

数学と情報科学で解き明かす多様な対象の数理構造と活用  
2020年度採択研究者

2021年度 年次報告書
-----------------

平原 秀一

国立情報学研究所 情報学プリンシプル研究系  
助教

メタな視点に基づく計算量理論の新展開

## § 1. 研究成果の概要

本年度の主要な成果として、以下のような成果を得た。

- (1) 理論計算機科学のトップ会議 FOCS'21 に共著論文が採択された。この論文では、NP の平均時計算量と PAC 学習の関係について新しい関係を見出した。具体的には、NP が平均的に容易であれば PAC 学習が(任意の効率的サンプル可能な分布において)容易であることを示した。これは NP の平均時計算量と計算論的学習理論の中心的な概念である PAC 学習について新たな知見を与えるものである。特に、計算論的学習理論において、「PAC 学習が NP の最悪時計算と同等に難しいか」という問いは中心的なものである。本論文の研究成果はこの問に対して、「NP の平均時計算から PAC 学習が従う」という、ある意味で否定的な結果を与えている。

また、もう一つの成果として、相対化のバリアを新しく構築した。前年度の STOC'21 の研究成果では、UP が  $2^{O(n/\log n)}$  時間で解けないと仮定したときに NP が平均時計算困難であることを証明した。「この計算時間  $2^{O(n/\log n)}$  が改善できないか？」という問いに関して、相対化のバリアを構築することにより、否定的に解決した。具体的には、STOC'21 の研究成果は(だいたい)相対化する手法で証明されている。本研究ではそのような相対化する手法では計算時間を改善できない、ということを示した。

- (2) ITCS'22 に3本の論文が採択された。一つ目の論文“Average-Case Hardness of NP and PH from Worst-Case Fine-Grained Assumptions”では、結論を「NP が準線形時間のアルゴリズムに対して計算困難」と弱めることにより上述の計算時間を  $2^{\tilde{O}(\sqrt{n})}$  まで改善した。
- (3) 二つ目の論文“Excluding PH Pessiland”では、Pessiland の自然な拡張として PH 版を考えることにより、それを除外した。
- (4) 三つ目の論文“Errorless Versus Error-Prone Average-Case Complexity”では、平均時計算量に対する二つの概念「誤りなし平均時計算量」と「誤りあり平均時計算量」の関係について、instance checker と深い関りがあることを示した。

### 【代表的な原著論文情報】

- (1) Shuichi Hirahara, Mikito Nanashima, “On Worst-Case Learning in Relativized Heuristica.” Proceedings of the Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS 2021) ,2022
- (2) Shuichi Hirahara, Rahul Santhanam, “Excluding PH Pessiland.”, ITCS , 2022 年
- (3) Shuichi Hirahara, Rahul Santhanam, “Errorless Versus Error-Prone Average-Case Complexity.” ITCS, 2022
- (4) Lijie Chen, Shuichi Hirahara, Neekon Vafa, “Average-Case Hardness of NP and PH from Worst-Case Fine-Grained Assumptions.” ITCS , 2022