

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：33917

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11237

研究課題名(和文) 要求獲得における不吉なにおいの検出と改善支援の研究

研究課題名(英文) A Study on Detecting and Improving Bad Smells in Requirements Elicitation

研究代表者

佐伯 元司 (SAEKI, MOTOSHI)

南山大学・理工学部・教授

研究者番号：80162254

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、要求獲得の際に段階的に開発されていく生成物に含まれる、獲得漏れ、不適切な獲得・詳細化の兆候である「不吉なにおい」を自動的に検出し、改善していく手法を開発する。まず現実の要求獲得で生じる「不吉なにおい」を収集・分析し、その特徴をもとに分類する。「不吉なにおい」の検出を自動化するために、その構造的な特徴と意味的な特徴を数値化するメトリックスを開発し、メトリックスの値によって検出し分類を行う支援ツールを開発する。分類結果に基づいて、改善手法を示唆する。本研究では、ゴール指向分析法とユースケース法の2つの要求獲得法を取り上げ、支援ツールを開発する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

低品質な要求仕様書は、開発の後段までその影響が及び、最終成果物が顧客の真の要求を満たさないものになってしまうばかりか、最悪、開発をやり直す事態になりかねない。要求仕様書の構造的な特徴より、低品質箇所を検出するための手法は、これまで個別に提案されてきたが、仕様書を作り出す前の作業である要求獲得作業の中の本質的な作業である段階的詳細化過程で後工程に悪影響を及ぼすと思われる「不吉なにおい」を定義し、その検出・改善手法まで開発した研究はなく、本研究はその点が独創的である。また、本手法は低品質な仕様書が生み出される前の段階での検出・改善であり、その後段への効果も大きい。

研究成果の概要(英文)：In this research project, we develop techniques to detect automatically "bad smells", symptoms of missing requirements and poor refinement of requirements, included in the artifacts produced in requirements elicitation processes. Firstly, we collect and analyze instances of bad smells in real requirements elicitation processes, and based on their characteristics we categorize them. To automate detecting bad smells, we develop metrics to quantify structural characteristics and semantical ones of bad smells. A supporting tool is developed to detect and to classify the instances of bad smells using the developed metrics, and their improvement can be suggested based on their classification result. We pick up two elicitation methods, goal-oriented analysis and use case modeling.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：要求工学 ゴール指向要求分析法 ユースケースモデル 詳細化 不吉なにおい

## 1. 研究開始当初の背景

従来の情報システム開発においては、ステークホルダからの要求獲得は、最初の作業であるため、この段階での作業の質が最終成果物の質や開発コストに大きな影響を及ぼす。獲得した要求が低品質であると、後段までその影響が及び、顧客の真の要求を満たさないものになってしまうばかりか、最悪、開発をやり直す事態になりかねない。要求獲得の次段である要求のモデル化・仕様化を経て得られる要求仕様書に対しては、自然言語処理技術を適用し、要求文の主語、目的語の抜けや代名詞の使用など意味解釈に曖昧性を生じる個所の指摘を行うなどの技術はこれまでに開発されてきた[1]。要求獲得段階でのゴール指向要求分析法に代表される要求獲得法は、情報収集、問題分析、問題解決のための要求への詳細化という過程を段階的に行っていき、作業中にゴールグラフなどの生成物を徐々に完成させていく手法が多い。しかし、その段階的な作業は人手によって行われるため、獲得漏れや不適切な要求獲得・詳細化が入り込んでしまい、品質低下が起こり、開発のやり直しにまでつながってしまう。要求獲得段階の手法に適用し、品質低下を引き起こす可能性のある個所の検出の自動化と改善を支援する手法はまだない。また、仕様書から低品質を引き起こす部分の検出・改善も、構文上、表層上での問題点の指摘だけであって、より深い原因による品質低下を検出する手法もない。

## 2. 研究の目的

本研究では、ゴール指向要求分析法などを使った詳細化作業中に生じる獲得漏れや不適切な獲得・詳細化の兆候である「不吉なおい」を自動的に検出し、その改善案を示唆する手法を開発する。これにより、要求獲得段階での成果物の品質向上を図る。単なる文章の構文上・表層上だけの問題点だけでなく、詳細化過程で生じる深い原因による品質低下を検出・改善することが可能となる。

## 3. 研究の方法

まず1) ゴール指向要求分析法を取り上げ、その成果物である現実のゴールグラフに含まれる「不吉なおい」を収集・分析し、その特徴を分類する。2) 「不吉なおい」の検出を自動化するために、その特徴を数値化するメトリックスを開発する。メトリックス開発には、ゴールグラフの構造上の特徴と意味的な特徴とに分け、GQM (Goal-Question-Metric)法を用いる。3) メトリックスの値によって「不吉なおい」の検出と分類を行う支援ツールを開発する。分類結果に基づいて、「不吉なおい」の改善の示唆を行う。さらに、別の獲得法であるユースケース法を取り上げ、同様な方法でユースケース記述の「不吉なおい」の分類カタログと検出するためのメトリックスを開発し、改善案を提示する手法を開発する。

## 4. 研究成果

### (1) ゴール指向要求分析法におけるゴール詳細化の不吉なおいの体系化と検出法の研究

不適切なゴール詳細化の具体例を収集し、これらを分析して不適切な詳細化の分類を行った。その結果、「子ゴールの達成が親ゴールの達成に直接貢献していないもしくは無関係」、「子ゴールが欠落している」、「葉ゴールが具体的でない」といった不吉なおいの分類が得られた。この分析をもとにゴール記述の意味とゴールグラフの構造の2つの観点から検出メトリックスの定義を行った。ゴール記述の意味の観点では、ゴール記述の類似度に着目する。ゴール記述の類似度算出にあたっては、親ゴールと子ゴールの記述を各々格構造に変換し、格スロットに入っている語句の意味の近さを概念辞書内での距離で算出する。算出結果をもとに、2つのゴール記述の意味的類似度を算出する。親ゴールと子ゴールの意味的類似度が低い詳細化は、「子ゴールの達成が親ゴールの達成に直接貢献していないもしくは無関係」という不吉なおいであると考えられる。ゴールグラフの構造の観点では、兄弟枝の数および葉ゴールの相対的な深さに着目する。検出メトリックスの有用性を評価するための被験者実験から、本手法により不適切な詳細化を行っている箇所全部のうち60%以上が不吉なおいを持つ詳細化として検出できただけでなく、被験者の見落としていた不適切な詳細化も指摘できた。図1に検出例を示す。この例は、「本の注文」業務で、楕円でゴールを、矢印でゴール詳細化を表している。「本を配送する」というゴールが、「本を配送業者に引き渡す」、「レシートを発行する」、「配送業者が顧客に本を配送する」という3つの子ゴールに詳細化されている。このうち、「レシートを発行する」への詳細化を表す矢印を画面上で選択すると、画面下部のPropertyタブに不吉なおい検出用の各種のメトリックスの値が計算され表示される。「レシートを発行する」は、本来「本を配送する」という親ゴール達成に直接貢献するわけではなく、意味的には「代金を受け取る」というゴールの詳細化となるべきである。Propertyタブの最下位行は、「本を配送する」と「レシートを発行する」の2つの類似度が閾値以下であり、意味的な関係が低い(LowSemanticRelation:true)ことが表示されている。つまり、この詳細化が「子ゴールの達成が親ゴールの達成に直接貢献していないもしくは無関係」という不吉なおいであると警告を出している。「レシートを発行する」は、意味的な類似度が高いゴール(例えば「代金を受け取る」)の子ゴールもしくは兄弟ゴールとする

ことが修正案となる。

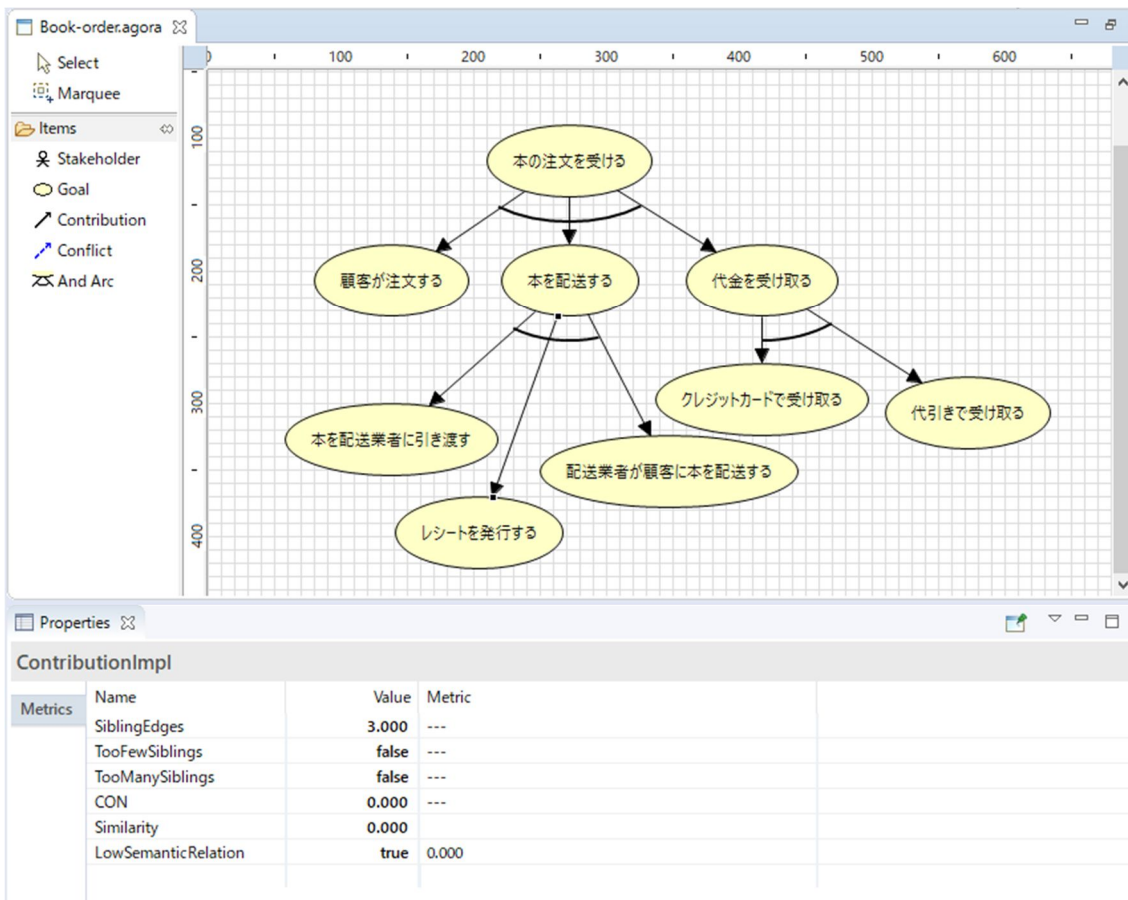


図1 ゴール詳細化の不吉なにおいの検出の例

(2) ユースケース記述中の不吉なにおいの体系化と構造的特徴を用いた検出法の開発

ユースケースモデル中のユースケース記述を収集し、記述中の品質の低い箇所を不吉なにおいとして体系的に定義するとともに、その検出の自動化を行った。ユースケース記述での不吉なにおいの定義をするために、収集したユースケース記述中の低品質箇所を調査・分析し、a) 低品質であると判断された要因と、b) 低品質となっている範囲、の2つの観点から分類を行った。また、その分類に基づき不吉なにおいを定義し、不吉なにおいカタログを開発した。さらに、GQM法を用いてカタログ化された不吉なにおいの特徴を数値化するメトリクス及び不吉なにおいと判定するための述語を求め、不吉なにおいを自動的に検出するツールを開発した。これらのメトリクス・述語は、記述文の構文的特徴や語彙情報を使用するもので、カタログ化された60種類の不吉なにおいのうち、25種類の不吉なにおいに対応している。ツールの検出機能を別途収集したユースケース記述に適用し評価を行い、適合率0.596、再現率0.981を得た。図2にツールの検出例を示す。図2(a)がユースケース記述、(b)が検出結果である。図2はe-commerceの業務支援システムの場合で、「商品を購入する」のユースケース記述の例である。図2(b)に出力された検出結果からは、例えばmainフローのステップ(idx)1, 3, 5で使用されている「アクター」が、アクタ欄actorsで宣言されている2つのアクタ「Webユーザー」、「店員(オペレータ)」のどちらを指しているか曖昧であるという不吉なにおい(do\_not\_describe\_as\_the\_word\_actor)が行レベルで発生していることを検出し、「アクター」という言葉を使用しないように示唆している。

```

name: "商品を購入する"
overview: "本ユースケースは、Web 上および店頭で商品を購入する際に呼び出される。店頭では、店員を通じて本ユースケースが利用される"
actors:
  - "Web ユーザー"
  - "店員 (オペレータ)"
main:
  - idx: 1
    step: "アクターは購入したい商品のジャンルを選ぶ"
  - idx: 2
    step: "システムは、選択されたジャンルの商品一覧を返す"
  - idx: 3
    step: "アクターは商品を選ぶ"
  - idx: 4
    step: "システムは、商品の詳細情報 (説明、金額、写真) を返す"
  - idx: 5
    step: "アクターは、この商品でよければ商品購入手続きに入る"

```

(a) 「商品を購入する」のユースケース記述

```

[{:metric=>"line_is_too_long",
:sentence=>"本ユースケースは、Web上および店頭で商品を購入する際に呼び出される。店頭では、店員を通じて本ユースケースが利用される",
:length=>59}],Pre
[{:metric=>"line_is_too_short", :sentence=>"アクターは商品を選ぶ", :length=>10}]Pre
[]
[{:item_name=>"main",
:metric=>:do_not_describe_subject_as_the_word_actor,
:line=>1,
:word=>"アクター"},OK
{:item_name=>"main",
:metric=>:do_not_describe_subject_as_the_word_actor,
:line=>3,
:word=>"アクター"},OK
{:item_name=>"main",
:metric=>:do_not_describe_subject_as_the_word_actor,
:line=>5,
:word=>"アクター"}]OK
[{:item_name=>"overview",
:metric=>:count_of_verb,
:line=>nil,
:sentence=>"本ユースケースは、Web上および店頭で商品を購入する際に呼び出される。店頭では、店員を通じて本ユースケースが利用される"}]Pre
[{:metric=>:missing_alternate_column, :use_case_name=>"商品を購入する"},OK
{:metric=>:missing_error_column, :use_case_name=>"商品を購入する"},OK
{:metric=>:missing_pre_conditions_column, :use_case_name=>"商品を購入する"},OK
{:metric=>:missing_post_conditions_column, :use_case_name=>"商品を購入する"}]OK
[]

```

(b) 検出結果の出力画面

図2 構造的な特徴を使った不吉なにおい検出の例

### (3) データの依存関係に基づくユースケース記述中の不吉なにおい検出法の研究

(2)で述べたユースケース記述の不吉なにおいカタログで、文章の長さや動詞の数といった構造上の特徴によらない、意味に関するにおいのうち、データの依存関係が原因となっている不吉なにおいを検出する手法を開発した。ユースケース記述の動作系列の各ステップの入出力となるデータの入出力依存関係と動作順序といった制御依存関係を抽出し、両者に矛盾がないかどうかで不吉なにおいの検出を行った。例えば、ある動作においてこれまでの動作系列ではまだ生成されていないデータが入力となっている場合は矛盾であり、これを不吉なにおいとして検出する。文中の動詞を辞書及び単語の類似度を用いてその意味から7種類に分類し、各分類に割り当てられた格フレームをもとに、文に出現している名詞が入力データか出力データかを判定し、

動作系列の構造から生成した制御フローグラフに，入出力データを埋め込んだグラフを構築し，その動作で“更新するデータはそれ以前に作成されているべき”といったデータの依存関係を解析することで，不吉なにおいを検出する．図3に列車の座席予約システムの中のユースケース「座席を選択する」での検出例を示す．図3(a)のユースケース記述のメインフロー(main)のステップ1の「システムは今の予約状況を図でユーザーに表示する」では，「予約状況」が「表示する」の入力データであるが，pre\_conditions も含めてステップ1よりも前に生成されていない．そのため，ステップ1が「条件を無視したフロー」というにおいを持っていることが(b)で指摘されている．同様に post\_conditions の「予約確認画面」がどこにも生成されていないため，「事後条件と関係のないフロー」のにおいが指摘されている．

```

name: "座席を選択する"
actors:
  - "予約者"
  - "管理者"
overview: "必要に応じて座席を選択する"
pre_conditions:
  - "予約したい列車を既に特定している"
main:
  - idx: 1
    step: "システムは今の予約状況を図でユーザーに表示する"
  - idx: 2
    step: "ユーザーは空いている席を選択する"
  - idx: 3
    step: "ユーザーは予約ボタンを押す"
  - idx: 4
    step: "システムはユーザーが予約したい席のアクセシビリティを検査する"
post_conditions:
  - "予約確認画面に進む"

```

(a) 「座席を選択する」のユースケース記述

```

"条件を無視したフロー: システム_予約,状況_図_表示 at node_1"
"条件を無視したフロー: システム_予約,状況_図_表示 at node_1"
"条件を無視したフロー: システム,ユーザー_アクセシビリティ_検査 at node_4"
"事後条件と関係のないフロー: システム_予約,状況_図_表示 at node_1"
"事後条件と関係のないフロー: ユーザー_席_選択 at node_2"
"事後条件と関係のないフロー: ユーザー_予約,ボタン_押す at node_3"
"事後条件と関係のないフロー: システム,ユーザー_アクセシビリティ_検査 at node_4"
"事後条件と関係のないフロー: 列車_特定 at node_0"
"満たされない事後条件: _進む"
"説明のない動作主: ユーザー at node_2"
"説明のない動作主: ユーザー at node_3"
"説明のない動作主: ユーザー at node_4"

```

(b) 検出結果の画面

図3 データ依存関係を用いた不吉なにおいの検出

評価実験を行い，適合率 0.32，再現率 0.72 を得た．適合率が低いのは，不吉なにおいの存在は指摘できていたが，においカテゴリの分類間違いであった．例えば，図3(b)の例では，post\_conditions が次に起動するユースケースを記述しており，ここに不吉なにおいがあるにもかかわらず，動作系列のほうに不吉なにおいがあると判定されてしまったためである．これらを考慮し，不吉なにおいの存在検出だけに絞ると，適合率は 0.76 と想定された．

<参考文献>

[1] 林 晋平，有賀 顕，佐伯 元司: reqchecker : IEEE 830 の品質特性に基づく日本語要求仕様書の問題点検出ツール. 電子情報通信学会論文誌, vol. J101-D, no. 1, pp. 57-67. Jan., 2018.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 飯島慧, 林晋平, 佐伯元司	4. 巻 vol. 120, no. 407
2. 論文標題 不適切なゴール詳細化検出のためのゴール記述類似度算出法の比較	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会ソフトウェアサイエンス研究会	6. 最初と最後の頁 67-72
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 無
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 山崎友路, 林晋平, 佐伯元司	4. 巻 vol. 120, no. 407
2. 論文標題 変更履歴とゴール間依存関係を用いたゴールへの不適切な変更操作の回避支援	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会ソフトウェアサイエンス研究会	6. 最初と最後の頁 96-101
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 無
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 関洋太郎, 林晋平, 佐伯元司	4. 巻 vol. 2021-SE-207
2. 論文標題 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	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会ソフトウェア工学研究会	6. 最初と最後の頁 1-8
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 無
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 Yotaro Seki, Shinpei Hayashi, Motoshi Saeki	4. 巻 IEEE
2. 論文標題 Detecting Bad Smells in Use Case Descriptions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 27th IEEE International Requirements Engineering Conference	6. 最初と最後の頁 98-108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/RE.2019.00021	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 関 洋太郎, 林 晋平, 佐伯 元司	4. 巻 2019-SE-201
2. 論文標題 ユースケース記述中の不吉な臭いの体系化と検出	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告ソフトウェア工学研究会	6. 最初と最後の頁 1-8
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 無
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 宮崎大河, 北野聖也, 佐伯元司	4. 巻 S2021-58
2. 論文標題 要求仕様の曖昧性を減少させるための日本語版簡易構文テンプレートEARS	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会ソフトウェアサイエンス研究会	6. 最初と最後の頁 97-102
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 無
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 Shinpei Hayashi, Keisuke Asano, Motoshi Saeki	4. 巻 Vol.E105-D, No.5
2. 論文標題 Automating Bad Smell Detection in Goal Refinement of Goal Models	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 837-847
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2021KBP0006	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 Yotaro Seki, Shinpei Hayashi, Motoshi Saeki	4. 巻 Vol.E105-D, No.5
2. 論文標題 Cataloging Bad Smells in Use Case Descriptions and Automating Their Detection	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 849-863
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2021KBP0008	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4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐伯元司
2. 発表標題 ユースケース記述の不吉なにおい
3. 学会等名 情報処理学会ソフトウェア工学研究会要求工学ワーキンググループ 2020年2月
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐伯元司
2. 発表標題 ゴールモデルの不吉な臭いー多平面モデル再考
3. 学会等名 情報処理学会ソフトウェア工学研究会要求工学ワーキンググループ 2019年10月
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐伯元司
2. 発表標題 要求モデルの不吉な臭いーユースケース記述
3. 学会等名 情報処理学会ソフトウェア工学研究会要求工学ワーキンググループ 2019年 6 月
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐伯元司
2. 発表標題 ゴール詳細化の支援法
3. 学会等名 情報処理学会ソフトウェア工学研究会要求工学ワーキンググループ
4. 発表年 2018年



〔図書〕 計0件

〔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
連携研究者	林 晋平 (HAYASHI SHINPEI) (40541975)	東京工業大学・情報理工学院・准教授  (12608)	

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
---------	---------