

七島 幹人

東京工業大学情報理工学院
大学院生(修士課程)

効率的な学習可能性の証明困難さに関する研究

§ 1. 研究成果の概要

学習アルゴリズムの設計において、効率的な学習時間は重要な指標である。例えば、どれほど素晴らしい結果が期待される学習アルゴリズムでも、学習に数億年の時間を要するのであれば全く意味が無い。一方で、時間を多くかけるほど、同じデータからでもより多くの知識を得られるということは自然な期待である。すなわち、学習効率と精度の間にはある種のトレードオフが存在し、その理論的保障を与えることは、高性能かつ信頼できる機械学習技術に繋がる重要項目である。しかし、学習時間に関して効率の良いトレードオフを保障することは、現状、非常に難しいタスクである。

本研究ではこの現状をメタ的な視点から俯瞰し、我々が学習アルゴリズムの学習時間の効率の解析において暗示的に直面している障壁を特定すること、及び、その解決策の提示と暗号理論への活用を目標とする。第一年次は特に、そのために必要な理論の基盤づくりを行った。はじめに、計算効率の解析における従来の研究者のタスクを (1)「メタ PAC 学習問題」として厳密に定式化した。これは、直感的に言えば、学習対象のクラスの定義を入力として受け取り、効率的に学習可能かどうかを判定するという計算問題である。本研究ではその難しさを計算複雑さの観点から解析し、(2)メタ PAC 学習問題の困難さが多項式サイズの回路の学習困難さと等価であるという主要な定理を得た。これは現状我々が直面している学習可能性判定の困難さが、実は学習困難なクラスが存在そのものから導かれうるという新たな可能性を示唆した重要な結果である。また、本研究ではこのような学習、及び、学習可能性判定の困難さの暗号分野への応用を検討し、(3)それらの概念に対応した弱い暗号プリミティブの存在を示した。これは現状の学習理論と暗号理論の間の隔たりを埋めるという点でも価値のある成果である。以上の成果は学習理論の主要な結果が集まるトップ国際会議である COLT2020 に採択されており、2020 年 7 月に発表予定である。

