

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	Luis Iván Hernández Ruíz
論文題目	Cluster construction and limit properties of renewal Hawkes processes (更新ホークス過程のクラスター構造と極限の特徴)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、古典的ホークス過程について知られていたクラスター表現および大数法則と中心極限定理の結果について、更新ホークス過程に対する拡張を与えたものである。</p> <p>古典的ホークス過程とは 1971 年に Hawkes が導入した点過程のクラスであり、過去の事象の発生が将来の事象の発生を促進するという、一種の自己励起的な事象発生を記述する最も単純な数学モデルである。1974 年に Hawkes と Oakes は、古典的ホークス過程のクラスター表現を論じ、均一ポアソン過程を中心過程としてそこからサテライト過程により子孫が世代ごとに増えていく形で表現されることを示した。</p> <p>1970 年代に尾崎統 (おざきとおる) と尾形良彦 (おがたよしひこ) が与えた、古典的ホークス過程に対するパラメトリック最尤推定とその漸近正規性についての結果は有名であり、様々な分野で応用されている。2013 年になって大きな理論的進展があり、Bacry, Delattre, Hoffmann, Muzy が古典的ホークス過程に対するノンパラメトリック推定を論じ、大数法則と中心極限定理を関数型極限定理の形で示した。</p> <p>本論文の主要結果の一つ目は、更新ホークス過程について、古典的ホークス過程と類似のクラスター表現を与えたものである。古典的ホークス過程の拡張クラスとして、2016 年に Wheatley, Filimonov, Sornette が更新ホークス過程を導入してその数値解析を論じたが、本論文により更新ホークス過程を点過程として数学的に厳密に構成する方法が確立された。この結果は矢野孝次(大阪大学)との共同研究である。</p> <p>二つ目は、更新方程式の解の漸近挙動に関する主要更新定理について、Lindvall のカップリング法の応用により、既知の結果のいくつかを拡張したものである。</p> <p>三つ目は、更新ホークス過程に対する大数法則と中心極限定理を示したものである。古典ホークス過程に対する Bacry たちの証明は、大数法則においては更新ホークス過程に対しても同様の方法で証明できるが、中心極限定理においては同様の方法が通用しない。本論文では、上記二つの結果を用い、マルチンゲール収束定理に帰着することで、中心極限定理の証明を完遂している。</p> <p>以上が本論文の主要結果である。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

古典的ホークス過程の定義は、その強度過程が自分自身の関数として与えられるものとして、いわば確率的な関数方程式の解として定義される。クラスター表現はその解を確率過程として具体的に構成する方法を与えるものである。更新ホークス過程は、その強度過程が自分自身の関数に加えて更新過程による移入項を含む形で定義され、古典的ホークス過程に比べて取り扱いがかなり複雑となる。本論文では、更新過程による移入項からサテライト過程により子孫が世代ごとに増えていく形でのクラスター表現を厳密に構成することに成功しており、このテーマにおける研究の重要な成果であると言える。

更新ホークス過程に対する中心極限定理の証明においては、古典的ホークス過程に対する既知の証明と同様に進めると、扱いにくい誤差項が生ずる。本論文ではこの誤差項の処理のため、更新方程式の解の漸近挙動に関する主要更新定理の既知の結果に立ち返り、本論で必要とする形での拡張を行っている。これを用いることで、マルチンゲール収束定理への帰着を可能としているところが、主要な貢献であると言える。

以上により、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和 6 年 1 月 31 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降