

第4回生物数学の理論とその応用(京都大学数理解析研究所) : 11/2: 11:00-11:20

「統計力学を用いた進化ゲーム理論」

Evolutionary Game with Statistical Mechanics

Graduate School of Economics, Kwansai Gakuin University D3, 吉川 満

mitsurukikkawa@hotmail.co.jp

(Resume is Available at: <http://members.ld.infoseek.co.jp/kgu-gse/gakkai/gakkai.htm>)

ABSTRACT

本報告は統計力学を用いた進化ゲーム理論の定式化についてである。今まで様々な主体がいる複雑なシステムにおいて、それぞれが Game をしている。それを進化ゲーム理論によって記述するとき、伝統的な進化ゲーム理論ではある戦略の変化は平均場と比べ、その大小によってその戦略を選ぶ確率が変化するという Replicator 方程式を使うものや、また遷移確率とノイズに着目した確率進化ゲーム(Stochastic Evolutionary Game)などがある。そこで我々は新たな進化ゲーム理論の枠組みを統計力学によって構築した。生物数学では Lotka-Volterra 型モデルを統計力学により分析した Matsuda, *et al.* [2]があるが、本モデルでは出産・死亡(参入・退出)の項がなく、ただ単なる戦略の変化のみに着目した Minimal なモデルである。

具体的には統計力学で最も簡単な Ising モデル、さらには先行研究の1つである Diederich and Opper [1]の基礎モデルである Sherrington-Kirkpatrick モデルを参考にし、定式化を行った。そのためこの Game は「格子(lattice)」上で行われる。先行研究にあるように最近接(nearest neighbor)、Random Matching という相互作用の仕方に着目し、対称 2 人ゲーム、非対称 2 人ゲームの定式化、さらには進化的に安定な戦略(Evolutionarily Stable Strategy)の特徴づけを行い、また均衡という概念を相転移(phase transition)して生成するとした。さらには静学の枠組みであったモデルを、Master 方程式を用いて、動学化を行い、Replicator 方程式に対応する方程式の導出を行った。

その結果伝統的な進化ゲーム理論とある変数の大きさによって、一致する場合としない場合があることが分かった。また無限人のゲームでは戦略の一致、均衡の生成は起こらない、さらに周りのゲームと影響し、クエンチ系の場合には、多重均衡が生じることが分かった。

主要参考文献:

- [1] Diederich, S. and Opper, M. (1989): "Replicators with random interactions: A solvable model," *Physical Review A*, Vol. **39**, Number 8, pp.4333-4336.
- [2] Matsuda, H., Ogita, N., Sasaki, A., Sato, K. (1992): "Statistical Mechanics of Population -The Lattice Lotka-Volterra Model -," *Progress of Theoretical Physics*, Vol. **88**, No. 6(12/1992), pp. 1035-1049.
- [3] Weibull, Jorgen W.: *Evolutionary Game Theory*, MIT Press, 1995.