

Page Trend による記述状況の可視化を用いた要求仕様書の理解手法の提案と tf-idf による記述状況の比較評価

中村 雄太郎 長岡 武志 北川 貴之 位野木 万里 本位田 真一

要求仕様書の理解において、目次に記載の章節タイトルにそって内容を確認することは一般的である。実際の要求仕様書には、章節タイトルと記述内容が一致しない場合があり、目次情報だけでは、重要要求が要求仕様書のどこに記述されているのかを短時間で適切に把握することは困難である。本研究では、自然言語処理技術の一つである自動要約技術を活用し、要求仕様書から重要要求を特定し、ページ毎の話題の出現率に相当する Page Trend を算出する手法と、Page Trend に基づいて記述状況を可視化する手法を提案する。本稿では、文書中の単語の重要性を表す統計量である tf-idf 値を用いて、重要単語に着目した場合の記述状況と、提案する Page Trend による記述状況を比較し、提案手法の有効性について考察する。

1 はじめに

Digital Transformation(以下、DX と呼ぶ)への取り組みが活発化し、要求仕様書の作成に加えて、関連するシステムの要求仕様書を理解する機会が増加している [12]。関連するシステムの要求仕様書が大規模かつ複雑な場合、開発に関わっていない初級技術者が短時間のうちに理解するのは容易ではない。初級技術者にとり、要求仕様書の理解の支援手法があれば、業務の効率化に有効であると期待できる。

AI を用いた自然言語処理 (以下、NLP と略す) の開発と利用が盛んであり、例えば要約技術を用いて文書の理解を促進する試みが行われている [3]。また、要求工学に関連するタスクの自動化のために NLP の

適用が試みられている [2] [4]。

要求仕様書は、システム化の背景と目的、機能要求、非機能要求などが記述されている [6] [9]。要求仕様書において、それらの内容は章節項により構造化されている。目次に記載の章節項のタイトルにそって要求仕様書の内容を確認することは一般的である。実際の要求仕様書には、章節項のタイトルと記述内容が一致しない場合がある。そのため、要求仕様書の適切な理解のために目次情報のみを利用することは十分ではない。目次情報と記述内容とのズレを特定しながら、要求仕様書の全体理解をするには、重要な要求は何かと、それらがどこに記述されているのかを示す記述状況の把握が重要と考えられる。

そこで、本稿では、自動要約技術を活用し、要求仕様書から重要要求を抽出し、記述状況を可視化させることで、要求仕様書の内容理解に役立てる手法を提案する。提案する手法は、ページ毎の重要要求の出現率に相当する Page Trend を算出する手法と、Page Trend に基づいて記述状況を可視化する手法から構成する。本手法により、初級技術者の要求仕様書の全体理解を支援する。

以下、本稿は次のように構成する。2 では提案手法の関連研究について述べる。3 では研究の課題と解決

Proposal of a method for understanding requirements specifications using visualization of description status by Page Trend and comparative evaluation of description status by tf-idf.

Yutaro Nakamura, Mari Inoki, 工学院大学, Kogakuin University.

Takeshi Nagaoka, Takayuki Kitagawa, 株式会社東芝, Toshiba Corporation.

Shinichi Honiden, 早稲田大学/国立情報学研究所, Waseda University/National Institute of Informatics.

策アプローチを示し、4において提案手法について説明する。提案手法を実際の仕様書に適用した結果を5に示し、手法の有効性について6にて考察する。7で本稿をまとめる。

2 関連研究

NLPの開発が盛んである[5][11][10]。NLPには、検索エンジンで使用されるインデックス付け、形態素解析、単語スコアリングなどの基本技術が含まれている。また、文書中に含まれる単語の重要度を評価するtf-idfもある[10]。さらに応用技術には、エンティティの抽出、キーワード抽出、単語ベクトル化が含まれる。これらの技術を組み合わせて、文書を要約する技術の研究も行われている[3]。

要約技術は、抽出型と抽象型に分けられる[3]。抽出型要約は、対象文書から重要とみなされる代表文を選択して要約とする。抽出型要約の実装のために、Pysummarization[8]などのPythonライブラリが提供されている。抽象型要約は、文書全体の意味を捉えて、それを表現する文を生成する。抽象型要約の実装のためには、生成系AIが活用されている。

NLPを要求獲得、分析、仕様化、検証等の要求工学を構成するタスクの自動化に適用する試みも行われている[2][4]。例えば、要求の優先順位付け、非機能要求の分類、要求仕様の検証などにNLPが活用されている[7]。前述の抽出型や抽象型の要約技術を含め現状のNLPは、要求仕様書の全体理解を十分にサポートする状況には至っていない。

3 研究課題と解決策へのアプローチ

NLPを利用して要求仕様書の理解を支援することは有効である。しかし、自動要約技術により生成された要約情報は、要求仕様書の一部の情報であり、重要な内容の取りこぼしのリスクがあり、全体理解には不十分である。要求仕様書の全体理解のために、目次や章節タイトルを参照することは一般的である。しかし、実際の要求仕様書には、目次や章節タイトルと記述内容が一致しない場合や、これらのタイトルから読み取ることのできない重要な内容が記述されることがある。例えば、目次では、機能要求と非機能要求は

別の章に定義されているが、重要な非機能要求の記述が、特定の機能要求の章の中に混在することがある。そのため、目次情報だけでは、重要要求が要求仕様書のどこに記述されているのかを短時間で適切に把握することは困難である。

本研究では、自動要約技術を用いて、要求仕様書から重要要求を抽出し、ページ毎にその重要要求がどの程度出現しているのかを算出し、算出結果を可視化することで、全体の記述状況を効率的に把握させる手法を考案する。本稿では、要求仕様書から特定した重要要求のページ毎の出現率をPage Trendと呼ぶことにする。また、Page Trendを算出する手法と、Page Trendを用いて要求仕様書の記述状況を可視化する手法を提案する。なお、本稿では、重要要求の抽出には、重要文抽出アルゴリズムPysummarizationを、Page Trendの算出にはBERTScore[1]を使用することにする。

ところで、前述したように、重要用語の抽出アルゴリズムとしてtf-idfがある。要求仕様書の全体理解に、tf-idfで求められる重要用語を活用することも考えられるが、その有効性は不明確である。本稿では、Pysummarizationで求めた重要要求と、tf-idf値で求めた重要用語によるPage Trendを比較して、要求仕様書の理解の有効性の違いについて比較する。

4 Page Trendによる記述状況の可視化と理解支援手法

4.1 手法概要

図1に提案手法の概要を示す。本研究で提案する手法は以下の4つの手順からなる。当該手順で生成された記述状況の可視化結果を要求仕様書の理解に活用する。

1. 前処理
2. 重要要求の抽出
3. Page Trendの算出
4. 記述状況の可視化

4.2 前処理

前処理では、入力された要求仕様書から要求文を抽出し、各要求文の記述ページを特定する。実際の要求

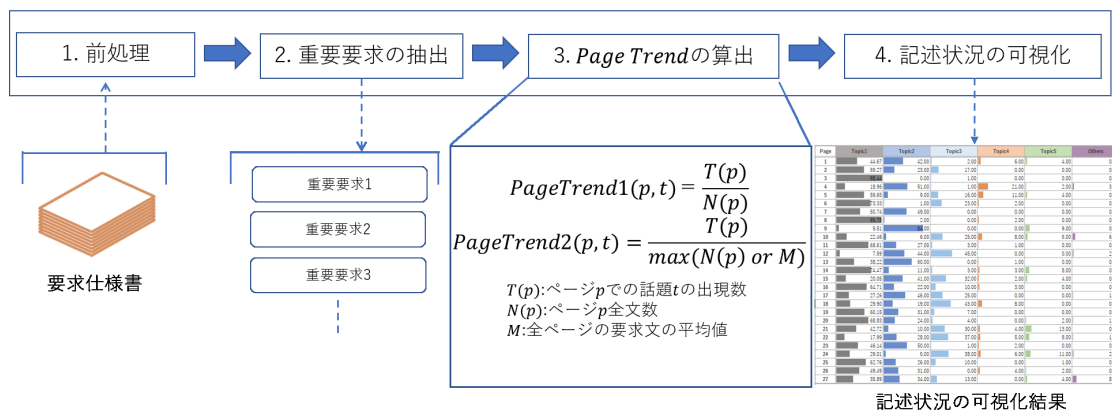


図 1 記述状況可視化と理解支援の流れ

仕様書には文の他に図表などが記述されるが、本稿では図表は除外し、自然言語の平文により記述されている文書を対象とする。自然言語で記述された句点(。や、)で区切られる文を、1つの要求文と捉える。章節項タイトルや句点を含まない箇条書きも1つの要求文とする。1つの要求文がページを跨ぐ場合、その要求文の開始ページを、対象要求の記述箇所とする。

4.3 重要要求の決定

前処理で抽出した要求文から重要と考えられる要求文を抽出する。ここでは、抽出型の要約アルゴリズム Pysummarization を用い、要約として出力された結果を重要要求の候補とみなす。

重要要求の候補の1番目から順に、以下のチェックを行い、該当するものは除外する。なお、rule4のチェックにおいて、要求文間の類似度の算出に BERTScore を用い、Pysummarization で抽出した重要要求の候補間で、あらかじめ定めた閾値以上の類似度がある要求文を除外する。

- rule1 章節項などのタイトルに該当する要求文
- rule2 用語のみの要求文
- rule3 全体概要に関する要求文
- rule4 他の重要要求と類似する要求文

4.4 Page Trend の算出

提案手法では、決定された重要要求毎に各ページの Page Trend を算出する。Page Trend とは要求仕

様書から特定した重要要求のページ毎の出現率である。重要要求の出現率とは、各ページにおける、その重要要求に対応する要求文の割合である。式1に、ページ p における重要要求 t の Page Trend である $PageTrend1$ の算出式を示す。

式1において、あるページ p の要求文の数が少ない場合と多い場合で、Page Trend が偏った結果になるケースがある。このような状態を防止するため、式2を定義する。式2に示すように、 $PageTrend2$ は、分母を、ページ p における要求文数か、全ページの要求文数の平均値のうち、大きい方を選択して算出する。ここで、 $T(p)$ はページ p での重要要求 t の出現数、 $N(p)$ はページ p の要求文数、 M は要求仕様書のページあたりの要求文数の平均である。

$$PageTrend1(p, t) = T(p)/N(p) \quad (1)$$

$PageTrend2(p, t) = T(p)/\max(N(p) \text{ or } M)$ (2)
 $T(p)$ を算出するために文の類似度を用いる。本稿では、BERTScore を用いる。重要要求と各要求文との類似度を算出し、この値が閾値を超えている場合は、重要要求に対応する要求文であると判定する。今回は、1つの要求文は、1つの重要要求に対応させることにし、1つの要求文との類似度が閾値を超える重要要求が複数存在する場合、最も類似度が高い重要要求に対応させるものとする。どの重要要求に対しても要求文との類似度が閾値を下回る場合は、その要求文は

「その他」に対応させることにする。

4.5 記述状況の可視化

重要要求毎ページ毎の Page Trend を用いて、記述状況の可視化結果として出力する。今回はデータバーを用いて可視化結果を出力する。

5 適用事例

5.1 適用方法

適用対象は、接触確認アプリ COCOA の要求仕様書とする [13]。本仕様書の構成を表 1 に示す。本仕様書は全 27 ページであり、総要求文数は 385 である。

本適用評価にあたり、抽出する重要要求数を 5、重要要求と要求文が類似していると判定する閾値を 0.65 とする。

5.2 重要要求の抽出結果

提案手法の適用により抽出した重要要求を以下に示す。

- 重要要求 1：本アプリケーション（以下「本アプリ」と記述）は、スマートフォンの近接通信機構（Bluetooth）を利用し、人と人との接触したことを検知、記録する。
- 重要要求 2：個人が自らの行動変容を意識するとともに、接触確認後の適切な行動等を実施できることにより、感染拡大の防止につながる
- 重要要求 3：アプリでは、利用者のプライバシーを保護するための厳格な対応が講じられている
- 重要要求 4：新型コロナウイルス感染症対策の基本的対処方針（令和 2 年 5 月 21 日改正新型コロナウイルス感染症対策本部決定）では、「接触確認アプリについて、接触率の低減及び感染の拡大防止に寄与すること等の国民理解を得つつ、新型コロナウイルス感染者等情報把握・管理支援システム（HER-SYS）及び保健所等と連携することにより、より効果的なクラスター対策につなげていく」としている。
- 重要要求 5：通知サーバーとは、端末の接触確認アプリと連携し、陽性者の日次キーを配信する受託者が再委託等するクラウドサービス事業者が

表 1 対象文書の文書構成

ページ	内容
1	表紙
2-3	目次
4	第 1 編タイトル
5	目的、前提条件
6	前提条件、システムの基本的な考え方
7-9	システム概要
10	アーキテクチャ
11	アプリケーション詳細
12	このアプリケーションで定義及び使用される識別子
13	技術用語
14	第 2 編タイトル
15-20	機能要求
21	ファイルに関する問題
22-23	外部インターフェースに関する問題
24	使いやすさ、アクセシビリティ、システムデザイン、サイズ、パフォーマンス
25	信頼性、可用性、拡張性、互換性、中立性、継続性
26	プライバシー、情報セキュリティ、環境
27	テスト、運用、メンテナンス

保有するサーバーである

5.3 Page Trend の可視化結果

Page Trend の可視化結果を図 2 と図 3 に示す。図 2 は PageTrend1 で算出した重要要求の記述状況、図 3 は PageTrend2 で算出した重要要求の記述状況である。図 2、図 3 は、ページ毎重要要求毎に該当するページのセルに Page Trend 値を 100 倍した値を、データバーフォーマットで示している。

例えば、図 2 の重要要求 1 のピーク値は、p.5 の 31.25 である。これは、重要要求 1 に関しては、p.5 に最も多く記述されていると読み取れる。また、p.8-p.9 の値は 0 のため、これらのページには重要要求 1 に関しては記述されていないと読み取れる。

Page	重要要求1	重要要求2	重要要求3	重要要求4	重要要求5	その他
1	0.00	0.00	0.00	33.33	33.33	33.33
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
5	31.25	12.50	37.50	0.00	0.00	18.75
6	5.26	10.53	73.68	0.00	0.00	10.53
7	14.29	14.29	42.86	0.00	0.00	21.43
8	0.00	8.33	41.67	16.67	33.33	0.00
9	0.00	0.00	50.00	0.00	50.00	0.00
10	8.33	8.33	25.00	0.00	83.33	0.00
11	0.00	0.00	97.14	0.00	28.57	14.29
12	0.00	7.69	30.77	7.69	15.38	38.46
13	0.00	11.76	0.00	5.88	47.06	29.41
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
15	10.34	17.24	44.83	0.00	6.90	20.89
16	0.00	0.00	42.31	0.00	11.54	44.15
17	0.00	14.03	42.08	0.00	21.04	14.03
18	8.33	12.50	20.83	0.00	8.33	60.00
19	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
20	11.11	11.11	38.89	0.00	27.78	11.11
21	4.17	12.50	33.33	0.00	20.83	29.17
22	0.00	4.35	43.48	0.00	30.43	21.74
23	0.00	0.00	16.67	0.00	66.67	16.67
24	8.70	17.39	82.17	0.00	8.70	13.04
25	0.00	62.63	47.37	0.00	0.00	0.00
26	0.00	12.50	75.00	4.17	4.17	4.17
27	0.00	0.00	33.33	0.00	33.33	33.33

図2 PageTrend1で算出した重要要求の記述状況

Page	重要要求1	重要要求2	重要要求3	重要要求4	重要要求5	その他
1	0.00	0.00	0.00	7.01	7.01	7.01
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.01
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.01
5	31.25	12.50	37.50	0.00	0.00	18.75
6	5.26	10.53	73.68	0.00	0.00	10.53
7	14.03	14.03	42.08	0.00	7.01	21.04
8	0.00	7.01	28.57	14.03	28.57	0.00
9	0.00	0.00	7.01	0.00	7.01	0.00
10	7.01	7.01	21.04	0.00	49.09	0.00
11	0.00	0.00	28.57	0.00	14.03	7.01
12	0.00	7.01	28.57	7.01	21.04	89.06
13	0.00	11.76	0.00	5.88	47.06	29.41
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.01
15	10.34	17.24	44.83	0.00	6.90	20.89
16	0.00	0.00	42.31	0.00	11.54	44.15
17	0.00	14.03	42.08	0.00	21.04	14.03
18	8.33	12.50	20.83	0.00	8.33	60.00
19	0.00	0.00	21.04	0.00	0.00	0.00
20	11.11	11.11	38.89	0.00	27.78	11.11
21	4.17	12.50	33.33	0.00	20.83	29.17
22	0.00	4.35	43.48	0.00	30.43	21.74
23	0.00	0.00	7.01	0.00	28.57	7.01
24	8.70	17.39	82.17	0.00	8.70	13.04
25	0.00	62.63	47.37	0.00	0.00	0.00
26	0.00	12.50	75.00	4.17	4.17	4.17
27	0.00	0.00	7.01	0.00	7.01	7.01

図3 PageTrend2で算出した重要要求の記述状況

重要要求3はプライバシーに関する要求である。図2の重要要求3に示すように、この重要要求は、要求仕様書全体に渡って出現している。アプリの仕様書においてプライバシーは重要な記述である。しかし、表1の文書構成では、プライバシーに関してはp.26のみに記載されていると見なせる。p.15-p.20は、目次では機能要求について記載されていると確認できるが、実際はプライバシーに関しても記述されている。このように、図2の記述状況の可視化結果を確認することで、目次のみではわからなかったプライバシーに関する記述が存在していることを把握できた。また、重要要求1,2,4,5に関しても、データバーの値を参照することで、目次からではわからない記述状況を確認することができる。

図2の重要要求3において、セルの値が70以上であるページは、p.6, p.19である。例えば、p.19には

表2 PageTrend1の再現率、適合率、F値

	再現率	適合率	F値
重要要求1	0.467	0.778	0.583
重要要求2	0.750	0.188	0.300
重要要求3	1.000	0.333	0.500
重要要求4	0.400	0.400	0.400
重要要求5	0.933	0.700	0.800
平均	0.746	0.495	0.5166

要求文が3文しかなく、p.19は重要要求3に関して多く述べているわけではない。そこで、図3を確認すると、p.19の重要要求3の値は、21.04である。これは、PageTrend2では、要求文数が少ないページの際は、要求仕様書の総要求文数の平均値を分母にすることで、Page Trendの値を補正しているためである。該当ページの要求文数が少ない場合、図2よりも図3の記述状況の方が、強調しすぎることなく補正された値で示される。なお、p.6はPageTrend1とPageTrend2の結果は同じであり、p.6は重要要求3が強調されたページだと見なせる。

5.4 記述状況可視化結果の精度

PageTrend1の再現率、適合率、F値を算出した結果を表2に示す。正解ページ番号として、著者らがページ毎に重要要求が記載されていると判断したページ番号を列挙し、提案手法によって算出されたPageTrend値が0以上のページ番号を突き合わせ、再現率、適合率、F値を算出した。

表2に示す通り、平均して再現率が0.746、適合率が0.495となった。また、重要要求3は再現率が1.000、適合率が0.333である。これは、人手で正解とした重要要求の記述箇所を提案手法は100%指摘できたが、提案手法は人手で正解とした記述箇所以上に多数の記述箇所を抽出していることを示している。このことは、単に提案手法が余分な誤った情報を提示するということではなく、人手では気づかなかった記述箇所を指摘できたということも示唆していると考えられる。

Page	接触	確認	機能	陽性	通知	プライバシー	その他
1	7.01	7.01	0.00	0.00	0.00	7.01	0.00
2	0.00	3.29	0.00	0.00	0.00	0.00	96.88
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.01
4	0.00	0.00	7.01	0.00	0.00	0.00	0.00
5	6.29	6.29	12.59	0.00	0.00	6.29	68.79
6	10.58	5.29	5.29	10.58	0.00	0.00	68.42
7	0.00	7.01	21.04	21.04	7.01	0.00	42.08
8	0.00	14.03	0.00	0.00	0.00	0.00	70.13
9	0.00	0.00	7.01	0.00	0.00	0.00	7.01
10	7.01	0.00	14.03	0.00	14.03	7.01	42.08
11	0.00	14.03	7.01	0.00	0.00	0.00	21.04
12	7.01	7.01	14.03	0.00	0.00	0.00	63.12
13	35.29	5.89	11.76	5.89	0.00	0.00	41.18
14	0.00	0.00	7.01	0.00	0.00	0.00	0.00
15	10.58	26.69	42.98	0.00	3.45	0.00	24.14
16	3.85	42.31	36.77	0.00	3.85	0.00	19.23
17	7.01	42.08	7.01	0.00	0.00	7.01	21.04
18	4.17	16.67	12.90	4.17	8.33	4.17	30.00
19	0.00	0.00	14.03	0.00	0.00	0.00	7.01
20	16.67	22.22	27.78	8.86	0.00	0.00	27.78
21	16.67	12.50	33.33	4.17	8.33	0.00	25.00
22	17.39	21.74	13.04	8.70	4.38	13.04	21.74
23	0.00	0.00	7.01	21.04	0.00	0.00	14.03
24	13.04	4.38	21.74	8.70	0.00	0.00	43.48
25	26.32	0.00	10.53	0.00	0.00	0.00	63.16
26	8.33	8.33	16.67	0.00	0.00	12.50	54.17
27	0.00	7.01	0.00	0.00	0.00	0.00	14.03

図 4 tf-idf を使った PageTrend2 の記述状況

5.5 tf-idf との比較

対象要求仕様書中に出現する単語に対して tf-idf 値を算出した。本算出対象は、全体正味用語数のうち名詞句と形容詞句の 460 単語に限定した。tf-idf 値の上位 10 位までの単語は接触、確認、機能、陽性、通知、利用、端末、システム、感染、情報である。なお、「プライバシー」は tf-idf 値の順位では 46 位であった。上位 5 件の単語と「プライバシー」を要求文とみなして、PageTrend1 と PageTrend2 を算出した。また、図 4 に tf-idf 法により抽出した重要単語による PageTrend2 に基づく記述状況を示す。なお、PageTrend1 による記述状況は紙面の都合により省略する。

図 4 において、単語「機能」に着目すると、対象の要求仕様書のほぼ全体に出現していることが確認できる。単語「機能」は、表 1 でも示す通り、文書の目次や章節のタイトルから文書全体で出現することが推測可能である。対象は接触確認アプリの仕様書であるので、単語「接触」、「確認」は、文書全体に関わるはずであるが、図 4 からは、一部のページで記述されていると確認できる。なお、「プライバシー」の記述状況は低調で機能要求にも非機能要求の記述箇所にも明確には強調された様子は読み取れない。tf-idf 法によって抽出した重要用語は、対象文書の特徴を表しているものの、単語だけでは要求仕様書に記載される重要な要求が、どこに記述されているのかを読み取ることは困難な状況にある。

6 考察

本研究では、要求仕様書の全ページに対して、特定した重要要求の Page Trend 値をグラフ化することで、記述状況を可視化した。これにより、どこに何が記述されているのかという観点で、文書全体の要約情報を提供した。

5 において、著者らの人手による要求仕様書の記述内容と、Page Trend による結果を比較した。提案手法では、扉ページや見出しの記述に対して高い Page Trend 値を算出することがあるものの、人手では取りこぼす可能性のある記述箇所が抽出された。とくに、本手法により、重要要求として特定された非機能要求が、機能要求の定義箇所に記述されている状態であることを特定できた。実際の要求仕様書の目次では、前半に機能要求、後半に非機能要求が記述されていることまでは示されていたが、本手法による文書全体の記述状況の可視化結果は、目次のみからでは把握が困難だが重要な要求の把握に有効であると考えられる。

ところで、本手法では要求仕様書の対象を自然言語で記述された平文とし、図表については対象外とした。実際の要求仕様書を含む技術文書には図表が混在して記述される。このような図表も含めて文書全体の記述状況を可視化することは今後の課題である。

また、今回の適用事例では、抽出する重要要求の数を 5 件、重要要求と要求文が類似していると判定する閾値を 0.65 とした。また、文の先頭が記述されているページをその要求文の出現ページと設定した。要求仕様書の対象ドメインや記述量により、抽出する重要要求数、類似度の判定閾値、要求文の出現ページの設定方法などの検討が必要と考えられる。

本手法の実装では、Pysummarization, BERTScore を利用した。提案する手法は、NLP のプラットフォームには依存せず適用可能と考えられる。例えば、生成系 AI を用いて要約情報を生成し、それらを重要要求として扱い、記述状況を算出する活用方法も考えられる。今後、様々な技術文書とプラットフォームを対象に適用評価を継続する。

7 まとめ

本研究では、要求仕様書内の重要文を重要要求と定義し、ページ毎の重要要求の出現率である Page Trend を可視化することによる要求仕様書の理解支援手法を提案した。生成された Page Trend の可視化結果を利用することで、初級技術者の要求仕様書の理解を支援できると考えられる。

今後、様々な案件の要求仕様書に対する Page Trend の可視化や、可視化結果に対する評価を継続し、提案手法を改善していく。

謝辞本研究の一部は JSPS 科研費 JP19K11907 と大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構受託研究の助成を受けて実施した。

参考文献

- [1] Bert_score: BERTScore, 参照 2022-12-20. https://github.com/Tiiiger/bert_score/.
- [2] Dalpiaz, F., Ferrari, A., Franch, X., and Palmomares, C.: Natural Language Processing for Requirements Engineering: The Best is Yet to Come, *IEEE Software*, (2018), pp. 115–119.
- [3] Day, M. Y. and Chen, C. Y.: Artificial Intelligence for Automatic Text Summarization, *2018 IEEE International Conference on Information Reuse and Integration (IRI)*, (2018), pp. 478–484.
- [4] Ferrari, A.: Natural Language Requirements Processing: From Research to Practice, *IEEE/ACM 40th International Conference on Software Engineering: Companion (ICSE-Companion)*, (2018), pp. 536–537.
- [5] Goth, G.: Deep or Shallow, NLP Is Breaking Out, *Commun. ACM vol.59, no.3*, (2016), pp. 13–16.
- [6] ISO/IEC/IEEE29148: *Systems and Software Engineering – Life Cycle Processes – Requirements Engineering*, ISO/IEC/IEEE, 2018.
- [7] Kaur, K., Singh, P., and Kaur, P.: *A review of artificial intelligence techniques for requirement engineering*, Computational Methods and Data Engineering, 2021.
- [8] Pysummarization: Automatic Summarization Library: pysummarization, 参照 2022-12-26. <https://github.com/accel-brain/accel-brain-code/tree/master/Automatic-Summarization/>.
- [9] Wiegers, K. and Beatty, J.: *Software Requirements 3 (Developer Best Practices) 3rd Edition*, Microsoft Press, 2013.
- [10] Zhai, C. and Massung, S.: *Text Data Management and Analysis: A Practical Introduction to Information Retrieval and Text Mining*, Association for Computing Machinery and Morgan Claypool Publishers, 2016.
- [11] Zhai, J., Guo, Y., Zhang, H., and Ding, J.: Research on Automatic Generation of Text Summaries in News Key Information Extraction, *2022 4th International Conference on Applied Machine Learning (ICAML)*, (2022), pp. 151–155.
- [12] 一般社団法人情報サービス産業協会: 要求工学グループ *Digital Transformation* のための要求獲得実践ガイド, 近代科学社 Digital, 2023.
- [13] 新型コロナウイルス感染症対策テックチーム: 接触確認アプリ及び関連システム仕様書. <https://cio.go.jp/node/2613>.