

ソフトウェアの品質改善

Improvement of Software Quality

堀内 明

HORIUCHI Akira

Software failure has caused more than inconvenience. Software errors have caused fatalities. The causes have ranged from poorly designed user interfaces to programming errors. An aggregated measure of software quality can be computed through a qualitative or a quantitative scoring scheme or a mix of both and then a weighting system reflecting the priorities. A number of agile methodologies use testing early in the development cycle to ensure quality in their products. For example, the test-driven development practice, where tests are written before the code they will test, is used to ensure quality.

1. はじめに

家電製品や自動車など多くの製品にはソフトウェアが組み込まれている。水道や交通などの社会インフラもソフトウェアに依存している。このようにソフトウェアへの依存度が高まるにつれ、ソフトウェアの品質問題が多発し、社会問題化している。

携帯電話には、電子メール、画像処理、動画再生、住所録管理など多くの機能があり、組み込みソフトウェアによって実現されている。自動車にも、多くの組み込みソフトウェアが搭載されている。数多くの車載コンピュータが協調して動作し、燃費や安全性の向上を目指している。

組み込みソフトウェアに欠陥があるとリコールが発生するケースが多い。携帯電話、自動車、医療機器など多くの製品においてリコールが発生している。2001年に発生した携帯電話の回収は、大きく報道された。自動

車ではエンジンやブレーキに関する不具合によりリコールが発生している。

組込みシステムは、機構部分、電子部品、ソフトウェアからなるシステムであるが、総務省平成 26 年度統計調査によると、それらを担う技術者数は約 38 万人と推定されている。そのなかで、約 46%にあたる約 17 万人が組込みソフトウェア技術者である。開発費をみると、組込みソフトウェアの開発費は全開発費の約 41%を占める。技術者数、開発費などのコスト面で約 4 割を占める組込みソフトウェアであるが、製品出荷後の不具合の原因においても不具合件数の約 34%をソフトウェアが占めている。ハードウェアの不具合が約 23%、製品仕様の不具合が約 22%、その他の不具合が約 21%となっており、製品出荷後の不具合の原因のトップとなっている。

製品の機能が組込みソフトウェアによって実現されることにともない、ソフトウェアの設計開発の特性が製品の設計開発プロセスの中に絡んできたため、人材育成、品質管理等の面で改革が必要となってきたのである。組込みソフトウェアの不具合は、世界規模で多くの利用者に損害を与えることになり、製造メーカーの責任は厳しく問われている。

ソフトウェアのミスは、ソフトウェア開発工程のさまざまな領域で発生する。コード記述時のミスが代表的であるが、設計段階、プロジェクトマネジメントなどにおいても発生する。ミスが発生するのは不可避であり、そのいくつかがソフトウェアの欠陥に結びついている。このような認識から、ソフトウェア開発者は、欠陥を取り除くことに集中し、利用者に影響がでないように動作テストに労力を投入している。

しかし、欠陥予防で重視することは、より効率のよい方法によりソフトウェアの欠陥を取り除くことである。欠陥予防とは、ソフトウェアに欠陥が混入した後、動作テストにより欠陥を検出するだけではなく、欠陥が混入することを防ぐことに焦点を合わせている。さまざまな技法に

よりソフトウェア開発のプロセスを改善すれば、ソフトウェアの欠陥を減少させることができるのである。

動作テストにより、多くの欠陥を検出できる可能性があり、さまざまな技法も用意されている。しかし、この方法では存在する欠陥を特定することはできるが、他でも発生しうる類似の欠陥を予防することはできない。

不具合が発生する前に欠陥混入を予防するためには、ソフトウェアレビュー、ソフトウェアインスペクションなど、プログラムが動作しない段階でソフトウェアの欠陥、不具合、問題を発見するための静的解析が必要である。静的解析はソフトウェアテストに先立って実施される。ソフトウェアレビュー、ソフトウェアインスペクション、およびその周辺技術のことを欠陥予防¹⁾と呼んでいる。ウォーターフォールモデル型の開発では、上流工程において実施されるため、欠陥予防は上流品質向上活動と位置づけられている。

2. 組込みソフトウェアに関する不具合発生事例

組込みソフトウェアに関しては、医療機器、家電、自動車において多くの不具合が発生している。公表された不具合事例を以下に示す。

(1) 不具合事例 1²⁾

株式会社ジェイ・エム・エスは、「JMS 個人用透析装置」について、透析前洗浄時に実施される自己診断が開始されず、装置が停止したままになっていたとの情報を医療機関より受領した。発生時の状況を確認したところ、ソフトウェアの不備により特定の状態で停電が発生し、その後復旧して上記事象が発生することが判明したため、同社は改修を実施するとした。

(2) 不具合事例 2³⁾

ゼオンメディカル株式会社が出荷した「ゼメックス IABP コンソー

ル 908」の使用中に、断続的なアラーム音が発生してモニタ上に CPU の異常を示す表示がなされ、駆動が停止したとの報告を受領した。調査の結果、アラーム信号を伝達するソフトウェアに起因して、使用されていたバルーンカテーテル内圧力の異常を検知した後のアラームが CPU の異常を示すアラームへ移行したことが原因と判明したため、同社は回収を行うこととした。

(3) 不具合事例 3⁴⁾

日本シグマックス株式会社は、「ミネライザー」について、納入先医療機関より「骨密度の測定結果が年代別の平均値を下回ることが少ない」との申し出を受け、当該機器の内部データと実際に測定されたデータの検証を行ったところ、被験者の骨密度を判定するためのデータベースに使用した演算式と実際の測定結果を出力する際に使用する演算式に相違があることを確認した。骨密度判定の基準値と測定結果が同期していないため、被験者の骨密度の測定結果が不正確に出力される傾向があるとして、同社は改修を行うこととした。

(4) 不具合事例 4⁵⁾

シーメンス旭メディテック株式会社が販売した「オンコア インプレッション プラスシステム」において、モニター画面に表示されたポータル画像に対して操作を行った場合、ポータル画像が視覚的に変化することがあり、視覚的に変化したポータル画像の修正を行うと、表示されているオフセット値が不正確となる場合のあることが判明した。不正確なオフセット値に基づいて患者の位置決めを行うと、誤った部位に対して放射線の照射が行われるため、同社は改修を実施するとしてした。

(5) 不具合事例 5⁶⁾

KDDI 株式会社は、「CA003」について以下の不具合を改善するた

め、最新のソフトウェアの提供を開始した。

- ① カメラ撮影時に、電源がリセットする場合がある。
- ② 音声通話時に相手の声が聞きとりにくい場合がある。

(6) 不具合事例 6⁷⁾

東芝メディカルシステムズ株式会社は、超音波診断装置「APLIO ARTIDIA SSH-880CV」において FLEX-M モードおよびアノテーション機能使用時に以下の問題が発生することが判明したため、改修を実施するとした。

- ① FLEX-M モードで保存した画像を読み出し、Exam Review 上で計測すると、Mモード画像上の計測において誤った値が表示される場合がある。
- ② アノテーション機能にて、タッチパネル上のスイッチを押すと、スイッチ名と異なるコメントが画面上に表示される。

(7) 不具合事例 7⁸⁾

GE ヘルスケア・ジャパン株式会社が出荷した「汎用超音波画像診断装置」において、リニアプローブを使用し、2D 画像で CRI をオンにして、パルスドプラモードをアップデートモードに設定した場合に、ドプラの角度補正を使用すると、流速スケールが正しく表示されず、30～60%の範囲で流速が過小評価されることが判明した。同社は改修を実施するとした。

(8) 不具合事例 8⁹⁾

「生化学自動分析装置 CA-400 plus」は遠心分離した全血から HbA1c%を測定する機能において、Hb と HbA1c を測定し、その結果を演算して HbA1c%を出力するが、Hb または HbA1c が異常値となった場合に測定結果を出力すべきではないところ、正常値として出力してしまうという不具合が判明した。製造・販売元の古野電気株式会社は改修をするとした。

(9) 不具合事例 9¹⁰⁾

東芝メディカルシステムズ株式会社は、超音波診断装置「XARIOXG SSA-680A」において、体腔内プローブを用いたボリューム画像およびボリューム画像から生成される断面像が左右反転するという問題が判明したため、改修を実施するとした。

(10) 不具合事例 10¹¹⁾

クラリオン株式会社は、パーソナル ナビゲーション デバイス「DTR-P7DT」の一部ロットにおいて、製造工程上のミスにより地点登録等の際に漢字変換ができない不具合のあることが判明したとして、ソフトウェアのアップデートを行うよう呼びかけている。

(11) 不具合事例 11¹²⁾

台湾において、米国 Haemonetics 社製「Mobile Collection System plus Model 9000」使用中に、ACD ポンプが故障により誤動作を起こし、供血者に対して一過的に ACD 投与され、中程度のクエン酸中毒症状を起こすという事例が発生した。装置のハードウェアの安全機構である安全ボードは、本来ポンプ停止中の返血時にはポンプの動作を監視しておらず、ポンプの誤動作を止められなかったことから、同社は同系列の装置である国内の CCS を対象として、停止中のポンプを監視するよう安全ボードのポンプエンコーダのソフトウェア改良を行うこととした。

(12) 不具合事例 12¹³⁾

東芝メディカルシステムズ株式会社は、「東芝スキャナ Aquilion TSX-101A」のオプションソフトウェアである脳血流解析システムにおいて、ソフトウェアの問題により正しい解析結果が得られないという問題があることが判明したため、改修を実施するとした。

(13) 不具合事例 13¹⁴⁾

KTM JAPAN 株式会社は、「690 ENDURO-R」について、速度計のソフトウェアが不適切なために、速度計の配線またはバッテリーの配線を外す作業を行った場合、速度計に実際の速度より速い数値が表示される恐れがあるとして、国土交通省にリコールを届け出た。

(14) 不具合事例 14¹⁵⁾

GE 横河は、特定のソフトウェアのバージョンにおいて、ソフトウェアの不具合のため、特定のパルスシーケンスを使用した場合、位相エンコードの方向設定によっては得られる画像が左右方向に反転し、左右方向を表示する付帯情報とも一致しない場合のあることが確認されたため、改修を行った。

(15) 不具合事例 15¹⁶⁾

富士フィルム株式会社は、1件前に処理した画像データがコンソールに誤送信され、処理待ちのメニューに入力・表示されるという不具合が発生したため、ソフトウェアを改修した。この不具合は、二つの要因が重なった場合に限り、極めて稀に発生する。

(16) 不具合事例 16¹⁷⁾

米 Segway は、同社が発売した乗用電動 2 輪車「Segway Personal Transporter」を、全数リコールすると発表した。ソフトウェアを改修する。リコール対象の Segway PT は、ソフトウェアの不具合により、走行中にタイヤが逆回転することがあり、乗員が落下するおそれがある。この現象は、スピード制限機能が働き Segway PT が後ろに傾いたときに、乗員がいったん降り、すぐに乗り直したときに起こる。

(17) 不具合事例 17¹⁸⁾

エンジン制御コンピュータのプログラムが不適切なため、高温多湿かつエアコン作動中に、低速走行からアクセルペダルを放し減速すると、エンジンが停止することがある。フォルクスワーゲン

グループ ジャパン株式会社は、対象となるプログラムを書き換えることとした。

(18) 不具合事例18¹⁹⁾

ドレーゲル・メディカルジャパン株式会社は、ソフトウェアバージョン 1.10 がインストールされている「オキシログ 3000」について、ソフトウェアの不具合により特定の設定にした場合にのみ、約 5 秒間換気が中断あり、気道内圧がゼロまで低下してアラームを発生する可能性があることが判明したため、修正済みソフトウェアによる改修をおこなった。

(19) 不具合事例19²⁰⁾

日本電気株式会社は、「IP 電話対応機器」に関して、ソフトウェアの一部に不具合があり、電源投入後約 6 年 9 ヶ月の間連続して利用すると、電話の発着信ができなくなることが判明したため、ソフトウェアのバージョンアップをお願いしている。

(20) 不具合事例20²¹⁾

ソフトバンクモバイル株式会社は、下記の不具合改善のため、ソフトウェアアップデートのお願いをしている。

- ① 電源を入れた際、ごく稀に「SoftBank」ロゴ画面表示のまま、待ち受け状態にならない場合がある。
- ② 操作していないにもかかわらず、携帯電話機の使用時間が短くなる場合がある。

(21) 不具合事例21²²⁾

株式会社秋田ケーブルテレビは、下記の不具合改善のため、新バージョンのソフトウェアダウンロードをお願いしている。

- ① 予約録画が実行されないことがある。
- ② 予約録画で録画開始後、時間が経過するとブラックアウトが発生することがある。

③ 電源オフからの予約実行で、失敗することがある。

(2 2) 不具合事例 2 2^{2 3)}

株式会社フィリップスエレクトロニクスジャパンは、装置付属「リモートコントロール」での操作に限り、システムが停止する可能性のあることが判明したため、ソフトウェアの改修を行った。

(2 3) 不具合事例 2 3^{2 4)}

ベックマン・コールター・バイオメディカル株式会社は、自動輸血検査装置において、複数のエラー条件が同時に発生した場合、装置の停止直前に測光を終了したプレートの 1 検体目の測定結果が、次に測光部に移動してきたプレートの 1 検体目の測定結果で上書きされてしまうという不具合が判明したため、改修を行った。

(2 4) 不具合事例 2 4^{2 5)}

東海道新幹線品川駅に設置している自動券売機の一部で、東京駅用の画面が表示されたため、品川駅から乗車する利用者が東京駅発のきっぷを購入し、運賃・料金を過大に収受した恐れがあることが判明。該当者に差額を払戻す。2013/10/17 20:30 頃より、東海道新幹線品川駅北口きっぷうりば内に設置の自動券売機(6 台)で、主な乗車駅を「東京駅」と表示し、品川駅等その他駅から乗車の場合には別の操作が必要となる画面を表示した。自動券売機のソフトウェアを所有・管理する鉄道情報システム(株)が、10/17 に同社内で行ったソフトウェアの改修作業に誤りがあり、東海道新幹線品川駅の一部の自動券売機に誤ったソフトウェアが配信された。

(2 5) 不具合事例 2 5^{2 6)}

「BMW 320d」のエンジン コントロール ユニット(排気ガス再循環装置)に不具合が判明したことから、国土交通省にリコールを届け出た。エンジン コントロール ユニットのソフトウェアが不適切なため、排気ガス再循環装置(EGR)バルブが適切に開かない。その結

果、窒素酸化物の排出量が基準値を超えてしまう。

(26) 不具合事例 26²⁷⁾

シトロエン「DS5」の電気装置(ボディ電装品制御ユニット)に不具合が判明したことから、国土交通省にリコールを届け出た。ボディ電装品制御ユニットのソフトウェアが不適切なため、エンジンを始動させようとした際に、ステアリングロック解除の信号を受けてもエンジン始動に必要な信号を当該ユニットが発せず、エンジンが始動しないことがある。

(27) 不具合事例 27²⁸⁾

BMW C600S」及び「BMW C650GT」のメーターパネル(ソフトウェア)に不具合が判明したことから、国土交通省にリコールを届け出た。メーターパネル制御ユニットのソフトウェアが不適切なため、バッテリー電圧が低下している状態でイグニッションオフまたはオンの操作を行うと、メーターパネル表示の作動不良やエンジン始動不能となる恐れがある。

(28) 不具合事例 28²⁹⁾

5 車種の後写鏡等(直前直左確認装置)、及びかじ取り装置(パワーステアリング制御システム)に不具合が判明したことから、国土交通省にリコールを届け出た。不具合は以下の3点。

- ・直前直左カメラを含む全5箇所のカメラ画像表示を制御するカメラモジュールで、回路基板の表面処理が不適切なため、当該基板に生成物が生じることで回路短絡が発生し、カメラ画像を表示せず、直前直左の障害物を確認できない恐れがある。

- ・カメラモジュールのカメラシステムソフトウェアで、起動電圧の設定が不適切なため、エンジン始動時等で車両バッテリー電圧が低い場合、カメラシステムが起動せず、直前直左の障害物を確認できない恐れがある。

・速度感応式パワーステアリングシステムの回路短絡検知ソフトウェアが不適切なため、走行中に回路短絡の誤検知が発生し、パワーステアリングのアシスト量が高速走行用の低アシスト量に固定され、ステアリング操作が困難になる恐れがある。

(29) 不具合事例 29³⁰⁾

ベックマン・コールター(株)は、「コールター LH500」、「同 LH700 シリーズ」、「同 LH780」で、ソフトウェアに不具合があり、2011/01/01 以降に製品から LIS(ラボラトリー情報システム)へ測定値等の情報を送信すると、一部の情報が送信されず、LIS 側で全情報を受け取ることができない不具合が発生することが判明したため、ソフトウェアの改修を実施する。

(30) 不具合事例 30³¹⁾

ハンディタイプ温度計測器 HD-1000 シリーズのメモリモデルおよび付属品の専用ソフトウェアに不具合が判明したため、回収・修正を行う。メモリ計測を行った際に異常値を記録したり、ソフトウェアでは英語版で一部文字化けが発生する。

(31) 不具合事例 31³²⁾

2011/01~2011/04 に製造し、東京ガスへ納入した家庭用超音波ガスメーター(UH 型マイコンメーター)で、動作の不具合に至る恐れのあることが 2011/09 に判明。電子回路のソフトウェアプログラムの不備によりメーターが遮断して復帰しない、また、ガスメーター内の流量変化ならびに設置環境の温度変化が繰り返す等の影響により「微小もれ疑い警報」の誤動作に至る恐れがある。不具合に至った場合でも、計量機能ならびに保安機能に問題が生じることはない。

同型のガスメーターは東京ガス管内で 563 台設置されている。2012/10 までに、遮断して復帰しない事象が 52 件発生し、通信接続サービスを使用して微小もれ疑い警報の誤動作の可能性が 68 件の

顧客で確認されたため、東京ガスがメーターの交換を実施している。この不具合とは関係のない、顧客都合等による 50 件についても交換されている。また、2012/08 までに遠隔操作が可能な 309 台で、事象の発生を未然に防ぐため遠隔操作によるプログラムの再設定作業を終了し、今回、遠隔操作ができない 84 台のメーターの交換作業を実施する。

(3 2) 不具合事例 3 2³³⁾

「LED シーリングライト」7 品番で、ソフトウェア不具合による点灯不良が発生する可能性があることから、製品を回収し、点検・交換する。

(3 3) 不具合事例 3 3³⁴⁾

2011/11 に発売したヘッドマウントディスプレイ「Personal 3D Viewer HMZ-T1」の一部製品で、プロセッサユニットのソフトウェアの不具合により、初期設定画面やメニュー画面の文字が正しく表示されず、文字の抜けや位置ずれが発生することが判明したため、不具合が発生した場合は無償で修理する。HDMI 入力された AV 機器やゲーム機器などからの映像内の文字や字幕では、この症状は発生しない。

(3 4) 不具合事例 3 4³⁵⁾

「MOOD DC リビング扇風機」の一部で、ソフトウェアの書込不足があったことから、ソフトウェアの書き換え及び交換対応を行う。ソフトウェアの書込不足により、首ふりとタイマーを同時設定した場合のみ、タイマー設定時間に到達した段階で送風は停止するものの、首ふりだけを継続してしまうという症状が発生する。

(3 5) 不具合事例 3 5³⁶⁾

「Vision 007HW」で、2012/05/29 に公開した機能改善のためのソフトウェア更新を実施すると、緊急地震速報が受信できない可能性

があることが判明。当該ソフトウェアの公開を停止するとともに、既に更新を実施したユーザーには、無償修理対応で更新前の状態に変更(2011/12/19 提供のソフトウェアへの変更)する。

(36) 不具合事例36³⁷⁾

ベックマン・コールター(株)は、「ユニセル DxC600 クリニカルシステム」及び「UniCel DxC800 マルチアナライザー」について、特定の条件下で不具合が発生する可能性があるとの連絡を海外製造業者より受けたため、製品の改修を実施する。

同社の生化学分析装置用体外診断用医薬品であるグルコース試薬(アストラ測定用試薬シリーズグルコース試薬キット「ベックマン」)を使用し、かつ、当該製品で緊急モジュールにて測定すると、測定電極の表面に泡が付着し、その結果測定値が稀に実際より低い値となる可能性がある。また、サンプル分注ユニット周辺のカバーが正しくセットされていないと、サンプル吸引後の移送時にサンプルプローブとカバーが干渉し、サンプルが落下して分注量が不足することにより、測定値が稀に実際より低い値となる可能性がある。同社は不具合の対応として、ソフトウェアの改修とカバーの改修を実施するとしている

(37) 不具合事例37³⁸⁾

東京ガス(株)は、(株)ノーリツ製の「太陽熱利用ガス温水システム(SOLAMO)」で、(1)リモコンに表示される集熱量(現在のみ)の値が実際より少なく表示される (2)蓄熱ユニット内のゴムホースが外れ、器具内に不凍液が漏れ漏電安全装置が作動し停止する という現象が発生していることから、対象機種の特検・部品交換を実施する。同社によると、リモコンの集熱量表示についてはソフトウェアの演算に誤りがあったこと、また不凍液の漏水についてはポンプのゴムホース接続部で耐圧性能にばらつきがあるものが生産され

たことが原因である。

(38) 不具合事例38³⁹⁾

ブレインラボ(株)は、同社製のCranial/ENTナビゲーションソフトウェアとオリンパス社製顕微鏡を組合せて使用する場合、ソフトウェア計算エラーのため、ズーム倍率によって、ソフトウェア側の顕微鏡ビデオ画像中の対象物輪郭のサイズ、位置が正確に表示されない可能性のあることが、製造元における製品の再検証中に判明したため、改修を実施する。不正確表示を修正するための改良ソフトウェアのインストール作業を行う。

(39) 不具合事例39⁴⁰⁾

エレクタ(株)は、「エレクタ シナジー」、「エレクタ シナジー プラットフォーム」、「プリサイズ トリートメントシステム」で、製品の照射をコントロールするソフトウェアにバグが確認されたため、改修を実施する。ソフトウェアのバグにより発生する可能性のある事象は以下の4点。

- ・エレクタ製品の線形加速器システム(Linac)を使用して患者を治療中、Linac 側から患者情報管理システム(MOSAIQ)側へ治療済みデータの転送が行われている間にポジショニング用イメージングシステム(XVI)で別の患者を選択すると、治療済データのMOSAIQへの転送が中断し、その時表示される警告メッセージに対し使用者が「Yes」を選択した場合、転送されなかった治療済データで再び治療を開始してしまう可能性がある。

- ・ガントリーの移動時に、ファンクションキーパッドを押して照射を中止し、その後、治療室内においてハンドヘルドコントローラを使用してガントリーを別の位置に回転させ、ガントリー角度を正しく修正せずに照射スタートのキーを押すと、処方されたガントリー角度の設定値が実際の値に置き換わってしまい、間違ったガントリ

一角度にて照射が続行される場合がある。

- ・Beam MU1(Linac のセンサー第 1)は処方した通りの線量を照射するが、バックアップ MU(Linac のセンサー第 2)が本来照射されるべき線量の 2 分の 1 の値を示す可能性がある。

- ・終了時チェックの途中で照射情報の消失等の問題が発生した場合、使用者に異常を知らせるための警告が表示されない可能性がある。同社は改修として、是正されたソフトウェアへの変更を行うとしている。

(40) 不具合事例 40⁴¹⁾

GE ヘルスケア・ジャパン(株)は、解析機能付きセントラルモニタで、Apex 送信機(ApexPro テレメトリ ソフトウェア バージョン 3.9、4.0 または 4.1)を使用して心電図のモニタリングを行い、かつミラーオプションを搭載した CARESCAPE CIC Pro (CARESCAPE CIC Pro バージョン 5.1)とともに使用する場合、患者のモニタリング機能が停止する可能性のあることが製造元により確認されたため、改修を実施する。是正されたソフトウェアに変更する。

(41) 不具合事例 41⁴²⁾

GE ヘルスケア・ジャパン(株)は、製造元にて「全身用 X 線 CT 診断装置 BrightSpeed」と類似のプラットフォームを採用した CT 装置でヘリカルスキャン、スカウトスキャンの各モードでの撮影中、本体コンピュータとテーブルの通信エラーにより、X 線照射中にテーブルが異常停止する可能性のあることが確認された。万一この事象が起こった場合、設定された撮影時間の終了まで、また設定時間が 30 秒を超える場合は 30 秒まで、患者は同一箇所への X 線照射を受けることになるため、同社は改修として、通信エラーによりテーブルが異常停止した場合には X 線照射を止めるよう改善されたソフトウェアへの変更を行うとしている。

(4 2) 不具合事例 4 2⁴³⁾

(株)フィリップスエレクトロニクスジャパンは、全身用 X 線 CT 診断装置のオプション構成成品であるワークステーション(独立型画像処理装置)の総合心臓解析オプションソフトウェアに含まれている、心室壁に生じた相対的变化を表すポーラマップを表示する機能で、“Wall Thickening”と表示される数値が、拡張末期と収縮末期との間で生じた心室壁の厚みの増加割合(%)として表示されているが、実際の数値は、収縮末期から拡張末期にかけて生じる心室壁の厚みの減少割合(%)となっていることが判明したため、改修を実施する。

(4 3) 不具合事例 4 3⁴⁴⁾

三菱重工業(株)は、「線形加速器システム MHI-TM2000」で、照射終了時、照射キー操作(ENABLE→DISABLE)とほぼ同時に重故障(エラー)が発生した場合、アラームを解除し治療モードからスタンバイモードへ自動的に遷移するタイミングで、直前の照射実績が保存される前にクリアされてしまい、正しく保存されない事象が確認されたため、システムソフトウェアの改修を行う。

(4 4) 不具合事例 4 4⁴⁵⁾

(株)日立ハイテクノロジーズは、「日立自動分析装置」の一部で、装置内部の通信処理と機構制御処理に重なりが生じた場合に、サンプリング流路洗浄用の電磁弁が開放状態になり、洗浄水を吐出することで検体を薄めてしまう不具合があること、また、ホストコンピュータとの通信接続で、通信処理が重なった場合に通信処理時間が増大して検体バーコード読み取り処理遅延が生じることにより、読み取った検体 ID と検体の不一致が発生することが判明したため、ソフトウェアの改修を実施する。

(4 5) 不具合事例 4 5⁴⁶⁾

ドレーゲル・メディカルジャパン(株)は、汎用人工呼吸器「カリーナ」で、本体内部の圧力センサーが一定以上の信号を検知した場合、装置自体には問題がなく動作を継続させているにもかかわらず、通信異常と判断し安全のため緊急バックアップ換気に切り替わる場合のあることが判明したため、信号を最適化するソフトウェアへのアップグレードを改修として実施すると発表。

(46) 不具合事例46⁴⁷⁾

エア・ウォーター(株)は、「オメダ ジラフ オムニベッド」で、製造元であるオメダメディカル社から当該製品のアクセサリ計量装置(体重計)で、ソフトウェアバージョン 1.74 及び 2.20 の場合、患児の体重測定時に患児を一旦ベッドの上から持ち上げ、測定のために再度患児をベッドに戻すとき、患児がベッドに触れてから6秒以内に患児をベッドに静置されなかった時、実際の患児の体重と異なる体重が表示される可能性があるため、ソフトウェアの書き換えを行うとの連絡を受けたため、自社においても測定において安定までの時間を延長したソフトウェアの書き換えを改修にて実施すると発表。

3. 組込みソフトウェアの品質

近年、組込みソフトウェアの品質が大きくクローズアップされる機会が増えている。組込みソフトウェアが搭載される組込みシステムの一部は、交通機器や医療機器などのように人命に直接かわるため、高信頼性を要求されている。このようなシステムにおける組込みソフトウェアの品質⁴⁸⁾は極めて重要な意味を持っている。

人命には直接かわらない家電機器のような製品であっても、低品質の製品は消費者に受け入れられないので、企業活動への影響は多大である。このように組込みソフトウェアの品質は、製造者と利用者の両方に

とって重要な要素となっている。

3. 1 ソフトウェア品質の概念

ソフトウェア品質には、2種類の概念^{4 9)}が存在する。1つはプロダクト品質と呼ばれるものであり、他の1つはプロセス品質と呼ばれるものである。プロダクト品質とは、開発されたソフトウェアや開発途中での中間成果物に関する品質である。プロセス品質とは、ソフトウェア開発を進める際の開発作業の質に関するものである。

プロダクト品質としては、ソフトウェア製品の機能性、信頼性、使用性、効率性、保守性、移植性という6種の特性がある。プロセス品質としては、ソフトウェア開発プロセスの成熟度^{5 0)}が相当する。

3. 2 高品質化のための技術

組込みソフトウェア開発においては、上流工程の作業の中で、ソフトウェアのみを考えるだけでは不十分である。これらのソフトウェアと密接な関係にあるハードウェアの仕様も考慮しなくてはならない。組込みソフトウェアの領域においてもモデリング作業が重要である。モデリングの道具としては、UML を利用することができる。組込みソフトウェアのモデリングを行う場合、関連するハードウェアをどの程度考慮するかについては、ソフトウェア設計者に依存している。

組込みソフトウェアの開発^{5 1)}においては、テスト作業が一番難しい。組込みソフトウェアは、開発環境と実行環境とが異なるクロス環境下で開発される場合が多い。このため、開発環境におけるテストでは問題がなかったとしても、実行環境においてはハードウェアとのインタラクションが生じるので、開発環境においては予期できなかった要因により、動作が不安定になる場合がある。最近の組込みソフトウェアは規模が大きくなってきているため、テスト項目の数も増加している。しかし、開

発環境下でテスト可能な項目には限界があり、動作テストだけではなく、ソフトウェアの静的な検証方法を活用し、機能や動作を保証することが必要である。

静的な検証方法としては、ソフトウェアレビューやソフトウェアインスペクションがある。ソフトウェアレビューやソフトウェアインスペクションは、ソフトウェアの中間的な成果物を対象とし、作成担当者以外の者による目視によって欠陥を検出し、指摘する活動である。

4. ソフトウェアの品質目標

高品質のソフトウェアを作成するための技法としては、ソフトウェア設計の最適化、レビューや動作テストの充実、開発プロセスの改善などさまざまな技法や考え方が導入されている。ソフトウェアの品質に関しては、さまざまな定義や測定方法が提案されている。

しかし、従来のソフトウェア品質に関する技法においては、レビューや動作テストの到達目標、求められて品質のレベル、達成するための技法の選択などについての具体的な指針が示されていないわけではない。その結果、開発現場においては、明確な品質目標^{5 2)}にもとずいてソフトウェア開発を行うことができず、目標値に到達するための品質の定量的制御という考え方が実践されていない。それによりソフトウェアの不具合や障害が発生し続けている。

(1) 品質指標の概念

世の中のさまざまな組込みシステムにおいては、不具合が発生したり、利用者が使いにくい製品が数多く存在している。ソフトウェアは、計測の対象物としては極めて難しいものではあるが、他の有形物と同様に品質という概念を適用することが可能である。ソフトウェアの場合、最終成果物としての品質を測るだけでなく、開発過程の作業についても評価する必要がある。

最終成果物を得る過程において行った作業の質を測る指標のことを、プロセス品質評価指標といい、最終成果物として得られたソフトウェアの質を測る指標のことを、プロダクト品質評価指標と呼んでいる。

プロセス品質評価指標の対象となる作業項目としては、要求分析、システム設計、プログラム設計、コーディング、プログラムテスト、システムテストなどがある。プロダクト品質評価指標の対象物としては、要求定義書、システム設計書、プログラム設計書、コード、プログラムテスト仕様書、システムテスト仕様書などがある。

(2) プロセス品質評価指標

プロセス品質評価指標^{5 3)}とは、ソフトウェア開発の過程で実施される作業を計測し評価するための指標である。品質の高いソフトウェアを作成するためには、開発工程において品質面の点検や確認などの作業が適切に行われる必要がある。プロセス品質評価指標の対象となる作業は、とらえることが難しい。一般的には、作業が適切に実施されているか、作業が十分に行われているかが評価の観点になる。

(3) プロダクト品質評価指標

ソフトウェア開発の過程においては、設計書、ソースコード、テスト仕様書などさまざまな成果物が作成される。プロダクト品質評価指標は、このように開発の過程において作成される中間成果物や最終成果物の質を評価するための指標である。成果物の持つ特質の中で、ページ数、行数、不具合数などの量的側面を計測し、品質に結びつく要素が反映されているかどうかを評価する。プロダクト品質評価指標は、評価する対象により、ドキュメント、ソースコード、テストの3つに分けることができる。

5. ソフトウェアテスト

コンピュータ初期の頃のテストは、プログラマによるプログラムの動

作確認作業という位置づけであった。そのため、テストケースが十分な考慮の上設計されていたわけではなかった。また、ソフトウェア工学のような技術分野として認知されていなかった。その後、パラダイムシフトが起こり、不具合を発見するためには適切なテスト設計が必要であるという考え方が提起され、テストが重要な技術分野として認識されるようになった。

5. 1 テスト設計

テスト作業において不具合を検出するためには、さまざまな条件下でテストの対象となっているソフトウェアを動作させる必要がある。条件としては、入力値、動作環境、タイミングなどがあり、それぞれの条件の組み合わせのことをテストケースと呼んでいる。テストケースをシステムティックに作成することをテスト設計と呼んでいる。適切なテスト設計^{5 4)}を行うことにより、少ないテストケースでも多くの不具合を発見することが可能である。しかし、単なる思いつきによりテストケースを作成すると、多くの不具合を見逃してしまう危険性がある。

テスト対象のある側面に注目してテスト設計する技術のことをテスト技術と呼んでいる。テストにおいて多くの不具合を発見できるようなテスト設計を可能にするためには、単一のテスト技術だけでは不十分である。

テスト設計の基本は網羅である。ソフトウェアを網羅的にテストできるのであれば、すべての不具合を発見することができ、品質リスクはなくなる。したがって、網羅的なテスト設計を行い、網羅性を測定することが必要となる。しかし、実際には工数の問題があり、網羅的テストは不可能である。間引きによってテストケースを削減しなければならない。削減したテストケースにおいて発見できる不具合による品質リスクを一定の値以下に抑えることが必要である。テスト設計の作業を行っている

際に不具合を発見する場合もある。テスト設計だけであれば、ソフトウェアが完成している必要がないため、上流工程において行うことができる。したがって、不具合を予防することができるのである。

5. 2 テスト技術

質の高いテスト設計を行うためには、多くのテスト技術を把握しておく必要がある。テスト技術の多くは、テスト作業のテスト設計を行っておく確定的テストである。しかし、テスト技術の中には、テスト作業の前にテスト設計をおこなわない非確定的テストもある。

確定的テストは、テスト対象の一側面に注目してテスト設計を行うテスト技術である。したがって、ある側面でのテスト設計が不十分であっても、他の側面によるテスト設計で補うことが可能である。

テスト作業は下流工程で実施されるので、上流工程で利用されている開発技術に対応したテスト技術を適用した方がより効果的である。上流工程において利用された開発技術が構造化分析や構造化設計であれば、伝統的なテスト技術を適用できる。

6. ソフトウェアの静的な解析

ソフトウェアの品質を向上させるためには、評価による不具合の検出と修正を行うことが必要である。このために方法として、ソフトウェアテストやソフトウェアインスペクションがある。ソフトウェアテストは、対象となるソフトウェアが実行可能でなければ実施できないが、ソフトウェアインスペクションはソフトウェアの中間成果物を対象として実施するものである。その点から、ソフトウェアの静的解析方法として位置づけられている。

ソフトウェアインスペクションは、不具合を早期に検出し修正することができるので、やり直しの手間や時間が動作テストと比較して少なく

て済むのである。設計段階において欠陥が混入し、動作テストにおいて欠陥を発見しようとする場合、コード作成や単体テストが完了した後の結合テストにおいて設計上の欠陥が発見され修正される。この場合には、欠陥を含んだ設計書に基づいて作成されたソースコードが修正され、修正後のソースコードに対して、再度単体テストを実施しなければならない。設計時のインスペクションにより欠陥を発見できれば、欠陥を含んだ設計書に基づいたソースコードの作成や単体テストをしないで済むのである。

設計書などのドキュメントを作成した者以外で開発に従事しているメンバがインスペクションの担当者となり、開発者としての知識を活用しながらインスペクションを行うのである。インスペクション担当者は、設計書の作成担当者である必要はなく、ソースコード作成者やテスト担当者である場合もある。この方法の利点は、対象となるソフトウェアを熟知しているメンバによって実施されるため、対象となるソフトウェアに対する理解に必要な時間を省ける点にある。しかし、利用者側からの視点ではなく、開発者側からの視点による欠陥の指摘なので、ユーザビリティの欠陥などが指摘されにくいという欠点もある。この点を克服する方法として、利用者をインスペクション担当者とする方法がある。それにより、利用者が期待しているソフトウェアが開発されているかどうかを確認することができる。インスペクション担当者である利用者は、ソフトウェアが利用者が求めるものになっているかどうかという視点で指摘する。この方法の欠点は、利用者がソフトウェアの内部についての理解をするまでに時間がかかる点である。開発当事者ではないが、ソフトウェアに関して知識を有している第三者をインスペクション担当者とすることも有益である。第三者により、開発者とは異なった視点からのインスペクションを実施できる利点がある。

7. 品質保証プロセス

ソフトウェアの品質保証プロセスは、以下に示す二つのフェーズから構成されている。

(1) 機能設計工程での品質保証

品質の作り込みは、ソフトウェアの機能設計を行う段階で品質をより確実なものにする方法として位置づけられている。品質保証エンジニアは利用者の立場からこの工程に関与し、デザインレビューをおこなう。設計部門から独立した品質保証部門が関与することにより、第三者の視点からレビューをすることができる。品質保証エンジニアは、利用者の立場から関与するので、実装の工程には関与しない。

(2) 検証による不具合の検出

品質保証エンジニアは、利用者の立場から動作検証をおこない、不具合を検出した場合には設計部門にフィードバックする。検証は網羅的におこなうのではなく、利用者の立場から重度度が高いと考えられる項目を優先させる。

8. おわりに

ソフトウェアの品質向上のためには、伝統的なソフトウェアテストと並んで、ソフトウェアインスペクションが重要であることを強調した。ソフトウェアインスペクションにより、上流工程において欠陥を除去できるので、品質を高めると同時に開発コストを低減させることが可能である。

ソフトウェアも一つの製品であり、一般的な品質管理の手法を取り入れることも重要である。たとえば、品質管理の基本として、トレーサビリティ^{5.5)}という概念がある。ソフトウェアの開発においてもトレーサビリティを導入することにより、品質向上に寄与できるものとする。

しかし、一般のソフトウェア開発において、トレーサビリティが定着しているとはいえない。理由としては、トレーサビリティのためのコストに対して、効果が十分に認識されていないからである。トレーサビリティの効果については、ソフトウェアの開発者だけでなく、管理者や利用者の品質管理に対する理解が不可欠である。

<注>

- 1) 森崎修司「ソフトウェアレビュー/ソフトウェアインスペクションと欠陥予防の現在」『情報処理』、Vol. 50, No. 5, 2009, p. 375
- 2) JMS「個人用透析装置」改修
<http://www.recall-plus.jp/info/11584>, 2010. 2. 17
- 3) ゼオンメディカル「補助循環用バルーンポンプ駆動装置」改修
<http://www.recall-plus.jp/info/11605>, 2010. 2. 17
- 4) SIGMAX「超音波骨密度測定装置」改修
<http://www.recall-plus.jp/info/11688>, 2010. 2. 17
- 5) SIEMENS「線形加速器システム」改修
<http://www.recall-plus.jp/info/11564>, 2010. 2. 17
- 6) au「CA003 アップデート」お知らせ
<http://www.recall-plus.jp/info/11452>, 2010. 2. 17
- 7) TOSHIBA「循環器用超音波画像診断装置」改修
<http://www.recall-plus.jp/info/11094>, 2010. 2. 17
- 8) GEヘルスケア・ジャパン「汎用超音波画像診断装置」改修
<http://www.recall-plus.jp/info/11064>, 2010. 2. 17
- 9) FURUNO「移動式ディスクリット方式臨床化学自動分析装置」改修
<http://www.recall-plus.jp/info/11056>, 2010. 2. 17
- 10) TOSHIBA「汎用超音波診断装置」改修
<http://www.recall-plus.jp/info/10832>, 2010. 2. 17
- 11) clarion「パーソナル ナビゲーション デバイス DTR-P7DT 漢字変換不具合」お詫び
<http://www.recall-plus.jp/info/10794>, 2010. 2. 17
- 12) HAEMONETICS「遠心型血液成分分離装置」改修
<http://www.recall-plus.jp/info/10537>, 2010. 2. 17
- 13) TOSHIBA「全身用 X線 CT 診断装置」改修
<http://www.recall-plus.jp/info/10364>, 2010. 2. 17

- 1 4) KTM 「690 ENDURO-R」 リコール
<http://www.recall-plus.jp/info/10152>, 2010. 2. 17
- 1 5) GE Healthcare 「超電導磁石式全身用 MR 装置」 改修
<http://www.recall-plus.jp/info/9765>, 2010. 2. 17
- 1 6) FUJIFILM 「コンピューテッドラジオグラフィ」 改修
<http://www.recall-plus.jp/info/9689>, 2010. 2. 17
- 1 7) 米 Segway 「旧モデルを全数リコール」
<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20060915/1211198>、
2010. 2. 9
- 1 8) フォルクスワーゲン グループ ジャパン株式会社「サービスクャンペーン通知書」
<http://www.volkswagen.co.jp/service/recall>, 2010. 2. 20
- 1 9) Draegermedical 「オキシログ 3000」 点検修理
<http://www.recall-plus.jp/info/7278>, 2010. 2. 18
- 2 0) NEC 「IP 電話対応機器」 お知らせ
<http://www.recall-plus.jp/info/8501>, 2010. 2. 18
- 2 1) SoftBank 「SoftBank 6 機種ソフトウェアアップデート」
<http://www.recall-plus.jp/info/8772>, 2010. 2. 18
- 2 2) CNA 「Panasonic 製 STB アップデート」 お知らせ
<http://www.recall-plus.jp/info/8927>, 2010. 2. 18
- 2 3) PHILIPS 「移動型デジタル式汎用一体型 X 線透視診断装置」 改修
<http://www.recall-plus.jp/info/8841>, 2010. 2. 18
- 2 4) BECKMAN COULTER 「自動輸血検査装置」 改修
<http://www.recall-plus.jp/info/11130>, 2010. 2. 18
- 2 5) 東海旅客鉄道株式会社 「自動券売機」 改修
<http://www.recall-plus.jp/info/23302>, 2013. 10. 20
- 2 6) ビー・エム・ダブリュー株式会社 「エンジン コントロール ユニットのソフトウェア」 改修
<http://www.recall-plus.jp/info/23094>, 2013. 9. 24
- 2 7) プジョー・シトロエン・ジャポン株式会社 「ボディー電装品制御ユニットのソフトウェア」 改修
<http://www.recall-plus.jp/info/22617>, 2013. 7. 29
- 2 8) ビー・エム・ダブリュー株式会社 「メーターパネルソフトウェアに不具合」 改修
<http://www.recall-plus.jp/info/22509>, 2013. 7. 9
- 2 9) ジャガー・ランドローバー・ジャパン株式会社 「かじ取り装置(パワーステアリング制御システム)に不具合」 改修
<http://www.recall-plus.jp/info/21600>, 2013. 3. 12

- 3 0) ベックマン・コールター(株)「血球計数装置」改修
<http://www.recall-plus.jp/info/15570>, 2013. 3. 6
- 3 1) 安立計器株式会社「温度計測器」回収&修理
<http://www.recall-plus.jp/info/21492>, 2013. 2. 28
- 3 2) 愛知時計電機株式会社「家庭用超音波ガスメーター」交換
<http://www.recall-plus.jp/info/20613>, 2012. 11. 1
- 3 3) 瀧住電機工業株式会社「LEDシーリングライト7品番」交換
<http://www.recall-plus.jp/info/20292>, 2012. 9. 19
- 3 4) ソニーカスタマーサービス株式会社「Personal 3D Viewer HMZ-T1」
点検&修理
<http://www.recall-plus.jp/info/19424>, 2012. 6. 19
- 3 5) 株式会社ドウシシャ「MOOD DC リビング扇風機」点検&修理
<http://www.recall-plus.jp/info/19351>, 2012. 6. 11
- 3 6) ソフトバンクモバイル株式会社「Vision 007HW」点検&修理
<http://www.recall-plus.jp/info/19289>, 2012. 6. 5
- 3 7) ベックマン・コールター株式会社「ディスクリット方式臨床化学
自動分析装置」改修
<http://www.recall-plus.jp/info/15950>, 2011. 8. 18
- 3 8) 東京ガス株式会社「ノーリツ製 太陽熱利用ガス温水システム」点
検&部品交換
<http://www.recall-plus.jp/info/16766>, 2011. 6. 9
- 3 9) ブレインラボ株式会社「手術用ロボットナビゲーションユニット」
改修
<http://www.recall-plus.jp/info/16068>, 2011. 4. 12
- 4 0) エレクタ株式会社「線形加速器システム」改修
<http://www.recall-plus.jp/info/15722>, 2011. 3. 4
- 4 1) GE ヘルスケア・ジャパン株式会社「解析機能付きセントラルモニ
タ」改修
<http://www.recall-plus.jp/info/15506>, 2011. 2. 7
- 4 2) GE ヘルスケア・ジャパン株式会社「全身用X線CT診断装置」改
修 <http://www.recall-plus.jp/info/15313>, 2011. 1. 21
- 4 3) 株式会社フィリップスエレクトロニクスジャパン「全身用X線CT
診断装置」改修
<http://www.recall-plus.jp/info/14815>, 2010. 11. 17
- 4 4) 三菱重工工業株式会社「線形加速器システム」改修
<http://www.recall-plus.jp/info/14641>, 2010. 11. 8
- 4 5) 株式会社日立ハイテクノロジーズ「ディスクリット方式臨床化学自
動分析装 ソフトウェア改修」改修

- <http://www.recall-plus.jp/info/14060>, 2010. 9. 3
- 4 6) ドレーゲル・メディカルジャパン株式会社「汎用人工呼吸器」改修 <http://www.recall-plus.jp/info/13822>, 2010. 8. 5
- 4 7) エア・ウォーター株式会社「定置型保育器」改修 <http://www.recall-plus.jp/info/13781>, 2010. 8. 2
- 4 8) 田丸喜一郎「日本の組込みシステム産業の現状と課題」『情報処理』、Vol. 46, No. 7, 2005, p. 799
- 4 9) 独立行政法人情報処理推進機構ソフトウェア・エンジニアリング・センター編著『組込みソフトウェア開発向け品質作り込みガイド』、翔泳社、2008、p. 9
- 5 0) Marc McDonald, Robert Musson, Ross Smith 著 溝口真理子、依田光江訳 宋雅彦監修『ソフトウェアの欠陥予防』、日経 BP ソフトプレス、2008、p. 26
- 5 1) 平山雅之「組み込みソフトウェア開発の現状」『情報処理』、Vol. 45, No. 7, 2004, p. 677
- 5 2) 片山卓也「高信頼性組み込みソフトウェア開発のための技術課題」『情報処理』、Vol. 47, No. 5, 2006, p. 488
- 5 3) 松本健一「ソフトウェア管理技術の現状」『情報処理』、Vol. 44, No. 4, 2003, p. 327
- 5 4) 秋山浩一「組合せテストの設計」『情報処理』、Vol. 49, No. 2, 2008, p. 140
- 5 5) 宇田川佳久「情報システム開発標準におけるトレーサビリティの事例と今後」『情報処理』、Vol. 51, No. 2, 2010, p. 150

(ほりうち あきら, 札幌大谷大学社会学部准教授)