

# ドメイン固有ソフトウェア RFP の構成モデルと評価方法の提案と評価

M2019SE002 加藤 昇一

指導教員 青山 幹雄

## 1 研究背景

自動車の新機能の多くはソフトウェアによって実現されており、高度化する多様な要求を開発することが求められている。高度な要求をカーメーカとサプライヤなどのステークホルダ間で誤りなく理解、共有するためには自動車ソフトウェア要求定義のための RFP(Request for Proposal)の品質が重要となる。しかし、RFP の構成モデルの国際規格はない。また IT コーディネータ協会が提供する RFP 構成モデル<sup>3)</sup>は汎用的なため、自動車ドメイン固有の要求の表現には適切ではない。加えて、RFP を評価するための体系的な方法も存在しない。以上の理由から、本研究では自動車ソフトウェア RFP の構成モデルとその正当性の評価方法を提案する。

## 2 研究課題

研究背景を踏まえ下記 3 点を研究課題として設定する。

- (1) 自動車ドメインにおけるステークホルダの多様な要求を表現できる RFP 構成モデルの設計方法を提案する。
- (2) ステークホルダのパースペクティブ(観点)に基づく RFP 品質モデルを提案する。
- (3) RFP が RFP 構成モデルに基づき記述され、RFP 品質モデルが定める品質特性を満たしているかを評価する体系的なインスペクション方法を提案する。また、提案方法を RFP の事例に適用し有効性を示す。

## 3 研究課題

### 3.1 自動車ソフトウェアのフォールト分析と要求定義

自動車ソフトウェアの要求仕様書(SRS: Software Requirements Specification)に起因するフォールトの原因を分類した研究<sup>2)</sup>がある。この研究では、フォールトの最大の原因が SRS の記述の不完全性にあることを示している。SRS の記述の不完全性を排除することがフォールトの低減に効果的であるといえる。そのため、自動車ソフトウェア開発の源流である要求定義とその技術体系である要求工学の研究と実践が必要となっている<sup>1)</sup>。

### 3.2 RFP/SRS の構成モデル

要求獲得の起点として RFP を用いることが情報システム開発では広く行われている。しかし、その記述内容は作成者のスキルに依存する。実際に RFP の記述内容にばらつきがあることが知られている<sup>2)6)</sup>。

RFP の記述の不完全性を排除する一つの方法として、IT コーディネータ協会が提示している RFP 構成モデルの標準<sup>3)</sup>を参照し、内容の標準化を図ることが考えられる。しかし、汎用的であるため、自動車ソフトウェアとは記述内容が異なり、作成する RFP の構成モデルが適切ではないことがある。SRS も同様に ISO/IEC/IEEE 29148<sup>4)</sup>、要求工学知識体系<sup>5)</sup>(以後、REBOK)などで SRS の標準が提案されているが、ドメインの特性により作成する SRS の構成モデルに適切ではないことがあ

る。そのため、RFP/SRS のドメイン固有の要素を踏まえ、構成モデルを作成する必要がある。この問題に対して、Takoshima らは国際規格である IEEE 830-1998 の要求仕様書構成モデルに対してステークホルダの関心事に基づく自動車ドメイン固有の項目を追加し、自動車ドメイン固有 SRS 構成モデルを提案している<sup>9)</sup>。さらに、SRS 構成モデルの設計プロセスも提案している。しかし、RFP に関してはドメイン固有の RFP 構成モデルの設計方法の提案は著者の知る限りではない。

### 3.3 RFP/SRS の品質モデル

RFP/SRS 品質の測定を可能とするためには、評価の指標となる品質特性の定義が必要である。RFP の品質特性は国際規格で定義されていないが、エンタープライズシステムを対象とした RFP の品質特性を定義した研究がある。この標準として、REBOK<sup>6)</sup>では要求仕様書が満たすべき品質特性を定義している。また、SRS の品質特性の標準として ISO/IEC/IEEE 29148<sup>4)</sup>などの定義がある。ISO/IEC/IEEE 29148 の品質特性に自動車ドメイン固有の品質特性を追加し、自動車ドメイン固有の品質特性を定義した研究<sup>8)</sup>がある。

### 3.4 RFP/SRS のインスペクション

RFP/SRS 等の技術文書の評価する方法の一つにインスペクションがある<sup>1)</sup>。広く行われているレビューに比べ、インスペクションは手順や成果物などが事前に規定され、行われる。齋藤らは、インスペクションの手順と評価方法を体系的に設計する方法論として RISDM を提案している<sup>7)</sup>。インスペクションの結果から開発リスク(予実乖離率)を予測する効果も明らかにしている。大下らは、RFP/SRS のインスペクションプロセスを提案し、実際の情報システムの要求定義に適用している<sup>6)</sup>。

## 4 アプローチ

本研究では、研究課題で設定した下記二つの課題がある。

- (1) 故障診断ソフトウェア RFP 構成モデルの提案
- (2) 故障診断ソフトウェア RFP 評価方法の提案

この課題に対するアプローチとアプローチ間の関係から本研究のアプローチの全体像を図 1 に示す。

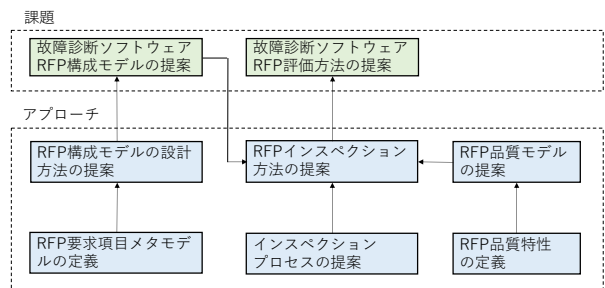


図 1 アプローチの全体像

次に各アプローチについて説明する。

### 4.1 RFP 構成モデルの設計方法

RFP の構造と多様な要求の関係を明らかにするために、RFP で記載すべき要求項目とその関係を定義する要求項目メタモデルを定義する必要がある。要求項目メタモデルはステークホルダがドメインに対して持つ関心事とドメインに依存しな

い参照 RFP の目次項目に基づき定義する。参照 RFP とはドメインに依存しない RFP の構造の汎用モデルである。これに基づき、要求項目メタモデルを定義して、ドメイン固有の RFP 構成モデルの設計方法を提案する。さらに、提案方法に基づき故障診断ソフトウェアの RFP 構成モデルを提案する。

#### 4.2 RFP 品質モデル

RFP 品質の測定を可能とするためには、評価の指標となる品質特性の定義が必要である。したがって、ステークホルダの理解のしやすさを考慮したプラグマティック品質特性を定義する。ここで、プラグマティック品質特性とはステークホルダの視点から見た品質特性である<sup>7)</sup>。REBOK<sup>6)</sup>に記述された要求の特性とステークホルダのパースペクティブに基づき定義する。定義したプラグマティック品質特性を正当性確認(Verification)で評価可能な表現品質と妥当性確認(Validation)で評価可能な内容品質に分類した品質モデルを提案する。ここで、表現品質とは RFP の記述の良さである。内容品質とは RFP の内容そのものの品質である。

#### 4.3 RFP インспекション方法

RFP の品質を確保するためには、下記の二つの条件を満たす必要がある。

- (1) RFP 構成モデルに定義された要求項目が漏れなく記述されていること
- (2) 記述された内容が本研究で提案するプラグマティック品質特性を満たしていること

上記二つを満たすことを評価可能なインспекションプロセスを提案する。次にインспекションプロセスに基づきインспекションを行うためのインспекション方法を提案する。なお、本研究ではプラグマティック品質特性のうち表現品質に限定したインспекション方法を提案する。

### 5 RFP 構成モデルの設計方法

多様な要求と RFP 構成モデルの関係を明らかにした要求項目メタモデルを図 2 に示す。ドメイン固有の RFP 構成モデルはドメイン非依存目次項目にドメイン依存の目次項目を追加することで作成されることを意味する。また、各種展開表は要素を変換することができる。例えば、ドメイン特性展開表は製品ドメインをドメイン特性に変換する。このように各種展開表で順次変換を行うことで、最終的には RFP 構成モデルの具体的な要求項目を設計できる。

次に要求項目メタモデルに基づく RFP 構成モデルの設計方法を図 3 に示す。RFP の設計は下記の 7 ステップで行う。

- (1) 開発種別情報の選択  
開発種別(新規開発 or 派生開発)を選択する。
- (2) 参照 RFP 構成モデルの展開  
開発種別情報から参照する RFP 構成モデル(以後、参照 RFP 構成モデル)を展開する。
- (3) ドメイン特性の展開  
自動車ソフトウェアの製品ドメインからドメイン特性を展開する。
- (4) パースペクティブの展開  
自動車ソフトウェアのステークホルダからパースペクティブを展開する。
- (5) ドメイン関心事の展開  
展開したドメイン特性とパースペクティブからドメイン特性

に関する関心事(以後、ドメイン特性関心事)を展開する。

- (6) ドメイン特性関心事から RFP 追加要求項目へ展開  
ドメイン特性関心事から追加要求項目を展開する。
- (7) 参照 RFP の拡張

参照 RFP 構成モデルに追加要求項目を追加することで、ドメイン固有の RFP 構成モデルに拡張する。

さらに、提案方法で設計した故障診断ソフトウェアの RFP 構成モデルを図 4 に示す。

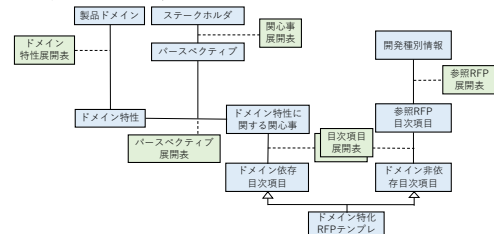


図 2 要求項目メタモデル

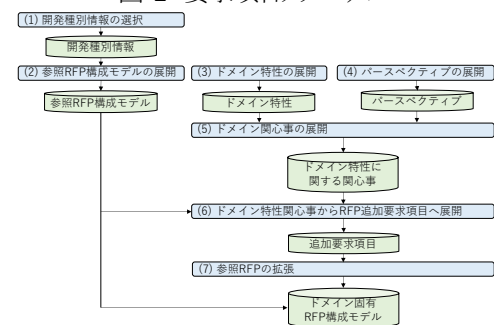


図 3 RFP 構成モデルの設計プロセス

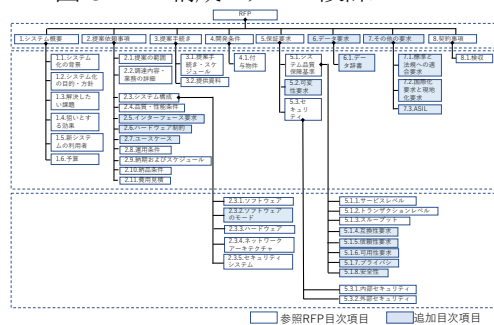


図 4 故障診断ソフトウェアの RFP 構成モデル

### 6 RFP 品質モデル

RFP 品質モデルを図 5 に示す。

ステークホルダの理解のしやすさを考慮したプラグマティック品質特性を表 1 に示す。まずステークホルダのパースペクティブを特定した。次に、レベル 2 まで詳細化したステークホルダのパースペクティブと REBOK で定義されている要求の特性から合計 15 個のプラグマティック品質特性を定義した。さらに、定義したプラグマティック品質特性を正当性確認で評価可能な表現品質と妥当性確認で評価可能な内容品質に分類した。なお、表現品質は 7 個で内容品質は 8 個となった。

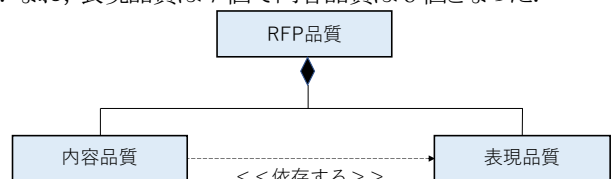


図 5 RFP 品質モデル

表1 プラグマティック品質特性

レベル	参照RFP品質特性										プラグマティック品質特性(QPC)		分類	
	単一性	完全性	法守	独立性	追跡可能性	実現可能性	必要性	検査可能性	正当性	透明性	特性名	定義		表現品質
取得者(顧客)	全ての要求が獲得されていることを確認する	x									要求網羅性	RFPには製品の成立に必要な要求がすべて記述されている	x	
	不要な要求が追加されていないことを確認する								x		正当性	RFPに記述された要求はすべて製品の成立に必要なものである		x
	要求が正しく理解されていることを確認する									x	責任追跡性	RFPに記述された要求の必要性に対する説明責任が果たされている		x
	最新の情報に基づき要求が記述されていることを確認する					x					最新性	RFPに記述された要求が最新の情報に基づいている		x
	各要求が独立していることを確認する			x							独立性	RFPに記述された一つ一つの要求が独立して記述されている		x
	要求を一括に解釈できることを確認する	x									明確性	全ての読者が一意に内容を解釈できるようにRFP中に記述された要求が明確に記述されている		x
プロジェクトマネージャ	必要な成果物が作成されていることを保証する				x						追跡可能性	RFPに記述された要求の双方向トレーサビリティが確保されている		x
	正しい成果物が作成されていることを保証する					x					外部一貫性	RFPに記述された要求はトレーサビリティにより内容の意味が正しく継承されている		x
	要求が法律や規制に準拠していることを保証する			x							法令遵守	RFPに記述された要求は法令に準拠している		x
要求エンジニア	要求を変更する							x			変更容易性	RFPは変更が容易な構成になっている		x
	要求を追加する							x			必要性	RFPに必要な要求が網羅されている		x
	要求を具体化する						x				無曖昧性	RFPに記述された要求に曖昧な表現が含まれていない		x
	要求が検証可能であることを保証する								x		検証可能性	RFPに記述された要求の検証が可能であること		x
	要求に矛盾がないことを保証する	x									内部一貫性	RFPに記述された要求がお互いに矛盾していない		x
	要求が実現可能であることを保証する						x				実現可能性	RFPに記述された要求がすべて現実的な制約の範囲内で実現できる		x

## 7 RFP インスペクション方法

### 7.1 インスペクションプロセス

インスペクションプロセスを図6に示す。インスペクションは下記の5ステップで行う。

- 要求アナリストによる RFP の作成  
要求アナリストが RFP を作成する。
- インスペクタによる RFP の受領  
インスペクタが要求アナリストから RFP を受領する。
- インスペクションとリスク評価の実施  
RFP のインスペクションを後述する質問セットとインスペクションポイントを用いて行い RFP 品質を視覚化する品質スコアを作成する。次に、品質スコアから QCD の観点からのリスク(不具合混入数, 予実乖離率, 納期遅延日数)を視覚化したリスク評価結果を作成する。
- 改善アドバイスの策定  
品質スコアとリスク評価結果から要求アナリストが RFP を改善するための改善アドバイスを策定する。
- RFP 改善の実行  
要求アナリストはインスペクタから品質スコア, リスク評価結果, 改善アドバイスを受領し, これらの情報をもとに RFP の改善を行う。

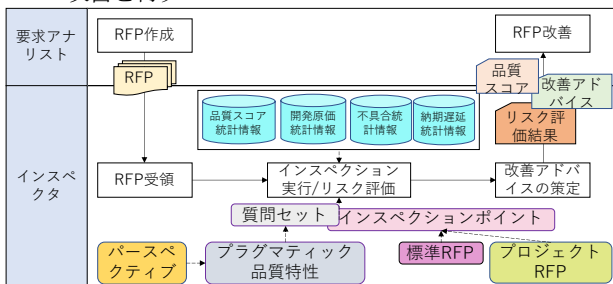


図6 インスペクションプロセス

## 7.2 インスペクション方法

インスペクションの方法を図7に示す。

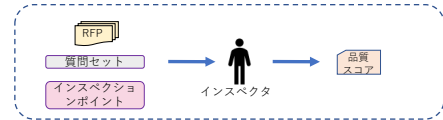


図7 インスペクション方法

インスペクションはインスペクタが RFP に対し、質問セットとインスペクションポイントを用いて行う。質問セットとはイエスまたはノーで回答できる質問項目をまとめたものであり表2に示す。インスペクションポイントは RFP 要求項目毎の質問すべき箇所を明らかにしたものであり表3に示す。

これらの使い方を説明する。例えば、システム化の背景という目次の質問項目は、インスペクションポイントから“1.1 システム化の背景”でx印のあるC1-1, C2-2の2つとなる。続いて、具体的な質問項目は C1-1 を例にすると、質問セットの ID が C1-1 である“開発目的”の質問内容となる。このようにして、すべてのインスペクションを行い、すべての質問数分のイエスの数に 100 を掛け品質スコアを作成する。

表2 質問セット

ID	品質特性	RFPに記述された要求の必要性に対する説明責任が果たされている	副特性	質問項目
C1-1	責任追跡性		開発目的	製品の開発目的が記述されているか?
C1-2			機能目的	機能の目的が記述されているか?
C2-1	最新性		外部文書最新性	参考文献に記述された外部文書が最新か?
C2-2			記述内容最新性	記述内容が最新の外部文書に基づき作成されているか?

表3 インスペクションポイント

	C1-1	C1-2	C2-1	C2-2	C1-1	C1-2	C2-1	C2-2	C1-1	C1-2	C2-1	C2-2
0.はじめに												
0.1 目次												
0.2 用語の定義												
1. システム構築の目的・背景												
1.1 システム化の背景												
1.2 システム化の目的・方針												

## 8 RFP インスペクション方法の評価

### 8.1 インスペクションの有効性評価の方法

インスペクションの有効性の評価は下記の期待を満たしていれば有効と判断する。ここで、RFP の良さの基準として品質スコアが 50 点以上であると設定する。

- 手戻りが起きなかった RFP を 3 部用意し、品質スコアの平均値が基準点の 50 点以上であること。
- 手戻りの原因となった RFP を 3 部用意し、品質スコアの値が基準点の 50 点未満であること。

### 8.2 インスペクションの有効性評価の結果

インスペクションの有効性評価の結果を表4に示す。RFP は合計で 6 部用意し、RFP 毎に提案方法でインスペクションを実行した。その結果、手戻りが起きなかった RFP の平均値は 57 点で、50 点を上回る結果となった。この結果からインスペクションによって適切に評価できていると判断され、評価結果は合格(○)となった。また、手戻りが起きる原因となった RFP の平均値は 14 点で、50 点未満となった。この結果からインスペクションによって適切に評価できていると判断され、評価結果は合格(○)となった。

表4 RFP のデータと評価結果

No.	データ分類	RFP-ID	ページ数	品質スコア		期待	評価結果
				単独	平均		
1	手戻りが起きなかったRFP	RFP_A	9	58	57	平均値 ≥ 50	○
		RFP_B	3	49			
		RFP_C	11	64			
2	手戻りが起きる原因となったRFP	RFP_D	1	1	14	平均値 < 50	○
		RFP_E	8	11			
		RFP_F	8	29			

### 8.3 品質スコアの視覚化

品質特性毎に視覚化した品質スコアを図8に示す。このように品質特性毎に品質スコアの充足度が分かることで、RFPの改善すべき箇所が分かりやすくなる効果がある。

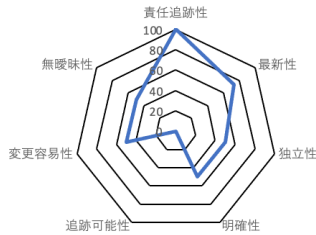


図8 品質特性毎の品質スコア

## 9 実際のRFPへの適用

実際の12種類の自動車ソフトウェアRFPのデータセットにインスペクションを適用した結果を表5に示す。ドメインによらず手戻り有のRFPと手戻り無しのRFPの品質スコアには品質スコアに差があり、提案インスペクションで手戻りが起きるRFPの判別ができることが期待できる。

表5 データセットとRFP品質スコア

RFP-ID	手戻り	対象ソフトウェア	ページ数	品質スコア	品質スコア(平均値)	標準偏差
RFP_A	無	故障診断ソフトウェア	9	58	57	7.18
RFP_B			3	49		
RFP_C			11	64		
RFP_J			19	73		
RFP_K		ECU書き換えソフトウェア	14	61	66	
RFP_L			7	63		
RFP_D	有	故障診断ソフトウェア	1	1	16	12.4
RFP_E			8	11		
RFP_F			8	35		
RFP_G		ECU書き換えソフトウェア	8	34	30	
RFP_H			5	22		
RFP_I			5	35		

## 10 RFP品質向上方法

手戻りの原因となった6部のRFPの分析を行なった結果、RFPに起因する欠陥はRFPの要求網羅性が低く、6件中4件はユースケースの要求項目に記述漏れがあった。よって、ユースケースの要求網羅性を高めるようRFPを作成することで手戻りの低減ができることが期待できる。

## 11 考察

### 11.1 RFP構成モデルの設計方法

高度な要求をカーメーカとサプライヤなどのステークホルダ間で誤りなく理解、共有するためには適切な構造を持ったRFP構成モデルが必要である。本研究ではステークホルダの多様な要求を表現する要求項目メタモデルを定義し、これに基づきドメイン固有のRFP構成モデルの設計方法を体系的に提案した。提案設計方法は開発種別情報に基づき参照RFPを選択可能としている。これによって複数のドメインのRFPを設計可能となる。従来の方法は特定ドメインを対象にしていることから<sup>9)</sup>、提案方法は従来方法の改善となっており、新規性があると言える。

### 11.2 RFP品質モデル

RFP品質の測定を可能にするためには、評価の指標となる品質特性の定義が必要である。本研究ではステークホルダの理解しやすさを考慮したプラグマティック品質特性を定義し、正当性確認で評価可能な表現品質と妥当性確認で評価可能な内容品質に分類した品質モデルを提案した。RFPの品質特

性を実際の故障診断ソフトウェアに基づき定義しており、実際の開発への適用に有用性が期待できる。

### 11.3 RFPインスペクション方法

インスペクションを行うためには、そのプロセスと具体的な方法を定義する必要がある。本研究では、インスペクションプロセスとインスペクション方法を提案し、実際のRFPを対象にその有効性を評価した。この評価では期待した結果が得られた。評価したRFPで、手戻りが起きなかったRFPと手戻りが起きる原因となったRFPの品質スコアの平均値の差に43点の開きがあることから、問題のあるRFPを判別し、改善を促すことができると考える。さらに、評価対象の12部のRFPの品質スコアからRFP品質に大きなばらつきがあることを明らかにした。

## 12 今後の課題

- (1) RFPインスペクションの他ドメインへの適用
- (2) 品質スコアの統計情報を活用した製品のQCD予測

## 13 まとめ

ソフトウェア開発において上流工程でのコミュニケーション不足に起因する手戻りが起きている。本研究で対象とした故障診断ソフトウェアにおいてもRFPの要求項目の不足に起因する手戻りが起きており、RFP品質の向上が不可欠であった。

この問題を解決するため、過不足のない要求項目のRFPの設計方法を提案した。手戻りの起きる可能性の高いRFPを作成段階で検出できるようRFPの具体的な評価方法を提案し、その有効性を示した。提案した設計方法から、要求項目に過不足のない高品質のRFPの作成ができることが期待できる。

提案したインスペクションを適用すると、品質の低いRFPが視覚化でき、改善点を明らかにできる。これによって、上流工程でRFPの品質を向上でき、関係者間のコミュニケーションの改善が期待できる。ソフトウェア開発の源流である要求定義におけるRFPやSRSの品質は後工程、ひいては、製品全体の品質に大きな影響を及ぼす。

本研究の成果はRFP品質を向上させ、ひいてはソフトウェア開発におけるQCD向上に貢献することが期待できる。

## 参考文献

- (1) T. Gilb, et al., Software Inspection, Addison-Wesley, 1993 [伊土 誠一 ほか (監訳), ソフトウェアインスペクション, 共立出版, 1999].
- (2) N. Heurmeser, et al., Experiences in Managing an Automotive Requirements Engineering Process, Proc. of RE 2004, IEEE Computer Society, Sep. 2004, pp. 322-327.
- (3) ITコーディネータ協会, 開発委託用RFP(Request For Proposal)見本, V1.0e, 2004, [https://www.itc.jp/foric/useful/rfp/sa/dfiles/kaiturfp\\_v10e.pdf](https://www.itc.jp/foric/useful/rfp/sa/dfiles/kaiturfp_v10e.pdf).
- (4) ISO/IEC/IEEE 29148, Systems and Software Engineering - Lifecycle Processes - Requirements Engineering, 2011.
- (5) JISAREBOK 企画WG(編), 要求工学知識体系, 第1版, 近代科学社, 2011.
- (6) 大下 義勝, ほか, エンタープライズシステムへのRFP/SRSインスペクション方法の適用と評価, SES2018 論文集, 情報処理学会, Sep. 2018, pp. 130-138.
- (7) 齋藤 忍, ほか, RISDM: ソフトウェア要求仕様書のインスペクションデザイン方法論の提案と適用評価, SES2014 論文集, 情報処理学会, Sep. 2014, pp.105-114.
- (8) 蛸島 昭之, ほか, 第三者インスペクションによる車載システム要求仕様書品質の見える化, 2016 年 秋季大会学術講演会講演予稿集, No. 026, 自動車技術会, Oct. 2016, pp. 134-139.
- (9) A. Takoshima, et al., A Design Method for Domain-Specific Models of Software Requirements Specification Based on Stakeholders' Concerns, Proc. of APSEC 2018, IEEE Computer Society, Dec. 2018, pp. 542-550.
- (10) A. Vogelsang, et al., Take Care of Your Modes! An Investigation of Defects in Automotive Requirements, Proc. of REFSQ 2016, LNCS Vol. 9619, Springer, Mar. 2016, pp. 161-167.
- (11) M. Weber, et al., Requirements Engineering in Automotive Development: Experiences and Challenges, Proc. of RE 2002, IEEE Computer Society, Sep. 2002, pp. 331-340.