



Title	CONTRIBUTIONS TO THE STATISTICAL ANALYSIS OF SERIES OF EVENTS BY THE LIKELIHOOD PROCEDURE
Author(s)	Ogata, Yoshihiko
Citation	大阪大学, 1980, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/2044">https://hdl.handle.net/11094/2044</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏名・(本籍)	尾 形 良 彦
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 5 0 3 8 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 7 月 16 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学位論文題目	尤度法による事象系列の統計解析
論文審査委員	(主査) 教授 丘本 正 (副査) 教授 竹之内 脩 教授 高木 修二 教授 坂口 実 教授 高松 俊朗

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文の目的は事象系列（点過程データ）に対する尤度法の理論的基礎を与え、点過程の新らしい統計的モデルを一般的かつ効率的に構成する方法を提案し、この種のデータに対するモデルの適合やパラメータ推定の実用化を促すことである。

尤度に基づく推定法は数理統計学に於いて最も一般的かつ有用な基本原理である。ところが事象系列に対して尤度が一般的に表現されたのは、ごく最近のことである。この際、条件付強度関数(Conditional intensity function)という概念が生まれ、これによって一般の事象系列が特徴付けられ構成されることが明らかになった。このことは、いくつかのパラメータによって条件付強度関数を表現することをとおして統計的点過程モデルが自由に提案できることを示すものである。実際、ポアソン過程や更新過程などの従来からのモデルは極めて特殊なものとして簡単に表現される。

本論文の第一章ではこのようなパラメータ化に伴う統計的漸近理論の伝統的諸結果を事象系列の場合について詳しく議論した。大標本のもとでの尤度比統計量の漸近カイ二乗性、最尤推定量の一致性および漸近正規性、Cramer-Raoの不等式などは統計的モデルの適合性や推定値の精度を論ずるための基本的な前提である。条件付強度関数のパラメータ化の構造がこれらの漸近構造にどのように関係するかを定式化し、諸正則条件を明記して証明を与えた。さらにいくつかの主要な既存の事象系列モデルがこれらの条件を満足していることを確認した。証明のために点過程における確率積分およびそのマルチンゲール理論の諸結果、各種極限定理などを使った。

ところで事象系列の尤度法の実用化がこれまで困難視されてきたのは二つの理由があったからと考えられる。一つは尤度が非線形であるため、有効な近似的推定法が考えられなかったためである。

しかし近年の数値解析の分野での非線形関数の最適化のアルゴリズムの発展もあって、効率的な計算手順も考慮されたパラメトリックモデルによってこのような困難を解消しつつある。もう一つの困難は条件付強度関数が与えられたときに、それに対応する事象系列の標本を得ることにあった。過去の履歴によって複雑に変わる条件付分布関数と一様乱数によって定まる方程式を数値的に解いて標本を逐次的に得る方法では大量の標本を生成するのに相当の時間を必要とするだけでなく、時には解の一意性さえ冒される。

本論文の第二章ではこれらの困難についての具体的な解決法を示唆した。非定常ポアソン系列の効率的な標本生成のために Lewis が提案した thinning method は従来とは全く異なって、定常ポアソン系列標本をまず生成した後、強度関数に基づいて求める標本を構成する。この方法が一般の事象系列に自然に拡張して適用できることを提案し証明を与えた。ただしポアソンの場合と異って時間的順序の議論が本質的である。この点を注意するためにいくつかの典型的なアルゴリズムを与えた。とくに多変量(multi-channel) 事象系列の標本生成まで拡張されたことの重要性を強調したい。最後の節では全く新しいものを含む諸種の統計的モデルについて標本生成を実行して、その標本をもとに最尤法による数値結果を得、第一章および第二章で数学的に証明済みの諸結果を再確認することができた。

## 論文の審査結果の要旨

この論文は点過程に関する統計解析の理論的基礎づけを行ない、かつ点過程データ生成のアルゴリズムを与えた著者の最近の論文 2 篇をまとめたものである。第 1 章では点過程を規定する条件つき強度関数に含まれる未知母数を尤度法によって推定するとき、標本が独立同分布である場合の従来の漸近理論の諸結果が全く類似の形で成立することを示した。即ち、ゆるい正則条件の下で最尤推定量の一致性、漸近正規性、有効性、および尤度比統計量の漸近カイ 2 乗性を証明した。第 2 章では点過程のかなり一般的な典型的ないくつかの場合について、データ生成のための効率のよいアルゴリズムを提示した。その際 Lewis の thinning 法のアイデアを条件つき強度関数が過去の履歴に依存する場合に拡張し、また多変量の場合にも一般化した。著者はさらに 1 変量、2 変量の諸種のモデルについてデータ生成と最尤法による推定との数値的検証をも行なった。これらの結果は点過程の理論と応用への重要な貢献であって、学位論文として価値あるものと認める。