

## 審査の結果の要旨

氏名 鈴木拓海

鈴木拓海氏は、LASSO や  $L^q$  正則化法の一般理論とその確率過程への応用を研究した。正則化法は、高次元モデルの推定とモデル選択を同時に行う方法として、数理統計学および統計的学習理論において盛んに研究されている。これまでは主に線形モデルに対して理論が発展してきたが、最近になり、従属性モデルに対する研究が始まっている。LASSO の点過程への適用を Hansen et al. がスパースティオラクル不等式の枠組みで最近行っているように、従属性モデルに対する正則化法の研究は新しい課題である。

推定量のオラクル性の一つの定義は、説明変数の係数の真の 0 成分を正しく 0 と推定する確率が 1 に収束すること (selection consistency) と、非零成分の推定量が非零成分をあらかじめ知っているときと同じ漸近有効な推定を与えることである。もともとの LASSO はこれを満たしておらず、初期推定量を用いてペナルティ項を制御することで、オラクル性を達成する adaptive LASSO 推定量を構成することができる。また、損失関数を、初期推定量を用いることで 2 次関数化することで、最適化が容易になる。これらは、Zou や Wang and Leng らによって導入された方法である。鈴木氏は初期推定量の検証可能な一般的な性質か

ら出発し、適合的正則化の一般論を展開し、罰則付き推定量のオラクル性を証明、さらに selection consistency の確率の多項式オーダーの評価を与えた。また、最適化が可能な損失関数でまずモデル選択を行い、次に効率的な推定を制限されたパラメータに対して行う P-O 推定量を構成し、実用的な方法を提案した。

これはいままでになかった重要な結果で、一般的な理論構成のおかげで、従属系へこの方法が自由に適用できることになり、実際、エルゴード的および非エルゴード的拡散過程や、コックス型モデル、Hawkes モデルへの適用およびネットワークの推定を議論した。

鈴木氏の結果は高次元従属性モデルに対する正則化法を一般的に保証するものである。実用的に重要であり、高く評価される。よって、論文提出者 鈴木拓海 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。