目　　次

シリーズ刊行にあたって …… i
まえがき …… iii

第1章　序　　論 …… 1

第2章　故障解析とは …… 5
2.1　はじめに …… 5
2.2　故障解析の定義 …… 6
2.2.1　アイテム――ミクロとマクロ解析 …… 7
2.2.2　潜在的と顕在的――事前・事中・事後解析 …… 10
2.2.3　メカニズム，発生率，故障の影響――質的と数量的解析 …… 10
2.2.4　是正処置と系統的調査研究 …… 11
2.3　故障メカニズム …… 13
2.3.1　現実に起こっている故障 …… 13
2.3.2　信頼性を阻害する要因 …… 14
2.3.3　故障メカニズムと諸要因 …… 15
2.3.4　故障メカニズムと故障モード …… 18
2.4　故障物理のモデル …… 22
2.4.1　可逆変化と不可逆変化 …… 23
2.4.2　限界モデルと耐久モデル …… 24

2.4.3 エネルギーと変化 ……25
2.4.4 ストレス-強度モデル……29
2.4.5 反応論モデル ……30
2.4.6 累積損傷モデル ……33
2.4.7 最弱リンクモデル ……35
2.4.8 束モデル ……36
2.4.9 マーフィの法則 ……38
2.5 故障解析の手順……38
2.5.1 ミクロ解析の例(電子デバイス・部品の場合) ……40
2.5.2 マクロ解析の例(航空機の事故調査) ……41
2.5.3 解析の実施とコスト有効性 ……44

第3章 故障解析法 ……47
3.1 はじめに ……47
3.2 非破壊的方法……48
3.2.1 外観検査 ……49
3.2.2 電気的試験 ……51
3.2.3 断続動作試験 ……53
3.2.4 内部検査 ……56
3.2.5 加熱 ……57
3.2.6 化学的洗浄 ……59
3.2.7 放射線写真検査 ……61
3.2.8 パッケージリーク試験 ……62
3.2.9 微片検出試験 ……64
3.2.10 露点試験 ……66
3.2.11 表面温度分布測定 ……66

3.3 半破壊的方法……71
3.3.1 パッケージの開封，樹脂のはく離 ……71
3.3.2 イオン汚染物の検査 ……76
3.4 破壊的方法 ……78
3.4.1 断面作製 ……78
3.4.2 化学分析 ……85
3.4.3 機器分析 ……89
3.4.4 化学エッチング ……97
3.4.5 表面形状測定 ……98
3.4.6 機械的破壊試験 …… 101
3.5 総合的評価と対策 …… 103

第4章 故障解析の事例と応用 …… 105
4.1 はじめに …… 105
4.2 電子系の故障解析 …… 105
4.2.1 ツェナーダイオードの故障解析 …… 109
4.2.2 パワートランジスタの熱疲労寿命 …… 111
4.2.3 SEM電圧コントラスト像による故障解析…… 113
4.2.4 低エネルギー電子線SEMによるLSIの故障解析 …… 116
4.2.5 開閉接点の塵埃による接触不良の解析 …… 118
4.2.6 シリコーン汚染による接触不良現象の解明 …… 120
4.2.7 短絡原因の解明 …… 122
4.2.8 開放原因の解明 …… 125
4.2.9 特性劣化原因の解明 …… 133
4.3 機械系の故障解析…… 140

4.3.1 フラクトグラフィによる破壊事故の原因調査 …… 140
4.3.2 ハイポイドギヤの破壊 …… 141
4.3.3 タイプライタ部品の破損解析 …… 144
4.4 工程管理への応用 …… 145
4.4.1 半導体における表面計測技術 …… 146
4.4.2 工程 FMEA …… 153
4.4.3 微小部分多層メッキ厚管理 …… 155
4.4.4 液体中の微粒子測定 …… 160
4.5 事中解析——設備異常の予知と診断 …… 162
4.5.1 設備診断の一般的方法 …… 162
4.5.2 構造物のクラック発生の予測 …… 165
4.5.3 FMEA の応用 …… 168
4.6 その他の事例(安全性への応用) …… 168

第5章 資 料 …… 171
5.1 はじめに …… 171
5.2 故障の定義 …… 171
5.3 IEC Pub. 362(1971)信頼性・保全性およびアベイラビリティに関するフィールドデータ収集ガイド要約 …… 174
5.4 MIL-STD-883, T5003 マイクロサーキットの故障解析の目的と手順の要約 …… 178
5.5 EXACT のデータシート …… 181
5.6 各種解析装置について …… 181
5.7 故障解析用小道具について …… 191
5.8 関連規格と文献 …… 209

参考文献 …… 236
索 引 …… 240