

階層を有する企業間取引ネットワークの ビジュアライゼーション

有本 昂平^{†1†2} 渡邊 英徳^{†1}

概要: 本研究の目的は、サプライチェーンにおける階層間のつながりの把握の促進である。筆者らは、企業間取引のビッグデータを用いて、階層ごとの取引を可視化した。階層ネットワークの可視化には、ノード間の位置関係を表現するための二次元以上の座標が必要となる。そこで、企業の位置とつながりを、取引の階層ごとに積層させる手法を提案する。この手法を用いることにより、異なる階層をまたぐ地域間のつながりの把握の促進が期待される。

Visualization of Hierarchical Transaction Network

KOHEI ARIMOTO^{†1†2} HIDENORI WATANAVE^{†1}

Abstract: The purpose of this study is to promote understanding of the connection between the hierarchy in the supply chain. The authors, using big data of transactions, and visualized the trading of each hierarchy. The visualization of hierarchical network, two or more dimensional coordinates for representing the positional relationship between the nodes is required. So, we propose a method that the location and connection of the company, to be stacked on each hierarchy of trading. By using this technique, facilitating the understanding of the connection between regions across the different hierarchy is expected.

1. はじめに

本研究の目的は、サプライチェーンにおける階層間のつながりの把握の促進である。筆者らは、企業間取引のビッグデータを用いて、階層ごとの取引を可視化した。階層ネットワークの可視化には、ノード間の位置関係を表現するための二次元以上の座標が必要となる。そこで、企業の位置とつながりを、取引の階層ごとに積層させる手法を提案する。この手法を用いることにより、異なる階層をまたぐ地域間のつながりの把握の促進が期待される。

データ関係をノードとエッジの単純な構成要素で表すネットワーク構造は多くの分野に共通に利用されている。電力網や道路網、航空網などといった身近なものから、神経細胞、wwwのようなリンクで結ばれた仮想的なオブジェクト関係まで、1つのネットワークとして表現できるからである。これらは、ネットワークの構成要素1つ1つは単純な振る舞しか行わないにも関わらず、ネットワーク全体としては様々な振る舞いを示すことから、近年では複雑ネットワークと呼ばれる。従来の複雑ネットワークの研究により、社会、経済、生物、情報などの分野の異なるネットワークがスモールワールド性やスケールフリー性などの共通の性質を有することが報告されてきた。現在では計算機の

性能向上により扱うデータも年々規模が拡大しているため、ネットワーク構造も大規模化している。大規模化に伴い、ネットワーク構造の理解は特徴量という数値データを導出することで行われてきた。しかし、数値データのみでネットワークの特徴の全てを理解することは不可能であることも事実である。従って、ネットワークの可視化はネットワークの構造から人間の高い認識能力を利用し、新たな知的発見を導く重要な技術として考えられている。このネットワークの可視化もネットワークの規模の拡大により、高速に大規模なネットワークを可視化することが要求されてきている。

複雑ネットワークの研究は、1998年ころの勃興から10年あまりをかけて急速に進展し、様々な応用分野でもその結果が認められるようになった。多少の先行研究はあるものの、1998年のワッツとストロガッツの論文と1999年のバラバシとアルバートの論文がこの研究分野の始まりであるとしてよい。それから10年ほどの間に、ネットワークの研究は、理論から応用まで急速に発展した。他分野との相互作用も多い。

人間関係のネットワークでは、平均して6人の知人を介すだけで世界中の人々とつながるといわれる。このようにネットワークの各ノードが短い距離でつながっていることをスモールワールド性を有するという。企業間ネットワークにもこのスモールワールド性があり、ノード間距離(任意の2つのノードをつなぐのに必要な最小リンク数)は指

^{†1} 首都大学東京
Tokyo Metropolitan University
^{†2} 株式会社帝国データバンク
Teikoku DataBank, LTD

数分布し、平均距離は 5.62、最大距離は 21 になっている。このため影響が伝播・拡大しやすく、個々の企業は知らない間に、直接繋がっていない遠方の企業からの影響を強く受けている。

2. 背景と本研究の目的

ネットワーク情報とは「グラフ」によって抽象化できる情報である。グラフとはノードの集合 V とエッジの集合 E からなる組で、 $G=(V,E)$ のように書かれることが多い。 E は V 上の 2 項関係として表される。ノードやエッジは応用領域においてそれぞれ意味を持つが、抽象化されたグラフにおいては具体的な意味は特に問題にしない。ただしノードやエッジに重みを持たせる（実数値を割り当てる）ことはしばしば行われる。

現在様々なグラフレイアウト手法が提案されており^{[1],[2]}、無向グラフを描画対象とし、その自動配置を目的として開発された力学的手法が一般的である。

力学的手法は P. Eades^[3]により提案されたばねモデルが基礎となっている。この手法はノード間を結ぶエッジを仮想的なばねとみなし、グラフの各ノードがばねから受ける力が系全体で最小となるようなノード配置(系の安定状態)を求める。しかし、この手法は各ノードの計算式が非常に簡略されているため (1) 綺麗なレイアウトが得られない、(2) 解が収束しない可能性がある、などの問題点が存在する。バネモデルを改良した手法として Kamada & Kawai Model (KK 法)^[4]がある。この手法は力学的手法の中で最も一般的に使用されている手法である。ばねモデルとの違いは、全てのノードが隣接・非隣接にかかわらず決められた自然長のばねにより接続され、1 回の計算においてグラフを構成するノードの中で、移動した際に最も系全体のエネルギーが減少するノード 1 つのみを移動する点である。このモデルは、各ノードに掛かる力をより厳密に定義しているため、ばねモデルの問題点を解決しているが、計算量が大きいため大規模なグラフには適用することが難しい。他にも、Fruchterman, Reingold^[5]らは、ばねモデルにおける引力・斥力の定義を単純なものに改変し最適化の過程にアニーリングを導入した FR 法を提案した。この手法は KK 法の計算量の大きさをかなり改善しており、アルゴリズムも比較的簡単のため、一般的なグラフのノードの最適配置を導出するには有用である。T. Matsubayashi^[6]らは FR 法を改良し、ノード毎に固有の更新頻度を持たせポテンシャルエネルギーが高いものを優先して計算する手法を提案している。力学的手法以外のグラフレイアウト手法も提案されており、代表的な可視化手法としては自己組織化マップ (SOM : Self-Organizing Map) を利用した手法や、多次元尺度法などがあげられる。SOM に基づく手法は、力学的手法に比べ高速であり、隣接ノード同士が可視化空間におい

て近い位置に配置されるためある程度の意味を持つ結果が出力される。しかし、パラメータの設定により結果が大きく変わってくるため、可視化対象に合わせたパラメータの設定が非常に難しい。

ネットワークの可視化問題には明確な解が存在しない。したがって、可視化の目的やネットワーク構造に合わせて擬似的に最適解を設定し、その問題を解くことにより最適なグラフレイアウトを導く。

3. ビッグデータのビジュアライゼーション

3.1 企業間取引データのビジュアライゼーション

Fushimi らにより企業間ネットワークの可視化手法が提案された。この研究では、食物連鎖や企業間取引におけるサプライチェーンなどをはじめとする階層性を有するカテゴリ間関係を効果的に可視化することにより全体構造や法則性を把握するのに有用な方法を提案している。可視化には、愛知県のある自動車産業の企業を起点として 3 ステップの取引関係にある企業を集めたものを検証用データとして用いている。また負の重みを持つデータと親和性があり、かつ多階層データへの拡張が容易でことから、球面可視化法を採用している。

オーソリティ度が高いノード群とそれらに直接リンクするノード群の接続状況の可視化に特化した手法として球面可視化法 (SE-PI-W 法) がある。この可視化手法の特徴は、接続関係を球面上で可視化するアイデアとともに、ノード配置の計算に十分統計量相当の量を定義してノード座標を決めていくので、ネットワークのリンク数が少なければ、大規模問題でも高速に可視化できる点である。

Fushimi らの研究では、リンクで結ばれている異なる階層間の関係が入り組んでいて把握に時間がかかる。

また可視化に用いたデータが、実社会に存在する業間ネットワークと比較してごく一部のものを選定して使用していることから、提案手法が企業間ネットワークの可視化に適しているか判断し兼ねる。

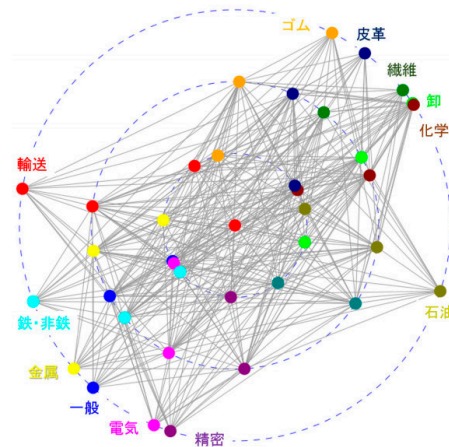


Fig.1 球面可視化法による企業間ネットワークの可視化

3.2 z 軸方向へのビジュアライゼーション

Watanave^[8]の研究では、東日本大震災発生時のマスメディアの報道情報を Google Earth 上にマッピングした「東日本大震災マスメディア・カバレッジ・マップ」のアーカイブを発表している。

本アーカイブでは、報道された時間を z 軸方向にプロットすることで、3次元空間を活かしたビジュアライゼーションとしている。

Z 軸方向を用いることで同一地点のプロットの重なりを把握が容易になる。

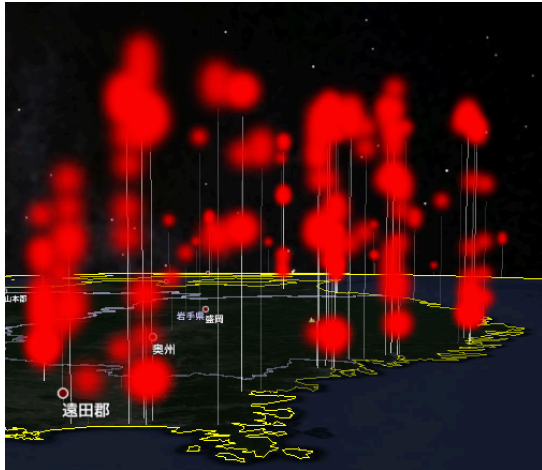


Fig.2 東日本大震災マスメディア・カバレッジ・マップでの重層構造による時間要素の可視化

4. 提案手法

480 万取引 (72 万社) で構築した Fig.3 のような実社会に近い企業間取引ネットワークデータを用いて、特定産業のサプライチェーンを抽出し、同一また複数階層間において把握が促進されるビジュアライゼーションを作製した。

発注社情報	発注社企業, 発注社位置データ, 発注社企業概要データ
受注社情報	受注社企業, 受注社位置データ, 受注社企業概要データ
取引情報	取引推定値

Fig.3 企業間取引ネットワークデータ

階層ネットワークの表現には、ノード間の位置関係を表現するために二次元 (以上) 必要である。取引の階層ごとに積層させたサプライチェーンのビジュアライゼーションを提案する。

Fig.4 に提案する手法により可視化したプロトタイプを示す。サプライチェーンの中の頂点企業の 1 次仕入先, 2 次仕入先を地図上に示す。1 次仕入先の多くは、東京, 大阪, 名古屋といった大都市に立地していることがわかる。このように特定産業の地域ごとの集積を読み取ることができる。

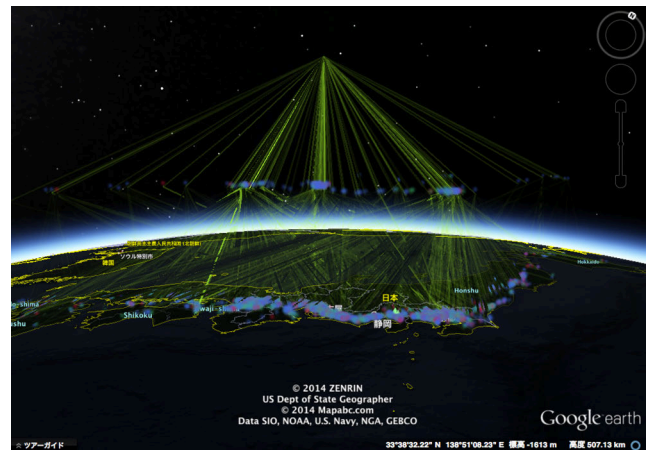


Fig.4 プロトタイプイメージ

また異なる階層間での取引関係を同一の地図上に表現することで、同一地域間の産業集積による取引のつながりの強さを把握することができる。

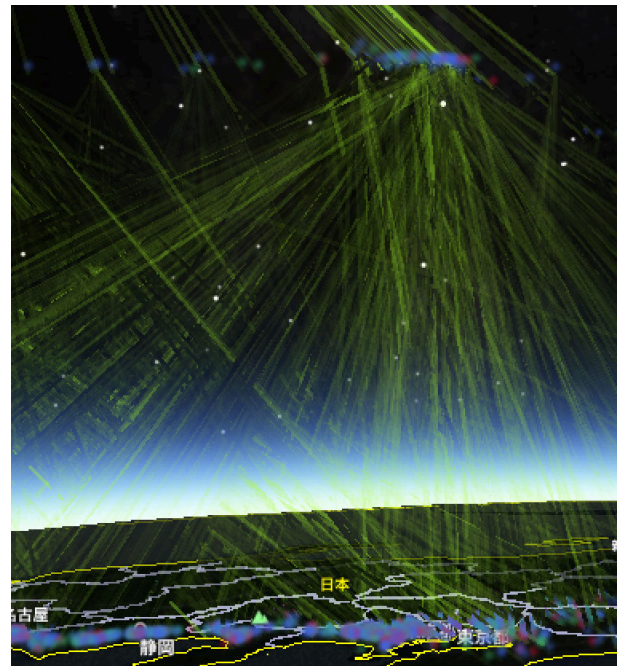


Fig.5 同一地域間における異なる階層間取引

5. まとめ

本提案手法を用いることにより、異なる階層間のつながり、地域間のつながりの把握の促進が期待される。また z 軸方向へサプライチェーンの階層数を増やすことで、より多くの階層にまたぐ業種間ネットワークの可視化をすることが可能になる。

参考文献

- 1) G. Battista, P. Eades, R. Tamassia, and I. Tollis, Algorithms for Drawing Graphs an Annotated Bibliography, *Computational Geometry Theory and Applications*, 4, 235-282, 1994.
- 2) G. Battista, P. Eades, R. Tamassia, and I. Tollis, *Graph Drawing—Algorithms for the Visualization of Graphs*, Prentice-Hall, 1999.
- 3) Eades, A Heuristic for Graph Drawing, 1984.
- 4) Kamada, Kawai, An algorithm for drawing general undirected graphs, 1989.
- 5) Fruchterman, Reingold, Graph Drawing by Forcedirected Placement, *Software-Practice and Experience*, 1991.
- 6) T.Matsubayashi, T. Yamada, A Force-directed Graph Drawing based on the Hierarchical Individual Timestep Method, 2007.
- 7) 伏見卓恭, 齊藤和巳, 郷古浩道, ”Z スコアを用いた階層性を有するカテゴリ間関係の効果的可視化手法”, *情報処理学会論文誌*, 7(2), 93-103, 2014.
- 8) 渡邊英徳:東日本大震災マスメディア・カバレッジ・マップ, <http://media.mapping.jp/>
- 9)