

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	確率的セルオートマトンの 変分ベイズ学習と交通流解析への応用
Title(English)	
著者(和文)	中村 文士
Author(English)	Fumito Nakamura
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10544号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:渡邊 澄夫,新田 克己,樺島 祥介,小野 功,青西 亨
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10544号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	知能システム科学	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)
学生氏名： Student's Name	中村 文士		指導教員 (主)： 渡辺 澄夫
			指導教員 (副)：
			Academic Advisor(sub)

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

交通渋滞により生じる問題は深刻であり、年間 1 人あたり約 40 時間の損失があり、それにより日本全体で約 12 兆円の損失が発生していると言われている。そのような交通現象を解析するため、流体モデル、追従モデル、確率的セルオートマトンモデルと呼ばれる数理モデルなどが提案されている。交通流における確率的セルオートマトンモデルは、空間をセルと呼ばれる離散格子状に分割し車両を確率的な規則に従ってセル上を走行させるモデルであり、交通渋滞の解明に役立つことが知られている。従来、交通流モデルは主に現象を生成する順問題のモデルとして利用されてきた。すなわち、モデルが持つパラメータを実際の現象が再現できるように経験的に調整し、そのモデルを用いて交通渋滞を解析する方法が取られてきた。近年、最尤法やベイズ法といった統計的推測法を用いて、モデルが持つパラメータを観測データから推測する逆問題にも適用されるようになり、データに対して再現性の高いモデルが構成可能となった。

しかしながら、交通流の個々の構成要素の確率法則が多様性を持つ場合、統計モデルは階層構造を持ち多くのパラメータを含んでいる。そのため、従来法で用いられた最尤法では精度の良い推定が行えず、ベイズ法は少ない演算で推定が行えなかった。このような推測方法の問題に対して、変分ベイズ法は階層構造を持つ統計モデルにおいても精度の良い推定を少ない演算で行うことが可能であることが知られていた。

そこで本論文では、確率的セルオートマトンモデルである多種粒子 TASEP と多種粒子 ZRP の統計的推測に変分ベイズ法を適用することを提案した。TASEP は車両の平均速度をパラメータとして有するモデルで、ZRP は車間距離に応じて異なる前進確率をパラメータに有するモデルである。これらのモデルにおいて複数の異なる平均速度や車間距離に対する前進確率をパラメータとして有するモデルが多種粒子モデルであり、本論文ではそれらのパラメータを変分ベイズ法により推測することを提案する。また有効性を人工データと実測データを用いて他の推測法と比較することで明らかにする。

パラメータを推測するためのデータとしては車両が確率的セルオートマトン上を時間発展することで得られる時空図を用いた。この時空図を生成する確率法則を統計的表現と呼び、2 つのモデルの統計的表現を構成し、それらの分布のパラメータ推定を行った。多種粒子 TASEP の統計的表現は、各車両が確率的セルオートマトン上を「前進する」か「留まるか」のいずれかの動きを各時刻で行っており、それがベルヌーイ試行で表されることを利用し構成した。また、多種粒子 ZRP は各車両が車間距離ごとに異なる確率でベルヌーイ試行を行うモデルであるため、車間距離ごとに多種粒子 TASEP と同様の方法を取ることで統計的表現を構成した。得られた 2 つの統計的表現は混合指数型分布族であることから変分ベイズ法を適用し、再帰的な学習則を導出した。

人工データへの適用においては、真のモデルとパラメータを用いてデータの生成を行い、提案法により真のモデルとパラメータが推測できることを明らかにした。また、実測データへの適用においては、通常時と渋滞時において変化するモデルとパラメータの抽出が可能であることを示した。さらに予測精度と演算量の観点から提案法を最尤法およびベイズ法によるものと比較し、提案法は最尤法と同程度の少ない演算量でベイズ法と同程度に優れた予測精度を有していることを実験的に明らかにした。

今度の課題としては、本研究の方法を適用するために画像などの計測データから車両の位置を特定する方法や本研究のモデルを適用するための最適なセルの大きさの決定方法を作成することがあげられる。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 知能システム科学 専攻
Department of
学生氏名： 中村 文士
Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員 (主)： 渡辺 澄夫
Academic Advisor(main)
指導教員 (副)：
Academic Advisor(sub)

要旨 (英文 300 語程度)
Thesis Summary (approx.300 English Words)

Traffic congestion causes about 40 hours of loss per person in a year, whose summation is about 12 trillion yen loss in Japan. In order to analyze the traffic problem, there are several mathematical models of the traffic flow, among of which stochastic cellular automaton (SCA) model is useful to clarify the traffic congestion.

In conventional studies, the traffic flow models have been mainly used to generate the phenomena. Recently, they have been applied to an inverse problem in order to statistically estimate their parameters from the traffic flow data based on the maximum likelihood method and the Bayes method.

However, when a probabilistic law, which each traffic component of vehicle obeys, had a parameter about variety, due to the hierarchical structure of the statistical model, the maximum likelihood method failed to accurately estimate the parameter and the Bayes method needed the high computational cost. The variational Bayes method was well known to overcome both heavy computational cost and inaccurate estimation problem.

In this thesis, I propose a statistical inference method of the SCA models such as multi-species TASEP and multi-species ZRP based on the variational Bayes method, and derive the learning algorithms.

In addition, by applying them to synthetic and real data, I clarify that the method estimates the parameters in traffic flow models that include various driving behaviors like high speed, low speed, keeping a longer vehicular gap, and keeping a shorter vehicular gap. Furthermore, by comparing the variational Bayes method with the maximum likelihood method and the Bayes method, I experimentally show that the variational Bayes method is useful than the conventional methods from the viewpoints of both computational cost and estimation accuracy.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).