

# ワイブル解析による市場故障予測方法の検証

ミヤチテクノス(株)  
渡壁 利夫

## 1. はじめに

市場で同一故障が多発した場合、この先故障が、どの程度発生するかが今後の対応において必要な情報となる。このため、ワイブル型累積ハザード紙で分析し予測している。予測時点でデータの性質や背景を考慮せず推定したワイブル分布からの予測とその後、故障発生が収束した時点での結果が大きく乖離する場合があった。そこで、その原因を検証し予測をする上での留意すべき点を以下に報告する。

## 2. 発生予測

### 2-1. 予測時の方法

- 1) 故障モード：同一機種での実装部品における単一故障
- 2) 使用データ：分析時点での故障品の出荷日/故障日  
対象の期間の出荷台数

- 3) 方法：StatWorks によりコンポーネントアワーマップ (CHM) から累積ハザード紙 (図 1) を作成。その累積ハザードで求めたワイブル分布の定数を使用して予測値をプロットした。

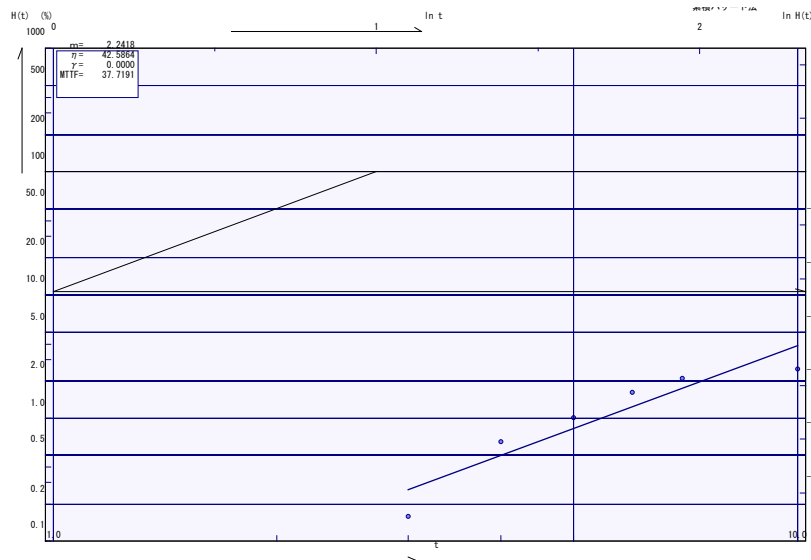


図 1. ワイブル型累積ハザード紙

### 2-2. 予測結果

予測結果を図 2 に示す。

その時点での累積発生数が◆、実線が予測の曲線である。形状パラメータが 2.28 のため、経過月数が進むにつれ増大する傾向になっているが、実際の発生件数は 8 ヶ月以降頭打ちになっており、ワイブルのプロットが曲がっていることもあり、この予測方法が妥当か否か、この時点でも疑問があった。

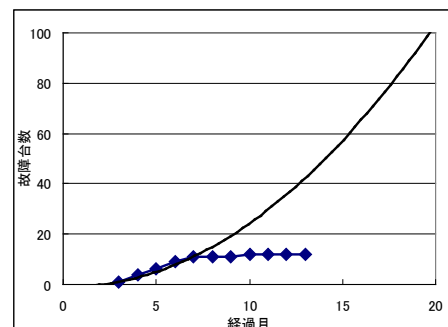


図 2. 予測結果

### 3. 故障収束後の検証

#### 3-1. 故障収束結果

収束した時点での実績を図3に示す。

2007.7月ロットで27ヶ月経過し、全ロットで21ヶ月以上の故障はなかった。

既に予測した時点でもその傾向はあったが、最終的には10ヶ月以降収束して予測値とは大きな乖離が発生した。

この結果を見る限り故障率減少傾向(DFR型)であり、予測値の形状パラメータはIFR型のため差が大きくなったと考えられ、帰帰方法に問題があったと思われる。

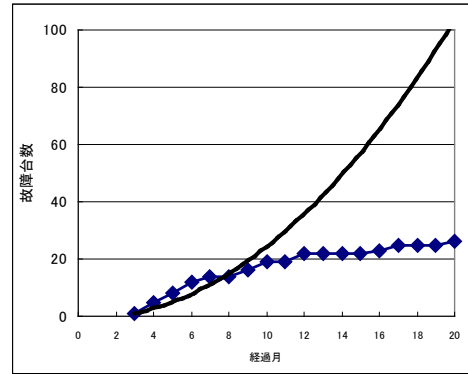


図3. 収束結果

#### 3-2. 故障収束結果でのワイブル解析

予測時と同様の方法で作成したCHMを図4に累積ハザード確率紙を図5に示す。

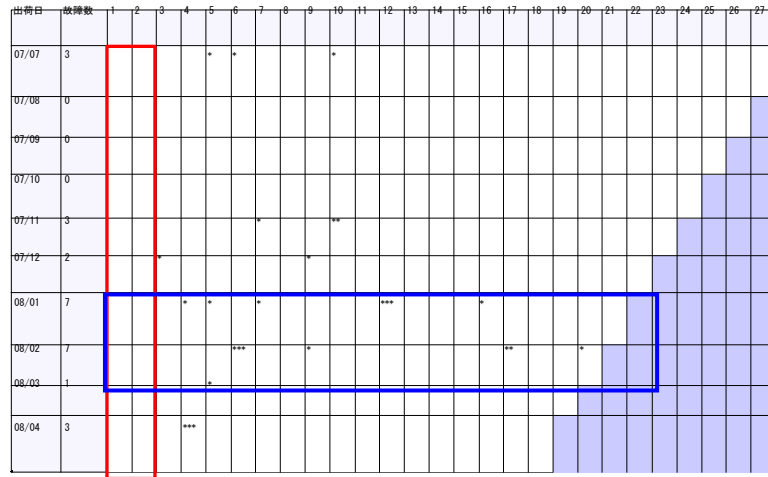


図4. 収束後のCHM

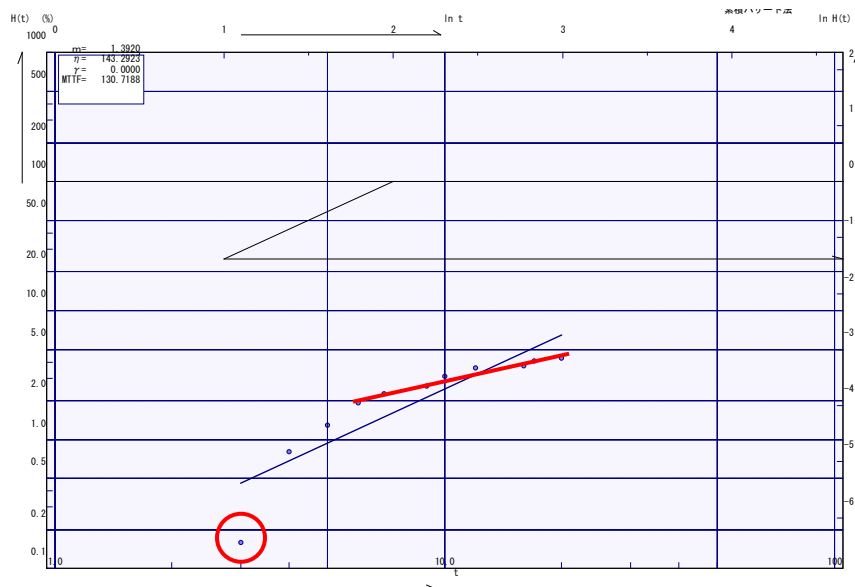


図5. 収束後のワイブル型累積ハザード紙

<考察>

- 1) 累積ハザードのグラフを観察すると、プロットされた故障の分布が曲がっており、直線性が出ていない。特に1つめの故障は大きく離れていることがわかる。将来を予測するためには少なくとも回帰での直線性が必要と考えられる。
- 2) また、回帰線の傾きは $m=1.40$ となったが初期の故障に引きずられ、後半のプロットで回帰すると明らかに傾きが小さくなり実際に予測する上では後者のほうが妥当と思われる。
- 3) CHM を観察すると2ヶ月以内の故障発生はなく、販売も代理店経由のため出荷から稼働開始までのタイムラグがあったと推察される。
- 4) また、CHM において四角で囲んだ生産月2008.1~2月以外は10ヶ月目までには故障は発生しなくなっているのに対し、2008.1~2月はその後も故障が発生しており、表1の通り故障割合にも有意差があり、ロット間で違いが見受けられる。

生産年月	故障割合	経過1月あたりの故障割合
07/07	0.040	0.0015
07/08	0	0
07/09	0	0
07/10	0	0
07/11	0.055	0.0024
07/12	0.037	0.0017
08/1	0.092	0.0044
08/2	0.117	0.0058
08/3	0.023	0.0012
08/4	0.036	0.0020

表1. 故障割合

3-3. ワイブル型累積ハザード紙の補正

予測をより正しく行うには累積ハザードのプロットが直線となるように補正をかける必要があり、上記考察に基づきまずは以下の補正を行う。

- 1) 1つめの故障をマスキングする (考察1項より)
- 2) タイムラグを位置パラメータ $\gamma = -2$ として補正する。(考察3項より)

その結果は図6のとおり。

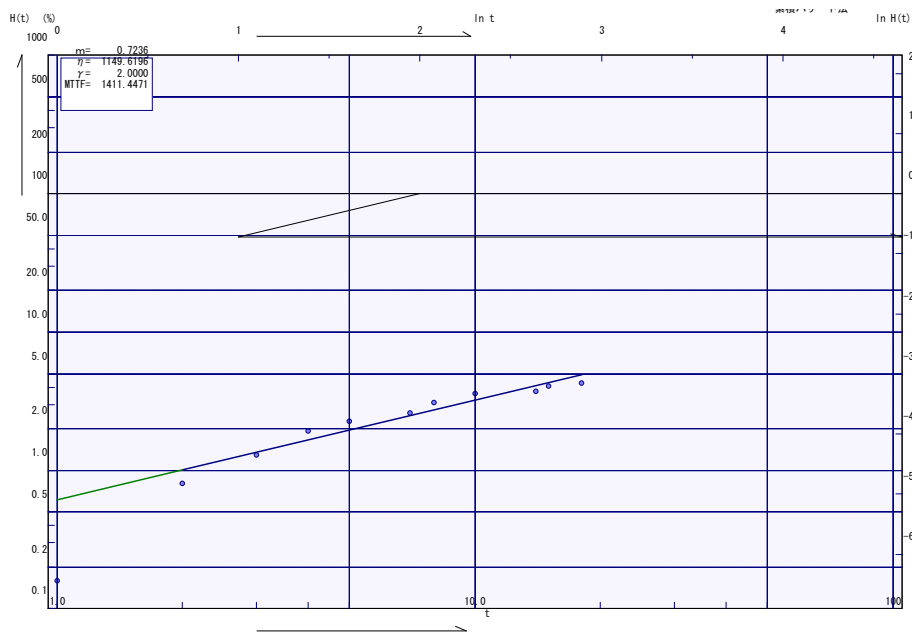


図6 補正後のワイブル型累積ハザード紙

その結果、プロット値が直線に近づき、回帰の直線性が高まった。

また、各パラメータは $m=0.72$ 、 $\eta = 1150$  という値であり、修正前が $m=1.39$ 、 $\eta = 143$

であることから、これらの補正により DFR 型となり実際の故障に近づいたと思われる。

実際に図 3. 収束結果に上記回帰での予測値を破線で記入したものが、図 7 である。当初の予測に比較し、実際の発生数に近づいており、上記補正が有効であったと考えられる。

また、プロット値が若干凸凹しているのは考察 4) 項のプロット間の差が考えられるので、更にロットを分けて分析する。

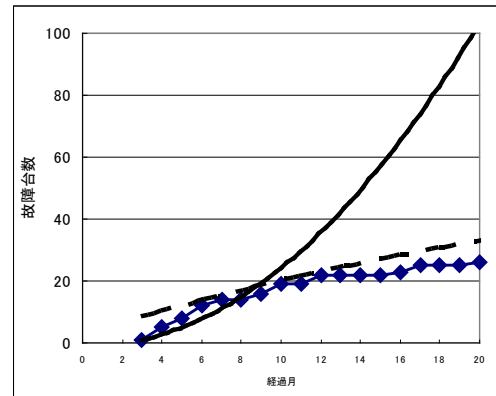


図 7. 補正後の予測値

### 3-4. ロット間の違いの確認 (考察 4) 項より)

生産月 2008.1~2 月とその他の生産月を分けてそれぞれワイブル型累積ハザード紙で解析した。その結果を図 8・9 に示す。

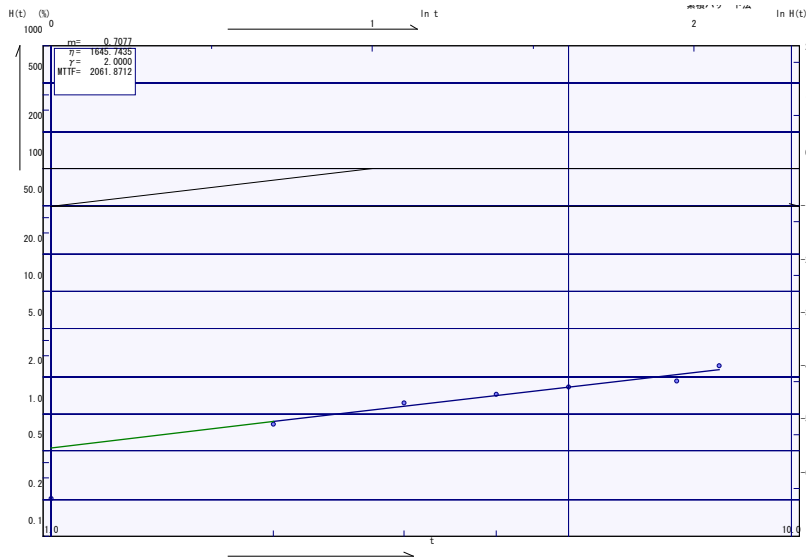


図 8. 2008.1・2 月以外のデータ

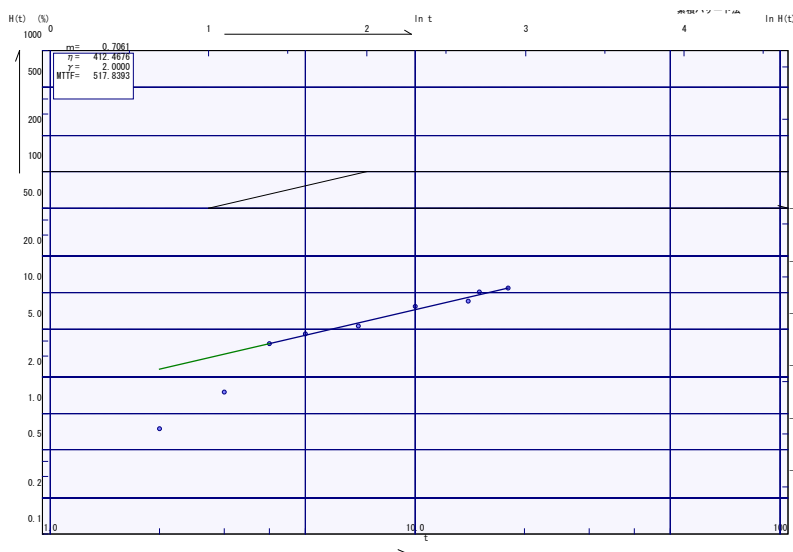


図 9. 2008.1~2 月データ

それぞれ主要なパラメータは表 2 の通り。

LOT	m	$\eta$	$\gamma$	MTT(B)F( $\mu$ )
1～2月以外	0.7077	1645.7	2	2061.9
1・2月	0.7061	412.5	2	517.8

表 2. 主要パラメータ一覧

<考察>この一覧表から、以下のことが分かる。

- 1) 形状パラメータ m はほぼ同一値を示している。  
これは故障モード及び故障要因が同じため、近い値になったと考えられる。
- 2) 位置パラメータ  $\eta$  は大きくことなる。  
これはロット間に違いがあると考えられるが、その要因として①与えられるストレスが大きい使用環境にあったか、②このときの部品或いは装置に何か特異な点があったか、が考えられるが、その後の追跡調査では明確な原因はつかめなかった。
- 3) 以上より、故障モード及び故障要因が同一だが CHM にてロット間に違いがある場合、位置パラメータが異なると考えられるため、ロットを分けた予測をする必要がある。今回の分析では既に収束後の検証ではあるが、仮に今後の発生数を予測するとすれば、1・2月生産分以外では1年以上故障が発生しておらず収束したと判断し1・2月のワイブル解析から今後の発生数を予測することになると考えられる。

### 3-5. まとめ

ワイブル解析での予測では CHM での観察を通して直線性を求める必要がある。そのため、以下の点に注意する。

- 1) まずは CHM を作成し、故障発生分布を観察する。
- 2) その結果、生産から故障発生までの期間に推定される要因があれば  $\gamma$  補正を行う。
- 3) また、ロット間に有意差があればそのロットを分けて解析する。
- 4) 回帰時はプロットの曲がりを確認し、必要があれば初期の1～数点はマスキングすることで分布の直線性がえられればマスキングした状態で予測値を算出する。

### 4. 予測時点でのデータでの検証

以上の結果は収束後の回帰から出した結論であり、実際に13ヶ月目で解析予測しているときのデータを使って上記結論が妥当か否か検証した。

3-5項で考察した手順に従い CHM を観察する。(図10参照)

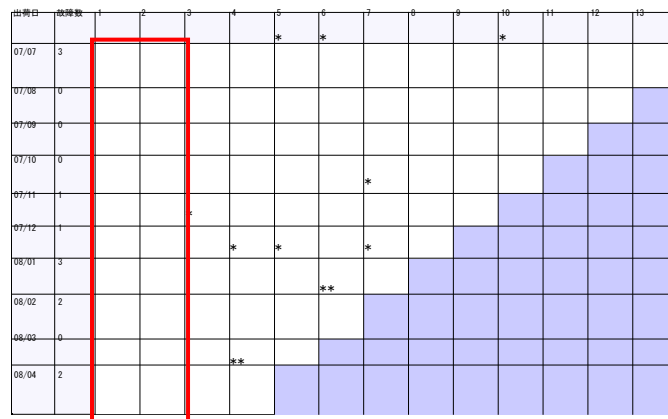


図 10. 予測時 CHM

図10のCHMより、既にこの時点でも2ヶ月以内の故障は発生しておらず、比較的早い時点で故障が発生していること、販売形態が代理店経由でタイムラグ想定されることから $\gamma$ 補正をすべきと判断される。

また、収束後に見られたロット間の違いはこの時点では明確に分かれておらず、残念ながらロットは分けられないと判断する。この点に関しては予測する際には毎月情報を更新して故障発生状況を観察することが必要と思われる。

以上より、 $\gamma$ 補正(-2)とプロットの曲がりから初期1点をマスキングして累積ハザード型ワイブル分布を回帰した結果を図11に示す。

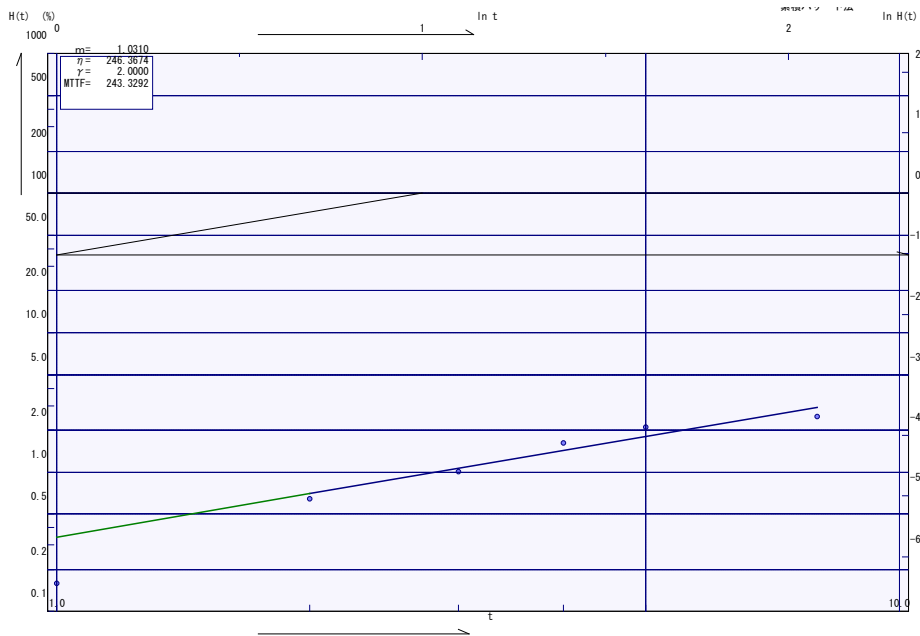


図11. ワイブル型累積ハザード紙 (修正版)

また、この回帰線 ( $m=1.03$ 、 $\eta=246.4$ ) から13ヶ月その後の予測値をプロットすると図12の通り。(破線が再予測値、□白抜きは収束後の経過月発生数)

13ヶ月経過の故障数が分析時より収束後の値で増えているのはCHMで分かるように13ヶ月経過したのは2007.7月生産のロットだけで2007.8月以下順次経過月数は1月毎減少し、収束時までこれらのロットで故障が生じたためである。

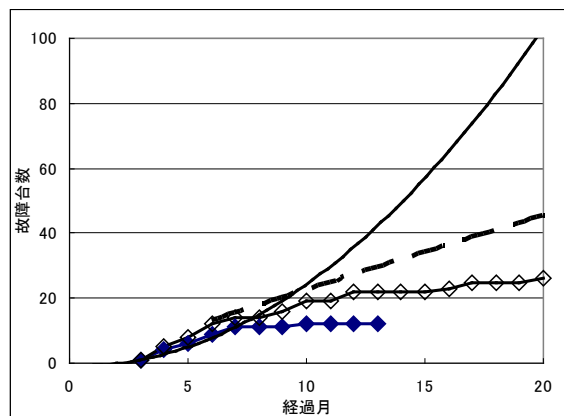


図12. 修正版による発生予測

この結果から、当初の予測に対して、故障発生数の予測は半分以下に低下し、収束後の結果との比較では12ヶ月経過までは近い値を示しているため、比較的一致した回帰ができていると考えられる。

しかしながら、その先発生数予測が乖離し始めるので、その後も継続して分析し修正していくことが重要と考えられる。

以下に13ヶ月以降3ヶ月ごとに回帰した結果の主要なパラメータの変化を表3に示す。経過月数が増えるに従ってmの値が低下し $\eta$ の値が増加しており、最終的には27ヶ月（収束後の回帰）に近づくものと考えられる。

	n	N	m	$\eta$	$\gamma$	MTT(B)F( $\mu$ )
予測時(13ヶ月)	6	623	1.031	246.4	2	243.3
16ヶ月	7	623	0.988	245.6	2	247.0
19ヶ月	8	623	0.912	354.1	2	369.9
22ヶ月	9	623	0.805	649.4	2	732.7
25ヶ月	10	623	0.766	845.1	2	989.7
収束時(27ヶ月)	11	623	0.724	1149.6	2	1411.4

表3. 経過月ごとの主要パラメータの変化

また、図4収束後のCHMを観察すると2008.1~2月の故障発生が他のロットと異なると判断できるのはこれらのロットが16~17ヶ月経過時点での故障発生によってであり、2007.7月で考えると24ヶ月経過時点となる。

そこで、24ヶ月経過時点で他のロットは収束し、2008.1~2月ロットだけで故障が発生すると考え、解析した結果 $m=0.706$ 、 $\eta=412.5$ となり、3-4項の分析とほぼ同じ値となった。この結果でこの先何台発生するか予測した結果、3ヵ月後までに2件、6ヵ月後までに3件とほぼ収束してきていると判断される。  
(実際には4ヵ月後に1件発生し、収束した)

## 5. 結論

以上の結果から、3-5.で示したとおり、故障数の予測をする上ではプロットの曲がり方を補正し、直線性を求めると大幅な乖離はなくなる。

しかしながら、予測なので乖離は発生するため、時間経過とともに再計算し修正していくことが必要である。

## 6. 謝辞

本文作成にあたり文教大学関先生をはじめとする日科技研信頼性事例研究会の皆様にご指導賜り心より感謝申し上げます。また日科技研長谷様には直接解析方法のご指導いただいたこと重ねて感謝いたします。ありがとうございました。

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>