

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K11913

研究課題名（和文）自然言語で書かれた要求文書の検証に関する研究

研究課題名（英文）Verification method of requirements documents with a natural language

研究代表者

大西 淳（Ohnishi, Atsushi）

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：50160560

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、日本語で書かれた要求文書の機能要求、使用性要求、応答性要求、信頼性要求、保守性要求、セキュリティ要求に着目し、それらを抽出した上で、完全性や無矛盾性、非冗長性、非あいまい性といった要求の誤りに直接かかわる品質特性の検証に関する研究を行った。

研究成果としては、上記の品質要求を特定するためのキーワードの選定手法、キーワードを用いた品質要求の抽出手法、抽出した要求の検証手法の確立、ならびに手法に基づいたシステムの試作とシステムの評価が挙げられる。なお品質要求の抽出手法の精度を上げるため、生成AIを要求文書の解析に用いる研究にも着手し、精度の向上を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

失敗に終わった456件のソフトウェア開発プロジェクトにおいて、半数近くに当たる51.5%のプロジェクトで要求（要件）定義の失敗を原因とした報告があり、要求定義やその成果物である要求仕様書の正確さが求められている。

本研究で提案する要求仕様書や要求文書の誤り検出手法を適用することにより、システム開発プロジェクトの生産性や品質を向上させると共に、プロジェクトの失敗を防ぐことが可能となり、その社会的な意義は少なくなると考えられる。

研究成果の概要（英文）： In this research, we focus on functional requirements, usability requirements, response requirements, reliability requirements, maintenance requirements and security requirements. We propose a derivation method of these requirements from a software requirements document and a verification method of the completeness, the consistency, the non-redundancy and the unambiguity of derived requirements.

We established a derivation method of these requirements using keywords and a verification method of derived requirements, developed a prototype system based on the methods, and evaluated both the methods and the system. We also proposed a derivation method of the requirements with generative AI in order to increase the quality of the method.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：日本語要求の抽出と検証

1. 研究開始当初の背景

研究者は1980年代から要求工学の研究に携わっており、格文法に基づいた日本語要求言語とその解析系を開発し、要求フレームモデルを用いた要求記述の検証に関する研究を進めてきた。この要求言語は制限言語であり、限られた語彙と国文法の一部しか使用できなく、自然言語で記述された要求文書の検証には適用できなかった。一方、自然言語解析ツールが普及し、その成果を用いることで、自然言語で記述された要求文書の検証の研究を進めることを着想した。さらに、奈良先端科学技術大学院大学では要求文書から特定の品質特性要求を特徴づけるキーワードを明らかにした研究[1]が提案されており、この成果を利用し、応答性要求に特化したところ、4つのキーワードが得られた。このキーワードを独自に用意した20種類の要求文書に適用したところ、もれなく応答性要求が抽出できることを確認した[2]。

研究者は、応答性要求に関する要求フレームモデルとモデルを用いた応答性要求の検証手法を提案し、手法に基づいたシステムを開発済みであり、手法とシステムの有用性も確認済みである[2]。他の品質特性要求である性能要求や使用性要求、信頼性要求などについても、検索キーワード群を明らかにし、品質特性要求ごとの要求フレームモデルを開発することによって、要求検証が可能になると考えた。

関連する国内外の研究動向と本研究の位置づけは以下の通りであった。

従来の要求仕様の検証では構文レベルのチェックにとどまるものが多かった[3, 4]。また意味的なチェックをする研究であっても、要求文書中の名詞の表現の揺らぎを検出する研究[5]や名詞の抽象度を用いた要求文書の評価[6]といった研究にとどまっていた。[7]は非機能要求が記述されているかどうかを検査する研究であるが、非機能要求の検証は対象としていない。ユースケース記述やシナリオを検証する研究もあるが、要求文書の検証は扱えない[8, 9]。本研究は品質特性ごとの要求文の意味的な誤りの検出する点で独創的かつ実用的である。

[1] 齊藤康廣:「ソフトウェア開発の超上流工程における非機能要件の定量的評価」博士論文、奈良先端科学技術大学院大学, NAIST-IS-DD1061202(2015).

[2] Yuma Matsumoto, Takayuki Omori, Hiroya Itoga, Atsushi Ohnishi: "A Method of Verifying Time-Response Requirements," IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E101-D, No.7, pp.1725-1732(2018).

[3] F. Chantree, et al.: Identifying Nocuous Ambiguities in Natural Language Requirements, Proc. International Conference on Requirements Engineering, pp. 59-68(2006).

[4] M. Wilson, H. Rosenberg, E. Hyatt: Automated Analysis of Requirement Specifications, Proc. 19th International Conference on Software Engineering, pp. 161-171(1997).

[5] 位野木万里, 近藤公久:「要求仕様の一貫性検証支援ツールの提案と適用評価」, SEC journal Vol.13, No.1, pp.16-23 (2018).

[6] 森崎修司ほか:「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 D, vol. J98-D, No.2, pp. 275-286(2015).

[7] Kaiya, H., Ohnishi, A.: Quality Requirements Analysis Using Requirements Frames, Proc. 11th International Conference on Quality Software (QSIC 2011), pp.198-207(2011).

[8] Cysneiros, L.M., et al.: Non-Functional Requirements: from Elicitation to Conceptual Model, IEEE Transaction on Software Engineering, IEEE, Vol. 30 No. 5, pp.328-350(2005).

[9] 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, pp.405-410(2008).

2. 研究の目的

ソフトウェア要求仕様(Software Requirements Specification)に誤りが含まれていると、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、ソフトウェア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。

本研究では、自然言語で記述されたソフトウェア要求文書に着目し、その正しさを保証する手法を提案する。(ここでの要求文書とは、要求仕様のみならず、ソフトウェアシステムの提案書や要求仕様化に至るまでに作成される要求記述書といった文書も含めている。)次に、一般に公開されている要求文書に適用することによって、手法の有効性を評価し、手法の改善と確立を目指す。

3. 研究の方法

以下の手順で研究を進めた。

1) 要求の分類と分類した要求を特徴づけるキーワードの選定

要求を JIS X0129:2003 で示された「ソフトウェア製品の外部および内部品質特性」の品質特性と品質副特性に基づいて信頼性要求、使用性要求、時間効率性要求、資源効率性要求、保守性要求、互換性要求、セキュリティ要求に分類した。分類することにより、それぞれの要求を表す名詞や動詞を限定できた。

2) 分類した要求に対する要求フレームの開発

分類した品質特性要求ごとに、どういった動作概念が使われるかを明らかにした上で、動作概念ごとに格構造(要求フレーム)を定義した。例えば時間効率性要求に属する応答性要求の格構造を表1に示す。「○○システムは平常時には5秒以内に応答する」という応答性要求文の場合、表2に示すように動作概念「応答する(RESPOND)」に対して、動作主格(応答する主体;例では「○○システム」)、目標格(応答目標;例では「5秒以内」)、条件格(応答の際の条件;例では「平常時」という3つの格を設け、自然言語解析により要求文の格に対応する名詞を検出できるようになる。

表1: 応答性要求の格構造

動作主格	目標格	条件格	重要度
応答する主体	性能目標	応答する条件	必須か否か

表2: 「○○システムは平常時には5秒以内に応答する」の格解析結果

動作主格	目標格	条件格	重要度
○○システム	5秒以内	平常時	必須

3) 要求フレームによる誤りの検出手法の確立

要求文を要求フレームによる内部表現に変換した際に、動作概念とすべての格の内容が同一であれば同じ意味の要求文と判断できる。また内部表現を用いた誤りの検出が可能となる。応答性要求文の例では、動作主格や目標格に対応する名詞が存在しない要求文は格の抜け(不完全な文)と、応答する主体は存在するが応答性要求を動詞として持つ要求文がない(応答性要求の欠如)と判断できる。目標格が定性的な表現であれば、あいまいな要求と判断できる。2つの応答性要求文において動作主格と条件格は同一であるが、目標格または重要度が異なる場合は、それら2つの要求文は矛盾していると判断できる。動作主格・目標格・条件格・重要度がすべて同一の文が複数存在すれば冗長と判断できる。

4) 手法の評価

手法に基づくシステムを試作し、具体的な要求文書に対して、あらかじめ対象となる要求文を正解集合として人間が抽出し、試作システムが正しく・漏れなく抽出したかを評価した。次に、要求文の誤りをあらかじめ人間が検出した上で、試作システムが誤りを正しく・漏れなく検出するかを評価した。

5) 評価に基づく手法の改善

評価結果から、手法の精度の向上を試みた。当初は予定になかった生成AIを用いて要求文の抽出・解析を行う手法を検討した。

4. 研究成果

得られた成果は以下の通りである。上記の研究方法の番号に従って記載する。

- 1) 信頼性要求、使用性要求、時間効率性要求、資源効率性要求、保守性要求、互換性要求、セキュリティ要求を特徴づけるキーワード群を要求ごとに得ることができた。
- 2) キーワードによって分類した品質特性要求にあらわれる動作概念とその格構造(要求フレーム)を得ることができた。
- 3) 成果2で得られた全ての要求フレームに対して、どのような場合にどういった誤りが生じているかを明らかにし、矛盾・不完全・あいまい・冗長といった要求の誤り検証手法を提案した。
- 4) 提案手法の精度を具体的な複数の要求文書に適用して評価したところ、適合率と再現率の双方においておおむね良い結果が得られたが、複雑な要求文や2行以上にわたる要求文では正しく解析できない場合が生じることが判明した。
- 5) 生成AIを用いた要求文の抽出・解析を行う手法を考案し、要求文書に適用したところ、再現率の向上が確認できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Numa Yusuke, Ohnishi Atsushi	4. 巻 225
2. 論文標題 Supporting change management of UML class diagrams	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Procedia Computer Science	6. 最初と最後の頁 208 ~ 217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procs.2023.10.005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 大森隆行、大西 淳	4. 巻 40
2. 論文標題 拡張操作履歴グラフによるリファクタリングの理解支援	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 コンピュータソフトウェア	6. 最初と最後の頁 97-116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 今堀由唯、加藤潤三、林晋平、大西淳、佐伯元司	4. 巻 XXIX
2. 論文標題 要求獲得における質疑応答履歴のグラフデータベースシステムの実現	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ソフトウェア工学の基礎	6. 最初と最後の頁 123-128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Odamura Toshitaka, Omori Takayuki, Ohnishi Atsushi	4. 巻 19
2. 論文標題 Supporting Change Management of Sequence Diagrams	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Learning and Analytics in Intelligent Systems	6. 最初と最後の頁 35 ~ 46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-53949-8_4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hung, B., Omori, T. and Ohnishi, A.	4. 巻 1
2. 論文標題 Ripple Effect Analysis of Data Flow Requirements	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. 14th International Conference on Software Technologies (ICSOFT 2019)	6. 最初と最後の頁 262-269
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5220/0007917902620269	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamada, S., Omori, T. and Ohnishi, A.	4. 巻 1
2. 論文標題 Verification method of reliability requirements	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. 23rd International Conference on Knowledge Based and Intelligent information and Engineering Systems (KES2019)	6. 最初と最後の頁 471-480
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 大西 淳
2. 発表標題 ISO/IEC/IEEE29148における要求検証プロセスに対する一考察
3. 学会等名 情報処理学会ソフトウェア工学研究会第69回要求工学ワークショップ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中谷多哉子
2. 発表標題 繰り返し型開発のための要求工学プロセス：鳴門モデルの提案
3. 学会等名 電子情報通信学会知能ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大西 淳
2. 発表標題 ISO/IEC/IEEE29148に基づくソフトウェア要求文書の高品質化
3. 学会等名 電子情報通信学会知能ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 成澤直樹
2. 発表標題 自然言語による機能要求文の完全性解析
3. 学会等名 電子情報通信学会知能ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大西 淳
2. 発表標題 ISO/IEC/IEEE29148に基づく要求品質の検証手法
3. 学会等名 情報処理学会ソフトウェア工学研究会第68回要求工学ワークショップ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 今堀由唯
2. 発表標題 要求獲得における質疑応答プロセスのグラフデータベースを用いた支援
3. 学会等名 電子情報通信学会ソフトウェアサイエンス研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大西 淳
2. 発表標題 ISO/IEC/IEEE29148に基づく要求品質の検証
3. 学会等名 情報処理学会ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大西 淳
2. 発表標題 IEEE std.830とISO/IEC/IEEE29148の差分解析
3. 学会等名 情報処理学会ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大西 淳
2. 発表標題 変更前後のアクティビティ図の差分解析手法
3. 学会等名 電子情報通信学会知能ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大西 淳
2. 発表標題 plantUMLで記述された状態遷移図の変更支援
3. 学会等名 情報処理学会ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木下貴文
2. 発表標題 日本語要求文書からの非機能要求抽出と検証
3. 学会等名 電子情報通信学会知能ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大西 淳
2. 発表標題 アクティビティ図の差分解析
3. 学会等名 情報処理学会ソフトウェア工学研究会第64回要求工学ワークショップ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大森隆行
2. 発表標題 リファクタリング検出のための拡張操作履歴グラフ
3. 学会等名 日本ソフトウェア科学会第28回ソフトウェア工学の基礎ワークショップ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小川貴史
2. 発表標題 キーワードと文法解析を用いた 日本語要求関連文書からのソフトウェア要求文の抽出
3. 学会等名 電子情報通信学会知能ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大西 淳
2. 発表標題 要求文書からのクラス図作成支援
3. 学会等名 情報処理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大西 淳
2. 発表標題 データフロー要求変更に伴うDFD波及効果解析手法
3. 学会等名 情報処理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡崎龍ノ介
2. 発表標題 日本語要求記述からのクラス図生成支援ツール
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大西 淳
2. 発表標題 クラス図差分解析手法
3. 学会等名 情報処理学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 中谷多哉子、大西 淳	4. 発行年 2024年
2. 出版社 放送大学教育振興会	5. 総ページ数 278
3. 書名 要求工学	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------