

要求文書からの信頼性要求の抽出と検証

山田さつき^{†1,2} 大森隆行^{†1} 大西 淳^{†1}

概要: 非機能要求が正しく記述されていることを確認することはソフトウェア開発において重要である。ここでは信頼性に焦点を当て、ソフトウェア要求文書から信頼性要求に関わる検索キーワードを定め、それらのキーワードによって信頼性要求が漏れなく検索できることを確認する。また検索された信頼性要求の無矛盾性・非冗長性・非曖昧性・完全性を格構造に基づいて検証する手法を提案し、例題を用いて提案手法を説明する。

キーワード: 非機能要求の抽出, 非機能要求の検証, 信頼性要求の抽出, 信頼性要求の検証

Derivation and Verification Method of Reliability Requirements

SATSUKI YAMADA^{†1,2} TAKAYUKI OMORI^{†1}
ATSUSHI OHNISHI^{†1}

Abstract: It is very important to certify the correctness of non-functional requirements in software development. In this paper, we focus on reliability requirements. By retrieving reliability requirements from software requirements documents using keywords related to reliability requirements, we can correctly get reliability requirements. Retrieved requirements will be checked using requirements frame model in order to verify the consistency, the non-redundancy, the unambiguity and the completeness of the requirements. Our method will be illustrated with examples

Keywords: derivation of non-functional requirements, verification of non-functional requirements, derivation of reliability requirements, verification of reliability requirements

1. はじめに

ソフトウェア要求仕様 (Software Requirements Specification) に誤った要求が含まれていると、それが原因となって要求定義以降の開発段階でさらなる誤りを生み出す恐れがある。要求仕様の品質とソフトウェア開発の成否は大きく関わっており、ソフトウェア開発を成功させるためにも、要求仕様中の誤りを早い段階で検出し、除去することが望まれる。

要求仕様中の機能要求に着目し、その正しさを検証する手法として、要求フレームモデルを用いた検証手法[13]を開発してきた。この手法では機能要求の正しさを検証できるが、非機能要求の正しさは保証されないという問題がある。また、要求言語として文法や語彙を制限した日本語要求言語 X-JRDL[13]によって記述された要求仕様書であることを前提としており、自然言語で記述された一般の要求仕様書には、そのままでは適用できないという問題がある。

そこで、要求フレームを拡張し、自然言語で記述された非機能要求に対しても正しさを保証する研究を進めている。[11]では応答性要求に着目し、応答性要求に対応するよう

に拡張した要求フレームモデルを用いて、応答性要求の誤りを検証できることを示した。

本稿では、非機能特性の中でも信頼性に着目し、信頼性要求の正しさを検証する手法を提案する。以下では、要求フレームモデルについて最初に説明し、非機能要求、特に信頼性に関する要求に対応した要求フレームの拡張について述べる。次に、この拡張した要求フレームを用いた信頼性要求の正しさを検証する手法を述べる。

2. 要求フレームモデルと要求言語

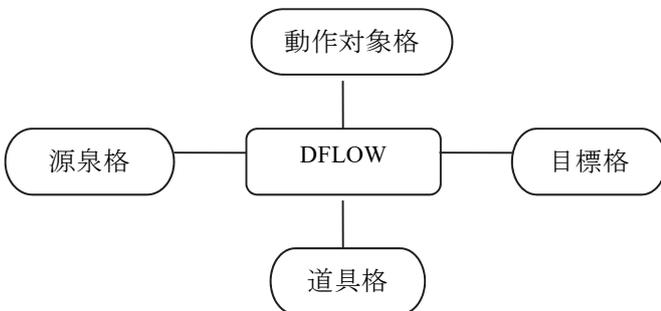
要求言語 (Requirements Language) は、要求仕様化のための言語である。本研究室では、格文法に基づいた制限日本語によって、機能要求の仕様化を目的とした要求言語 X-JRDL (eXtended Japanese Requirements Description Language) を開発している[13]。X-JRDL では、仕様に現れる名詞を人間 (Human) 型、機能 (Function) 型、データ (Data) 型、ファイル (File) 型、制御 (Control) 型、装置 (Device) 型の6種の型のいずれかに、動詞をデータの流れ、データや機能の構造、ファイルの操作など10種の動作に関する動作概念のいずれかに、形容詞を「大きい」、「小さい」、「等

^{†1} 立命館大学
Ritsumeikan University.
^{†2} (株) ファンコミュニケーションズ

F@N Communications, Inc.

しい」といった 6 種の比較演算に関する概念のいずれかに、それぞれ制限している。また、文は一つの動詞とその動詞に対応する動作概念の必須格に当てはまる名詞を中心として構成される。X-JRDL では、要求フレーム(格フレーム)と名付けた動作概念と必須格に対する枠構造が用意されており、各概念はそれぞれ異なった格フレームをもっている。

例として、データの流を表す DFLOW という概念の場合の格フレームを図 1 に示す。DFLOW は、要求仕様における「渡す」「入れる」「受け取る」などの日本語に対応する動作概念である。例えば、「A 社は B 社に在庫情報をメールで送る」という要求文の場合、流れるデータに相当する動作対象格は「在庫情報」、データの送り手に相当する源泉格は「A 社」、データの受け手に相当する目標格は「B 社」、データの送受時に用いられる器具に相当する道具格は「メール」という DFLOW の構造に基づいて解析される。



概念	格	名詞の型
DFLOW	動作対象格	data
	源泉格	function か human
	目標格	function か human
	道具格	device

図 1 動作概念 DFLOW (データの流) の格フレーム
Figure 1: Case structure of DFLOW (Data Flow).

この格フレームによって、格の抜けや不正な型の名詞の使用を検出できる。さらに、代名詞が使われたり、格が省略されたりする場合には、文脈から用いられるべき名詞を推定できる。

X-JRDL による要求文はその表現が異なっても意味が同じである場合は同一の内部表現に変換される。具体例を図 2 に示す。この例において、「A 社は B 社に在庫情報をメールで送る」という要求文と「B 社は A 社に在庫情報をメールで受け取る」という要求文を内部表現に変換する。「送る」と「受け取る」は DFLOW の動詞であり、それぞれの動作対象格、源泉格、目標格、道具格を比べてみると全て一致しているので、日本語表現は違っても意味的には同じであると解釈できる。

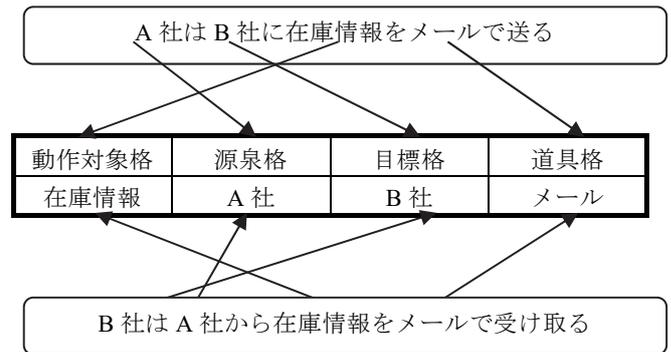


図 2 同じ意味の要求の同じ内部表現への変換例
Figure 2 Same internal representation of same but differently described requirements.

この日本語要求言語は文法と語彙を制限した制限言語ではあるが、自然な日本語表現を可能としている。日本語要求言語と要求フレームでの解析のメリットは以下の通りである。

1. 格の抜けや誤った名詞の型を検出できる
2. 日本語表現は異なっても同じ意味ならば同一の内部表現に変換される
3. 新規の動作概念であっても、その格構造を定義することによって解析ができる
4. 文脈から代名詞や抜けた格の名詞を推定できる
5. 重文や連体修飾節といった複文も解析できるため、前項 4 の特長と合わせ、自然な日本語文を表現できる。

一方デメリットとしては以下が挙げられる。

1. 文法や語彙を制限しているため、一般の要求仕様書に対して、そのまま適用することができず、制限された表現に変換してから適用する必要がある
2. 機能要求に特化しており非機能要求には適用できない。

自然言語で記述された信頼性要求のための要求フレームの拡張においても、これらのメリットは生かしつつ、デメリットの解消を図る。自然言語では同じ意味を持った要求を様々な異なった文で表現できる。同じ意味なら同一の内部表現に変換するように格構造を用意することによって、表記の揺れを解消するとともに、自然言語の持つ表現の多様性を保持できる。

3. 非機能要求

非機能要求は機能要求以外の要求を意味している。代表的な非機能要求は性能要求であり、ほかにはインタフェース要求、論理データベース要求、遵守すべき標準規約や設計制約等からの要求、最終ソフトウェア製品が満たすべき品質特性を実現するための要求がある[6,14]。

制限言語ではなく自然言語である日本語によって記述

された要求仕様書中の非機能要求を対象として、表現は異なっても同じ意味ならば同一の内部表現に変換できるような仕組みを検討する。内部表現に変換することによって、冗長な要求や矛盾した要求、あいまいな要求といった誤りを検出できるようにする。ここでは非機能要求として信頼性要求を取り上げる。

3.1 信頼性要求

信頼性はソフトウェア製品の品質特性の一つであり、JISX0129-1:2003 では「指定された条件下で利用するとき、指定された達成水準を維持するソフトウェア製品の能力」と定義されている。信頼性の副特性として、「成熟性（ソフトウェアに潜在する障害の結果として生じる故障を回避するソフトウェア製品の能力）」、「障害許容性（ソフトウェアの障害部分を実行した場合、又は仕様化されたインタフェース条件に違反が発生した場合、指定された達成条件を維持するソフトウェア製品の能力）」、「回復性（故障時に、指定された達成水準を再確立し、直接に影響を受けたデータを回復するソフトウェア製品の能力）」も合わせて定義されている。信頼性要求はソフトウェア製品が満たすべき信頼性を実現するための要求である。

3.2 信頼性用語の特定

信頼性要求を特徴づける用語（以下、信頼性用語と呼ぶ）を特定し、それらの用語を含んだ要求文を信頼性要求とみなす。信頼性用語を特定する手法として以下を提案する。また、特定した信頼性用語の有効性を確認するために、語句の特定に用いた文書とは異なる要求文書に適用して、信頼性要求が正しく、もれなく抽出できるかどうかを確認する。

1. Web で公開された複数の要求文書から、手作業で信頼性要求を抜き出す
2. 抜き出した要求文中で出現頻度が高い、かつ複数の要求文書で出現する用語群 A を明らかにする
3. 一方、信頼性要求ではない要求文に対しても、出現頻度が高い、かつ複数の要求文書で出現する用語群 B を明らかにする
4. A と B に共通な用語を A から除き、さらに IT 用語辞典に掲載されていない一般用語を除いた用語群 C を定める
5. JIS で定められた信頼性用語群 D を定める
6. 用語群 C と D の和集合 E を得る
7. 検索用に用語群 E を編集し、得られた用語群を信頼性用語とする

要求文書として、省庁が公開した文書『「ニュース速報を外部から取得し、イントラネットを介して職員に提供するシステムの新規開発」に係る外注仕様書』、『「化審法製造(輸

入)実績等届出システムの汎用電子申請システムとの連携のための改造作業」に係る外注仕様書』、『平成 26 年度エネルギー使用合理化促進基盤整備事業仕様書』、『パッケージソフトに対する要求仕様書』の 4 文書を採用し、30 程度の信頼性要求文を手作業で抜き出した。抜き出した要求文中で出現の多い用語群をテキストマイニング技法によって解析した結果を表 1 に示す。

表 1 信頼性要求によく出現した用語

Table 1 Frequently used words in reliability requirements.

データ	障害	システム	復旧
開発	環境	停止	範囲
信頼性	可能	十分	必要
配慮	保護	要件	発生
業務	確保	保守	提供
ネットワーク			

一方、信頼性要求ではない文で出現頻度の高い用語を表 2 に示す。

表 2 信頼性要求以外によく出現した用語

Table 2 Frequently used words in non-reliability requirements.

開発	データ	システム	要件
発生	環境	可能	必要
業務	ネットワーク	保守	保護

表 3 一般用語

Table 3 Generally used words.

範囲	十分	配慮	確保	提供
----	----	----	----	----

表 1 で太字の用語は表 2 と表 3 に現れない用語であり、信頼性要求を特徴づける用語であると判断できる。さらに、信頼性(ディペンダビリティ)用語を定義した JIS Z8115 に示された用語を表 4 に示す。

表 4 JIS Z8115 で定義された信頼性用語

Table 4 Reliability terms defined in JIS Z8115.

ディペンダビリティ	信頼性	固有信頼度
ケーパビリティ	信頼度	運用信頼度
信頼性特性値	MTTFF	故障強度
平均故障強度	MTTF	適合性
平均故障間隔	MTBF	故障率

表 4 にある「信頼度」という用語は「固有信頼度」や「運用信頼度」の部分文字列となっており、「信頼度」をキーワードとして検索すれば、「固有信頼度」や「運用信頼度」を含む要求文も検索できる。また「平均故障間隔」は「平均」と「間隔」という一般用語と「故障」という信頼性を特徴づける用語の複合語になっており、一般用語を省いた「故障」を信頼性用語として採用する。このような信頼性を特徴づける部分文字列を考慮して、表 4 と表 1 の太文字から

得られた用語を本研究では信頼性用語とした。結果を表 5 に示す。

表 5 本研究で採用した信頼性用語

Table 5 Proposed reliability terms.

ディペンダビリティ	MTBF	故障
ケーパビリティ	信頼性	停止
MTTFF	信頼度	障害
MTTF	適合性	復旧

3.3 信頼性用語を用いた信頼性要求の抽出

表 5 で得られた信頼性用語によって、信頼性要求正しく抽出できるかどうかを、信頼性用語の特定のために用いた要求文書とは異なる 3 つの要求文書に対して適用し評価した。3 つの要求文書は、「(a)通関統計加工分析システムのクライアント；サーバ方式への移植作業に係る外注仕様書」、「(b)職業安定行政関係システム雇用保険業務処理機能群及び助成金機能群開発業務調達仕様書」、「(c)白書類の SGML 化ならびに一般公開用データベース・システムの新規開発に係る外注仕様書」である。

表 6 に、要求文書(a),(b),(c)からの信頼性要求の抽出精度を示す。評価に当たって、あらかじめ手作業で、信頼性用語の有無にかかわらず信頼性要求文を取り出し、それらを正解とみなして、信頼性用語を含む要求文を検索した結果と比較した。なお、要求文書中に、「信頼性要求」や「信頼性要件」といった名前の付けられた節が存在する場合は、その節内のすべての文は信頼性要求とみなし、信頼性用語を含んでいるかいないかに関わらず正解に含めた。文書(a)と(b)では「5.信頼性等要件」の中に「(1)信頼性」という節があり、その節内の文を正解に含めた。文書(c)では「6.信頼性要件」という節があり、その節に書かれた文を正解に含めた。

表 6 信頼性要求文の抽出精度

Table 6 Derivation of reliability requirements from the requirements documents.

	文書(a)	文書(b)	文書(c)
正解文数	7	6	13
抽出文数	5	5	10
内正解文数	4	2	7
適合率	0.8	0.4	0.7
再現率	0.57	0.33	0.54

「信頼性要件」という節に書かれた文をすべて信頼性要求文とみなしたところ、表 7 に示すように、システム要求ではなく、人間に対する指示である文や、セキュリティに関する要求文など、必ずしも信頼性要求とは言えない文があった。

表 7 信頼性要求という節内に明示されているが、信頼性要求として不適切な文例

Table 7 Inadequate reliability requirements specified in reliability requirement section.

画面機能の一部変更は、サーバ側のパラメータファイルの修正のみで対応可能なこと。
システム内の機能や取扱データは、その機能やデータの利用情報を持つユーザのみが利用可能であること。
機能の一部変更や追加において、クライアント側の環境設定変更が必要となる場合、その作業は全て受注者の責任範囲とする。
本システムについて、十分な秘密保持が実現できるような設計及び開発をすること。
また、サーバ上のデータ、システム等がシステム利用者の不注意、故意等により失われることのないよう、例えば、CGI プログラム等に保護機能を設けるなどして、セキュリティに十分配慮したシステムを構築すること。
データが第三者や権限のないユーザが参照できないよう、データベースのアクセス権限を正しく設定し、必要に応じて暗号化を実施すること。
将来の制度の変更や対象業務の追加や対象業務の変化に対する拡張性を考慮し、必要に応じて機能・性能の拡張が可能であるように柔軟性を持った設計・開発方針を策定し、実施すること。
稼動後 5 年間、開発物に依存関係のあるオペレーティングシステムやミドルウェアのバージョンアップをする時には、別途、必要に応じて再設計及び開発(改修)、テストを実施可能であること。

そこで、信頼性要求として不適切と思われる要求文を正解とはしないで評価した結果を表 8 に示す。

表 8 精査した信頼性要求の抽出精度

Table 8 Derivation of revised reliability requirements.

	文書(a)	文書(b)	文書(c)
正解文数	3	2	3
抽出文数	4	5	10
内正解文数	3	2	3
適合率	1	1	1
再現率	0.75	0.4	0.3

表 8 より、信頼性用語による抽出により、もれなく信頼性要求を抽出できることが分かる。一方、再現率はそれほど高くなく、表 9 に示すように信頼性要求でない文も抽出している。

表 9 誤って検出された要求文
 Table 9 Incorrectly derived requirements.

文番号	誤検出の要求文
①	ネットワークによる障害及びアプリケーションによる障害、利用者による中断に対して十分配慮して開発すること。
②	アクセシビリティを確保するために「障害者・高齢者等情報処理機器アクセシビリティ指針」に従うこと。
③	やむを得ず一時的に停止せざるをえない場合は職業安定局と協議の上、その指示に従うこと。
④	全文検索エンジンの起動・停止・検索コマンド及び検索結果のやり取りを制御すること。
⑤	1年以内に障害が発生した場合受注者は速やかに原因究明に協力しなければならない。
⑥	障害対応を実施した際は、文書にて職員に報告すること。
⑦	プロジェクトの障害の発生と対応を管理する手順を定める。
⑧	受注者は、標準管理要領に基づき、委託範囲の成果物に関するプログラム開発の障害を管理し、速やかに障害の解決・解消を実施すること。
⑨	受注者は、障害対応に関して職業安定局に報告し、対応の指示があった場合は、協議の上、その指示にしたがうこと。
⑩	受注者は、他の機能群や、ハードウェア、ネットワークに関する障害と考えられる時は職業安定局の指示のもと、関係する事業者の協力をえて、作業を主管し障害の解決・解消を推進すること。
⑪	受注者は、本稼働後の3ヶ月間は、稼働後支援として、障害対応支援、運用支援、ソフトウェア保守、変更管理等を、おこなうこと。

文①については開発に対する指示のため、②については障害の対象が人であるため、④については停止コマンドの制御であるため、③、⑤～⑪は人の作業に対する指示であるため誤検出と判断した。表 10 に正しく抽出された信頼性要求を示す。

表 10 正しく抽出された信頼性要求
 Table 10 Correctly derived reliability requirements.

文 id	抽出された要求文
a	障害に伴うシステム停止は年1回以内とすること。
b	受注者の瑕疵となる障害が発生した場合は、担当者からの連絡を受けてから3時間以内に回復できること。
c	障害復旧の際、データ復旧はすべてバックアップデータのリストアで対応できること。

d	データの改ざんが発生した際にも復旧が可能なよう、データのバックアップ取得を定期的に可能とすること。
e	開発物において本番環境で使用するものは、障害復旧に対する可用性を高めるよう考慮すること。
f	大規模な災害が発生し、本番機の稼働するセンターが業務継続不可能な状態に陥った際にもシステム及びデータの復旧が可能なこと。

表 10 の正しく抽出された信頼性要求文数が 6 個であるのに対し、表 8 の正解文数が 8 個と整合しない理由は、文書(a)と(b)が共に同一の機関によって作成されたためか、文書(b)中の正解とした2つの要求文とまったく同一の要求文が文書(a)にも記述されており、この2文の重複を表 10 では省いたためである。

3.4 信頼性要求のための格フレーム

表 10 にあらわれる動作概念は、「停止する」、「回復する・復旧する」であり、これらに対応する格構造を定義することによって、信頼性要求の正しさを検証する。

「停止する」は動作概念を HALT とし、停止するシステムに対応する動作主格と停止目標に対応する目標格を設ける。また「停止する」条件に対応する条件格をオプションとして用意する。

「復旧する」と「回復する」は動作概念を RECOVER とし、復旧あるいは回復する「もの」に対応する動作主格、復旧時間に対応する目標格を設ける。復旧のための手段に対応する道具格、障害の原因に対応する条件格をオプション格として用意する。

これらの議論に基づいて、表 10 に示した信頼性要求文を格構造に変換した結果を表 11(a)～11(f)に示す。

表 11(a) 表 10 の文 a の格構造表現

Table 11(a) Case structure of requirement a in Table 10.

Concept	動作主格	目標格	条件格
HALT	システム	年1回以内	障害に伴う

表 11(b) 表 10 の文 b の格構造表現

Table 11(b) Case structure of requirement b in Table 10.

Concept	動作主格	目標格	道具格	条件格
RECOVER	—	3時間以内	—	受注者の瑕疵となる障害

表 11(c) 表 10 の文 c の格構造表現

Table 11(c) Case structure of requirement c in Table 10.

Concept	動作主格	目標格	道具格	条件格
RECOVER	データ	—	バックアップデータのリストア	障害

表 11(d) 表 10 の文 d の格構造表現

Table 11(d) Case structure of requirement d in Table 10.

Concept	動作主格	目標格	道具格	条件格
RECOVER	データ	—	バックアップデータ	データの改ざん

表 11(e) 表 10 の文 e の格構造表現

Table 11(e) Case structure of requirement e in Table 10.

Concept	動作主格	目標格	道具格	条件格
RECOVER	本番環境で使用するもの	高い可用性	—	障害

表 11(f) 表 10 の文 f の格構造表現

Table 11(f) Case structure of requirement f in Table 10.

Concept	動作主格	目標格	道具格	条件格
RECOVER	システムおよびデータ	—	—	センターが業務継続不可能

4. 信頼性要求の検証

4.1 検証対象の品質特性

格構造表現に変化された信頼性要求に対して、以下の品質特性について検証する。

- (1)非冗長性
- (2)非あいまい性
- (3)無矛盾性
- (4)完全性

4.1.1 非冗長性

「要求が冗長である」とは、同一内容の要求が複数個所に存在し、一方を削除しても抜けとならないことを指す。要求が冗長であっても、誤りではないが、冗長な要求を変更したり削除する場合に、一部のみを変更したり削除して、残りをそのままにしておく矛盾が生じたり、余分な要求が残ってしまう恐れがある。

4.1.2 非あいまい性

「要求があいまいである」とは、その要求の意味が2通り以上存在することを意味する。要求があいまいであると、誤った解釈をしてしまう恐れがある。

4.1.3 無矛盾性

「要求が矛盾している」とは1つの要求仕様中に書かれた要求間で矛盾が生じていることを意味する。要求の矛盾は、一方が正しくても一方が誤っている場合や、双方とも誤っている場合があるが、矛盾に気づかずに誤った要求をもとに開発を進めてしまう恐れがある。

4.1.4 完全性

「要求が不完全である」とは要求に抜けがあることを意

味する。1つの要求文の中に抜けが生じる場合と要求仕様全体で、書かれるべき要求が書かれていない場合がある。要求に抜けがあると、必要な機能が実装されなかったり、抜けを誤って補ってしまったりして、誤ったソフトウェアを実装してしまう恐れがある。

これら4つの品質特性は、いずれも個々の要求や要求仕様の正しさに関わる品質特性であり、本稿ではこれらの品質特性に関する信頼性要求の問題点を検出して、要求仕様の品質向上を目指す。

4.2 非冗長性の検証

動作概念が同一で、かつ動作主格、目標格に相当する語句が同一である複数の要求文が存在した場合、それらは冗長な場合がある。そのような要求文が存在した場合はさらにオプション格についても調べ、オプション格に対応する語句も同一であれば冗長と判断する。

表 11(c)と表 11(d)では、動作概念は共に RECOVER であり、動作主格は共に「データ」、目標格は共に明記されていない。道具格の表現は異なるものの、「バックアップデータ」を用いる点では同一である。しかしながら、条件格が一方は「障害」であるのに対し、もう一方は「データの改ざん」と異なっており、これら2つの要求は冗長ではないと判断できる。

4.3 非あいまい性の検証

あいまいさの原因としては、文法の係受けのあいまいさや多義語の使用、指示代名詞の使用などがあるが、ここでは語句の抜けから生じるあいまいさと定性的な表現の使用を対象とする。

必須格である「動作主格」と「目標格」が明示されていない要求文と「目標格」が定量的に記述されていない要求文はあいまいであるとみなす。

表 11 で「—」で表記された箇所は、元の要求文に明記されていないことを示しており、これらの表記からあいまいな要求であることを指摘できる。表 11(b)では回復対象である動作主格が明記されていない。表 11(c),(d),(f)では目標格が明記されておらず、回復のための目標値が明らかでない。一方、定性的な表現から生じるあいまいさの例として、表 11(e)では、目標格が「高い可用性」となっており、具体的な数値目標ではないため、あいまいとみなす。

4.4 無矛盾性の検証

動作概念が同一で、かつ動作主格と条件格も同一であるが、目標格に相当する語句が異なる場合、それらの要求を矛盾しているとみなす。

表 11 の例では矛盾した要求の組は存在しないが、同じシステムの回復時間として異なる数値が2通り以上示されるような場合は矛盾と検出できる。

4.5 完全性の検証

信頼性に関連する動作概念を持った要求文が要求仕様中に存在しない場合は、信頼性要求が一つも書かれておらず、抜けていると判断できる。また特定のシステム名を動作主格とする要求文が存在しない場合は、そのシステムの信頼性要求が一つも書かれておらず、抜けていると判断できる。また、必須格が抜けている要求文も不完全であると指摘する。

表 11(b)では回復する動作主格が抜けており、表 11(c), (d), (f)では数値目標が明示されていない。これらは抜けとして指摘できる。

5. 考察

我々は応答性要求に着目し、応答性要求に関連する語句を用いた応答性要求の抽出と検証手法に関する研究を行った[11]。本研究と比較して大きく異なる点は、本研究では用語を用いた要求文の抽出において、誤検出が多い点である。

要求文書に書かれた文では、「応答する」の動作主体はほとんどの場合、システムであり、ほぼ正しく応答性要求が抽出できた。2文だけ人間が動作主体である文が誤検出されたが、一つは説明会の質疑応答に関するものであり、もう一つはシステム利用者に対する指示であった。

一方、本稿で紹介した信頼性要求では、「復旧する」の動作主体が人間である文が多く抽出されたが、この問題を解決するには、動作が「回復」であり、かつ、その動作主体が人間ではないことを条件として抽出すれば、抽出の精度は向上すると思われる。表 9 では、文⑤と⑧~⑩については、主語が「受注者」となっており、「受注者」が人間であると判断できれば誤検出を抑えることができる。

この抽出の精度は、抽出に用いる信頼性要求の用語の質と量に大きく依存する。表 5 に示した用語以外にも「回復」、「稼働」、「リライアビリティ」、「可用性」、「フォールト」といった用語も関連すべきと思われる。一方、用語を増やすと適合率が低下してしまう恐れがある。上に述べたように、動詞とその主体に着目して抽出することにより精度を上げることを検討したい。

今回適用した要求文書は3点だが、内2つは同一の機関が作成したためか、信頼性要求の一部が全く同一の表現になっていた。このため、信頼性要求のサンプルとしては少なく、「停止する」や「回復する」以外の動作概念として、「稼働する」や「故障する」といった概念も想定される。対象とする要求文書を増やして、今回とは異なる表現や概念の信頼性要求文を収集し、それらの抽出方法と検証方法を検討したい。

6. 関連研究

[1]では形式的に記述された非機能要求の検証法を提案

しているが、本研究が対象としている自然言語で記述された非機能要求の検証には適さない。

NFR フレームワークはゴール指向分析において、非機能特性の分析を支援する[2]が、本研究では非機能要求の品質の検証を目的としている点で異なる。

[3]では構造化言語で記述された性能要求をペトリネットモデルに変換し、矛盾とあいまいさを検出する手法を提案している。本研究では自然言語で記述された非機能要求を対象としている点で異なる。

[4, 5]ではユースケース指向の非機能委要求の検証手法を提案している。これはユースケース記述やシナリオの分析には適しているが、要求仕様を対象とした場合は適していない。

[7]では定量的な要求の重要性について述べているが、定量的な要求の検証法については扱っていない。

[9]ではルールベースによる非機能要求のチェック方法を提案している。この研究では非機能要求が記載されているかどうかをチェックすることはできるが、非機能要求の正しさを検証することはできない。

[12]では要求仕様書を含むソフトウェア文書で用いられている名詞の抽象度を利用して、あいまいさを判定する手法を提案しているが、非機能要求のあいまい性を検出することはできない。また完全性や冗長性、無矛盾性を検出できない。

[13]では日本語制限言語で記述された要求仕様を対象にして、機能要求の品質特性を検証するが、非機能要求は対象外としている。本研究では制限言語ではなく自然言語で書かれた非機能要求である信頼性に関する要求の品質特性を検証することができる。

[15]では RFP から抽出した非機能要求の明確さを機械学習によって評価する手法を提案している。Web 上の 70 件のプロジェクトでの自然言語で書かれた RFP(Request for Proposal)を、テキストマイニングツール KH-Coder で解析し、特定の非機能要求特性と関連する語句を同定した上で、そこから一般的な語句を除き、RFP 中で特徴づけられる語句を追加している。RFP によってあらかじめ用意した指標を満たしているかどうかを判定できる。本研究では信頼性に関する非機能要求について品質を検証できる点で異なっている。

[11]は応答性要求の抽出と抽出した応答性要求の正しさの検証手法について提案し、手法に基づいたツールを実装している。応答性要求の抽出と検証の枠組みは本研究のアプローチとほぼ同様である。[11]で扱っている対象が応答性要求であるのに対し、本研究では信頼性要求が対象である点が異なっている。

7. おわりに

自然言語で記述された要求文書中の信頼性に関する要求

を抽出し、さらに、そのあいまいさ、矛盾、冗長、抜けを指摘する手法を提案した。4種類の要求文書と JIS Z8115 で定義された信頼性用語から、信頼性要求を検索するための用語群を定義した。次に、新たな3種類の要求文書に対して、定義した用語群を用いて、信頼性要求がもれなく抽出できることを示した。さらに、抽出した信頼性要求に対して格フレームを新たに定義し、格フレームに変換された要求を解析することによって、その品質（非冗長性・非あいまい性・完全性）を検証できることを示した。

今回採用した3つの要求文書とは異なる文書に対して、信頼性用語を用いて信頼性要求を抽出することによって、①信頼性用語と抽出対象とする信頼性要求を拡大する点、②抽出の精度を上げる点と、③抽出された要求文を格構造に基づいた内部表現に自動的に変換する仕組みの検討、ならびに④そのツール化、さらには⑤手法とツールの評価が今後の課題である。また信頼性要求と応答性に関する要求以外の非機能要求に関する抽出手法と検証手法についても研究を進めたい。

謝辞 本学情報理工学部ソフトウェア工学研究室の糸賀裕弥准教授（現在、理化学研究所）、学部生の松本佑真（現在、パナソニック SN ソフトウェア株式会社）、笠井翔太（現在、三菱電機コントロールソフトウェア株式会社）、白井紗也佳（現在、株式会社ミュゼプラチナム）をはじめとするメンバー各位に感謝の意を表す。

参考文献

- [1] Bo, W., Bin, Y., Zhi, J., Zowghi, D.: "Automated reasoning tool for non-functional requirement goal models," Proc. 19th International Requirements Engineering Conference (RE2011), 2011, pp.337-338.
- [2] Chung, L., Nixon, B.A., Yu, E., Mylopoulos, J.: "Non-Functional Requirements in Software Engineering," Springer, 1999.
- [3] Cin, M, D.: "Structured Language for Specifications of Quantitative Requirements," Proc. The 5th IEEE International Symposium on High Assurance Systems Engineering (HASE), pp.221-227, 2000.
- [4] Cysneiros, L.M., Sampaio, P., Leite, J.C.S.P.: "Non-Functional Requirements: from Elicitation to Conceptual Model," IEEE Transaction on Software Engineering, IEEE, Vol. 30 No. 5, 2005, pp.328-350.
- [5] Fatwanto, A., Boughton, C.: "Analysis, Specification and Modeling of Non-Functional Requirements for Translative Model-Driven Development," Proc. International Conference on Computational Intelligence and Security (CIS'08), 2008, pp.405-410.
- [6] IEEE: "Recommended Practice for Software Requirements Specifications," IEEE Std 830-1998, 1998.
- [7] Irfan, M., Hong, Z.: "Key role of value-oriented requirements to develop real-time database systems," Proc. IEEE 2nd International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering (CCIE), 2011, pp.405-408.
- [8] ISO/IEC/IEEE: Systems and software engineering - Life cycle processes- Requirements engineering, International Standard, first edition, 2011, pp.10-11.
- [9] Kaiya, H., Ohnishi, A.: "Quality Requirements Analysis Using Requirements Frames," Proc. 11th International Conference on Quality Software (QSIC 2011), 2011, pp.198-207.
- [10] 工藤 拓, 松本裕治: 「チャンキングの段階適用による日本語係り受け解析」,情報処理学会論文誌,第 43 卷 6 号, pp.1834-1842, 2002.
- [11] Matsumoto, Y., Omori, T., Itoga, H. Ohnishi, A.: "A Method of Verifying Time-response Requirements," IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E101-D, No.7, 2018 (印刷中).
- [12] 森崎修司, 遠藤 充, 杉山岳弘: 「出現単語の抽象度を用いたソフトウェアドキュメント評価の計算機支援にむけた分析」, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J98-D, No.2, pp.275-286, 2015.
- [13] 大西 淳, 阿草清滋, 大野 豊: 「要求フレームに基づいた要求仕様化技法」, 情報処理学会論文誌, 第 31 卷 2 号, pp.175-181, 1990.
- [14] 大西 淳, 郷 健太郎: 「要求工学」, ソフトウェアテクノロジーシリーズ 9 プロセスと環境トラック, 共立出版, 2002.
- [15] 齊藤康廣, 門田暁人, 松本健一: 「RFP における機械学習による非機能要件の評価」, 情報処理学会, ソフトウェア工学研究会報告 2013-SE-179(5), pp.1-7, 2013
- [16] Shank, R.: "Representation and Understanding of Text," Machine Intelligence 8, Ellis Horwood Ltd., Cambridge, 1977,