

要求獲得のためのシソーラス構築支援

加藤 潤三¹ 佐伯 元司² 大西 淳³ 海谷 治彦⁴ 林 晋平² 山本 修一郎⁵

受付日 2015年8月19日, 採録日 2016年4月5日

概要: 要求獲得で用いるシソーラスの構築手法とその支援ツールを提案する. 本論文で述べる手法は, (1) 要求分析者が技術文書からシソーラスに登録すべき機能の候補を抽出し, (2) ドメインエキスパートが候補を吟味することで, これらの候補からシソーラスに登録する機能と機能に付随する非機能要素を決定するという2段階からなる. ツールが支援するのは(1)である. 本手法は, 技術文書から①機能を正しく抽出できる, ②機能を漏れなく抽出できる, という特徴を満たす必要がある. 事例研究において本手法を適用したところ, 本手法がこれらの特徴を満たし, 有用であることを確認した.

キーワード: 要求獲得, シソーラス, 要求獲得のためのドメイン知識, 日本語の要求仕様

Supporting Construction of a Thesaurus for Requirements Elicitation

JUNZO KATO¹ MOTOSHI SAEKI² ATSUSHI OHNISHI³ HARUHIKO KAIYA⁴ SHINPEI HAYASHI²
SHUICHIRO YAMAMOTO⁵

Received: August 19, 2015, Accepted: April 5, 2016

Abstract: We propose a method of developing a thesaurus for requirements elicitation and its supporting tool. This proposed method consists of two parts - (1) elicitation of candidates of functional requirements to be registered in the thesaurus from technical documents and (2) registration of functional requirements with associated non-functional factors in the thesaurus from these candidates under the direction of domain experts. Our tool supports the first part. This method should satisfy the following two characteristics - (a) extracted functions are correct and (b) any analyst can extract all indispensable functions from technical documents. We show the above two characteristics through case studies and confirm the usability and effectiveness of the proposed method.

Keywords: requirements elicitation, thesaurus, domain knowledge for requirements elicitation, Japanese requirements specification

1. はじめに

要求分析者がソフトウェア要求を獲得する場合, ドメイン知識が必須となる [1]. 一般にドメイン知識は (a) 問題領

域の知識と (b) コンピュータシステムの実現技術や環境に関する知識であるが, 本論文では (a) の意味で用いる. 問題領域の知識の不足によって, 顧客の期待する要求が要求仕様書から欠落していることがある. この要求の欠落を防ぐことは, ソフトウェア開発における要求獲得の課題の1つである.

THEOREE は要求の欠落を減らすためにドメイン知識を体系化したシソーラスを用いて要求を獲得する手法であり, ドメイン知識を持たない要求分析者が THEOREE を使うことで良い成果をあげている [1]. このような手法を用いる場合, いかにシソーラスを構築するかが問題である. この研究 (先行研究) においても, ドメインエキスパートがシソーラスを作成する評価実験を行ったが, その際にシ

¹ 独立コンサルタント
Independent Consultant, Ichikawa, Chiba 272-0831, Japan
² 東京工業大学
Tokyo Institute of Technology, Meguro, Tokyo 152-8552, Japan
³ 立命館大学
Ritsumeikan University, Kusatsu, Shiga 525-8577, Japan
⁴ 神奈川大学
Kanagawa University, Hiratsuka, Kanagawa 259-1293, Japan
⁵ 名古屋大学
Nagoya University, Nagoya, Aichi 464-8601, Japan

ソース作成を支援するツールが必要であるという知見が得られている。ドメインエキスパートの知識はソースの構築に欠かせないため、ドメインエキスパート自身がソースを構築することが望ましい。しかし、ドメインエキスパートに多大な作業を要求することは現実的でない。よって、この構築の際の労力を削減することが課題となる。この課題への1つの解は、ドメインエキスパートの負荷を減らすためのソース構築手順を提供することである。具体的には、要求分析者がドメインエキスパートの代わりにソースに登録すべき知識を収集し、収集した知識をドメインエキスパートが体系化すれば、ドメインエキスパートの負荷を減らすことができる。しかし、要求分析者は必ずしもドメイン知識を豊富に持っているとは限らないため、登録すべき知識の収集の支援が必要である。本論文では、要求分析者とドメインエキスパートが共同で行うソース構築手法とその支援ツールを提案する。

本論文で述べるソースの構築手法は、以下の2段階から構成される。

- (1) 要求分析者がソースの構成要素を技術文書から抽出する。
- (2) ドメインエキスパートが(1)の構成要素を検討したうえで選別し、ドメイン知識として構造化し、ソースに登録する。

本手法を用いれば、ドメインエキスパートがソースの構築をすべて行うのではなく、要求分析者もソースの構築の作業の一部を担うことができる。本論文では、手法(1)とその支援ツールをソース構築支援とし、その

有用性を述べる。

以降、2章でTHEOREEの概要を説明し、3章でソースの構築手法、4章でツールの支援内容を説明する。5章で構築手法の有用性を確かめるための事例研究とその分析結果を述べ、6章で分析結果を議論し、本手法と関連する研究を7章で、まとめを8章で述べる。

2. 要求獲得法 THEOREE

THEOREEの概要を図1の右側に、提案手法を左側に示す。顧客は初期要求リストを用意する。初期要求リストとは、顧客から分析者に最初に渡される要求である。リスト中に要求として記述されている内容(以降、初期要求という)は、抽象度の高いものから詳細なものまでその粒度は不揃いであり、整理されているとは限らない。

分析者は、あらかじめ用意されたソースからキーワードを選び、それを参照しながら顧客へのインタビュー

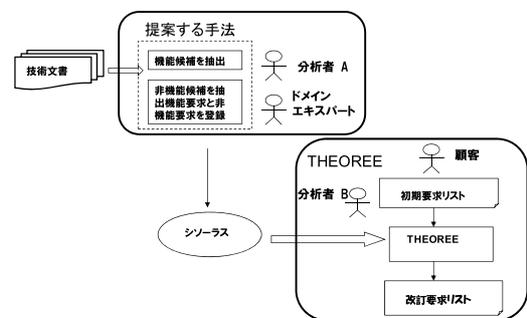


図1 提案手法とTHEOREE

Fig. 1 Proposed method and THEOREE.

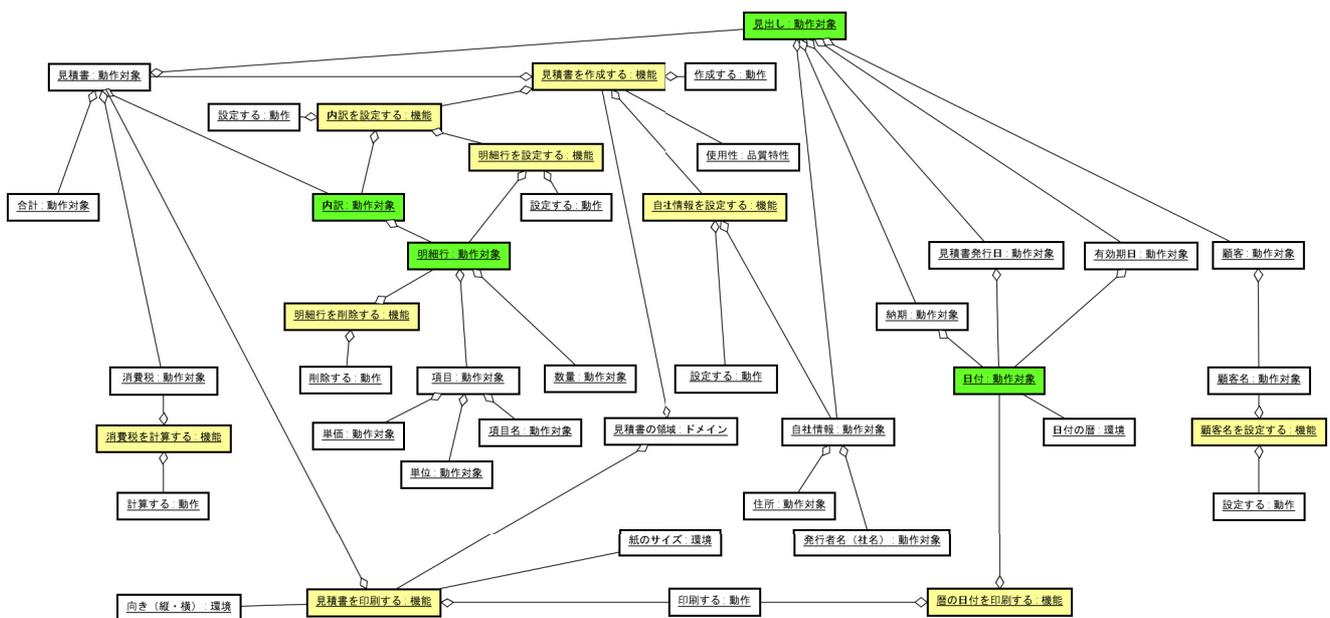


図2 5章の実験で使用した技術文書のみからドメインエキスパートが最終的に登録したソース

Fig. 2 Thesaurus registered by a domain expert using the technical document in Section 5.

等により、初期要求を分析する。

シソーラスには選んだキーワードの下位の機能や動作対象を表すキーワードが含まれており、それらが初期要求リストに明記されていない場合はシソーラスにある下位の機能や動作対象を初期要求リストに追加し、より詳細な要求に変換していく。このように、分析者が初期要求を詳細化し、顧客の確認を得た要求文を追加し、要求リストを改訂する。図1で示したシソーラスを本提案手法で構築する。なお、本手法の分析者AとTHEOREEの分析者Bは同一である必要はない。

THEOREEのシソーラスは、機能を動作と動作対象の対で表現し、機能間と動作対象間の階層関係を表現している。

階層関係には、機能間の詳細化関係、動作対象間の詳細化関係と継承関係がある。図2は5章の事例研究でドメインエキスパートが最終的に登録したシソーラスである。

機能には品質と環境の制約、動作対象には環境制約を関係づけ、機能は「動作」と「動作対象」から構成される。たとえば、図2の左下にある「見積書を印刷する」機能は「印刷する」という動作と「見積書」という動作対象から構成される。この機能に「紙のサイズ」と「向き(縦・横)」の環境制約が関係づけられていることも示している。

図中の機能間の詳細化関係、動作対象間の詳細化関係は片端がひし形の線で表されており、たとえば動作対象「項目」は、「項目名」、「単位」、「単価」といった動作対象に詳細化されている。この例では動作対象間に継承関係はなく、図中には出現していない。

3. シソーラスの構築手法

本章では提案するシソーラスの構築手法について述べる。まず3.1節で提案手法の概要を、3.2節以降で詳細について述べる。

3.1 概要

要求分析者が技術文書からシソーラスの機能に関する構成要素を抽出し、それをもとにドメインエキスパートが構成要素を登録することによって、シソーラスを構築する。

本手法は日本語で書かれた技術文書を入力とする。技術文書は、仕様書等に限らず、ユーザマニュアルや操作マニュアル等も利用可能とする。これは、既存の仕様書からシソーラスを構築することができれば効率は良いものの、対象ドメインの仕様書が公開されているとは限らないからである。本手法は技術文書からシソーラス構成要素を抽出し、それらをシソーラスに登録するという2段階の手順から構成される。なお、本手法で構築されるシソーラスの質は、入力する技術文書の質に依存する。

シソーラスの構成要素の抽出においては、以下の条件を満たす必要がある。

(条件1) ドメインに特有で要求分析に有用な構成要素が正しく抽出されていること。

(条件2) 抽出した構成要素に漏れがないこと。

5章の事例研究では、本手法で抽出した構成要素が上記の条件を満たすかどうかを評価する。

本手法の概要を表1と図3とで示す。表1は手順を名

表1 シソーラス作成手順の入力/出力

Table 1 Input/Output of each step of the procedure of making a thesaurus.

手順ID	手順名	作業名	ツールのシート名	手順への入力	手順からの出力
手順1	単文化、単文化した文書の形態素解析と係り受け解析	T1-1: 複文または重文の単文化		技術文書	機能候補単文一覧表 非機能要素候補文一覧表
		T1-2: 計算機による形態素および係り受け解析	S1-2 機能候補単文一覧表		
手順2	単文で表現した機能の取捨選択	T2-1: シソーラスに登録すべきでない単文の削除	S2-1 機能候補単文一覧表	機能候補単文一覧表	機能候補一覧表
		T2-2: 動作と動作対象の組を決定し機能を表現	S2-2 機能候補一覧表		
手順3	用語の統一	T3-1: 機能を述べている単文の用語の統一	S3-1 別名一覧表	機能候補一覧表	機能候補一覧表(*) 別名一覧表
		T3-2: 機能の確認と重複した機能の削除	S3-2 機能候補一覧表		
手順4	非機能要素の追加	T4-1: 非機能要素の抽出		非機能要素候補文一覧表 機能候補一覧表 別名一覧表	非機能要素一覧表
		T4-2: 非機能要素を機能または動作対象との関係付け			
手順5	用語間の関係の見直しと再構成	T5-1: 動作対象間の関係の決定		機能候補一覧表 別名一覧表 非機能要素一覧表	機能(動作と動作対象)一覧表 機能間の関係(詳細化関係)一覧表 動作対象間の関係(詳細化関係と継承)一覧表 非機能要素一覧表(*)
		T5-2: 機能(動作と動作対象)間の関係の決定			
		T5-3: 機能(動作と動作対象)の追加・削除			
手順6	シソーラスへの登録	T6-1: 登録		手順5の出力	シソーラス

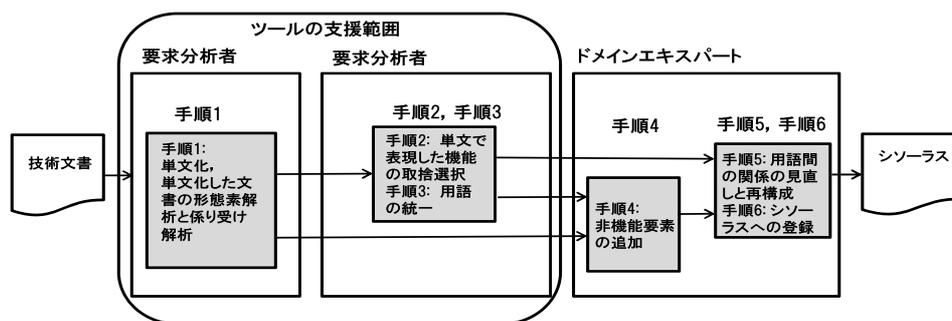


図3 シソーラス作成手順と担当者

Fig. 3 Procedure of making a thesaurus.

前と識別のための ID (手順 1~6) で示し、手順を構成する作業および手順ごとの入力と出力を表している。以降、手順の特定には手順 ID を用いる。前段の手順での出力は、後段の手順の入力として使用される。「手順からの出力」欄の表で (*) が付いているものは、その手順で変更される可能性があるものを示している。たとえば手順 2 で作成した機能候補一覧表は手順 3 の入力であり、手順 3 でその内容が変更される可能性があるため、出力では機能候補一覧表 (*) と記載している。なお、表には後述するツールにおける実装箇所のシート名も参考のため示している。

図 3 で示すように、手順 1 から手順 3 までを要求分析者が担当し、手順 4 から手順 6 をドメインエキスパートが担当する。ドメインエキスパートは、手順 1 と手順 3 の出力から、シソーラスに登録する機能と非機能要素を決め、機能や動作対象間で関係を見直し、機能や非機能要素を追加・削除する。

シソーラスの構築の流れは次のようになる。

- ① 動詞に着目し動作を、名詞に着目し動作対象を識別し、これらから機能 (動作および動作対象) を抽出する (手順 1, 2, 3)。
- ② 非機能要素である品質制約と環境制約は関連する機能を明らかにしてから抽出する (手順 4)。
- ③ 抽出した機能と非機能要素の関係付けを行い、機能を構造化してから、これらをシソーラスに登録する (手順 5, 6)。

本論文で述べるシソーラス構築支援のための手法のうち、上記①をツールが支援する。

要求分析者は「技術文書」から「動作」と「動作対象」を抽出する。また、ドメインエキスパートは抽出された「動作」と「動作対象」を精査し、シソーラスに登録する。したがって、要求分析者は技術文書からの抽出のスキルを、ドメインエキスパートは抽出結果を精査し登録するスキルを持っていればよく、本手法は特定のビジネス形態には依存せず、多様なビジネス形態に対応できると考える。

3.2 手順 1：単文化、単文化した文書の形態素解析と係り受け解析

手順 1 は、表 1 に示すように 2 つの作業 T1-1 と T1-2 からなる。入手可能な技術文書から、機能候補単文一覧表と非機能要素候補単文一覧表を出力する。

T1-1：複文または重文の単文化。 計算機で処理する前に要求分析者は技術文書に複文または重文があればそれを複数の単文に置き換える。シソーラスでは機能を動作 1 個と動作対象を 1 個以上の組合せで表現し、詳細化関係以外の機能間の関係は表現しない。たとえば、「～の後で、—する」という時間的な前後関係はシソーラスにはない。

T1-2：計算機による形態素および係り受け解析。 語彙解析プログラムで技術文書のテキスト部分 (T1-1 で単文に

表 2 非機能要素候補の一覧

Table 2 Candidates of non-functional requirements.

定義	例
形容詞や副詞, 形容動詞	早い, すばやくなど
制限や人の動作を示す語	以上, 以下, 未満, 限る, 限定, 満たす, 留意, 復帰, 準拠, ガイドライン, コンプライアンス, 従う, 実現, 説明, 有効, 信頼, 学習, 定義, 理解 など
単位などを示す語	年, 月, 日, 時間, 時, 分, 秒, 年間, 月間, 秒間, メモリ, バイト, 個, A4, B5 など
～性で終わる語	信頼性, 効率性, 信頼性 など
環境を示す語	ハードウェアやオペレーティングシステム, ミドルウェア など

表 3 シソーラスに登録すべきでない単文の特徴

Table 3 Characteristics of simple sentences that should not be registered to the thesaurus.

特徴番号	特徴
①	製品への問合せを述べている
②	製品の実行環境を述べている
③	予め導入設置すべき他の製品を述べている
④	実装に依存した機能や製品の実行環境が持つ機能を述べている
⑤	動作対象の状態を述べている
⑥	ドメインとは無関係なことを述べている
⑦	目的格があいまい (もしくは欠落)

修正したもの) を語彙解析した結果から、機能候補単文一覧表として動詞と名詞の対を出力し、非機能要素候補単文一覧表として表 2 で示す非機能要素候補となる語を含んでいる単文を出力する。機能候補単文には計算機で判定した目的格の有無も出力している。

3.3 手順 2：単文で表現した機能の取捨選択

機能候補単文一覧表には、シソーラスに登録すべき機能を表現している単文とそうでない単文が混在している。表 3 で示すシソーラスに登録すべきでない単文を機能候補単文一覧表から除外する。機能候補単文一覧表から除外されずに残った単文の動詞を動作、名詞を動作対象として機能候補一覧表を作成する。

T2-1：シソーラスに登録すべきでない単文の削除。 表 3 に示すシソーラスに登録すべきでない単文の特徴①~⑦のいずれかを持つ単文かどうかを判断し、機能候補から除外する。

T2-2：動作と動作対象を決定し機能を表現。 T2-1 の出力である機能候補単文一覧表から、動詞に付加された受身や否定の情報と名詞に付加された助詞の情報を削除し、残った動詞を動作、名詞を動作対象として手順 2 の出力である機能候補一覧表を作成する。

3.4 手順 3：用語の統一

この手順の目的は、技術文章中に出現している同義語を 1 つの語 (以降、代表名と呼ぶ) に統一することである。手順 2 の出力である機能候補単文一覧表中の動作もしくは動作対象の中で同義と判断したものがあれば、そのうちの 1 つを代表名とし、別名一覧表に登録する。以降で、表にはまだ登録されていない新しい同義語が出現するたびにこれらを代表名と対応させ、表に登録していく。すべての同義語に代表名を対応させたのが、手順 3 で作成される別名一覧表

である。手順 2 の出力である機能候補一覧表の用語を代表名に変換し、機能候補一覧表を更新する。同時に機能候補一覧表中の重複を排除する。すなわち、機能候補一覧表の中に同じ機能を示す単文が複数あれば 1 個を残し、ほかは除外する。以上の作業を行った結果が、手順 3 の出力の機能候補一覧表である。

T3-1：機能を述べている単文の用語の統一。 同じ機能を述べている単文中に出現する動詞と動作対象を表す用語を統一する。すなわち、手順 2 の出力である機能候補一覧表中の動作と動作対象の同義語を代表名に置換する。

T3-2：機能の確認と重複した機能の削除。 T3-1 において代表名で表現した機能候補一覧表から重複している機能を除き、手順 3 の出力である機能候補一覧表を更新する。

3.5 手順 4：非機能要素の追加

非機能要素候補文一覧表から非機能要素を述べている単文を選択し、単文にある非機能要素と手順 3 の出力である機能候補一覧表にある機能または動作対象とを関係付ける。

T4-1：非機能要素の抽出。 手順 1 の出力である非機能要素候補文一覧表から非機能要素を述べていると判断した文を選択する。

T4-2：非機能要素と機能との関係付け。 非機能要素を述べていると判断した単文に含まれている非機能要素と、手順 3 の出力である機能候補一覧の機能とを関係付け、その情報を非機能要素一覧表に付加する。その際には、非機能要素に応じて関係を品質制約または環境制約に分類する。たとえば、手順 1 の結果得られた非機能要素候補文に「見積書の用紙のサイズを A4 で印刷する」という文があるとき、<印刷する, 見積書>機能、すなわち文として表現すれば「見積書を印刷する：機能」と「用紙のサイズ」を環境制約として関係付ける。なお、非機能要素と関係付ける機能が手順 3 の出力である機能候補一覧表にないとき、作業 T5-3 の実施までその非機能要素は残しておく。

3.6 手順 5：用語間の関係の見直しと再構成

THEOREE [1] で使用するシソーラスでは、機能間には詳細化関係があり、動作対象間には詳細化関係と継承関係がある。手順 3 の出力の機能候補一覧表にはこれらの関係が記述されていないため、ドメインエキスパートは、手順 5 の T5-1 で動作対象間の詳細化関係と継承関係を追加し、さらに T5-2 で機能間の詳細化関係を追加する。T5-3 でドメインエキスパートは、表 4 で示すように、元の技術文書にない機能と非機能要素を追加し、不適切な機能と非機能要素を削除する。

T5-1：動作対象間の関係の決定。 入力した機能候補一覧表の動作対象に着目し、技術文書にある用語の範囲内で動作対象間の詳細化関係と継承関係を定める。

T5-2：機能（動作と動作対象）間の関係の決定。 動作対

表 4 T5-3 でドメインエキスパートが追加・削除する機能と非機能要素

Table 4 Functional and non-functional elements that a domain expert adds or deletes in Step T5-3.

追加	①	動作対象のみの文に動作を追加した機能
	②	動作のみの文に動作対象を追加した機能
	③	元の技術文書では明示的に述べられていない機能と非機能要素
削除		シソーラスに登録すべきでないドメインエキスパートが判断した機能と非機能要素

象間の詳細化関係をもとに、機能間の詳細化関係を定める。たとえば前作業 T5-1 において、動作対象「見積書：動作対象」、「内訳：動作対象」、「明細行：動作対象」について詳細化関係があることが判明したとする。このとき、これらを持っている各機能「見積書を作成する：機能」、「内訳を設定する：機能」、「明細行を設定する：機能」についても詳細化関係があるかを検討し、決定する。最終結果の図 2 には、これらの詳細化関係がすべて追加されている。

T5-3：用語および用語間の関係の追加・削除。 ドメインエキスパートは、T5-2 の出力に表 4 の①、②で示すような機能があれば機能要素一覧表に、表 4 の③で示すような非機能要素があれば非機能要素一覧表に追加する。また、シソーラスに登録すべきでないと判断した機能と非機能要素があれば削除する。②では、元の文に動作対象のない動作があり、それが必要な動作であれば動作対象を追加する。また③では、元の文に非機能要素だけがあるとき、それが必要な非機能要素であれば、それに対応する機能を追加する。いずれにおいても、それらが必要でなければ削除する。

3.7 手順 6：シソーラスへの登録

T6-1：登録。 ドメインエキスパートが最終的なシソーラスの構造を確認したうえで、追加すべき要素を登録する。

4. 支援ツール

ツールでは、手順 1, 2, 3 を支援する。手順 4, 手順 5, 手順 6 の支援は今後の課題として残した。手順ごとに次にあげる支援機能を提供する。支援ツールには、手順 1 の形態素解析と係り受け解析の可能な限りの自動化に加えて、以下に示すような要件が求められる。

要件 1. 単語の取捨選択や統一の操作を可視的に分かりやすく行えること

要件 2. 表 2, 3, 5 に基づいたガイドラインが適用できること

要件 3. 後戻りがあるため、操作前の状態に簡単に戻せること、どのような理由で取捨選択したか、統一したかの履歴を残しておき、それが参照できること

要件 4. 同義語の判定のために、候補となっている動作、動作対象でソートできること

要件 5. 取捨選択、統一のために前後の文脈を考慮しなければならないこともあるため、原文や抽出した文の前後が

任意に参照できること

要件1を達成するために、表形式で動作と動作対象の一覧を表示し、そのうえでの取捨選択操作がマウスで直接操作できるように、Excelでの操作として実現した。要件2のために取捨削除作業時には、手順に応じて使用するガイドライン(表2, 3, 5参照)をメニューとして表示し、メニュー選択操作で活用できるようにした。要件3については、各手順で作成される機能候補一覧表等の各種の表をExcelの個々のシートとし、手順の作業を始める前にシートの内容を別シートとして保存し、いつでも作業前に戻せるようにした。そのために、除外した機能候補を格納するシートも用意し、なぜ除外したかの理由として除外に使用したガイドラインも参照できるようにした。同義語の統一についても、別名一覧表を別のシートとして用意した。要件4については、動作と動作対象の対で同義であるかどうかを判定するため、各々でソートできるようにすることが必要である。要件5のために、文番号をキーとして入力文書の文を別ウィンドウで表示できるようにした。

4.1 手順1の支援

テキスト形式の技術文書を日本語の語彙解析ソフトウェアであるCabocha[2]に入力し、Cabochaの出力から機能候補単文一覧表と非機能要素候補単文一覧表を作成する。機能候補単文一覧表の作成処理では係り受け解析結果に対して、単文化と手順2以降の作業を支援するために以下のような処理も行っている。これらの処理はJavaで実装した。

- (1) 目的格名詞の抽出：機能候補単文一覧表の欄に、目的格がある場合は目的格の名詞を、目的格がない単文には「目的格なし」を出力する。ここで目的格は『名詞+格助詞「を」』における名詞を示す。
- (2) サ変動詞の処理：「～+名詞-サ変接続+を行う」または「～+名詞-サ変接続+をする」を「～+名詞-サ変接続+する」に変換し、動作欄に「名詞-サ変接続+する」を出力する。たとえば、「見積書の印刷を行う」は、「見積書」+「印刷する」に変換する。
- (3) 単文でない場合の警告：作業T1-1で分析者が正しく単文化を行わなかった場合に備え、単文となっていない文を検出した場合は警告を出力する。

4.2 手順2の支援

機能候補単文一覧表の単文から除外する単文を選択し、除外する作業を支援する。マイクロソフトExcelのマクロで実装した。

- (1) 除外対象候補の抽出：ツールは「用語チェック」操作の実行によって除外対象候補文を抽出する。
- (2) 除外対象の削除：利用者が選択した除外対象文を削除する。ここで削除は、完全な削除ではなく、保管場所として用意された別のシートへの移動として実装され

表5 除外理由と対応する特徴番号

Table 5 Reasons for excluding sentences.

除外理由	特徴
人の動作に含まれる質問	①
実行環境	②
製品名	③
予め導入設置すべき他の製品	③
実行環境や他の製品の用語	④
状態	⑤
状態遷移	⑤
存在文	⑤
人の動作	⑥
不完全な要求となる機能文(動作対象)	⑦

ているため、要求分析者はいつでも除外した文を復元することができる。

- (3) 前後文の参照：要求分析者が除外の可否を判断するための参考情報として、技術文書中で対象文とその前後の文を参照できる。
- (4) 除外理由の付与：後段でドメインエキスパートが精査できるよう、除外のための理由を付与する。除外理由は表5の項目のいずれかであり、利用者が選択する。なお、表5の特徴欄の番号は、表3で示した単文の特徴のどれに対応するかを番号で示している。

以下にツールを使った手順2を図4, 図5を用いて説明する。作業対象シートはS2-1機能候補単文一覧表(表1のツールのシート名参照)である。

まず除外対象候補の選択では、ツールがシートS2-1に手順1の解析結果を出力しており、このシートには単文(文番号で表されている)ごとに抽出した動詞(図中の表では動作欄で示されている)、名詞(動作対象欄)が記入されている。図4の右側の制御パネルには、このシートに適用できる操作がメニューとして表示されている。ここでは、「用語チェック」操作を実行した結果、つまりツールが除外対象と判断した文のフラグをFXに変更した結果が示されている。たとえば、文番号2の動作「使う」は、動作対象「ソフト」を持っているため、実行環境に関する文と判断され、フラグFXに書き換えられた。なお、図4のツールによって抽出された除外対象だけでなく、要求分析者が独自に除外対象を選択することもできる。

図5のツール画面で、要求分析者は除外したい単文のフラグ欄(初期値はFが入っている)をFXに変更する。この例では、文番号3の動作「読む」を除外しようとしている。図中の「元の文の検索」ダイアログに文番号3の元の文が表示されている。こうして得た候補に対して、その除外理由を「除外操作」ダイアログの「除外理由」メニューから選択する。この例では表5の「動詞：人の動作」を選択している。最後に、図5の「除外操作」ダイアログで、「除外操作終了」ボタンを押すことによって、FXのフラグのついた単文がシートより削除される。

上記の操作をS2-1シートを例に説明したが、S2-2機能候補単文一覧表シートでも同じ操作ができるようになっている。このS2-2シート上では、単文の除外以外に、用語から



図 4 S2-1 機能候補単文一覧表のシートによる用語チェック

Fig. 4 Word checking using S2-1.



図 5 S2-1 機能候補単文一覧表のシートでの除外対象の選択

Fig. 5 Selecting simple sentences to be excluded using S2-1.

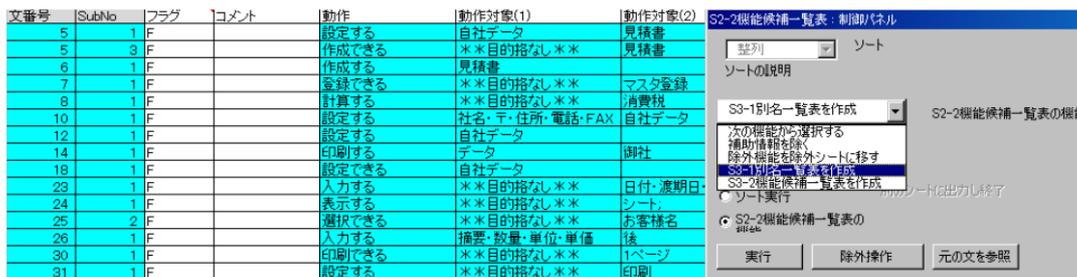


図 6 S2-2 機能候補一覧表

Fig. 6 Obtaining a list of functions S2-2.

補助情報（助詞の種類，否定表現，受動態表現）を削除できる．この作業を行った結果の S2-2 が手順 2 の出力である機能候補一覧表になる．S2-2 の例を図 6 に示す．

4.3 手順 3 の支援

動作と動作対象の用語を統一するために，次にあげる支援機能を提供する．手順 2 の支援機能と同様にマイクロソフト Excel のマクロで実装した．

- (1) 別名一覧表の作成：手順 2 の出力である S2-2 機能候補一覧表シートから S3-1 別名一覧表シートを作成する．
- (2) 代表名による置換：S3-1 別名一覧表シートを使って S2-2 機能候補一覧表シート中の動作と動作対象を代表名に変換し，S3-2 機能候補一覧表シートを作成する．
- (3) 置換後の重複機能の削除：用語統一後，動作と動作対象が同じ機能候補を重複している機能と見なし，S3-2 機能候補一覧表シートから削除する．

支援例を図 6，図 7，図 8 を用いて説明する．まず，図 6 の制御パネルの「別名一覧表を作成」を選択し，実行する

と，図 7 に示す S3-1 別名一覧表が生成される．「同義語」の欄には S2-2 機能候補一覧表シート中の動作と動作対象の用語が格納され，代表名の初期値には同じ用語が使われる．分析者は，同義語の例を見ながら代表名を定めていく．たとえば，図 7 の下から 2 行目では，同義語：「自社データ」の代表名を「自社情報」としている．

次に，置換を行う．図 7 の代表名：「自社情報」を用いることにより，図 6 の文番号 12 の動作対象 (1)：「自社データ」は図 8 のように動作対象 (1)：「自社情報」に変換される．変換は，図 7 の制御パネルの「代表名に変換し，結果を S3-2 機能候補一覧に格納」にチェックを入れてから実行することによって自動的に行われる．同様に，文番号 18 の動作：「設定できる」は動作：「設定する」に変換される．

最後に，重複機能の削除を行う．図 8 の例では，前述の操作により，図 6 の文番号 12，18 はともに「自社情報を設定する」となるため，文番号 12 を残し，文番号 18 を重複機能として削除している．これが手順 3 の出力である機能候補一覧表になる．

5. 事例研究

5.1 事例研究の目的・体制

要求分析者が技術文書から本手法とその支援ツールを応用してシソーラスに登録すべき機能を取捨選択した結果を分析し、本手法とその支援ツールの有用性を確かめる。

要求分析者がドメインエキスパートの代わりにシソーラスに登録すべき知識を収集し、収集した知識をドメインエキスパートが体系化すれば、ドメインエキスパートの負荷を減らすことができる。要求分析者が手順1-3を行い、その結果をドメインエキスパートが引き継いで手順4-6を行うことによって、シソーラスの質を低下させることなく、ドメインエキスパートの作業負荷を低減させられることを示す。

要求分析者の役割を担う事例研究の参加者は、学部の情報工学科で要求工学を学んだ、学生と社会人の計3名(I, J, Kとする)である。著者らが要求分析者の作成した手順3の出力を分析、評価した。実施時間は特に指定せず、参加者が要した作業時間(分単位)を報告させた。シソーラスの構成要素となる機能の抽出で使う技術文書にはインターネットで公開されている見積書作成支援ソフトウェアの操作マニュアル(以下、単に技術文書と呼ぶ)を使用した。事例研究で見積書作成支援ソフトウェアを選択したのは、THEOREE [1] で使ったシソーラスと比較するためである。すなわち、ドメインは見積書作成、ドメインエキスパートは事務処理システムやネットワーク管理システム等の見積書作成管理の処理を30年以上担当している技術者である。

ドメインエキスパートがあらかじめ用意した正解と参加者が抽出した機能の要素が合致しているかどうかで判断した。なお正解 D は、ドメインエキスパートが技術文書から提案手法により抽出しシソーラスに登録した機能の集合 A と、論文 [1] のシソーラスに登録された機能群から事例研究で使用した技術文書と関連する機能を抽出した機能集合 B との和 $D = A \cup B$ とした。ただし、 A と B の要素を精査したところ、これらは等しかった。このことは、正解集合 D が、THEOREE で使用されたシソーラスに含まれる機能のうち技術文書にも含まれている機能の集合であり、THEOREE で使用されたシソーラス中の機能の部分集合であったということになる。

5.2 事例研究の範囲と前提、分析の観点

(1) 範囲

手順3の出力を評価することにより、本手法とツールを評価する。

(2) 前提

- 参加者全員が、シソーラスの作成手順書をあらかじめ読んでいること

- 手順書についての不明点は手順書の作成者に問い合わせ解消していること
- 支援ツールの操作マニュアルをあらかじめ読み、練習用の課題を使い使用方法について理解し、慣れていること

(3) 結果の分析の観点

評価者は、参加者の手順3の出力を次の4つの観点から分析した。なお、手順3の出力は技術文書に記載されている機能のみを抽出しておりそれ以外は含んでいない。

(観点1) シソーラスの構成要素を正しく抽出していること
「シソーラスの構成要素を正しく抽出していること」は「抽出した機能が正解の機能集合の構成要素であること」とする。

観点1では正答率を測りその結果を分析する、ここでの正答率を次のように定義する。

定義 正答率

ドメインエキスパートがあらかじめ用意した正解の機能集合を D 、事例研究参加者が抽出した機能の集合を Ax (ここで x は I, J, K のいずれかとする) とする。

$$\text{正答率} = |Ax \cap D| / |Ax|$$

この正答率が高いほど、シソーラスの構成要素を正しく抽出していることを意味している。

(観点2) 技術文書からシソーラスの構成要素を漏れなく抽出していること

「技術文書からシソーラスの構成要素を漏れなく抽出していること」は「参加者が抽出した機能は、機能の正解集合 D を完全に含んでいる」とする。次に網羅率の定義を示す。

定義 網羅率

$$\text{網羅率} = |Ax \cap D| / |D|$$

網羅率が高いほどシソーラスに登録すべき機能を漏れなく抽出していることを意味している。

(観点3) 抽出結果に要求分析者の個人差がないこと

評価者は、参加者が正しく抽出したシソーラスの構成要素を参加者間で比較し参加者の個人差を分析した。分析結果を参加者が抽出した「共通要素数の比率」で示す。

定義 共通要素数の比率

事例研究参加者 x, y が抽出した機能集合 Ax, Ay のうち、正しいシソーラスの構成要素の集合をそれぞれ: $Fx = Ax \cap D, Fy = Ay \cap D$ とする。

ここで x, y は I, J, K のいずれかで、 $x \neq y$ とする。

$$\text{共通要素数の比率} = |Fx \cap Fy| / |Fx \cup Fy|$$

x と y の共通要素数の比率が高いほど抽出した正しい機能に個人差が少ないことを意味している。

(観点4) ドメインエキスパートの負荷が減っていること

「ドメインエキスパートの負荷が減っていること」は、「要求分析者との作業分担によってドメインエキスパートの作業時間が減り、かつ作業分担による効率低下を招かな

いこと」と解釈する。作業時間の削減は、作業分担の有無にともなう、ドメインエキスパートの作業時間を比較して調べる。効率低下を招かないことについては、「作業分担を行った際のドメインエキスパートの作業時間が、作業分担を行わなかった場合の同手順の作業時間に比べ著しく増えないこと」と解釈する。

用いた正解集合 D は、実際に THEOREE で事例として用いたシソーラスから構成されている。そのため、すでに述べた評価の観点を満たすことができれば、入力とした技術文書に含まれていた語彙の範囲においては、得られたシソーラスが THEOREE によって利用可能であることを示している。

5.3 事例研究の手順

(1) 実施前

事例研究を実施する前に以下を評価者が行った。

- ① 参加者へのシソーラスの作成手順書の配布，不明点についての問合せへの回答
- ② 参加者への本手法の支援ツールと操作マニュアルの配布，ツール操作の不明点についての問合せへの回答
- ③ 事例研究で使う技術文書を入力とする手順 1

(2) 実施

事例研究の実施時に、事例研究で使う手順 1 の出力を登録した支援ツールを配布し、参加者は手順 2 から手順 3 を手順書と支援ツールの操作マニュアルに沿って実施した。なお、参加者は互いに独立に実施し、事例研究についての情報交換はないようにした。

(3) 実施終了時

参加者は手順 2~3 の作業結果を保存している支援ツールと要した作業時間、ツールに対する感想や意見を提出した。

5.4 事例研究の結果

ドメインエキスパートは、表 6 のシソーラスに登録する用語と事例研究で用いた技術文書に出現している用語の対応表を作成し、これを使い、参加者 I, J, K が作成した手順 3 の出力にある用語を統一した後で重複機能を除いた。あらかじめドメインエキスパートが作成した正解集合 D を使い、評価者が参加者の結果の比較分析を行った。その結果をまとめたのが表 7 である。「機能の正解集合 D にある」の欄の「Yes」は対象機能を参加者が抽出しかつそれが正解集合 D にあることを、「No」は対象機能を参加者が抽出したがそれは機能の正解集合 D にないことを、空欄は対象機能を参加者が抽出しなかったことを示している。この正解集合 D には 9 の機能要素があり、図 2 に示すシソーラス中の機能要素（図では黄色で示されている）をすべて含んでいる。実際には提案手法により、機能要素だけでなく、それに関連するすべての構成要素も抽出している

表 6 シソーラスの用語と事例研究の用語の対応表

Table 6 Unifying vocabularies in the thesaurus and the case study.

シソーラス用語	事例研究での用語
自社情報	自社のデータ
顧客	顧客欄
見積書発行日	日付
納期	渡期日
有効期日	期限
項目名	摘要
紙のサイズ	A4
向き(縦・横)	縦
顧客の顧客名	マスターの顧客名
項目名	マスターの摘要
単位	マスターの単位
削除する	消す
見積書の暦	平成

表 7 参加者の抽出した機能と機能の正解集合との比較

Table 7 Comparing correct functions with functions extracted by each subject.

動作対象	動作	機能の正解集合 D にある		
		I	J	K
1 見積書	印刷する	Yes	Yes	Yes
2 見積書の暦の日付	印刷する	Yes	Yes	Yes
3 消費税	計算する	Yes	Yes	Yes
4 項目名・数量・単位・単価	削除する	Yes	Yes	Yes
5 見積書	作成する	Yes		Yes
6 顧客の顧客名・項目名・単位	設定する	Yes	Yes	Yes
7 自社情報	設定する	Yes	Yes	Yes
8 項目名・数量・単位・単価	設定する	Yes	Yes	Yes
9 見積書発行日・納期・有効期日	設定する	Yes	Yes	Yes
10 マスタ	使う	No		
11 確認メッセージ	出力する	No		
機能の正解集合 D と一致した個数		9	8	9

表 8 抽出した機能の正答率

Table 8 Precision.

参加者	I	J	K
選択した機能の数	11	8	9
内：正しいシソーラスの構成要素の数	9	8	9
正答率	82%	100%	100%

ことに注意されたい。なお、図中において黄緑色で示されたノードは、手順 5 でドメインエキスパートが追加した。これらは、もとの技術文書には含まれていなかった概念である。

参加者 I, J, K が作成した手順 3 の出力に対してドメインエキスパートが手順 4, 手順 5 を実施した時間を評価者が測った。測った時間には上記の用語統一と重複機能の削除に要した時間も含んでいる。

なお、抽出の誤りや漏れの原因分析では、手順 2 と手順 3 で使ったシートを用いた。

5.4.1 シソーラスの構成要素を正しく抽出していること

機能の正解集合 D と参加者 I, J, K の手順 3 の出力とを比較した結果を表 8 に示す。表の「内：正しいシソーラスの構成要素の数」は、機能の正解集合 D と参加者の抽出した機能が一致した個数を示している。正答率は、I が 82%、J が 100%、K が 100%であった。分析者 3 名のうち 2 名は正しく機能を抽出し、1 名は除外すべき機能を残していた。この不適切なシソーラスの構成要素を抽出したのは参加者 I で、2 個 (2/11) 除外すべき機能候補を残していた。この原因を 6.1 節で述べる。

表 9 抽出した機能の網羅率

Table 9 Recall.

参加者	I	J	K
機能の正解集合Dの要素数	9		
内: 正しいシソーラスの構成要素の数	9	8	9
網羅率	100%	89%	100%

表 10 抽出した機能の個人差

Table 10 Personal differences of extracted functions.

	I vs. J		I vs. K		J vs. K	
	I	J	I	K	J	K
シソーラス構成要素数	9	8	9	9	8	9
共通要素数	8		9		8	
共通要素数の比率	89%		100%		89%	

5.4.2 技術文書からシソーラスの構成要素を漏れなく抽出していること

参加者 I, J, K の抽出した機能・動作対象の対と正解集合 D を比較し、各参加者の網羅率を計算したものを表 9 に示す。たとえば、参加者 J は正解 9 個のうち、8 個しか抽出できていなかったことを表している。網羅率は I が 100%、J が 89%、K が 100% であった。参加者 3 名のうち 2 名は漏れなく機能を抽出しており、1 名は 1 個の機能の抽出漏れがあった。J の抽出漏れの原因を 6.2 節で述べる。

5.4.3 要求分析者の個人差がないこと

参加者の対で個人差を比較した結果を表 10 で示す。表 10 の「シソーラス構成要素数」の行は参加者が抽出したシソーラス構成要素の個数を、「共通要素数」の行は、2 名の参加者が共通に抽出したシソーラス構成要素の個数を示している。I vs. J, I vs. K, J vs. K の欄は、I と J, I と K, J と K の対の比較を示している。たとえば、表中の「I vs. J」列のデータは、参加者 I, J が各々正しいシソーラス構成要素を 9, 8 個抽出し、そのうちの 8 個が両者で共通に抽出されたことを表し、「共通要素数の比率」が 89%であることを表している。J の 1 個の抽出漏れが個人差となり、各々の対の「共通要素数の比率」は 89%, 100%, 89% であった。

5.4.4 ドメインエキスパートの負荷が減っていること

ドメインエキスパートが参加者の結果から手順 4, 5 を実施した時間は I, J, K の結果に対して各々 22, 21, 20 分であった。一方、ドメインエキスパートが単独で手法とツールを使い、手順 2-5 までを実施したときの時間は手順 2, 3 が 60 分で手順 4, 5 が 20 分であった。ドメインエキスパートが 60 分要した手順 2, 3 の作業を、参加者が I, J, K が終わらせた時間は各々 15 分, 50 分, 45 分とばらつきがあるが、全員 60 分以内で終了させ、8 から 9 個の正しいシソーラスの構成要素を取り出している。よって、分析者がドメインエキスパートの代わりに本手法を用いて機能候補を抽出したとしても、著しいオーバーヘッドはないと考ええる。

ドメインエキスパートが単独で行った場合の手順 2-5 に要した 80 分 (60 + 20 分) に対して、作業分担を行った場

合の、ドメインエキスパートの作業時間は 20-22 分であったことから、ドメインエキスパートの負担する時間は、60 分ほど軽減されており、ドメインエキスパートの負荷を減らす効果があった。また、作業分担を行わなかった際のドメインエキスパートの手順 4, 5 の作業時間の 20 分に比べ、ただか 2 分しか増加していないため、効率低下はなかったといえる。5.4.1 項, 5.4.2 項で述べたように手順 3 の成果がドメインエキスパートとほぼ同等であったことから、分業化が可能となり、これによりドメインエキスパートの負荷を軽減できることも示せた。

6. 議論

6.1 不適切なシソーラスの構成要素を抽出した原因

参加者 I は、<使う, 「目的格なし」>, <表示する, 確認メッセージ>を抽出したが、ドメインエキスパートはこれらを以下に示すような理由で不適切と判断した。

(1) <使う, 「目的格なし」>については、目的格がないことから、表 3 の「⑦目的格があいまい (もしくは欠落)」している機能に該当する。

(2) <表示する, 確認メッセージ>については、何の確認メッセージかが不明なため、表 3 の「⑦目的格があいまい (もしくは欠落)」に該当する。

これらは、5.4.4 項での作業時間の分析で述べたように、参加者 I の実験に要した時間 15 分が他の参加者に比較し 1/3 以下であったことから、表 3 で示すシソーラスに登録すべきでない単文の吟味が不十分であったためと考えられる。表 3 の規則について例を増やすか、支援ツールの再検討を求めるチェック機能を追加することで回避可能と考える。一方、このことは、分析者が判断を誤るような事例があり、構成要素抽出が自明な作業ではなかったことも示唆している。

6.2 抽出したシソーラスの構成要素に漏れがあった原因

機能の正解集合 D に対して、参加者 I, K が 100%、参加者 J が 89%抽出している。J が除外した機能は 1 個である。手順 2 から手順 3 までの結果の表を追跡し、J が除外した機能は<作成する, 見積書>であった。これは、見積書を一般的な名詞と判断して、表 3 の「⑦目的格があいまい (もしくは欠落)」と見なした結果である。これは、見積書の作成システムのシソーラスを作成するのが目的であることを失念していたためと考えられる。手順書にトップレベルの機能も抽出すべきであることを記載していなかったことが原因である。手順書の改訂により回避可能である。

6.3 入力である技術文書について

事例研究で用いたマニュアルは、技術文書として不適切ではなかったと判断している。我々はまず、実際に入手可能な操作マニュアルのうち基準をみたすものを複数収集し

た。基準においては、事前に定めた分量を超えるもので、またそのソフトウェアの操作に関する記述を含むものを採用した。次に、得られた操作マニュアルを実際に読み、該当ソフトを使用できるレベルであると判断したものの1つを利用している。すなわち、利用した技術文書は対象ドメインの知識を含んでいる。また、6.1節で述べたように、非ドメインエキスパートである被験者がシソーラスに追加すべきでない概念を追加すべきとして残していた。これは、本手法で提案しているガイドライン（表3）に参加者が従わなかった結果である。翻せば、例題として与えた技術文書は、誰もが正解を抽出できるようなものではなく、実験対象としてその検証目的を満たす難しさを含んでいたといえる。

提案手法が、より大きな規模の技術文書を適切に扱えるかを今後調査する必要がある。事例研究の操作マニュアルの文の数は162であり、それほど大きくはない。技術文書の文数が多くなると、特定の単語が文中で複数の意味で扱われる等、単純な代表名への置換では対処しきれないかもしれない。こういった複雑な技術文書を扱えるようにすることが今後の課題である。

7. 関連研究

ソフトウェア工学の分野でオントロジは広く利用されている [3]。たとえば、ドメインオントロジがプログラム理解に利用されている [4]。要求工学の分野でも、ドメインオントロジを利用した要求獲得技法が数多く研究されている [5], [6], [7], [8]。ドメインオントロジは要求項目の抜けや誤りを要求分析者が検出することに利用される場合がある。これらの技法では高品質なドメインオントロジが存在することが前提となっている。しかし、実際には高品質のオントロジを取得したり作成したりすることは容易ではない。それゆえ、高品質なオントロジをどのように作成するかについての研究が必要となる。

文献 [9] では、要求獲得に必要な知識を、(a) 問題領域の知識、(b) コンピュータシステムの実現技術や環境に関する知識、(c) 要求仕様書の文書化に関する知識、(d) インタビューやワークショップ等の要求獲得方法に関する知識の4通りに分類し、ドメインに特化した知識として (a) と (b) をあげている。(b) は要求分析者が持っている知識であるが、(a) はシステム適用分野の専門家への照会が必要となる。よって、本研究ではドメイン知識として (a) を扱った。

一般的なオントロジの作成を支援する研究はいくつか存在し [10], [11], [12], [13]、ほとんどは自然言語処理技術を利用している。ある技法では既存の辞書を利用し [14]、別の技法群では Web 検索 (Web Crawling) を用いる [15], [16], [17]。

Protege, OntoEdit, KAON, WebODE, TEXT-TO-ONTO 等、オントロジ作成支援ツールは数多く存在し、それらを比較検討した文献も見られる [18], [19]。これら

のツールで作成されるドメインオントロジは、一般的なので、動作と動作対象を区別してはいない。

要求獲得のためのドメインオントロジを作成するツールとして TCORE [20] が提案されている。TCORE によって、類似した問題領域に関する複数の技術文書 (マニュアルや仕様) から、オントロジを作成することが特徴である。また、同手法は特定の要求獲得技法 [7] に特化したオントロジを生成する。我々の手法も特定の要求獲得手法 [1] に特化したシソーラスを作成するものである。TCORE が想定する手法は、要求項目を細かな概念に分解して、それらの関係を分析し、拡充する方針をとっている。一方、我々の手法は、要求獲得の過程において、機能を示す要求項目を一体の要素として詳細化していく。よって、我々の研究と TCORE では、作成する知識表現への要求が異なるため、必然的にオントロジ作成手順も異なってくる。

Omoronyia らも文書からオントロジを生成する研究を行っている [21]。この研究は、TCORE [20] と同じく、要求項目を細かな概念に分解して、それらの関係を分析し、拡充する方針をとっている。TCORE との違いは、概念間の関係の型を動的に変更できる点と、空間的かつ時間的な制約を追加した点にある。よって、我々の研究とこの研究は、作成する知識表現の要求が異なるため、必然的にオントロジ作成手順も異なってくる。

Kaiya らは Web Crawling を利用したドメインオントロジの拡充法とツールを提案している [22]。この手法によって、(a) 問題領域の知識を効率的に追加することが可能となっている。この手法は、既存の知識表現 (オントロジやシソーラス) に知識を追加することを想定しており、追加対象となる知識表現は事前に準備しなければならない。一方、我々の研究は、既存の文書を知識表現 (シソーラス) に変換する研究であり、その支援ツールも含んでいるため双方の研究は利用場面が異なる。

8. おわりに

事例研究において、本手法とその支援ツールによって要求分析者が技術文書から抽出した機能候補を使えば、THEOREE のシソーラス構築におけるドメインエキスパートの負荷軽減が可能であることを示せた。さらに本手法は次の特徴があることも示せた。

- 要求分析者は正しく機能を抽出できる。
- 要求分析者が抽出した機能に漏れは少ない。
- 要求分析者が抽出した機能の個人差は少ない。

本手法は、技術文書を入力とし、これに書かれている機能等のシソーラスの構成要素を抽出する。提案手法で得られた構成要素が、提案手法だからこそ得られ、他のいかなる手法でも得られないものであることを示すことは本研究の目的ではない。もしドメインエキスパートが見落とすような構成要素が入力とする技術文書に存在すれば、それが

本手法により抽出できる。これにより、文献 [1] で述べたような、ドメインエキスパートでも見落とすような要素に対しても、それが含まれているような技術文書が存在すれば、見落としを回避できる可能性がある。

ツールに関しては、実験や予備実験等でのツールの使用者からその機能の有用性に関する感想をもらっている。たとえば、「用語チェック」操作による除外対象候補の抽出機能がある程度の精度で働き便利であった、1度削除した機能候補を再吟味する際にその理由が役に立った、表形式で表示するため目的格の有無等が一瞥でき除外等の判断がしやすかった、同義語の判断を行うためのソート操作や前後の文の確認のための原文表示機能が役に立った、等があった。

今後の課題として、手順書の改訂、見積書作成以外の分野への適用、複雑かつ大規模な文書への適用、操作マニュアル以外の技術文書での本手法の有用性の確認、手順 4, 5, 6 の支援機能のツールへの追加とその効果の確認等があげられる。

謝辞 本研究の一部は科研費 (24300011, 50160560, 15K00088, 15K00109) の助成を受けた。

参考文献

- [1] 加藤潤三, 佐伯元司, 大西 淳, 海谷治彦, 山本修一郎: シソーラスを利用した要求獲得方法 (THEOREE), 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.12, pp.3001–3017 (2009).
- [2] Cabocha/南瓜: Yet another Japanese dependency structure analyzer, available from (<http://code.google.com/p/cabocha/>).
- [3] Zhao, Y., Dong, J. and Peng, T.: Ontology classification for semantic-web-based software engineering, *IEEE Trans. Services Computing*, Vol.2, No.4, pp.303–317 (2009).
- [4] Zhou, H., Chen, F. and Yang, H.: Developing application specific ontology for program comprehension by combining domain ontology with code ontology, *QSIC*, pp.225–234 (2008).
- [5] Breitman, K. and do Prado Leite, J.C.S.: Ontology as a requirements engineering product, *RE*, pp.309–319 (2003).
- [6] Lee, S.W. and Gandhi, R.A.: Ontology-based active requirements engineering framework, *APSEC*, pp.481–490 (2005).
- [7] Kaiya, H. and Saeki, M.: Using domain ontology as domain knowledge for requirements elicitation, *RE*, pp.186–195 (2006).
- [8] Dzung, D.V. and Ohnishi, A.: Improvement of quality of software requirements with requirements ontology, *QSIC*, pp.284–289 (2009).
- [9] Kato, J., Komiya, S., Saeki, M., Ohnishi, A., Nagata, M., Yamamoto, S. and Horai, H.: A model for navigating interview processes in requirements elicitation, *APSEC*, pp.141–148 (2001).
- [10] Dong, J.S., Feng, Y., Li, Y.-F. and Sun, J.: A tools environment for developing and reasoning about ontologies, *APSEC*, pp.465–472 (2005).
- [11] Zouaq, A. and Nkambou, R.: Evaluating the generation of domain ontologies in the knowledge puzzle project, *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, Vol.21, No.11, pp.1559–1572 (2009).
- [12] Li, M. and Zang, F.: A self-feedback methodology of domain ontology modeling, *World Congress on Software Engineering*, Vol.2, pp.218–223 (2009).
- [13] Breitman, K.K. and do Prado Leite, J.C.S.: Lexicon based ontology construction, *SELMAS*, pp.19–34 (2003).
- [14] Wang, X., Chen, P., Wang, X. and Liu, P.: Research on Chinese domain ontology modeling based on automatic knowledge acquirement from multiple dictionaries, *International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling*, pp.360–366 (2009).
- [15] Luong, H.P., Gauch, S. and Wang, Q.: Ontology learning through focused crawling and information extraction, *International Conference on Knowledge and Systems Engineering*, pp.106–112 (2009).
- [16] Storey, V.C., Chiang, R.H.L. and Chen, G.L.: Ontology creation: Extraction of domain knowledge from web documents, *ER*, pp.256–269 (2005).
- [17] Nakayama, K., Hara, T. and Nishio, S.: Wikipedia mining for an association web thesaurus construction, *WISE*, pp.322–334 (2007).
- [18] Durham, J., McLauchlan, L. and Yuster, R.: Enabling a common and consistent enterprisewide terminology: An initial assessment of available tools, *Web Intelligence*, pp.544–548 (2008).
- [19] Mikroyannidis, A. and Theodoulidis, B.: Heraclitus II: A framework for ontology management and evolution, *Web Intelligence*, pp.514–521 (2006).
- [20] Kitamura, M., Hasegawa, R., Kaiya, H. and Saeki, M.: An integrated tool for supporting ontology driven requirements elicitation, *ICSOFIT (SE)*, pp.73–80 (2007).
- [21] Omoronyia, I., Sindre, G., Stalhane, T., Biffi, S., Moser, T. and Sunindyo, W.D.: A domain ontology building process for guiding requirements elicitation, *REFSQ*, pp.188–202 (2010).
- [22] Kaiya, H., Shimizu, Y., Yasui, H., Kaijiri, K. and Saeki, M.: Enhancing domain knowledge for requirements elicitation with web mining, *APSEC*, pp.3–12 (2010).
- [23] 大森洋一, 荒木啓二郎: 自然言語による仕様記述の形式モデルへの変換を利用した品質向上に向けて, 情報処理学会論文誌プログラミング (PRO), Vol.3, No.5, pp.18–28 (2010).
- [24] 大場 勝, 権藤克彦: プログラム理解を支援するコンセプトキーワードの自動抽出法 ckTF/IDF 法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.8, pp.2596–2607 (2007).
- [25] 海谷治彦, 原賢一郎, 小林亮太郎, 長田 晃, 海尻賢二: ソフトウェアが中心でない製品における既存技術を利用したソフトウェア改訂支援, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.2, pp.653–661 (2012).
- [26] 林 晋平, 関根克幸, 佐伯元司: Feature Location を用いたソフトウェア機能の対話的な実装理解支援, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.2, pp.578–589 (2012).
- [27] 末永高志, 松永 務, 関根 純, 村松正明: 単語の重要度評価基準の検討と医療関連文書への適用評価, 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM), Vol.3, No.2, pp.108–118 (2010).
- [28] 立石健二, 久寿居大: 複数の作成者情報付き文書からの専門用語抽出, 情報処理学会論文誌データベース (TOD), Vol.47, No.SIG8(TOD30), pp.24–32 (2006).
- [29] Miller, G.A.: WordNet: A Lexical Database for English, *Comm. ACM*, Vol.38, No.11, pp.39–41 (1995).
- [30] 進藤裕之, 藤野昭典, 永田昌明: 同義語情報を用いた確率的単語アライメントモデル, 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM), Vol.4, No.2, pp.13–22 (2011).

- [31] 金田重郎, 世古龍郎: 認知文法に基づくオブジェクト指向の理解, 電子情報通信学会技術研究報告, KBSE, 知能ソフトウェア工学, Vol.111, No.396, pp.61–66 (2012).
- [32] 佐伯元司, 米崎直樹, 榎本 肇: 自然言語の語彙分割に基づく形式的仕様記述, 情報処理学会論文誌, Vol.25, No.2, pp.204–215 (1984).
- [33] 大西 淳, 阿草清滋, 大野 豊: 要求定義のための要求フレーム, 情報処理学会論文誌, Vol.28, No.4, pp.367–375 (1987).



加藤 潤三

1971年岡山大学理学部物理学科卒業。同年日本ユニバック(株)入社。1992年日本ユニシス(株)退職,(株)EDSジャパン等を経て,2006年にコンサルタントとして独立。現在,アーキテクチャ設計,要求工学,品質管理,生産管理システム,セキュリティのコンサルティングに従事。IEEE Computer Society, ACM 各会員。



佐伯 元司

1983年東京工業大学博士課程修了。工学博士。現在,東京工業大学情報理工学院教授。



大西 淳

1979年京都大学工学部情報工学科卒業。1981年同大学院工学研究科修士課程情報工学専攻修了。1983年同博士課程情報工学専攻退学。京都大学工学博士。1983年京都大学助手,1989年京都大学助教授を経て1994年より立命館大学教授。現在情報理工学部情報システム学科に所属。要求工学やソフトウェア開発技法等の研究に従事。情報処理学会,電子情報通信学会,日本ソフトウェア科学会,IEEE Computer Society, ACM 各会員。



海谷 治彦

1994年東京工業大学博士(工学)取得。現在,神奈川大学理学部教授。



林 晋平

2004年北海道大学工学部情報工学科卒業。2006年東京工業大学大学院情報理工学研究科計算工学専攻修士課程修了。2008年同専攻博士後期課程修了。博士(工学)。現在,同大学情報理工学院助教。ソフトウェア変更やソフトウェア開発環境の研究に従事。IEEE Computer Society, ACM, ソフトウェア科学会各会員。



山本 修一郎

1979年名古屋大学大学院工学研究科情報工学専攻修了。同年日本電信電話公社入社。2002年(株)NTTデータ技術開発本部副本部長。2007年同社初代フェロー,システム科学研究所所長。2009年名古屋大学情報連携統括本部情報戦略室教授。2016年名古屋大学大学院情報科学研究科情報システム学専攻教授。人工知能学会知識流通ネットワーク研究会主査。AEA JAPAN 会長。プロジェクトマネジメント学会中部支部長。