

VDM 仕様とテスト設計による 仕様の問題発見に関する評価

Evaluation on Finding Problems of Specification by VDM Specification and Test Design

演習コースⅡ グループ1

羽田裕 日本電気通信システム株式会社
和田圭司 株式会社メタテクノ

概要

VDM++言語など仕様記述言語で仕様を記述することは、仕様の問題（矛盾や曖昧さ、抜け・漏れ等）の発見を期待できる。一方、テスト視点で仕様をみることも仕様の問題の発見を期待できる。本研究は、VDM++言語による仕様記述に加え、その仕様をテスト視点でみることで、自然言語記述の仕様をテスト視点でみることで以上に仕様の問題を発見し易くなることを検証するものである。

Abstract

By writing the specifications in specification language such as the VDM++ language, it is possible to find more problems in the specifications. Examples of problems include specification discrepancies, ambiguities and lack of specification. On the other hand, by reading the specifications from test perspective, it is possible to find more problems in the specifications. This work studies how it is possible to find more problems by writing the specifications in VDM++ and then reading them from test perspective than by reading the specifications written in natural language from test perspective.

1. はじめに

形式仕様記述の適用効果として、仕様記述の不十分さや曖昧さに起因する多くの問題が開発の早い段階で明らかになり、開発対象システムの品質と開発効率が向上することが報告されている。モバイル FeliCa IC チップの開発がこの例である[1]。この例では、厳密な仕様が設計・実装やテストなどの後工程に活用され、品質の確保にも寄与したことが報告されている。一方、Wモデルのように仕様をテスト視点でみることによっても、仕様記述の不十分さや曖昧さに起因する多くの問題を明らかにすることが期待できる[2]。

本研究は、2つの考え方を併せ、形式仕様記述で仕様を形式化し、その仕様をテスト視点でみることで、単に自然言語記述の仕様をテスト視点でみることで以上に多くの問題を明らかにできることを検証するものである。

本研究の目的は以下の3点である。

【目的1】自然言語記述の（曖昧な）仕様を実際に仕様記述言語（VDM++）で記述することで

仕様の問題が発見できることを検証すること。

【目的 2】形式仕様記述に加え，形式化した仕様をテスト視点でみることは，自然言語記述の（曖昧な）仕様をテスト視点でみることより仕様の問題を多く発見できることを検証すること。図 1 で説明すると，集合「形式仕様記述で発見可能な問題」と集合「形式化仕様をテスト視点でみて発見可能な問題」の和集合の要素数が，集合「曖昧な仕様をテスト視点でみて発見可能な問題」の要素数より多いことを検証する。

【目的 3】上記の【目的 1】と【目的 2】で発見した仕様の問題の性質を検討することにより，自然言語で仕様を記述する際の改善ポイントを見つけること。

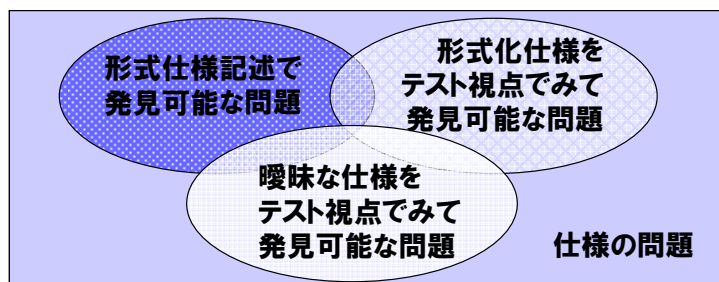


図 1 発見可能な仕様の問題

なお，今回の形式仕様記述では，作業時間の関係から，記述のみを行い，仕様の検証は行わない。

本稿では，第 2 章で自然言語記述の仕様書と形式化した仕様書のそれぞれから仕様の問題を発見する検証の手順と，検証結果を評価する項目について述べる。第 3 章でその検証結果を示し，第 4 章で【目的 1】と【目的 2】の達成度合について考察するとともに，【目的 3】における改善ポイントを提案する。

2. 方法・アプローチ

研究の方法としては，著者 2 名が自然言語記述の仕様書と形式化した仕様書，それぞれの仕様書に対しテスト視点でみることにより仕様の問題を発見し，結果を比較・分析する。2 名で行うことにより，結果のうち，個人の経験・能力に依存する部分についても議論できるようにする。検証の素材とする仕様書としては，同様の研究で広く用いられている[3]話題沸騰ポット(GOMA-1015 型)要求仕様書(第 7 版)[4]を使用する。「テスト視点でみる」という行為は，仕様書に基づく機能テストとしてのシステムテスト項目を作成することにより行う。具体的な検証手順を以下に記す。(図 2)

【作業①】自然言語記述の仕様書をテスト視点でみる。この作業中に発生した仕様に対する問題（質問）を，質問表 A に記載する。

【作業②】自然言語記述の仕様書を VDM++言語で形式化する。記述時に発生した質問（問題）を質問表 B に記載する。

【作業③】VDM++言語で記述した仕様書をテスト視点でみる。この作業中に発生した仕様に対する質問（問題）を質問表 C に記載する。

【作業④】上記の【作業①】～【作業③】で作成した，質問表 A と，質問表 B および質問表 C を比較・分析する。

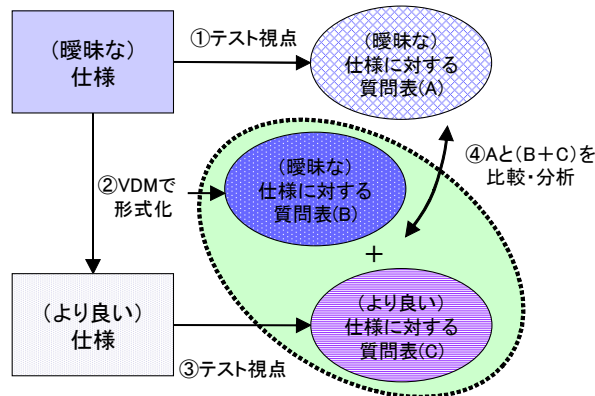


図2 検証手順

次に、検証結果の評価項目について述べる。

【評価項目 1】形式仕様記述による仕様の問題発見の有無【目的 1】

質問表 B における質問の有無により、形式仕様記述で実際に仕様の問題が発見できるかを判断する。

【評価項目 2】質問表の質問数【目的 2】

質問表 A,B,C の質問数 a,b,c に対して、関係式

$$a < (b + c) \quad (1)$$

が成り立つか確認することにより、形式仕様記述で仕様を形式化し、その仕様をテスト視点でみるのが、自然言語記述の仕様をテスト視点でみるより多くの問題が明らかにできることを確認する。

【評価項目 3】質問表の質問の特徴

質問表 A,B,C の質問を次に挙げる①,②,③の 3 つの方法で分類する。分類した結果は、自然言語で仕様を記述する際の改善ポイントを見つけるため（【目的 3】）であるが、【評価項目 1】および【評価項目 2】の考察にも使用する。

① DSF（ディペンダブル・ソフトウェア・フォーラム）の図書館システム記述実験結果に適用された仕様不具合種別による分類（参考文献[5]。以下、DSF の分類）

表 1 に DSF の仕様不具合種別を示す。仕様の記述方法に起因する分類方法として、今回は DSF の事例を適用した。

表 1 DSF の仕様不具合種別と本検証における仕様不具合の例

| 不具合種別 | 説明 | 話題沸騰ポットでの発見した質問の例 |
|-----------|-----------------------|---|
| 仕様の衝突 | 複数の仕様を同時に成立することができない。 | 操作パネルに“60”と表示されている時にタイムボタンが押されると 1min0sec をセットする。この場合、ブザーを鳴らすと、残り時間が 1分加算されていないのにブザーを鳴らすことになる。残り時間が 1分加算される毎にブザーを鳴らすことと合わないのでは？ |
| 仕様の不足 | 他の記述と比較して著しく抽象度が高い。 | 「水量が適切な場合は沸騰行為をする」とあるが、条件はこれだけか。温度が既に沸騰状態の場合、もしくは目標の温度になっている場合はどうなるのか。 |
| 仕様の曖昧さ | 仕様の解釈が複数ある。 | 蓋センサー on になったら即時沸騰行為に遷移するのか。それとも 3秒以上 on になってから遷移するのか。 |
| 仕様そのものの疑問 | その他仕様についての違和感。 | 給湯中に蓋を開けた場合、給湯は止まらないのか。 |

② 機能・非機能の分類

一般的に、仕様策定で漏れやすいと言われる非機能仕様に関する問題について、効果を確認する。非機能仕様に関する質問かどうかの判断は、今回は質問が JIS X 0129-1 の品質特性 [6]のうち機能性以外の品質特性・副特性のいずれかに当てはまるものかどうかで判断する。

③ 有則・無則[7]の分類

一般的に、仕様に記載されることが少ない「無則」に関する問題について、効果を確認する。無則とは、その組合せが仕様書に記載されない機能や条件の組合せの則である。無則に関する質問かどうかの判断は、質問が仕様に記載されていない機能や条件の組合せに関するものかどうかで判断する。

3. 結果

作業員毎の質問表 A,B,C の質問数 a,b,c を示す。

作業員 1 $a = 29, b = 17, c = 12$

作業員 2 $a = 5, b = 6, c = 0$

3.1 形式仕様記述による仕様の問題発見の有無

作業員毎に質問表 B における質問の有無を確認する。作業員 1 が $b = 17$ 、作業員 2 が $b = 6$ であり、問題が発見できることを確認した。

3.2 質問表の質問数

作業員毎に関係式(1)が成り立つか確認する。

作業員 1 $a = (b + c)$

作業員 2 $a < (b + c)$

形式仕様記述に加え、形式化した仕様をテスト視点でみることは、必ずしも、自然言語記述の（曖昧な）仕様をテスト視点でみることより仕様の問題を多く発見できるとは限らないという結果となった。また、作業員毎の質問表 A,B,C における質問の関係を図 3 に示す。

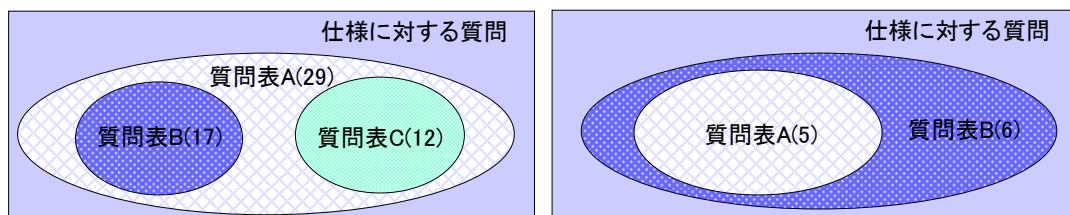


図 3 質問表 A, B, C における質問の関係（左：作業員 1，右：作業員 2）

作業員 1 の場合、自然言語記述の仕様をテスト視点でみたときに発生した質問が、形式仕様記述で発生した質問、および形式化した仕様をテスト視点でみたときに発生した質問をすべて包含している。作業員 2 の場合、自然言語記述の仕様をテスト視点でみたときに発生した質問数より、形式仕様記述で発生した質問数が 1 つ増えている。形式化した仕様をテスト視点でみたときは質問が発生していない。

3.3 質問表の質問の特徴

① DSF の分類

表 2 に、作業員毎の質問表 A,B,C を DSF の分類で整理した結果を示す。

表 2 DSF の分類で整理した検証結果（左：作業員 1，右：作業員 2）

| 不具合種別 | 質問表A | | 質問表B | | 質問表C | | 不具合種別 | 質問表A | | 質問表B | | 質問表C | |
|-----------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|-----------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|
| | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) | | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) |
| 仕様の衝突 | 1 | 3.4 | 1 | 5.9 | 0 | 0 | 仕様の衝突 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 仕様の不足 | 16 | 55.3 | 7 | 41.2 | 9 | 75.0 | 仕様の不足 | 1 | 20.0 | 1 | 16.7 | 0 | 0 |
| 仕様の曖昧さ | 5 | 17.2 | 5 | 29.4 | 0 | 0 | 仕様の曖昧さ | 0 | 0 | 1 | 16.7 | 0 | 0 |
| 仕様そのものの疑問 | 7 | 24.1 | 4 | 23.5 | 3 | 25.0 | 仕様そのものの疑問 | 4 | 80.0 | 4 | 66.6 | 0 | 0 |
| 合計 | 29 | 100.0 | 17 | 100.0 | 12 | 100.0 | 合計 | 5 | 100.0 | 6 | 100.0 | 0 | 0 |

作業員により不具合種別のばらつきがあった。作業員 1 は、質問表 B 以外の質問表で、「仕様の不足」、「仕様そのものの疑問」の順に高い結果となった。作業員 2 は、すべての質問表で、逆に「仕様そのものの疑問」、「仕様の不足」の順で高い。また、「仕様の衝突」については、2名の作業員ともほとんど発見できていない。

② 機能・非機能の分類

表 3 に、作業員毎の質問表 A,B,C を機能・非機能の分類で整理した結果を示す。

表 3 機能・非機能の分類で整理した検証結果（左：作業員 1，右：作業員 2）

| 機能・非機能 | 質問表A | | 質問表B | | 質問表C | | 機能・非機能 | 質問表A | | 質問表B | | 質問表C | |
|--------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|
| | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) | | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) |
| 機能 | 18 | 62.1 | 16 | 94.1 | 2 | 16.7 | 機能 | 3 | 60.0 | 4 | 66.7 | 0 | 0 |
| 非機能 | 11 | 37.9 | 1 | 5.9 | 10 | 83.3 | 非機能 | 2 | 40.0 | 2 | 33.3 | 0 | 0 |
| 合計 | 29 | 100.0 | 17 | 100.0 | 12 | 100.0 | 合計 | 5 | 100.0 | 6 | 100.0 | 0 | 0 |

作業員 1 は、形式仕様記述では、非機能仕様に関する問題をほとんど発見していない。作業員 2 は、自然言語記述の仕様をテスト視点でみることで、形式仕様記述、いずれの作業員によらず、機能仕様と非機能仕様に関する質問の割合がほぼ同程度である。

③ 有則・無則の分類

表 4 に、作業員毎の質問表 A,B,C を有則・無則の分類で整理した結果を示す。

表 4 有則・無則の分類で整理した検証結果（左：作業員 1，右：作業員 2）

| 有則・無則 | 質問表A | | 質問表B | | 質問表C | | 機能・非機能 | 質問表A | | 質問表B | | 質問表C | |
|-------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|
| | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) | | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) | 質問数(件) | 全項目数に対する割合(%) |
| 有則 | 27 | 93.1 | 17 | 100.0 | 10 | 83.3 | 有則 | 2 | 40.0 | 2 | 33.3 | 0 | 0 |
| 無則 | 2 | 6.9 | 0 | 0 | 2 | 16.7 | 無則 | 3 | 60.0 | 4 | 66.7 | 0 | 0 |
| 合計 | 29 | 100.0 | 17 | 100.0 | 12 | 100.0 | 合計 | 5 | 100.0 | 6 | 100.0 | 0 | 0 |

作業員 1 は、自然言語記述あるいは形式化した仕様をテスト視点でみることで、無則に関する問題を発見している。形式仕様記述では発見できていない。作業員 2 は、自然言語記述の仕様をテスト視点でみることで、形式仕様記述のいずれでも無則に関する問題を発見している。

4. 考察

4.1 形式仕様記述による仕様の問題発見の有無【目的 1】

作業者 2 名とも、形式仕様記述で実際に仕様の問題を発見できることを確認した。形式仕様記述の具体的な作業は、(a)自然言語記述の仕様書の読み込み、(b)クラス図作成、(c)VDM++言語で仕様記述、の 3 つである。作業者毎に(a)~(c)の作業で発見した問題（質問）を以下に示す。

作業者 1 (a)14 件 (b)0 件 (c)3 件

作業者 2 (a)4 件 (b)0 件 (c)2 件

(a)では、作業者 2 名とも VDM++言語、および形式仕様記述の初学者であるため、形式仕様記述が該当仕様書の読み込みに与える効果はなく、形式仕様記述自体は仕様の問題発見に寄与していないと推定する。(b)では、クラス間の関係を記載することなどで、仕様の問題発見を期待したが、今回は発見できなかった。作業者 2 名とも(c)で発見した仕様の問題が、形式仕様記述で実際に発見した問題と考える。(c)で発見した問題について、VDM++言語による仕様記述においてどのような場合に発見したかを確認した。(表 5)

表 5 VDM++言語による仕様記述で発見した問題の発生時期と分類

(左：作業者 1, 右：作業者 2)

| 問題 | 発生時期 | 分類 | | | No | 発生時期 | 分類 | | |
|-----|-------------------------|-------------|--------|-------|-----|---------------|----------|--------|-------|
| | | DSF | 機能・非機能 | 有則・無則 | | | DSF | 機能・非機能 | 有則・無則 |
| 問題1 | 操作定義を検討しているとき | 3:仕様の曖昧さ | 1:機能 | 1:有則 | 問題1 | 操作定義を検討しているとき | 2:仕様の不足 | 1:機能 | 1:有則 |
| 問題2 | 操作定義を検討しているとき | 3:仕様の曖昧さ | 1:機能 | 1:有則 | 問題2 | 操作定義を検討しているとき | 3:仕様の曖昧さ | 1:機能 | 2:無則 |
| 問題3 | 事前条件/事後条件/不変条件を検討しているとき | 4:仕様そのものの疑問 | 1:機能 | 1:有則 | | | | | |

表 5 より、今回の検証では、仕様の問題発見に直接繋がったのは VDM++言語による仕様記述における操作定義の検討である。

4.2 仕様の問題発見における形式仕様記述+テスト視点の優位性【目的 2】

形式仕様記述に加え、形式化した仕様をテスト視点でみることは、必ずしも、自然言語記述の（曖昧な）仕様をテスト視点でみることより仕様の問題を多く発見できるとは限らない結果となった。関係式(1)が成立しなかった作業者 1 の発見した問題（質問）の関係（図 3 の左図）について確認すると、形式仕様記述では、自然言語記述の仕様をテスト視点でみること以上の問題を発見していない。作業者 2 は、形式仕様記述において、自然言語記述の仕様をテスト視点でみること以上の問題を発見していることから、作業者 2 名の作業状況や成果物を確認した。その結果、作業者 1 の結果において【目的 2】を確認できなかった要因は以下の①、②の 2 つと考えられ、いずれも向上させることで、異なる結果が得られる可能性がある。

① VDM++言語の習熟度

作業者 1 は 30 時間程度（主に独学。VDM 関連書籍とサンプルコードの読み込み中心）、作業者 2 は 50 時間程度（主に集合教育。記述トレーニング中心）、それぞれトレーニングを行った。初学者であることから、作業者 1 は記述トレーニングにさらに多くの時間を割く必要性があったと考える。

② 形式仕様の完成度

作業者 2 名とも、形式仕様記述では、クラス図を作成し、それを元にクラス定義、操作定

義を行った。操作定義は、陽定義し、本体部分は 1～数個のみの定義にとどまり、ほとんど未定義 (is not yet specified) である。本体部分の定義を記述することで、形式仕様記述における仕様の問題の発見数を増やすことができ、【目的 2】に関して別の結果を得られる可能性がある。また、完成度を上げることで、仕様を実行して仕様検証することができ、【目的 2】の確認の可能性が高まると考える。

4.3 自然言語で仕様を記述する際の改善ポイント【目的 3】

【目的 1】と【目的 2】で発見した仕様の問題の性質を検討し、開発のより早い段階で問題を明らかにするため、自然言語で仕様を記述する際の改善ポイントを提案する。自然言語記述の仕様をテスト視点でみること (質問表 A)、および形式化した仕様をテスト視点でみること (質問表 C) については、作業員間の仕様の問題発見数の違いが大きく、傾向がつかめないため検討から除外する。形式仕様記述 (質問表 B) については、4.1 項で述べたように VDM++ 言語、および形式仕様記述の初学者である作業員 2 名でも、少ない件数ながら、ほぼ同じ件数 (作業員 1 : 3 件, 作業員 2 : 2 件) で仕様の問題を発見しているため、検討する。

① DSF の分類

作業員 2 名とも不具合種別「仕様の曖昧さ」を発見している。(仕様の複数の解釈をなくす) = (同一概念複数表現をなくす) 或いは (複数概念同一表現をなくす) 手法として、文献[8]で提案されている「日本語による要求仕様書記載文型の適用」が考えられる。文献[8]では、具体的な記述法として「品詞別記述法」や「品質特性別記述構文型」などが提案されており、表 5 で発見した「仕様の曖昧さ」の問題は、品質特性別記述構文型のうちの「処理条件付き逐次機能要求仕様文」や「動作前提条件及び例外条件付き逐次機能要求仕様文」を適用することで解決できる可能性がある。

<問題内容>

「蓋が閉じられ、水量が適正な場合、沸騰行為をする。」と記載されているが、水温がすでに沸騰状態でも沸騰行為をするのか？

<上記問題を解決するために動作前提条件及び例外条件付き逐次機能要求仕様文で仕様を記述した例>

「ポットは蓋が閉じられたら、沸騰行為をすること。水量異常の場合、または水温が既に沸騰温度になっている場合には、沸騰行為をしない。」

図 4 表 5 の問題に「動作前提条件及び例外条件付き逐次機能要求仕様文」を適用した例

② 機能・非機能の分類

品質特性のうちの機能性に関する問題 5 件を発見している。問題 5 件は、機能性の副特性のうち、合目的性に 3 件、正確性に 2 件が各々該当した。表 5 で発見した問題は、自然言語で記述する際に、機能性の合目的性や正確性に留意することで、仕様の問題を抑止する可能性がある。

③ 有則・無則の分類

有則に関する問題 4 件を発見している。有則に関する問題は、条件と機能の組み合わせが仕様に記述されているが、組み合わせ条件の不足、同一条件を複数の表現で記述、などが該当した。これらの問題も DSF の分類における「仕様の曖昧さ」と同様に、「品質特性別記述構文型」を適用することで解決できる可能性がある。

④ 提案

VDM++言語による仕様記述により発見した問題の性質を検討した結果から、開発のより早い段階で問題を明らかにするため、自然言語による仕様記述においても、VDM++言語による仕様記述の良いところを改善ポイントとして採用することを提案する。改善ポイントは、「品質特性格別記述構文型」の適用と品質特性の機能性（合目的性、正確性）に留意した記述の 2 つである。

5. おわりに

本研究では、形式仕様記述が仕様の問題を発見できることを確認した。VDM++言語による仕様記述に加え、その仕様をテスト視点でみることで、自然言語記述の仕様をテスト視点でみること以上に仕様の問題を発見し易くするには、VDM++言語による仕様記述の習熟度や完成度が課題であることが分かった。VDM++言語による仕様記述により発見した問題の性質を検討した結果から、自然言語で仕様を記述する際の改善ポイントとして「品質特性格別記述構文型」の適用と、品質特性の機能性（合目的性、正確性）に留意した記述の 2 つを提案した。今後 VDM++言語による形式仕様記述を業務へ適用するために、VDM++言語の習熟度向上と形式仕様記述における仕様検証の効果確認を進める。また、提案した改善ポイントを実際の業務で検証したい。

謝辞

本研究、および本稿執筆にあたり、ご指導いただいた荒木教授、栗田主査、石川副主査に深謝する。また、SQiP 研究会を運営していただいた日科技連の方々にお礼を申し上げたい。研究にあたり、一緒に議論し、貴重なご意見・ご感想を下さった演習コースⅡの研究生の方々にもお礼を申し上げたい。最後に本研究の機会を与えてくれた会社上司・同僚にお礼を言いたい。

参考文献

- [1] 栗田太郎：携帯電話組込み用モバイル Felica IC チップ開発における形式仕様記述手法の適用，情報処理学会誌，Vol.49，No.5(2008)，pp.506-513.
- [2] 西康晴：第三世代に突入したソフトウェアテスト，ソフトウェアテストシンポジウム 2010 四国，2010.
- [3] 派生開発で成功するための施策-部分的に XDDP の仕組みを取り入れた設計書の提案-，ソフトウェア品質管理研究会 第 26 年度(2010 年度)分科会成果報告，日本科学技術連盟.
- [4] SESSAME：話題沸騰ポット(GOMA-1015 型)要求仕様書[第 7 版]，SESSAME，2005.
- [5] 塚本英昭：形式手法適用事例の紹介，JASA 主催/IPA 共催セミナー，2011.
- [6] JIS X 0129-1:2003(ISO/IEC 9126-1:2001)：ソフトウェア製品の品質 第 1 部：品質モデル，日本規格協会，2003.
- [7] 松尾谷徹：ソフトウェアテストの展望：SW 機能テストから，システム挙動の評価へ，JaSST'07 Tokyo，2007.
- [8] 金子龍三：要求仕様書文章の質—日本語による要求仕様書記載文型，<http://www.juse-sqip.jp/honne/backnumber_022.html>(2012/01/22 現在)