

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^A，ソニー CSL^B
三浦航¹，渡邊隼史，水野貴之^A，高安秀樹^B，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

¹E-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。その結果の度数分布を図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。

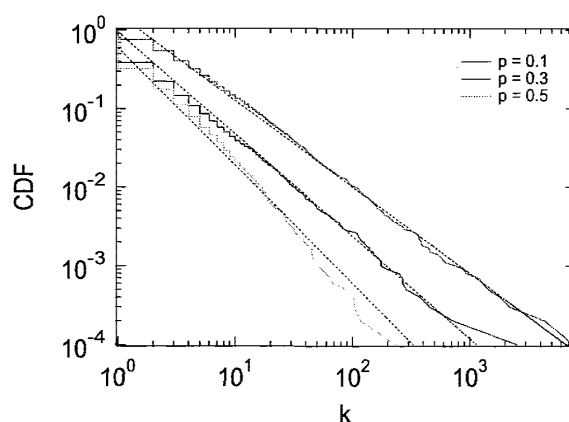


図 1: 各倒産確率 p による次数 k の累積分布

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.