

構文と文章構造に基づく要求仕様書の問題点発見支援

有賀 顕¹ 林 晋平¹ 佐伯 元司¹

概要: 要求仕様書は主に自然言語で記述されているため文意のあいまい性などの問題がある。要求分析者がこれらの問題点を認識し発見することが重要である。本論文では IEEE 830 で定義された品質特性をもとに、要求仕様書の文章構造と要求文の構文構造を用いて要求仕様書の問題点を検出する手法を提案する。提案手法では、要求仕様書全体と要求文の解析、さらに要求文間の関係解析を行い要求仕様書中の問題点を検出する。提案手法を自動化した問題点のチェッカーでは非あいまい性など 6 つの品質特性に関する問題点を提案手法により検出しマーキングを行うことで、使用者に対して問題点の発見を支援する。例題への適用および被験者実験によりチェッカーの有用性を評価した。評価の結果、チェッカーは低い検出精度を持ち、また特に非あいまい性、検証可能性、追跡可能性について支援効果を持つことが示唆された。

キーワード: 要求仕様書, 品質特性, 構文構造, 文章構造

Supporting the Detection of Problems in Requirements Specification Documents Based on Syntactical Structure

Abstract: Some requirements specification documents have several problems such as the ambiguity of sentences because they are mainly written in natural language. It is important for requirements analysts to find and analyze these problems. In this paper, we propose a technique for detecting problems in a requirements specification documents based on the quality characteristics defined in IEEE 830, using the syntactical structure of the specification. Our technique analyzes the structure and relationships of the sentences and the whole of the given specification. A specification checker that automates our technique can support to find the problems over the six quality characteristics. The evaluation results show that the checker has acceptable detection accuracy and the high supporting effects for especially checking unambiguity, verifiability, and traceability.

Keywords: requirements specification, quality characteristic, syntactical structure

1. はじめに

要求分析者に対して要求仕様書の品質向上支援を行うことで、ソフトウェア開発の失敗を防ぐことが重要である。ソフトウェア開発の失敗の一因として要求定義における失敗があると言われている [1], [2]。そのため要求定義、要求分析の成果物である要求仕様書の品質が重要である [3]。要求分析者に対して要求仕様書の品質向上支援を行い、作成される要求仕様書の品質を高めることは、ソフトウェア開発の成功に貢献すると考える。

要求分析者に対する品質向上支援の方針にはたとえば要求分析者のスキルアップ支援 [4]、要求仕様書を高品質に

作成することの支援 [5]、要求仕様書の問題点検出がある。本論文では要求仕様書の問題点検出として、「自然言語で記述された要求仕様書の様々な種類の問題点を発見する、人手と計算機を用いたインタラクティブな支援」を行う。ここでインタラクティブな支援とは、計算機により自動検出した問題点をさらに人間が吟味することで問題点の発見を支援するということである。

IEEE 830 [6] では要求仕様書に対して 8 つの品質特性を定義しており、さらに要求工学ワーキンググループがまとめている成果報告書 [7] (以降, 報告書) では各品質特性に対して計測可能な手段とその項目 (以降, 品質特性項目) を示している。本論文で扱う問題点とはこの品質特性項目に関する問題点である。

本論文では、要求仕様書の文章構造と要求文の構文構造

¹ 東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

を用いて品質特性項目に関する問題点を検出する手法を提案する。提案手法では、要求仕様書全体と要求文の解析、さらに要求文間の関係解析を行い要求仕様書中の問題点を検出する。提案手法を自動化した問題点のチェッカーでは、非あいまい性など6つの品質特性に関する問題点を提案手法により検出しマーキングを行うことで、使用者に対して問題点の発見を支援する。例題への適用および被験者実験によりチェッカーの有用性を評価した。評価の結果、チェッカーは低くない検出精度を持ち、またいくつかの品質特性に対して支援効果を持つことが示唆された。

本論文の構成は以下の通りである。まず次章では本論文で扱う要求仕様書の問題点とその例を説明する。3章で提案手法を、4章でその実装である要求仕様書のチェッカーについて述べる。5章、6章では提案手法を評価した実験について述べる。7章で関連研究を紹介し、最後に8章で本論文をまとめ、今後の課題を示す。

2. 要求仕様書の品質特性

IEEE 830 [6] では要求仕様書に対して非あいまい性、完全性など全8つの品質特性を定義している。さらに、報告書では、各品質特性に対して計測可能な手段と品質特性項目を示している。たとえば、語句の係り受け関係が複数あるような文は非あいまい性につながるとしている。報告書は品質を低下させるような要求仕様書、要求文の具体例も含んでおり、たとえば「返答していないPCメンバーおよび論文リストを出力できること。」という文が前述の品質特性項目に該当するあいまいな文であるとしている。この文には「返答していない」というフレーズがPCメンバーと論文リストの両方を修飾する解釈と、PCメンバーだけを修飾する解釈の2通りがある。この解釈の違いは文中での論文リストが返答していないもののみを指すか、返答の如何にかかわらずすべてを指すかの違いとして表れる。報告書はこうした品質特性項目を8品質特性に対して31項目定義している*1。本論文ではここで示された品質特性項目に関する問題点を要求仕様書の問題点として扱う。

示された品質特性項目に関する問題点を要求仕様書から検出する手法として1)自動検出手法である、2)品質特性項目の広い範囲の問題点を扱う、3)自由な自然言語記述で書かれた要求仕様書を扱う、という3つの要件を兼ね備えた手法が必要であると考えられる。

まず、示された品質特性項目に関する問題点を要求仕様書から自動的に検出することで要求分析者の問題点発見を支援する手法が必要と考える。報告書には計測手段と品質特性項目が示されているが、検出の自動化手法や自動化ツールについては論じていない。要求分析者が計測手段に

*1 実際には21項目しか示されていないものの、そのいくつかは複数の対象を併記しているため、これらを分けて扱い31項目とした。

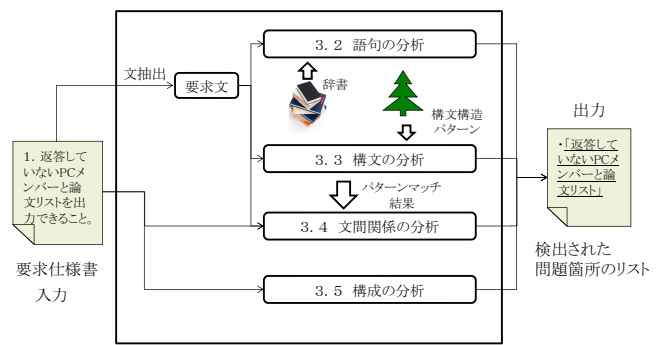


図1 提案手法のプロセス概要

Fig. 1 Overview of our approach.

従って、自身の判断で問題点を発見するだけでは限定的である。

次に、品質特性項目の広い範囲を扱う手法が必要と考える。既存の問題点発見手法では品質特性項目のうち特定のものに閉じた深い解析を行うもののみで、要求仕様書の問題点を広く扱う手法は著者らの知る限り提案されていない。要求分析者が複数の手法を組み合わせることは現実的ではない。

最後に、自然言語で記述された要求仕様書を扱えることが望ましい。自然言語で書かれた要求仕様書を形式仕様に変換することで複数の品質特性項目の範囲を検出する既存手法もある [8] が、ここでの要求仕様書は形式仕様に変換するために、制限された自然言語で記述される必要がある。一方、実際の要求仕様書の多くは制限のない自然言語で書かれているため、既存手法では不十分である。

3. 提案手法

3.1 概要

提案手法の概要を図1に示す。提案手法の入力は自然言語である日本語で書かれた要求仕様書である。ここで要求仕様書とは章節構造になっており、各章節は要求文の集合で構成されている文章を指す。出力は入力された要求仕様書から検出された品質特性項目に関する問題点のリストとなる。

提案手法では大きく語句の分析、構文の分析、文間関係の分析、構成の分析の4つの分析手法により問題点の検出を行う。語句の分析と構文の分析は単一の要求文を分析するものであり、入力となる要求仕様書から抽出されたそれぞれの要求文に対して実行される。一方、文間関係の分析と構成の分析は要求仕様書全体を分析するものであり、仕様書そのものが入力となる。ただし、文間関係の分析では要求仕様書全体の分析の際に各要求文の分析結果として、構文の分析で行うパターンマッチの結果と形態素解析の結果を利用している。

表1に提案手法でカバーする品質特性項目とその検出手法の対応関係を示す。各品質特性は複数の品質特性項目

表 1 検出対象の品質特性項目（全 14 項目）と用いる検出手法
Table 1 Measurable items of quality characteristics and detecting methods.

品質特性	項目	内容	検出手法
非あいまい性	a	語句の係り受け関係が複数ある	構文の分析
	b-1	主語が省略されている	構文の分析
	b-2	目的語が省略されている	構文の分析
	c	指示語が含まれている	語句の分析
	d	判断基準があいまいな語句を含む	語句の分析
	e	範囲や境界を表す語を含む	語句の分析
完全性	c-2	用語の定義が記載されている	構成の分析
無矛盾性	b	定義が矛盾している	構文の分析と文間関係の分析
検証可能性	a	定性的な表現を含む	語句の分析
変更可能性	a-2	索引が付けられている	構成の分析
	b	同じ要求が 2 箇所に表れない	文間関係の分析
	c	要求が互いに依存しない	文間関係の分析
追跡可能性	a	章節番号が付与されている	構成の分析
	c	各要求にユニークな番号が振られている	構成の分析

をもっているため、以降では便宜上品質特性項目に「非あいまい性 a」などのようにラベル付けを行う*2。提案手法では前章で述べた計測可能な品質特性項目全 31 項目のうち 14 項目（約 45%）を、品質特性数としては全 8 のうち 6（75%）をカバーしている。

3.2 語句の分析

語句の分析では、要求文中の語句に対して品質特性に関して問題となり得る語句がある場合、その語句を検出する。この検出には、語幹処理、類義語の展開、辞書との比較の 3 ステップを踏む。

まず、要求文を形態素解析して得た各形態素に対して語幹処理を行い、原形を得る。たとえば、要求文「システムはユーザーがストレスを感じない範囲において反応すること。」は「システム/は/ユーザー/が/ストレス/を/感じ/ない/範囲/において/反応/する/こと/.」と形態素に分割される。また、その中の語句「感じ」はその原形「感じる」に変換される。

次に、既存の類義語辞書を用いて語句をその類義語の集合に変換する。この処理は、後段のステップで利用する品質特性に関する辞書の規模を小さく保つために行っている。たとえば、前ステップで得られた語「感じる」からは {感じる, 思う, ...} が得られる。

最後に、得られた類義語の集合と、あらかじめ作成しておいた品質特性の問題となり得る語句を集めた辞書中の語句を比較する。もし一致する言葉があれば、もとなつた形態素に問題があると判断し、これを検出する。たとえば、前ステップで得た類義語の集合中の語「思う」は判断基準があいまいな語句の辞書に含まれるため、この文をあいま

2 表においてラベルが連番となっていないのは、提案手法で検出しない品質特性項目を省いているためである。-1, *-2 などの枝番は、複数の対象を併記した項目を分けたことを表す。

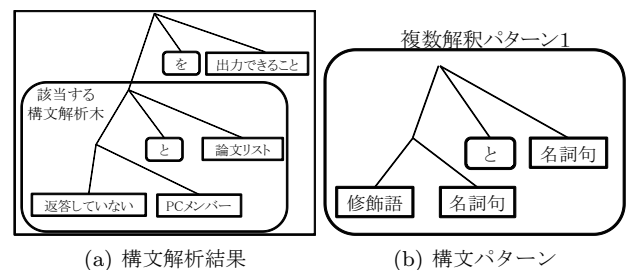


図 2 パターンマッチングの例
Fig. 2 Example of pattern matching.

いと判断する。

3.3 構文の分析

構文の分析では各要求文を構文解析し、得られた構文解析木に対してあらかじめ用意した構文構造パターンとパターンマッチングを行うことで問題点を検出する。

まず、要求文に対して構文解析を行い、構文解析木を生成する。例として、要求文「返答していない PC メンバーと論文リストを出力できること。」から得られた構文解析木を図 2(a) に示す。この構文解析木は要求文を形態素解析したのち、1 つ以上の形態素を意味のまとまりごとに句とし、さらにそれらの係り受け関係を解析して得たものである。この図で各ノードは句または助詞（連体化助詞、副詞化助詞を除く）を表現している。兄弟関係にあるノードを合わせて、意味のまとまりである句、または文が構成される。

次に、あらかじめ用意しておいたパターンデータベース中の全ての構文構造パターンに対して、得た構文解析木がマッチするかどうかを調べる。構文構造パターンの例を図 2(b) に示す。このパターンは複数解釈パターン 1 と命名されており、ある修飾語によって修飾された名詞句 A と他の名詞句 B が並立助詞「と」で結合されている文の断片

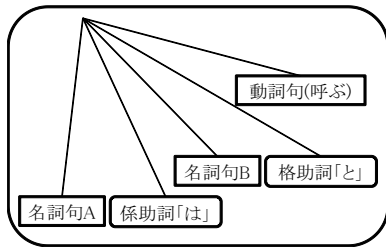


図 3 定義文パターン 1

Fig. 3 Definition pattern 1.

を表しており、修飾語が構文構造の通りに名詞句 A のみを修飾しているのか、あるいは名詞句 B も両方修飾しているのかがあいまいな場合を表現している。このように、パターンは構文解析木における具体的なノードそのものを指し示すこともできるし（「と」）、あるノードの型のみを抽象的に指定することもできる（「修飾語」「名詞句」など）。また、マッチングの際には語幹処理も行っているため、語幹の揺れにも対応している。構文解析木がパターンを部分木として含んでいた場合、該当パターンは構文解析木にマッチするという。図 2(a) に示した構文解析木は、修飾語として「返答していない」、名詞句 A として「PC メンバー」、名詞句 B として「論文リスト」を対応付ければ、該当パターンを含んでいるとみなせるので、該当パターンにマッチしている。該当パターンは要求文に複数の解釈の可能性があることを示唆するパターンであるため、この文は非あいまい性 a に問題点があることが検出できる。

パターンデータベースの中には、品質特性に関して問題点を検出するためのパターンのみならず、構造から要求文の種類を把握するためのパターンもある。例えば、図 3 は入力の文が定義文かどうかを判定するためのパターンのひとつである。たとえば、要求文「30 ヶ月目に出荷されるものはクリアンサと呼ばれる。」は、「30 ヶ月目に出荷されるもの」が「名詞句 A」、「クリアンサ」が「名詞句 B」、「呼ばれる」が「動詞(呼ぶ)」に対応し、該当パターンにマッチするため、定義文であるとみなす。ここで得られた要求文の種類情報は、次節で説明する文間関係の分析で用いる。

3.4 文間関係の分析

文間関係の分析では要求文と要求文の間にある関係から問題点を検出する。形態素解析により得られた形態素情報と、3.3 節で得られたパターンマッチングの結果を用いて要求文間にある関係を推定し、問題となりうる関係があればそれを検出する。

たとえば、無矛盾性 b 「定義が矛盾」は以下のプロセスにより検出できる。まず、定義文の構文構造パターンとのマッチングにより定義文 2 つを見つける。次に、発見した定義文における定義語を抽出し、それが同じであれば問題

点として検出する。

たとえば、「例えば、熟成開始から 24 ヶ月までの間に出荷する場合はクリアンサと呼ぶ。」「30 ヶ月目に出荷されるものはクリアンサと呼ばれる。」の 2 文はいずれも「クリアンサ」の定義を行なっているため二重定義であるが、これは前述のプロセスにより検出できる。

3.5 構成の分析

構成の分析では入力された要求仕様書中の章、節、要求文の構成を把握し、品質特性に関わる問題点とその構成に存在するかどうかを検出する。

構成の分析による問題点の検出はたとえば、追跡可能性 c 「各要求にユニークな番号が振られている」の問題点を検出できる。ここでは問題点検出の例として要求文「返答していない PC メンバーと論文リストを出力できること。」を用いて検出手法を説明する。

要求文「返答していない PC メンバーと論文リストを出力できること。」の冒頭には識別番号が振られていないことが要求文の構成を解析することで得られた構成情報から判断できる。よって、この要求文「返答していない PC メンバーと論文リストを出力できること。」にはユニークな番号が振られていないことがわかる。このことから要求文「返答していない PC メンバーと論文リストを出力できること。」は追跡可能性 c 「各要求にユニークな番号が振られていること」に問題があることが検出できる。

4. 要求仕様書チェッカーの実装

提案手法を要求仕様書のチェッカーとして実装した。入力された要求仕様書に対して問題点の検出を行い、検出された問題点をマーキングして出力を行う。

チェッカーは Java で記述されている。入力となっている要求仕様書のテキストファイルを読み込み要求仕様書の構成を把握する。要求仕様書が書かれている章に対して、要求文と要求文間の関係を解析し、各品質特性項目に関する問題点を検出する。このとき、形態素解析、係り受け解析には CaboCha [9], [10] を、類義語の集合の取得には日本語 WordNet [11], [12] を用いている。

このチェッカーでは要求仕様書に存在している品質特性に関する問題点をマーキングして出力する。マーキングには問題点を視覚的にわかりやすく表現するために HTML ページを用いている。出力の例を図 4 に示す。仕様書中の問題箇所は、背景色が変更されて表示されている。さらに問題点の解説として、問題となっている理由とどの品質特性のどの項目に対して問題があるのかを出力している。項目にカーソルを合わせると、その項目の解説が表示され、クリックすることでさらに詳しい品質特性の解説ページにジャンプすることができる。

このチェッカーに要求仕様書を入力し、問題箇所が発見

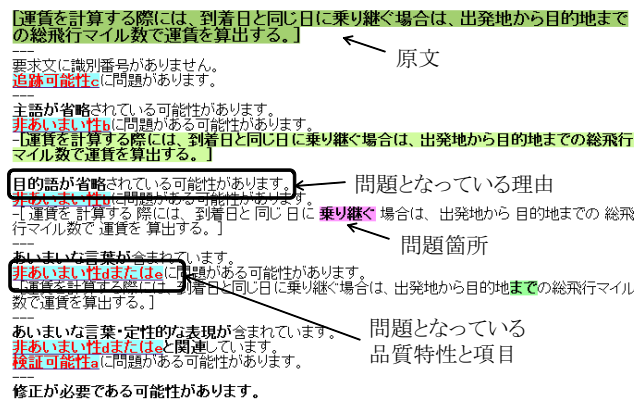


図 4 チェッカー出力の例

Fig. 4 Example of an output of the checker.

されればそれに対して修正，改良を施し再びチェッカーに入力するという一連の流れを繰り返すことで要求仕様書の問題点の発見を支援する。

5. 問題点検出能力の評価

提案手法は，構文に基づく自然言語解析による問題点検出手法であり，辞書は利用しているものの文の意味等には踏み込んでいない。このような，比較的軽量の解析ではあるものの，要求仕様書中の問題を高精度で多く発見できれば有用と考える。そこで本論文では，我々の手法およびチェッカーに対して以下の仮説を立てた。

- 提案手法および要求仕様書のチェッカーには低くない問題点検出能力がある。

これを確認するために，チェッカーが要求仕様書の品質特性に関する問題点をどれだけ検出できるかを計測した。

5.1 評価の目的と評価項目

この評価ではチェッカーに例題として要求仕様書を入力し，得られた指摘と正解とを比較することで適合率などを計測する。例題として「ワイン予約販売システム」の要求仕様書を例題用に整えたものを利用した。この要求仕様書は 14 の要求仕様で構成されている。要求仕様書中に存在する問題点の集合（正解）は著者らの 1 人が分析して用意した。

問題点の検出能力は適合率，再現率，出力結果の正当性の 3 項目で評価する。検出数を計測可能な項目については適合率と再現率で評価し，それ以外の，要求仕様書全体で満たされているかどうかが判断される項目については出力結果が正当かどうかで評価する。便宜上，前者に該当する品質特性項目群を α 群（12 項目），後者に該当する項目群を β 群（2 項目）と置く。適合率 P と再現率 R は，要求仕様書中に存在する問題点の集合 C ，チェッカーの出力した問題点の集合 D を用いて以下のように求める。

表 2 チェッカー出力の適合率，再現率

Table 2 Precisions and recalls.

品質特性	項目	C	D	P	R
非あいまい性	a	2	1	1.0	0.5
	b-1	6	4	1.0	0.67
	b-2	12	21	0.52	0.92
	c	5	5	1.0	1.0
	d	5	10	0.5	1.0
無矛盾性	e	2	2	1.0	1.0
	b	1	0	N/A	0
検証可能性	a	2	10	0.2	1.0
	b	1	0	N/A	0
変更可能性	c	3	3	0.67	0.67
	a	1	1	1.0	1.0
追跡可能性	c	13	13	1.0	1.0
	全体	53	70	0.66	0.87

表 3 チェッカー出力の正当性

Table 3 Correctness of output of the checker.

品質特性	項目	正解	チェッカー	正当性
完全性	c-2	問題あり	問題あり	True
変更可能性	a-2	問題あり	問題あり	True

$$P = \frac{|C \cap D|}{|D|}, \quad R = \frac{|C \cap D|}{|C|} \quad (1)$$

5.2 結果

α 群の比較結果を表 2 に示す。ここで， $|C|$ は問題点の個数， $|D|$ はチェッカーの検出数を表す。また，適合率における N/A は（検出数が 0 であるため）計算できないことを表す。

β 群の比較結果を表 3 に示す。ここで，「正解」は作成した正解に項目が示す事柄に問題があるかどうか，「チェッカー」はその項目が問題点をチェッカーが検出するか，「正当性」はチェッカーの出力結果が正解と一致するかを示しており，正解と等しければ True，異なれば False である。

5.3 結果の評価

表 2 と表 3 から言えることは以下の 5 つである。

- α 群のうち，N/A だったものを除いては，10 項目中 6 項目で適合率が 1.0 である。
 - 正解 C にある 53 の問題点を適合率 0.66 で検出できる。
 - α 群の 12 項目中 7 項目で再現率が 0.9 以上である。
 - 正解 C にある 53 の問題点を再現率 0.87 で検出できる。
 - β 群の 2 項目中 2 項目で正しく判定している。
- また，各品質特性については以下に示すことが言える。
- 適合率が 1.0 である 6 項目中 4 項目は「非あいまい性」，2 項目は「追跡可能性」に関するものである。
 - 再現率が 0.9 以上であった 7 項目のうち 4 項目は「非あいまい性」，2 項目は「追跡可能性」に関するものである。

このことからこのチェッカーは非あいまい性、追跡可能性について適合率、再現率ともに特に高い検出能力を持っているといえる。

以上のことから提案手法および提案手法を用いて実装した要求仕様書のチェッカーの問題点検出能力は6つの品質特性項目においてはこの実験結果の限りでは低くないと言える。

しかし、この検出能力の評価では無矛盾性 b「定義が矛盾している」と変更可能性 b「同じ要求が2箇所以上に表れない」の2項目はチェッカーでは問題点を検出することができなかった。無矛盾性 b に関しては要求文中に「(「」)」が含まれていたために構文解析に失敗し、定義文が検出できなかった。また、変更可能性 b に関しては、ある要求文と同一の内容が他の要求文の一部に表れる場合(包含関係)を想定しておらず、正しく検出できなかった。

6. 問題点の発見支援効果の評価

チェッカーが正しく指摘を行っても、その結果を確認する要求分析者が結果を有効に使いこなせなければ要求仕様書の品質は上がらない。本論文では、実際にチェッカーを被験者に利用させ、要求仕様書を修正させることにより被験者がどれだけ仕様書の問題点を指摘できるかを確かめる実験を行った。この実験に先立ち、我々は以下の仮説を立てた。

- 提案手法および要求仕様書のチェッカーには使用者に対して要求仕様書に存在する問題点の発見を支援する効果がある。

ただし、チェッカーがすべての品質特性、品質特性項目に対して有効にはたらくとは限らないため、一部のものみに有効であるかの確認も含めて上記について検討した。

6.1 実験の目的と評価項目

本実験では要求仕様書の問題点を発見し、要求仕様書の修正、改良するときに要求仕様書のチェッカーを使うと便利であるという意味での有用性を評価するという目的で行った。ここで便利であるかどうかは以下の2つの観点で評価する。

問題箇所の発見能力：チェッカーを使うことによって要求仕様書中に存在する品質特性に関する問題点を数多く、正確に発見できる。被験者が発見した要求仕様書の問題箇所と正解を比較し、適合率と再現率、正当性を計測する。

便利だと感じる：品質特性項目に関する問題点を発見し、要求仕様書を修正、改良するのにチェッカーを使うことが便利だと被験者が感じる。実験後にインタビューとアンケートを行って得たデータにより判定する。

6.2 実験方法

本実験ではまず、被験者に対して要求仕様書の品質特性

表 4 割り当て表
Table 4 Assignment.

	1回目：チェッカー不使用	2回目：使用
被験者 A	R1	R2
被験者 B	R1	R2
被験者 C	R2	R1

に関して、事前の資料配布による自習と著者によるレクチャーによって教育を行った。

2種類の要求仕様書を被験者に対してチェッカー使用と不使用での作業を40分間で行わせた。ここでいう作業とは要求仕様書中に存在する品質特性に関する問題点の発見とその修正、改良である。発見された問題点、修正、改良の案を被験者の回答として扱う。本実験で使用する要求仕様書は「会議室予約システム」(以下、R1)と「航空機予約システム」(以下、R2)の2つである。それぞれ、20行の要求仕様で構成される。被験者にはチェッカーへの入力に用いる要求仕様書のWordファイル、発見した問題点を記録するためにダブルスペースで印刷された要求仕様書、の2種類を渡す。本実験の被験者は情報工学を専門とした学生3人であり、表4に示すように作業を割り当てた。

実験後にアンケートとインタビューを被験者に対して行った。アンケートでは主に各品質特性に対してチェッカーが有用だったかどうかについて尋ねた。アンケートの項目は1)チェッカーが便利だったかどうか、2)非あいまい性について役に立ったか、3)完全性について役に立ったか、4)無矛盾性について役に立ったか、5)検証可能性について役に立ったか、6)変更可能性について役に立ったか、7)追跡可能性について役に立ったか、8)要求仕様書の作成経験の8項目である。また、インタビューでは被験者に対して主に1)チェッカーが作業に便利だったかどうか、2)問題の難易度に違いがあったかどうか、3)実験時間が適当だったかどうかの3項目について尋ねた。

6.3 実験結果

3人の被験者の回答に関して各品質特性項目に対して適合率、再現率、正当性でのチェッカーを使用した時の結果への影響を表5にまとめた。ここで、「影響」では被験者がチェッカーを使用した場合、チェッカーを利用しなかった場合と比べて回答の適合率、再現率、正当性に向上・減少が見られたかを記述している*3。

インタビューの結果は以下のとおりである。

まず、チェッカーが作業に便利だったかどうかに対しては「(たたき台として)便利だった」という回答を1人から得た。これは作業の取っ掛かりとなるポイントをチェッ

*3 一般に適合率、再現率はトレードオフの関係にあるが、今回の結果では、一方の値が向上するももう一方の値が減少したという結果はみられなかったため、計測値を総合して向上・減少を判断している。

表 5 チェッカー使用による被験者回答への影響

Table 5 Effects on answers of subjects by using the checker.

品質特性	項目	影響
非あいまい性	a	1人向上, 1人変化なし, 1人減少
	b-1	3人減少
	b-2	3人向上
	c	2人変化なし, 1人減少
	d	3人向上
完全性	e	2人向上, 1人変化なし
	c-2	1人向上, 2人変化なし
無矛盾性	b	3人変化なし
検証可能性	a	1人向上, 2人変化なし
変更可能性	a-2	2人向上, 1人変化なし
	b	3人変化なし
追跡可能性	c	1人向上, 1人変化なし, 1人減少
	a	3人変化なし
	c	1人向上, 2人変化なし

カーが示してくれることが便利だったということである。また、ほか2人も「(不便な点もあるが) 概ね便利だった」と答えている。次に、問題の難易度に違いがあったかどうかに対しては「特に変わりはない」と3人全員から回答を得た。そして、実験時間が適当だったかどうかに対しては2人が「時間が足りない」、1人が「問題ない」と回答した。

アンケートの項目とアンケートの結果を以下に示す。

チェッカーが便利だったかどうか

5段階評価で「4」が2人、「3」が1人。

非あいまい性について役に立ったか

5段階評価で「5」が3人

完全性について役に立ったか

5段階評価で「2」が2人、「4」が1人

無矛盾性について役に立ったか

5段階評価で「4」が1人、「3」が1人、「2」が1人

検証可能性について役に立ったか

5段階評価で「4」が2人、「3」が1人

変更可能性について役に立ったか

5段階評価で「5」が1人、「3」が1人、「2」が1人

追跡可能性について役に立ったか

5段階評価で「4」が2人、「3」が1人

要求仕様書の作成経験

3人全員「授業で作った程度」

6.4 実験結果の評価

チェッカーを使用した際に被験者が発見することができた要求仕様書中にある問題点で、結果が向上しているといえるところは8項目ある。その項目は、あいまい性 b-2, 非あいまい性 d (3人全員向上), 非あいまい性 e, 変更可能性 a-2, 変更可能性 c (2人向上1人変化なし), 完全性 c-2, 検証可能性 a, 追跡可能性 c (1人向上2人変化なし) である。

また、アンケートの結果より非あいまい性, 検証可能性, 追跡可能性の3つの品質特性で3人全員5段階評価で3以上の値を示していることからチェッカーが問題点の発見に役に立ったと取れる。

上記の結果から、チェッカーが扱う品質特性項目のうち非あいまい性 (b-2, d, e), 検証可能性 a, 追跡可能性 c に関してはチェッカーに問題点の発見支援効果があったといえる。

しかし、その他の品質特性項目に関してはチェッカーの発見支援効果は見られなかった。よって、仮説については、すべての品質特性項目に対しては確認できなかった。しかし、非あいまい性, 検証可能性, 追跡可能性の一部の項目では発見支援効果があることが示唆された。

なお、実験結果にはチェッカーを使用したことにより値が減少している項目もある。3人全員減少している項目として非あいまい性 b-1 (主語が省略されている) がある。提案手法では主動詞に対しての構文構造パターンしか用意しておらず、それ以外の動詞に関しての検出ができなかったため、チェッカーの検出能力が落ちてしまったと考える。また、これによりチェッカーが問題点を検出できなかったため、被験者が精密に文中すべての動詞に対して主語が必要かどうかを考えることを妨げてしまった可能性がある。

「チェッカーで検出できないところの品質特性項目について疎かになる」という意見があった。これは、たとえチェッカーが出力する問題箇所が不完全であると理解していても、実際にはチェッカーが検出箇所を強調表示するために、発見されていない問題点に気づきにくくなるからであると考えられる。

また、検証可能性 a や変更可能性 c に関して「問題箇所がわかりにくい出力がある」という意見もあった。これら2つは他の項目とは違い、他の品質特性で検出した問題点をそのまま項目の問題点として扱える項目であるために、問題点のマーキングを行っていない。

6.5 妥当性への脅威

インタビューの結果から2人が時間が足りないと言っていることがわかった。これは実験環境のネットワークの問題により生じたチェッカーの実行速度の遅さの影響が強い。時間が十分であれば発見できていた問題点が結果から漏れている可能性がある。

本実験では被験者に対して要求仕様書の品質特性に関して、事前の資料配布による自習と著者によるレクチャーによって教育を行った。アンケートの結果から被験者3人全員要求仕様書に対して同程度の作成経験があることもわかった。被験者間に能力差があった場合、今回の結論に問題が起こる可能性がある。ただし、今回は教育しているし、アンケートの結果からも被験者3人の能力差が大きい可能性は低いと考える。

同様に, R1, R2 の難易度差も問題となる. R1, R2 をそれぞれ入力としてチェッカーを動作させたところ, 検出結果の精度に差があったため, 難易度が同じであるとは一概にみなせない. ただし, インタビューの結果から R1 と R2 の要求仕様書では難易度に特に差はないという結果が得られている.

7. 関連研究

既存の要求仕様書の問題点検出の研究としてはたとえば以下の2つがあるが, 本論文とはアプローチの方針または研究の目的が異なっている.

自然言語記述から形式仕様への変換

自然言語で記述された要求仕様書を形式仕様に変換することで, 矛盾やあいまいさを検出できるようにする研究がある [8]. この研究では自然言語記述を形式仕様に変換するために一度 UML など書き直している. これは UML など書き換えるために, 要求文に使える自然言語記述が制限されてしまうので, 本論文が扱う問題とは異なっている.

あいまいさの自動検出

自然言語処理によりあいまいさを自動検出する研究は複数ある [13] [14]. たとえば, [13] は修飾関係のあいまいさの問題点を, [14] は代名詞のあいまいさの問題点を自動検出する研究している. 本論文と自然言語の要求文に対して自然言語処理を行うという意味でアプローチは同じであるが, 目的が異なっている. 本論文が様々な種類の問題点を検出することで, 要求分析者に対して要求仕様書の問題点発見支援を行うことを目的としているのに対して, これらの研究は1つの問題点の種類に特化して問題点の検出を行うことを目的としている.

8. おわりに

本稿では要求仕様書にある品質特性に関する問題点を検出する手法を提案し, それを自動化するツールとして要求仕様書のチェッカーを実装した. 実験による評価で実験結果の限りでは, 提案手法とチェッカーは低くない問題点の検出能力があり, 一部の品質特性項目については発見を支援する効果があるとわかった.

提案手法とチェッカーには未だ数多くの問題点があり, 評価のために行った実験も限定的であるため, 今後の拡張や追加の調査が必要であると考える. 今後の課題を以下に示す.

- パターンの拡充等による検出可能な品質特性項目の範囲の拡大.
- 不要な問題点指摘の出力を抑制するコマンドの用意等によるチェッカーのユーザビリティ向上.
- 仕様書規模, 問題数, 被験者数の拡大による, 規模の

大きな評価実験の実施.

参考文献

- [1] The Standish Group: The Standish Group Report Chaos, Technical report, The Standish Group Inc. (1995).
- [2] 妻木俊彦 (著), 白銀純子 (著), 大西淳 (編): 要求工学概論-要求工学の基本概念から応用まで, 近代科学社 (2009).
- [3] 大西 淳, 郷健太郎: 要求工学 プロセスと環境トラック, 共立出版 (2002).
- [4] Gabrysiak, G., Giese, H., Seibel, A. and Neumann, S.: Teaching Requirements Engineering with Virtual Stakeholders without Software Engineering Knowledge, *Proc. 5th International Workshop on Requirements Engineering Education and Training*, pp. 36–45 (2010).
- [5] van Lamsweerde, A.: Goal-Oriented Requirements Engineering: A Roundtrip from Research to Practice, *Proc. 12th IEEE International Requirements Engineering Conference*, pp. 4–7 (2004).
- [6] The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE): *830-1998 - IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications* (1998).
- [7] 要求工学ワーキンググループ: 要求定義で困ってませんか? 要求仕様書の品質に関する研究成果報告, (オンライン), 入手先 (<http://www.selab.is.ritsumei.ac.jp/~ohnishi/RE/rewg.html>) (参照 2013-01-25).
- [8] Drechsler, R., Soeken, M. and Wille, R.: Formal Specification Level: Towards Verification-Driven Design Based on Natural Language Processing, *Proc. Forum on Specification and Design Language*, pp. 53–58 (2012).
- [9] 工藤 拓, 松本裕治: CaboCha, (online), available from (<http://code.google.com/p/cabocha/>) (accessed 2013-01-25).
- [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, Vol. 43, No. 6, pp. 1834–1842 (2002).
- [11] 情報通信研究機構 (NICT): 日本語 WordNet, (オンライン), 入手先 (<http://nlpwww.nict.go.jp/wn-ja/>) (参照 2013-01-25).
- [12] Hazel, M., Gao, H. and Francis, B.: Using WordNet to Predict Numeral Classifiers in Chinese and Japanese, *Proc. 6th International Conference of the Global WordNet Association* (2012).
- [13] Hui, Y., Alistair, W., Anne, R. and Bashar, N.: Automatic Detection of Nocuous Coordination Ambiguities in Natural Language Requirements, *Proc. IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering*, pp. 53–62 (2010).
- [14] Hui, Y., Anne, R., Vincenzo, G., Alistair, W. and Bashar, N.: Extending Nocuous Ambiguity Analysis for Anaphora in Natural Language Requirements, *Proc. 18th IEEE International Requirements Engineering Conference*, pp. 25–34 (2010).