

破損頻度データの作成事例

事例 1 データ量の増加で精度向上

運転時間などのデータが増すと破損頻度(故障率)の精度が向上します。

平均値が同等でデータ量が増加すると下限値(5%信頼限界)と上限値(95%信頼限界)の幅が狭まりデータのばらつきの度合いが減少します。図 1 は両者のヒストグラムです。

表 1 平均値が同じでデータ量を増加させた場合の破損頻度(故障率)

計算例	総運転時間	破損回数	R-StanIによる計算	
			信頼区間	破損頻度(故障率)
A	2,000,000	2	平均値	1.31E-06
			下限値	4.03E-07
			上限値	3.25E-06
B	4,000,000	4	平均値	1.16E-06
			下限値	4.67E-07
			上限値	2.27E-06

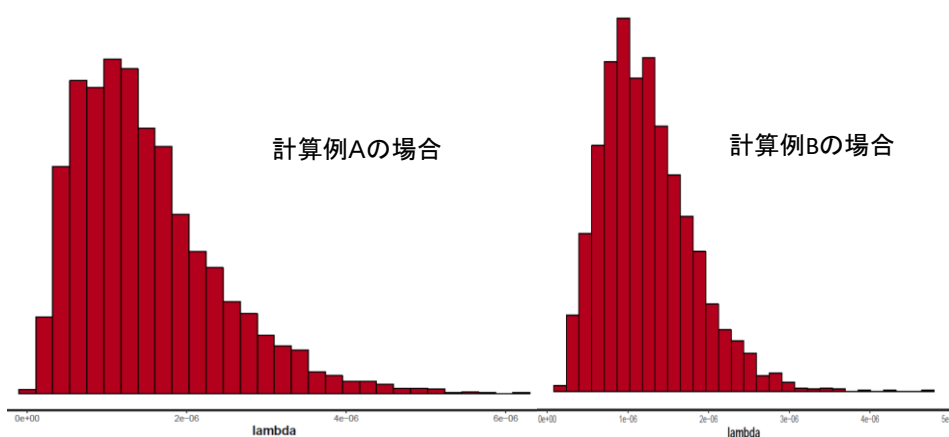


図 1 データが増量された場合の故障率 λ のヒストグラム

事例 2 破損(故障)が無い機器の破損頻度(故障率)計算例

故障・破損事例が無い場合の破損頻度(故障率)の計算方法の一例を以下に示します。

母数(運転時間、破損回数)が表示されているデータに対し、対象機器の運転時間を加算して

計算します。次の例は、A 社のある設備に組み込まれた 41 台の熱交換器の運転時間を集計して、熱交換器(シェル側、シェル側の定義は“GFF 暫定”表に記載)の破損頻度(故障率)を計算します。なお、計算ソフトは R・Stan を用いました。

表 2 A 社のある装置に組み込まれた 41 基の熱交換器の各年の破損頻度(故障率)

年	累積運転時間 (hr)	累積破損回数	下限値 (/hr)	平均値 (/hr)	上限値 (/hr)	特記事項
2010	1,500,300	2	5.416E-07	1.759E-06	4.207E-06	OREDAデータ
2015	3,140,300	2	2.762E-07	8.860E-07	2.058E-06	A社運転(破損無し)
2018	4,124,300	2	2.179E-07	6.645E-07	1.550E-06	A社運転(破損無し)
2020	4,780,300	2	1.689E-07	5.524E-07	1.336E-06	A社運転(破損無し)
2025	6,420,300	2	1.337E-07	4.242E-07	9.988E-07	A社運転(破損無し)
2030	8,060,300	2	1.016E-07	3.377E-07	7.911E-07	A社運転(破損無し)
2035	9,700,300	2	8.883E-08	2.768E-07	6.560E-07	A社運転(破損無し)
2040	11,340,300	2	7.475E-08	2.315E-07	5.551E-07	A社運転(破損無し)
2045	12,980,300	2	6.528E-08	2.103E-07	4.876E-07	A社運転(破損無し)
2050	14,620,300	2	5.516E-08	1.792E-07	4.248E-07	A社運転(破損無し)
2055	16,260,300	2	5.154E-08	1.638E-07	3.862E-07	A社運転(破損無し)
2060	17,900,300	2	4.695E-08	1.499E-07	3.579E-07	A社運転(破損無し)

当該熱交換器の設置年である 2010 年には、OREDA データベースの値を転用し計算します。その後、毎年それぞれ 8,000hr の運転を仮定して 41 基の累積運転時間を集計します。累積破損回数は、OREDA データベースで示された 2 回ですので、毎年の計算にはそれを用います。その結果、図 2 のような結果が得られます。

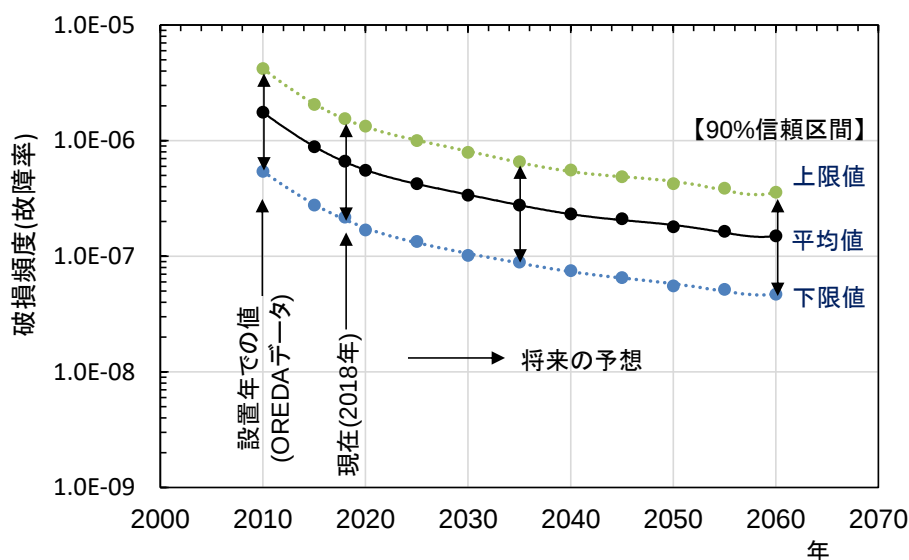


図 2 他のデータベースの運転実績データを用いた 41 基の熱交換器の破損頻度(故障率)の推移

運転時間の蓄積で破損頻度(故障率)は減少し、なおかつバラツキも減少します。もちろん、41 基の熱交換器の実際の運転時間の記録が集計されれば、より正確な値が求まりますが、このように、破損が無い場合でも目安としての計算が可能です。

事例 3 複数の企業の運転実績を合算した計算例

前述 A 社の熱交換器のシェル側および伝熱管側の両方を対象とした運転時間(82 基に相当、2010 年運転開始)に続き、B 社の熱交換器のシェル側および伝熱管側の両方を含む 108 基の運転時間(1994 年運転開始)を合算した例を表 3 に示します。なお、B 社の破損事例も同様皆無でした。この場合は、B 社の運転開始年において OREDA のデータを適用しました。なお、OREDA のデータは、運転時間が 3,000,600 時間、漏洩回数 4 回です。

表 3 A 社および B 社の運転実績(総運転時間)

年	A社実績(82基)	B社実績(108基)	総運転時間 (hr.)	累積破損 回数	注記
	運転開始 2010年	運転開始 1994年			
	累積運転時間(hr.)	累積運転時間(hr.)			
1994		3,000,600	3,000,600	4	OREDAデータ
1995		3,897,000	3,897,000	4	B社実績
2000		8,379,000	8,379,000	4	B社実績
2005		12,861,000	12,861,000	4	B社実績
2010		17,343,000	17,343,000	4	B社実績
2015	3,280,000	21,825,000	25,105,000	4	A社B社実績
2020	6,560,000	26,307,000	32,867,000	4	A社B社実績
2025	9,840,000	30,789,000	40,629,000	4	A社B社実績
2030	13,120,000	35,271,000	48,391,000	4	A社B社実績
2035	16,400,000	39,753,000	56,153,000	4	A社B社実績
2040	19,680,000	44,235,000	63,915,000	4	A社B社実績
2045	22,960,000	48,717,000	71,677,000	4	A社B社実績
2050	26,240,000	53,199,000	79,439,000	4	A社B社実績

表 4 A 社および B 社の運転実績を合算した場合の破損頻度(故障率)
(R-Stan による計算。将来の破損・故障が無い場合を想定した計算を含む)

年	総運転 時間 (hr.)	累積破損 回数	下限値 (/hr.)	平均値 (/hr.)	上限値 (/hr.)
1994	3,000,600	4	6.875E-07	1.598E-06	3.090E-06
1995	3,897,000	4	5.259E-07	1.209E-06	2.362E-06
2000	8,379,000	4	2.386E-07	5.546E-07	1.045E-06
2005	12,861,000	4	1.489E-07	3.632E-07	6.994E-07
2010	17,343,000	4	1.068E-07	2.690E-07	5.358E-07
2015	25,105,000	4	7.814E-08	1.839E-07	3.662E-07
2020	32,867,000	4	6.231E-08	1.427E-07	2.743E-07
2025	40,629,000	4	4.918E-08	1.137E-07	2.228E-07
2030	48,391,000	4	3.940E-08	9.569E-08	1.916E-07
2035	56,153,000	4	3.496E-08	8.241E-08	1.654E-07
2040	63,915,000	4	3.246E-08	7.448E-08	1.435E-07
2045	71,677,000	4	2.677E-08	6.592E-08	1.320E-07
2050	79,439,000	4	2.556E-08	5.932E-08	1.164E-07

表 4 に、A 社および B 社の総運転時間から計算した破損頻度(故障率)の下限値、平均値、上限値を示しました。図 3 は、それを図示したものです。運転時間の合算によるデータ量の増加により破損頻度(故障率)の精度が向上します。

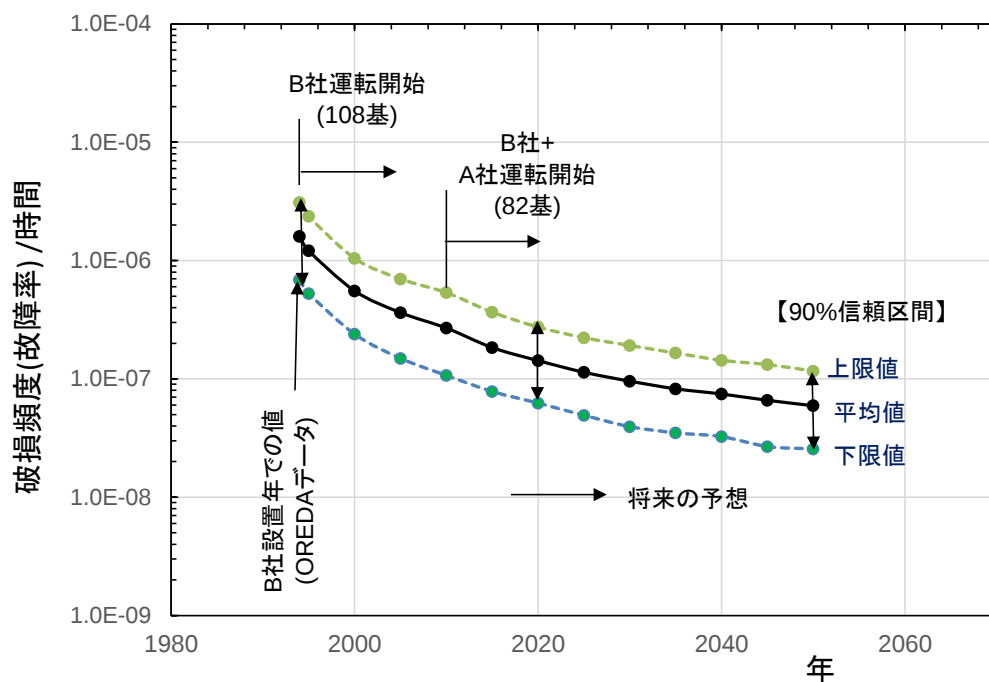


図 3 A 社および B 社の運転実績の合算から計算した破損頻度(故障率)の経年変化

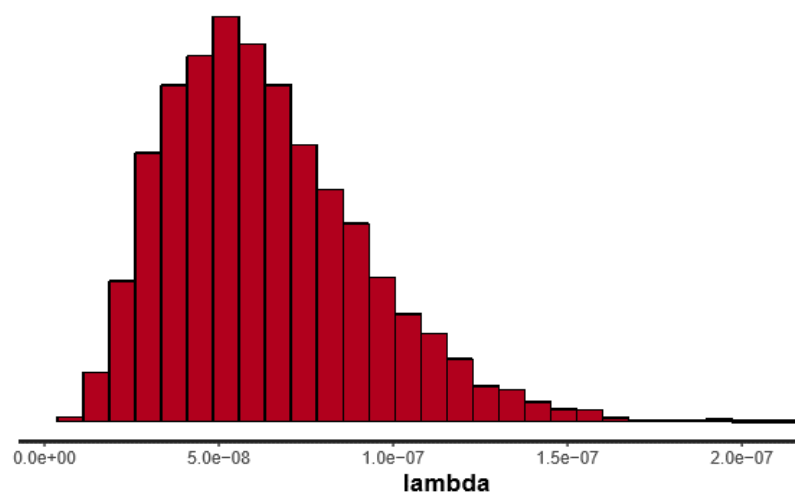


図 4 2050 年までの運転を想定した場合の破損頻度のヒストグラム

図 4 は、2050 年までの運転を想定した場合の破損頻度のヒストグラムを示します。このように、運転実績データが蓄積されると精度が高い GFF を得ることが可能です。

事例 4 故障のデータがある場合の例(天井クレーン)

図 5 は、天井クレーンの損傷回数と損傷発生までの稼働年数との関係を示したものです。
(引用文献；橋内、クレーン 41-8, 2003)

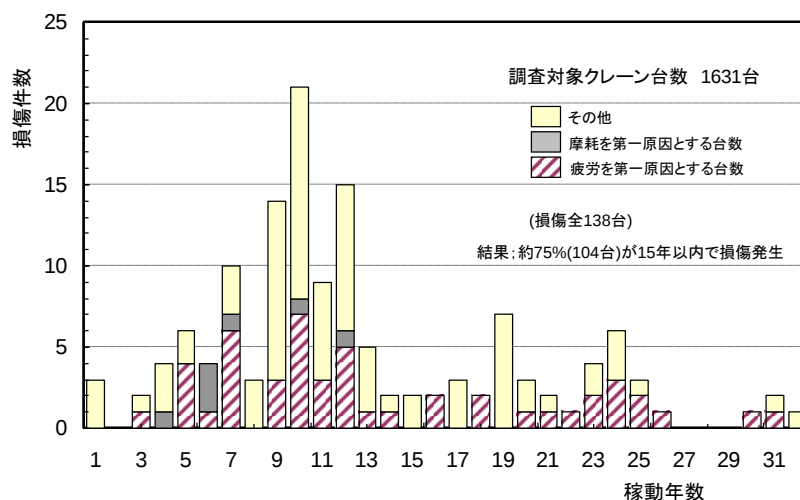


図 5 天井クレーンの損傷発生と損傷発生稼働年数の実績

図 5 は、1,631 台の天井クレーンを調査した結果、138 台が各稼働年数で故障した結果を示しています。全調査台数の内、1,493 台は故障無く運転したことを示しており、GFF(一般故障頻度)の計算ではこの 1,493 台の運転実績が重要になります。ここではそのデータが無いため、その運転時間を仮定して R-Stan を用いて計算しました。

表 5, 表 6 は総運転時間を計算した結果、表 7 は故障率を計算した結果です。このように GFF の計算の基本は、健全に運転した機器の運転時間データが計算の母数として必要になることです。ここでは、そのデータが無いため、健全に運転した年数を仮定しました。

表5 各年の故障台数と累積年

稼働 年数 Y	故障 台数 N	累積年 Y x N
1	3	3
2	0	0
3	2	6
4	4	16
5	6	30
6	4	24
7	10	70
8	3	24
9	14	126
10	21	210
11	9	99
12	15	180
13	5	65
14	2	28
15	2	30
16	2	32
17	3	51
18	2	36
19	7	133
20	3	60
21	2	42
22	1	22
23	4	92
24	6	144
25	3	75
26	1	26
27	0	0
28	0	0
29	0	0
30	1	30
31	2	62
32	1	32
計	138	1,748

表6 1,493台が10年または20年健全と仮定した総運転年数

健全運転 台数	健全運転 年数(仮定)	健全累計 運転年数 Y1	故障台数	故障機の累積 運転年数 Y2	総運転年数 Y1+Y2
1,493	各10年	14,930	138	1,748	16,678
1,493	各20年	29,860	138	1,748	31,608

表7 故障率計算結果(90%信頼区間)

天井クレーンの故障率 (1,493台が10年間健全と仮定した場合)		
下限値(/年)	平均値(/年)	上限値(/年)
7.204E-03	8.269E-03	9.500E-03

天井クレーンの故障率 (1,493台が20年間健全と仮定した場合)		
下限値(/年)	平均値(/年)	上限値(/年)
3.794E-03	4.393E-03	5.023E-03

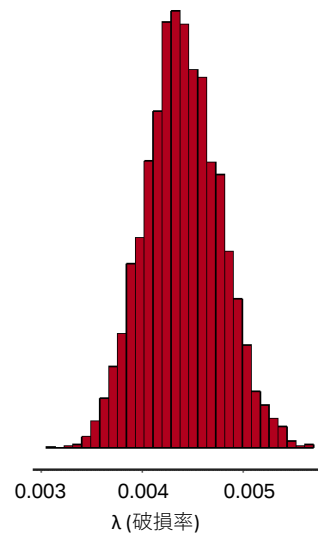


図6 1,493台が20年間健全と仮定した場合の故障率ヒストグラム

事例 5 計画更新(取替)を含む破損頻度(故障率)計算例

計画的にオーバーホールや更新(取替)された機器が含まれる場合、R-Stan(ベイズ統計モデリングソフト)を用いた計算を示します。(横浜国立大学 酒井信介教授提供)

表 8 10基の打ち切りを含む
各運転時間

機器No.	各機器の運転時間(h)
1	71,001
2	101,199(打ち切り時間)
3	101,199(打ち切り時間)
4	101,199(打ち切り時間)
5	52,977
6	101,199(打ち切り時間)
7	68,776
8	101,199(打ち切り時間)
9	85,414
10	32,229

表 9 故障率の計算結果

分位点	故障率
2.5%	2.603E-06
25%	5.107E-06
50%	6.829E-06
75%	8.919E-06
97.5%	1.395E-05

故障回数 N=3

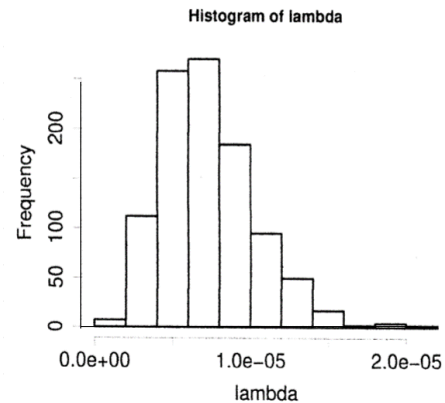


図 7 打ち切りを含む故障率ヒストグラム

表 8 は、対象機器の各運転時間、表 9 は故障率の分位点毎の計算結果です。このように、オーバーホールや更新で取換えた機器のデータを含む場合の故障率も計算可能です。

➡ 詳細は、HPI へご相談ください。