

2Q-6

論理推論に対する定量的方法 — 枠組と適用可能性 —

大内 東 大柳 俊夫 山本 雅人

(北海道大学)

1 はじめに

論理推論の算法として導出原理に基づく記号的算法が、従来から広く使われている [1]。これに対して、古典的命題論理の枠組みでは、数理計画法 (MP) 等を利用する定量的な方法が提案されている [2][3][4][5]。

本稿では、これまで行われている定量的方法に関する研究成果をまとめ、定量的方法の第一階述語論理や非古典論理に対する適用に関する今後の研究方向を示す。

2 これまでの研究成果

これまで行われている定量的方法に関する研究は、H.P.Williams によるもの [2][3]、C.E.Blair と R.G.Jeroslow のグループによるもの [5][6]、そして J.N.Hooker によるもの [4][7][8] に分けることができる。

Williams は、命題論理における推論問題が、整数計画問題 (IP 問題) によってモデル化できることを示している [2]。また、節形式に限る必要性のないことから、線形計画法 (LP) が導出よりも強力であると指摘している [3]。さらに、導出節と切除平面の関係についても明らかにしている。Blair は、MP と命題論理の推論問題に対する Davis-Putnam (DP) の手続きとの関係、特に LP 問題で実行可能解が存在しないことと、DP の 1 リテラル規則で矛盾を検出することの関係を示している [5]。また、与えられた命題論理式と等価な節集合を得るための多項式時間の手続きを与えている。Hooker は、命題論理の推論問題に対する MP に基づく定量的方法の総括を行っており、命題論理においては、定量的方法が記号的方法よりも潜在的に計算が早いことを予測している [4]。また、導出と切除平面法の関係も明らかにし、導出カットに基づく切除平面法が、ランダムな問題に対して、支持集合導出よりも、高速に問題を解くことができることを示している [7]。さらに、入力反駁と Chvatal の rank 1 カットの関係についても明らかにしている [8]。Jeroslow は、第一階述語論理の推論問題に対する新しいアルゴリズムを提案し、この問題に対する定量的方法の適用可能性を示唆している [6]。

3 今後の研究方向

著者らは、定量的方法に関する研究の一環として以下の研究を進めている。

1. 命題論理の充足可能性問題 (SAT) を直接的 (節形式にしないで) に 0-1IP 問題に変換するアルゴリズムの開発 [9]、
 2. 第一階述語論理の SAT に対する Jeroslow の方法に基づく新しいアルゴリズムの開発 [10]、
 3. ファジィ推論における min や max の演算の定式化の検討、
 4. デフォルト推論に対する定量的方法の枠組みの検討。
- また伊藤らは、仮説推論に対する定量的アプローチをすでに試みている [11]。

4 おわりに

定量的方法は、論理的な制約と非論理的な制約 (例えば容量制限や供給量制約など) を同じ枠組みの中でモデル化して解くことが可能なもので、今後の発展が期待されると考えられる。

参考文献

- [1] Chang, C. and Lee, R.C.: Symbolic Logic and Mechanical Theorem Proving, Academic Press, Orland, 1973
- [2] Williams, H.P.: Logical Problems and Integer Programming, Bulletin of the Institute of Mathematics and its Applications, Vol. 13, pp.18-20, 1977
- [3] Williams, H.P.: Linear and Integer Programming Applied to the Propositional Calculus, Int. J. of systems Research and Information Science, Vol. 2, pp.81-100, 1987
- [4] Hooker, J.N.: A Quantitative Approach to Logical Inference, Decision Support Systems, Vol. 4, pp.45-69, 1988
- [5] Blair, C.E., Jeroslow, R.G. and Lowe, J.K.: Some Results and Experiments in Programming Techniques for Propositional Logic, Comput. and Oper. Res., Vol. 13, No. 5, pp.633-645, 1986
- [6] Jeroslow, R.G.: Computation Oriented Reductions of Predicate to Propositional Logic, Decision support Systems, Vol. 4, pp.183-197, 1988
- [7] Hooker, J.N.: Resolution vs. Cutting Plane Solution of Integer Problems: Some Computational Experience, Oper. Res. Letters, Vol. 7, No. 1, pp.1-7, 1988
- [8] Hooker, J.N.: Input Proofs and Rank one Cutting Planes, ORSA J. on Computing, Vol. 1, No. 3, pp.137-145, 1989
- [9] 大柳他: 充足可能性問題の 0-1 整数計画問題への定式化と計算効率, 情報処理学会第 44 回全国大会講演論文集, 2Q-7, 1992
- [10] 山本他: 充足可能性問題に対する Jeroslow の手法の拡張, 情報処理学会第 44 回全国大会講演論文集, 2Q-8, 1992
- [11] 伊藤, 石塚: 数理計画法を適用した仮説推論システム, 人工知能学会研究会資料, SIG-FAI-8903-2, 1990