

革新的コンピューティング技術の開拓  
2018 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書
------------------

伊藤 創祐

東京大学 理学系研究科  
講師

情報幾何と熱力学による生体コンピューティング理論

## § 1. 研究成果の概要

2020年度は情報幾何と熱力学による生体コンピューティング理論の開発のために複数の研究を行った。まず一つは熱力学的不確定性関係や速度制限と呼ばれる新規な熱力学法則と情報幾何学の関係の理解の深化に注力した。次に新たに化学熱力学におけるギブスの自由エネルギーと情報幾何学の間関係の理解に関する研究を行い、自由エネルギーと情報幾何学の間関係を詳しく調べた。さらにその研究に基づいて、生体的なコンピューティングの一種と考えられる化学的な発火する生物実験の時系列データに、これまで開発してきた情報幾何と熱力学による生体コンピューティング理論を応用する研究を行った。

より具体的には、①情報幾何学の射影を用いた情報熱力学の特徴付け[1]、②機械学習の手法と熱力学的不確定性関係の理論を用いて時系列データからエントロピー生成と呼ばれる熱力学量を推定する手法の開発[2]、③Fokker-Planck 方程式における時間発展と、情報幾何学的な速度制限及び熱力学的不確定性関係などの複数の関係式に関する理論の構築[3]、④レート方程式と呼ばれる決定論的な濃度変化ダイナミクスで記述される系における情報幾何学と化学熱力学の間関係の構築[4]、⑤イジングダイナミクスにおける情報の流れと相転移の間関係の定量化[5]、などが挙げられる。これらの結果は2020年度以前から投稿していたものが複数含まれているが、2020年度にこの度出版されることとなったため、ここで研究成果として報告させていただきたい。

さらに2020年度にはFokker-Planck 方程式における時間発展と自由エネルギーやエントロピー生成などの熱力学量の間関係を最適輸送理論に基づいて調べたほか、生体系の実験データを用いた情報幾何学量の推定や情報熱力学的な理論の応用研究を行った。これらの結果の一部は2020年度に投稿を行っており、現在もその出版に向けて動いている状況である。

### 【代表的な原著論文情報】

[1] Sosuke Ito, Masafumi Oizumi and Shun-ichi Amari, *Phys. Rev. Research* **2**, 033048 (2020).

[2] Shun Otsubo, Sosuke Ito, Andreas Dechant and Takahiro Sagawa, *Phys. Rev. E* **101**, 062106 (2020).

[3] Sosuke Ito and Andreas Dechant, *Physical Review X* **10**, 021056 (2020).

[4] Kohei Yoshimura and Sosuke Ito, *Physical Review Research* **3**, 013175 (2021).

[5] Matthijs Meijers, Sosuke Ito, and Pieter Rein ten Wolde, *Physical Review E* **103**, L010102 (2021).