

産業連関表を用いた業種の上流度分析 Upstreamness of the Production on Input-Output Table

楊小龍[†]
Xiaolong Yang

沖本まどか[†]
Madoka Okimoto

上野雄史[†]
Takefumi Ueno

斉藤和巳[†]
Kazumi Saito

1. はじめに

最近の数十年の世界の経済では、国境を越えた生産のフラグメント化が大きな特徴となっている。例えば、今日の国際貿易に占める、多国籍企業による企業内貿易の割合は高い。生産には、いくつかの国の、複数のサプライヤーからの部品調達が必要となるので、例えば、消費者（最終需要）に近い生産などを分担する下流に位置する国もあれば、比較的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、各国は『相対的に川上（又は川下）』に特化するのか、という、貿易パターンについての問題意識の下に、ある産業の上流度を測る尺度（指標）を作成した。

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く分析法を提案し、その有用性を評価する。国内産業連関表を用いた評価実験では、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し、各グループ毎に産業の上流度ベクトルを可視化することで提案分析法の妥当性を検証する。

2. 提案法

まず、国内産業連関表への適用枠組みで、Antràs らが提唱した産業の上流度計算法について説明する。いま、国内 N 種の産業のそれぞれを正の整数 $\{1, \dots, N\}$ と同一視して表し、産業 $i \in \{1, \dots, N\}$ の国内最終需要計（あるいは最終財の総量）と国内需要合計（あるいは総生産量）のそれぞれを F_i と Y_i とする。このとき、中間財の総量を Z_i とすると、 $Y_i = F_i + Z_i$ という関係が成り立つ。ここで、 F_i を第 i 成分とする N -次元縦ベクトルを $\mathbf{f} = (F_1, \dots, F_N)^T$ とし、 Y_i を第 i - i 成分とする $N \times N$ 対角行列を $\mathbf{Y} = \text{diag}(Y_1, \dots, Y_N)$ とする。なお、 \mathbf{a}^T はベクトル \mathbf{a} の転置を表す。また、産業 i から産業 j への投入係数 $d_{i,j}$ を第 i - j 成分とする $N \times N$ 行列を $\mathbf{D} = (d_{i,j})$ とする。このとき、産業 i の上流度 U_i を第 i 成分とする N -次元縦ベクトル $\mathbf{u} = (U_1, \dots, U_N)^T$ は次式で計算される。

$$\mathbf{u} = \sum_{s=1}^M s \mathbf{Y}^{-1} \mathbf{D}^{(s-1)} \mathbf{f}. \quad (1)$$

すなわち、産業 i で製造された中間財が、最終財になるまでに経由する、複数の中間投入過程における、一回の中間投入を 1 ステップとして、Antràs らは、各産業 i の s ステップ遡った国内最終需要への産出割合の重み付け和として上流度 U_i を定義している [Antràs 12]。

以下では、ベクトル $s \mathbf{Y}^{-1} \mathbf{D}^{(s-1)} \mathbf{f}$ の要素の最大値が 0.01 未満となる最初のステップを M として設定する。

次に、Antràs らの産業 i の上流度 U_i を多次元に拡張した上流度ベクトル \mathbf{v}_i を導入する、いま、式 (1) 右辺の和の各項を順番に並べて構成する以下の $N \times M$ 行列 \mathbf{W} を考える。

$$\mathbf{W} = (\mathbf{Y}^{-1} \mathbf{f}, 2\mathbf{Y}^{-1} \mathbf{D} \mathbf{f}, \dots, M \mathbf{Y}^{-1} \mathbf{D}^{(M-1)} \mathbf{f}). \quad (2)$$

この行列 \mathbf{W} を次式のように転置した $M \times N$ 行列 \mathbf{W}^T の各縦ベクトルを産業 i の上流度ベクトル \mathbf{v}_i として定義する。

$$\mathbf{W}^T = (\mathbf{v}_1, \dots, \mathbf{v}_i, \dots, \mathbf{v}_N). \quad (3)$$

すなわち、上流度ベクトル \mathbf{v}_i は、各産業 i の s ステップ遡った国内最終需要への重付産出割合を要素とするベクトルとして定義される。本研究では、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し、グループ毎に上流度ベクトルをグラフとして可視化することで、遡った各ステップ s での国内最終需要への産出割合が類似した傾向を有する産業の分析法を提案する。なお、提案法の階層クラスタリングには Ward 法を用いる [Ward 63]。

3. 実験結果

本実験で用いる産業連関表データは、「政府統計の総合窓口 e-Stat」(<http://www.e-stat.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」であり、その中から平成 17(2005)年のデータを用いる。平成 17 年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を表 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。

図 1 には、提案法の適用例として、階層クラスタリングにより国内産業を 5 グループに分類した結果を示す。図 1 に示すように、上流度が最も高い産業群をグループ 1 とし、続いてグループ 2 などとし、最後に最も低い産業群をグループ 5 とした。表 1 と比較して、ほぼ上流度の順位に沿ったグループが形成されているが、例外となる産業も存在する。例えば、「輸送機械」は上流度の順位としてはグループ 2 に属する程度の第 7 位であるが、提案法ではグループ 3 に分類されている。

図 2 には、グループ毎に、各ステップ s に対する上流度ベクトルの要素値を可視化した結果を示す。ここで、どの産業でもステップ s が大きくなると要素値が早い段階で 0 に近付くので、ステップ数 s の小さい範囲を強調するため、横軸を対数スケールでプロットし

[†] 静岡県立大学 経営情報学部

表 1: 日本の産業連関表への適用結果

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	4.5920	13	金属製品	2.6149	25	商業	1.7630
2	非鉄金属	3.8026	14	石油・石炭製品	2.5979	26	その他の公共サービス	1.4638
3	鉱業	3.7510	15	金融・保険	2.5069	27	飲食料品	1.4217
4	電子部品	3.2290	16	電力・ガス・熱供給業	2.5066	28	精密機械	1.4119
5	パルプ・紙・木製品	3.0764	17	情報通信	2.2618	29	建設	1.2615
6	化学製品	3.0556	18	運輸	2.2396	30	不動産	1.2376
7	輸送機械	3.0442	19	水道・廃棄物処理	2.1233	31	情報・通信機器	1.2110
8	分類不明	2.9840	20	農林水産業	2.1194	32	公務	1.0859
9	事務用品	2.9098	21	電気機械	1.9690	33	対個人サービス	1.0641
10	その他の製造工業製品	2.8490	22	繊維製品	1.8791	34	医療・保健・社会保障・介護	1.0187
11	対事業所サービス	2.8209	23	教育・研究	1.8541			
12	窯業・土石製品	2.8178	24	一般機械	1.7986			

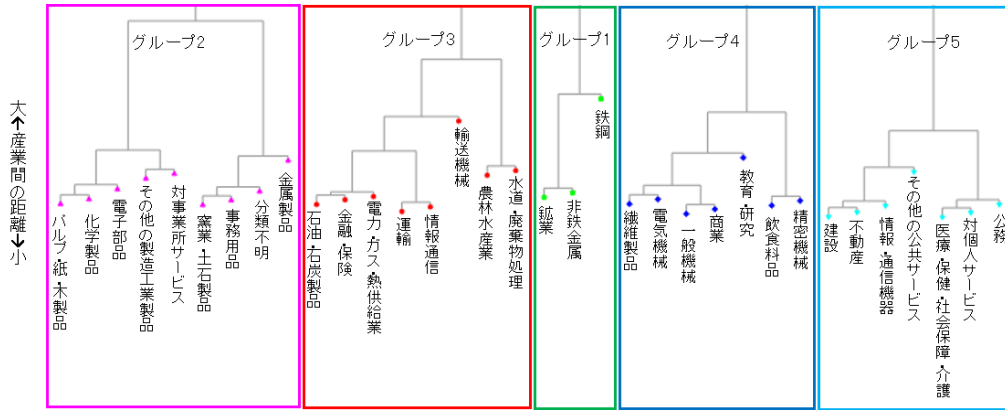


図 1: デンドログラムによる産業のグループ化結果

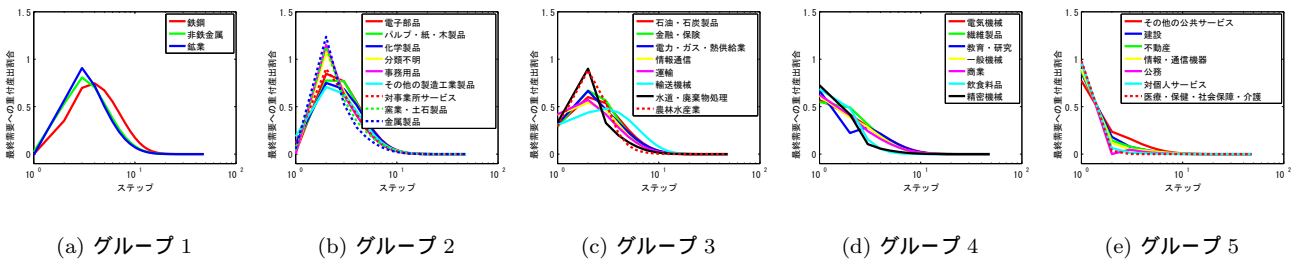


図 2: 上流度ベクトルの可視化結果

ている。図 2 より、遡った各ステップ s での国内最終需要への産出割合が類似した傾向を有する産業が妥当にグループ化されていることを検証できる。また、このようなグラフとしての可視化により、各産業の特性を直観的に把握することが可能になり、提案法の有用性も確認できる。なお、先に触れた「輸送機械」のケースでは、上流度ベクトルの観点で、グループ 2 よりもグループ 3 に属する産業と類似していることが確認できる。

4. おわりに

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く分析法を提案した。国内産業連関表を用いた評価実験では、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し、各グループ毎に産業の上流度ベクトルを可視

化することで提案分析法の妥当性を検証した。本研究の次のステップとしては、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.15K00429)の助成を受けた。

参考文献

[Antràs 12] 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).

[Ward 63] J.H.Jr. Ward, "Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function", *Journal of the American Statistical Association*, 58:236–244 (1963).