

Title	Efficient Markov chain Monte Carlo methods based on the Haar measure
Author(s)	Song, Xiaolin
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/92226
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

Abstract of Thesis

Name (Xiaolin Song)	
Title	<p style="text-align: center;">Efficient Markov chain Monte Carlo methods based on the Haar measure (ハール測度にもとづいた効率的なマルコフ連鎖モンテカルロ法)</p>
<p>In this thesis, two new efficient MCMC methods are introduced. Both use the Haar measure strategy, but with completely different motivations.</p> <p>The first proposal aims to construct a class of non-reversible Metropolis kernels as a multivariate extension of Gustafson's guided Metropolis kernel. This main goal is achieved by introducing a projection that map the original state space to an ordered topological group. By combine the Haar measure with a reversible Markov kernel, a bridge is provided between the original state space and the ordered topological group. Under certain conditions, defining directions in the group enables us to construct a symmetric kernel on the original state space. With the symmetric property, we can build the Δ-guided Metropolis. The proposed non-reversible kernel is at least 10 times better than the random-walk Metropolis kernel and Hamiltonian Monte Carlo kernel for the logistic regression and a discretely observed stochastic process in terms of effective sample size per second.</p> <p>The second proposal combines the idea of a gradient based deterministic transformation and the Haar measure. We carefully select a density-preserving deterministic transformation, and use the deterministic transformation to create a Markov kernel, the Weave Metropolis kernel. By combining the Haar measure, we also introduce the Haar-Weave-Metropolis kernel. In this way, the Markov kernel can exploit local information of the target distribution using deterministic proposals, and thanks to the Haar measure, it can exploit the global information of the target distribution. Finally, we show through numerical experiments that the proposed method has superior performance outperforms other methods in terms of effective sample size and mean square jump distance per second.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (Xiaolin Song)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	内田雅之
	副 査	教 授	狩野 裕
	副 査	教 授	鈴木 讓
	副 査	准教授	鎌谷研吾 (統計数理研究所)
論文審査の結果の要旨			
<p>本論文は申請者が主著者として査読付き学術誌に投稿し、掲載された二篇の論文をまとめたものである。本論文第二章を主に構成するのがそのふたつの論文の一つであり、不可逆なマルコフ連鎖モンテカルロ法に関する研究である。連続な状態空間における実用的で不可逆なマルコフ連鎖モンテカルロ法は、一次元ユークリッド空間ではすでに提案されていた。申請者の研究は、不可逆な方法を多次元に拡張したものである。その実現には状態空間を局所コンパクトな位相群に射影し、その射影で構造を壊さないように忠実にマルコフカーネルを用意せねばならず、到底明白ではない。申請者らはハール測度を利用して、ランダムウォーク性を定義して、要求に合致するマルコフカーネルを実現した。単純な方法でありながら、提案手法はしばしば従来の手法を飛躍的に改善する。本論文にあるように、様々なデータセットでその有効性が示されている。そして申請者の投稿したもう一つの論文が本論文第三章を構成している。確率分布の局所的な情報と大域的情報を組み合わせたマルコフ連鎖モンテカルロ法を提案するものである。第三章の研究は第二章の不可逆性とは直接関係してはいないものの、ハール測度を利用する点で第二章と技術的なつながりを持つ。第二章の不可逆性を持つマルコフ連鎖モンテカルロ法は大域的な特徴をマルコフ連鎖に落とし込む有効な手法であった反面、対数密度関数の勾配などの局所的な構造は入れにくい。第三章では、ハール測度の特徴を失わずに勾配の情報を導入した。制限のあるハミルトニアン・モンテカルロ法と捉えることもできて、実際にある種の極限を示すことでハミルトニアン・モンテカルロ法との類似性を示した。いずれの研究も数理的な技能とともに、高い計算技能の成果である。博士(理学)の学位論文として価値のあるものと認める。</p>			