

統計の適切さを記述し検証するためのプログラム論理

川本 裕輔
産業技術総合研究所

佐藤 哲也
東京工業大学

末永 幸平
京都大学

実験研究や観察研究における不適切な統計解析は、間違っただ科学的結論を導く恐れがあり、社会的にも科学哲学においても注目を集めている。統計手法の誤用の原因のひとつとして、統計手法を用いるための前提条件が明確でなく、人手で確認されていることが挙げられる。そこで、本発表では、統計手法の利用の正しさを数理的に厳密に定義し、機械的に検証するための論理を提案する。

本研究の検証手法の構築にあたっては、プログラムが意図どおりに動作することを数理論理学に基づいて厳密に検証するための「ホア論理」と呼ばれる論理体系を拡張し、統計手法の手続きや実行結果を記述できるプログラム論理を構築する。具体的には、統計的仮説検定を行うプログラムの正しさを厳密に記述するために、検定の実行によって得られる信念を記述するための認識論理を定義し、これを用いてプログラム論理 BHL (Belief Hoare Logic) [1, 2] を構成する。BHL では、多重比較を行うプログラムの正しさなどについて演繹的に推論することができる。さらに、統計的仮説検定のためのクリプキ意味論を導入し、BHL がこの意味論に対して健全かつ相対完全であることを示す。また、因果推論を行うプログラムの正しさについて厳密に記述し検証するための論理 [3] についても論じる。

本発表は、JST ERATO JPMJER1603、JST さきがけ JPMJPR2022、JST CREST JPMJCR2012 の支援と、JSPS 科研費 20K19775 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Yusuke Kawamoto, Tetsuya Sato, and Kohei Suenaga. Formalizing statistical beliefs in hypothesis testing using program logic. In *Proc. of the 18th International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR 2021)*, pages 411–421, 2021.
- [2] Yusuke Kawamoto, Tetsuya Sato, and Kohei Suenaga. Sound and relatively complete belief hoare logic for statistical hypothesis testing programs. *CoRR*, abs/2208.07074, 2022.
- [3] Yusuke Kawamoto, Tetsuya Sato, and Kohei Suenaga. Formalizing statistical causality via modal logic. In *Proc. of the 18th European Conference on Logics in Artificial Intelligence (JELIA 2023)*, 2023. <https://arxiv.org/abs/2210.16751>.