

R-2022-RC-02

# 経験則に基づくハンドブック予測方法 による電子部品の故障率予測

— IEC/ TR 62380、FIDES、217Plus  
の解説と故障率予測計算例 —

2023年3月

一般財団法人 日本電子部品信頼性センター



# 経験則に基づくハンドブック予測方法による電子部品の故障率予測

## 目次

1. まえがき .....	1
2. 経験則に基づくハンドブック予測方法 .....	1
2.1 はじめに .....	1
2.2 故障に影響するストレスと故障モデル .....	6
2.2.1 温度（温度及び熱－電気的ストレス） .....	7
2.2.2 温度サイクル（熱－機械的ストレス） .....	8
2.2.3 相対湿度 .....	9
2.2.4 機械的ストレス（振動）の加速式 .....	10
2.2.5 化学的ストレス .....	10
2.2.6 誘導（オーバーストレス） .....	11
2.2.7 モデル間の比較 .....	12
2.3 使用環境ファクター .....	13
2.4 ミッションプロファイル .....	14
2.5 品質ファクター .....	20
2.6 習熟ファクター .....	21
参考文献 .....	23
3. IEC/TR 62380、FIDES 及び 217plus による各種電子部品の予測故障率の比較 .....	24
3.1 はじめに .....	24
3.2 各種モデルの特徴 .....	24
3.2.1 IEC/TR 62380 .....	24
3.2.2 FIDES モデル .....	24
3.2.3 217Plus .....	26
3.3 ミッションプロファイル .....	27
3.4 各種部品の故障率算出 .....	29
3.4.1 集積回路 .....	29
3.4.1.1 低消費電力 SRAM の例 .....	29
3.4.1.1.1 IEC/TR 62380 による故障率算出 .....	29
3.4.1.1.2 FIDES による故障率算出 .....	36
3.4.1.1.3 217Plus .....	42
3.4.1.1.4 IEC/TR 62380、FIDES 及 217Plus による故障率予測結果の比較 .....	47
3.4.1.2 ゲートアレー（0.3 $\mu$ m CMOS）－1.9Mgate, パッケージ 504pin pBGA .....	48
3.4.1.2.1 IEC/TR 62380 .....	48
3.4.1.2.2 FIDES を用いた故障率予測 .....	52

3.4.1.2.3	217plus を用いた故障率予測 .....	57
3.4.1.2.4	IEC/TR 62380、FIDES 及 217Plus による故障率予測結果の比較 .....	60
3.4.2	ダイオード .....	60
3.4.2.1	IEC/TR 62380 モデルによる故障率予測 .....	60
3.4.2.2	FIDES モデルによる故障率予測 .....	64
3.4.2.3	217Plus による予測 .....	69
3.4.2.4	IEC/TR 62380、FIDES 及 217Plus による故障率予測結果の比較 .....	74
3.4.3	低電力トランジスタ .....	74
3.4.3.1	IEC/TR 62380 による故障率予測 .....	74
3.4.3.2	FIDES による故障率予測 .....	78
3.4.3.3	217Plus による故障率予測 .....	83
3.4.3.4	IEC/TR 62380、FIDES 及 217Plus による故障率予測結果の比較 .....	87
3.4.4	コンデンサ .....	88
3.4.4.1	セラミックコンデンサ .....	88
3.4.4.1.1	IEC/TR 62380 による故障率予測 .....	88
3.4.4.1.2	FIDES による故障率予測 .....	91
3.4.4.1.3	217Plus による故障率予測 .....	96
3.4.4.1.4	IEC/TR 62380、FIDES 及 217Plus による故障率予測結果の比較 .....	101
3.4.4.2	タンタルコンデンサ .....	101
3.4.4.2.1	IEC/TR 62380 による故障率予測 .....	101
3.4.4.2.2	FIDES による故障率予測 .....	104
3.4.4.2.3	217Plus による故障率予測 .....	106
3.4.4.2.4	IEC/TR 62380、FIDES 及 217Plus による故障率予測結果の比較 .....	109
3.4.5	抵抗 .....	110
3.4.5.1	IEC/TR 62380 による故障率予測 .....	110
3.4.5.2	FIDES による故障率予測 .....	112
3.4.5.2	217Plus .....	116
3.4.5.4	IEC/TR 62380、FIDES 及 217Plus による故障率予測結果の比較 .....	121
3.5	まとめ .....	121
4	ISO 26262 における電子部品故障率の取り扱い .....	124
4.1	はじめに .....	124
4.2	ISO 26262 における電子部品故障率の取り扱い .....	124
4.2.1	ISO 26262-5:2018 (ハードウェアレベルにおける製品開発) .....	124
4.2.2	ISO 26262-10:2018 (ISO 26262 のガイドライン) .....	126
4.2.3	ISO 26262-11 : 2018 (半導体への ISO 26262 適用のガイドライン) .....	126
4.3	産業界のデータベースを用いた故障率計算方法と例 .....	134
4.3.1	対象の集積回路と使用環境条件 .....	134
4.3.1.1	対象の集積回路 .....	134
4.3.1.2	使用環境 .....	134
4.3.2	IEC/TR 62380 を用いた場合の故障率推定 .....	135
4.3.2.1	モデル式 (ISO 26262-11:2018 に記載有り) .....	136

4.3.2.2	接合温度.....	138
4.3.2.3	ダイ基礎故障率の計算.....	139
4.3.2.3.1	ミッションプロファイルを適用した場合.....	139
4.3.2.3.2	ミッションプロファイルを適用しない場合.....	140
4.3.2.4	パッケージの基礎故障率の計算.....	141
4.3.2.5	電氣的オーバーストレスによる故障率の例.....	144
4.3.3	SN 29500 (ISO 26262-11 に記載).....	145
4.3.3.1	半導体コンポーネントの計算例.....	145
4.3.3.2	非動作フェーズが無い半導体コンポーネントの計算例.....	148
4.3.3.3	非動作フェーズを考慮した半導体コンポーネントの計算例.....	149
4.4	ストレスプロファイルファクター $\pi_w$ .....	150
4.3.3.4	SN 29500 の全体の故障率をダイとパッケージの故障率に分離する方法.....	151
4.3.4	FIDES ガイド.....	151
4.3.5	各故障モデルによる比較.....	160
4.4	まとめ.....	160
5.	あとがき.....	162

## 経験則に基づくハンドブック予測方法による電子部品の故障率予測

### 1. まえがき

電気・電子システムにおいて、機能安全の概念が広がっている。機能安全の基本規格は、IEC 61508 ed.2:2010「電気・電子・プログラマブル電子（E/E/PE）安全関連系の機能安全」<sup>1)</sup>であり、自動車向けの機能安全規格は、ISO 26262「自動車—機能安全」<sup>2)</sup>である。これらの規格では、ハードウェアの安全度水準（SIL（Safety Integrity Level））（自動車の安全規格では ASIL（Automotive SIL））の算出が求められている。

SIL（ASIL）は、E/E/PE 安全関連系の当該安全機能に関する危険側故障率と定義されており、部品で用いる単純な故障率とは異なっている。すなわち、安全機能が喪失し、危険側になる確率である。SIL の評価方法では、電子機器の構成電子部品の故障率を基に算出している。

部品の故障率算出方法では、信頼性データやフィールドデータを基に算出する方が高精度で予測でき望ましいが、手元にデータが無い場合に、公表されている経験則に基づく故障率データ（ハンドブックやデータブックと呼ばれる）を基に算出せざるを得ない。このような経験則に基づくハンドブック予測方法（部品毎に、予め定められた故障率が記載されているハンドブックを用いる方法）は、1965年に発表された MIL-HDBK-217<sup>3)</sup>を先駆けとして多種類ある。その中で、機能安全規格で推奨されているモデルは、新しいハンドブック予測方法の IEC/ TR 62380<sup>4)</sup>や FIDES<sup>5)</sup>などである。

本稿では、新しいハンドブック予測である IEC/TR 62380、FIDES、及び 217Plus を中心に、そのモデルの概要と各種電子部品への適用例をまとめる。

### 2. 経験則に基づくハンドブック予測方法

#### 2.1 はじめに

電子機器を構成する電子部品の故障率予測方法には、表 2.1 に示すような各種方法があり、それぞれ長短がある。

表 2.1 各種故障率予測方法

	方法	概要
1	試験又はフィールドデータからの予測	対象製品（改良製品や在庫製品を含む）の社内試験データやフィールドデータから推定する。  長所： 正確な予測可能      短所： データ取得が困難
2	類似製品データに基づく予測	類似製品の試験データやフィールドデータより予測。 類似性が低い場合は、得られている部品や回路の故障率を参考に予測。  長所： ある程度の正確な予測可能 短所： データ収集、解析が幾分困難
3	経験則に基づくハンドブック予測	過去の部品レベルのフィールドデータや試験データを基に導出した経験則による予測。  MIL-HDBK-217、217Plus、IEC/TR 62380 など