



Title	Kernel Density Estimation : The Malliavin-Thalmaier formula and Bayesian parameter estimation
Author(s)	安田, 和弘
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48837">https://hdl.handle.net/11094/48837</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> >大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	やす だ かず ひろ 安 田 和 弘
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 2 2 1 3 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 20 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当  基礎工学研究科システム創成専攻
学 位 論 文 名	Kernel Density Estimation; The Malliavin-Thalmaier formula and Bayesian parameter estimation (カーネル型推定; マリアヴァン-タルマイヤ公式とベイズ・パラメータ推定)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 長井 英生  (副査) 教 授 会田 茂樹 教 授 名和 範人 准教授 Kohatsu-Higa, Arturo

### 論 文 内 容 の 要 旨

本博士論文では2つのテーマについて取り組んだ。1つ目は多次元の確率密度関数の推定に取り組んだ。また2つ目はベイズ推定によるパラメータの推定問題に取り組んだ。

1つ目のテーマと結果は次のようである。多次元確率変数の結合密度関数を効果的にシミュレーションする公式として2006年に Malliavin 氏、Thalmaier 氏によって提案された公式がある。この公式により『次元の呪い』は解消されるが、実際にこの表現を用いて直接シミュレーションを行うと特異点が生じてしまう。その問題点を解消するため、公式の近似を考え、その誤差評価 (Bias と Variance) を行った。この近似により特異点が表れない、安定したシミュレーションが可能となった。また、モンテカルロ・シミュレーションの回数を決定する上で有用となる中心極限定理の証明にも成功した。この中心極限定理はモンテカルロ・シミュレーションの回数の決定のみならず、近似パラメータの選び方も与えてくれる。最後に、この公式の応用例としてファイナンスへの応用を考えた。特に、Greeks と呼ばれるオプション価格のパラメータに関する感応度を示す指標の計算に対して適用する方法を構築した。

2つ目のテーマと結果は次のようである。パラメータに依存するデータを離散的に観測した場合のパラメータ推定を、ベイズ推定法を用いて行う。特に、実際のベイズ推定量と観測過程をシミュレーションできるように近似した場合の推定量との誤差評価を行った。同様の問題が2006年の Cano 氏、Kessler 氏、Salmeron 氏の論文で考えられている。しかし、その論文ではパラメータ・チューニングが不十分であり、また仮定がデータに依存するという問題点がある。これに対して本研究ではそれらの問題点を解決し、観測のデータ数が  $N$  の場合に誤差が  $1/\sqrt{N}$  のオーダーになることを示した。またこれに付随する結果として、離散観測下でのベイズ推定量は真の値に  $1/\sqrt{N}$  のオーダーで収束することも得られた。

## 論文審査の結果の要旨

高次元確率変数の結合密度関数を数値シミュレーションするにあたって、理論上、有力な方法として、Malliavin と Thalmaier によって得られた公式を用いる方法がある。

しかしながら、この表現を用いて直接シミュレーションしようとする、特異点が生じるため実際にはうまく行かない。

安田和弘君は、Kohatsu-Higa 准教授との共同研究でこの公式の近似と誤差評価を適切に行うことにより、安定したシミュレーションを行う方法を見出した。同時にシミュレーションする際に有用となる中心極限定理の証明を与えるとともに、ファイナンスへの応用として重要である、オプション価格のパラメーター感応度評価の計算に適用した。また一方、パラメーターに依存するデータを離散的に観測して、パラメーターを推定する問題を考察し、実際のベイズ推定量と、観測過程をシミュレーションできるように近似した場合の推定量の誤差評価を行った。この問題に関しては、Cano、Kessler、Salmeron の論文で考察されているが、そこではパラメータ・チューニングが不十分であり、また仮定がデータに依存するという問題点があったが、安田和弘君は Kohatsu-Higa 准教授及び Vayatis 氏との共同の仕事で、その誤差が観測データ数の 2 乗根の逆数のオーダーであり、ベイズ推定量は真の値に同じオーダーで収束することを示した。

これらの業績は顕著なものであり、博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。