

平成 26 年 5 月 30 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500036

研究課題名(和文)セマンティック要求工学の研究

研究課題名(英文)Study on Semantic Requirements Engineering

研究代表者

佐伯 元司 (Saeki, Motoshi)

東京工業大学・情報理工学(系)研究科・教授

研究者番号：80162254

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円、(間接経費) 1,140,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、要求分析プロセスにおいて、要求の意味をオントロジへのマッピングによって与え、プロセス全体を通して要求の意味処理までを扱う自動化技術の基盤を開発することにより、高品質な要求仕様書を効率的に作り管理する技術の開発を行った。オントロジ表現を格フレームで表し、要求文から格フレームとフレーム間の関係へ変換するツール、格フレーム表現から状態遷移モデルを導出し、モデル検査器を使って各種の性質を検証するツール、あいまい性などの要求記述の品質評価を行うツール、オントロジでタグ付けされたシナリオ記述から脅威の存在を推論するツールなどを開発し、その評価を行った。

研究成果の概要(英文)：In this research project, in order to develop and control efficiently requirements documents of high quality, we have proposed the idea of providing the meaning of the requirements by mapping them into ontology and developed a tool infrastructure for their semantic processing based on ontological reasoning. We have also developed the automated tools; transforming requirements sentences to case frame representations as their meaning, deriving a state transition model from the case frame representations and verifying various properties with a model checker, evaluating quality characteristics of requirements documents such as ambiguity, reasoning the potentials of security threats from scenario descriptions annotated with semantic tags based on the ontology, etc. and evaluated them.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア

キーワード：要求工学 オントロジ

1. 研究開始当初の背景

従来の情報システム開発では、要求分析は、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。要求分析プロセスにおいて、要求分析者やステークホルダの作業を支援するための技術が開発され、一部は実用化もされている。しかしながら、これらのほとんどは要求の意味的な側面を扱っておらず、そのため構文的に正しくても意味的におかしい要求仕様書を獲得してしまう問題点があった。

2. 研究の目的

本研究では、1であげた問題点を解決するために、要求にセマンティクスを与え、要求分析プロセス全体を通して要求の意味処理まで扱う自動化技術の基盤を開発することにより、高品質な要求仕様書を効率的に作り管理する技術の開発を目指す。具体的には、セマンティック Web の技術と同様に、オントロジを用いて要求にセマンティクスを与え、計算機で意味処理可能な技術基盤を開発する。このためのオントロジ技術と意味処理可能な支援ツール群と、要求オブジェクト、オントロジとそれらの対応付けを一体化して格納する意味的版管理機能を備えたセマンティックリポジトリの開発も目指す。

3. 研究の方法

研究代表者がこれまでにあげた、オントロジを用いて、要求獲得中に欠落している要求や矛盾している要求を検出し、分析者にその修正を示唆する技術の成果をもとに、オントロジ記述の洗練化、オントロジ収集、推論規則の整備をまず行った。セキュリティドメインを具体例に絞り、文書からのオントロジの抽出技術とその自動化、記述技術、推論規則の定式化と推論機構の実現、それらの成果をゴール指向分析法、ユースケース法などの既存の要求分析法への組み込みを行っていき、要求分析プロセスを継ぎ目なく支援する統合技術と支援ツールを開発する方法をとっていった。

4. 研究成果

(1) オントロジの定式化と推論機構の開発：セキュリティドメインに焦点をしばり、Security Target 文書や関連文書から抽出できるオントロジを分類し、オントロジ概念間の関連もあわせて分類した。これらを形式的に表現するために、オントロジ概念の分類項目を述語記号とし、格フレーム表現としても使用できる記述法を考案した。また、動作や業務フローが要求の本質となるようなドメインにおいてもオントロジ概念を状態、概念

間の関連を状態遷移とみなして同じ記述法で表現する手法を考案した。図1にセキュリティオントロジのメタモデルを示す。

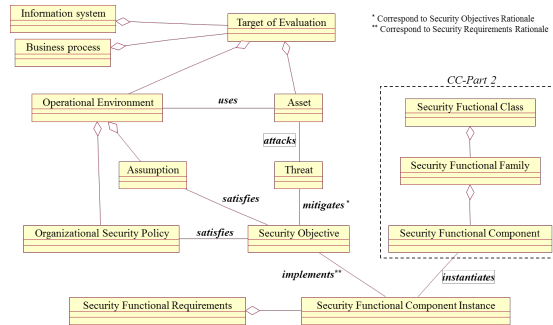


図1 セキュリティオントロジのメタモデル

(2) 文書からのオントロジの抽出支援技術と、要求文のオントロジによる意味づけ支援技術の開発：以前の研究で開発したテキストマイニングツールを用いて、自然言語文からの格フレーム抽出機能の強化・自動化を進めた。係り受け解析の後、格フレーム辞書と照合し、格フレーム表現をオントロジとして出力する統合ツールを開発した。この格フレーム抽出ツールと、自然言語仕様解析ツールを連携させ、入力された仕様文の格フレーム表現を生成するツールを開発した。図2にその処理の流れを示す。図では、「ユーザがサイトを閉じる」といった要求文を解析し、「閉じる」、「ユーザ」、「サイト」といった語とその表層格を抽出する。格フレーム辞書との照合により、深層格スロットを持つ格フレーム候補を検索する。候補は複数得られることもあり、その場合は文中の語と格フレーム候補のスロットに来るべき語句の概念距離に基づく類似度をもとに順位付けする。また、セマンティックリポジトリとして、意味表現としての格フレームを蓄積・管理し、類似度計算で記述文にもっとも近い格フレームを検索できる機構も開発した。これらにより、自然言語で書かれた要求文が格フレーム表現されたオントロジにマッピングされ、意味づけされたことになる。

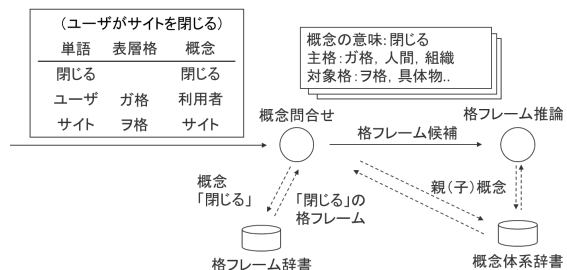


図2 処理手順

(3) 要求検証への適用：シナリオ記述としてのユースケース記述を取り上げ、記述文から

その意味表現としての格フレーム表現を生成し、その間の実行順序関係も合わせて抽出する技術を開発した。これをユースケース記述の意味表現とし、状態遷移モデルを生成するツールを実装した。これを用いることにより、ある状態への到達可能性などが、既存のモデル検査器を用いて検証できることを示した。これにより、要求記述を意味レベル、まで変換し、動作に関する各種の性質を検証することができる。

(4) 要求獲得への適用：セキュリティドメインを例にとり、オントロジ構築技術と組み合わせ、資源を含むゴールのセマンティックタグ付けをもとに意味的な推論を行い、脅威や対策を含むゴールへと誘導する支援ツールとその評価を行った。また、シーケンス図で記述されたシステムの使用シナリオにおいてもシーケンス図にオントロジ概念からなるタグ付けを行い、グラフ変換の手法を用いて脅威シナリオへと変換する手法を開発した。図3に、データ入力のシナリオから、覗き見の潜在的脅威があるシナリオへと変換するパターンを示す。ここでは、データ入力のシナリオを表現したシーケンス図(図3の左側の図)の要素にオントロジをもとにしたセマンティックタグとその値を付加し、抽象的な意味をつけ、タグ値とグラフ構造がマッチする部分を、図3の右側にあるシーケンス図に変換する。これにより、覗き見の脅威が埋め込まれたシナリオとなる。

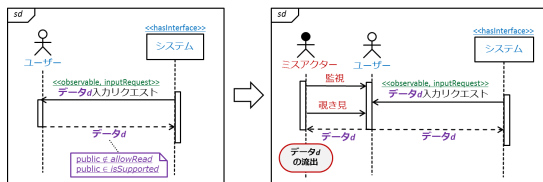


図3 脅威シナリオへの変換

(5) 要求の品質評価への適用：(2)で開発したツールを用いて、自然言語仕様を入力とし、完全性、あいまい性、無矛盾性、追跡可能性などの品質特性を解析し、問題のある仕様文を指摘するツールを開発し、このツールを併用することで高品質の仕様書作成支援が行えることを確認した。ゴール指向要求分析法に対しては、ゴール記述のセマンティックタグ付けやその意味を抽象化した属性値をもとに、完全性、あいまい性、無矛盾性などの品質を意味レベルまで計算するメトリクスを開発し、品質可視化ツールを開発し、事例評価を行った。図4にツール画面を示す。図の画面に表示されているゴールグラフ中のN22のゴールは曖昧性に問題がある可能性がある(Ambiguity1, Ambiguity2)ことが表示されている。このツールを用いて要求獲得を行う評価実験を行った結果、品質の高いゴールグラフや記述を作成する労力の削減が

確認できた。

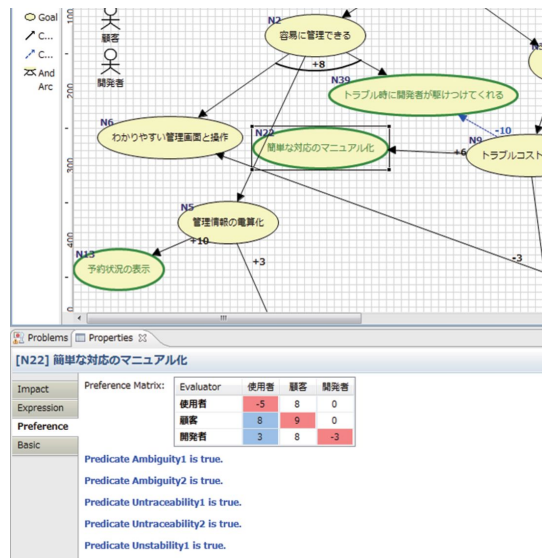


図4 ゴールの品質測定ツール

(6) オントロジによる意味空間を活用した支援技術の開発：抽出したオントロジより、意味平面と意味軸を構成し意味空間を構成し、それにより要求工学プロセスの意味づけ技術をゴール指向要求分析法の例を用いて開発した。ゴール指向要求分析法のゴールとゴール分解に意味を与えるために、意味軸を導入し、ゴールをある意味平面におき、意味軸に沿ってゴール分解を行う、多次元ゴールグラフへと拡張し、支援ツールを開発した。図5に支援ツールの画面を示す。図中で3色に色分けされているゴールが、各々機能軸、非機能軸、戦略軸の異なる意味軸で分解されていったことを表わしている。このツールは、意味軸によるフィルタリング機能を持っており、同じ意味で分解されていったゴールのみを可視化できる。ツールを用いることにより、意味的に整合したゴール分解が行え、分解の意思決定支援も行えることを確認し、その有用性を評価した。また、この多次元ゴール指向分析法により、ステークホルダの各観点でゴール分解をしていく手法を用い、分解の意味的な不整合を検出し、分解の意思決定を支援する手法へと発展させた。

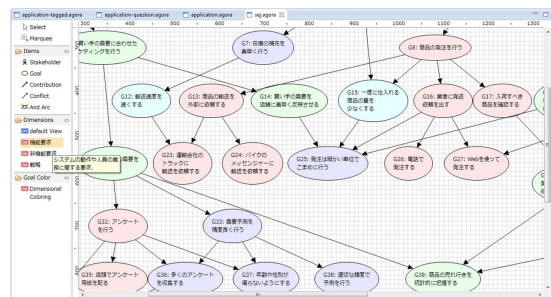


図5 多次元ゴール指向分析法

(7) ゴール指向要求分析法, シナリオ分析法, プロブレムフレーム法への適用: プロブレムフレームは情報システムが稼動する環境(ドメイン)とシステムを分けてモデル化する手法であり, オントロジによる意味づけ技術を環境記述に適用し, ゴールグラフやシナリオ記述と意味の整合性を保ちながらモデル化する技術を開発した.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 8 件)

鵜飼 孝典, 林 晋平, 佐伯 元司. 属性つきゴールグラフにおけるゴールの品質特性, 情報処理学会論文誌, Vol. 55, No. 2, 893-908, 2014, 査読有
<http://id.nii.ac.jp/1001/00098488/>

Tatsuya Abe, Shinpei Hayashi, Motoshi Saeki. Modeling Security Threat Patterns to Derive Negative Scenarios, Proceedings of the 20th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC 2013), 58-66, 2013, 査読有
DOI: 10.1109/APSEC.2013.19

Motoshi Saeki, Shinpei Hayashi, Haruhiko Kaiya. Enhancing Goal-Oriented Security Requirements Analysis Using Common Criteria-Based Knowledge, International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, vol. 23, no. 5, 495-509, 2013, 査読有
DOI: 10.1142/S0218194013500174

Haruhiko Kaiya, Shunsuke Morita, Shinpei Ogata, Kenji Kaijiri, Shinpei Hayashi, Motoshi Saeki. Model Transformation Patterns for Introducing Suitable Information Systems, Proceedings of the 19th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC 2012), 434-439, 2012, 査読有
DOI: 10.1109/APSEC.2012.52

Haruhiko Kaiya, Shunsuke Morita, Kenji Kaijiri, Shinpei Hayashi, Motoshi Saeki. Facilitating Business Improvement by Information Systems using Model Transformation and Metrics, Proceedings of the CAiSE'12 Forum at the 24th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE 2012),

106-113, 2012, 査読有
<http://ceur-ws.org/Vol-855/paper13.pdf>

鵜飼 孝典, 林 晋平, 佐伯 元司. 要求獲得におけるステークホルダの偏りと不足を検出する可視化ツール, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.4, 1448-1460, 2012, 査読有
<http://id.nii.ac.jp/1001/00081787/>

Shinpei Hayashi, Daisuke Tanabe, Haruhiko Kaiya, Motoshi Saeki. Impact Analysis on an Attributed Goal Graph, IEICE Transactions on Information and Systems (電子情報通信学会英文論文誌), E95-D, No. 4, 1012-1020, 2012, 査読有
http://search.ieice.org/bin/summary.php?id=e95-d_4_1012

海谷 治彦, 清水 悠太郎, 安井 浩貴, 海尻 賢二, 林 晋平, 佐伯 元司. 要求獲得のためのオントロジを Web マイニングにより拡充する手法の提案と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.2, 495-509, 2012, 査読有
<http://id.nii.ac.jp/1001/00080661/>

[学会発表](計 12 件)

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, 2014 年 03 月 11 日~12 日, 那覇, <http://www.ieice.org/ken/paper/201403115BMc/>

佐伯元司. Problem Frame + ゴール指向, 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, 2014 年 01 月 30 日~02 月 01 日, 対馬

佐伯元司. 要求獲得の「見える」化, 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, 2013 年 10 月 24 日~26 日, 紀伊勝浦

佐伯元司. 要求の多次元的な意味づけ, 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, 2013 年 05 月 23 日~25 日, 高山

阿部 達也, 林 晋平, 佐伯 元司. シーケンス図のパターンに基づくセキュリティ脅威の検出法, 電子情報通信学会技術研究報告, 2013 年 05 月 09 日~10 日, 香川大学
<http://www.ieice.org/ken/paper/20130509QB3l>

井上 涉, 林 晋平, 鷓飼 孝典, 佐伯 元司 . 要求構造明確化のためのゴールグラフの多次元拡張, 電子情報通信学会技術研究報告, 2013 年 03 月 14 日 ~ 15 日, 芝浦工業大学, 東京
<http://www.ieice.org/ken/paper/201303148BcS/>

有賀 顕, 林 晋平, 佐伯 元司 . 構文と文章構造に基づく要求仕様書の問題点発見支援, 情報処理学会ソフトウェア工学研究会 2013 年 03 月 11 日 ~ 12 日, 化学会館, 東京
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009550807>

佐伯元司 . AGORA ゴール指向分析法支援ツール, 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, 2012 年 10 月 04 日 ~ 06 日, 広島

佐伯元司 . ゴール指向分析法とミスユースケース法の融合, 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, 2012 年 05 月 17 日 ~ 19 日, 宮城県松島町

佐伯元司 . セキュリティ要求獲得法: ゴール指向 + ミスユースケース, 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, 2012 年 1 月 19 日 ~ 21 日, 北海道江別市 北海道情報大

佐伯元司 . 要求のセマンティックな側面に基づく変更管理, 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, 2011 年 10 月 27 日 ~ 29 日, 広島県福山市鞆シーサイドホテル

佐伯元司 . セマンティック要求工学の概要, 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, 2011 年 6 月 23 日 ~ 25 日, 香川県小豆島町小豆島シーサイドホテル松風

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.se.cs.titech.ac.jp/research/agora/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐伯 元司 (SAEKI MOTOSHI)
東京工業大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号 : 8 0 1 6 2 2 5 4

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

海谷 治彦 (KAIYA HARUHIKO)
信州大学・工学部・准教授

研究者番号 : 3 0 2 6 2 5 9 6

林 晋平 (HAYASHI SHINPEI)
東京工業大学・大学院情報理工学研究科・助教

研究者番号 : 4 0 5 4 1 9 7 5