

システム機能と状態遷移の関連付けによる 組込みシステム向けテスト項目設計手法の検討

小川 優[†] 増田 智樹[†] 平山 雅之[†] 菊地 奈穂美[‡]

日本大学[†] 沖電気工業株式会社[‡]

1. はじめに

組込みシステムのテスト項目導出では、①システムが提供する機能に着目したテスト項目設計、②システムの状態に着目したテスト項目設計の2つの観点に特に重要となる。

機能中心のテスト項目作成では、機能とシステムの状態との対応関係が分かりにくく、システムの状態に対する網羅度合いが把握しづらいという問題がある。一方、状態に着目したテスト項目作成では、状態の組み合わせによる状態爆発の問題や、機能に対する網羅度合いの把握が難しいという問題がある。

テスト項目の網羅性を上げるために、これら2つの観点に基づいてテスト項目作成を行うと、テスト作成や実施の工数が膨らむとともに、部分的に重複するテスト項目も作成されてしまう。

このため我々は組込みシステムのテストを行う際に、機能と状態という2つの観点を融合することで、無駄のないテスト項目を作成する方法を検討している。具体的には、仕様に記載された機能情報とシステム実装を考慮した状態遷移情報から、システムの機能と状態の対応付けを行い、それよりテスト項目を効率的に作成する方法を提案する。

2. 提案方法の流れ

提案方法では、次に示す Step1 から Step5 の5ステップによりテスト項目設計を行う。本稿では、温風や首振り機能及び人感センサによるON/OFF機能をもつ電気ヒーターを対象とする例を交えて、提案方法の詳細を説明する。

2.1 Step1 機能情報の抽出

機能仕様書などに文書・表で記されている機能情報を抜き出し、その機能情報を表1の機能整理表に整理する。この表では仕様として「どのような機能があるか」に加えて、その機能が実行されると「システム状態がどう遷移するか」、「その状態遷移を引き起こすイベント(トリガー)は何か」といった機能的側面を残した状態遷移形に再整理する。なお、ここでの機能とは「ヒーターの電源が入っている時に、操作部

Test Technique for Embedded Systems by the Association of System Functions and State Transition

[†]Nihon University

[‡]Oki Electric Industry Co., Ltd.

のボタンを押すことによって生じる、ランプの点灯や温風の排出」といった、「特定の状態においてシステム利用者に見える、体感できるレベルの入出力を持つもの」を示す。

表1 機能整理表

機能内容			
機能実行前のシステムの状態	仕様上の機能	トリガー	機能実行後のシステムの状態

2.2 Step2 共通機能の抽出

「ヒーターの運転中に、電源が急にOFFとなった場合、全動作を緊急停止する」などのシステムの全動作に共通する動作を仕様情報から抽出する。この抽出はアスペクト指向における Cross-cutting Concerns の抽出と同じ要領でおこない、共通機能表(形式は表1と同等)に整理する。

その後、機能整理表及び共通機能表について、項目の重複や項目の包含関係を精査・整理する。例えば、機能整理表に「人感知時/人感知停止/電源OFF/人感知停止」という項目があり、共通機能表に「通電時/緊急停止/電源OFF/全動作停止」という項目がある場合、機能整理表の項目内容は共通機能表の項目内容に含まれるため、機能整理表の方の項目を削除する。

2.3 Step3 機能のグループ化

機能整理表及び共通機能表の内容を基に列挙した機能に関連する機能毎にグループ化する。機能のグループ化では機能の抽象度や粒度を考慮し、細かな機能を一纏めに考えた場合の上位に位置する抽象的機能を大機能としてグループ化し大機能 No と大機能名を記述する(表2)。その際、Step2 で検討した共通機能は一つの大機能としてまとめる。

表2 機能グループ表

機能内容						
No	大機能No	大機能名	機能実行前のシステムの状態	仕様上の機能	トリガー	機能実行後のシステムの状態
1	1	共通機能	~~~~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~
2			~~~~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~
3	2	温風運転	~~~~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~
4			~~~~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~
5	3	送風運転	~~~~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~
6			~~~~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~

2.4 Step4 機能優先度の判定

Step3 で作成した大機能毎に機能重要度を判定し、重要度の高い機能に対するテスト項目作成を優先的に行う。テスト優先度の算出では以下に示す3種類の指標と重みを用いる。

[家協] 一般財団法人家電製品協会の安全指標 4:危険, 3:警告, 2:注意, 1:安全
[頻度] 機能使用頻度 4:100%~90%, 3:89%~70%, 2:69%~40%, 1:39%以下
[FTA] FTA 解析結果との関連で該当機能に関連する 不具合懸念項目 3:有, 1:無

各指標に対する重みは対象システムの特性に応じて設定し、各指標値に重みを乗算した後、それらを加算したものがテスト項目作成優先度となる。この数値を参考にどの機能に対するテスト項目を優先して作成するかを決める。

表3 電気ヒーターStep4 適用例

大機能No	大機能名	家協	頻度	FTA	テスト優先度
1	共通機能	4	4	4	12
2	温風運転	3	4	3	10
3	送風運転	1	3	1	5
重み		1	1	1	

2.5 Step5 曖昧性の除去

Step4 で重要と判断された機能について、表2の機能グループ表内にある曖昧な表現をなくするため、システムのとる状態をさらに精査する。

下記のルールに従い、①~④の順で表の記載内容を精査し、テスト項目を作成する。

ルール1: 表中の各行には一機能を記述する。
ルール2: 各項目の内容を記入する際、直上の記述と内容が同じ場合は省略する。
ルール3: 機能の定義(Step1 参照)に反する項目は作成しない。

①: 「機能実行前のシステム状態」を利用者が認識できる最小レベルに分解する。分解の際、分解前の「機能実行前のシステム状態」欄の記述を削除し、分解結果を一状態毎に行を分けて記述する。その際、他の欄の記述は引き継ぐ。

②: 「機能実行後のシステム状態」を①と同様に分解、記述する。その際、「機能実行前のシステム状態」に対応しない項目が一部作成されるため修正を行う必要がある。

例えば、表5 No11の「温風の強さが[弱]」に関するテスト項目作成する場合、同行の「機能実行後のシステム状態」欄には①で引き継がれた表4 No8の内容が記されている。これを分解すると、「温風の強さが[弱]」に関する項目と同時に「温風の強さが[強]」に関する項目が作成される。これは「温風の強さが[弱]」に関係しない項目であり、項目を削除する必要である。

③: ①, ②の精査によって、Step2時点での細かい機能群が「小機能」単位に整理される。

そのため、機能グループ表の「仕様書上の機能(名)」を「小機能名」に変更し、各小機能に対して①, ②のシステム状態遷移の精査結果を基に小機能名を検討し「小機能名」欄に記述する。

④: 表5の様に「小機能 No」欄を作成し、番

号を付与する。具体的に、大機能 No—大機能内小機能 No とする(例 2-1)。その際、同等な小機能が存在する場合、2-2-1, 2-2-2 のように記述する。

表4 精査前の機能グループ表

No	大機能No	大機能名	機能実行前のシステム状態	仕様書上の機能	トリガー	機能実行後のシステム状態
5	2	温風運転	通電中	温風運転	ツマミ温風	下の吹出口から温風が出る
6			通電中	温風運転	ツマミ温風	運転ランプがオレンジ色に点灯し、温風ランプ[強]が赤色に点灯する
7			通電中	温風運転	ツマミ温風	運転開始時は常に[強]の設定で運転する
8			温風運転時	ヒーター設定	温風ボタ	ヒーターの強さが[弱]と[強]で切り替わり、強さに応じて温風ランプが切り替わる

表5 精査後の機能グループ表

No	大機能No	大機能名	小機能No	機能実行前のシステム状態	小機能名	トリガー	機能実行後のシステム状態
5	2	温風運転	2-1	通電時	温風開始	ツマミ温風	下の吹出口から[強]の温風が出る
6							運転ランプがオレンジ色に点灯す
7							温風ランプ[強]が赤色に点灯する
8			2-2-1	温風の強さが[強]	ヒーター調節	温風ボタ	温風ランプ[強]が点灯する
9							温風ランプ[弱]が赤色に点灯する
10							下の吹出口から[弱]の温風が出る
11			2-2-2	温風の強さが[弱]	ヒーター調節	温風ボタ	温風ランプ[弱]が点灯する
12							温風ランプ[強]が赤色に点灯する
13							下の吹出口から[強]の温風が出る

表5では「温風運転」という大機能に対して、その構成機能である「温風開始」という小機能に関して、「温風排出の確認」「運転ランプの点灯確認」「温風ランプの点灯確認」という3つのテスト項目が作成されている。

3. 評価

提案方法の評価を行うため、大学生5人を対象に実験を行った。対象は2章で対象にした電気ヒーター(マニュアルA4サイズ19ページ)とし、従来方法(機能仕様書からIn/outの関係を抜き出すブラックボックステスト)と提案方法でテスト項目作成を行い、時間やテスト項目の内容の両観点から比較を行った。

その結果、提案方法を用いたテスト項目作成には平均で約1時間30分(従来の1.5倍)を要した。項目数は、53項目(従来)に対し163項目(提案)となった。これらのテスト項目を比較、精査すると、提案方法では、従来方法では作成されない、システム機能と状態が対応付けられたテストの項目が多く作成されていることが確認でき、項目の重複は発生しなかった。

4. まとめ

本論では、機能と状態の両面を考慮したテスト項目設計方法を提案した。

現状は、小規模なシステムでのテスト項目設計で実験している為、今後、システム規模によらずテスト項目設計で適用できるよう検討していきたい。

参考文献

[1]池野宏ほか”組み込みソフトウェア開発における品質向上の進め[テスト編~事例集~]” 独立行政法人情報処理推進機構(IPA)