

## 品質・技術力向上にむけた 信頼性データ解析の応用

実践における信頼性データ解析の疑問とその対応

トヨタ自動車 TQM推進部 渡邊克彦

1

スライド1～5削除

2

## 実践支援において

技術者が直面する困りごとに対応



信頼性データ解析において対応方法が  
確立されていないことがある  
(書籍や論文にも記載が無い)



信頼性データ解析事例研究会に参加

3

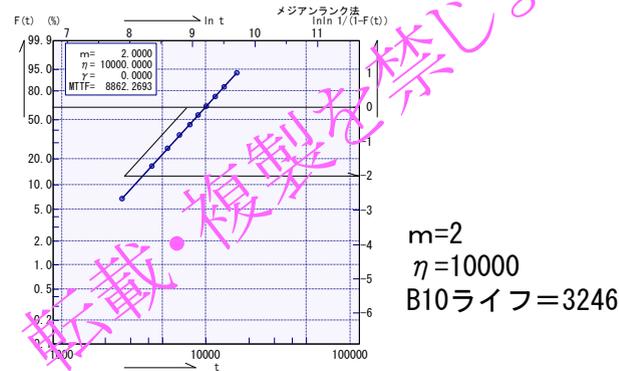
## 技術者の主な困りごと

- ① ワイブル解析の信頼区間の扱い
- ② ワイブルプロットが曲がった場合の不信  
頼度の読み方
- ③ ワイブル解析とストレスストレングス  
モデル (S-Sモデル) の対応
- ④ ストレスストレングスモデルとS-N線  
図の関係
- ⑤ 市場故障データのワイブル解析の整合

4

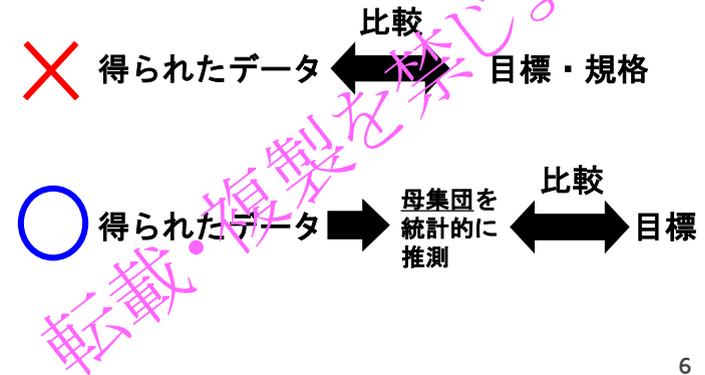
## ①ワイブル解析の信頼区間の扱い

開発時の寿命試験結果



5

## 統計的考え方は母数を区間推定



6

## ①ワイブル解析の信頼区間の扱い

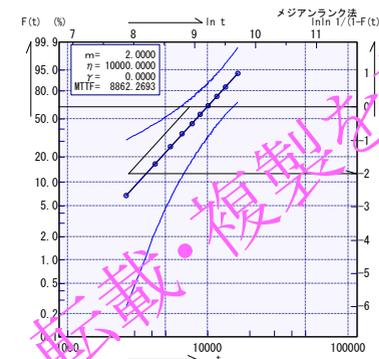
主な理由

- 統計的考え方で使われる信頼率95%では幅が広すぎて実務上は使い物にならないことが多い
- 信頼率を95%→60%や80%としても統計的考え方で使われる信頼率との整合がとれない
- 外挿部分（例えば1%や1ppm）の信頼区間は算出不能のため外挿部分を推定するのに不向き

7

## ①ワイブル解析の信頼区間の扱い

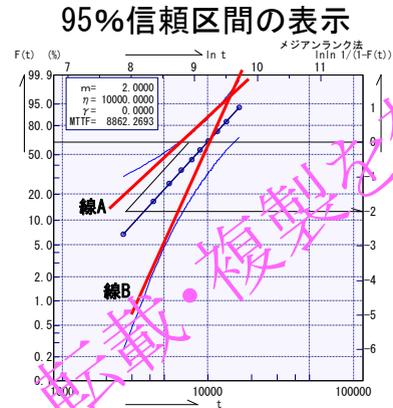
95%信頼区間の表示



エクセルでも  
容易に算出可能

8

## ①ワイブル解析の信頼区間の扱い



しかし、理論上  
は左記でも  
問題ないことに

9

## ①ワイブル解析の信頼区間の扱い

### ①のまとめ

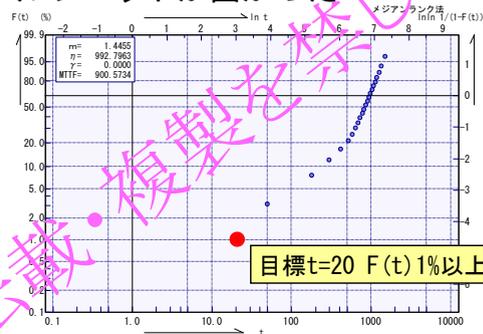
- mについては順序統計量の分散から信頼区間を求める (V5への機能追加検討中)
- 加えて、求めたmについて原理原則で説明できるか検証する
- $\eta$ については今回は素直に読む

$$\lambda(t) = \frac{m}{\eta} \left( \frac{t}{\eta} \right)^{m-1}$$

信頼区間の指針を決定できたことにより、  
信頼性の向上→品質・技術力向上に繋がる。

## ②ワイブルプロットが曲がった場合の 不信頼度の読み方

ワイブル解析を実施し、  
ワイブルプロットが曲がった



11

## ②ワイブルプロットが曲がった場合の 不信頼度の読み方

一般的な信頼性書籍での対応

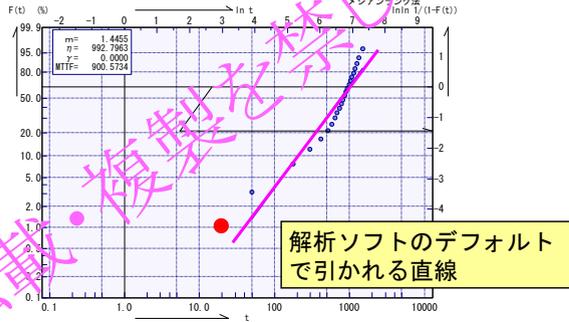
- 混合型→母集団を層別して再プロット
- 複合型（複合型は考えにくいという論文もある）
- 位置パラメータ補正
- 競合リスクモデル

技術者のいちばんの興味は目標を達成しているか

12

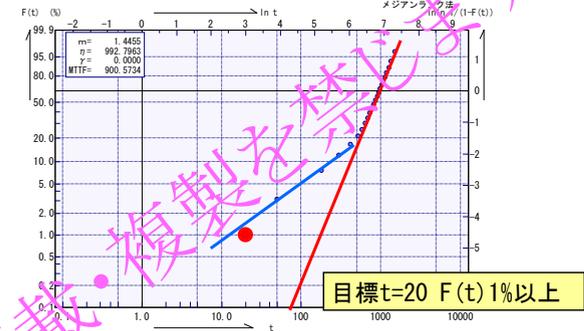
## ②ワイブルプロットが曲がった場合の不信頼度の読み方

(参考) 明らかな間違い



13

## ②ワイブルプロットが曲がった場合の不信頼度の読み方



青線 (目標未達成) と赤線 (達成) どちらが正しいか

14

## ②ワイブルプロットが曲がった場合の不信頼度の読み方

②のまとめ

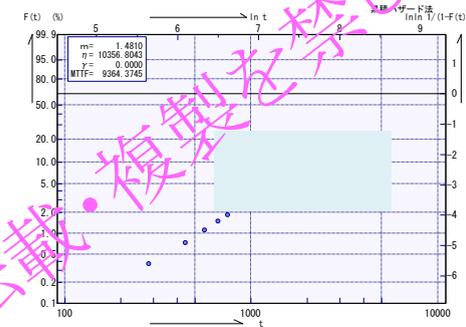
- 青線が正しい。曲がるにはそれなりの理由があるため
- ワイブルプロットが曲がるいくつかのパターンを論文最終ページ図 10 に記載

必ず原理原則(メカニズム解明)に立ち戻る

15

## ③ワイブル解析とS-Sモデルの対応

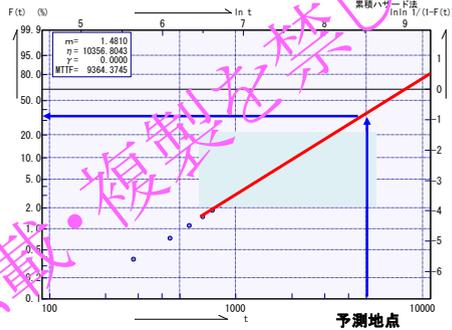
市場故障データをワイブルプロット  
今後の故障数を予測する



16

### ③ワイブル解析とS-Sモデルの対応

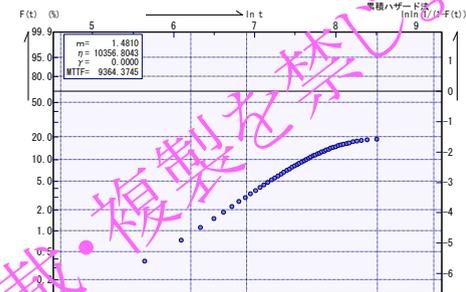
○年後に○%と予測



17

### ③ワイブル解析とS-Sモデルの対応

ところが実際は20%で飽和する

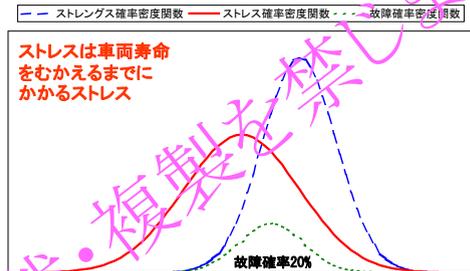


ワイブル解析に頼りすぎると物事の本質を見極められないことも考えられる

8

### ③ワイブル解析とS-Sモデルの対応

S-Sモデルを考察すると

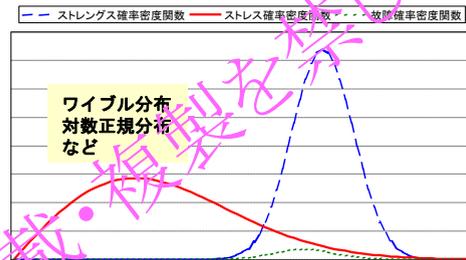


原理原則で20%以上は故障しない  
(蓄積疲労を考慮しない場合)

19

### ③ワイブル解析とS-Sモデルの対応

[補足] 現実には正規分布以外の分布が多い



JUSE-StatWorks V5に新機能として追加

20

### ③ワイブル解析とS-Sモデルの対応

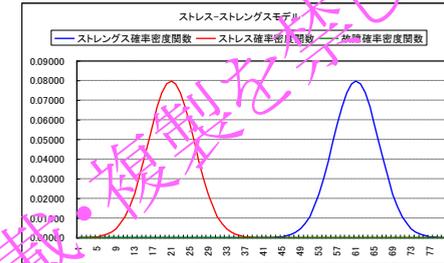
#### ③のまとめ

- ワイブル解析は100%故障が前提の解析である
- ストレス-ストレングスモデルなど原理原則と照らし合わせる事が重要

正しい分布で計算することで技術者の誤った判断防止に繋がる

### ④S-SモデルとS-N線図の関係

S-Sモデルで2つの分布が十分離れていれば絶対に故障しないか



S-Sモデルはワンショックでの故障（静的破壊）であり疲労破壊は考慮していない

### ④S-SモデルとS-N線図の関係

#### マイナー則

変動応力 $S_1, S_2, S_3$ でそれぞれの疲労破壊が $N_1, N_2, N_3$ の繰返し数で起こったとする。

この応力レベルで $n_1, n_2, n_3$ 回の負荷を受けて疲労破壊した場合、次の式が成り立つ。

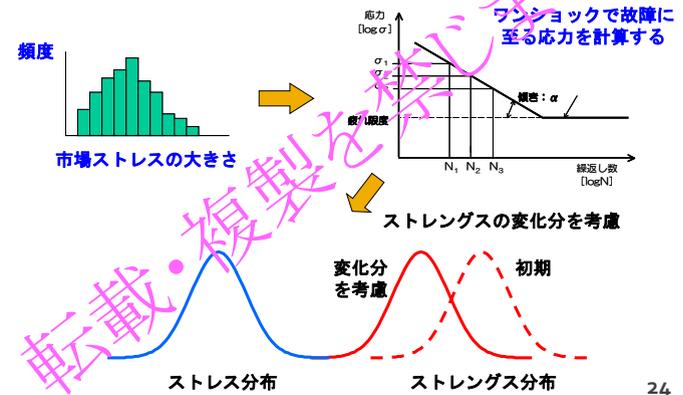
$$\frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \frac{n_3}{N_3} = 1$$

#### S-N線図



$$\sum_{i=1}^n \frac{n_i}{N_i} = 1 \quad (n_i \leq N_i)$$

### ④S-SモデルとS-N線図の関係



### ④S-SモデルとS-N線図の関係

#### ④のまとめ

- S-Sモデルはワンショックでの故障が前提
- 疲労破壊が考えられるのであればS-N線図、マイナー則を組み合わせること

25

### ⑤市場故障データとワイブル解析の整合

市場故障データより1年後の故障数を予測したい

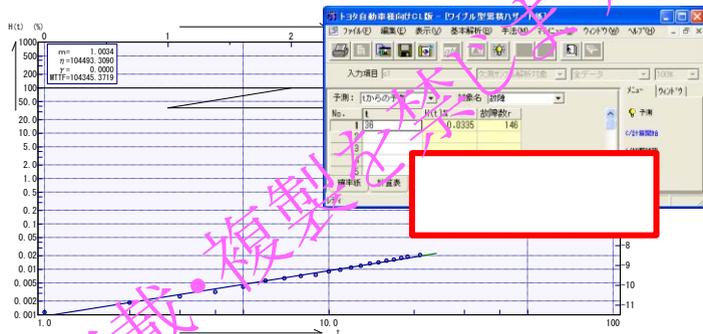
\*架空データです

稼働月	稼働台数 (未故障台数)	故障数	稼働月	稼働台数 (未故障台数)	故障数
1	1025	5	13	2284	3



市場台数436062 故障数58 26

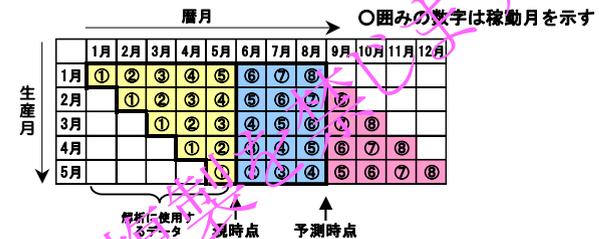
### ⑤市場故障データとワイブル解析の整合



予想故障数(146台)とデータの傾向があわない

27

### ⑤市場故障データとワイブル解析の整合



- ・現時点を6月はじめとし、3ヵ月後の8月末までの故障数予測
- ・分析データは黄となる
- ・StatWorkにて予測時点で予測される故障数は黄+青+赤の合計
- ・実際には、「黄」しか見えていないので先のような錯覚をうける
- ・全数が同時に使用開始であれば、故障予想数は正しい

28

## ⑤市場故障データとワイブル解析の整合

### ⑤のまとめ

- 使用開始が同時ではないデータ（逐次開始データ）については故障予想数に注意が必要
- JUSE-StatWorks/V5への機能追加を要望

29

## まとめと今後

信頼性データ解析に関する技術者の困りごとへの対応方法を決定できた。いずれも技術者の誤った判断防止に繋がると考えている



30

本著作物は原著作者の許可を得て、株式会社日本科学技術研修所（以下弊社）が掲載しています。本著作物の著作権については、制作した原著作者に帰属します。

原著作者および弊社の許可なく営利・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>