

審査の結果の要旨

氏名 木下慶紀

確率過程の統計的パラメータ推定の一般論として疑似尤度解析 (Quasi-likelihood analysis) がある。これは尤度解析を含み、既に確立している。Le Cam, Hájek の局所漸近正規性および漸近有効性理論から Ibragimov-Has' minskii の尤度比確率場の収束理論へ至る研究は漸近決定理論の本流であるが、従属系においてボトルネックとなる尤度比確率場の大偏差評価を疑似尤度解析が可能にし、確率過程に対してこのプログラムが近年自由に実行できるようになった。多項式型大偏差不等式の一般的証明が本質であり、検証容易な条件のもとでそれが成り立つことが明らかになっており、様々な確率過程モデルに適用されている。

近年、高次元統計モデルに対するスパース推定の研究が盛んに行われている。LASSO、Bridge、SCAD などの正則化法が提案され、回帰モデルなど具体的な統計モデルで有用であることが示されている。理論面では、有効性を示す有力な手段は漸近理論によるものである。したがって、確率過程に対して正則化推定量の漸近的性質を解析するための一般的な枠組みを与え、スパース推定の理論を漸近決定論として構築することは、数理統計学の挑戦的な課題である。

木下慶紀氏は、確率過程の統計モデルに対する正則化法の漸近決定論的枠組みを構築した。罰則項のない元の疑似尤度関数に対する多項式型大偏差不等式が成り立つとき、罰則項付きの疑似尤度関数についても多項式型大偏差不等式が成り立つことを一般的に証明した。ここから罰則付き疑似尤度推定量が一致性を持つことが分かり、さらに疑似尤度比確率場の局所漸近 (混合) 正規性から、スパース推定量の漸近分布についても具体的な形を求めることに成功し、推定誤差の L^p 評価も与えた。また、変数選択の一致性を示し、変数選択とパラメータの同時推定を達成することが出来た。さらに、変数選択が成功する確率をデータ量の多項式で評価することにも成功した。論文ではさらに、確率積分方程式のボラティリティパラメータ推定への正則化法の適用を論じ、理論の有効性を実証している。

本論文は、伝統的な漸近決定理論の枠組みを正則化法へ拡張し、疑似尤度解析の方法で従属系に適用可能な理論を構築することで、数理統計学に大きく貢献した。よって、論文提出者 木下慶紀 は、博士 (数理科学) の学位を受けるにふさわしい十分な資格があると認める。