

# 야전 운용자료를 이용한 비 모수 통계 기반의 신뢰도 분석 기법 및 활용 방안 연구

## A Research of the Reliability Analysis and Application Method Based on Non-parametric Statistics Using Field Data

나 일 용\*

Il yong Na

### Abstract

In this paper, we introduced non-parametric statistical method that could analyse the field data and proposed application ways such as repair-part demand forecasting, MTBF estimation and trend analysis, identity comparison with two populations using the analytical results. In addition, we applied that to real field data which has been collected for about ten years from K series tracked vehicle. After that, we compared the results with those using traditional parametric statistical method, and verified the usability of them.

Keywords : Field Data(야전 운용자료), Non-parametric Statistics(비 모수 통계), Repair-Part Demand Forecasting(수리부속 소요 예측), Trend Analysis(추세 분석)

### 1. 서론

야전 배치된 장비의 실 운용간 발생한 자료는 통제되지 않은 상황에서 발생한 자료의 특성상, 자료 처리와 분석에 장시간이 소요되고 시험 자료와 동일한 수준의 상세한 정보를 얻어내기 힘든 단점이 있다<sup>[2]</sup> 그러나 운용 간 필연적으로 발생되므로 저비용으로 수집이 가능하고, 무엇보다 실 운용 환경 및 형태를 현실적으로 반영하는 자료라는 점에서 높은 가치를 갖는다<sup>[9]</sup>. 이러한 사유로, 미국 등 선진국은 운용 자료를

시험 설계, 시험 결과의 현실 부합성 확인, 군수지원요소 최적화를 위한 기초 경험자료 등으로 활용하고 있다. 국내의 경우 대부분의 무기체계가 저예산으로 개발되고, 단기간에 전력화해야 하기 때문에 선진국과 달리 충분한 시제 시험 결과를 확보하기 힘들다. 이에 따라 장비 운용 간 CSP 적중률 저하, 정비 계단 불일치 등과 같은 군수지원요소 최적화 미비에 따른 문제점들이 다수 발생되고 있다. 이 같은 문제의 해결을 위해 군 관련 연구 기관 및 몇몇 방산 업체를 중심으로 운용자료 분석활동이 수행되고 있다<sup>[7,8]</sup>. 이들 활동은 정비계단 및 예방정비 주기 조정, 수리부속품 소요 예측 등과 같이 군수지원요소를 최적화하는 활동에서, 경제적 수리한계, 창정비 주기 업체등과 같은 총 수명 주기 관련 업체 등까지도 포함한다. 그리고 위와 같은

† 2010년 3월 2일 접수~2010년 5월 10일 게재승인

\* 국방기술품질원(DTaQ)

책임저자 : 나일용(mongguri@dtaq.re.kr)

분석에는 공통적으로 대상 체계/조립체/구성품 등 체계 구성요소에 대한 신뢰도 값이 필요하기 때문에, 반드시 체계 구성요소들에 대한 신뢰도 분석이 선행된다. 이러한 신뢰도 분석에는 다양한 통계적 기법이 사용되고 있으나, 대부분 엄격한 통제 상황을 가정하는 시험 자료 분석 방법을 활용하고 있는 실정이어서 운용자료 분석에는 한계가 있다.

본 논문에서는 운용 자료 신뢰도 분석 기법으로 비 모수 통계학 기반의 신뢰도 분석 기법 사용을 제안하고자 한다. 이를 위해 2장에서는 MCF(Mean Cumulative Function)을 이용한 분석 방법을 소개하고, 3장에서는 이의 활용 분야를 제시하며, 4장에서는 실 자료 기반의 분석을 수행하여 기존 방법과 제안된 방법에 의한 결과를 비교분석하여 제안된 방법의 적용 가능성을 확인한다.

## 2. 비 모수적 신뢰도 분석 기법

비 모수적 신뢰도 분석의 대표적 기법은 MCF(Mean Cumulative Function, 평균 누적 함수)를 이용하는 것이다. MCF는 임의의 시점에서 각 개체들의 누적 함수를 평균한 값들의 집합이다. 누적 함수는 고장수, 비용, 출생자 수 등 다양한 속성을 대상으로 할 수 있다. 이 중, 고장수 혹은 교체량을 대상으로 MCF를 이용한 분석을 시도할 경우 대상 품목의 신뢰도 추이 분석, 특정 시점에서의 고장률 혹은 MTBF 추정, 일정 기간 동안의 부품 소요량 산정 등 다양한 분야에 활용 가능하다. 특히, MCF를 이용하는 방법은 다음과 같은 두 가지 가정만을 하고 있고, 완전 고장 자료(Exact Age Data)에서 좌/우 중도절단 자료(Left/Right Censored Data)에까지 적용할 수 있는 장점이 있다<sup>[1,3]</sup>. 그리고, 해석 방법의 차이는 있으나 단품 및 조립체에 구분없이 사용 가능하다.

- 가정 1. 모집단은 명확하게 정의되고 표본추출은 random하게 되어 있음
- 가정 2. 임의의 시점에서 MCF는 항상 존재함

### 가. MCF의 추정

Table 1은 임의의 체계 3대에 장착된 A 품목의 고장시간으로, 체계당 장착 수량은 1개이다.

Table 1. MCF 추정을 위한 예제 Data

체 계	고장 시점(+는 관측중단)
#1	100, 400, 700, 1000
#2	200, 500, 700, 900+
#3	100, 200, 300, 800+

MCF는 ①~④의 순서로 추정한다.

- ① 고장시간과 총 운용시간을 내림차순으로 정렬
- ② 각 시간별 관측 대상 품목 수( $r_i$ ), 고장수( $f_i$ ) 결정
- ③ 각 시간별 평균 고장 발생 비율( $m_i = f_i/r_i$ ) 결정
- ④ 각 시간대의 MCF 추정( $M_i = M_{i-1} + m_i$ )

위 절차에 따라 Table 1 자료에 대한 MCF 추정 결과는 Table 2이며 Fig. 1의 형태로 도시된다.

Table 2. MCF 추정 결과

시간	$f_i$	$r_i$	$m_i$	$M_i$
100	2	3	0.67	0.67
200	2	3	0.67	1.33
300	1	3	0.33	1.67
400	1	3	0.33	2.00
500	1	3	0.33	2.33
700	2	3	0.67	3.00
800+	1	2		
900+	1	1		
1000	1	1	1.00	4.00

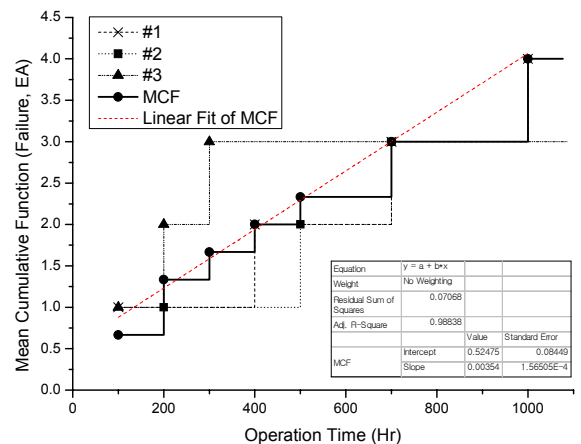


Fig. 1. MCF 그래프 예

추정된 MCF에는 신뢰구간을 추정할 수 있으며, 신뢰구간은 모집단의 동일성 여부 확인에 사용 가능하다. MCF의 신뢰구간 추정에는 다양한 방법이 사용되지만, Naive Confidence Limit 추정법이 계산이 간편하고, 중도절단 자료에도 적용 가능<sup>[1]</sup>하므로, 가장 많이 사용된다. Naive Confidence Limit 추정절차는 ①~④와 같다.

- ① 고장시간과 총 운용시간을 내림차순으로 정렬
- ② 각 시간별 관측 대상 품목 수( $r_i$ ), 고장수( $f_i$ ) 결정
- ③ 각 시간별 분산( $v_i = v_{i-1} + 1/r_i^2$ ) 계산
- ④ 유의수준  $\alpha\%$ 에서 신뢰구간 상/하한은 각각  $M_i \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{v_i}$ 로 계산

Table 2. MCF의 신뢰구간 추정 결과( $\alpha=5.0\%$ )

시간	$f_i$	$r_i$	$v_i$	하한	상한
100	2	3	0.67	≒0	1.59
200	2	3	0.67	0.03	2.64
300	1	3	0.33	0.21	3.13
400	1	3	0.33	0.40	3.60
500	1	3	0.33	0.60	4.06
700	2	3	0.67	1.04	4.96
800+	1	2			
900+	1	1			
1000	1	1	1.00	1.23	6.77

\* ‘+’ : 관측 중단

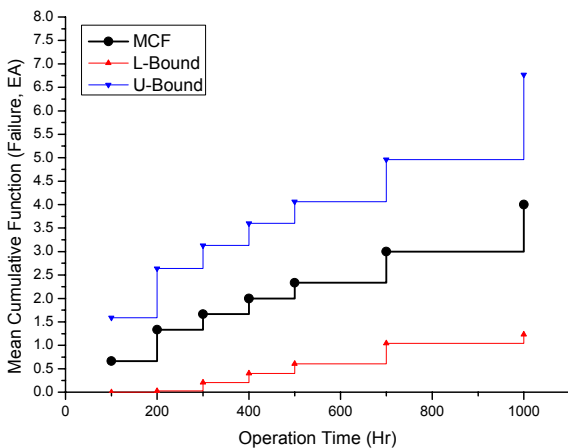


Fig. 2. MCF 신뢰구간 추정 예

위 방법을 이용하여 Table 1에서 제시한 고장자료의 신뢰구간을 추정한 결과는 Table 3과 같으며, Fig. 2 형태로 도시된다.

### 3. MCF 방법론 활용분야 제한

#### 가. 특정 시점에서의 소요량 예측

MCF의 Y값은 특정 시점에서 고장수의 평균값이므로, Y값에 의해 해당 시점에서의 소요량의 계산이 가능하다. 예를 들어, 대상 품목의 체계당 장착 수량이 2개 이상인 경우, Y값은 각 시점에서의 장착 수량 중 “고장이 발생한 품목의 비율”로 해석되므로, Y값에 장착 수량을 곱한 값이 해당 시점에서의 소요량이 된다. Fig. 1은 체계당 장착 수량이 1개인 품목을 대상으로 한 그림으로, 만약 600시간에서의 품목 소요량을 추정한다면, MCF의 Y값인 2.65개(= 0.5248 + 600 × 0.0035)가 소요예측 수량이 된다.

#### 나. 모집단 동일성 확인

MCF 해석에서는 모집단 간의 동일성 확인에 카이 제곱 검증, KS(Kolmogorov-Smirnov) Test 등과 같은 검정 통계량을 이용하는 방법이 아닌, 비교 대상의 신뢰구간 중첩 여부를 이용한다.

#### 다. 고장률 변화 추이 추정

야전운용자료 분석시 대상 품목의 사용 시간 증가에 따라 초기 사용자 실수 및 초기 고장 미 배제, 노화에 의한 마모 고장 등에 의해 고장률이 변화하는 경우가 빈번하다. MCF를 이용하면 변화하는 고장률을 신속하게 확인하고 변화 정도를 정량적으로 측정할 수 있다.

MCF그래프의 기울기는 단위시간당 누적 고장수 변화를 나타낸 비율이므로, 고장률과 동일하다. 만약 특정 구간에서 MCF의 기울기가 직선으로 표현된다면, 고장이 일정한 Rate로 발생됨을 의미하므로, 해당 품목의 고장이 포아송 과정(Poisson Process)으로 표현되어, 해당 품목 고장 시간은 지수분포를 따르는 것으로 해석 된다. Fig. 1에서 해당 품목은 MCF 그래프 직선회귀시  $R^2$ 가 98.8%로 유의하므로, 전 구간에서 고장 발생이 포아송 과정에 의해 해석된다. 따라서 대상품목은 고장률 0.0035인 지수분포의 특성을 갖는다. 또한, MCF 기울기 변화를 통해 고장률 변화 추이를 확인할

수 있다. Fig. 3은 시간에 따라 고장률이 변화되는 사례이다. 주로 체계 구성품 중 상위 조립체에서 발생되며, 형상 변경, 사용자 교육 실시 전후 등과 같은 사건이 많은 경우에 나타난다. 고장률의 변화는 순간고장률의 변화를 이용하여 수치적으로 계산 가능하다. Fig. 3에서 각 접선의 기울기가 순간 고장률이고, 600시간대의 기울기 ①가 1250시간대의 ②보다 크므로 고장률은 변화하고 있으며, 점차 감소된다고 결론내릴 수 있다.

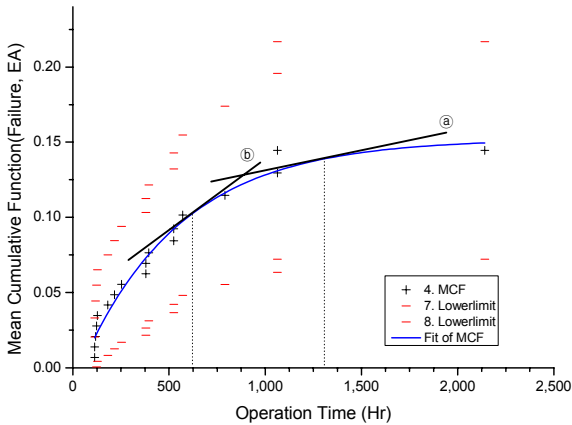


Fig. 3. MCF 곡선 추정 예

라. MTBF 추정

MTBF는 평균 1회 고장간 시간으로, 운용시간/고장수로 쉽게 구할 수 있다. MCF 그래프의 기울기는 고장률(단위시간당 고장수) 이므로, “기울기의 역수”를 이용하여 MTBF를 추정한다.

4. MCF를 이용한 신뢰도 추정 사례

3장에서 제시한 방법을 이용하여, 실 배치 운용중인 장비의 특정 부품에 대해 신뢰도 분석을 하였고, 이를 기존 모수적 방법과 비교분석 해 보았다.

가. 대상 자료

분석 대상은 현재 야전 배치 운용중인 K계열 케도 장비 엔진에 사용되는 부품으로, 좌/우측 각 1개씩 2개가 사용된다. 10년간 체계 144대 운용 중 157회 고장이 발생하여 240개(좌측 109개, 우측 131개)의 교체가 이루어졌다. Table 3은 고장 발생 시점과 대상 체계 관측 중단 시점이다.

Table 3. 고장 자료(00 플러그)

체계	고장시점(L:Left, R:Right, +:관측중단)	체계	고장시점(L:Left, R:Right, +:관측중단)
#001	1118.8(L)	#073	467.5(R), 833.1+
#002	1029.5(L), 1774+	#074	495(L,R), 888.1+
#003	1884.5+	#075	892.1+
#004	520.8(R), 1835.8+	#076	419.3(L,R), 660.5+
#005	372.3(R), 1637.5+	#077	378.2(R), 818.3+
#006	481.5(R), 1653+	#078	384.5(L,R), 781+
#007	702(R), 1208.3(R), 1679.3+	#079	759.3+
#008	155.2(R), 889.2(R), 1414.8(L), 1770.8+	#080	495.2(L,R), 740+
#009	327.2(R), 1723.1+	#081	713.2+
#010	1990.2+	#082	765.3+
#011	1869.1+	#083	763.2+
#012	354.3(R), 1752.4+	#084	845.2+
#013	467.2(R), 1731.3+	#085	712+
#014	1062.3(R), 1643.1+	#086	562.5+
#015	244.8(R), 483.8(R), 1158.7(L), 1679.5+	#087	525.8(L,R), 560.2(L,R), 738.1+
#016	255.7(L), 1682+	#088	712.5+
#017	337.8(R), 406(R), 1680.1+	#089	675+
#018	1570.3+	#090	659.5+
#019	1101.3(L), 1124(L), 2257.5+	#091	873.5(L,R), 1237.9+
#020	578(L), 732.5(L), 2019.3+	#092	1466.5+
#021	494.2(R), 1102.3(R), 1967.1+	#093	1421.7+
#022	1135.3(R), 1176(R), 2307.2+	#094	179(R), 1320.6+
#023	726.5(R), 1545.4(L), 2349+	#095	1125.3+
#024	997(R), 1310.8(L), 2343.2+	#096	1456.2+
#025	978.2(L), 1006.3(R), 2395.4+	#097	1168.3+
#026	241.1(R), 1185.2(L), 1261.8(R), 1299.3(L), 1315.2(R), 2448+	#098	869.5+
#027	1097(R), 2300.5+	#099	896+
#028	1257(L), 2343.2+	#100	1056.9+
#029	1186.1(L,R), 2166.1+	#101	1071.3+
#030	1058.8(R), 1220(L), 2178.8+	#102	236.2(L), 869.2(R), 903+
#031	2240.3+	#103	1142.3+
#032	962.2(R), 2413.1+	#104	1268.7+
#033	2151+	#105	1282.5+
#034	802.5(L), 997.5(L), 1180.8(R), 2343.2+	#106	1283.9+
#035	2300.3+	#107	1074.3+
#036	1270.2(R), 2353+	#108	1195.5+
#037	1572.5(L,R), 1588.4(L,R), 1600.3(R), 1688.6(L,R), 2011.2+	#109	842.8+
#038	1409.5(L,R), 1432.4(R), 1533.3(L,R), 1550.5(L,R), 1781+, 2011.2+	#110	658(L,R), 802.6+
#039	1587.5(L,R), 1695.8(L,R), 1703.2(L,R), 1708.5(L,R), 1796.4(L,R), 1956+	#111	297.1(L), 298.3(R), 369.3(R), 689(L,R), 702(R), 902.3+
#040	2009.4(L,R), 2027.7(L,R), 2350.1(R), 2368.2+	#112	879.1+
#041	2019.9(L,R), 2080.7(L,R), 2193.9(L,R), 2366.5+	#113	796.8+
#042	1498.4(L,R), 1571.6(L,R), 1592.3(L,R), 1600.5(L,R), 1608(L,R), 1874.3+	#114	262(L), 705.3+
#043	1563.2(L,R), 1670.2(L,R), 1686.1(L,R), 1757.5(L,R), 1910.1+	#115	771.5(R), 778.8+
#044	1562.2(L,R), 1581.4(L,R), 1685.5(L,R), 1900.4+	#116	795.6+
#045	1542.5(L,R), 1611(L,R), 1680.2(L,R), 1810.2(L,R), 2073.2(L,R), 2073.5(R), 2080.4(L), 2080.4+	#117	751.6+
#046	1570(L), 1616.3(L,R), 1648.1(L,R), 1660.2(L,R), 1740.5(L,R), 1897.5(R), 1906+	#118	951.1+
#047	1539.2(L,R), 1581.1(L,R), 1858.3+	#119	766.5+
#048	1525.3(L,R), 1665.4(L,R), 1990.4+	#120	803.7(R), 812.8+
#049	1179(L,R), 1180(L,R), 1269(L,R), 1294.1(L,R), 1298.4(L,R), 1299.4(L,R), 1606.4+	#121	761.8+
#050	1313(L,R), 1430.5(L,R), 1453.5(L,R), 1555(L,R), 1726.5+	#122	179.5(L,R), 820.6+
#051	1125(L,R), 1190.4(L,R), 1236.2(L,R), 1262.3(L,R), 1407(L,R), 1555.1+	#123	810.3+
#052	1021(L,R), 1140.1(L,R), 1189(L,R), 1319(L,R), 1459.4+	#124	302.4(L,R), 305(L), 931.3+
#053	1315.5(L,R), 1324.4(L,R), 1458(L,R), 1650.3+	#125	973.8+
#054	1069.1(L,R), 1207.1(L,R), 1233.4(L,R), 1468.4+	#126	820.6+
#055	1147.5+	#127	786.5+
#056	1289.3+	#128	701.3+
#057	746.9(R), 1185.8+	#129	818.7+
#058	1519.9+	#130	746.7+
#059	1269.5+	#131	733.3(L), 752.5+
#060	1283.8+	#132	745.3+
#061	1362+	#133	677.3(L), 678.7+
#062	1308+	#134	644.7+
#063	1449.3(R), 1466+	#135	680.8+
#064	1304(L,R), 1324+	#136	681.2+
#065	1273.2(L,R), 1423+	#137	626.2(R), 632.1(R), 656.3+
#066	1222+	#138	642.7+
#067	1348.5+	#139	681.3+
#068	969(L,R), 1207.8+	#140	590.3+
#069	1121.7(L,R), 1379.4+	#141	634+
#070	1268(L,R), 1384.5+	#142	682+
#071	1175.9+	#143	671.6+
#072	1377.3+	#144	681.5+

나. MCF 추정

Table 3의 고장자료를 이용하여 MCF를 추정한 결과는 Fig. 4와 같다.

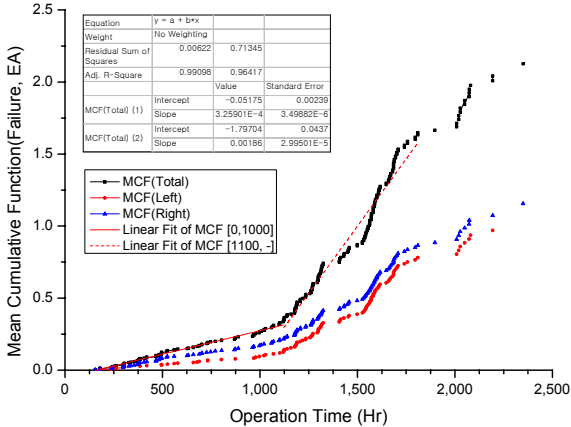


Fig. 4. 00플러그 MCF 추정 결과

00 플러그 MCF 추정 결과, 1,100시간을 전후로 고장 패턴이 변화하는 것을 확인하였으며, 각각 선형 회귀식 적용이 타당함을  $R^2$ 와 분산분석 결과를 통해 검증하였다.(Table 4, Table 5 참조)

Table 4. MCF 회귀식 추정결과(단위 :  $\times 10^{-4}$ )

	절편		기울기		Adj. $R^2$
	값	표준 오차	값	표준 오차	
MCF [0, 1100]	-517.5	23.9	3.26	0.04	<b>0.991</b>
MCF [1100, -]	-17970.4	437.0	18.60	0.30	<b>0.964</b>

Table 5. MCF 회귀식 ANOVA 결과

		DF	SSE	MSE	F-Value	p-Val
MCF [0, 1100]	Model	1	0.692	0.692	8676.182	$\approx 0$
	Error	78	0.006	$\ll 0.01$		
	Total	79	0.698			
MCF [1100, -]	Model	1	19.337	19.337	3875.757	$\approx 0$
	Error	143	0.713	0.005		
	Total	144	20.050			

다. 수리부속품 소요량 예측

체계 1,500시간 운용시 수리부속품 소요량은 1,500시간에서의 MCF 값을 이용하여 약 2.0개(=1500시간에서의 MCF = 1.0  $\times$  구성수량 2개)로 예측된다.

라. 고장률/MTBF 추정

Fig. 4에서, 해당 품목은 1,100시간을 전후로 고장 패턴에 변화가 있는 것으로 분석되었다. 이는, 체계 운용시간 증가에 따른 노화현상에 의해 고장수가 증가되는 것으로 분석된다. 그러나 각 구간에서의 고장률은 직선회귀식이 통계적으로 유의하므로 포아송 과정으로 해석될 수 있다. 따라서 1,100시간 전/후의 고장률은 각 구간에서 일정한 것으로 판단된다. 만약 체계 1,500시간을 기준으로 MTBF를 추정한다면, 두 번째 구간에서의 기울기의 역수인  $537.63(=1/0.00186)$ 으로 추정된다.

마. 모집단 동일성 추정

분석 대상 품목은 체계당 좌/우 각 1개씩 장착되므로, 좌/우 고장 패턴이 다를 수 있으므로, 위치별 고장 패턴 차이 여부를 확인해보고자 할 수 있다. 3.나.에서 제시한 바와 같이, 좌/우측 고장 패턴의 신뢰구간 중첩 여부를 통해 이를 확인할 수 있다. Fig. 5는 좌/우측 각각의 MCF와 95% 신뢰구간을 도시한 것이다. 대부분의 구간에서 신뢰구간이 중첩되므로 좌/우측 00플러그의 고장 패턴은 동일한 것으로 결론지을 수 있다.

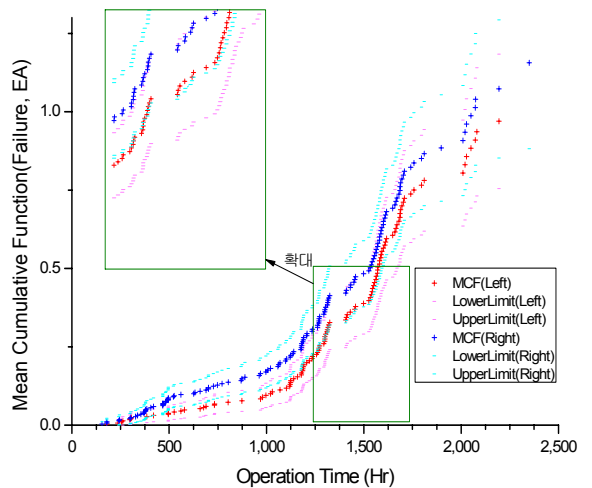


Fig. 5. 좌/우측 품목 동일성 비교

바. 모수적 방법에 의한 결과와 비교 분석

Table 3의 고장자료를 이용하여, 고장 분포 추정 결과를 이용하여 MCF를 이용하여 계산한 산출된 수리부속품 소요량, MTBF, 모집단 동일성 추정 결과와 비교를 시도하였다. 분포 적합성 추정 결과, Fig. 6과 같이 고장률 0.0006인 지수분포를 적용하는 것이 타당한 것으로 분석되었으며,  $X^2$ -Test 결과 p-Value $\ll$ 0.01로 분포 적합 여부를 검증하였다.

위 결과에 따라, 체계 1,500시간 운용시 수리부속품 소요량 추정은 포아송 과정을 이용<sup>[7,10]</sup>하여

$$P(N(t) \leq n) = \sum_{i=0}^n \frac{\lambda^i \exp[-\lambda t]}{i!} \geq \alpha \quad (1)$$

에서 계산할 수 있다. 식 (1)에서  $\alpha$ 는 수요충족확률이며, 수요량 3개일 확률은 89.0%, 수요량 3개일 확률은 96.4% 이상이므로, 대략 체계당 3개로 예측시 수요량의 90% 정도를 만족시킬 수 있는 것으로 확인되었다.

MTBF의 경우 지수분포이므로 고장률의 역수인 1666.67시간으로 추정되며, 모집단의 변화를 고려하지 않기 때문에 운용 중 항상 동일한 MTBF를 가지는 것으로 분석된다.

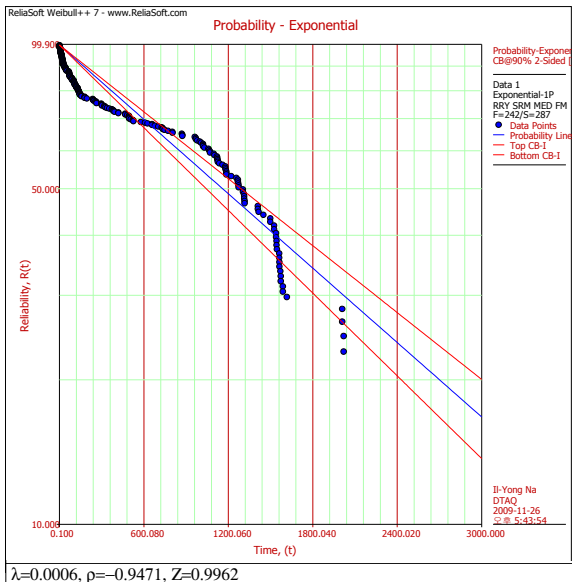


Fig. 6. 고장 분포 추정 결과

마지막으로, 좌/우 구분에 따른 모집단 동일성 여부는 Gerald G. Brown이 제안한 검정통계량<sup>[4]</sup>인

$$P[t_2 \geq t_1] = \int_0^{\infty} f_1(t) \cdot R_2(t) dt \quad (2)$$

(단,  $f_1(t)$  : 모집단 #1의 확률밀도함수,

$R_2(t)$  : 모집단 #2의 신뢰도 함수)

결과를 이용하여 검증하였다. 식 (2)의 계산 결과는 0.55이며, 이는 검정 기준값인 0.5와 거의 동일하므로, 좌/우측 구별의 의미는 없는 것으로 해석된다. 추가적으로 비모수적 방법에서 이용된 방법인 그래프의 신뢰구간을 Fig. 7과 같이 확인한 결과, 신뢰구간이 운용시간 전 구간에서 중첩되어, 모집단 차이는 없는 것으로 분석되었다.

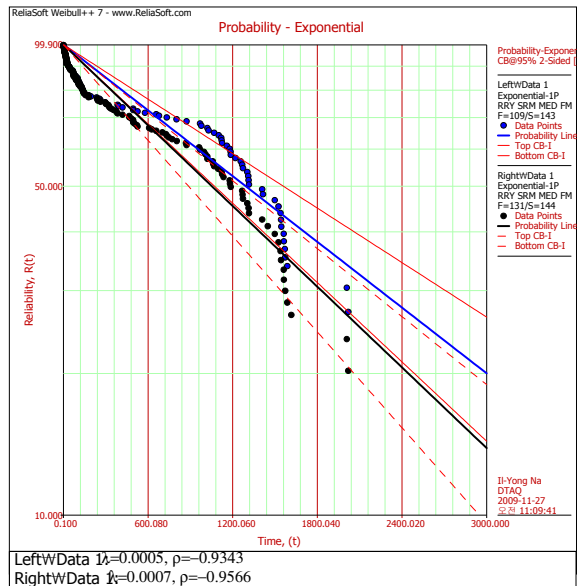


Fig. 7. 좌/우측 신뢰구간 비교 결과

이상 모수적 방법에 의한 결과를 비 모수적 방법에 의한 분석 결과와의 비교는 Table 6으로 정리된다.

우선 좌/우 품목은 두 방법 모두에서 동일한 것으로 분석되었으나, MTBF, 수리부속 소요량에서는 약간의 차이가 있는 것으로 분석되었다. 수리부속품의 경우 모수적 방법에 의한 추정 결과가 비모수적 방법에 의한 결과보다 1.5배 정도 많게, MTBF도 3배정도 크게 추정되었다. 이는 모수적 방법에 의한 분석이 시간적 특성을 고려하지 못하기 때문으로 판단된다<sup>[3]</sup>. 특히, MTBF의 경우 현재 야전 운용자료 분석의 기본 목적이 향후 수리부속품 소요예측과 장비 개선에 따른 효

과를 추정하는 것이 주목적이므로, 운용 전기간동안의 평균 MTBF가 아닌, 관심 시점에서의 순간 MTBF가 중요하다. 따라서 보수적 방법에 의한 결과가 틀린 것은 아니지만 현실을 완벽히 반영한 결과라고 할 수 없다. 또한, 수리부속 소요량의 경우에도 보수적 방법은 기본적으로 수리 불가 품목에 대해 시간추이를 반영할 수 없기 때문에 한계를 갖고 있다.

Table 6. 비모수적 방법 vs. 모수적 방법 비교

구 분	(1)	(2)	비교
수리부속 소요량 (T=1,500)	2 (EA)	3 (EA)	(1)<(2)
MTBF (T=1,500)	537.63	1666.67	(1)<(2)
좌/우 품목 동일성	동일	동일	동일

(1) : 비 모수적 방법에 의한 결과  
(2) 모수적 방법에 의한 결과

### 5. 결 론

시험자료는 실험계획법 등을 이용한 완벽한 변인 통제 하에 얻기 때문에, 모수적 분석법으로 강력한 결과를 산출할 수 있다. 그러나 야전 운용자료같이 통제되지 않은 상황에서 발생한 자료를 분석하고자 할 경우, 수식이 복잡해지고, 분석에 필요한 가정이 맞지 않을 경우 현실과 부합하지 않는 결론이 도출될 가능성이 있다. 그리고 시험자료와 비교하여 자료량이 방대하기 때문에 분석에 소요되는 시간도 길어진다. 이 같은 문제점에 대한 대안으로 본 논문에서는 비 모수적 방법을 이용한 분석법을 소개하였고, 현재 사용하고 있는 야전 운용자료 분석 결과와 유사하게 활용할 수 있는 방법을 제안하였다. 마지막으로, K계열 제도 차량에 사용되고 있는 부품의 실 운용 및 고장자료를 이용하여 제안된 방법을 이용, 수리부속품 소요량, 고장률, 모집단 동일성 비교 등의 결과를 산출하였다. 또한, 현재 사용 중인 방법에 의한 결과와 비교분석하여, 좀 더 현실적인 결과를 산출할 수 있음을 확인하였다.

야전 운용자료는 시험자료 수준의 품질은 아니나,

저예산, 단기간에 무기체계를 전력화하는 국내 실정에서는 군수지원요소 최신화를 하기 위한 거의 유일한 기반자료이다. 앞으로 국내 개발 무기체계가 다양해질 수록 군수지원요소 최적화에 대한 요구가 늘어날 것으로 예상되며, 이 같은 요구에 부합하기 위해서는 하루빨리 야전 운용자료 분석에 적합한 방법론에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다. 이 같은 맥락에서 본 논문은 야전 운용자료 분석시, 비 전문가도 쉽게 활용할 수 있는 방법론과 활용 분야를 제안한다는 점에서 관련 분야 활용시 의미있는 결과를 산출할 수 있을 것으로 기대한다.

### Reference

- [1] Wayne B. Nelson, "Recurrent Events Data Analysis for Product Repairs, Disease Recurrences, and Other Applications", ASA-SIAM, 2003.
- [2] "KAAV SDC/FRACAS Training Material", BAE Systems, 2009.
- [3] David Trindade, Swami Nathan, "Availability and Cost Monitoring in Datacenters Using Mean Cumulative Functions", Joint Statistical Meetings, Salt Lake City, 2007.
- [4] "Life Data Analysis Reference", ReliaSoft Publishing, 2000.
- [5] "Reliability Growth & Repairable System Analysis Reference", ReliaSoft Publishing, 2009.
- [6] Gerald G. Brown, Herbert C. Rutemiller, "Evaluation of  $Pr \{x \geq y\}$  When Both X and Y are from Three-Parameter Weibull Distributions", IEEE Trans. on Reliability, Vol. R22, No. 2, 1973.
- [7] "K9 ILS 최신화 : RAM-D 분석 보고서", 육군본부, 2003.
- [8] "K1전차 RAM-D 분석/평가", 현대정공 주식회사, 1995.
- [9] 한봉운, 김세현, 김성의, "야전운용자료 수집/분석 체계 구축 발전방안", 국방품질관리소, 2005.
- [10] 나일용 외 4인, "야전 운용자료를 이용한 수리부속 수요예측기법 연구", 국방기술품질원, DTaQ-09-1866-R, 2009.