

市場情報の信頼性解析 - StatWorks/V5の新機能を用いた解析 -

日野自動車株式会社 品質保証部 嶋村憲臣

1,はじめに

製品の信頼性を評価することは、開発からアフターサービスに至る品質を確保するために重要な活動である。特に市場で発生した故障情報（以下、フィールドデータ）を収集し解析することは、市場における製品の信頼性を確認し、製品品質の維持や向上、次期製品の品質目標などといった市場の状況やニーズに対応するため必要である。

本稿ではフィールドデータをJUSE-StatWorks/V4.0(以下、V4)とJUSE-StatWorks/V5.0(以下、V5)の新機能を用いて信頼性解析した結果を比較、検証する。

2,解析対象と解析方法

2-1)解析対象

フィールドデータを用いて精度よく信頼性解析を行うためには、データ収集方法の検討、モニタリングや層別などによる検証が必要であるが、それらは既に行なわれたこととして解析を行なう。解析に用いるサンプルデータは次の通りである。

- ・ 解析対象：2008年2月~2010年6月に生産された車両部品(但し2009年1月に改善を実施)
- ・ 信頼性目標： B_{10} ：40ヶ月,600000km
- ・ フィールドデータ集約期間：2008年2月~2011年1月まで 767件
- ・ フィールドデータ項目：故障車両の生産年月日,故障年月日,故障発生時走行距離
- ・ その他：総生産台数 11140台(改善前:4410台、改善後:6730台), 月間生産台数

2-2)解析方法

V4,V5の信頼性解析手法からCHM,確率紙を用いて、部品の信頼性を確認する。収集したデータをV4,V5で扱えるようにするため、ワークシートにまとめた。(表1)

	S1	S2	N3	C4	S5	N6
	生産年月日	故障年月日	走行距離	改善前後	生産年月	生産台数
1	2008/11/10	2008/11/14	1008	改善前	2008/2	520
2	2009/8/21	2009/10/12	1054	改善後	2008/3	450
3	2009/6/11	2010/12/2	1142	改善後	2008/4	300

表1 ワークシートデータ

3,信頼性解析

3-1)CHM

CHMはフィールドデータを生産月×故障発生月、或いは生産月×稼動月数のマトリクス上に故障の分布を可視的に表示し、市場における故障の発生傾向を容易に把握するために用いられる手法である。V4はCHMのマトリクス上に故障件数を数値,マーク、もしくは故障割合で着色する方法のいずれかを選択し表示できるが、V5は上記に加えて不信頼度に合わせて着色し表示する機能(以下、F-map)¹⁾が追加された。

V4では故障発生月や稼動月数毎の故障割合を着色し表示することで、故障割合の増減から季節や経過時間が製品に及ぼす影響度を視覚で捉えることができた。(図1)さらにV5のF-mapを用いると各月の生産数と故障発生月、或いは稼動月数の増加に伴う不信頼度

$F(t)$ ($F(t)$)は累積分布関数、累積故障率とも呼ばれる。以下、F 値)の増加傾向を素早く確認することが可能となり(図 2)、従来はワイブル確率紙上でロット毎の F 値を比較、検討することでしか確認できなかった F 値の変化具合を視覚で捉え、寿命や市場影響度、改善すべき製品の範囲などを把握することができる。

解析対象を検証すると、毎年 11 月から翌年 4 月は他月に比べて故障割合が高く、初期製品の F 値が高いことがわかる。そのため、部品がなぜ上記期間に故障、交換される割合が高いのかだけでなく、初期製品の対策・対応についても検討する必要があることがわかる。

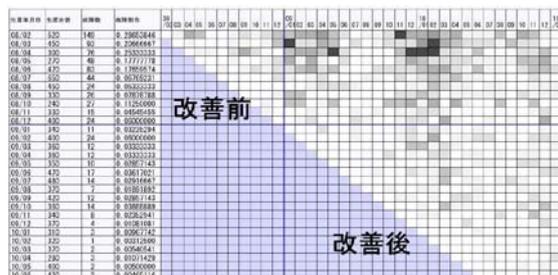


図 1 故障率を着色した CHM

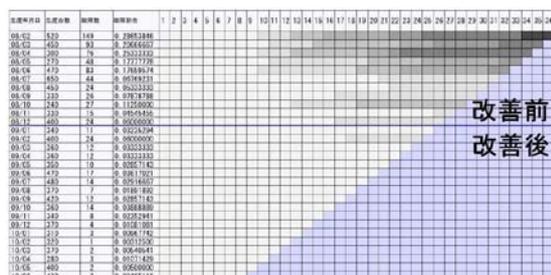


図 2 F-map

3-2)確率紙

確率紙に F 値もしくは累積ハザード関数 $H(t)$ (以下、H 値)をプロットすることを確率プロットという。確率プロットは、信頼性試験や市場調査によって収集された信頼性データの解析方法として、最も一般的に用いられている方法の 1 つである。一連のデータを図示することにより、データのばらつき加減などの統計的な振舞いや、ストレスに対する変動を直感的に解釈することができる。確率プロットの役割は、寿命分布型の検討、異常値や層別の必要性の有無の検討、分布特性値の推定、寿命予測である。^{2) V4,V5 は以下のようなデータタイプを用いた確率プロットが行える。(表 2) ³⁾}

属性区分	備考	解析機能の有無	
特性値型	故障時間などの特性値	V4	V5
特性値層別型 あるいは 特性値故障モード型	故障時間などの特性値と層別あるいは故障モードを同時に指定	有	有
区間度数型	時間(区間)と対応する区間故障数	有	有
区間度数故障モード形	層別あるいは故障モードを同時に指定	有	有
区間度数・分布考慮型	打ち切りデータの分布(度数あるいは比率)も同時に指定し、 打ち切りデータの分布を考慮する	無	有

表 2 V4,V5 で扱える確率プロットのデータタイプ

またフィールドデータの信頼性解析には、ワイブル確率紙を用いるのが一般的である。これは製品の時間経過に対する故障発生頻度の分布は様々な形をしているが、ワイブル分布はそれらを一括して表現できるからである。⁴⁾

以上より、解析対象を区間度数型、V5 の新機能である区間度数・分布考慮型でワイブル確率紙上に確率プロットし、解析結果について比較・検証する。

3-2-1)区間を稼働月とした解析

V4,V5 で確率プロットを行うためには、フィールドデータを集計し、区間を稼働月、度数を故障数として取り纏める必要がある。これは表計算ソフトや CHM から読み取り、容易に作成することができる。しかし、V5 の区間度数・分布考慮型を使用するためには、市場における製品の時間経過に対する分布(以下、製品分布)が必要になる。

製品分布は全製品の稼働状況を調査し作成する必要があるが、市場では故障以外の要因による打ち切り(自動車であれば買換えや事故による廃棄など)が発生し、正確な製品分布を把握することは非常に困難である。そのため製品分布を推定する必要がある。

推定方法の例として CHM の情報を利用する方法を紹介する。この方法は容易に製品分布を導き出せるが、故障以外の要因による打ち切りを無視しているため市場で大きな変化があった場合(自動車であれば排出ガス規制による買換え需要の急増など)は注意が必要である。推定には生産月×稼働月の CHM を作成し表示される月間生産台数・稼働月・故障数の数値を用いる。まず、各月毎の月間生産台数から月毎の全故障数を引く。これがフィールドデータ収集時点の月間毎棄却数(以下、打ち切り数)である。これを稼働月の増加に合わせ、都度棄却するように定義した分布を棄却分布、稼働月毎の故障数と打ち切り数を含んだ分布を都度棄却するよう定義した分布を事前分布とする。V5 の確率プロットでは、棄却・事前どちらの分布も利用可能であり結果に差もないが、データの取扱には注意が必要である。(図 3)

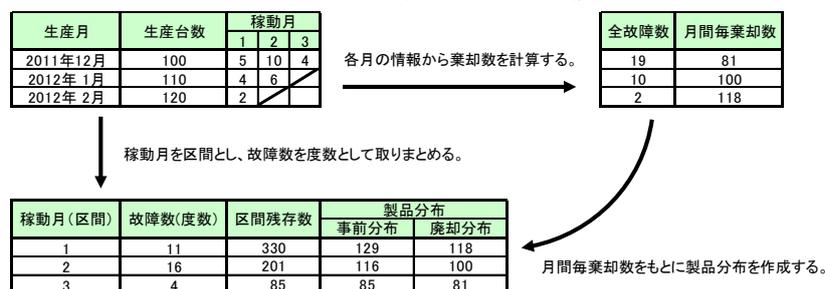


図 3 CHM から製品分布を推定する方法 (概念図)

解析対象を区間・度数に分類し、CHM を用いて棄却分布を推定した結果が次表(表 3)である。棄却分布が複数あるのは、改善前と改善後を全体あるいは個別に確率プロットするため、それらに対応した棄却分布が必要だからである。これらのデータを区間度数型(以下、手法 A)、区間度数・分布考慮型(以下、手法 B)でそれぞれワイブル確率紙に確率プロットした結果を示す。(図 4-1~4-3) また、図 4-3 の手法 A の回帰線には調整を施してある。

解析結果を比較・検証すると、手法 B は手法 A に比べ η , $MTT(B)F(\mu)$, B_{10} のいずれもが小さな値になっている。また改善前部品(図 4-2)と改善後部品(図 4-3)の解析結果を比較すると手法 A, B とともに改善効果は確認できるが、手法 B では手法 A ほどの改善効果が確認できない。これは手法 A が製造側から見た信頼度の変化を表しているのに対し、手法 B は市場における部品の信頼度を表しているからである。

これらの検証結果から、解析対象は改善によって部品信頼度が向上したと判断できるが、

望んだような信頼度の向上が見られないことがわかり、対象部品についてさらなる対策・対応を検討する必要があることがわかる。

稼働月	全数		改善前		改善後	
	故障数	棄却分布	故障数	棄却分布	故障数	棄却分布
1	3	0	3	0	0	0
2	9	0	7	0	2	0
3	15	0	11	0	4	0
⋮						
24	34	376	33	0	1	376
25	24	329	24	0	0	329
⋮						
35	1	357	1	357		
36	1	371	1	371		

表3 区間度数、区間度数・分布考慮型に対応したワークシートデータ(一部抜粋)

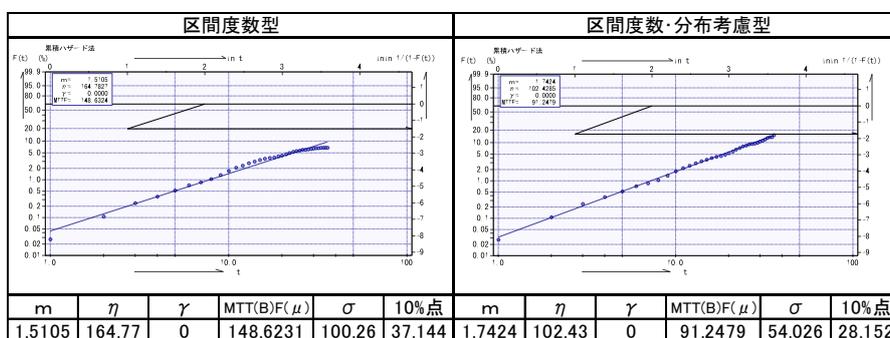


図 4-1 部品全体の確率プロット

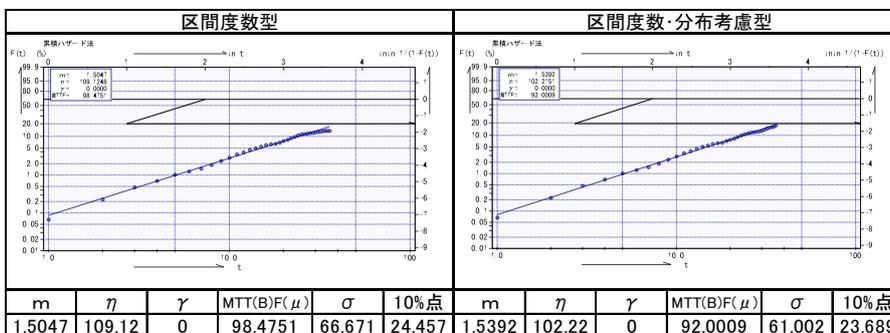


図 4-2 改善前部品の確率プロット

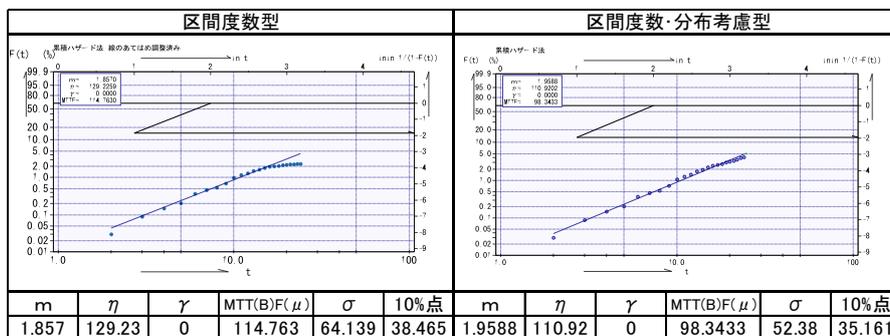


図 4-3 改善後部品の確率プロット

3-2-2)区間を走行距離とした解析

自動車には走行距離計が付属しており、故障発生時の走行距離を確認することができる。そのため信頼性解析に用いられることが多い。しかし、信頼性を確認するには市場における製品の走行距離に対する分布（以下、走行分布）が必要となる。

走行分布は自動車の月間生産台数,月間走行距離,登録月,経過月から推定でき、国内であれば、市場登録台数や廃却台数を調査することも可能である。⁵⁾

上記の情報を用いて解析対象の走行分布を推定すると以下のようになる。(図 5)

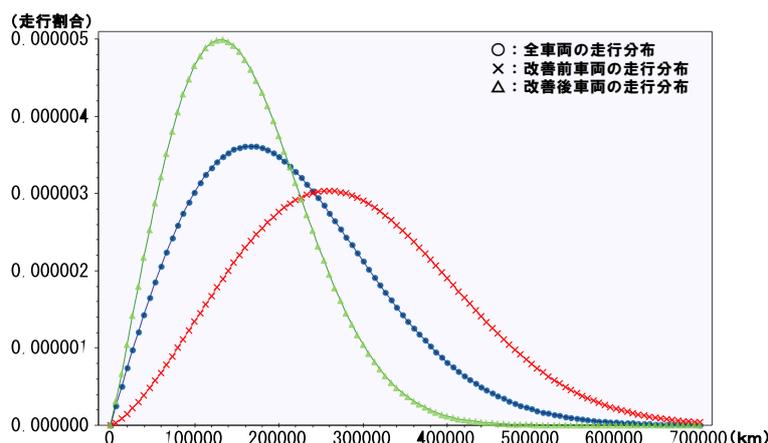


図 5 解析対象の走行分布 (確率密度曲線)

走行分布は縦軸に走行割合(走行台数)、横軸に走行距離をとる分布になる。改善前車両の走行分布が改善後車両の走行分布に比べデータが分散しているのは、お客様の使用条件により個々の製品の走行距離にばらつきが発生しているためである。また、本分布は全ての車両が故障無しで走行した場合を仮定した分布であることから、このまま考慮分布として扱うことはできない。そのため走行分布から生産総数に対する故障比率を考慮し、棄却分布を作成する必要がある。解析対象を区間・度数に分類し区間毎に累積走行割合を設定したものが次表である。(表 5) また、これらのデータを区間度数・分布考慮型でワイブル確率紙に確率プロットした結果を示す。(図 6)

区間	部品全体		改善前部品		改善後部品	
	故障数	累積走行割合	故障数	累積走行割合	故障数	累積走行割合
10000	43	0.002	36	0.000	7	0.002
20000	48	0.007	32	0.001	16	0.010
30000	27	0.016	20	0.003	7	0.023
40000	28	0.027	22	0.006	6	0.041
50000	35	0.042	24	0.009	11	0.065
370000	3	0.850	2	0.645	1	0.967
380000	2	0.860	1	0.664	1	0.970
570000		0.928		0.845		
580000	1	0.929	1	0.847		

表 5 区間・度数・累積走行割合(廃棄分布・累積比率)

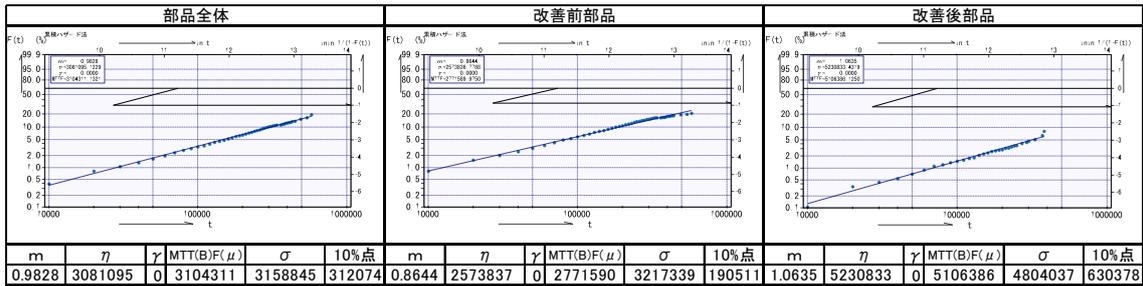


図6 走行分布を考慮した部品全体・改善前部品・改善後部品の確率プロット

解析結果を検証すると、改善後部品は改善前部品に比べ η 、 $MTT(B)F(\mu)$ 、 B_{10} のいずれの数値も上回り、改善目標を満足していることから、部品信頼度は向上したと判断できる。

4.まとめ

解析により改善効果は稼動月と走行距離で全く異なった結果となった。これは対象部品が走行距離よりも稼動月の影響で故障を引き起こしている可能性があり、耐用年数を再度検討することが必要なことを示している。また、部品が非修理系アイテムにもかかわらず、修理系アイテムとして交換が実施されていないかなど、市場の実態調査も必要である。

5.補足

V5 の新機能として確率紙上で回帰線の手動調整が可能になったので紹介する。コンピュータで確率プロットに回帰線を当てはめると、両端の確率プロットの影響を受け回帰線の当て嵌まりが悪い場合がある。手動調整で紙の確率紙のように目の子で回帰線を当て嵌めることにより、回帰線からの予測精度向上など期待ができる。(図7)

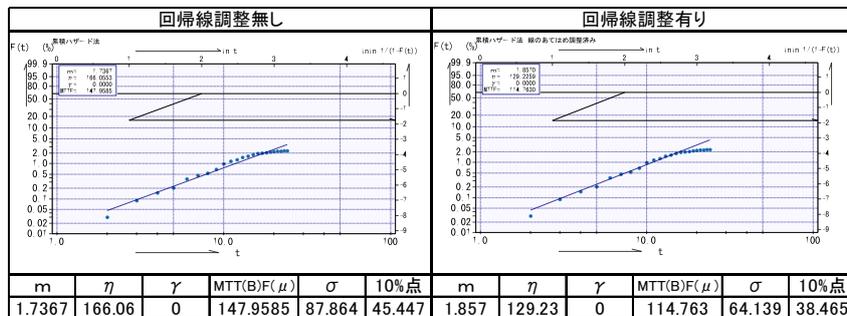


図7 回帰線の手動調整

6.謝辞

本稿をまとめるにあたり、ご助言とご指導をいただきました関 哲朗先生、日本科学技術研修所のスタッフの方に厚くお礼申し上げます。

7.参考文献

- 1),2)益田明彦/石田勉/横川慎二 「信頼性データ解析」 日科技連出版社 2009
- 3)「JUSE-StatWorks/V5 ユーザーズマニュアル」 日本科学技術研修所 2011
- 4)日本科学技術連盟 「信頼性データの解析」 日科技連出版社 1967
- 5)「JUSE パッケージ信頼性データ解析 活用シンポジウム」 日本科学技術研修所 2010

掲載されている著作物の著作権については，制作した当事者に帰属します．

著作者の許可なく営利・非営利・イントラネットを問わず，本著作物の複製・転用・販売等を禁止します．

所属および役職等は，公開当時のものです．

■公開資料ページ

弊社ウェブページで各種資料をご覧ください <http://www.i-juse.co.jp/statistics/jirei/>

■お問い合わせ先

(株)日科技研 数理事業部 パッケージサポート係 <http://www.i-juse.co.jp/statistics/support/contact.html>