

# 企業間取引に基づいたネットワーク成長モデルの構築

東京工業大学大学院総合理工学研究科, 一橋大学経済研究所<sup>A</sup>, ソニー CSL<sup>B</sup>  
三浦航<sup>1</sup>, 渡邊隼史, 水野貴之<sup>A</sup>, 高安秀樹<sup>B</sup>, 高安美佐子

我々は、企業間取引ネットワークを構築し、その解析を行った。企業間取引ネットワークは、度数分布のベキ指数が 1.3 となるスケールフリーネットワークであり、その統計的性質を再現するモデルの構築を行った。企業の倒産、合併、新規参入という要素をモデルに取り入れることにより、企業間取引ネットワークの度数分布を再現できることがわかった。

## 1 研究の動機

近年の複雑系ネットワーク研究における代表的なモデルとしては、Barabási ら [1] の BA モデルなどが挙げられる。この BA モデルは、度数の累積分布の指数が 2 であり、ノードの数が増加し続ける非定常なモデルである。その後 Barabási ら [2] 自身の改良によって、指数の値は変化させることが出来るようになったが、モデルの非定常性は変化していない。

そこで本研究においては、企業間取引ネットワークに応用出来る、ノード数が一定となるモデルを構築することを目標とする。

## 2 企業間取引ネットワーク

今回我々が用いたのは、東京商工リサーチ (TSR) 社調査による、日本企業 961,363 社に関する取引関係データ (仕入・販売) である。この TSR 社提供の取引関係データには、各企業が取引先として挙げられる企業数に 24 社の上限がある。しかし、仕入と販売関係データの 2 つを合わせることで、この上限を撤廃することができ、日本企業の取引関係ネットワークとして 96 万社の大規模ネットワークが構築可能となる。このような企業間取引ネットワークとして取引企業数、すなわち度数の累積分布は指数が 1.3 のベキ分布となり、スケールフリーネットワーク [3] であることがわかっている。

## 3 ネットワークのモデル

企業間の取引ネットワークに必要な要素として、ノードもリンクも消滅する倒産、ノードは消滅するがリンクは他のノードに付け替える合併、ノードとリンクが生成される新規参入、ノードとリンクが 2 つに分かれる分社化などが挙げられる。今、単純化のために分社化ということは考えないものとする。

そこで次のようなモデルを提案する。まず初期条件において  $N$  個のリンクのないノードから始め、以下の過程を繰り返す。各ステップの最初に、ノードを 1 つランダムに選んで取り除く。次にその選んだノードに対して倒産として、確率  $p$  でそのノードが持つリンクも全て取り除く。もしくは確率  $1 - p$  で合併として、そのノードが持つリンクを度数  $+1$  に比例する優先的接続によって、別のノードに付け替える。最後に新規参入として、度数が 1 のノードを度数  $+1$  に比例する

<sup>1</sup>E-mail:miura@smp.dis.titech.ac.jp

優先的接続によって新たに接続する。以上のステップを繰り返す。このモデルにおいてノード数は常に一定となり、リンク数もある値に収束する。

## 4 結果

$N = 10^4, T = 10^7$  として前節のモデルによるシミュレーションを行った。その結果の次数分布を図1に示す。見ればわかるように、次数はベキ分布に従い  $1+p$  という値でよくフィッティング出来ることがわかる。

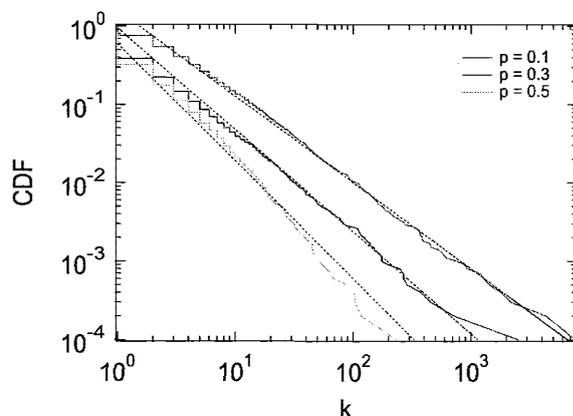


図1: 各倒産確率  $p$  による次数  $k$  の累積分布

## 5 考察

我々は企業間取引ネットワークを再現するモデルの構築を行い、そのシミュレーションを行った。その結果、次数の分布はベキ分布となり、企業間取引ネットワークの本質は、企業の倒産、合併、新規参入から説明出来ることがわかった。また特に  $p = 0.3$  のときに、シミュレーションの結果が現実のネットワークと良く合う結果となった。このことは現実世界において、企業の倒産と合併が3対7の比率で起こっていることを示唆している。

今回、ネットワークを無向であると仮定して、モデルを構築しシミュレーションを行った。しかし、現実にはある企業から取引先にお金を払うという関係があり、企業間取引ネットワークは有向ネットワークである。有向ネットワークのモデルを構築し、そのモデルにおいてもベキ指数の1.3という値を再現することが今後の課題である。

## 参考文献

- [1] A. L. Barabási and R. Albert, Science **286** (1999), 509-512.
- [2] R. Albert and A. L. Barabási, Rev. Mod. Phys. **74** (2002), 47-97.
- [3] M. Takayasu, S. Sameshima, T. Ohnishi, Y. Ikeda, H. Takayasu and K. Watanabe, Annual Report of the Earth Simulator Center April 2007 - March 2008 (2008), 263-268.