

ゴール指向要求分析における 語彙間の格関係によるゴール推薦

平澤 一晃^{1,a)} 林 晋平^{1,b)} 佐伯 元司^{1,c)}

概要：問題領域固有の知識（ドメイン知識）の不足による要求仕様の誤りや欠落は開発の手戻りや、実現すべきシステムの機能の欠落や、不要な機能の実装の原因となる。本論文では、ゴール指向要求分析法において、過去の事例等から得られたドメイン知識を利用してゴールの詳細化を支援する手法を提案する。この手法では単語概念と格フレームを表す単語の組の概念、そして概念間の関係により定義されたドメインオントロジを利用する。オントロジ上に定義された格フレームとゴール記述のマッチングを行い、マッチした格フレームと関係を持つ概念を注目しているゴールに必要な概念と考え、この概念を持つゴールをサブゴールとして推薦する。既存のゴール指向要求分析ツールに記述解析機構、マッチング機構、推論機構を組み込み、事例評価を行い有用な推薦が行われることを示した。

キーワード：ゴール指向要求分析法、格フレーム、ドメインオントロジ

1. はじめに

システムを正しく構築するためには、ソフトウェア開発工程の最初の工程である要求分析の段階で顧客の要求を獲得する必要がある [1].

要求獲得を支援するための手法としてゴール指向要求分析法がある [2]. これは、システムは何らかのゴールを達成するために開発される、という考えに基づき、そのゴールを達成するために必要なゴールに詳細化していくことでより具体的な要求を獲得していく手法である。詳細化の

結果がゴールグラフとよばれるグラフで表現される。図 1 はゴール指向要求分析法により作成される音楽プレイヤーに関するゴールグラフの例である。この際、詳細化されたゴールを親ゴールと呼び、親ゴールを詳細化した結果得られるゴールをサブゴールと呼ぶ。詳細化には AND 分解と OR 分解の 2 種類が存在し、それぞれ円弧つき、円弧なしの分解で表現される。AND 分解はサブゴールすべてが達成されることで親ゴールが達成されることを、OR 分解はサブゴールのうちいずれかが達成されることで親ゴールが達成されることを意味する。図 1 の例では、“音楽プレイヤーを作る”というゴールは“音楽を操作する”というゴールと、“音楽を取り込む”というゴールの両方が達成されることで達成される。そして“音楽を取り込む”というゴールは、“音楽を PC から取り込む”というゴールか“音楽をインターネットから取り込む”というゴールのどちらかを達成することで達成される。このように、ゴール指向要求分析法ではトップゴールを達成するために必要なサブゴールに詳細化していくことで、要求を獲得していく。

このゴールを詳細化する過程で、開発するシステムが扱うドメインに関する知識を持たない場合、ゴールの詳細化を正しく行うことができない [3]. 例えば“音楽を操作する”というゴールを詳細化しようとする場合、サブゴールとして作成されるゴールには“音楽を再生する”などの、具体的な音楽プレイヤーで行う事ができる操作の例が挙げられる。この詳細化を行うためには、音楽プレイヤード

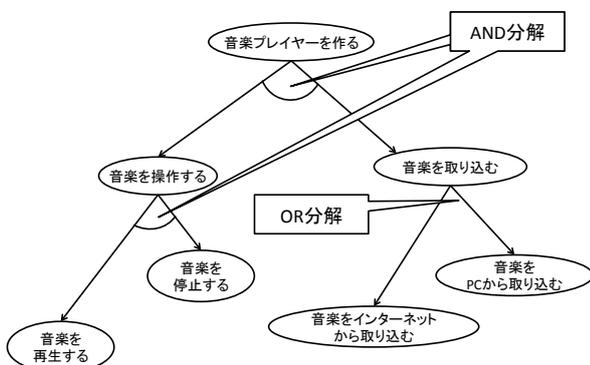


図 1 音楽プレイヤーに関するゴールグラフの例

¹ 東京工業大学
Tokyo Institute of Technology
a) kazuaki@se.cs.titech.ac.jp
b) hayashi@se.cs.titech.ac.jp
c) saeki@se.cs.titech.ac.jp

メインにおいて、“音楽を操作する”が“音楽を再生する”の汎化であるというドメイン知識が必要である。このように、正しくゴールを詳細化するためにはドメイン知識が必要となる。そのため、ドメイン知識を持たない要求分析者が正しくゴールの詳細化を行うために、事前に蓄えられたドメイン知識を利用したゴール詳細化支援手法が必要である。こういった問題を解決する手法として、既存のドメイン知識を用いてゴールを推薦するゴール詳細化支援手法である Goal-Oriented and Ontology driven Requirements Elicitation Method (GOORE) [4], [5] が提案されているが、推薦の精度や推薦されるゴールの記述に問題が残る。本論文では、こういった問題を解決し、要求分析者に有用な推薦を行うことを目的とする。

本論文の構成は次のようになる。2章で、既存研究である GOORE の概要と問題点について述べる。3章で問題点を解決するための提案手法について説明し、4章で提案手法を実装したツールについて説明する。5章で提案手法の有用性を評価するための実験を行い、その結果について考察する。6章で関連研究について述べ、7章で本論文をまとめめる。

2. GOORE

2.1 概要

GOORE [4] では、ドメイン知識をドメインオントロジとして格納する。ドメインオントロジとは、対象領域(ドメイン)固有の概念と概念間の関係を表すものであり、GOORE ではグラフ構造で表現されたものを使用する。図 2 に、音楽プレイヤーに関するドメインのドメインオントロジの例を示す。GOORE で使用されるドメインオントロジの概念は、ドメイン固有の語彙に対応する。音楽プレイヤーのドメインの場合、概念として“音楽”や“再生”などがある。概念と関係の例として、“再生”という概念が“停止”という概念を必要とする、などがある。GOORE では概念とゴールの記述を対応づけし、概念間の関係から、ゴールに必要な概念を探し出すことで詳細化支援を行う。図 3 は GOORE におけるゴール記述とドメインオントロジの対応付けと、推薦項目からのゴール生成を表している。まず詳細化したいゴールの記述を形態素解析し、含まれる単語を解析する。そして得られた単語と概念を比較し、完全に一致した場合、ゴールとその概念を対応づける。そして、対応づいた概念に張られた関係から、ゴールに対して必要な概念を推論し、推論結果で得られた概念のリストを要求分析者に推薦する。そして要求分析者が推薦された項目から作成したいゴールを選択することによってゴールが作成される。図 2 のオントロジを利用して“音楽を再生する”というゴールを詳細化する場合を考える。まず、“音楽を再生する”という記述を形態素解析する事により、“音楽”、“再生”という単語を得る。次にドメインオントロジ上か

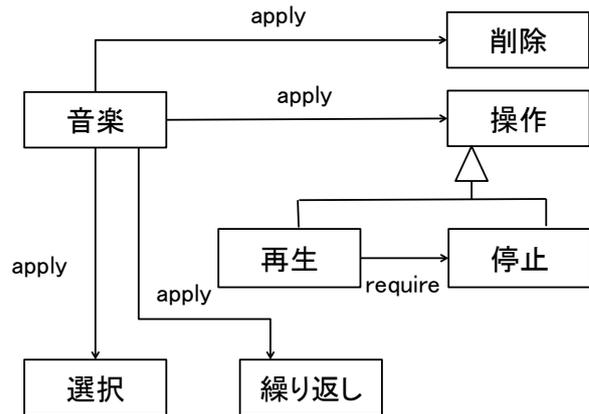


図 2 音楽プレイヤードメインのドメインオントロジ (抜粋)

ら、対応する概念として“音楽”、“再生”を得る。結果として図 3 のように、ゴール記述とドメインオントロジ上の概念が対応づく。次に、対応づいた概念と関係を持つ概念を推薦項目とする。“再生”と require 関係を持つ概念として“停止”が、“音楽”と apply 関係を持つ概念として“削除”、“操作”、“繰り返し”、“選択”が推薦項目となる。図 3 に示されているように、推薦項目が関係の種類によって計算される優先順位で並べたリストが推薦される。

2.2 問題点

以下に、前節で紹介した GOORE の問題点を 2 点挙げる。

1. GOORE が要求分析者に提示する項目が単語である

GOORE は、詳細化したいゴールと対応づいた概念が必要とする概念を要求分析者に推薦する。そのため、推薦される項目も“停止”のような概念の単語のみとなる。しかし、図 1 のように、ゴール記述は文の形で書かれるものであるため、要求分析者は、推薦された概念のうち採択するものを選択し、そこからゴールを作成するために必要な文の要素を補う必要がある。音楽プレイヤーの例では、“停止”という概念が推薦され採択した場合、要求分析者の手で“音楽を停止する”のような文を作成する必要がある。この工程は要求分析者にとって労力であり、また誤りが発生する可能性がある。

2. GOORE は文意を考慮した推薦を行わない

例えば“音楽を操作する”というゴールと、“音楽を再生する”というゴールでは、詳細化に必要な概念は異なる。“音楽を操作する”というゴールを詳細化する場合に必要なサブゴールは音楽に対する操作の種類であり、“音楽を再生する”を詳細化する場合に必要なサブゴールは音楽を再生するために必要な機能である。しかし GOORE では“音楽”という単語を含むすべてのゴールに対して、その他の単語の種類を問わず図 2 の概念“音楽”と関係を持つすべての概念を推薦する。図 2 のオントロジでは、概念“音

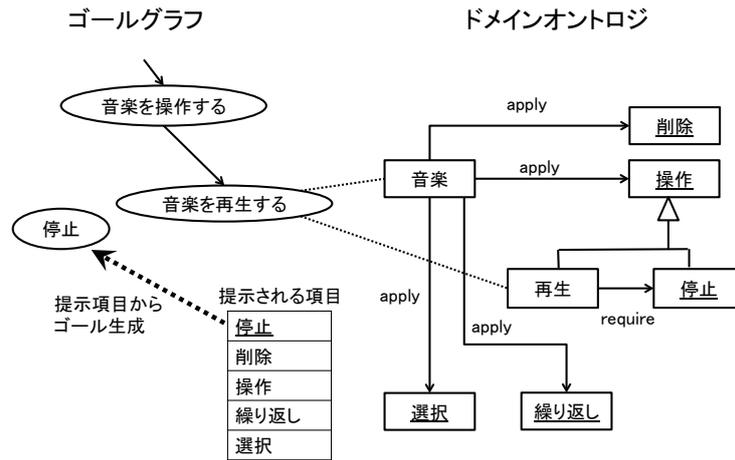


図 3 GOORE による推薦

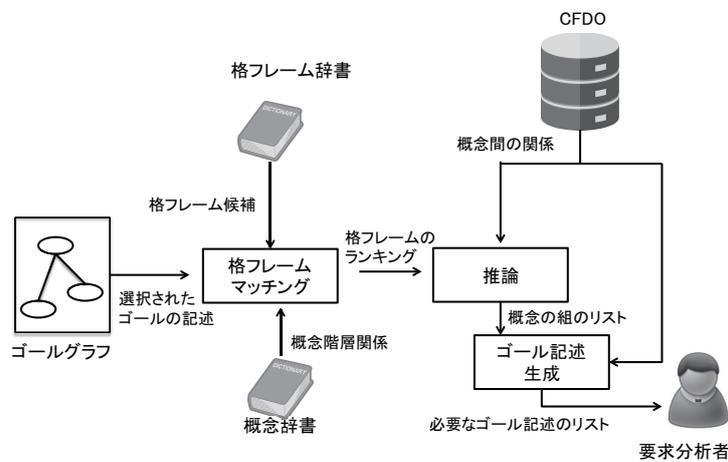


図 4 提案手法の概要

楽”は概念“削除”に対して apply 関係を持つため、両方のゴールに対して“削除”を推薦する。しかし、“音楽を操作する”というゴールに対しては“音楽を削除する”というゴールは必要である一方で、“音楽を再生する”というゴールに対して“音楽を削除する”というゴールは必要ではない。

これらの問題点の原因は、GOORE で使用されるドメインオントロジが文を考慮せず、単語単体のみの関係で推薦を行っていることだと考えられる。次章で、これらの問題点を解決するために、我々が拡張するドメインオントロジの要件と、推論手法について説明する。

3. 提案手法

3.1 概要

前節で述べた 2 つの GOORE の問題点を解決するために、文単位で概念の組をまとめることにより、文を考慮する事ができるようにドメインオントロジを拡張する。図 4 は提案手法の概要を表している。ここでは提案手法で拡張されたドメインオントロジである CFDO (詳細は 3.2 節

で説明する) を利用する。ゴール記述と格フレーム辞書でマッチングを行い、近さを表す類似度を計算し、記述に近い格フレームを得る。そしてその格フレームを表す CFDO 上の概念の組とゴール記述を対応付ける。対応づいた概念の組から、意味的關係を利用して必要な概念の組を推論する。そして必要な概念の組からゴール記述を生成し、優先度順に並べて要求分析者に推薦する。ドメインオントロジの拡張について 3.2 節、ゴール記述と格フレームのマッチングについて 3.3 節、必要な概念の組の推論について 3.4 節、ゴール記述の生成について 3.5 節、そして推薦項目の優先順位付けについて 3.6 節でそれぞれ説明する。

3.2 ドメインオントロジの拡張

単語同士の概念を組み合わせて、文の構造を表す格フレーム [6] を表現することで、ドメインオントロジを拡張する。格フレームとは、動詞の意味ごとに、その動詞がとり得る深層格と、深層格がとり得る概念をまとめたものである [7]。以降、拡張されたドメインオントロジを Case Frame Domain Ontology (CFDO) と呼ぶ。CFDO は、

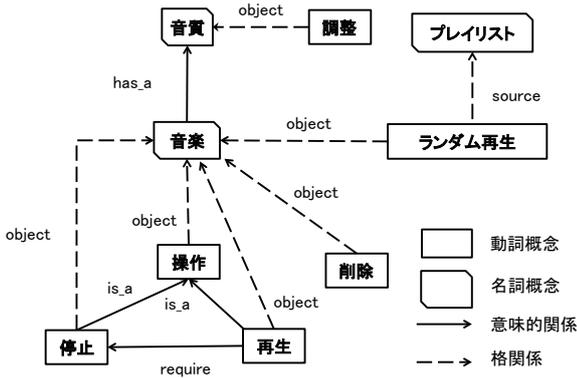


図 5 音楽プレイヤードメインの CFDO (抜粋)

頂点として動詞概念と名詞概念を持ち、関係として概念間の汎化関係 (is_a) などの意味的關係と、動詞概念と名詞概念を結ぶ深層格関係を持つグラフ構造をなす。図 5 に音楽プレイヤードメインの CFDO の例を示す。“再生”という概念と、“音楽”という概念が object という深層格関係で結ばれている。これは、“音楽”という名詞概念が“再生”という動詞概念の対象格に入ることを表している。このように、“再生”のように動詞を表す概念と、“音楽”のように名詞を表す概念を、深層格の種類をラベルとする関係で結ぶことにより、格フレームを表現する概念の組を構成する。

3.3 ゴール記述とドメインオントロジの対応付け

自然言語文と格フレームの近さを測る手法として中村らの手法 [8], [9] がある。この手法は、図 6 のように、ゴール記述と格フレーム双方に存在する格の概念間の類似度を比較することによって、格フレームと文の近さをスコア付けする。ここで、概念間の類似度は概念階層辞書における概念同士の関係を利用して計算される [9]。まず、詳細化したいゴールの記述を解析し、表層格と動詞を得る。表層格とは“を”や“が”などの格助詞によって表層的に定まる格である。格助詞と格を連結して、“ガ格”や“ヲ格”のように呼ばれる。深層格と表層格は多対多の関係にある。次に格フレーム辞書から、ゴール記述の動詞に対応する格フレームをすべて得る。得られた格フレームそれぞれに対してゴール記述との類似度を表すスコアの計算を行う。図 6 は、“音楽を再生する”というゴールと近い格フレームの計算を表している。“音楽を再生する”を解析すると動詞として“再生”，ヲ格として“音楽”が得られる。このゴール記述と格フレーム (動詞:再生, 主格:人間, 対象格:音楽) の間のスコアを計算する。ヲ格と対応する深層格は対象格であるので、ゴール記述のヲ格概念と格フレームの対象格概念の類似度を計算する。格フレームの主格に相当する格がゴール記述に存在しないため、主格はスコア計算に影響しない。スコア計算は、計算された概念間の距離を利用して

以下の式で行われる。

$$Score = \frac{\text{計算されたスコアの合計}}{\text{深層格と対応が見つかった表層格の数} + 1}$$

図 6 の“音楽を再生する”というゴール記述と格フレーム (動詞:再生, 主格:人間, 対象格:音楽) のスコアを計算する場合、分母にヲ格概念と対象格概念の距離を、分子に格フレームの深層格と対応が見つかった表層格の数である 1 に 1 を加えた 2 をとる。例として、概念“音楽”と概念“音楽”の間の類似度が 1、概念“音楽”と概念“生命体の一部”の間の類似度が 0 である場合のスコア計算式を示す。ゴール“音楽を再生する”と格フレーム (動詞:再生, 主格:人間, 対象格:音楽) 間のスコアは、 $1/(1+1) = 0.5$ となり、ゴール“音楽を再生する”と格フレーム (動詞:再生, 主格:生命体, 対象格:生命体の一部) 間のスコアは $0/(1+1) = 0$ となる。この計算により閾値以上のスコアが付けられた格フレームを表す CFDO 上の概念の組が、ゴール記述と対応づく。

3.4 推論手法

推論は、ゴールと対応づいた概念の組に含まれる概念 A が概念 B と意味的關係を持つなら、概念 B は必要である、という規則を利用する。以下に、図 5 の CFDO について、ゴール記述が“音楽”と“再生”の概念の組と対応付いた場合の推論例を示す。まず、“再生”が“停止”と require 関係を持つため、“停止”が必要と推論される。次に“音楽”が“音質”と has_a 関係を持っていることから、“音質”が必要であることも推論される。この結果、“音質”と“停止”の二つの概念が必要であると判断される。

3.5 ゴール記述生成

CFDO 上の概念が含まれる概念の組と、推薦元ゴール記述の表層格情報を利用して、概念からゴール記述を生成する。ここで、推薦元ゴールとは、詳細化を行おうとしているゴールをさす。“停止”のような動詞概念からゴール記述を推薦する場合は、推薦元ゴール記述の表層格と CFDO 上の概念の組を利用し、“音質”のような名詞概念からゴール記述を生成する場合には、CFDO 上の概念の組を利用

ゴール記述表層格		
動詞	ガ格	ヲ格
再生		音楽

再生と同義の動詞の格フレーム(一部)		
動詞	主格	対象格
再生	人間	音 音楽
再生	生命体	生命体の一部
再生	音	

対応する格同士の概念間の類似度で点数付け

図 6 格フレームとゴール記述の比較

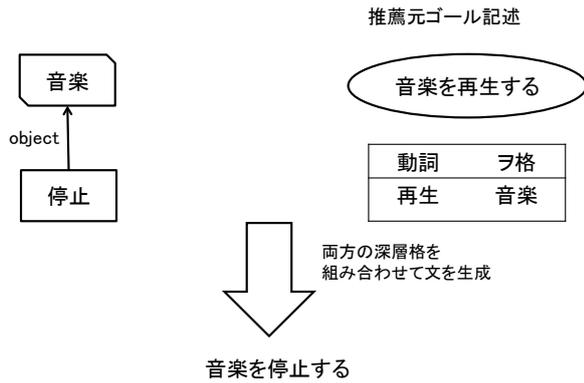


図 7 動詞概念“停止”からのゴール記述生成

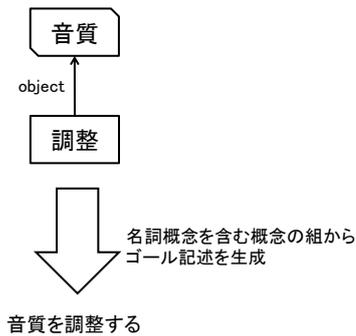


図 8 名詞概念“音質”からのゴール記述生成

する。“停止”を含む CFDO 上の概念の組は，“停止”と“音楽”からなる組であり，それらの間の関係は対象格である。そして推薦元ゴール記述を形態素解析すると，動詞が“再生”であり，ヲ格に“音楽”を持つことがわかる。ここから生成される文は，動詞として“停止”を持ち，対象格として，推薦元のヲ格名詞，または CFDO の対象格関係を持つ概念を持つ。停止の例では図 7 のように，どちらも“音楽”であるので，“音楽を停止する”という文が生成される。同様に，“音質”を含む CFDO 上の概念の組は，“音質”と“調整”からなる組であり，関係は対象格である。ここからは，動詞として“調整”を持ち，深層格として CFDO 上で“調整”と関係を持つ概念を組み合わせた文が生成される。今回の例では図 8 のように，“調整”は対象格に“音質”を持つので，生成される文は“音質を調整する”となる。よって，“音楽を再生する”というゴールに必要なゴール記述は“音楽を停止する”と“音質を調整する”であると推薦される。これらのゴール記述に対して，推論に使われた意味的關係の種類によって優先順位を付与し，順序付けして要求分析者に提示する。

3.6 推薦項目の優先順位付け

提案手法では，推論規則により必要とされた概念から生成されたゴール記述を，優先順位順に並べて要求分析者に推薦する。この優先順位の計算には，概念の組間の意味的關係が利用される。表 1 は意味的關係の種類と対応す

表 1 意味的關係と優先度

規則名	優先度
require	5
cause	4
has_a	3
is_a ⁻¹	-1

る優先度である。is_a 関係のみ，推移性を持ち，特化の方向 (is_a⁻¹: is_a 関係の逆方向) のみ利用できる。經由する is_a⁻¹ 関係が多い場合の優先順位をさげるよう，1 点ずつ減点する。図 5 の CFDO を使ったゴール“音楽を再生する”からの推薦の例では，“音楽を停止する”は動詞概念からの require 関係により推薦されているため，優先度は 5 となる。一方“音質を調整する”は概念の組の名詞概念からの has_a 関係により推薦されるため，優先度は 2 となる。優先度順に並べ替えた結果，“音楽を停止する”が上位に推薦される。

4. 支援ツール

提案手法を，属性付きゴール指向要求分析法 AGORA の支援ツール [10] の拡張として実装した。格フレームとゴール記述のマッチングには中村らの手法 [9] を，格フレーム辞書と概念階層関係は EDR 電子辞書 [11] を利用し，CFDO はグラフデータベース Neo4j [12] に格納した。図 9 はツールの利用例の画面である。詳細化したいゴールである“フィードリーダーにログインする”を選択すると，ツール右側の Properties タブに“メールアドレスを登録する”，“ID を登録する”などの必要だと推論されたゴール記述が優先度順に並ぶ。そこから作成したいゴールを選択する事でゴールを作成することができる。作成されたゴールを詳細化したいゴールのサブゴールとするか，兄弟ゴールとするかを分析者が判断する。この工程を繰り返す事によりゴールの詳細化を進めていく。

5. 実験と評価

5.1 実験目的

提案手法が，既存手法である GOORE [4] と比較して有用な推薦が可能かを評価するために比較実験を行った。評価のために以下の RQ を設定した。

RQ1: 要求分析者が少ない労力でゴールを作成できるか
提示項目からゴール記述を作成する際の編集量を比較する。

RQ2: 適切な項目が上位に推薦されるか
ゴールの詳細化の際に GOORE と提案手法それぞれの出力のうち，採択された推薦結果の順位の違いを比較する。

RQ3: 推薦項目の取りこぼしがないか
GOORE の評価実験の際に作成されたゴールグラフ中に存在する機能要求と，本実験で作成されたゴールグ

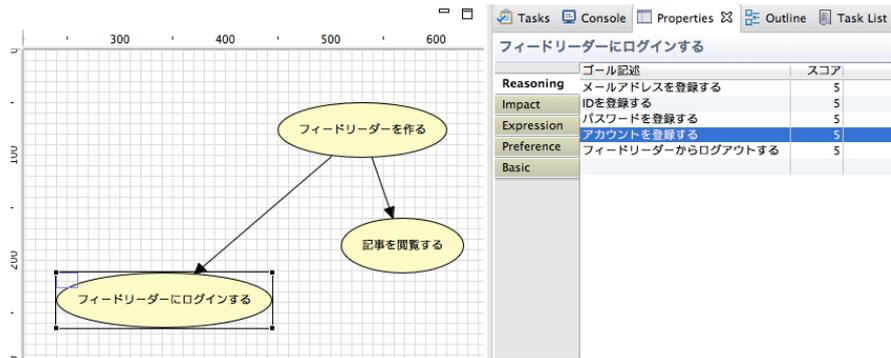


図 9 ツールの画面例

ラフ中に存在する機能要求を比較する。

5.2 実験内容

本実験では、フィードリーダーアプリケーションに関する要求獲得を扱う。このドメインは GOORE の評価実験 [4] に使用されたドメインと同一である。2 名の要求工学を専門とする学生を被験者として実験を行った。被験者はともにフィードリーダーアプリケーションに関するドメイン知識を持っていなかった。被験者は、GOORE の評価実験で使用された初期要求リストをもとに、フィードリーダーに関するゴールグラフを提案手法による推薦を受けながら作成した。初期要求リストの要求で要求獲得が行われていないものがあつた場合、著者のうち一名が要求獲得を行うように促した。実験終了後に、著者のうち一名が、それぞれのゴールグラフ作成過程を GOORE の推薦を利用しながら再現した。そして GOORE の評価実験で作成されたゴールグラフ中の機能要求と、今回の実験で作成されたゴールグラフに含まれる機能要求の比較を行った。

5.3 RQ1: 要求分析者が少ない労力でゴールを作成できるか に関する結果と考察

各被験者の編集量は表 2、図 10 のようになった。ここで、編集量を文字列から文字列への最小の挿入・削除操作の回数とする。いずれの被験者においても、平均編集量の値は提案手法が小さかつた。この差が有意なものであるかを確かめるために、編集量の差について Wilcoxon の順位と検定を行ったところ、いずれの被験者においても有為差が認められた (被験者 1: $p=0.028$, 被験者 2: $p=0.004$)。これにより、提案手法は GOORE と比較して、少ない労力でゴールを作成できることがわかつた。

5.4 RQ2: 適切な項目が上位に推薦されるか に関する結果と考察

各被験者の推薦採択順位は表 3、表 4 のようになった。GOORE による推薦と提案手法による推薦の順位の違いを見ると、推薦項目によって GOORE がより上位に推薦で

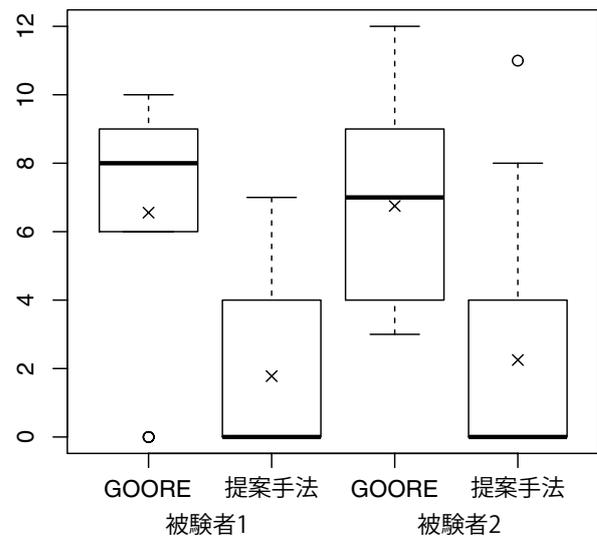


図 10 各被験者の推薦手法ごとの編集量

きた項目が 12 個、提案手法が上位に推薦できた項目が 15 個であることがわかつた。GOORE による推薦の採択順位と提案手法による推薦の採択順位について、Wilcoxon の順位と検定を行ったところ、いずれの被験者においても有為差が認められなかつた (被験者 1: $p=0.689$, 被験者 2: $p=0.820$)。GOORE では対応づいた概念と関係を持つ概念を同率の順位で推薦していることにより、同じ優先度を持った推薦項目が増加している。一方で、提案手法ではゴール記述を作成する過程で、一つの概念の組に対して、深層格と概念の組み合わせの数だけ文を推薦することにより、同じ優先度の推薦項目が増加している。例えば、CFDO 上のある動詞概念が 2 種類の概念と対象格関係を持ち、3 種類の概念と源泉格関係を持つ場合、生成される文の数は 6 種類となる。これらの要因により、提案手法と GOORE での推薦順位に有意な差が認められなかつた。

5.5 RQ3: 推薦項目の取りこぼしがないか に関する結果と考察

RQ3 に関して、GOORE 実験で作成されたゴールグラフと、本実験で作成されたゴールグラフから機能要求を抽出

表 2 各被験者の作成したゴールと編集量

項目	被験者 1 (GOORE)	被験者 1 (提案手法)	被験者 2 (GOORE)	被験者 2 (提案手法)
作成されたゴール数	32	32	39	39
推薦を採択したゴール数	15	24	17	21
平均編集量	5.67	0.66	6.1	2.4

表 3 被験者 1 の推薦採択順位

作成されたゴール名	GOORE	提案手法
アカウントを登録する	4	3
フィードリーダーからログアウトする	5	4
パスワードを登録する	3	12
メールアドレスを解除する	4	8
パスワードを変更する	9	8
記事を分類する	19	3
カテゴリタグを付与する	1	3
カテゴリタグをサイトに付与する	1	2
カテゴリタグをエントリに付与する	1	2
記事を所得する	11	4
システムが新着記事を収集する	2	1
システムが新着エントリを収集する	2	1

表 4 被験者 2 の推薦採択順位

作成されたゴール名	GOORE	提案手法
アカウントを登録する	4	3
パスワードを登録する	3	12
ID を登録する	2	3
フィードリーダーからログアウトする	5	4
記事を所得する	11	4
記事を表示する	1	7
記事一覧を表示する	1	7
システムがフィードを収集する	5	1
記事を分類する	19	3
カテゴリを作成する	4	3
エントリをグループで分類する	19	3
カテゴリタグをエントリに付与する	1	12
エントリをクリックする	15	8
エントリを表示する	12	6
記事をピン留めする	8	11
エントリのブックマークを解除する	1	10

し、内容を比較した。“初心者にもわかりやすい”などの非機能要求を表すゴールを取り除き、残ったゴールが表す機能を調べる事で機能要求を抽出した。同様に、今回作成されたゴールグラフについても、機能要求を抽出したゴール数と機能要求の数はそれぞれ表 5 の通りである。ただし、今回は GOORE による推薦項目からの取りこぼしに関して調査を行うため、今回作成されたゴールから抽出された機能要求のうち、GOORE 実験で作成されたゴールグラフから抽出された機能要求と同じもののみを数えた。GOORE 実験で獲得された機能要求のうち、今回の実験の被験者が獲得することができなかった機能要求は、被験者 1 の“記事をピン留めする”という機能一つであった。被験者 1 のゴール詳細化過程を調査したところ、提案手法が“記事をピン留めする”という項目を推薦していたことがわかった。つまりこの機能要求の欠落は、ツールによる推薦漏れではなく、被験者が該当ゴールを採択しなかったために起こったものであり、要求分析者のドメインに関する理解の差によるものであると考える。

5.6 実験結果

以上の結果により、提案手法は GOORE と比較して、ゴールを少ない労力で作成することができ、推薦項目に取りこぼしがないが、適切な項目を上位に推薦することはできない事が分かった。提案手法は、GOORE と比較して、推薦順位に課題は残るが、要求分析者に対して有用な推薦を行えた。

表 5 GOORE 実験で作成されたゴールとの機能要求数の比較

項目	柴岡 [13]	被験者 1	被験者 2
ゴール数	43	39	32
推薦採択数	10	24	21
機能要求数	15	14	15

6. 関連研究

海谷らはドメインオントロジを利用した要求文の獲得手法を提案している [3]。柴岡らはこの要求獲得法をゴール詳細化に利用して、ゴール詳細化支援手法を提案した [4]。これらの手法と我々の手法は、文単位でドメインオントロジとの対応付けを行っている点で異なっている。Stefan らは、ドメインオントロジを利用して、単語や文を数値や動作などの種類に分類し、boilerplate template と呼ばれる、変数を持つ要求文のテンプレートの変数の値を推薦する手法を提案した [14]。この手法は要求文は要求分析者自身が選び、その変数部分を推薦する手法であるのに対して、我々の手法は文自体を推薦する点で異なっている。また、長谷川らは、テキストマイニング技術を用いて、ドメインオントロジを自動生成する手法を提案している [15]。手でドメインオントロジを構築することは困難であるため、CFDO を自動で生成する手法を考えることが必要である。

7. おわりに

本論文では、既存のドメイン知識を使用したゴール詳細化支援手法である GOORE [4] の問題点を 2 点挙げた。そして、それらの問題点の原因が単語間の関係を考慮していないことであることを指摘し、解決するためにドメインオントロジを拡張した。また GOORE と比較してより適切な推薦を行っている事を示すために評価実験を行った。実験の結果、GOORE と比較して少ない労力でゴールを作成する事ができるような推薦が行えており、GOORE によって推薦される項目で提案手法で推薦できない項目がないことがわかった。一方で適切な項目を上位に推薦するためには手法の改善が必要であることがわかった。これより、提案手法は文意を考慮した、要求分析者が少ない労力でゴールを作成することができる推薦を行うことができると結論した。

今後の課題として、一つの提示項目に対して文が不必要に多く推薦されることを防ぐことが挙げられる。また CFDO を自動生成する手法が必要である。

謝辞 本研究の一部は科学研究費補助金 JP15K00088 の支援を受けた。

参考文献

- [1] 大西 淳, 郷健太郎: 要求工学—プロセスと環境トラック (ソフトウェアテクノロジー), 共立出版 (2002).
- [2] Van Lamsweerde, A.: Goal-Oriented Requirements Engineering: A Guided Tour, *Proc. 5th IEEE International Symposium on Requirements Engineering (RE'01)*, pp. 249–262 (2001).
- [3] Kaiya, H. and Saeki, M.: Ontology based requirements analysis: lightweight semantic processing approach, *5th IEEE International Conference on Quality Software, 2005.(QSIC 2005)*, IEEE, pp. 223–230 (2005).
- [4] 柴岡雅之, 佐伯元司: ドメインオントロジを用いたゴール指向要求分析支援, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 106, No. 618, pp. 13–16 (2007).
- [5] Shibaoka, M., Kaiya, H. and Saeki, M.: GOORE: Goal-oriented and ontology driven requirements elicitation method, *Advances in Conceptual Modeling Foundations and Applications (ER workshops)*, Springer, pp. 225–234 (2007).
- [6] 河原大輔, 黒橋禎夫: 格フレーム辞書の漸次的自動構築, 自然言語処理, Vol. 12, No. 2, pp. 109–131 (2005).
- [7] 根岸 由, 林 晋平, 佐伯元司: 法律に適合した要求獲得のためのゴールモデル作成支援, 情報処理学会研究報告, No. 22, pp. 1–8 (2016).
- [8] Nakamura, R., Negishi, Y., Hayashi, S. and Saeki, M.: Terminology matching of requirements specification documents and regulations for compliance checking, *Proc. IEEE 8th International Workshop on Requirements Engineering and Law (RELAW 2015)*, IEEE, pp. 10–18 (2015).
- [9] 中村遼太郎, 林 晋平, 佐伯元司: ユースケース記述の検査のための自然言語要求文の解析, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 113, No. 489, pp. 25–30 (2014).
- [10] Saeki, M., Hayashi, S. and Kaiya, H.: A tool for

- attributed goal-oriented requirements analysis, *24th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE 2009)*, IEEE, pp. 674–676 (2009).
- [11] NICT: EDR 電子化辞書, https://www2.nict.go.jp/out-promotion/techtransfer/EDR/J_index.html.
- [12] Neo Technology: Neo4j, <https://neo4j.com/>.
- [13] 柴岡雅之: オントロジに基づくゴール指向要求分析支援の研究, 東京工業大学大学院情報理工学研究科 修士論文 (2006).
- [14] Farfeleder, S., Moser, T., Krall, A., Stålhane, T., Omoronyia, I. and Zojer, H.: Ontology-driven guidance for requirements elicitation, *Extended Semantic Web Conference*, Springer, pp. 212–226 (2011).
- [15] 長谷川亮, 北村元博, 海谷治彦, 佐伯元司: 要求分析のためのドメインオントロジ構築支援, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 107, No. 176, pp. 53–58 (2007).