

# 人と会わない方が良い理由 「スケール・フリー・ネットワーク」

牧野 浩二

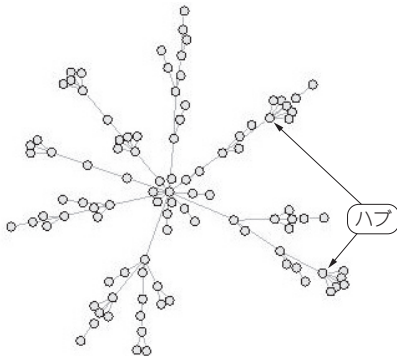


図1 スケール・フリー・ネットワークのグラフ

前章のスモール・ワールドに続いて、物事や人の結びつきに関する話題としてスケール・フリー・ネットワークを取り上げます。スモール・ワールドは人の移動に焦点を当てましたが、本章は人の結びつきの数に焦点を当てた話となります。

このアルゴリズムを理解できると、

- 1人から感染爆発を起こすことができるのはなぜか
- 人が集まることを制限することがなぜ有効なのかについて、納得できることがあると思います。

## ● 紹介するアルゴリズムと人工知能との関係

スケール・フリー・ネットワークはネットワーク分析という分野の話です。人工知能の分野で現在1番強力なツールとしてディープ・ラーニングがあります。これはニューラル・ネットワークから発展したことは皆さんの知るところだと思います。

ニューラル・ネットワークはリンクに重みがついたり、ノードに数値が入ったり、活性化関数で計算したりと、計算が多くあります。これに対してネットワーク分析では、ネットワークの構造に焦点を当てていますので少し内容は異なります。しかし、ニューラル・ネットワークの構造にスモール・ワールドやスケール・フリーなどの特殊な構造を組み込むことで新たな発展があるかもしれません。

## あらまし

皆さんの周りには人脈の豊富な、いわゆる顔の広い人がいますでしょうか。顔の広い人はどんどん顔が広くなるということを感じることもあると思います。

スケール・フリー・ネットワークとは、現実世界にしばしば見られる他者との結びつきが極めて多い存在を、ネットワークの研究で使われるグラフというもので説明したものです。これは、1999年にアルバート＝ラズロ・バラバシという研究者によって発表されました。

ネットワークの研究で使われるグラフで説明すると聞くと難しく感じるかもしれませんが、作り方や原理が分かると概念を理解するのはさほど難しくありません。

## ● 特徴

スケール・フリー・ネットワークの詳細を説明する前に特徴を簡単に紹介しておきます。スケール・フリー・ネットワークは図1のようなたくさんの線が出ている○が少しだけしかなく、線が少ない○がたくさんあるようなネットワークです。ここで、線がたくさん出ている○印はハブと呼ばれています。このハブがスケール・フリー・ネットワークの重要な存在となります。

この図の傾向を散布図で表したのが図2です。なお、傾向を見やすくするために○印の数は10000として散布図を作っています。縦軸/横軸ともに対数軸となっています。線が出ている数の少ないものの割合が多く、線が出ている数の多いものは割合が小さく、その間は一直線になっています。

## ● 数式

図2の散布図の関係を数式で書くと式(1)となります。これをべき乗則と言います。ただし、 $\gamma$ は定数です。両辺のlogをとると式(2)となります。 $\log(p(k))$ を $y$ 、 $\log(k)$ を $x$ とすると式(3)となり、 $\gamma$ の1次関数