数理・情報のフロンティア
2021 年度採択研究者

2021 年度
年次報告書

内藏 理史

総合研究大学院大学 複合科学研究科
大学院生（博士課程）

圏論と自動検証による機械学習の仕様保証

§1. 研究成果の概要

今年度は確率的プログラミング言語の検証について圏論的意味論の側から研究を行った．最初は比較的簡単な状況設定から始めようと考え，QBS (Quasi-Borel Space)の圏に対して真偽値が true/false の二値であるような述語を用いる場合について調べた．最初に確率分布モナドの持ち上げが 2 種類存在することを確認した．これは[Aguirre & Katsumata, MFPS'20]による Set 上の確率分布モナドに対する結果が QBS でも同様に成り立つということである．2 種類のモナドの持ち上げはそれぞれ「0 より大きい確率である性質が満たされる」「確率 1 である性質が満たされる」ということを表現できる．また QBS の圏が quasi-topos という構造を持っていることを用いると[Kura, FoSSaCS'21]の dependent refinement type system のモデルの構成法が適用できることも確認した．

true/false の二値以外の述語についても調べようとしているところである．例えば集合の圏においてはオートマトンの状態の集合を真偽値とすることで writer monad の持ち上げを考えることができるが，似たようなことが確率的プログラムに対しても適用できないか，それによって検証の幅が広がらないかといったことを考えている．

またもう一方では実装寄りの視点から検証における課題を洗い出したり具体例を探し出すことを目的として，Pyro という確率的プログラミング言語で記述されたプログラムの例を調べた．例えば確率分布の間の距離や divergence をうまく扱ったり，目的関数が最適値に収束していくことなどを検証したりする手段が必要そうであった．