

Cavity 法による相互依存型ネットワークの解析

渡辺 駿介

東京工業大学大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻

ネットワークに関する研究は今まで数多くなされてきたが、そのほとんどが単一ネットワークに関するものであった。近年、新しいタイプのネットワークとして相互依存型ネットワークが研究されている[1]。これは2つの異なるネットワークが結合したシステムであり、各ネットワークのサイト(ノード)は1対1対応で、もう一方のネットワークのサイトと結合している。つまり片方のサイトが故障すれば、それと結合しているもう片方のサイトも故障する。この相互依存型ネットワークの特性によって、わずかなサイトの故障がネットワーク全体の壊滅的な故障(カスケード現象)につながる可能性がある。

ネットワーク全体として故障にどれくらい耐性を持つのかを調べる手法として統計力学におけるパーコレーション(浸透)の解析法が挙げられる。パーコレーションとは、サイトがシステム内でどのようにつながっているか、またその特徴がシステムにどのように反映しているかを対象とする理論である。各サイトがどれくらい互いに結合しているかを示す指標としてしばしば giant component(GC)が用いられる。GCはネットワーク内で互いに結合しているサイトで構成される最大の部分集合のことであり、その大きさは各サイトがGCに接続される確率の総和を全サイト数で除した比率で表される。

本研究では相互依存型ネットワークに対してランダムサイトアタックを行ったときの giant component(GC)の大きさを解析的、実験的に評価することで、破壊に強いネットワーク構造を検討する。実験的な手法としては実際にランダムネットワークをランダムグラフでモデル化して、ランダムサイトアタックを行うことでGCの大きさを測定する。解析的な手法としては cavity 法[2]を用いる。Cavity 法ではネットワークが局所的に tree 構造で近似できると仮定し、対象となるサイトを Cavity (空洞) とすることで、そのサイトと結合している周りのサイトたちがGCに属するかどうかに関して独立であるとみなすことができる。これによって、対象のサイトがGCに属しているかどうかを、それと結合する周りのサイトの情報のみで決定することができる。ランダムネットワークでは局所的な構造が不明であっても、次数が等しいサイトは同等の情報を持つと考えられるので、自己無撞着に cavity 場を決定することでサイトが全体のGCに含まれるかどうかを評価することが出来る。

参考文献

- [1]S. V. Buldrev, R. Parshani, G. Paul, H. E. Stanley and S. Havlin, Nature, 464(2010), pp. 1025-1028
- [2]Y. Shiraki, Y. Kabashima, Phys.Rev.E82,036101(2010),pp.984-985