

重み付けられた複雑ネットワークにおける一般化された強度

北大院・工 古谷 修平、矢久保 考介

Generalized Strength of Weighted Scale-free Networks

Dept. Appl. Phys., Hokkaido Univ.

Shuheï Furuya, Kousuke Yakubo

ネットワークとはノードと呼ばれる点とそれらを結ぶリンクからなる集合の総称であり、自然界、人間社会を問わず普遍的に見られる系である。近年、巨視的数のノードが複雑にリンクしている複雑ネットワークに対して、統計力学的手法を適用することにより、ネットワークの様々な性質が解明されるようになってきた。複雑ネットワークの一般的性質を明らかにすることで、距離が定義されないこの系で起こる多くの現象を統一的に理解することが可能となるため、現在精力的にネットワーク研究が進められている。これまでの研究により、現実に存在する多くの複雑ネットワークにはスモールワールド性やスケールフリー性など、様々な共通した性質があることが明らかとなっている。特に、次数（各ノードに結合しているリンクの総数）の分布がベキ則に従うスケールフリー・ネットワーク上での物理現象は、分布のベキ指数と密接に関係しているため、ネットワークのスケールフリー性には高い関心が集まっている。しかしながら、次数の概念はネットワーク内の全てのリンクが同等である場合にのみ有効であり、各リンクが異なる重みを有する“重み付けられたネットワーク”（現実のネットワークの大半はこれに属する）に対しては、次数の概念を拡張しなければならない。最も単純で現在広く採用されている拡張は、各ノードに結合したリンクの重み（ウェイト）の総和（強度と呼ばれる）を用いるものである。これまでの研究により、存在する多くの重み付けられた複雑ネットワークにおいて強度の分布もベキ則に従っていることが確かめられている。しかし、この定義に従うとウェイトの大きな部分のネットワーク構造だけが強度分布に反映されるという問題が生じる。ネットワーク構造を解析する際、場合によっては弱いリンク部分の構造的特徴が必要になることもあるが、従来の強度による解析ではこれを知ることはできない。重み付けられたネットワークの構造を特徴付けるには、次数の概念の更なる拡張が必要である。

本研究で我々は、重み付きネットワークの新たな解析法を提案し、上述の問題を解決すると共に、一般化された強度の分布についての議論を行った。この新しい解析法を用いることで、重みの大きさに応じたネットワーク構造の解析を行うことが可能となる。また、我々は一般化された強度の分布を調べ、これがベキ分布になった場合の指数が重みの大きさに応じてどのように振舞うかを解析的に求めた。さらに、一般化された強度に対する理論解析の正当性を幾つかの重み付けられた複雑ネットワークに対して確認した。