【2】

氏名・(本籍)	林　利　治（はやし　とし　はる）
学位の種類	工　学　博　士
学位記番号	第　8763　号
学位授与の日付	平成元年6月16日
学位授与の要件	基礎工学研究科　数理系専攻 学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	The Estimation of Parameters in Point Processes (点過程における母数の推定)
論文審査委員	(主査) 教　授　稲垣　宣生 (副査) 教　授　石井　惠一　教　授　佐藤　俊輔

論文内容の要旨

本論文では，自己修正点過程における最尤推定と（非定常）ポアソン過程におけるロバスト推定を考察する。

地震や交通事故などの時間軸上に離散的に発生する（確率的）事象の系列を考える。各事象は点と呼ばれる。時刻tまでに発生した点の総数をN(t)で表すとき，過程N(・)は点過程といわれる。ポアソン過程はその代表的な例である。また，瞬間的な点の平均発生率を表すと考えてよい条件付き強度（以後，強度という）が存在すれば，それにより点過程の分布が決定されることはよく知られている。

ある正定数ρと関数$\phi(\cdot)$に対し，強度$\rho\phi(\rho t-N(t))$をもつ点過程N(・)は自己修正点過程といわれ，地震などの時間とともにエネルギーを蓄積し，瞬間的に放出する現象のモデルとして用いることができる。関数$\phi(\cdot)$の性質から，$X(t)=\rho t-N(t)$の絶対値が大きいとき，時間とともにそれが平均的に小さくなるように過程N(・)の強度は修正される。この自己修正機構から，離散時間の過程$\{n-N(n/\rho)\}_{n=0,1,2,\cdots}$がエルゴーディックマルコフ連鎖であることを導いた。このことを用いて，マルコフ過程$\rho t-N(t)$に対する大数の法則を得た。

適当に母数化された強度をもつ自己修正点過程に対し，最尤推定量（MLE）の漸近的性質を調べる。一般にMLEは陽に得られないので直接MLEを調べるのではなく，尤度比を調べる。自己修正点過程により誘導される測度の族に対し，尤度比と密接に関係し，MLEの漸近挙動を調べる際に重要である局所漸近正規性を得，さらに，MLEが一致性と漸近正規性をもつことを示した。

強度が2つの水準θ_1，θ_2しかもたない自己修正点過程に対し，水準θ_1，θ_2のMLEを過程N(・)の標本路により陽に表し，さらに，MLEの漸近正規性を得，その漸近分散をθ_1，θ_2を用いて表し

た。これらの結果はすべて陽に書かれ，一般の自己修正点過程を扱うときの道標としても重要である。

最後の章で，周期的な強度をもつポアソン過程におけるロバスト推定について議論する。適当な正則条件の下，ＭＬＥは尤度方程式の解であり，漸近正規性，有効性をもつことはよく知られている。しかし，データがノイズなどにより汚されているとき，モデルの尤度は本来のもつべき尤もらしさを正確に表すとは限らない。そこで他の推定量を構成する必要がある。ここではM－推定量，つまり，推定方程式の解を扱うことにする。M－推定法は推定方程式を適当に選べばノイズによる悪影響をあまり受けない，つまり，ロバストな推定量を与える。適当な条件の下で，データが汚染されていてもM－推定量が（ある意味での）一致性をもち，さらに，漸近正規性をもつことを示した。加わるノイズに上限を設定して，我々が提案する推定方程式に基づく，M－推定量がミニマックスの意味でロバストであることを示した。

論文の審査結果の要旨

地震や交通事故などのように時間軸上に離散的に発生する事象の系列は点過程とよばれ，時刻 t までに発生した点の総数 $N(t)$ と点の瞬間平均発生率である強度（intensity）関数 $\lambda(t)$ によって記述される。本論文では自己修正点過程の母数モデルの統計的推測について考察している。

いま，$X(t)=t-N(t)$ とし，$\lambda(t)=\phi(X(t))$ とおく。ここで，$\phi(x)$ は大きい x に対しては1より大きい値を取り，小さい x に対しては1より小さい値を取るような既知の正値関数とする。例えば，地震のモデルにおいて，エネルギーは時間 t とともに蓄積されるけれども地震発生数 $N(t)$ によって放出されるので，$X(t)$ はストレス放出過程とよばれる。ストレス $X(t)$ が大きくなると地震発生率は大きくなり，その結果，$N(t)$ が大きくなる。地震発生数 $N(t)$ が大きいと $X(t)$ は小さくなり，その結果，地震発生率は小さくなる。地震発生数が小さいと $X(t)$ が大きくなり，以下同じような現象が繰り返される。このような自己制御機構をもつ自己励起点過程を自己修正（self-correcting）点過程といい，Isham & Westcott（1979）により導入された。Vere-Jones & Ogata（1984）は，ϕ が指数関数のときに，$X(t)$ のある種のエルゴード性を証明したが，本論文ではその証明の1部が不備であることを指摘し，その不備を訂正する方法を提案した。さらに，この方法によれば ϕ が指数関数ということに拘らないで，最初に Isham & Westcott が提案したような一般の関数に対しても $X(t)$ のある種のエルゴード性を証明できることを示した。

次に，実数 α と正数 β，ρ に対して，$X(t)=\rho t-N(t)$，$\lambda(t)=\rho\phi(\beta X(t)+\alpha)$ であるような自己修正過程の母数モデルを考え，これらの母数 α，β，ρ の最尤推定量の漸近正規性を示した。

強度関数が2水準 θ_1，θ_2 しか持たないような単純自己修正点過程を提案し，水準 θ_1，θ_2 の最尤推定量が見本関数 $N(t)$ の関数として“陽に”求まり，さらに，このときスケルトン過程 $\{X(n)\}_{n=-\infty}^{\infty}$ の定常分布と最尤推定量の漸近正規性が具体的に計算できることを示した。

そのほか，ポアソン過程におけるロバスト推定法についても論じている。

以上のように，本論文は自己修正点過程とその母数モデルの研究に重要な知見を与えるものであり，学位論文として価値あるものと認める。