

生物情報ネットワークの解析と制御  
Analysis and Control of Biological Information Networks

京都大学化学研究所数理生物情報研究領域 阿久津 達也

研究成果概要

生物情報ネットワークの解析について、ブーリアンネットワーク(BN)とスケールフリーネットワークという数理モデルを主対象にこれまでの研究を継続・発展させた。

BNは遺伝子ネットワークの離散数理モデルである。今年度はBNを与えられた初期状態から目標状態まで制御するのに必要な頂点(ドライバー頂点)の個数について研究を行った[1]。特に、目標所帯を定常状態(アトラクター)に限定し、かつ、最初に1回の制御を与える場合におけるドライバー頂点数の理論解析を行った。各アトラクターに至る状態が一樣に分布するという仮定のもとで、ドライバー頂点数と離散数学でよく知られた概念である「クーポン収集家問題」との関連性を見出した。その結果、頂点数を $N$ 、アトラクター数を $M$ として、平均で $O(\log M + \log N)$ 個のドライバー頂点があれば十分であることを見出した。この結果は、制御対象をアトラクターに限定することにより効率よく制御できることを示唆するものとなった。また、以前から行っていた確率BNに対する例からのネットワーク構造とブール関数の正確な同定可能性についても研究を進め、ニューラルネットワークの離散モデルの一つである閾値BNにおいて、同定可能なクラスと不可能なクラスを特徴づけた[2]。

スケールフリーネットワークは次数分布がべき乗則にほぼ従うネットワークのことで、多くの生物情報ネットワークがこの性質を持つとされている。このスケールフリーネットワークに関して、我々が近年行ってきた最小支配集合(MDS)を用いたネットワーク制御手法・理論を、複数のネットワークの同時制御に対応するように拡張した[3]。このモデルのもとでドライバー頂点数の理論解析を行うとともに、公開ネットワークデータを用いたデータ解析を行い、選択されたドライバー頂点が生物学的に重要なものが多いことなどを示した。

発表論文(謝辞なし)

- [1] W. Hou, P. Ruan, W-K. Ching and T. Akutsu, On the number of driver nodes for controlling a Boolean network when the targets are restricted to attractors, *Journal of Theoretical Biology*, 463, 1-11, 2019.
- [2] A. A. Melkman, X. Cheng, W-K. Ching and T. Akutsu, Identifying a probabilistic Boolean threshold network from samples, *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 29(4), 869-881, 2018.
- [3] J. C. Nacher, M. Ishitsuka, S. Miyazaki and T. Akutsu, Finding and analysing the minimum set of driver nodes required to control multilayer networks, *Scientific Reports*, 9(1), 576, 2019.