The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Statistical change point inference for ergodic diffusion processes based on high frequency data
Author(s)	渡名喜, 庸蔵
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/92989
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　渡名喜　庸蔵　）	
論文題名	Statistical change point inference for ergodic diffusion processes based on high frequency data (高頻度データに基づくエルゴード的拡散過程の統計的変化点推測)

論文内容の要旨

本論文では高頻度データに基づいてエルゴード的拡散過程に対する統計的変化点推測の研究を行った。エルゴード的拡散過程モデルのパラメータ変化には拡散過程の分散を表す拡散パラメータおよびトレンドを表すドリフトパラメータの二つの変化がある。本研究の目的は離散観測されたエルゴード的拡散過程から拡散パラメータおよびドリフトパラメータは変化するのか、またいつ変化するのか推測することである。提案した変化点推測法の手順は以下の通りである。最初に拡散パラメータの変化の有無を調べるための仮説検定問題を考える。もし拡散パラメータの変化が検出されれば、その変化時刻を推定する。一方、変化が検出されなければ拡散パラメータの変化推測を完了する。次にドリフトパラメータの変化の有無を調べるための仮説検定問題を考える。ドリフトパラメータの変化が検出されれば、その変化時刻を推定し、変化が検出されなければドリフトパラメータの変化推測を完了する。

本研究の成果として拡散パラメータおよびドリフトパラメータの変化に対する検定統計量の漸近帰無分布がブラウン橋のノルムの上限の分布で与えられること、およびそれらの検定が一致性を持つことを証明した。また、拡散パラメータおよびドリフトパラメータの変化時刻の推定量の漸近分布はパラメータの変化量が小さい場合に two-sided standard Wiener process の汎関数の分布になることを示した。これらによって、高頻度データに基づくエルゴード的拡散過程に対する統計的変化点推測理論が整備され、変化するパラメータの同定およびその変化時刻の推定が可能となった。

さらに理論的成果を裏付けるために数値シミュレーションにより検定統計量および変化時刻の推定量の漸近的挙動を検証した。具体的には Ornstein-Uhlenbeck model、hyperbolic diffusion model の二つのモデルを考え、拡散パラメータやドリフトパラメータが変化する場合または変化しない場合に対し、検定統計量および変化時刻の推定量の漸近的挙動を検証した。

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　渡名喜庸蔵　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　教 授	内田雅之
	副 査　教 授	狩野　裕
	副 査　教 授	鈴木　譲

論文審査の結果の要旨

高頻度データ解析で用いられる統計モデルとして確率微分方程式で定義される拡散過程モデルがある。拡散過程モデルはドリフト(トレンド)項とボラティリティ(拡散)項で構成されていて、ドリフトパラメータとボラティリティパラメータの高頻度データに基づいた統計的変化点推測が重要課題となっている。本論文では、エルゴード的拡散過程モデルのドリフトパラメータやボラティリティパラメータの変化点推測法を開発し、その数学的正当化を行なった。具体的には、エルゴード的拡散過程モデルでは、ボラティリティパラメータの推定量の収束率は、ドリフトパラメータの推定量の収束率より速いという性質を利用して、次の結果を導出した。(i)帰無仮説「ボラテリティパラメータに変化なし」と対立仮説「ボラテリティパラメータに変化あり」における統計的仮説検定のための検定統計量を提案して、帰無仮説の下での検定統計量の漸近分布を導出した。(ii)ボラティリティパラメータに変化がない場合に、帰無仮説「ドリフトパラメータに変化なし」と対立仮説「ドリフトパラメータに変化あり」における統計的仮説検定のための検定統計量を求めて、検定統計量の漸近帰無分布を解明した。(iii)ボラティリティパラメータに変化がある場合に、帰無仮説「ドリフトパラメータに変化なし」と対立仮説「ドリフトパラメータに変化あり」における統計的仮説検定のための検定統計量を構成し、検定統計量の漸近帰無分布を導出した。(iv)ボラテリティパラメータやドリフトパラメータに変化がある場合に、それら変化点の推定量を構成して、推定量の漸近的性質を証明した。そして、数値シミュレーションにより提案した検定統計量や推定量の漸近挙動を検証した。

上述の通り、高頻度データに基づくエルゴード的拡散過程の変化点推測法の開発およびその数学的正当化は顕著な学術的貢献であり、博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。