

論文審査の結果の要旨

氏名 清水 泰 隆

確率過程に対する統計推測理論は近年ますますその応用の範囲を広げつつあり、とくに確率微分方程式は確率過程の表現に頻繁に用いられ、その統計理論が必要となっている。

連続時間での観測に基づく統計推測は基本的であり、統計モデルに対する尤度比公式や、様々な極限定理が研究され、推定量の一致性、漸近（混合）正規性、漸近有効性が証明され、漸近理論が発展してきた。いっぽう、実際の統計データ解析のためには、離散時間での観測を仮定することが現実的であり、サンプリング下、つまり、離散的観測による欠測のある状況で、統計量の構成とその理論的な解析が重要となる。確率微分方程式においては、ドリフトの推定は連続時間観測でのそれに対応するが、拡散係数の推定は離散化によって新たに生じる問題である。

離散観測では、尤度比の陽表現は期待できず、その近似としての擬似尤度に基づく解析が行われる。ジャンプのないいわゆる拡散過程に対して理論が進展している。局所ガウス近似やより高次の近似による擬似最尤型推定量の一致性、漸近正規性が示され、また、陽表現のない真の尤度の局所漸近（混合）正規性の証明によって、推定量の漸近有効性も知られている。

株価の暴落など、不連続的な現象のモデリングに、ジャンプのある確率微分方程式が重要となってきている。拡散過程に対する研究を背景に、清水氏は、ジャンプ型の確率微分方程式に対する離散観測に基づく統計推測理論を研究しており、本論文はその基礎となる結果を与えている。拡散過程の場合と本質的に異なる点は、離散観測においてはデータの増分が拡散だけに因るのかジャンプに因るのか確定的でないことである。これは欠測による困難といえるが、その解決のために、漸近一致的なジャンプ/非ジャンプ-判別フィルタを構成し、それによってデータ増分を拡散過程の推定関数とジャンプ過程のそれに判別代入することで、

パラメータの推定量を構成し、さらにその漸近的性質を示した。判別誤差の評価と制御が本質的である。ジャンプの構造によって推定量の構成方法は異なるが、論文第3章では、複合ポアソン型のジャンプ構造の場合に最尤型推定量を構成し、漸近正規性を証明している。この結果はこの分野において先駆的なものである。

第4章においては、レビ測度が無限の状況を扱っている。この場合、隣り合った観測の間に無限個のジャンプが存在することになり、上述のような判定は難しいように見えるが、確率微分方程式のジャンプ項を小さなジャンプによるものと小さくないジャンプによるものの和に分解すれば、すでに述べたジャンプ判別法が一部適用できて、第3章と類似の議論が可能になる。モーメント法を部分的に援用することで、好ましい漸近性質をもつ統計量の構成に成功した。観測の間隔とレビ測度の発散のオーダーに応じて判別フィルタの閾値を決める必要があり、精密な評価が必要になる。

第5章では再び複合ポアソン型に戻り、レビ密度のノンパラメトリック推定を扱っている。カーネル型推定量を構成し、平均2乗誤差の意味での一致性を示し、その最適な収束率と誤差限界を求めている。

さて、これらの議論を実際のデータ解析に応用する場合、判別フィルタの閾値の決め方が重要であり、第6章において、離散的観測による閾値の選択アルゴリズムを提案し、その数理的正当性について論じている。

以上のように、提出論文は確率過程の統計推測理論およびその応用において重要な結果を与えており、よって、論文提出者清水泰隆は、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。