



Title	Tests for Exponentiality under Random Censorship Model
Author(s)	熊澤, 吉起
Citation	大阪大学, 1990, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/1442">https://hdl.handle.net/11094/1442</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名・（本籍）	くま 熊	ざわ 澤	よし 吉	き 起
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	8 9 7 8		号
学位授与の日付	平 成	2 年	2 月	24 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	Tests for Exponentiality under Random Censorship Model (ランダム打ち切り標本に基づく指数性の検定)			
論文審査委員	(主査) 教 授 稲垣 宣生			
	(副査) 教 授 石井 恵一    教 授 白旗 慎吾			

## 論文内容の要旨

本論文の目的は、ランダム打ち切り模型の下での様々な年齢特性をもつ寿命分布族を対立仮説とする指数性の検定問題についての検定統計量の族を提案し、その漸近的な性質を考察することである。指数分布は信頼性理論や生存データ解析等の分野において広く用いられ、この指数性の検定問題は、現実の場面において重要な役割を果たしている。また、ランダム打ち切り標本は、本来の実験とは関係のない他の偶然要因によってデータの観測が続けられなくなるような状況において発生し、打ち切られたデータと打ち切られていないデータが混在するものから成り立っている。この標本は、通常の打ち切りのない完全標本が得られる場合とは異なり、打ち切りによる母集団分布以外の情報を含み、このことに対処するための統計的手法が必要となる。本論文では、このような標本に基づく、代表的な六つの寿命分布族を対立仮説とする指数性の検定問題を取り扱う。

第 2 章において本論文において用いる寿命分布及び打ち切りモードの概念を与え、第 3 章において、counting process, martingale 極限定理, von Mises の統計的汎関数についての基本結果について述べる。これら数学的道具を用いて、第 4 章から第 6 章において、完全標本とランダム打ち切り標本の区別をすることのない統一的な証明方法で、検定統計量の漸近的な性質を導く。

本論文において考察する統計量は、Kaplan-Meier 推定量を用いて構築され、完全標本が得られる場合において今までに提案されている統計量の自然な拡張となっている。各統計量の漸近的な性質が、帰無仮説と固定された対立仮説の下で考察され、各統計量の帰無仮説の下での漸近分散の一致推定量も構築される。

また、比例打ち切り模型の下での pitman 漸近効率に基づく統計量間の比較がなされ、ここで取り上

げた六つの寿命分布族を対立仮説とする指数性の検定問題に対して最適な検定が推奨される。

## 論文の審査結果の要旨

本論文では、ランダム中途打ち切りを伴う標本による寿命分布の指数性の検定問題を考察している。ここで取り扱う寿命分布は(Ⅰ)指数分布(Ⅱ)Weibull 分布(Ⅲ)線形故障率分布(Ⅳ)Makeham 分布(Ⅴ)ガンマ分布である。指数分布は、故障率が一定で無記憶性があるという特徴を持っているけれども、初期故障率が大きい場合や長期使用の摩耗による故障率の増大の場合のように時間とともに変動する故障率を記述する分布としては適していない。そのような特徴を分布関数に基づくノンパラメトリック形式で記述した6つの分布族 $H_1$ : IFR,  $H_2$ : IFRA,  $H_3$ : NBU,  $H_4$ : NBUE,  $H_5$ : DMRL,  $H_6$ : HNBUEを考える。これらの分布族の包含関係は $H_1 \rightarrow H_2 \rightarrow H_3 \rightarrow H_4 \rightarrow H_6$ ;  $H_1 \rightarrow H_5 \rightarrow H_4 \rightarrow H_6$ である。4つの分布(Ⅱ)–(Ⅴ)は $H_1$ : IFRであるから、いずれの分布族にも属する。(Ⅰ)指数分布を帰無仮説とし分布族 $H_1$ – $H_6$ のいずれかを対立仮説とする仮説検定問題を考える。本論文では、指数分布とこれらの分布族に属する分布を区別する指標(分布間距離)を分布関数の一般化した汎関数として与え、その汎関数において分布関数の代わりに経験分布関数を代入することにより検定統計量を提案し、経験分布関数がBrownian bridge に収束することを用いてこれらの検定統計量の漸近正規性を示した。寿命解析におけるもう1つの問題点は、技術的または経済的理由から寿命試験を中途打ち切りすることである。ここでは、本来の実験とは無関係な他の偶然要因によって観測が打ち切られるランダム打ち切りとよばれる場合を取り扱っている。本論文では、さらに、ランダム打ち切りデータに対して指数性の検定を考える。Kaplan–Meier 推定量は打ち切り観測の場合の経験分布関数に対応するものであることから、一般化した指標において分布関数の代わりにKaplan–Meier 推定量を代入して得られる検定統計量を提案し、Kaplan–Meier 推定量がやはりBrownian bridge に収束することを用いてこれらの検定統計量の漸近正規性を示した。実際に、対立仮説の分布として寿命分布(Ⅱ)–(Ⅴ)をとり、一般化指標による打ち切り観測の検定統計量の漸近平均と漸近分散を計算して、Pitman's efficacy により検定統計量の漸近有効性を数値として求めた。

以上のように、本論文は寿命解析におけるランダム打ち切り標本に基づく指数性の検定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。