

# 현장 클레임 데이터를 이용한 GOR 수명분석

김 종 결<sup>1)</sup> · 박 창 규<sup>2)</sup> · 채 수 근<sup>3)</sup>

## Reliability Analysis of GOR based on Field Claim Data

Jung Gurl Kim · Chang Gyu Park · Su Geun Chae

### < Abstract >

현장 클레임 데이터는 제품의 불량률이 어디에서 발생하는지 그리고 어떻게 개선해야 하는지를 가르쳐 주는 동시에 이를 이용하여 사용환경에서 제품의 신뢰성을 분석할 수 있는 소중한 자료이다.

본 연구에서는 클레임 데이터를 이용한 신뢰성 분석 방법을 바탕으로 주방용 전자기기의 하나인 가스오븐레인지(GOR)의 신뢰성 분석 절차를 구축하고 이를 적용하여 평균수명 등의 신뢰성 관련 제품 특성치를 분석하고자 한다.

### 1. 서론

고장 데이터는 수명분포 또는 그 분포의 모수들을 추정하고 신뢰도, 고장률, 백분위수, 평균 고장시간 등과 같은 제품의 수명과 관련된 여러 정보를 얻는데 사용된다. 고장 데이터의 통계적 분석으로부터 얻어지는 이와 같은 정보는 새로운 제품의 개발, 제품의 신뢰도 개선, 제품 보증정책의 설정, 예비부품 재고정책 등과 같은 신뢰도 공학분야에 활용될 수 있으며, 의학분야 등과 같은 여러 분야에 널리 응용되고 있다.

가장 적절한 고장 데이터는 사용환경에서 얻어진 데이터이다. 그러나, 고장 데이터들은 시간과 비용, 사용환경에서 얻어지는 데이터의 중요성에 대한 인식 부족, 그리고 고장 데이터 취득의 어려움 등의 이유로 인하여 사용환경에서 얻어지기보다는 실험실에서 행해지는 수명시험을 통해 얻어진다. 실험실에서 수행된 수명시험은 실제 제품이 사용되는 환경과 같을 수는 없고 특히, 수명시험의 시간을 단축하기 위하여 실제 사용조건보다 더 열악한 조건에서 실행되는 것이 보통이다. 따라서 실험실에서 수행한 수명시험을 통하여 얻어진 데이터들은 실제 사용환경에서의 제품 수명에 대한 정보를 왜곡하여 나타낼 수 있는 위험이 있다. 이러한 위험을 줄이고 제품의 수명에 대한 올바른 정보를 얻어내기 위해 사용환경에서 고장 데이터를 얻고 분석하는 방법들을 연구하는 것은 매우 중요한 일이다.

제품을 생산·판매하고 있는 기업의 경우 현장 클레임 데이터(고장 데이터)를 이용하여 제품의 수명을 분석함에 있어서는 더욱 중요하다. 제품의 보증기간, 설계 변경, 신제품 개발, 그리고 의사결정 문제까지 현장 클레임 데이터분석이 이용될 수 있는 범위는 아주 많다. 그럼에도 불구하고 기업에서는 현장 클레임 데이터를 품질시스템 차원에서 분석하지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 가스오븐레인지의 현장 클레임 데이터를 이용하여 제품의 신뢰성 분석 절차를 구축하고 이를 적용하여 신뢰성 관련 제품의 특성치(평균수명)를 분석하고자 한다.

### 2. 기존 연구

이 절에서는 사용환경에서 얻어진 데이터에 대한 분석방법을 포함한 일반적인 고장데이터 분석에 관한 기존 연구들을 간단히 살펴본다.

지금까지 고장데이터의 분석방법에 대한 많은 연구들이 진행되어 왔다. Lawless(1982)와

1) 성균관대학교 시스템 경영공학부

2) 성균관대학교 시스템 경영공학부

3) 동양매직(주) 품질경영부문장

Nelson(1982)은 여러 가지 형태의 고장데이터를 분석하는 방법들을 체계적으로 정리하였다. Hahn과 Meeker(1982a)는 사용환경에서 얻어진 고장데이터 분석을 할 때 발생하는 오류를 지적했다. Miyamura(1982)는 실험실에서 얻어지는 제품에 대한 고장 데이터를 이용하여 부품에 대한 수명시간을 추정했다. Nelson(1990)은 가속수명시험(accelerated life testing)분야에서 연구되어 오고 있는 가속수명 설계와 이로부터 얻어진 고장데이터의 분석에 대하여 체계적으로 정리하였다.

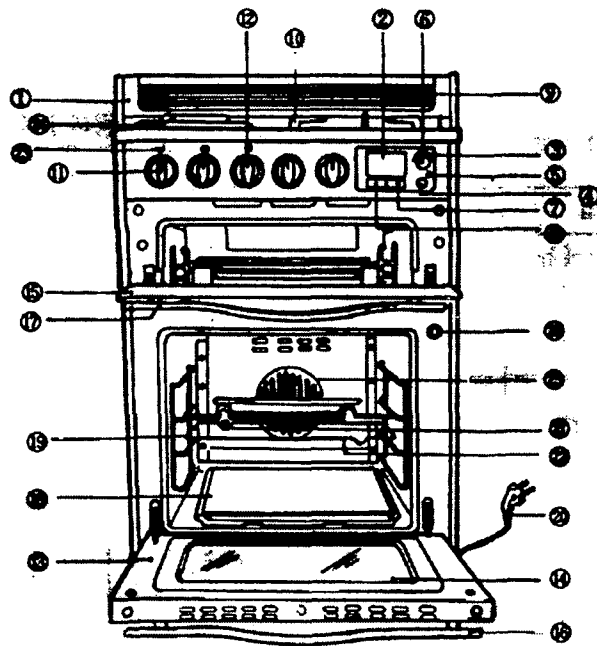
사용환경에서 고장이 발생하여 얻어진 고장데이터와 고장이 발생하지 않은 제품에 대하여 추적조사를 하여 얻은 데이터를 가지고 분석하는 연구는, Lawless(1983)가 사용환경에서의 데이터 수집문제를 다루었고, Suzuki(1985a,b)는 하나의 고장원인이 존재하는 제품에 대해, 사용환경에서 얻어지는 고장데이터와 총 시험제품 중 일정비율을 추적 조사하여 얻어진 제품의 관측중단시간 데이터를 이용하여 제품의 수명을 추정하는 문제를 다루었다. Kalbfleish 와 Lawless(1988)는 수명분포가 지수 혹은 와이블분포를 따르고 하나의 고장원인이 존재하는 경우, 제품의 수명에 영향을 주는 제품의 제조특성(모형, 제조시간 또는 장소 등), 환경특성(사용자의 성격, 기후조건 등)등과 같은 설명변수가 존재할 때, 사용환경에서 얻어지는 고장 데이터와 사용환경에 있는 총 시험제품 중 고장이 발생하지 않은 제품의 일정비율을 추적 조사하여 얻어진 제품의 설명변수에 대한 데이터를 이용하여 수명분포의 모수를 추정하였다. Kalbfleisch(1991) 등은 고장난 제품이 서비스 센터에 들어오기까지 시간지연이 있는 경우에 사용현장 데이터를 이용하여 시간지연에 관한 정보를 추정한 후 보증기간 동안의 기대고장회수와 기대보증비용을 구했다.

Bai(1995a,b)는 각각 Suzuki(1985a), Kalbfleisch and Lawless(1988)의 연구를 다수고장원인 모델과 다수 고장원인이 있고 수리 가능한 모형으로 확장하였다.

### 3. 가스오븐레인지의 신뢰성 분석

#### 3.1 가스오븐레인지

A 기업의 가스오븐레인지에 대한 개략적인 형태와 일반사양을 살펴보면 다음 < 그림 1>, <표 1>과 같다.



< 그림 1 > A 기업의 가스오븐레인지

< 표 1 > A 기업의 가스오븐레인지 일반사양

연소기명			가스오븐레인지		
모델명			GOR-*****		
크기(mm) (W×D×H)	상판까지		594×587×845		
	오븐내부		436×449×350(65.8 ℓ)		
	브로일러내부		426×353×123(18.5 ℓ)		
	탑버너부		로타리식 연속 스파크		
	오븐버너부		전기 점화봉 방식		
호스연결부			Ø 9.5mm 가스용 호스		
사용전원			110V/220V 겸용 60Hz		
중량			75Kg		
가 소 비 비 량	LPG (KW)	탑버너	대버너	3.35	
			중버너	2.44	
			소버너	1.53	
		오븐버너		4.74	
		브로일러버너		4.12	
		전체		16.74	
		LNG (KW)	탑버너	대버너	3.49
	중버너			2.33	
	소버너			1.40	
	오븐버너		4.88		
	브로일러버너		4.07		
	전체		16.74		
	오븐가열속도			200℃까지 10분 이내	

### 3.2 특성치 분포

데이터의 수집과 정리는 특성치 분포를 결정하는 기초적인 단계로 제품 특성치의 신뢰성을 결정하는데 가장 중요한 자료로 사용된다. 여기서 사용하는 데이터는 A 기업의 서비스 센터로 들어오는 클레임 자료를 사용한다.

#### ① 기초 데이터 수집

서비스 센터로 들어오는 자료들 중 1년 간의 자료를 수집하였다.

#### ② 데이터 정리

특성치 분포 결정의 통계적 수법을 활용하기 위하여 수집된 데이터는 제품명, 모델명, 불량 위치 코드, 클레임 구분, 생산 년/월, 생산 수량 등으로 정리하였다.

### 3.3 고장 메카니즘

고장 메카니즘을 분석하는 목적은 고장발생 내용을 다른 유사 제품과의 비교를 통해 파악하고, 신제품 개발 시 고장을 최소화하는데 목적이 있다. 고장 메카니즘을 파악하는데 중요한 요소는 고객관점에서 고장의 원인을 파악하는데 있다.

### 3.4 고장 물리 해석

고장 물리 해석은 거장 메카니즘에서 파악된 고장요소의 물리적 고장관계를 역학적으로 해석하여 고장요소를 방지하고자 하는데 목적이 있다. 방법으로는 고장 메카니즘에 나타난 고장요소의 역학관계 해석대상을 선정하고 고장역학관계 참고자료나 수식을 통해 해석하여 결과를 정리한다.

### 3.5 고장 정의

고장정의는 고장을 정의하는 항목에 따라 제품의 품질보증에 달라질 수 있다. 그러므로 고장을 정의하는 절차는 고객관점이 고려되고 사용환경에 대한 상세한 분석이 필요하다. 고장을 정의하는 작성 절차는 다음과 같다.

#### ① 고장모드별 매트릭스표 작성

고장모드별 매트릭스 작성은 엔지니어 관점과 고객의 관점에서 고장모드와 원인부품을 상관 매트

릭스표로 작성하여 상관정도를 바로 알 수 있도록 하며, 상관정도에 따른 가중치를 주어 전체 고장모드에 관한 각 고장모드의 점유도와 전체 고장부품에서 각 고장부품의 점유도를 파악하는 것을 목적으로 한다.

② 작성방법

엔지니어와 고객관점에서 주요 고장모드를 기술하고, 고장모드와 원인부품을 매트릭스표로 작성하여 가중치를 부여한다. 그리고 각 고장모드와 원인부품의 가중치 합을 계산하는 방법으로 작성한다.

고장정의를 하는 것은 제품이 본래의 설계성능을 유지하는지를 객관적으로 평가할 수 있도록 기준을 계량화, 표준화하여 누가 평가하여도 같은 결과를 나오도록 하는데 목적이 있다.

3.4 고장 모드

고장모드는 제품 전체의 특성치뿐만 아니라 주요 고장형태의 특성치 분포 및 신뢰성 추정을 하는데 이용한다. A 기업의 가스오븐레인지에 대한 고장모드 분류는 현상별, 위치별, 원인별 고장모드의 대분류, 중분류, 소분류로 코드화(표준화)되고 있다. < 표 2 >는 현상별, 위치별, 원인별 고장모드를 정리한 것이다.

< 표 2 > 고장모드

(현상별 고장모드)

대분류	중분류	code	대분류	중분류	code	대분류	중분류	code
변색	변색	AA	누전	누전	DG	정수불량	정수불량	HJ
부식	부식	AB	정전기	정전기	DH	정수불량	정수안됨	HJ01
변형	변형	AC	방전	방전	DJ	정수불량	물맛이상	HJ02
찌힘	찌힘	AD	출력불량	출력불량	DK	스파크안됨	스파크안됨	KA
찌그러짐	찌그러짐	AE	오방전	오방전	DL	흡착불량	흡착불량	KB
벗겨짐	벗겨짐	AF	전압불량	전압불량	DM	흡착불량	자동소화	KB01
굽힘	굽힘	AG	전압불량	내전압불량	DM01	점화지연	점화지연	KC
찢어짐	찢어짐	AH	접점불량	접점불량	DN	점화지연	점화안됨	KC01

(위치별 고장모드)

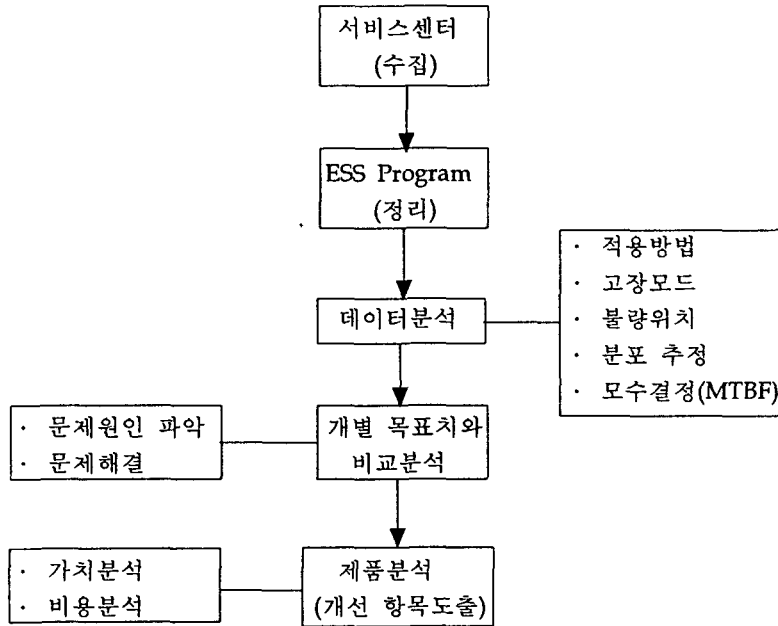
모델	대분류	중분류	소분류	CODE
GOR	백가드부	백가드ASS'Y	백가드ASS'Y	AA
GOR	백가드부	백가드ASS'Y	담 백가드	AA01
GOR	백가드부	백가드ASS'Y	덕트커버	AA02
GOR	백가드부	백가드유리	백가드유리	AB
GOR	전면부	메니폴드커버	메니폴드커버	BA
GOR	전면부	메니폴드커버	프론트판넬	BA01
GOR	전면부	전면램프	전면램프	BB

(원인별 고장모드)

대분류	중분류	세부내용	원인코드
제품하자	제품하자	제품에 관련된 불량 발생	AA
제품하자	공정불량	작업자/공정/부품의 품질불량	AA01
제품하자	설계불량	서비스 대안이 없는 항목의 불량	AA02
설치불량	설치팀	설치팀중 택배팀의 불량으로 인한 기록	BA
설치불량	유통점	설치팀이외의 설치불량(유통점)	BB
사용설명	사용설명	제품 사용설명에 관련된 불량CODE	CA
특별처리	고객불만	고객의 극심한 반대로 무상서비스 처리	SA
특별처리	VIP	VIP 고객에 대한 무상서비스 처리	SB
특별처리	Before SVC	Before SVC발생시 처리된 사항의 기록	SC
특별처리	Repair	센타내에서 처리된 Repair건의 기록	SD

#### 4. 신뢰성 분석

A 기업의 가스오븐레인지에 대한 현장 클레임을 사용하여 신뢰성 분석을 진행하는 과정은 다음과 같다.



< 그림 2 > 신뢰성 분석 프로그램

#### 4.1 분석방법

① 사용 현장 클레임 처리내용을 사용기간에 따라 제품, 모델, 생산로트, 불량위치 등에 따라 데이터를 정리한다.

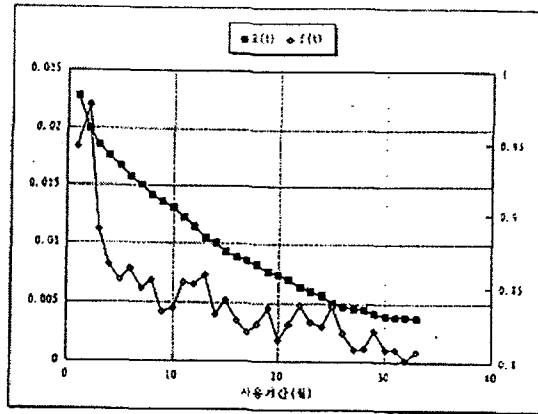
< 표 3 > 사용기간에 따른 사용 현장 클레임 데이터 정리

단계	내용	INPUT	OUTPUT
1	온라인 데이터를 DB 파일로 변경	서비스 년/월	제품별 데이터 파일 생성
2	생산 로트별 데이터로 변경		
3	사용기간별 고장 데이터 계산	- 제품명 - 모델명 - 불량 위치 코드 - 클레임 구분 - 생산 년/월 - 생산 수량	- 사용기간별 $R(t)$ , $F(t)$ , $f(t)$ , $\lambda(t)$ 계산 - 데이터 파일 생성

② 정리된 사용 현장 클레임 데이터를 생산 로트별로, 사용기간에 따른 고장률을 제품, 모델, 생산로트, 불량위치 등에 따라  $R(t)$ ,  $F(t)$ ,  $f(t)$ ,  $\lambda(t)$  등을 계산하여 이를 사용기간에 대하여 신뢰도 및 고장확률밀도함수를 그래프로 그려 고장률의 형태 및 확률분포함수의 종류를 결정한다.

#### < 신뢰도 함수 추정 - 그래프 분석 >

- 사용 현장 데이터를 사용시간  $t$ 와 신뢰도  $R(t)$  및 고장확률밀도 함수  $f(t)$ 의 관계를 그래프 분석으로 분포를 추정한다.



< 그림 3 > 사용시간에 따른  $R(t)$ ,  $f(t)$  그래프

- 고장확률밀도 함수는 와이블 분포이고, 와이블 분포의 모수인 형상모수 ( $\beta$ ), 척도모수 ( $\alpha$ )의 값을 구하면 다음 식에 의해 신뢰도의 척도를 구할 수 있다.

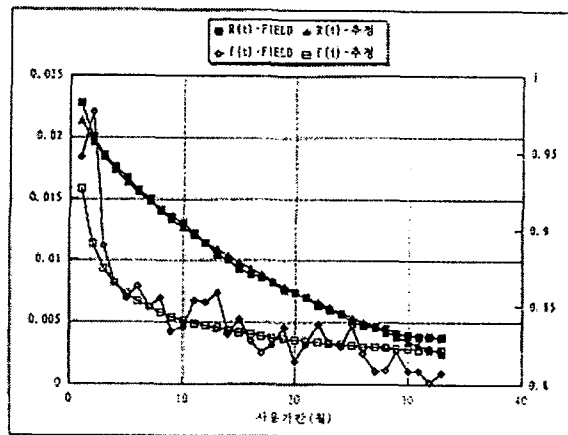
$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}, \quad \alpha = t_0^{\frac{1}{\beta}}, \quad t \geq 0, \quad t_0 > 0, \quad \beta > 0$$

$$f(t) = \left(\frac{\beta}{\alpha^\beta}\right) t^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

$$\lambda(t) = \left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

$$MTBF = \alpha^{\frac{1}{\beta}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

- 추정식과 사용 현장 데이터 그래프 비교



< 그림 4 > 사용시간에 따른  $R(t)$ ,  $f(t)$  현장 클레임과 추정 그래프

- SAS의 비선형 회귀분석을 이용하여 와이블 분포의 모수를 구한다.

③ 회귀식의 그래프를 분석하고 MTBF를 계산한다.

- $\alpha=788$ ,  $\beta=0.46$ 이므로 신뢰도 및 고장률의 계산은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{신뢰도} : R(t) &= e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} = e^{-\left(\frac{t}{788}\right)^{0.46}} \\ \text{확률밀도함수} : f(t) &= \left(\frac{\beta}{\alpha^\beta}\right)t^{\beta-1}e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} = (0.0214)t^{-0.54}e^{-\left(\frac{t}{788}\right)^{0.46}} \\ \text{고장률} : \lambda(t) &= \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} = 0.0214 t^{-0.54} \\ \text{MTBF} &= \alpha^{\frac{1}{\beta}}\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) = 1861 \end{aligned}$$

④ 사용기간에 따른 분석방법을 표준화한다.

### 3. 결론

본 연구에서 적용한 사항은 고장원인이 하나이고 설명변수가 없는 경우를 가정하여 현장 클레임의 자료분석을 하였다. 실제 사용 현장 데이터의 자료분석에서 고려해야 될 사항은 제품의 특성에 따라 적용방법이 여러 가지가 있을 수 있다. 본 분석방법에 적용된 것은 신뢰성 센터에 들어온 자료에서 고장원인이 하나이고 설명변수가 없는 경우로 가정하였다. 이후 진행될 과제는 다수고장원인이 있고 설명변수가 존재하는 경우, 그리고 자료를 추적 조사하여(보증기간 전·후 데이터) 보다 정확한 추정이 이루어지도록 하는 연구가 진행될 것이다.

< 그림 4 > 신뢰도 함수  $R(t)$ 의 그래프에서 사용기간 30개월 마지막 구간 이후 추정 그래프가 현장 클레임 데이터의 그래프보다 높게 나타나는 것은 분석기간이 33개월로 판매기간에 의한 사용기간의 차이로 클레임이 반영되지 않은 것 때문이다. 따라서 판매기간이 3~4개월 소요된 것으로 파악할 수 있다.

다음은 분석방법으로 기대되는 효과와 표준화의 과정을 간략하게 정리한 것이다.

#### < 기대효과 >

- ① 사용기간에 따른 신뢰도 분석 및 MTBF 계산으로 제품/부품의 신뢰성 파악 가능
- ② 생산 로트별로 신뢰성 척도의 비교분석으로 품질추이 파악 및 관리
- ③ 연구소, 공장에서의 신뢰성 시험 데이터와의 차이 분석으로 신뢰성 예측자료로 활용
- ④ 내용수명 예측 및 품질보증기간 계산자료로 활용

#### < 표준화 >

- ① 사용 현장 데이터를 이용하여 MTBF 산출방법
- ② 사용기간에 따른 신뢰도 및 고장률 산출 프로그램
- ③ 그래프 분석 방법
- ④ 추정된 분포의 모수 추정 프로그램(단일 고장원인과 다수고장원인 구분)

#### < 참고문헌 >

- [1] 배도선, 최인수, 황용근(1995a), "고장 원인이 여럿인 제품의 사용현장데이터 분석," *응용통계연구*, 제8권 1호, 89-104.
- [2] 배도선, 윤형제, 최인수(1995b), "수리 가능한 제품의 사용현장데이터 분석," *응용통계연구*, 제8권 2호, 133-145.
- [3] Hahn,G.J. and Meeker,W.Q.(1982a), "Pitfalls and Practical Considerations in Product Life Analysis, Part II; Mixtures of Product Populations and More General Models," *Journal of Quality Technology*, 14, 177-185.
- [4] Kalbfleisch,J.D. and Lawless,J.F.(1988) "Estimation of Reliability in Field-Performance Studies," *Technometrics*, 30, 365-388

- [5] Kalbfleisch, J.D., Lawless, J.F. and Robinson, J.A. (1991), "Methods for the Analysis and Prediction of Warranty Claims," *Technometrics*, 33, 273-285.
- [6] Lawless, J.F. (1982), *Statistical Models and Methods for Lifetime Data*, New York ; *John Wiley*.
- [7] Lawless, J.F. (1983), "Statistical Methods in Reliability," *Technometrics*, 25, 305-335.
- [8] Miyamura, T. (1982), "Estimating Component Failure Rates From Combined Component and Systems Data : Exponentially Distributed Component Lifetimes," *Technometrics*, 24, 313-318.
- [9] Nelson, W. (1982), *Applied Life Data Analysis*, New York ; *John Wiley*.
- [10] Nelson, W. (1990), *Accelerated Testing - Statistical Models, Test Plans, and Data Analyses*, New York ; *John Wiley*.
- [11] Suzuki, K. (1985a), "Estimation of Lifetime Parameters From Incomplete Field Data," *Technometrics*, 27, 263-272.
- [12] Suzuki, K. (1985b), "Nonparametric Estimation of Lifetime Distributions From a Record of Failures and Follow-Ups," *Journal of the American Statistical Association*, 80, 68-72.