

組込みソフトウェアの
テストエンジニア
育成ハンドブック

Ver. 1.00.00

株式会社クオリティ・エージェント編

目 次

1.	はじめに	1
1.1	組込みソフトウェアとは.....	1
2.	組込みソフトウェアの現状	3
2.1	組込み関連産業生産額	3
2.2	組込みソフトウェア技術者数	5
2.3	組込みソフトウェア開発規模	6
2.4	組込みソフトウェアの人員構成	8
2.5	不具合の発生状況	10
2.6	求められる人材.....	11
2.7	調査結果を振り返って	13
3.	テストって何だろう?.....	15
3.1	バグの無いソフトウェア.....	16
3.2	テストは創造的な仕事	17
4.	ソフトウェアの品質とは?	19
4.1	ISO9126-1/JIS X 0129-1	20
4.1.1	品質モデル.....	23
4.1.2	品質特性と品質副特性	25
5.	ソフトウェア開発プロセス	31
5.1	単体テスト	33
5.2	結合テスト	34
5.3	システムテスト.....	34
5.4	受け入れテスト.....	34
6.	テスト手法	35

6.1	ホワイトボックスのテスト手法	35
6.1.1	制御パステスト	36
6.1.2	データフローパステスト	43
6.1.3	状態遷移パステスト	45
6.1.4	静的テストツール	47
6.2	ブラックボックスのテスト手法	48
6.2.1	同値分割	49
6.2.2	境界値分析.....	50
6.2.3	デシジョンテーブルテスト	52
6.2.4	原因結果グラフテスト.....	54
6.2.5	統計的操作テスト	56
6.2.6	エラー推測.....	57
6.3	システムテスト.....	57
6.3.1	ストレステスト	57
6.3.2	パフォーマンステスト	58
6.3.3	ユーザビリティテスト.....	59
6.3.4	セキュリティテスト	60
6.4	受け入れテスト.....	60
6.4.1	ユーザー受け入れテスト	61
6.4.2	運用受け入れテスト	61
6.4.3	契約受け入れテスト／規定受け入れテスト	62
6.4.4	アルファテスト／ベータテスト.....	62
6.5	その他のテスト.....	63
6.5.1	リグレッションテスト.....	63

6.6	テストの自動化について.....	64
7.	テスト計画	66
7.1	IEEE 829	66
7.2	テスト計画書記載事項	67
7.2.1	テスト計画書識別番号 (Test Plan Identifier)	68
7.2.2	参照 (References)	68
7.2.3	はじめに (Introduction)	69
7.2.4	テスト項目 (Test Items)	69
7.2.5	ソフトウェアのリスクについての課題 (Software Risk Issues)	69
7.2.6	テストすべき機能 (Features to be Tested)	70
7.2.7	テスト不要な機能 (Features not to be Tested)	70
7.2.8	アプローチ (Approach)	71
7.2.9	テスト項目の合否判定基準 (Item Pass/Fail Criteria)	71
7.2.10	一時停止基準と再開要件 (Suspension Criteria and Resumption Requirements)	71
7.2.11	テスト成果物 (Test Deliverables)	72
7.2.12	残テストタスク (Remaining Testing Tasks)	72
7.2.13	実行環境 (Environmental Needs)	72
7.2.14	人員計画とトレーニング (Staffing and Training Needs)	73
7.2.15	責任 (Responsibilities)	73
7.2.16	スケジュール (Schedule)	74
7.2.17	プランニングリスクとその対策 (Planning Risks and Contingencies)	74
7.2.18	承認 (Approvals)	74

7.2.19	用語 (Glossary)	74
8.	バグ管理	75
8.1	バグ管理の目的	75
8.2	バグ管理の流れ	75
8.2.1	バグ発見	75
8.2.2	再現確認	76
8.2.3	別の手順や状況での確認	76
8.2.4	バグ報告作成	77
8.3	バグ報告の内容	77
8.4	バグのライフサイクル	79
8.5	バグトラッキングシステム	80
9.	品質管理	81
9.1	バグ管理図	81
9.2	チェックすべきポイント	82
9.2.1	試験進捗が遅れている場合	83
9.2.2	バグ検出件数が計画値よりも少ない場合	84
9.2.3	バグ検出数が計画値を超過した場合	85
9.2.4	未対処バグが増加傾向にある場合	86
9.2.5	バグが収束していない場合	86
9.3	メトリクス	87
9.3.1	重要度の高いバグ	88
9.3.2	機能別	89
10.	よくあるバグについて	90
10.1	ユーザーインターフェイス	90
10.2	例外処理	90

10.3	境界値	91
10.4	限界値	92
10.5	計算処理	93
10.6	初期化処理	93
10.7	処理の流れ	94
10.8	データ処理	94
10.9	競合状態	94
10.10	負荷状態	95
10.11	ハードウェア	95
11.	最後に	96
付録 1.	参考資料	98

1. はじめに

最近、ソフトウェアテストに対する意識の高まりを感じています。ソフトウェアテストに関する雑誌や書籍もたくさん出版されるようになり、ソフトウェアテストに関するシンポジウムが出来たり、テストエンジニアの資格試験や検定が出来たりと、組込みソフトウェアに限らず、ソフトウェア業界全体が、ソフトウェアテストに対する認識が高まってきているのではないのでしょうか？

実際には、ソフトウェアテストというよりも「**ソフトウェアの品質を高める**」ことが重要視されていると思うのですが、その中のひとつとして、ソフトウェアテストというものの重要性を、多くのソフトウェア開発会社で感じているのだと思います。

特に、組込みソフトウェアでは、機器を制御するという性格上、ソフトウェアのバグが発生したときの影響が大きくなるが多いため、どうしても品質の高いソフトウェアを求められることが多くなります。しかし、昨今のソフトウェア開発の現場では、大規模化、高機能化や短納期化が進んでいるため、短期間でソフトウェアの品質を高めていかなければいけません。もちろん、ソフトウェアテストだけで解決するものではありませんが、テスト自体も、その短期間のうちに実施しなければいけないことも多いため、より効果的にテストを行っていかねばいけないのです。

本書では、初めてソフトウェアテストに接する人を対象に作成しています。このため、ソフトウェアテストについての基本的なことを分かり易く理解していただけるよう、出来る限り、平易な言葉と具体的な表現での解説を心がけました。もちろん、すでにテストエンジニアとして活動している方にも、基本をしっかりと再確認することの出来るように心がけたつもりです。

また、タイトルには「組込みソフトウェア」という言葉を使っていますが、テスト技法などを含めて、その多くはソフトウェア全般にも共通する内容となっています。ただ、その中でも、組込みソフトウェア特有と考えられる点多々ありますので、そのあたりについても、本書の中で解説していきたいと思っています。

少し具体的な内容が足りないかも知れませんが、組込みソフトウェアのテストを行うときの「**気づき**」を与えられればと思っています。

1.1 組込みソフトウェアとは

皆さんは、組込みソフトウェアを、ご存知でしょうか？

現在の世の中には、たくさんのコンピュータが存在しています。コンピュータと言えば、パソコン（パーソナルコンピュータ）を想像する方も多いと思いますが、それだけではないのです。

私たちの身の回りにある携帯電話やテレビ、デジタルカメラなどの家電製品、自動

車やバイク、電車などの乗り物、多くの産業機器などにもマイクロコンピュータ（マイコン）と呼ばれる小さなコンピュータが組み込まれています。

この組み込まれた特定の機能を提供するためのコンピュータシステムを組み込みシステムと呼び、この組み込みシステム上で動作するソフトウェアを組み込みソフトウェアと言います。



この組み込みソフトウェアという言葉は、一般的には、あまり聞きなれない言葉なのですが、日常生活をより便利にし、日本における産業の国際的な競争力を支えている重要なソフトウェアなのです。

例えば、携帯電話で電話をかけることやメール送受信が出来ることも、デジタルカメラで写すことや画像を保存することが出来るのも、テレビが映像を映し出すことも、テレビにDVDやビデオなどの他の機器を接続して動作させることも、自動車が動いたり、止まったりすることも、これらの動作は、すべて組み込みソフトウェアが制御しているからなのです。

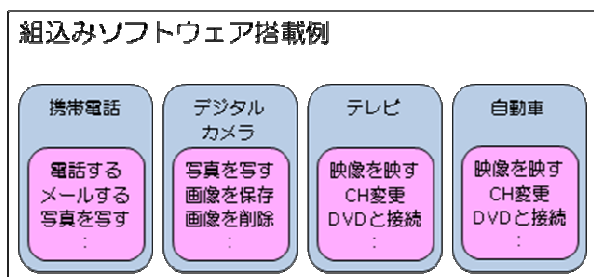


図 1 組み込みソフトウェア搭載例

このように、普段あまり意識することはありませんが、私たちの生活を取り巻く製品には、さまざまな組み込みソフトウェアが搭載されており、いまや私たちの生活に無くてはならないもの、それが組み込みソフトウェアであると言っても過言ではありません。

2. 組込みソフトウェアの現状

組込みソフトウェアが、様々な機器に組み込まれていることは分かったと思いますが、その組込みソフトウェア業界の状況は、どのようになっているのでしょうか？

経済産業省では、2004年度より組込みソフトウェアの開発力の推進に取り組んでおり、その中で、2004年10月に「独立行政法人情報処理推進機構（IPA）」内に、ソフトウェアエンジニアリングセンター（SEC）を発足させ、組込みソフトウェアの開発力強化に向けての様々な活動を行っています。その活動のひとつとして、毎年、国内外の組込みソフトウェア開発を行う企業を対象として、組込みソフトウェア産業実態調査を行っています。この章では、その産業実態調査の結果をもとにして、組込みソフトウェアの現状を見ていきたいと思います。

2.1 組込み関連産業生産額

下図は、国内総生産額と組込み産業生産額の推移を示しています。

組込み関連の産業は、対前年比で4.34%増加の69.6兆円となっています。国内総生産額に占める割合自体も、前年度比3.05%増の13.5%まで増加してきています。



図 2 国内総生産額と組込み産業生産額の推移

「1.1 組込みソフトウェアとは」でも説明させていただいたように、組込み製品は、家電製品や産業機器など日本の産業自体を支えるものばかりです。2009年度の組込

みソフトウェア産業実態調査結果は、少なからず昨今の不況の影響が出てくるのではないかと心配をしていましたが、調査対象となる年度が、2007年の会計年度を対象としているため、組込み産業生産額は増加しているようですね。

ただ、2009年度版の調査内容では、この不況を反映した質問がいくつか出ていました。この質問は、事業責任者に対し、2009年3月以降の事業環境が、どのように変化していくと思うのかというものです。

2009年3月以降の見通しとして、売上げ、収益、取引価格、受注引合いなどの項目で、減少傾向にあると見ている事業責任者が多いことが分かっています。ただ、確かに売上げ等が減少傾向にあるかも知れないのですが、この後に説明する「2.2 組込みソフトウェア技術者数」では、不足率が改善されてきてはいるものの、まだまだ技術者不足の状況は変わっていません。それだけに、今からでも、キチンとした基礎知識や基礎技術を身につけておきたいところですね。

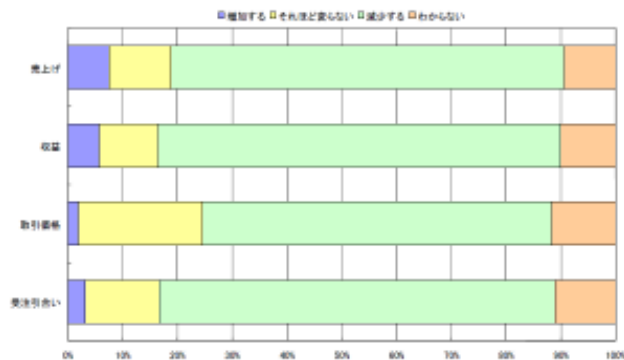


図3 今後の事業環境について(2009年3月以降)

さて、少し話が脇道に逸れてしまったので、元に戻しましょう。

下図は、組込み製品全体の開発費と組込みソフトウェア開発費の推移です。



図4 組込み製品開発費と組込みソフトウェア開発費の推移

組込み製品開発費に対するソフトウェア開発費の割合が、2004年の36.3%から実

に12.7%も増加し、49%まで組み込みソフトウェア開発費が占めるまでになっています。つまり、組み込み製品のほぼ半分の開発費用が、組み込みソフトウェア開発に使われているのです。これを見ると、組み込み製品の機構部分での発達よりも、組み込みソフトウェアでの制御へ移っているか、もしくは、何らかの問題等の発生によって、組み込みソフトウェアの開発費用が増大しているのかも知れませんね。

2.2 組み込みソフトウェア技術者数

組み込みソフトウェア産業の規模拡大に伴い、そこに従事する人材も急速に拡大してきており、更には、その技術者不足が問題となってきています。下図は、組み込みソフトウェア技術者の現状人数と不足人数推移です。従業者数は、調査開始時の2004年度14.9万人から2009年度の25.8万人とおよそ1.73倍に増加し、技術者不足数は、2005年度7.1万人から2007年度の9.9万人をピークに、2009年度は6.9万人となっています。2007年度の9.9万人からは減少してはいるものの、それでも不足率26.9%の6.9万人も足りない状況にあります。



図 5 組み込みソフトウェア技術者数（現状人数と不足人数）の推移

この不足している技術者のうち、エントリレベルの技術者の不足率が20.5%であるのに対し、ハイレベルの技術者の不足率は38.4%となっています。要は、求めている人材は、エントリレベルの人材ではなく、より高度な知識や技術を持っている必要があるということになります。

求められているレベル	不足率
ハイレベル	38.4%
ミドルレベル	25.3%
エントリレベル	20.5%

こうした技術者不足、スキル不足により、組込みソフトウェアの品質面にも影響が出る可能性はあるかも知れませんね。

2.3 組込みソフトウェア開発規模

さて、ここでは、組込みソフトウェアの開発規模を見てみましょう。

下図は、組込みソフトウェアの全行数（新規開発と既存の合計）です。2008年度の調査結果では、平均284万行となっていたため、昨年度に比べると2009年度の平均は減少しています。しかし、それでも、平均で181万行もあります。

また、1000万行以上の組込みソフトウェアも2.8%も存在しています。これだけの開発規模の組込みソフトウェアとしては、トヨタのレクサスなどの高級自動車がある有名ですが、データでは、このような組込みソフトウェアが、2.8%もあるということです。ですので、もはや組込みソフトウェアは、かなりの大規模なソフトウェア開発言っても良いかも知れませんね。

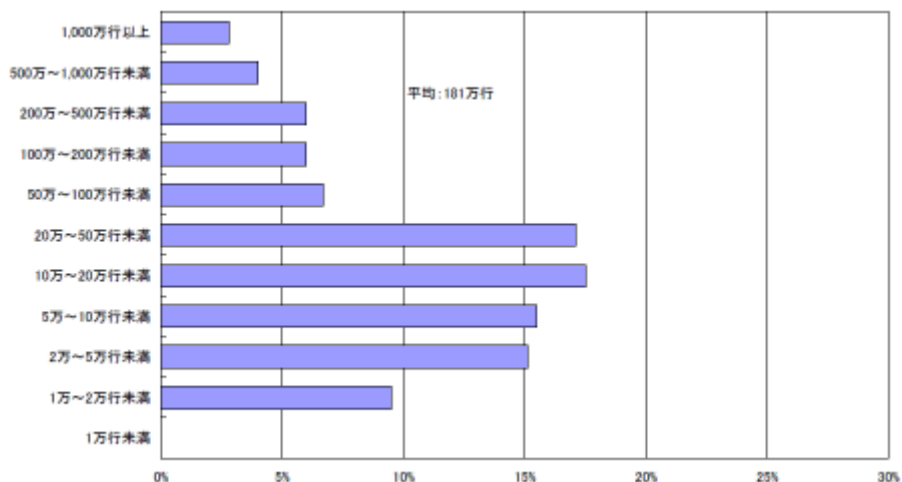


図 6 全行数（新規開発と既存の合計）

さて、ここには掲載していませんが、実態調査結果の中には、新規開発規模も掲載されています。その新規開発規模は、平均で21.7万行となっており、単純には言えませんが、数字だけを見ると、10%強の新規開発のコードを含んだ大規模なソフトウェア開発が行われていることとなります。

100万行を超えるような大きなプログラムでは、当然一人で作業出来る訳ではありません（「図 7 プロジェクト現状人数規模（社内+社外）」も参照してみてください）ので、必然的に、そのプロジェクトをマネジメントする必要が出てきますし、新規開発を行う際にも、既存部分への影響を十分に考慮した上でのしっかりとした設計が求