

要求仕様書の定量的自動要約技術 -BERT のテキスト分類による要求分析手法の提案-

糸川 和輝[†] 長岡 武志[‡] 北川 貴之[‡] 位野木 万里[†]

工学院大学[†]

東芝デジタルソリューションズ[‡]

1. はじめに

自然言語処理技術の利用機会が増加している。要求工学分野においても、自然言語処理技術の適用に関する研究が盛んである[1]。著者らの研究グループでは、要求仕様書の自動要約に関する研究として、非機能要求の定量的自動要約（以下、定量要約と略す）、要求仕様書の設計要素自動抽出などの研究に取り組んできた。非機能要求の定量要約は、要求仕様書の非機能要求を可用性、保守性などのタイプ別に分類することで定量的視点から自動要約する技術である[2]。定量要約技術によって、非機能要求の定義漏れ箇所の指摘や定義状況の可視化を行う。それらの研究でも自然言語処理は重要なツールとして用いられており、継続的に新しい技術を取り入れることが重要である。

要求仕様書には、開発するシステムやサービスに必要な機能である機能要求と、特性や品質などの非機能要求が含まれる。非機能要求のうち、例えばアクセス制御などのセキュリティ要求は、セキュリティ要求の定義としてまとめて記述されることに加えて、機能要求の記述中に散在して定義される傾向がある。機能要求の記述に散在するアクセス制御などの非機能要求の見落としの防止のため、自動検出が有効と考えられるが、現状の定量要約技術には取り入れられていない。

本研究では、定量要約技術の改善へ向けた手法を提案する。提案手法は、BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) によるテキスト分類タスクによって、非機能要求のタイプを1つずつ予測し要求仕様書全体における定義割合を定量的に可視化する。また、要求仕様書からアクセス制御などのセキュリティ要素の含まれた要求を検出する手法を提案する。

以下、本稿は次のように構成する。2章では、課題と解決策へのアプローチを述べる。3章では、具体的な提案手法について述べる。4章では適用評価、5章では考察を述べ、6章で本稿のまとめを示す。

2. 課題と解決策へのアプローチ

本研究における研究課題は次の2点である。1点目は、BERTによるテキスト分類の適用は、定量要約技術の改善への有効性が不明確な点である。2点目は、機能要求に埋もれた非機能要求を検出する手法が確立されていない点である。

定量要約技術は、自然言語処理によるテキスト分類技術が根幹をなす。T. Heyらは、自然言語で記述された要求を自動的に処理することを目的として、Transformerをベースとした言語モデルBERTにより要求を自動分類する手法NoRBERTを提案した[3]。NoRBERTでは、ソフトウェア要求データセット(PROMISE NFR Dataset)[4]を用いて、非機能要求を10個のタイプ(Availability, Fault Tolerance, Legal, Look and Feel, Maintainability, Operational, Performance, Scalability, Security, Usability)に分類し、既存の同じデータセットを用いた研究の分類手法よりも精度が向上したことを報告している。しかし、日本語によって記述された要求に対する精度や実際の要求仕様書への適用の可能性は未知である。さらに、データセットにおけるクラス不均衡問題は解決されていない。

本研究では、データセット[4]を日本語に翻訳し、非機能要求のタイプPortabilityを加え、クラス分布における不足分を実際の要求仕様書から追加した。さらに、アクセス制御要求が含まれているデータを特定シラベル付けた。本研究では以上の改善を加えた拡張版のデータセットを用いる。

1点目の課題の解決のため、作成した拡張版データセットで学習したBERTモデルを用いて非機能要求を11個のタイプに分類し、定量要約データを生成することによって適用評価をする。2点目の課題に対しては、新たにラベル付けたアクセス制御要求を学習させ、推論した結果に基づいて適用評価を行う。

また、定量要約結果の可視化方法を改善し、ツリーマップを導入する。加えて、機械学習ベースのテキスト分類による定量要約では、非機能要求のタイプ予測過程がブラックボックス化するため、非機能要求のタイプに対して作用した単語を可視化するために、機械学習モデルの解釈ツールSHAP[5]を利用する。

3. 定量的自動要約技術へ向けたBERTの活用法

提案手法では、①非機能要求のタイプ予測、②非機能要求の定義割合の出力、③アクセス制御の検出、④タイプ予測過程の可視化を行う。図1に手法概要を示す。日本語のWikipediaコーパスによって事前学習されたBERTモデル(cl-tohoku/bert-base-japanese-v2)に対して、本研究で作成したソフトウェア要求拡張版データセットでファインチューニングを行う。その結果生成されたテキスト分類器を用いて要求仕様書に対しマルチラベル分類を適用する。

マルチラベル分類ではテキスト分類器を用いて、1つずつに区切った要求仕様書全体の要求文が11の非機能要求のタイプに対して当てはまるか否かの二値分類を行う。

Automatic Quantitative Text Summarization for Requirements Specification - A Proposal for a Requirements Analysis Method Using Text Classification based on BERT
[†]Kazuki Itokawa, Mari Inoki, Kogakuin University
[‡]Takeshi Nagaoka, Takayuki Kitagawa, Toshiba Digital Solutions Corporation

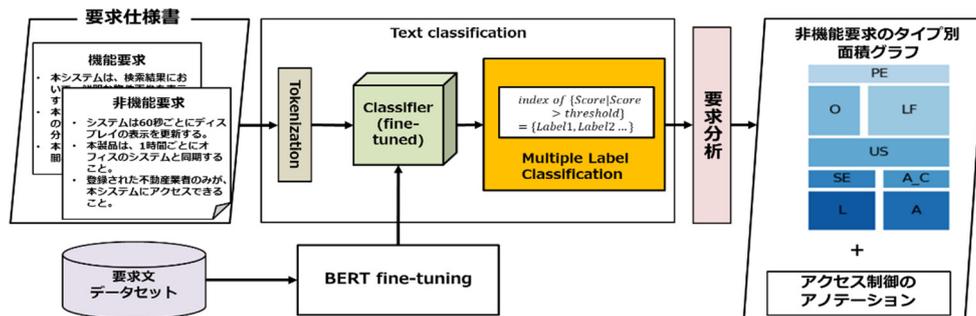


図1 BERTを用いた非機能要求の定量要約手法

11 のいずれのタイプにも当てはまらないと判定された要求文は、機能要求またはその他と判定する。アクセス制御要求の判定も、二値分類により行う。③の出力にはツリーマップを用いる。④の出力は、SHAPによってBERTモデルが非機能要求のタイプを予測する過程を可視化する。

4. 適用評価

提案手法の有効性の確認のため、2つの適用評価を実施した。適用評価1では、作成したデータセットにより学習したBERTモデルに対し、データセットから予めランダムに取り出した50件の要求文に対するマルチラベル分類のタスクを通して精度を調査する。適用評価2では接触確認アプリに関する仕様書 (<https://cio.go.jp/node/2613>) を対象とした。

図2に分類結果によって生成されたツリーマップを示す。そして図3にSHAPによる可視化結果の一例を示す。図3のSHAP値の一例では「スマートフォンが持つ基本的操作性に可能な限り準拠する」というUsability要求に対し、「準拠」が最も作用して「Legal」と分類されていることが示されている。本要求が誤って分類されることになった要因が、キーワード「準拠」にあることが把握され、要求仕様の表現の仕方に曖昧さがあることが明らかになった。



図2 ツリーマップ (面積グラフ)



図3 SHAP値による可視化

表1に適用評価1, 2の評価結果を示す。表1のNFRは非機能要求の分類, ACはアクセス制御検出を示す。なお、マルチラベル分類の結果の値はマイクロ平均の値である。

表1の適用評価1に示すように、クラス不均衡を改善したデータセットで学習したBERTモデルを適用することで日本語の要求文に対しても高い精度で分類することができた。また、今回提案したアクセス制御の検出においても適合率100%で検出することができた。

しかし適用評価2によれば、実際の要求仕様書に対する分類精度は低い結果となった。アクセス制御の検出につい

ては、同様に適用評価1では機能要求からアクセス制御に関する記述を検出できたものの、適用評価2では正しく検出することができなかった。

表1 適用評価結果

	適用評価1		適用評価2	
	NFR	AC	NFR	AC
適合率	0.791	1.000	0.346	0.200
再現率	0.654	0.875	0.248	0.125
F1スコア	0.716	0.933	0.278	0.153

5. 考察

研究課題1に対しては、適用評価1の結果に示す通り、BERTによるテキスト分類の適用と拡張版データセットの利用により分類精度が向上した点で有効である。さらにツリーマップやSHAPによる可視化は、定量視点の可視化を容易にする点で改善に効果的である。

研究課題2に対しては、アクセス制御要求を可視化できる点は有効であるが、適用評価2のように異なるドメインの要求仕様に対する精度が上がらない点が課題である。本課題については、研究課題1と合わせてドメインオントロジーとの組み合わせや学習データの拡充により改善する。

6. おわりに

本研究では、要求仕様書の定量的要約技術へ向けた改善手法として、BERTによるテキスト分類技術で非機能要求のタイプ予測と定義割合の出力、アクセス制御の検出を行うツールを開発し、評価実験を行った。本稿で示した手法により、定量要約技術の改善に貢献できると考えられる。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP19K11907の助成を受けた。

参考文献

- [1] A. Ferrari, L. Zhao and W. Alhoshan, NLP for Requirements Engineering: Tasks, Techniques, Tools, and Technologies, 2021 IEEE/ACM 43rd International Conference on Software Engineering: Companion Proceedings (ICSE-Companion), pp. 322-323, 2021
- [2] 齋川祐太, 長岡武志, 北川貴之, 位野木万里, Convolutional Neural Networkとドメインオントロジーを用いた定量的視点による非機能要求の要約手法の提案, 第84回全国大会講演論文集, 情報処理学会, 2022
- [3] T. Hey, J. Keim, A. Koziolok and W. F. Tichy, NoBERT: Transfer Learning for Requirements Classification, 2020 IEEE 28th International Requirements Engineering Conference (RE), pp. 169-179., 2020
- [4] PROMISE Software Engineering Repository Dataset, <http://promise.site.uottawa.ca/SERepository/>
- [5] Scott M. Lundberg, Su-In Lee, A Unified Approach to Interpreting Model Predictions, Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NIPS 2017)