の考え方を提唱した[Antràs 12]。そして、これらの国は「相対的に川上（また川下）」に特化するかという貿易パターンについての問題意識の下で、ある産業の上流度を測る尺度（指標）を作成した。

これまで我々の研究[2][3]では、Antràs らの上流度を多次元に拡張した上流度ベクトル群を標準ユークリッド距離で階層クラスタリングしてグループ化することで、各グループに産業の上流度ベクトルを可視化すること [2]、産業の上流度の流れを可視化することにより [3]、提案法の有用性を確認した。

本研究では、Antràs らの上流度を多次元に拡張した上流度ベクトルに基づき、さらに時間を考慮した分析法を提案し、その有用性を評価する。評価実験では、日本国内の産業連関表を用い、提案法の妥当性を確認する。

2. 提案法

Antràs et al (2012)は、産業 i の上流度 U_{1i} を次式で定式化している。

$$U_{1i} = \frac{F_i}{Y_i} + \frac{2}{Y_i} \sum_{j=1}^n d_{ij} F_j + \frac{3}{Y_i} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n d_{ik} d_{kj} F_j + \dots$$

ここで、各産業 $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ それぞれについて、 Y_i は第 i 財の総生産量、 F_i は Y_i のうち最終財になるものの量、 Z_i は Y_i のうち中間財になるものの量、 d_{ij} は 1 ドル相当の産業 j の生産量を生産するために必要な産業 i の生産量のドルで換算した価値である。

一方、産業 i で生産された財が最終財となるまでの生産投入回数の期待値を考える。すなわち、産業 i で生産された財がそのまま最終財となる確率（割合）を $p_i = F_i/Y_i = (Y_i - Z_i)/Y_i$ とし、産業 j の中間需要として投入される確率を $q_{i,j} = Z_{i,j}/Y_i$ とする。ここで、 $Z_{i,j}$ は産業 i の生産に対する産業 j での中間需要を表す。なお、Antràs et al (2012)の上流度定義に使われる投入係数 $d_{i,j} = Z_{i,j}/Y_j$ と $q_{i,j} = Z_{i,j}/Y_i$ では右辺の分母 Y の添え字が j と i で異なることに注意されたい。定義より、産業 i で生産された財がそのまま生産回数 1 で最終財となる確率は p_i である。一方、産業 i で生産された財がどこかの産業 j での生産を付加し生産回数 2 で最終財となる確率は $\sum_{j=1}^n q_{i,j} p_j$ であり、さらに、産業 j の後に産業 k での生産を付加し生産回数 3 で最終財となる確率は

$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n q_{i,j} q_{j,k} p_k$ となる。よって、産業 i で生産された財が最終財となるまでの生産回数期待値は次式となる。

$$E_i = p_i + 2 \sum_{j=1}^n q_{i,j} p_j + 3 \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n q_{i,j} q_{j,k} p_k + \dots$$

ここで、我々が提示する生産回数の期待値 E_i と Antràs et al (2012)の上流度 U_{1i} とは完全に一致することを容易に証明できる。また、期待値 E_i は、確率 p_i での最終財への推移を吸収状態への推移とすれば、産業 i から産業 j への推移確率を $q_{i,j}$ とする吸収的マルコフ過程において、産業 i からスタートするランダムウォークの平均吸収時間と見なすこともできる。

一方、各産業 i で最終財や中間財を生産するのに要する平均生産日数を t_i とすれば、産業 i に投入された財が最終財となるまでの日数の期待値は次式となる。

$$D_i = t_i p_i + \sum_{j=1}^n (t_i + t_j) q_{i,j} p_j + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n (t_i + t_j + t_k) q_{i,j} q_{j,k} p_k + \dots$$

明らかに、任意の産業 i での平均生産日数を $t_i = 1$ に設定すれば、期待値 D_i は Antràs 上流度 E_i と完全に一致する。よって、期待値 D_i は Antràs 上流度の一般化と見なせる。また、産業 i に投入された財は複数回産業を経由し最終財となるので、期待値 D_i は次式のように変形できる。

$$D_i = t_i + \sum_{j=1}^n t_j q_{i,j} p_j + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n (t_j + t_k) q_{i,j} q_{j,k} p_k + \dots$$

よって、期待値 $C_i = D_i - t_i$ を定義すれば、産業 i で生産された財が最終財まで到達する期待日数と見なせる。以下では、期待値 C_i のことを、産業 i での生産財に対する最終財への到達度と呼び分析する。

本研究では、平均生産日数は棚卸回転日数で求めるとし、Antràs らの上流度を拡張した到達度を分析する。棚卸回転日数とは棚卸資産（在庫金額）を 1 日当たりの売上高で割って算出し、在庫が何日かかって 1 回転するかを示すことである。

3. 実験結果

本実験で使われた産業連関表のデータは、「政府統計の総合窓口 e-Stat」 (<http://www.estat.go.jp/>) において開示されている「平成 7-12-17 年接続産業連関表」において、その中の平成 17 年（2005 年）のデータを用いた。棚卸資産回転日数のデータでは、年ごとにより変動が少ないので、最新の 2014 年（平成 26 年）1 月のデータを用いた。平成 17 年の国内産業連関表に対し、Antràs らの上流度算出法を適用した結果は表 1 に示す。表 1 より、「鉄鋼」が最も高く、「医療・保健・社会保障・介護」が最も低いなど Antràs らの上流度の考え方にに基づき、国内各産業の上流度として妥当な結果が得られていることを確認できる。

表 2 では、棚卸回転日数を入れた平成 17 年の産業連関表で計算した到達度の結果である。「鉄鋼」産業の到達度が最も高く、最終消費に到達するまで約 140 日にかかる。

[†] 静岡県立大学 経営情報イノベーション研究科

「医療・保健・社会保障・介護」産業は最も低く、約0.12日にかかり、ほぼすぐに最終消費に到達することがわかる。表1の上流度結果を比較して、ほぼ上流度の順位と同じであるが、例外となる産業も存在している。例えば、「窯業・土石製品」の上流度順位は第12位であるが、到達度順位は第5位になった。「金属製品」の上流度順位は第13位であるが、到達度順位は第6位になった。一方、「輸送機械」の上流度順位は第7位であるが、到達度順位は第14位になった。これらの結果になった原因は上流度のステップが少ない(また多い)が、商品の回転率がより低い(また高い)ので、到達度が高く(低く)なったと考えられる。

4. おわりに

本研究では、生産日数を考慮した Antràs らの上流度を拡張した到達度を提案した。平成17年の国内産業連関表を用いた評価実験では、各産業の到達度の結果により、提案法の妥当性を確認した。本研究の次のステップでは、アジ

ア地域の産業連関表を利用し、アジア諸国の上流度の特性を分析する。

謝辞

本研究は科学研究費補助金基盤研究(C)(No.17H01826)の助成を受けた。

参考文献

- [1] P. Antràs, D. Chor, T. Fally, and R. Hillberry, "Measuring the Upstreamness of Production and Trade Flows", *American Economic Review: Papers & Proceedings*, 102:412-416 (2012)
- [2] 楊小龍, 沖本まどか, 上野雄史, 斉藤和巳, "産業連関表を用いた業種の上流度分析", "第15回情報科学技術フォーラム(FIT2016)", Sep.2016.
- [3] 楊小龍, 斉藤和巳, "上流度の流れ図可視化法による産業分析", 情報処理学会第79回全国大会(IPSJ2017), Mar.2017.

表1: 平成17年の産業連関表で計算した上流度結果

順位	業種名	上流度	順位	業種名	上流度	順位	業種名	上流度
1	鉄鋼	4.59	13	金属製品	2.61	25	商業	1.76
2	非鉄金属	3.80	14	石油・石炭製品	2.60	26	その他の公共サービス	1.46
3	鉱業	3.75	15	金融・保険	2.51	27	飲食料品	1.42
4	電子部品	3.23	16	電力・ガス・熱供給業	2.51	28	精密機械	1.41
5	パルプ・紙・木製品	3.08	17	情報通信	2.26	29	建設	1.26
6	化学製品	3.06	18	運輸	2.24	30	不動産	1.24
7	輸送機械	3.04	19	水道・廃棄物処理	2.12	31	情報・通信機器	1.21
8	分類不明	2.98	20	農林水産業	2.12	32	公務	1.09
9	事務用品	2.91	21	電気機械	1.97	33	対個人サービス	1.06
10	その他の製造工業製品	2.85	22	繊維製品	1.88	34	医療・保健・社会保障・介護	1.02
11	対事業所サービス	2.82	23	教育・研究	1.85			
12	窯業・土石製品	2.82	24	一般機械	1.80			

表2: 平成17年の産業連関表で計算した到達度結果

順位	業種名	到達度	順位	業種名	到達度	順位	業種名	到達度
1	鉄鋼	140.12	13	金融・保険	40.32	25	商業	20.21
2	非鉄金属	95.70	14	輸送機械	40.25	26	その他の公共サービス	10.41
3	鉱業	85.14	15	事務用品	39.97	27	建設	9.60
4	電子部品	70.91	16	電力・ガス・熱供給業	38.83	28	精密機械	9.25
5	窯業・土石製品	66.91	17	運輸	30.98	29	飲食料品	8.85
6	金属製品	59.02	18	農林水産業	30.44	30	不動産	5.20
7	パルプ・紙・木製品	54.60	19	一般機械	28.13	31	情報・通信機器	4.77
8	分類不明	52.99	20	電気機械	27.01	32	公務	1.98
9	化学製品	52.12	21	教育・研究	24.55	33	対個人サービス	0.95
10	石油・石炭製品	43.02	22	情報通信	24.48	34	医療・保健・社会保障・介護	0.12
11	対事業所サービス	42.25	23	水道・廃棄物処理	21.41			
12	その他の製造工業製品	42.07	24	繊維製品	20.99			