

経済現象とネットワークの科学



藤原 義久

兵庫県立大学情報科学研究科
yoshi@gsis.u-hyogo.ac.jp

経済というと株価を思い浮かべる読者も少なくないだろう。しかし、経済の基幹はやはり、モノやサービスを通した付加価値の生成過程に他ならない。すなわち、企業が他の企業から原材料や製品などを仕入れて、それに付加価値を付け、他の企業、最終的には消費者に販売するという一連の生産 (production)こそが実体経済のエンジンである。よく知られているGDP (国内総生産)は一定期間に生み出された付加価値の正味の総和である。

付加価値を次々と付加するこれらの過程全体は、図(右下)のように、ノードを企業、リンクを仕入れ・販売先の取引関係とする、実に複雑かつ巨大なネットワークを形成している。これを**生産ネットワーク**とよぼう。生産には、原材料や製品などのモノに加えて、労働 (labor) と金融 (financing) も必要である。そこには、労働の供給=家計すなわち消費者、カネの貸し手=金融機関すなわち銀行という異なる経済主体も存在する。図は経済のごく一部である企業、金融機関とその間における、企業間取引(黒線)、銀行間金融(青線)、銀行・企業間金融(赤線)を示す模式図である。このように経済には多面的な経済ネットワークが存在する。ところで、例えば生産ネットワークの取引関係は一般に信用 (credit) に基づく。例えば、仕入先企業への支払いは一定期間中に行うという信用に基づいて行われるのが普通だ。金融機関からの借入金、労働者の賃金も信用をベースにしているといえる。このような信用関係は、逆に見れば、いかなる経済主体も別の経済主体から、ネットワークの関係性を通してさまざまな影響を受ける可能性があることを意味している。

経済危機はもちろん、連鎖倒産、原材料などの価格高騰、災害によるサプライチェーンの途絶、疫病による需要の急激な落ち込みなど、さまざまな経済ショックが経済ネットワーク上で伝播するとき、その規模、範囲、時間スケールとその原因を把握することは非常に重要な課題である。

その把握にあたっては、経済ネットワークの構造やその上での経済ショックの伝播を理解することが必要である。近年、これまで蓄積されてきた、経済ネットワークに関する大規模なデータによって、その理解が飛躍的に進んだ。その例としていくつかの結果を以下にあげる。

- ・多くの経済ネットワークでは、各ノードのもつ関係性の数は裾野の長い分布をもち、しばしば「少数の巨人と多数の矮人」とよばれる著しい性質をもつ。
- ・各ノードのネットワーク的な性質は、その経済主体のサイズ、産業、地域などの特性と密接な関係があり、クラスターまたはコミュニティ構造とよばれるネットワーク内の粗密構造をもつ。
- ・モノやカネの流れを有向グラフとみなすと、巨大なコアとその上流や下流の成分からなる独特の**蝶ネクタイ構造**が存在する。
- ・上流や下流の中で占めるノードの位置を定量化し、循環流を抽出する**ヘルムホルツ-ホッジ分解**という離散数学の手法が有用である。
- ・災害や疫病の影響下など、経済ショックの伝播においてこれらの構造がもつ役割が、大規模なシミュレーションで少しずつ明らかになりつつある。

用語解説

生産ネットワーク:

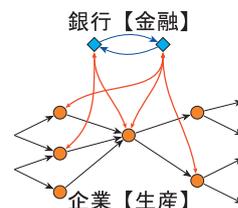
企業をノード、仕入れ先・販売先の取引関係を向きのあるリンクとする、有向グラフ。付加価値を次々に生成する実体経済の基幹となる経済ネットワーク。

蝶ネクタイ構造:

有向グラフの強連結成分とは、任意のノード対が互いに到達できるような部分グラフである。しばしば巨大な強連結成分が存在し、それに対する上流成分と下流成分の全体の形が蝶ネクタイのような構造を形成する場合がある。

ヘルムホルツ-ホッジ分解:

有向グラフにおいて、流れを勾配流と循環流に分解する離散数学の手法。これにより、各ノードのホッジポテンシャルが決定され、勾配流がポテンシャルの差に比例する。これにより、ネットワーク全体で上流から下流への流れが決まり、各ノードの流れの中の位置が決定される。



経済ネットワークの基幹である生産ネットワーク(実線)とその周辺の一部を含む概念図。ここで、ノードは企業(●印)と銀行(◆印)であり、リンクは取引関係(黒線)、銀行・企業間金融(赤線)、銀行間金融(青線)