

データ依存関係を用いた要求仕様書の欠落の検出法の提案と評価

M2021SE002 広岡伸之甫

指導教員：佐伯元司

1 はじめに

要求仕様書は自然言語で記述されることが多く、曖昧な要求、矛盾を含む要求、要求の欠落などが含まれていることが多い。要求仕様書に不備が含まれたまま開発が進むことにより手戻りが生じて生産性が下がり、開発にかかるコストが膨大になってしまう可能性がある。

ソフトウェア要求仕様書に関する規格・標準として IEEE std.830[2] がある。本規格では良い要求仕様書が備えるべき特性や要求仕様書に記述すべき内容について言及している。その中で、欠落、矛盾、曖昧性がないことが良い要求仕様書の条件としてあげられる。要求仕様書がデータ生成に関する記述の欠落を含んでいるままソフトウェアの開発が進むと、データ消費の機能を実装したにもかかわらず、データ生成の機能は実装されないままになってしまい、ソフトウェアとして全く機能しない可能性がある。

そこで、本研究では要求仕様書の品質のうち要求の欠落に注目し、欠落の検出の自動化を目指す。機能要求から入出力データを抽出することにより生成の記述のないデータを検出し、データ生成に関する記述が欠落しているデータを検出する方法を提案する。提案方法を実際の機能要求に適用することによりデータ生成に関する要求文の欠落を検出できるかどうか評価を行う。

2 提案方法

2.1 要求仕様書中の欠落

本研究で扱う要求仕様書中のデータ生成の欠落について表 1 の機能要求の例を用いて説明する。表 1 は公開されている給食業務を管理するシステムに対する機能要求一覧表 [3] から“食品”に関する機能要求を抜粋したものである。

表 1 機能要求の例

項番	仕様
1	食品ごとに栄養成分、廃棄率、食品構成(配合比率)、アレルギー情報を確認、登録できること。
2	食品ごとに規格情報(産地、銘柄など)が登録できること。
3	食品検索ができること。(食品名検索、一覧表示、食品群絞り込み検索等)

項番 1 と項番 2 に着目すると“登録”という動作が“食品”に対して行われている。“登録”はデータを生成する動作であるため“栄養成分”や“廃棄率”などのデータが食品ごとにシステム上に生成される。一方で項番 3 では“検索”という動作が行われている。“検索”は該当するデータ

を探す動作であり、すでに存在しているデータに対して行う必要がある。しかし項番 3 で使用されている“食品群”は項番 1, 2 で生成されていない。つまり、使用するはずのデータが生成されていないことがわかる。このようなデータ生成に関する記述の欠落を本研究で扱う欠落とする。このような欠落があったまま実装を行うと、実装された機能が存在しないデータに対して処理を行うことになり不具合の原因となる可能性がある。

2.2 提案方法の概要

要求仕様書中の欠落を検出するためにはシステムの入出力データを明らかにする必要がある。データの依存関係を抽出し、生成に関する記述のないデータを検出し、データ生成に関する要求文が欠落していると判断する。そこでシステムへの入出力や処理について記述されている機能要求について、まずデータの依存関係を調査する。

提案方法の概要を図 1 に示す。

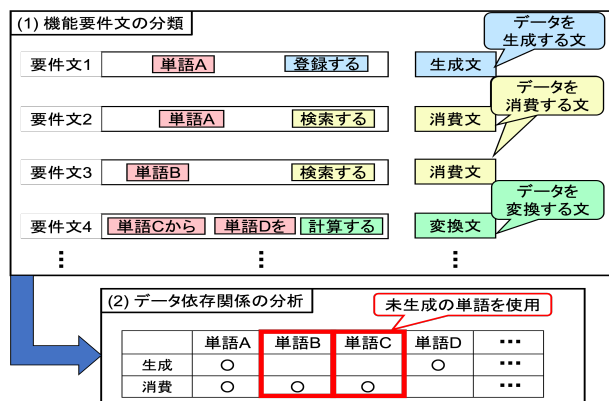


図 1 提案方法の概要

図 1 では単語 A に該当するデータは要求文 2 で消費されており、要求文 1 で生成されている。単語 B に該当するデータは要求文 3 で消費されているが生成している要求文は存在しない。単語 C に該当するデータは要求文 4 でデータ D へと変換するために消費されているが生成している要求文は存在しない。単語 D に該当するデータは消費している要求文はないが要求文 4 で生成されている。よって、単語 B、単語 C のデータ生成に関する記述が欠落しているとみなせる。

2.3 提案方法の処理手順

提案方法の処理手順を図 2 に示す。

はじめに機能要求文に含まれる形態素を元に機能要求文をデータ生成文とデータ消費文、データ変換文に分類する。次にデータ生成とデータ消費の各分類ごとに出現する名詞の集合を作成する。最後にデータ生成とデータ消費の名詞の集合を比較し、データ生成に関する記述の

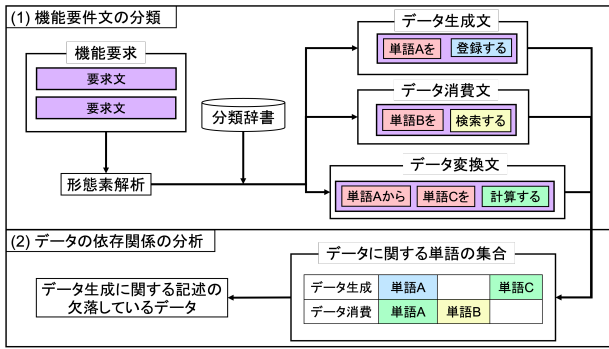


図 2 提案方法の処理手順

欠落があるデータを検出する。

2.4 機能要求文の分類

はじめに、要求文に対し形態素解析をして要求文を形態素に分解し、各形態素の品詞を解析することにより要求文中の品詞を取得する。要求文で使用されている動詞によって要求文の振る舞いが決まる。そこで、機能要求文の動詞によってデータの入出力を判断できると考え、要求文で最後に使用されている動詞に注目し機能要求文の分類を行う。データを新しく作る動詞をデータ生成動詞、データを使って処理する動詞をデータ消費動詞、データを変換する動詞をデータ変換動詞とする。また、データの定義を行っている文はデータ生成文に含める。

2.5 データ依存関係の分析

データ依存関係の分析ではデータ生成文とデータ消費文それぞれに含まれる名詞の集合を比較することによりデータ生成に関する記述が欠落しているデータの抽出を行う。

はじめに機能要求の各分類から生成されるデータ、消費されるデータを抽出し名詞の集合を作成する。データを抽出するために各分類に対して以下の処理を行う。

1. データ生成文
文中の名詞を生成されるデータとして抽出する。
2. データ消費文
文中の名詞を消費されるデータとして抽出する。
3. データ変換文
データ変換文はデータ生成とデータ消費の性質をもつため、生成しているデータと消費しているデータを判別する必要がある。そこで文の主動詞に係る各文節ごとにデータを生成している文節とデータを消費している文節を判定する。データを生成している文節で使用されている名詞は生成されるデータとして抽出する。データを消費している文節で使用されている名詞は消費されるデータとして抽出する。

上記の処理のみではデータと関係のない名詞も抽出されてしまう。そのため、サ変動詞の名詞やファイルの形式、他の要求文との関連を表す“上記”などの名詞を名詞の抽出後に削除する。

次に生成されるデータと消費されるデータ、それぞれに

含まれる単語の集合を比較することによりデータ生成に関する記述の欠落の抽出を行う。生成されるデータに含まれる単語の集合を A、消費されるデータに含まれる単語の集合を B とする。集合 B と集合 A の差集合 B-A を求めることにより消費されるデータにのみ使用されている単語を特定し、データ生成に関する記述が欠落しているデータを検出する。

3 プロトタイプシステムの実装

プロトタイプの実装環境を表 2 に、システムの構成を図 3 に示す。

表 2 実装環境

コンポーネント	名称	バージョン
OS	MacOS	13.1
プロトタイプ実装言語	Python	3.7.13
形態素解析器	MeCab	0.996
構文解析器	CaboCha	0.69

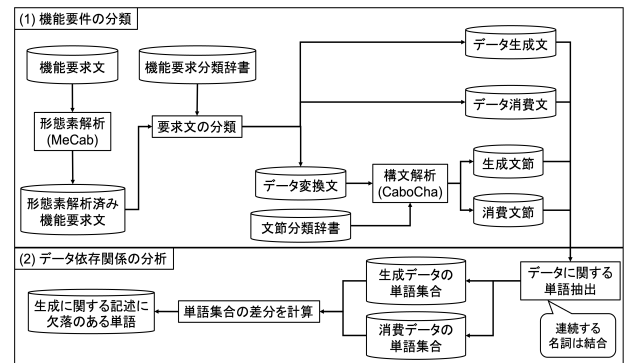


図 3 プロトタイプシステムの構成

4 評価実験

4.1 実験の目的

実験によって本研究の提案方法が要求仕様書の欠落の検出をできるか示すために実験を行なった。本実験の目的は以下の RQ(Research Question) に答えることである。

RQ1: 提案方法はデータ依存関係に関する欠落を正しく検出できるか

RQ2: 提案方法はデータ依存関係に関する欠落を全て検出することができるか

4.2 実験の手順

実験の流れを図 4 に示す。収集した要求仕様書に対し本稿の著者による機能要求の分類と欠落の正解セットの作成を行う。次に提案方法による機能要求の分類と欠落しているデータの検出を行う。最後に欠落しているデータの検出結果に対して正解セットとの比較を行う。比較 (1) は RQ1, RQ2 に答えるため、比較 (2) は分類の誤りが検出結果にどれくらい影響を及ぼしているかを分析するためである。

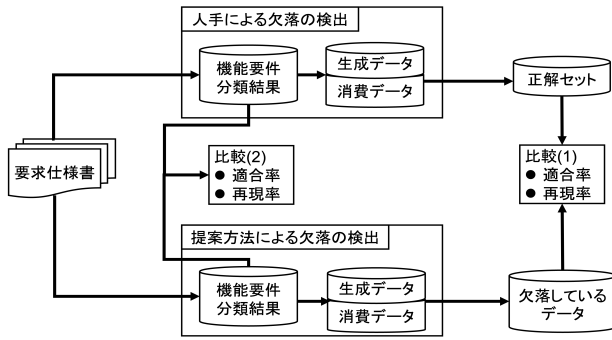


図 4 実験の流れ

4.3 実験対象の要求仕様書

公開された情報システムの要求仕様書 3 つを実験の対象とした。対象 1 と対象 2 は給食に関する情報システムであり、対象 3 は事務処理に関する情報システムである。

対象 1: みよし市学校給食管理システム (120 文) [3]

対象 2: 横須賀市学校給食費管理システム (166 文) [5]

対象 3: 喜多方市庶務事務システム (216 文) [6]

4.4 実験結果の評価方法

データ生成に関する記述が欠落しているデータを表す単語の検出結果の評価には適合率と再現率を用いる。

4.5 実験結果

欠落検出結果の評価を表 3 に示す。TP(真陽性)の列は提案方法が検出したデータ生成に関する記述が欠落していると検出した単語のうち、実際にデータ生成に関する記述が欠落しているデータを表す単語の数を表している。単語の数はデータ A を生成する文がない状態で、例えば A を検索する、A を表示するなどのように、A を使用する文が複数あるときでも、A についてデータ生成に関する記述が欠落しているデータを表す単語は 1 つとして数える。同様に FP(偽陽性)の列は提案方法が検出したデータ生成に関する記述が欠落していると検出した単語のうち、実際にデータ生成に関する記述が欠落していなかったデータを表す単語の数を表し、FN(偽陰性)の列はデータ生成に関する記述が欠落していたデータを表す単語のうち、提案方法はデータ生成に関する記述が欠落していないと検出した単語の数を表している。

表 3 データ生成に関する記述の欠落検出結果

	TP	FP	FN	適合率	再現率
対象 1	23	31	5	0.43	0.82
対象 2	36	89	25	0.29	0.59
対象 3	34	67	71	0.33	0.32

4.6 偽陽性、偽陰性と要求の分類結果

表 3 の FP, FN に対し、その単語が使用されている要求文の分類結果が誤っていた単語の数を表 4 に示す。この表は分類結果の誤りが欠落判定にどう影響を及ぼして

いるかを表している。例えば、“納品日”は提案方法で欠落と判定された単語であり、対象 1 では“納品日”を含む文が本来はデータ生成文であるべきであったがデータ消費文と判定されてしまった。そのため、“納品日”を生成する文がないと判定され、欠落となってしまった (FP)。このような事例が仕様書 1 では合計で 19 例あった。一方で、“住所情報”は提案方法で欠落を検出できなかった単語であり、対象 3 では“住所情報”を含む文が本来はデータ消費文であるべきであったがどの分類にも分類されず、欠落を検出することができなかった (FN)。このような事例が対象 3 では 41 例あった。

表 4 データ生成に関する欠落と要求の分類

	FP のうち要求の分類に誤りがある	FN のうち要求の分類に誤りがある
対象 1	19	1
対象 2	61	6
対象 3	14	41

5 考察

5.1 RQ に対する考察

RQ1 について表 3 の適合率に着目することで答えを得ることができる。表 3 より適合率の最高値は仕様書 1 の 0.43 であり、最低値は仕様書 2 の 0.29 であった。この結果から、提案方法はデータ生成に関する記述が欠落しているデータをあまり正しく検出することができないと言える。

RQ2 について表 3 の再現率に着目することで答えを得ることができる。表 3 より再現率の最高値は仕様書 1 の 0.82 であった。この結果から、提案方法はデータ生成に関する記述が欠落しているデータはある程度検出することができると言える。

5.2 誤検出の原因についての考察

実験結果から本研究の提案方法は一定の効果があったが、データ生成に関する記述が欠落しているデータについて誤検出が含まれていた。誤検出の事例を分析し、誤検出の原因について述べる。

表 4 の結果から対象 2 では生成文を消費文と判定されている要求文が多かった。これは対象 2 の要求文に複数の処理がまとめて記述され、最後にデータ消費動詞が使用されることが原因であると考えられる。また、対象 3 では消費文を他の分類に判定されている要求文が多かった。これは対象 3 の要求文で使用されている動詞が要求の分類に用いた辞書に登録されていなかったことが原因であると考えられる。提案方法による機能要求の分類が正しく行われたと仮定した場合、つまり表 4 の FP, FN が 0 になった場合のデータ生成に関する記述が欠落している単語の検出結果がどのように変化するかを調査した。提案方法の分類を修正し再度データ生成に関する記述が欠落している単語の検出を行った。その結果を表 5 に示す。表 5 から要求文を正しく分類できた場合は適合率、再

現率ともに多くの対象で値が向上した。しかし、機能要求を正しく分類できた場合でも、適合率、再現率は1になることはなかった。

表 5 機能要求を正しく分類できた場合の欠落検出結果

	TP	FP	FN	適合率	再現率
対象 1	24	12	4	0.67	0.86
対象 2	42	28	19	0.66	0.69
対象 3	75	53	30	0.59	0.71

誤検出の原因が分類の誤り以外にデータを表す単語の抽出結果に誤りがあったからであると考えられる。提案方法が誤検出したデータ生成に関する記述が欠落しているデータを表す単語には以下の2つの場合があった。

1. 抽出した単語に形態素の抜けや余分な形態素がある。提案方法では名詞が連続して現れる場合に結合して単語を抽出しているため、名詞の以外の形態素を含むデータ抽出できず、誤検出の原因となっている。一方で名詞であり接尾である“毎”などが結合して抽出されてしまい誤検出の原因となっている。
2. データと関係のない名詞を要求文から抽出している。本研究では要求文中の名詞をデータとして抽出している。データの形式などの名詞がデータとして抽出されてしまうため欠落の誤検出の原因となっている。

5.3 妥当性への脅威

5.3.1 内的妥当性

本研究ではプロトタイプシステムに適用するデータセットを手作業により作成した。手作業による分類は本研究を行なった1名により行われた。そのため内的妥当性への脅威がある。研究に関わりのない人が正解セットを作成する必要がある。

5.3.2 外的妥当性

本研究ではプロトタイプシステムに適用するデータセットとして3つの異なるドメインに対する要求仕様書を使用した。このことから外的妥当性への脅威は軽減されていると思われる。しかしながら、ドメインの種類や実験データ数を増やす必要がある。

6 関連研究

6.1 矛盾する要求の解釈支援手法

大西らは要求フレームに基づき開発した日本語要求仕様言語 X-JRDL によって記述された要求仕様を対象にした矛盾を定義し、その検出方法を提案した [1]。しかし、この手法は制限された言語である日本語要求仕様言語で記述した要求仕様書を対象としており、自然言語で記述された要求仕様書へはそのまま適用できない。

6.2 データ依存解析によるユースケース記述中の不吉な臭い検出

関らはユースケース記述のデータ依存関係における不吉な臭いの検出方法を提案している [4]。しかし、この手

法は実行順序などの制御依存関係を利用しているが要求仕様書では実行順序などの記述がないことがある。また、ユースケースという制限された記述に対して適用されており、自然言語で記述された要求仕様書に適用することができない。

7 今後の課題

1. データセットの改善
本研究で使用したデータセットの作成は本研究を行った1名によって行われた。そのため複数名による客観的なデータセットの評価が必要である。
2. データ生成に関する記述の欠落の誤検出について
複数の処理がまとめて記入されている要求文に対して誤分類を軽減できる分類方法を考慮する必要がある。また、ドメイン辞書を用意するなどの要求仕様書の特徴を加味した形態素解析を行う必要がある。

8 おわりに

本研究では要求仕様書中のデータ生成に関する記述の欠落の検出を自動化する方法を提案した。プロトタイプシステムを実装し、実際の要求仕様書中の機能要求に対して評価実験を行うことにより提案方法の有用性を評価した。本研究で提案した検出法を用いることでデータ生成に関する記述が欠落しているデータの検出に一定の効果があることを確認した。

参考文献

- [1] 大西 淳, 杉本 英昭. 矛盾する要求の解釈支援手法. 情報処理学会ソフトウェア工学研究会. 1999. Vol.1999. No.37. pp.59-66.
- [2] IEEE. Recommended Practice for Software Requirements Specifications. Std.830-1998. 1998.
- [3] みよし市学校給食管理システム機能要求一覧表. https://www.city.aichi-miyoshi.lg.jp/kyusyoku/kyushokusys/documents/0_kinoyoken.pdf.(Accessed on 01/13/2023)
- [4] 関 洋太郎, 他. データ依存解析によるユースケース記述中の不吉な臭い検出. 情報処理学会ソフトウェア工学研究会. 2021. Vol.2021-SE-207. No.20. pp.1-8.
- [5] 横須賀市学校給食費管理システム構築業務受託事業者選定プロポーザルの実施について | 横須賀市. <https://www.city.yokosuka.kanagawa.jp/8345/kyuushoku/kanrisystem-proposal.html>.(Accessed on 01/13/2023)
- [6] 庶務事務システム導入業務に係る公募型プロポーザルの評価結果について - 喜多方市ホームページ. <https://www.city.kitakata.fukushima.jp/soshiki/somu/30019.html>.(Accessed on 01/13/2023)